

**UNIVERSIDAD INTERNACIONAL  
DE LAS AMÉRICAS  
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL  
TRABAJO FINAL DE GRADUACIÓN**

**Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería  
Industrial**

**Propuesta para el balance de la línea Tearaway en la empresa  
Theragenics a partir de un estudio de tiempos**

**AUTOR**

**Francisco Alfredo Castillo León**

**TUTOR**

**Freddy Hernández Barahona**

**LECTOR**

**Allan Maroto Coto**

**San José, abril 2018**

## **DEDICATORIA**

Deseo dedicar este proyecto a mis padres, quienes siempre me han apoyado en mis estudios, para crecer como profesional, pero también como persona. Por el amor que me demuestran y la confianza que han depositado en mí, para sacar adelante estos estudios que tanto esfuerzo, dedicación y paciencia ha sido necesario para su culminación.

## **AGRADECIMIENTOS**

Le doy las gracias a Dios por permitirme cumplir con una etapa tan importante de mi vida, a mi papá y mamá que sin ellos no hubiese logrado esta meta tan importante para mí. También le quiero agradecer a todos los compañeros con quienes compartí y que en algún momento de la carrera me ayudaron a estudiar, realizar proyectos y en fin, cualquier aporte hecho que me permite estar aquí. Para los profesores que nos enseñaron y aconsejaron a lo largo del proceso universitario, muchas gracias. Finalmente, a mi tutor Freddy por la guía brindada en el desarrollo del proyecto.

¡Gracias totales!

## RESUMEN EJECUTIVO

El estudio de tiempos en el proceso productivo de la línea Tearaway en la empresa es de suma importancia, ya que permite conocer la duración de las tareas realizadas en dicha línea. Con ello se logra un establecimiento del tiempo estándar de las actividades involucradas en la fabricación del dispositivo médico como el general del proceso, es decir, el tiempo requerido para completar una unidad. Esta información sirve como base para la toma de decisiones, teniendo un criterio basado en el estudio realizado.

Tanto los resultados obtenidos de la toma de tiempos en las operaciones efectuadas para la elaboración de un catéter, producto fabricado en la línea Tearaway como el análisis de los mismos permiten conocer la situación actual que se presenta en la producción de la unidad. El tiempo disponible para la producción del catéter en sus distintas tallas bajo la jornada laboral que maneja la empresa es de 21,65 días para la fabricación de un total de 16000 piezas. Sin embargo, el estudio de tiempos permite establecer que con el tiempo estándar actual y la capacidad de producción de la línea son necesarios 33,76 días para cumplir con la cantidad planeada.

Esa diferencia de 12,11 días entre los disponibles y los necesarios genera un faltante en la producción. En promedio la línea fabrica 658 unidades diarias, pero en realidad requiere una producción diaria de 739 piezas para cumplir con la cantidad requerida de 16000 unidades. El dato promedio del número de unidades que no se completan es de 1764, esa cantidad de piezas sin elaborar representan \$14,112 por mes que la empresa deja de percibir y al año cierra en una cifra de \$169,344, ya que el producto utilizado en el sector médico tiene un coste relativamente alto en el mercado.

Con la información obtenida del diagnóstico realizado en la línea se planifica una propuesta de mejora, la cual tiene como objetivo la reducción del faltante de unidades en la producción. Con el estudio de tiempos se determinó que la operación de tipping genera un cuello de botella en el proceso, por lo tanto se balancea la línea a fin de eliminar dicha restricción. En el balance se establece el incremento de la capacidad productiva en la elaboración del catéter, se incorpora una nueva estación de tipping con su respectivo operario, además de otros ajustes. Con los cambios propuestos se demuestra que se logra cumplir con el faltante de producción mensual.

## CONTENIDO

DEDICATORIA.....	1
AGRADECIMIENTOS.....	2
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL TUTOR.....	3
CARTA DE AUTORIZACIÓN DEL LECTOR.....	4
CARTA DE REVISIÓN FILOLÓGICA.....	5
DECLARACIÓN JURADA.....	6
CÓDIGO DE ÉTICA.....	7
RESUMEN EJECUTIVO.....	8
CONTENIDO.....	9
TABLAS.....	13
FIGURAS.....	16
CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN.....	19
Generalidades de la empresa.....	20
Historia.....	20
Misión.....	21
Política de calidad.....	21
Productos.....	21
Estructura organizacional.....	22
Planteamiento del problema.....	23
Objetivos.....	24
Objetivo general.....	24
Objetivos específicos.....	24

Justificación .....	24
Antecedentes.....	24
Proyecciones.....	25
<b>CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>26</b>
Mapeo de procesos .....	26
Diagrama de flujo .....	27
Diagrama de proceso .....	28
Cadena de valor de Porter.....	30
Diagrama de causa-efecto.....	31
Diagrama de Pareto .....	32
Diagrama de Gantt.....	33
Estudio de tiempos.....	35
División de la operación en elementos .....	35
Cronómetro.....	36
Método con vuelta a cero.....	36
Método continuo o acumulativo .....	36
Selección del operario .....	36
Población .....	37
Muestra .....	37
Método estadístico .....	37
El sistema de Westinghouse .....	38
Suplementos.....	40
Tiempo estándar .....	41
Balanceo de línea.....	41

Costo-beneficio.....	42
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	43
Enfoque.....	43
Diseño (alcance).....	44
Muestra de la Investigación.....	44
Variables.....	45
Instrumentos.....	46
Proceso para la recolección de Datos.....	47
Método de análisis.....	47
Cronograma.....	48
CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	51
Funcionamiento de la empresa.....	51
Proceso productivo de la línea Tearaway.....	53
Producto de la línea Tearaway.....	55
Estaciones de trabajo.....	60
Moldeo y corte.....	61
Inspección 1.....	63
Tipping.....	63
Trimming.....	65
Inspección II.....	66
Capacidad.....	67
Producción del año 2017.....	67
Capacidades diarias.....	80
Jornada laboral.....	81

Estudio de tiempos.....	82
Talla A resultados del estudio .....	84
Talla B resultados del estudio .....	91
Talla C resultados del estudio. ....	95
Talla D resultados del estudio. ....	100
Datos obtenidos a raíz del estudio de tiempos.....	105
<b>CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	108
Conclusiones.....	108
Recomendaciones .....	109
<b>CAPÍTULO VI: PROPUESTA</b> .....	110
Propuesta .....	110
Análisis Económico.....	118
Plan de implementación.....	119
Requerimientos .....	120
Referencias .....	121
Apéndices .....	123
Apéndice número 1 Estudio de tiempos .....	123
Apéndice 2 Descripción del puesto de trabajo .....	143
<b>OPERACIONES DE TRABAJO</b> .....	143
<b>DEMANDAS FISICAS</b> .....	145

## TABLAS

Tabla 1 Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse.....	38
Tabla 2 Sistema de calificación de esfuerzos de Westinghouse.....	39
Tabla 3 Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse.....	39
Tabla 4 Sistema de calificación consistencia de Westinghouse .....	40
Tabla 5 Variables.....	45
Tabla 6 Instrumentos .....	46
Tabla 7 Producción Talla A 2017.....	68
Tabla 8 Eficiencias talla A.....	69
Tabla 9 Producción talla B 2017 .....	71
Tabla 10 Eficiencias talla B.....	72
Tabla 11 Producción talla C 2017 .....	74
Tabla 12 Eficiencias talla C.....	75
Tabla 13 Producción talla D 2017 .....	76
Tabla 14 Eficiencias talla D.....	78
Tabla 15 Unidades mensuales .....	79
Tabla 16 Capacidad de la línea.....	80
Tabla 17 Tiempo de la jornada laboral.....	82
Tabla 18 Tamaño de la muestra moldeo talla A.....	84
Tabla 19 Tamaño de la muestra corte talla A.....	87
Tabla 20 Tamaño de la muestra recalculado corte talla A .....	87
Tabla 21 Tamaño de la muestra inspección 1 talla A.....	88
Tabla 22 Tamaño de la muestra tipping talla A.....	88
Tabla 23 Tamaño de la muestra trimming talla A .....	89

Tabla 24 Tamaño de la muestra inspección 2 talla A.....	90
Tabla 25 Resumen de los tiempos estándar talla A .....	90
Tabla 26 Tamaño de la muestra moldeo talla B .....	91
Tabla 27 Tamaño de la muestra corte talla B .....	92
Tabla 28 Tamaño de la muestra inspección 1 talla B .....	92
Tabla 29 Tamaño de la muestra tipping talla B.....	93
Tabla 30 Tamaño de la muestra trimming talla B .....	94
Tabla 31 Tamaño de la muestra inspección 2 talla B.....	94
Tabla 32 Resumen de los tiempos estándar talla B .....	95
Tabla 33 Tamaño de la muestra moldeo talla C .....	95
Tabla 34 Tamaño de la muestra corte talla C .....	96
Tabla 35 Tamaño de la muestra inspección 1 talla C.....	96
Tabla 36 Tamaño de la muestra tipping talla C.....	97
Tabla 37 Tamaño de la muestra trimming talla C .....	98
Tabla 38 Tamaño de la muestra inspección 2 talla C.....	98
Tabla 39 Resumen de los tiempos estándar talla C .....	99
Tabla 40 Tamaño de la muestra moldeo talla D.....	100
Tabla 41 Tamaño de la muestra corte talla D.....	100
Tabla 42 Tamaño de la muestra inspección 1 talla D.....	101
Tabla 43 Tamaño de la muestra tipping talla D.....	101
Tabla 44 Tamaño de la muestra trimming talla D .....	102
Tabla 45 Tamaño de la muestra recalculado trimming talla D.....	102
Tabla 46 Tamaño de la muestra inspección 2 talla D.....	103
Tabla 47 Resumen de los tiempos estándar talla D.....	104

Tabla 48 Tiempo estándar por talla .....	104
Tabla 49 Tiempo mensual disponible de la línea .....	106
Tabla 50 Días requeridos por talla.....	106
Tabla 51 Tiempo talla A con mejora .....	112
Tabla 52 Capacidad mejorada talla A.....	113
Tabla 53 Tiempo talla B con mejora .....	113
Tabla 54 Capacidad mejorada talla B.....	114
Tabla 55 Tiempo talla C con mejora .....	114
Tabla 56 Capacidad mejorada talla C.....	115
Tabla 57 Tiempo talla D con mejora .....	115
Tabla 58 Capacidad mejorada talla D.....	115
Tabla 59 Capacidades con la mejora .....	116
Tabla 60 <b>Días</b> requeridos por talla con la propuesta .....	117
Tabla 61 Costos de la propuesta.....	118
Tabla 62 Beneficio/Costo .....	119

## FIGURAS

Figura 1 Organigrama.....	22
Figura 2 Diagrama de flujo.....	28
Figura 3 Simbología Diagrama de Proceso .....	29
Figura 4 Procesos clave en la cadena de valor .....	30
Figura 5 Diagrama causa-efecto .....	31
Figura 6 Diagrama de Pareto .....	33
Figura 7 Diagrama de Gantt .....	34
Figura 8 Ecuación 1 .....	38
Figura 9 Ecuación 2 .....	40
Figura 10 Ecuación 3 .....	41
Figura 11 WBS .....	48
Figura 12 Gantt del proyecto .....	49
Figura 13 Diagrama de flujo operaciones de la empresa.....	52
Figura 14 Diagrama de proceso línea Tearaway .....	54
Figura 15 Bucket .....	55
Figura 16 Heading .....	55
Figura 17 Cargador .....	56
Figura 18 Runner .....	56
Figura 19 Catéter .....	57
Figura 20 Diagrama de flujo línea Tearaway .....	58
Figura 21 Distribución de la línea .....	61
Figura 22 Estación de moldeo .....	62
Figura 23 Estación de Inspección 1 .....	63

Figura 24 Estación de tipping.....	64
Figura 25 Estación de trimming .....	65
Figura 26 Estación de Inspección 2.....	66
Figura 27 Gráfico de barras talla A .....	69
Figura 28 Gráfico de la eficiencia talla A.....	70
Figura 29 Gráfico de barras talla B .....	72
Figura 30 Gráfico de la eficiencia talla B.....	73
Figura 31 Gráfico de barras talla C .....	74
Figura 32 Gráfico de la eficiencia talla C.....	76
Figura 33 Gráfico de barras talla D .....	77
Figura 34 Gráfico de la eficiencia talla D.....	78
Figura 35 Gráfico de la producción mensual.....	79
Figura 36 Gráfica capacidad diaria.....	81
Figura 37 Ecuación de n moldeo talla A .....	84
Figura 38 Ecuación tiempo normal moldeo talla A.....	85
Figura 39 Ecuación tiempo estándar moldeo talla A.....	85
Figura 40 Ecuación tiempo estándar corte talla A.....	87
Figura 41 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla A.....	88
Figura 42 Ecuación tiempo estándar tipping talla A .....	89
Figura 43 Ecuación tiempo estándar trimming talla A.....	89
Figura 44 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla A.....	90
Figura 45 Ecuación tiempo estándar moldeo talla B.....	91
Figura 46 Ecuación tiempo estándar corte talla B.....	92
Figura 47 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla B.....	93

Figura 48 Ecuación tiempo estándar tipping talla B.....	93
Figura 49 Ecuación tiempo estándar trimming talla B.....	94
Figura 50 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla B.....	94
Figura 51 Ecuación tiempo estándar moldeo talla C.....	96
Figura 52 Ecuación tiempo estándar corte talla C.....	96
Figura 53 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla C.....	97
Figura 54 Ecuación tiempo estándar tipping talla C.....	97
Figura 55 Ecuación tiempo estándar trimming talla C.....	98
Figura 56 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla C.....	99
Figura 57 Ecuación tiempo estándar moldeo talla D.....	100
Figura 58 Ecuación tiempo estándar corte talla D.....	100
Figura 59 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla D.....	101
Figura 60 Ecuación tiempo estándar tipping talla D.....	102
Figura 61 Ecuación tiempo estándar trimming talla D.....	103
Figura 62 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla D.....	103
Figura 63 Gráfica de tiempos estándar.....	105
Figura 64 Distribución física de la línea propuesta.....	111
Figura 65 Gráfica de capacidades con la propuesta.....	116
Figura 66 Plan de implementación.....	119

## CAPÍTULO I INTRODUCCIÓN

La investigación que se va a realizar a lo largo de este proyecto será desarrollada en la empresa Theragenics Corporation. Dicha compañía se dedica a la producción de dispositivos médicos, los cuales son utilizados por hospitales y clínicas en intervenciones quirúrgicas o en el tratamiento de pacientes. Debido a esto cuenta con distintas líneas de producción, donde fábrica los distintos productos que vende. Sin embargo, para este trabajo se tomará el proceso que se realiza para la manufactura en la línea de producción Tearaway, el cual es un catéter y es uno de los productos con mayor demanda para la empresa. De ahí la importancia de desplegar una investigación que genere resultados positivos y de utilidad para la empresa.

En la actualidad en la corporación los problemas que afectan la línea de producción del dispositivo mencionado son diversos, pero con lo que respecta a este proyecto se busca atacar los problemas provenientes con el tiempo estándar, dado que los valores que actualmente tiene definidos la empresa en dicha línea no son útiles en lo absoluto debido a que el estudio que se realizó en el pasado no fue hecho de forma correcta. Por lo tanto, se plantea hacer un diagnóstico de la situación actual basado principalmente en la evaluación de métodos y medición de tiempos en los procesos de la línea de producción. Finalmente, se diseña la propuesta que dará solución al problema planteado.

El proyecto a desarrollar en Thearagenics tiene una línea de investigación basada en el diseño, desarrollo y mejoramiento de procesos, debido a que tiene como finalidad 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 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 generar este proyecto en la empresa es muy alta, es decir, la disposición de la compañía a mejorar los procesos en dicha línea facilita las acciones a realizar. Además, los factores de información y disponibilidad para visitas del estudiante permiten hacer un proyecto muy completo y apegado a la realidad de la empresa, dando como resultado un diseño de la propuesta que genere beneficios a la organización, en la mejora de sus procesos y tiempos. 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.

### **Generalidades de la empresa**

Theragenics Costa Rica Ltda. Empresa ubicada en Zona Franca el Coyol, edificio 13.3 en El Coyol de Alajuela.

### **Historia**

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 sus raíces, comenzó como una idea 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 década de 2000 hubo un cambio para Theragenics en sus operaciones dado que vio sustancialmente diversificado el negocio a productos quirúrgicos a través de 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/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. Galt Medical Corporation diseña, desarrolla, fabrica y comercializa productos de dispositivos médicos desechables para acceso vascular enfocándose 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; 20 años más tarde, suministra

agujas especiales adaptadas a los tipos de procedimientos o pacientes. En septiembre de 2014, abrimos las instalaciones de Theragenics Costa Rica Limitada en Alajuela, Costa Rica. La instalación fabricará principalmente componentes utilizados en nuestra línea de productos de acceso vascular para GaltMedical y NeedleTech. Actualmente, la familia de Theragenics Corporación sirve profesionales en los campos del tratamiento de cáncer, la cirugía, el cuidado de heridas, veterinaria, radiología, cardiología y odontología. (Theragenics , 2017)

### **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” (Theragenics , 2017)

### **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 manufacturen cumplan todos los requisitos regulatorios incluyendo FDA e ISO, especificaciones de producción y estándares de calidad corporativo. Calidad (y la efectividad de nuestro sistema de gestión de calidad) es establecido por y es responsabilidad de todos los empleados de la compañía. Sin embargo, aseguramiento de calidad provee la estructura, la cual establece formalmente estas metas.

La adhesión a las políticas de calidad establecida por todos nuestros empleados y proveedores nos permitirá satisfacer y superar las necesidades de nuestros clientes. (Theragenics , 2017)

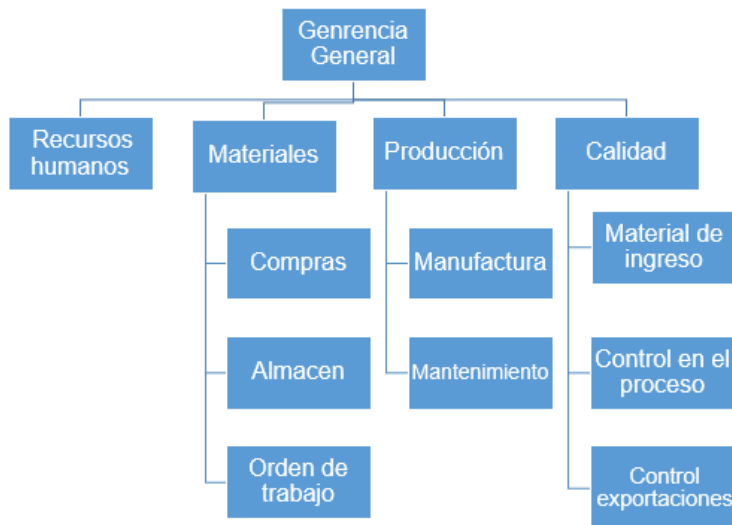
### **Productos**

La empresa maneja cuatro líneas de producción llamadas: Catch lab, Coaxial, SCL y Tearaway, en cada una de ellas se producen distintos tipos de catéteres, los cuales son empleados según la necesidad, condición, tamaño, peso, entre otros factores de cada paciente atendido en el área de salud. En el desarrollo de este proyecto se dará enfoque a la línea Tearaway, ejecutando el estudio de tiempos.

## Estructura organizacional

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 organización. La figura número 1 lo muestra.

Figura 1 Organigrama



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 1 se presentan el organigrama de la empresa en estudio, en el mismo se muestran las áreas de trabajo en que se divide la compañía. De esta manera se puede visualizar las jerarquías y mandos que actualmente conviven dentro de la organización.

En la parte alta de la estructura se rige por una gerencia general, la cual se encarga de la toma de decisiones, es importante mencionar que la empresa es una transnacional, es decir su casa matriz se encuentra fuera de Costa Rica y por lo tanto es vital la comunicación para el adecuado funcionamiento de la misma. En el siguiente nivel se ubican los departamentos restantes, los cuales son recursos humanos, materiales, producción y calidad. Se establecen de forma horizontal evitando disputas entre las secciones y sus colaboradores. Se busca que la comunicación fluya y sea más sencillo llegar a acuerdos.

Los departamentos tienen distintas áreas de trabajo, en materiales las funciones se dividen en la parte de proveeduría o compras, el almacenaje de materia prima y producto

terminado, además de la generación de las órdenes de trabajo. Por otro lado, en la sección de calidad se encarga de tres aspectos principales, la inspección del material que ingresa a la empresa, la revisión de las unidades en el área productiva y el respectivo control del producto que será exportado. Finalmente en producción, la manufactura de las unidades y el mantenimiento de los equipos o reparaciones que surjan en la zona productiva.

### **Planteamiento del problema**

En la actualidad las compañías se enfrentan a distintas adversidades en cuanto a la competencia, costos de producción, eficiencia en los recursos, entre otros aspectos que dificultan sus operaciones. Todo esto genera escenarios que ponen en riesgo a la empresa, es decir, existe mayor probabilidad de fracaso en las actividades que desarrolla la organización. Para disminuir los riesgos a los cuales la compañía se encuentra vulnerable es necesario plantear mejoras en los procesos productivos, para que estas sean más competentes en el mercado.

Al día de hoy el problema que se presenta en la empresa Theragenics, específicamente en la línea de producción Tearaway de cuatro cavidades, es el desconocimiento del tiempo requerido para la fabricación de las unidades en dicha línea. Esto debido a que el tiempo estándar actual fue definido en el pasado sin hacer la diferencia de distintas tallas o grosores, lo que produce diferencias en su elaboración, por lo cual no se puede establecer un tiempo estándar igual para cada uno de estos.

Por otro lado, al no conocer el tiempo estándar tampoco se tiene claro la capacidad del proceso, es decir, no existe un control correcto, ya que no se tiene toda información requerida. Todo esto provoca que la línea de producción este desbalanceada, afectando la fabricación de los catéteres e influyendo negativamente en las actividades de la empresa. Finalmente las actividades que se realizan en el proceso productivo no tienen un estándar bien definido.

Después de lo anterior surge la pregunta que plantea el problema ¿Cómo desarrollar una propuesta para el balance de la línea Tearaway en la empresa Theragenics, a partir de un estudio de tiempos, para la mejora continua de la empresa?

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Diseñar una propuesta para el balance de la línea Tearaway en la empresa Theragenics, a partir de un estudio de tiempos, para la mejora continua de la empresa.

### **Objetivos específicos**

- Describir el proceso de producción, con el fin de estar al corriente de las actividades hechas en la elaboración del producto.
- Aplicar herramientas de ingeniería que generen información para el estudio.
- Analizar la situación actual de los tiempos en los distintos procesos en la línea de producción.
- Proponer un plan para la estandarización del tiempo y balance en la línea de producción Tearaway en la empresa Theragenics.

## **Justificación**

Con el propósito de cuantificar y conocer la situación actual en la línea de producción del dispositivo médico que elabora la empresa, se plantea realizar una evaluación de los métodos y una medición de los tiempos en dichos procesos. Esto debido a que el registro de tiempos que actualmente tiene la compañía está desactualizado, es decir, no aporta ningún tipo de información útil para el control de los procesos. Con el estudio se espera obtener datos actualizados con los cuales se puedan tomar decisiones que aporten a la mejora continua en la compañía.

También se logra mejorar los procedimientos estableciendo el estándar, haciendo que estos sean más eficientes reduciendo la duración de los mismos y eliminando actividades que no agregan valor al producto. Cabe resaltar que la empresa Theragenics busca integrar en sus actividades una filosofía Lean y también mantener un sistema de producción “Justo a tiempo”, esto hace que una mejora como esta contribuye a las aspiraciones de la compañía. Por ende, se enfoca a la mejora continua en sus operaciones cotidianas.

## **Antecedentes**

La organización Theragenics, cuenta con alguna experiencia en cuando al tema de estudio de tiempos, ya que anteriormente la misma realizó un estudio en la línea de producción Tearaway,

con el objetivo de establecer un tiempo estándar en su proceso. Sin embargo, dicho estudio fue hecho de forma inadecuada, es decir, no se tomaron los factores que afectan la manufactura del catéter. Esto provoca que el resultado obtenido no contribuya a la mejora que la empresa espera.

### **Proyecciones**

1. Eliminación de actividades innecesarias en la línea de producción que no aportan valor al producto.
2. Simplificación de las operaciones en el área de producción del catéter.
3. Establecimiento del tiempo estándar en la línea de producción Tearaway.
4. Mejora de los métodos actuales de trabajo realizados por los colaboradores.
5. Determinar la capacidad real del proceso de manufactura del catéter.
6. Balance de la línea de producción.

## CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO

Con el fin de definir los conceptos teóricos que se van a desarrollar a lo largo del proyecto se procede a realizar este capítulo. Aquí quedarán detallados teóricamente los puntos y herramientas que serán empleados tanto en el diagnóstico y en la propuesta.

### 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 en la misma. Debido a esto es 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.” (pág. 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 que entran hasta al momento que salen como producto terminado, además de cómo estas se relacionan entre ellas.

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):

- **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. (pág. 82)

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

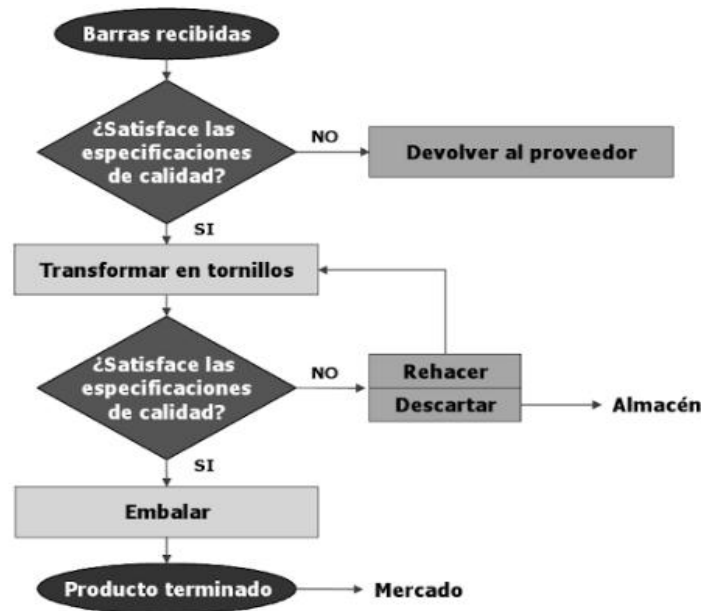
### **Diagrama de flujo**

Es una herramienta sencilla de aplicar, pero que aporta valiosa información en el análisis situacional, además facilita la comprensión de los procesos. También permite identificar puntos donde se pueden aplicar mejoras, para hacer que el proceso sea más fluido y evitar duplicidad de tareas. Tiene la ventaja de ser muy fácil de entender y permite la colaboración de los trabajadores para construirlo.

Existen muchas definiciones para esta herramienta pero una forma de definirlo 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, pág. 76).

Según como lo 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, una línea de producción de un artículo x. A continuación se muestra la figura No 2 de un diagrama de flujo.

Figura 2 Diagrama de flujo



Nota: Miranda et al.

La figura número 2 muestra un corto ejemplo de un diagrama de flujo, en el cual se presentan tres funciones básicas. Al principio y final se establecen el inicio/fin, dentro de una forma ovalada. Luego en la rectangular se colocan las actividades realizadas a lo largo del proceso, por otro lado en los rombos se plantean las decisiones que se dan, principalmente requerimientos. Estos tres elementos son los más utilizados al momento de construir un diagrama de este tipo. Sin embargo, también se pueden agregar documentación o alguna otra actividad menos común.







### Diagrama de proceso

A diferencia del diagrama de flujo, el de proceso es mucho más descriptivo y detallado, como así 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, pág. 88)

Este tipo de diagrama tiene su propia simbología, a continuación se presentan los elementos que la componen en la figura No 3.

Figura 3 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

Nota: Suñé et al.

Según Suñé et al (2004), los símbolos utilizados corresponden cada uno a las siguientes actividades.

Se divide en cinco actividades principales, cada una de ellas con un símbolo que la identifica. El punto número uno, transporte se refiere cuando existe algún movimiento de la unidad producida. El almacenaje se indica cuando el producto queda guardado, a la espera de ser enviado a su destino final. La espera se da cuando existen demoras en el proceso, cuando hay material esperando a ser procesado. 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 (págs. 89-90).

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 que se toman los materiales 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 aplicando la simbología que se muestra en la figura número 3 empleando la teoría.

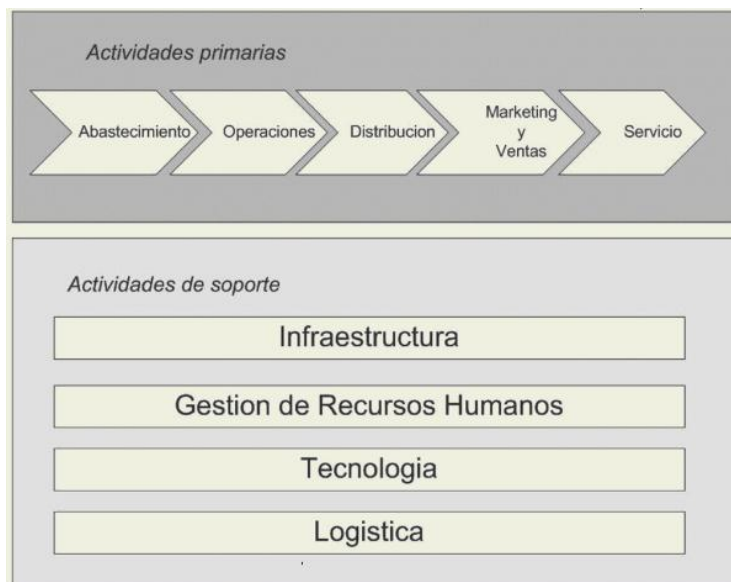
## Cadena de valor de Porter

Porter (1985), citado por Bernárdez (2009)

En las organizaciones existen distintos procesos, los cuales se pueden diferenciar en dos grupos para tener una mayor claridad en las operaciones de la empresa. Los dos tipos de actividades que se mencionan son las primarias y las funciones de soporte. Ellas juntas integran una cadena generadora de valor. Para construir una cadena de valor es necesario identificar las actividades en dichas categorías, a fin de realizar un análisis de los procesos. (pág. 272)

En la figura número 4 se muestra un ejemplo de cadena de valor.

Figura 4 Procesos clave en la cadena de valor



Nota: Bernárdez

La figura número 4 muestra las divisiones que se mencionaron en la cita pasada, las primarias hacen referencia principalmente a las actividades directamente relacionadas a la elaboración del producto, desde el abastecimiento de los materiales requeridos, la operación o creación, distribución del producto, el proceso de ventas y al final el servicio pos-venta. En cuanto a las de soporte la infraestructura, recursos humanos, tecnología y logística. De esta manera se plantean la diferenciación de actividades, de aquí se identifican las operaciones claves que agregan valor para los clientes.

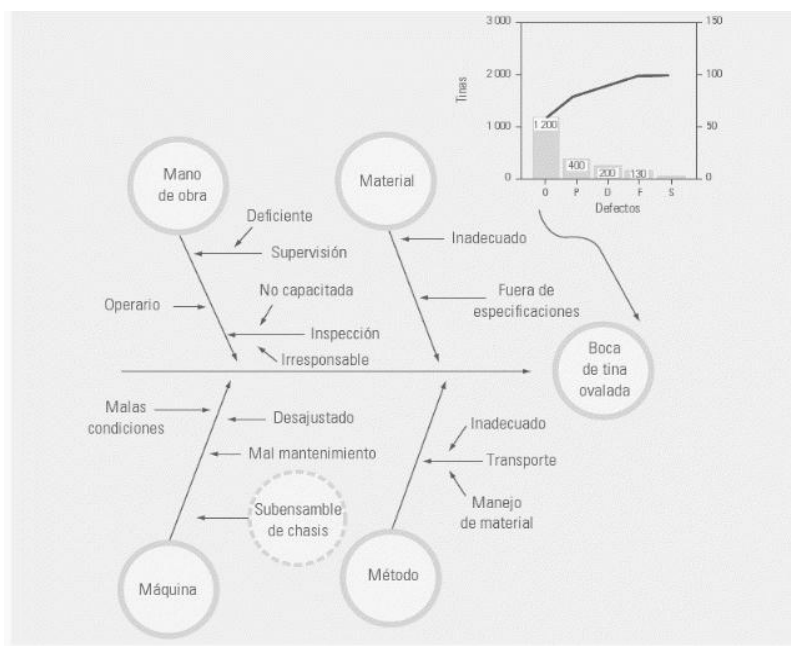
## Diagrama de causa-efecto

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. (pág. 192).

Con dicha herramienta se puede observar de forma más gráfica los problemas o causas que se pueden identificar en el estudio, es decir los autores que contribuyen a la problemática. Para construir un diagrama causa-efecto es importante la observación del proceso, participación de las personas que están involucradas en el mismo y realizar una lluvia de ideas, con el fin de obtener una mayor cantidad de datos. A continuación, en la figura número 5, se presenta un ejemplo de esta herramienta brindada por el mismo autor.

Figura 5 Diagrama causa-efecto



Nota: Gutiérrez

En el ejemplo de la figura 5 Gutiérrez toma cuatro puntos a considerar, la mano de obra como lo son los operarios si estos están calificados y su desempeño, la máquina considera desajustes y malos mantenimientos. Por otra parte, el método se refiere a las actividades que generan que se dé el problema. 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 medio ambiente y mediciones.

### **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 de ellas tienen una mayor cuota en la problemática, es decir, qué tanto contribuyen a generar el problema. Esto basado en lo que menciona López (2016):

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. (pág. 58)

Como bien lo explica la autora ya se toman en cuenta aspectos relacionados con la estadística a 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 siendo más sencillo de entender.

Es importante mencionar que este diagrama toma como base el principio de Pareto, que también se le conoce como la regla 80:20. Éste 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 al resto, el 80%. (López, 2016, pág. 58)

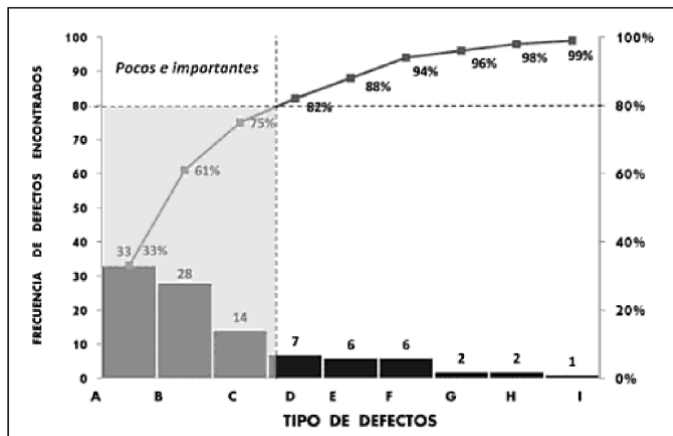
La información que se representa en un diagrama de Pareto según lo redacta López (2016) es la siguiente:

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).

El mismo autor menciona, en el eje horizontal, 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 %. (pág. 60)

A continuación, en la figura número 6 se muestra un ejemplo del diagrama de Pareto una vez realizado y con la explicación anterior.

Figura 6 Diagrama de Pareto



Nota: López

Como se observa en la figura número 6 un diagrama de Pareto construido de forma correcta debe tener las características de este ejemplo.

### Diagrama de Gantt

Una forma para organizar y proyectar las tareas a 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 L. , 2005, pág. 149).

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

Ya definidos los pasos a seguir para poder realizar un diagrama de Gantt, el cual permite ver cómo quedará. Sin embargo, el diagrama varía según la cantidad de tareas y la dependencia entre ellas. La figura número 7 es un ejemplo de dicho diagrama.

Figura 7 Diagrama de Gantt

TAREAS	INICIO	FINAL	DURACIÓN (SEMANAS)	MARZO 2003					ABRIL 2003			MAYO 2003					
				2	9	16	23	30	06	13	20	27	4	11	18	25	
1 Fijar objetivos	03/03/2003	14/03/2003	2	[Barra de Gantt]													
2 Preparar plan	03/03/2003	21/03/2003	3	[Barra de Gantt]													
3 Publicar plan	21/03/2003	28/03/2003	1,20	[Barra de Gantt]													
4 Ejecutar plan	28/03/2003	02/05/2003	5,20	[Barra de Gantt]													
5 Medir avance	28/03/2003	02/05/2003	5,20	[Barra de Gantt]													
6 Comparar plan con avance	07/04/2003	11/04/2003	1	[Barra de Gantt]													
7 Tomar decisiones correctivas	07/04/2003	18/04/2003	2	[Barra de Gantt]													
8 Realizar cambios externos	03/03/2003	23/05/2003	12	[Barra de Gantt]													

Nota: Díaz

Se logra apreciar en la figura 7 que las tareas son ordenadas 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.

## **Estudio de tiempos**

El estudio de tiempos tiene como finalidad establecer estándares en los procesos productivos, además afectan directamente a las empresas, como lo establece Niebel y Freivalds (2009).

Los estándares de tiempo establecidos con precisión hacen posible incrementar la eficiencia del equipo y el personal operativo, mientras que los estándares mal establecidos, aunque es mejor tenerlos que no tener estándares, conducen a costos altos, inconformidades del personal y posiblemente fallas de toda la empresa. Esto puede significar la diferencia entre el éxito y el fracaso de un negocio. (pág. 327)

De acuerdo con lo afirmado en la cita anterior, definir un estándar de forma correcta y que sea lo más preciso posible, beneficia de gran manera a la organización, ya que mejora la eficiencia de uno de los factores más difíciles de manejar: los trabajadores. Por otro lado, también afecta el equipo utilizado en la fabricación del producto. Finalmente indica lo peligroso de tener estándares mal planteados, los cuales pueden conducir a un fracaso.

Para realizar un adecuado estudio de tiempos se deben tener claros los siguientes aspectos:

### **División de la operación en elementos**

De forma inicial antes o durante el estudio de tiempos es necesario hacer una separación de los puntos que intervienen en la operación, de acuerdo con Niebel y Freivalds (2009).

Con tal de hacer más fácil la medición de los tiempos, la operación debe dividirse en grupos de movimientos llamados elementos. El analista encargado del estudio debe observar varios ciclos para definir los elementos en que se divide la operación. De ser posible la división se tiene que realizar antes de iniciar el estudio, por otro lado, los elementos se tienen que descomponer en divisiones tan finas como se pueda, pero sin que se conviertan en muy pequeñas. (págs. 334-335)

Conocer el proceso o las operaciones a medir se vuelve vital para establecer los elementos. La observación repetida, además de consultas a los operarios son maneras de conocer y aprender las actividades. Así la toma de tiempos se puede dar de una forma más fluida, ya que se tiene conocimiento de lo que se va a medir y se han determinado los elementos.

## **Cronómetro**

Para realizar un estudio de tiempos es necesario utilizar un cronómetro para tomar los tiempos a las actividades establecidas, los más utilizados son el cronómetro minuter decimal y el cronómetro electrónico, este último siendo más práctico. El electrónico permite tomar gran cantidad de tiempos a elementos individuales mientras el tiempo total sigue corriendo. (Niegel & Freivalds , 2009, pág. 330)

Sin duda es preferible utilizar un cronómetro electrónico por su facilidad y ventajas al momento de hacer la toma de tiempos. Existen dos métodos a emplear para registrar las medidas, a continuación se muestra cada uno.

### **Método con vuelta a cero**

“El cronómetro se lee y se anota al final de cada elemento, parando las manecillas y volviendo a cero de inmediato” (Caso, 2006, pág. 84)

### **Método continuo o acumulativo**

“Se pone en marcha el cronómetro al comienzo del primer elemento del primer ciclo. El analista lee y anota el tiempo que marca el cronómetro al final del elemento sin que éste se detenga” (Caso, 2006, pág. 84)

Cada método es válido, sin embargo tienen la gran diferencia de que el primero hace medidas independientes, es decir, no toma en cuenta la duración total de la actividad. El segundo realiza la misma labor del primero, pero en este caso sí contempla el tiempo global.

## **Selección del operario**

No se puede realizar mediciones a cualquier colaborador, es crítico seleccionar al que cumpla con los requisitos, Niegel y Freivalds (2009) argumentan que:

Seleccionar el operario con la ayuda del supervisor de línea o supervisor del departamento. En general, un operario que tiene un desempeño promedio o ligeramente por arriba del promedio proporcionará un estudio más satisfactorio que uno menos calificado o que uno con habilidades superiores. El trabajador promedio suele desempeñar su trabajo en forma consistente y sistemática. (pág. 334)

Acudiendo a lo mencionado por los autores, se busca que la persona a quien se le van a ejecutar las mediciones sea un empleado promedio. El cual ejecuta sus tareas de forma similar a lo largo de la jornada laboral, es decir, no está sobre calificado y tampoco es de bajo rendimiento. También se menciona que, “Por supuesto, el operario debe estar completamente capacitado en el método, le debe gustar el trabajo y debe demostrar interés en hacerlo bien.” (Niebel & Freivalds , 2009, pág. 334).

### **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) 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. (pág. 25)

### **Muestra**

Determinar el tamaño de muestra es sumamente importante para el correcto análisis del estudio de tiempos, ya que ésta afecta que tan confiable y preciso será el estudio realizado. Debido a ello es necesario que para cada una de las operaciones establecidas previamente del proceso a analizar, se tiene que calcular el tamaño de muestra. Se utilizará el método estadístico, a continuación se presenta su explicación.

### **Método estadístico**

En general se entiende por muestro estadístico a 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, pág. 82)

Es un método comúnmente utilizado para los estudios de tiempos, en primera instancia se toma cierta cantidad de observaciones preliminares y posteriormente se aplica la fórmula mostrada en la figura 8 para conocer la adecuada.

Figura 8 Ecuación 1

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

Nota: Niebel y Freivalds

En la figura No 8, dónde:

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)

K = Error

$\bar{x}$  = 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 la toma de tiempos queden en evidencia, los elementos casuales que pueden surgir durante el desarrollo diario del proceso que se está analizando.

### **El sistema de Westinghouse**

Con la finalidad de ser lo más objetivo posible y brindar una correcta calificación a los operarios que van a ser tomados en cuenta en el estudio de tiempos. Se plantea este sistema, el cuales definido de la siguiente manera. “Este sistema de calificación Westinghouse considera cuatro factores para evaluar el desempeño del operario: habilidad, esfuerzo, condiciones y consistencia.” (Niebel & Freivalds , 2009, pág. 358).

Dichos factores cuentan con distintas clasificaciones, para definir en cuál de ellas el operario se encuentra. Y de esta manera lograr brindar una calificación certera del desempeño del trabajador. La tabla 1 presenta la calificación de las habilidades planteadas en el sistema Westinghouse.

Tabla 1 Sistema de calificación de habilidades de Westinghouse

Porcentaje	Calificación	Habilidad
+ 0.15	A1	Superior
+ 0.13	A2	Superior
+ 0.11	B1	Excelente
+ 0.08	B2	Excelente
+ 0.06	C1	Bueno
+ 0.03	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
- 0.05	E1	Aceptable
- 0.10	E2	Aceptable
- 0.16	F1	Malo
- 0.22	F2	Malo

Nota: Niebel y Freivalds

El porcentaje obtenido de la tabla 1 se combina, a su vez, de forma algebraica con las clasificaciones de esfuerzo, condiciones y la consistencia para llegar a la calificación final del operario. En la tabla 2 se muestra el sistema de calificación para el esfuerzo.

Tabla 2 Sistema de calificación de esfuerzos de Westinghouse

Porcentaje	Calificación	Esfuerzo
+0.13	A1	Excesivo
+0.12	A2	Excesivo
+0.10	B1	Excelente
+0.08	B2	Excelente
+0.05	C1	Bueno
+0.02	C2	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.04	E1	Aceptable
-0.08	E2	Aceptable
-0.12	F1	Malo
-0.17	F2	Malo

Nota: Niebel y Freivalds

La tabla 3 hace referencia al sistema de calificación de las condiciones.

Tabla 3 Sistema de calificación de condiciones de Westinghouse

Porcentaje	Calificación	Condiciones
+0.06	A	Ideal
+0.04	B	Excelente
+0.02	C	Bueno
0.00	D	Promedio
-0.03	E	Aceptable
-0.07	F	Malo

Nota: Niebel y Freivalds

Finalmente en la tabla número 4 se observa la calificación de la consistencia del trabajo.

Tabla 4 Sistema de calificación consistencia de Westinghouse

Porcentaje	Calificación	Consistencia
+0.04	A	Perfecta
+0.03	B	Excelente
+0.01	C	Buena
0.00	D	Promedio
-0.02	E	Aceptable
-0.04	F	Mala

Nota: Niebel y Freivalds

Una vez calificadas estas 4 clasificaciones por el analista que realiza el estudio de tiempos se suman los 4 porcentajes y el valor obtenido por éstas corresponde a la calificación del operario (C). Este porcentaje será agregado al tiempo promedio obtenido por el analista para cada elemento obteniendo el tiempo normal. La figura 9 se ve la ecuación del tiempo normal.

Figura 9 Ecuación 2

$$TN = TO \times (1 + C)$$

Nota: Niebel y Freivalds

En la figura No 9, dónde:

TN: Tiempo normal

TO: Tiempo observado promedio

C: Calificación del operario

Habiendo hecho el proceso de calificación del sistema de Westinghouse, se calcula el tiempo normal aplicando la ecuación correspondiente para su obtención, el cual es necesario para definir el tiempo estándar.

### Suplementos

En el desarrollo de las actividades que realiza el operario, existen momentos donde éste interrumpe su labor para atender otros asuntos o necesidades propias del ser humano. En el estudio de tiempos se toman en cuenta los suplementos, según lo menciona Niebel y Freivalds (2009)

Ningún operario puede mantener un paso estándar todos los minutos del día de trabajo. Pueden ocurrir tres clases de interrupciones para las que debe asignarse tiempo extra. La primera son las interrupciones personales, como viajes al baño y a tomar agua; la segunda es la fatiga que afecta incluso a los individuos más fuertes en los trabajos más ligeros. La tercera, son los retrasos inevitables, como herramientas que se rompen, interrupciones del supervisor, pequeños problemas con las herramientas y variaciones del material. (pág. 343)

Una vez determinados los porcentajes correspondientes y fijados los suplementos a aplicar, se procede a realizar la suma de estos de forma similar a la calificación de los operarios obteniendo un porcentaje el cual será añadido al tiempo observado (TO) para finalmente obtener el tiempo estándar (TE) por actividad.

### **Tiempo estándar**

Finalmente y como resultado del despliegue de los puntos requeridos para hacer un estudio de tiempos, se llega a la obtención del tiempo estándar. Se define como, “El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar la operación se llama tiempo estándar (TE) de esa operación.” (Niebel & Freivalds , 2009, pág. 343). Para ser calculado se aplica la fórmula de la figura No 10.

Figura 10 Ecuación 3

$$TE = TO * (1 + C) * (1 + Suplemento)$$

Nota: Niebel y Freivalds

En la figura No 10, dónde:

TO: Tiempo observado

TE: Tiempo estándar

C: Calificación del operario

### **Balanceo de línea**

El balanceo de línea es fundamental para establecer cargas de trabajo y es una herramienta muy útil para mejorar líneas de producción, reduciendo costos y aumentando la eficiencia. Se define como:

El balance de línea es la asignación del trabajo a estaciones integradas a una línea, de modo que se alcance la tasa de producción deseada con el menor número posible de estaciones de trabajo. Normalmente, se asigna un trabajador a cada estación. En estas condiciones, la línea que alcanza el ritmo deseado de producción con el menor número de trabajadores es considerada como la más eficiente. (Krajewski, Lee, Ritzman, & Larry, 2000, pág. 425)

Después de realizar todo el estudio de tiempos en las distintas operaciones y de los elementos definidos, se puede proceder a aplicar balanceo de línea, ya que, tiene todo el sustento de datos basado en el estudio realizado anteriormente. Con el balance se pretende mejorar la línea de producción, haciéndola lo más eficiente posible y con esto obtener beneficios en la empresa, principalmente económicos.

### **Costo-beneficio**

Según lo indica Toro (2016) en su libro referente a los costos y presupuestos que “ el cual 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” (pág. 6)

Sin ninguna duda el factor económico es uno de los más determinantes al momento de tomar una decisión. Por lo tanto se vuelve importante realizar un análisis costo-beneficio. En donde se pueden evaluar distintos escenarios que se plantean para solventar el problema, en donde se cuantifica el costo en que se debe incurrir y también el beneficio esperado. De ahí la gerencia puede decidir cual se ajusta a sus necesidades y presupuesto.

Para poder calcular esta relación se toman los beneficios (B) totales del proyecto y se dividen en los costos (C) que se dan para llevar a cabo la mejora. Por lo cual es  $B/C$ , si el resultado es positivo significa que los beneficios superan los costos, por otro lado un valor negativo indica que los costos son mayores. Finalmente si se obtiene 1 muestra que tanto los beneficios y los costos son iguales, por lo que no hay pérdida pero tampoco ganancias, al menos de dinero.

### CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se define el tipo de investigación que se realizará en el proyecto, también de las variables a estudiar, herramientas, muestra, entre otros aspectos, a fin de conocer cómo se trabajará en el muestreo de los datos y la definición de 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. (Herdández, Fernández, & Baptista , 2014, pág. 7)

El enfoque cuantitativo representa un conjunto de procesos, es secuencial y probatoria, por lo que se no puede eludir ninguno de sus pasos. El orden es riguroso, pero sí se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la bibliografía y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y se determinan variables. Posteriormente, se traza un plan para probarlas (diseño) y se miden las variables en un determinado contexto. Las mediciones obtenidas se analizan utilizando métodos estadísticos y se extrae una serie de conclusiones en relación con las hipótesis (Hernández et al. 2014, pág.4).

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

El tipo de enfoque con el que se va a desarrollar el proyecto a lo largo de su duración es de tipo cuantitativo. Es así porque las variables a estudiar en el trabajo deben ser cuantificadas, es decir, ser medibles. En este caso serán medidos los tiempos de los procesos en la línea de producción, a fin de conocer la duración de cada uno de ellos y del total del proceso. Para esto es

necesario realizar una descripción de los procesos que son medidos, para conocerlos e identificar la variable o variables del estudio. Por otro lado, se busca que el estudio sea lo más objetivo posible, sin dejar espacio para especulaciones o teorías.

### **Diseño (alcance)**

Investigación exploratoria: Se emplean cuando el objetivo consiste en examinar un tema poco estudiado o novedoso. (Hernández, Fernández & Baptista, 2014, pág. 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, pág. 92)

Investigación correlacional: Asocian variables mediante un patrón predecible para un grupo o población. (Hernández, et al, 2014, pág. 93)

Investigación explicativa: Pretenden establecer las causas de los sucesos o fenómenos que se estudian. (Hernández, et al, 2014, pág. 95)

El alcance de este proyecto es de tipo descriptivo, esto se debe a que en este caso se describen los procesos, para conocer las características de los mismos en relación con los tiempos en la duración cada tarea en la línea de producción. Por otro lado y relacionado al punto anterior es fundamental definir las variables que se van a estudiar en la investigación, ya que estas permitirán conocer 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 pretende determinar las causas que afectan la duración de los tiempos y cómo éstas repercuten en los tiempos de operación en la línea de producción.

### **Muestra de la Investigación**

La muestra que será tomada en este trabajo es de tipo probabilístico. En este caso se muestrea el tiempo en los procesos de la línea de producción, en la duración de los operarios y las máquinas que intervienen en la producción. La toma será de forma aleatoria simple, con una toma inicial de diez tiempos para calcular la muestra de cada proceso estudiado, utilizando la fórmula definida en el marco teórico, con su respectivo error y nivel de confianza aceptado.

## Variables

A continuación se muestran las variables que serán estudiadas y medidas en el proyecto. Con esto se pretende determinar los puntos de mayor enfoque de la investigación, debido a que estos son los principales temas para hacer el diagnóstico. La tabla 5 presenta las variables.

Tabla 5 Variables

Variable	Definición teórica	Indicadores	Herramientas
Proceso productivo	“podemos definir un proceso productivo como una secuencia definida de operaciones que transforman unas materias primas y/o productos semielaborados en un producto acabado de mayor valor” (Suñé, Gil, & Arcusa, 2004, pág. 77)	Productividad: (Ventas/recursos utilizados)	Datos históricos de la empresa
Tiempo estándar	“El tiempo requerido para un operario totalmente calificado y capacitado, trabajando a un paso estándar y realizando un esfuerzo promedio para realizar la operación se llama tiempo estándar (TE) de esa operación.” (Niebel & Freivalds , 2009, pág. 343)	Cronómetro vuelta cero. Horas/unidad	Cronómetro Hoja de tiempos Excel
Elementos	Con tal de hacer más fácil la medición de los tiempos, la operación debe dividirse en grupos de movimientos llamados elementos. El analista encargado del estudio debe observar varios ciclos para definir los elementos en que se divide la operación. (Niebel & Freivalds , 2009, págs. 334-335)	Repeticiones*operación	Observaciones Hoja de anotaciones
Capacidad del proceso	“La capacidad es una medida que relaciona el rendimiento real de una máquina o proceso con su rendimiento especificado” De la Fuente et al (2006, pág. 186)	Producción: Unidades/hora	Cronómetro Hoja de tiempos Excel

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla 5 uno se muestra las variables a medir, una breve definición teórica de cada una de ellas, para entender mejor su significado y la relación con el trabajo. A su vez se presenta el indicador que será utilizado en la medición de cada variable y las herramientas para la recolección de los datos que se necesitan para poder desarrollarlo.

Al momento de fijar cuales son las variables a tomar en cuenta en el proyecto es importante realizar un análisis, el cual permita seleccionar de forma correcta las variables. Entonces, teniendo claro que el fin del proyecto es una propuesta para el balance de la línea Tearaway en la empresa Theragenics a partir de un estudio de tiempos, se escogen las variables relacionadas a éste.

Una vez que se tienen planteadas las variables se definen de forma teórica, en este caso las referencias bibliográficas. Al tener estos dos puntos se prosigue con la formulación de los indicadores que se van a utilizar para medir cada variable. En cada uno de ellos se especifica la forma como serán medidos. Las herramientas serán detalladas más adelante.

### **Instrumentos**

Ahora en la tabla 6 se indican los instrumentos o herramientas que se van a utilizar en la investigación para la recolección de los datos necesarios para poder desarrollar el trabajo. Se explica su utilidad en la parte del diagnóstico y también la forma de cómo serán utilizados, esto con el fin de que quede claro de dónde proviene la información y cómo fue obtenida.

Tabla 6 Instrumentos

Indicador	Herramientas	Recursos requeridos	Beneficios
Proceso productivo	Datos históricos de la empresa	Computadora	Conocer el desempeño actual de la empresa, en relación a la producción.
Tiempo estándar	Hoja de tiempos Excel	Computadora Cronómetro	Definir el tiempo con que se realizan las operaciones, además de fijar el tiempo estándar.
Elementos	Observaciones Hoja de anotaciones	Computadora Tabla de apoyo Hojas de papel	Identificar los elementos que se dan a lo largo del proceso, a fin de conocer más del mismo.
Capacidad del proceso	Hoja de tiempos Excel	Computadora Cronómetro Tabla de apoyo Hojas de papel	Cuantificar la cantidad de unidades que puede fabricar la línea de producción en un día, hora, minuto.

Nota: Francisco Castillo León.

En la tabla 6 se muestran los instrumentos que serán usados en la investigación para la recolección de los datos, otro punto que se indica son los recursos necesarios, es decir, con qué se obtienen los datos y finalmente los beneficios que se sacan de la información.

En los instrumentos es necesario el uso de datos históricos que brinden información, además de establecer una hoja de tiempos para realizar las anotaciones de las medidas de esta variable. También la utilización de una herramienta tecnológica como lo es Excel, en la cual se pueden hacer los cálculos pertinentes a la investigación.

Los recursos que son indispensables para esto es la utilización de un computador en donde se va llenando la hoja de toma de tiempos, además de apuntes o notas que se consideren de interés para el proyecto. Aplicando estos indicadores se obtiene el beneficio de conocer la situación actual de la empresa Theragenics y saber cómo influyen las variables en sus operaciones, principalmente las relacionadas con los tiempos.

### **Proceso para la recolección de Datos**

La forma principal de obtener la información es la toma de tiempos en el proceso productivo. Dichos tiempos se obtienen con visitas al área de producción donde se observa la línea de producción, también se recibe una explicación del encargado sobre el proceso, por otro lado es importante consultar con los operarios de las actividades que estos realizan. Una vez obtenida esta información se procede a desarrollar diagramas de flujo y proceso, para establecer de forma gráfica el proceso. Después conociendo las actividades se procede a la toma tiempos, los cuales se escriben en hoja de tiempos hecha para dicho proceso.

Otros datos importantes que se deben de obtener para el estudio de tiempos son los de calificaciones de operarios y suplementos. En cuando a la calificación en el marco teórico se definió el uso del sistema de calificación Westinghouse, en el cual se explica cómo obtener la calificación del operario. Los suplementos están definidos en tablas donde se tiene que consultar para averiguar el valor correcto.

### **Método de análisis**

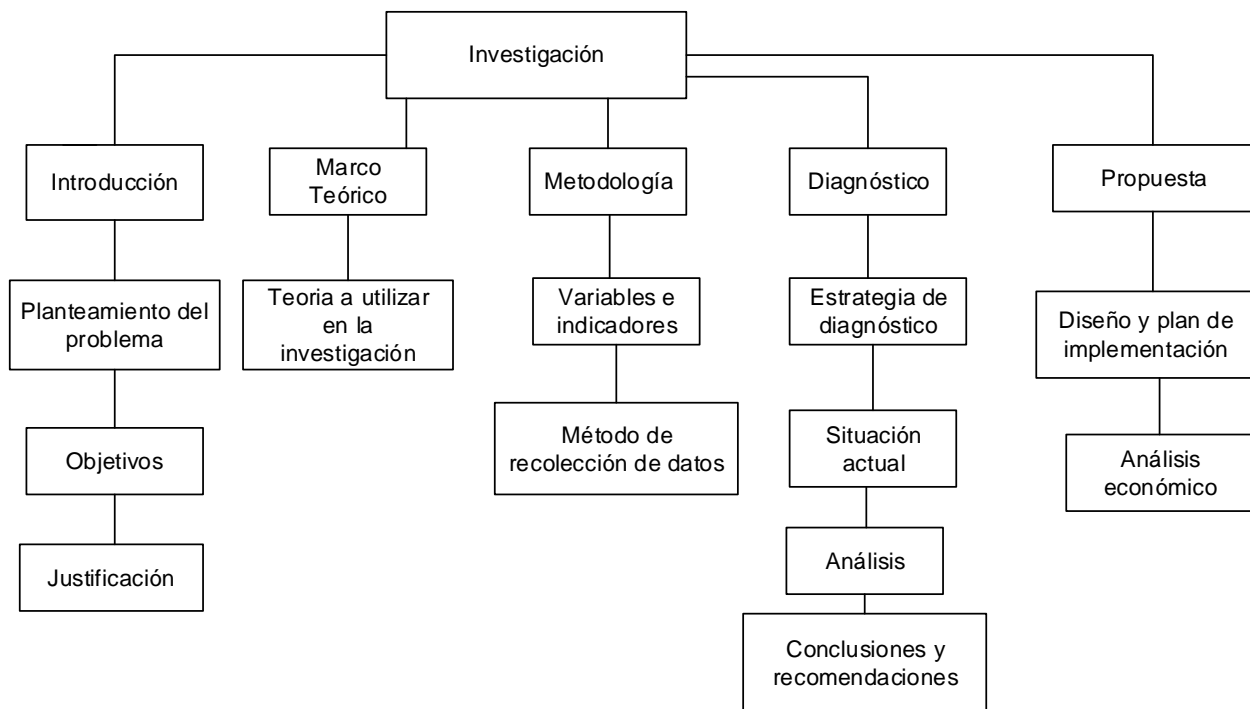
Después de haber recolectado los datos en cada uno de los procesos se continúa con el procesamiento de los mismos, con el fin de que sean más claros y sencillos de observar, se analizan gráficamente por medio del software Excel, en donde se pueden mostrar mejor. El tipo

de análisis que se hace a los datos es analítico, ya que, se busca conocer las razones del porqué de los tiempos que hay actualmente, también de identificar fallos o deficiencias que se presentan en cada una de las variables. Esto sirve como la base del diagnóstico del proyecto, para posteriormente desarrollar el diseño de la propuesta.

### Cronograma

Con el fin de tener una mejor visión del proyecto, se realiza un WBS (descomposición jerárquica de las tareas) donde se muestran los entregables de la investigación a realizar en Theragenics. En la figura 11 se muestra un ejemplo del mismo.

Figura 11 WBS



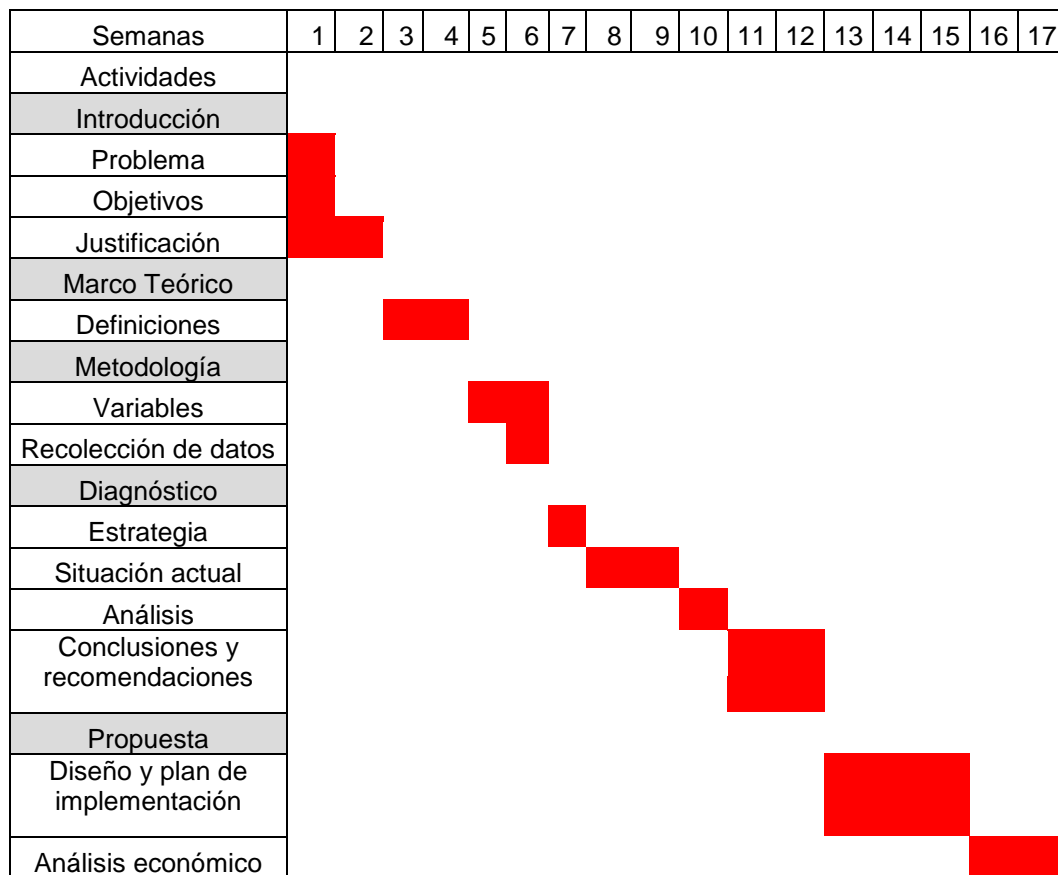
Nota: Francisco Castillo León

El WBS de la figura 11 es utilizado para mostrar un escenario de cuáles son las acciones que se van a seguir además de su orden cronológico. Este proyecto se divide en cinco grandes puntos, la introducción es la parte inicial donde se explica la problemática que se presenta actualmente, con ello se plantea el problema junto a los objetivos que se pretenden cumplir, también la justificación del porqué se realiza el trabajo. El marco teórico es el respaldo de las herramientas o términos que se van a usar en el trabajo, es decir, se busca comprobar si la teoría se ajusta en la realidad de la investigación que se hace en la organización.

Por otro lado, la metodología se define las variables que están sujetas a la investigación, son los factores de estudio y los cuales permiten realizar el estudio. También se establece el método para la recolección de los datos, la forma de cómo se van a obtener y finalmente el tratamiento del análisis que tendrán. En cuanto al diagnóstico se desarrolla una estrategia bien definida para tener los puntos más importantes de la situación actual en el que se encuentra la empresa, posteriormente se debe realizar un análisis integral de esta, con el fin de generar conclusiones y recomendaciones que sean pertinentes al proyecto. Finalmente, se desarrolla la propuesta, la parte más importante del trabajo ya que allí se le dará la solución al problema, para esto es necesario un plan de implementación y analizar el factor económico.

A continuación se presenta el diagrama de Gantt del proyecto en la figura No 12.

Figura 12 Gantt del proyecto



Nota: Francisco Castillo León.

La figura 12 muestra el cronograma del proyecto de forma visual, para una mejor comprensión del mismo.

El diagrama de Gantt es utilizado para programar las duraciones estimadas de las actividades que se van a desarrollar en la investigación. En la columna se establecen las tareas que fueron definidas en el WBS, en la fila superior se enumeran las semanas de duración. Después como se puede observar se van rellenando con color rojo el tiempo de cada actividad en las semanas planificadas. Esto marca las duraciones de los entregables y permite conocer si se dan retrasos y la afectación que pueda tener en el proyecto.

## **CAPÍTULO IV ANÁLISIS DE LA SITUACIÓN ACTUAL**

En este capítulo se desarrollarán las herramientas planteadas 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.

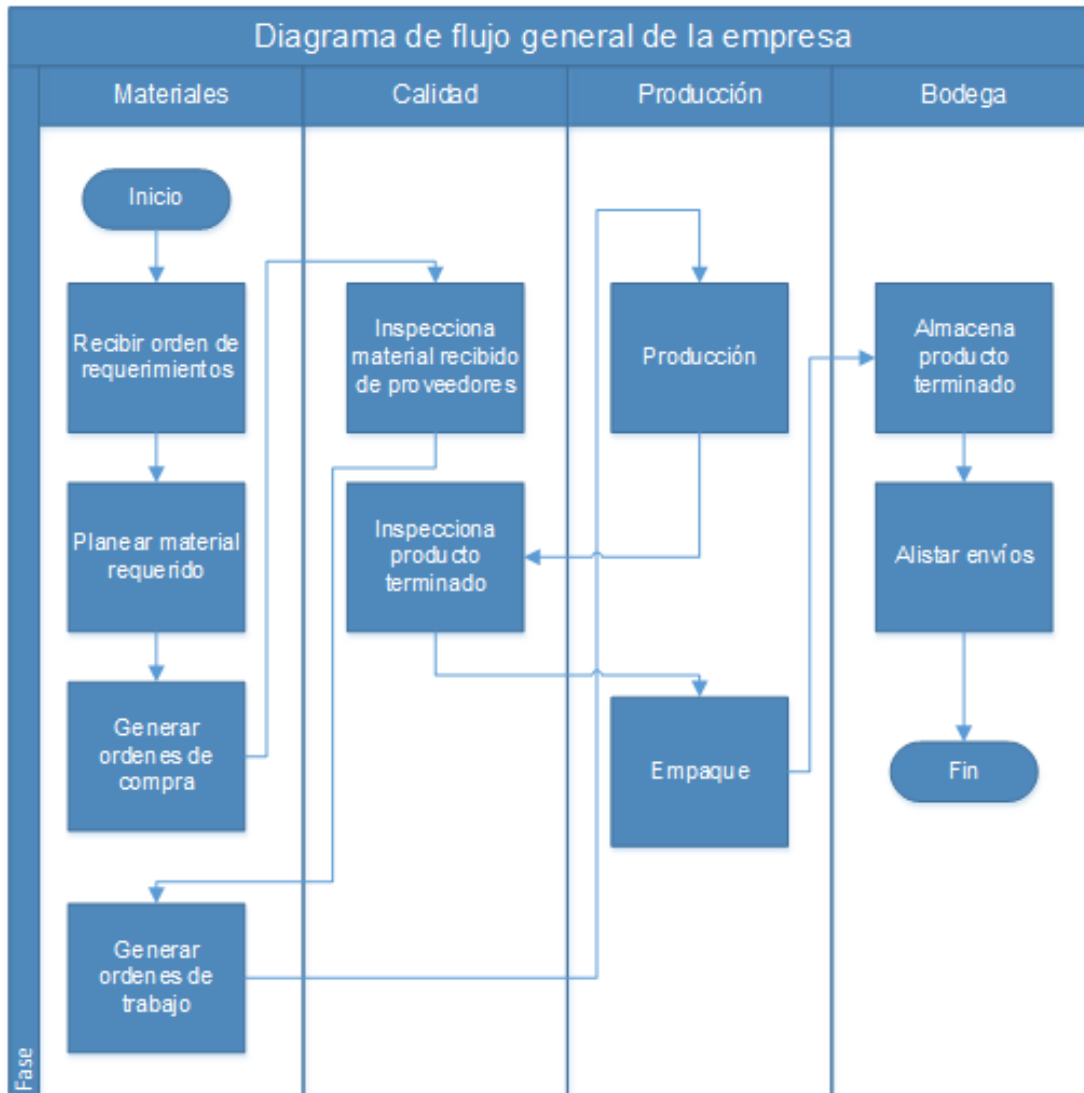
De forma inicial se inicia con una descripción de las actividades ejecutadas de forma cotidiana por la organización, con el fin de entender el flujo de las mismas hasta enfocarse en las operaciones de interés estudiadas a lo largo de la investigación.

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 organización.

### **Funcionamiento de la empresa**

Para iniciar el análisis de la situación actual y estar en el contexto de cuál es el orden de las actividades que se dan en el día a día 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 figura número 13 se observa el diagrama de flujo que muestra las operaciones de la empresa, en cada uno de los departamentos que la conforman.

Figura 13 Diagrama de flujo operaciones de la empresa



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 13 se presenta el diagrama de flujo, se muestran las tareas realizadas dentro de la organización por cada uno de los diferentes departamentos que existen en la empresa. Se puede observar 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 sus funciones que le corresponden.

Como ya se mencionó anteriormente, la compañía tiene su casa matriz fuera del país, entonces al momento de iniciar con todo su proceso de trabajo dependen de las órdenes de

requerimientos que reciben 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 suplir con la producción asignada para el correspondiente mes. Posterior a ello se generan la orden de compras 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 a calidad hacer una inspección del producto que ingresa. Para verificar que efectivamente es lo requerido y que cumple con los estándares exigidos por la compañía. Cuando se da el visto bueno por parte de calidad, materiales 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, producción recibe la orden de trabajo e inicia con la manufactura del producto, el proyecto se enfoca en esta área, específicamente en la línea Tearaway.

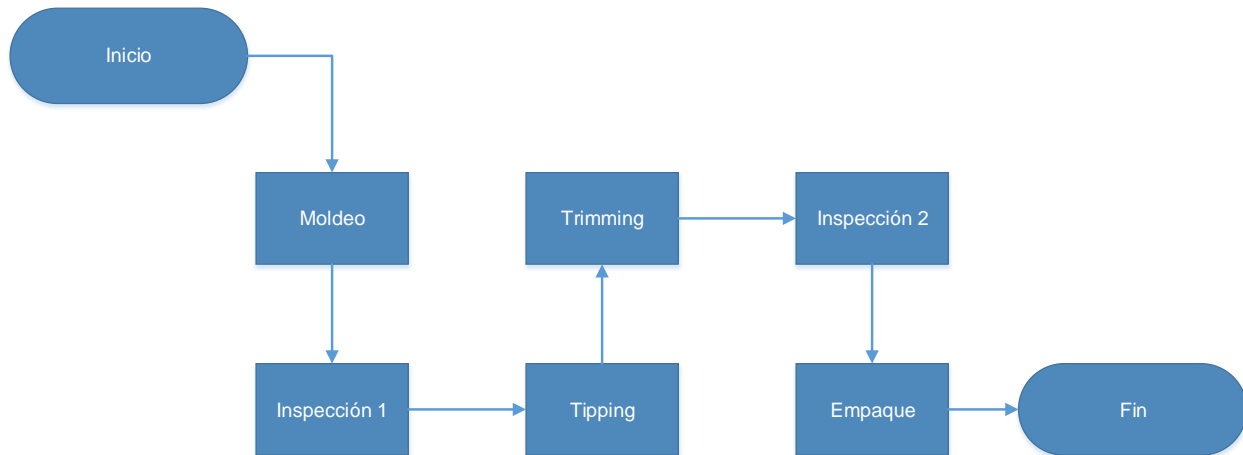
Siguiendo el flujo estructurado se observa que calidad debe de inspeccionar el producto terminado, cabe resaltar que debido al uso que tiene el producto en el campo médico los estándares de calidad son sumamente altos y exigentes con los requisitos a cumplir, de ahí la importancia que el proceso se haga bien desde el comienzo. Una vez verificado por los encargados 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 quedan en espera de ser transportados a su destino final.

Retomando lo expuesto anteriormente, ya se conoce el funcionamiento de forma macro de los sectores que componen el proceso realizado por la compañía. Ahora es momento de profundizar en el área de producción en donde el proyecto pretende enfocar y analizar de forma más rigurosa, a fin de obtener una solución que aporte en beneficio de la organización.

### **Proceso productivo de la línea Tearaway**

Para poder efectuar un estudio de tiempos, 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, el cual es mostrado y explicado para su mejor comprensión en la figura 14.

Figura 14 Diagrama de proceso línea Tearaway



Nota: Francisco Castillo León

En la representación gráfica de la figura 14 se muestran los procesos por los cuales el producto debe de pasar para ser fabricado. Cada uno de ellos representa una estación de trabajo y el orden de tareas hechas por los operarios hasta terminar el producto.

El proceso se divide en cinco distintas áreas, en donde cada una de ellas tiene sus propias actividades. Pero en forma un poco más general se presenta de forma inicial el moldeo, aquí se inyecta el plástico que conforma la estructura de la unidad. Luego se inspecciona el producto, para verificar si cumple o no con los requerimientos. En tipping se utiliza una máquina que calienta las puntas de la unidad para obtener una configuración más refinada. Seguidamente en 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.

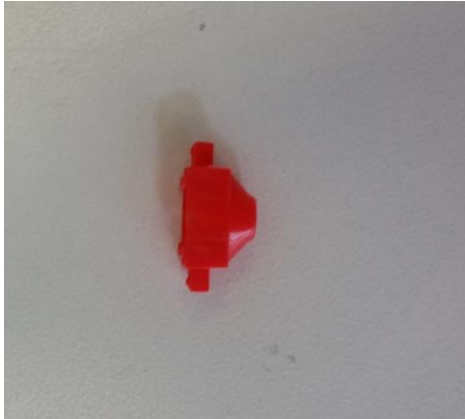
Más adelante se hará un análisis más detallado del flujo de las actividades a seguir para obtener el producto terminado.

Para lograr una mejor comprensión de la unidad que se fabrica en la empresa y que además en este proyecto se realiza un estudio de tiempos en su línea de producción.

### Producto de la línea Tearaway

Las unidades que se producen en la línea productiva se componen en su totalidad por material plástico, a continuación se muestran los dos elementos que se introducen en la inyectora de plástico. Estos elementos provienen de procesos anteriores, que finalmente se unifican en la línea para obtener el producto final. La figura No 15 muestra el Bucket.

Figura 15 Bucket



Nota: Francisco Castillo León

La primera pieza figura No 15, se coloca en el cargador para ser introducido en la moldeadora. Es una pequeña pieza de resina plástica. Existen distintos tamaños según corresponda la talla que será corrida en 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 consultando a los operarios e ingeniera se estable agrupar las tallas de la siguiente manera: (4,5) A, (6, 7, 8) B, (9; 10) C y (16) D, ya que estas medidas son muy similares, por lo que se juntan de ese modo. La segunda pieza el heading mostrado en la figura 16.

Figura 16 Heading

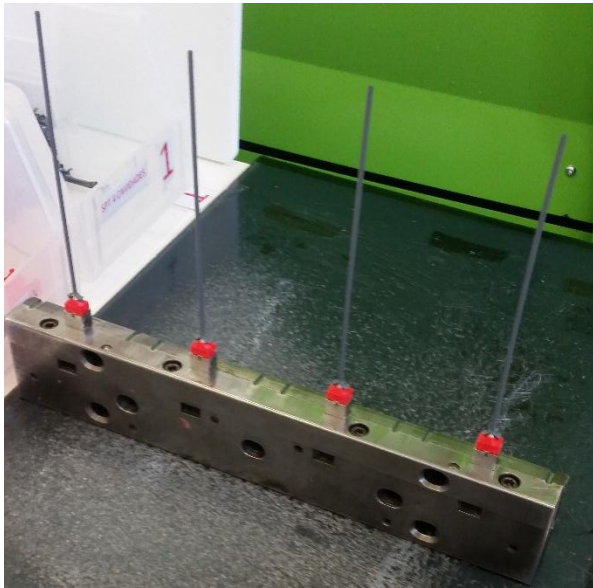


Nota: Francisco Castillo León

Después de haber colocado el bucket en el cargador posteriormente se une el heading, mostrado en la figura 16, una vez situados estos dos elementos en la base utilizada para inyectar el plástico, se introduce en la máquina de inyección para unificar estas dos piezas, además de agregar el material en el molde de cada talla.

A continuación se presenta la figura 17 con el cargador, el cual funciona como base para los dos elementos mostrados anteriormente, al momento de ingresar a la moldeadora.

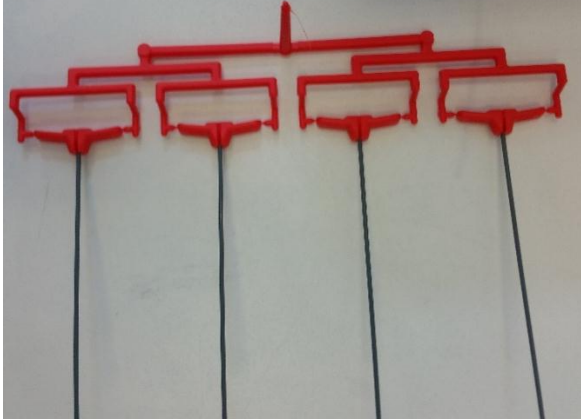
Figura 17 Cargador



Nota: Francisco Castillo León

Como se puede observar en la figura 17 se colocan las primeras unidades mencionadas para su correspondiente moldeo. El cargador tiene una capacidad de cuatro piezas por corrida, el resultado es llamado runner en el vocabulario de la compañía. Seguidamente se establece una fotografía de dicho componente en la figura 18.

Figura 18 Runner



Nota: Francisco Castillo León

Finalmente, las cuatro unidades como se ve en la figura 18 son cortadas, para eliminar el excedente de material plástico y así quede expuesta la unidad que en este caso es un catéter, el cual recorre el proceso productivo en la línea tearaway. El catéter se observa en la figura 19.

Figura 19 Catéter

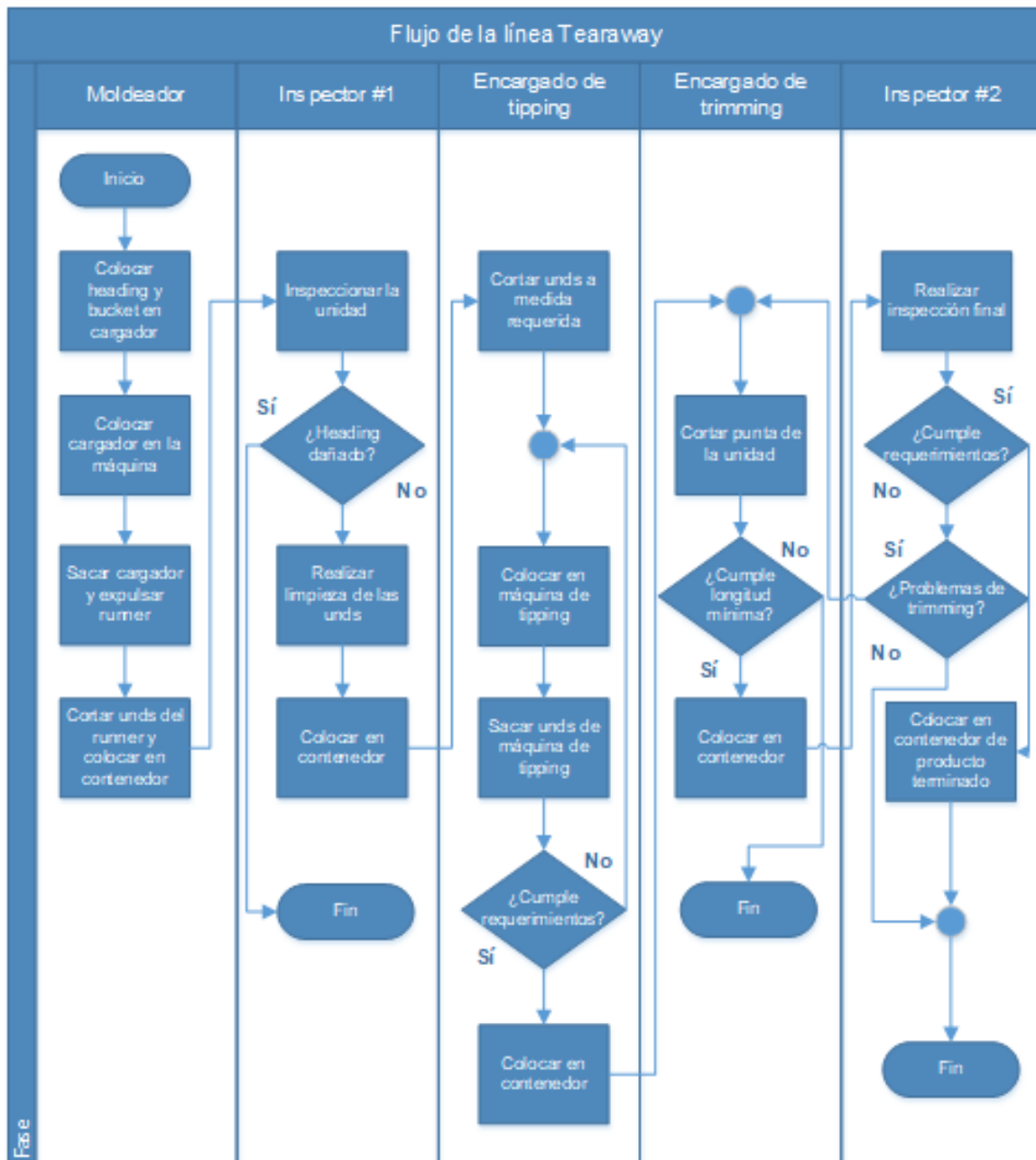


Nota: Francisco Castillo León

La figura 19 se presenta la unidad producida en la línea que está en estudio y que pretende conocer el tiempo estándar, capacidad, entre otros aspectos. Por ejemplo aquí se muestra la talla más pequeña, la de cuatro french. Las demás tallas son iguales en aspecto pero variando el tamaño y grosor, además del color, ya que cada una tiene uno propio para una mejor identificación de cada pieza y así evitar confusiones.

Ya conociendo por medio de fotografías los elementos físicos que están involucrados en el proceso se continúa con la explicación del diagrama de flujo que actualmente se está desarrollando en la línea productiva, este se puede visualizar en la figura 20.

Figura 20 Diagrama de flujo línea Tearaway



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 20 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 mayor parte manual, es decir, los trabajadores deben utilizar sus destrezas para realizar una operación de alta calidad, ya que solamente en dos operaciones se ven involucradas máquinas, moldeo y tipping. 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 de heading y bucket en el cargador con un total de cuatro unidades, posteriormente lo coloca en la máquina y se realiza el moldeo. Una vez hecho esto 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, en cada inspección se trabaja con seis unidades en cualquiera de las tallas, debido a que los operarios las colocan entre su dedo índice y medio para un mejor manejo de las piezas, con la ayuda de un visor que funciona como una lupa la persona tiene una mejor visibilidad permitiendo 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 otro lado, si lo que requiere es 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, al comienzo toma dos unidades a las cuales debe de realizar un corte al heading para acortar la longitud del mismo, cada talla tiene su longitud determinada. Luego el operario coloca por el interior de cada catéter un mandril (pieza de metal rígido), acomoda las unidades en la máquina de tipping, la cual calienta las puntas del producto y moldea las mismas. Finalmente, las saca e inspecciona el resultado, de estar conforme a los requerimientos lo coloca en el contenedor para que siga el proceso, de ser lo contrario debe de volver a colocar la pieza en la máquina de tipping para arreglar la punta.

La penúltima operación en la línea en estudio es la de trimming, aquí es importante acotar que en las tallas más pequeñas las tipo A y la más grande D la tarea se realiza tomando de uno en uno las unidades, las tallas B y C, se trabaja con grupos de seis piezas que coloca en la mesa de trabajo, pero de igual forma solo puede hacer el proceso de trimming a una pieza a la vez. Esta situación es así porque el encargado indica que en las tallas pequeñas se deben tratar con cuidado ya que podría dañarlas, por lo tanto prefiere trabajar una a la vez. En la de mayor

tamaño también lo hace de forma individual, para evitar botar al suelo alguna de ellas por estar estorbando en la mesa de trabajo, si cae al suelo tiene que ser desechada.

La tarea consiste en recortar el exceso de plástico en la punta de la unidad, el cual se produce en la actividad anterior. El corte se realiza con una hoja de afeitar, ya que permite un corte más fino, posteriormente verifica si la pieza cumple con el tamaño mínimo requerido, de ser inferior se desecha la unidad. Si la medida es correcta se coloca en el contenedor para que siga el flujo.

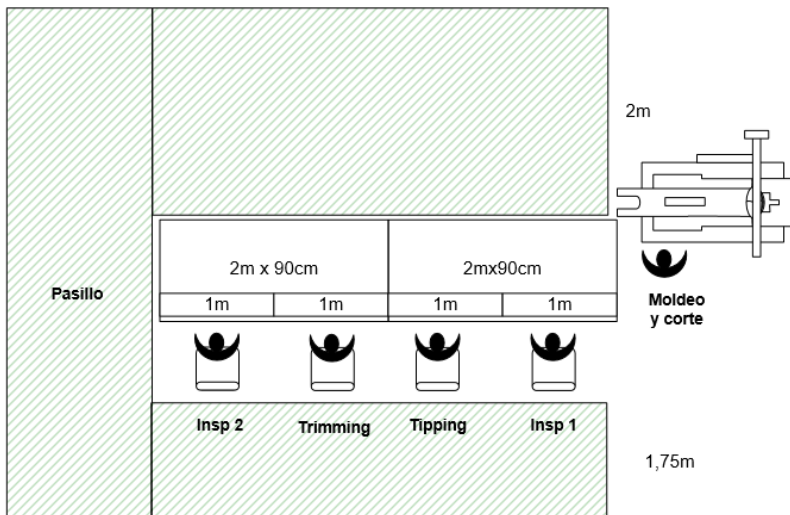
Por último y para dar fin al flujo de proceso las unidades son inspeccionadas por segunda ocasión. De igual forma que en la primera se inspeccionan seis unidades a la vez, cuentan con el visor de aumento para una visión más clara de la pieza, además del soplador de aire para la limpieza de cada unidad. 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.

### **Estaciones de trabajo**

Después de haber analizado las operaciones que se desarrollan en la elaboración del producto en la línea y conociendo de qué forma los colaboradores realizan sus operaciones se comprende de mejor forma 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 figura 21 permite identificar si el camino que recorre el producto al momento de ser fabricado tiene un flujo lógico y que contribuya a aprovechar de mejor forma el tiempo, evitando desplazamientos innecesarios, que se crucen o que corte el traslado de las unidades entre las operaciones que se desarrollan en la producción.

Figura 21 Distribución de la línea



Nota: Francisco Castillo León

Como se puede observar en la figura 21 se representa la distribución de los puestos de trabajo dentro de la línea Tearaway.

Los puestos de trabajo tienen una dirección hacia el pasillo, 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 la misma necesita espacio para ser alimentada de material plástico para ejecutarlo. Después los siguientes puestos de trabajo no requieren de gran espacio, por lo tanto pueden estar juntos de forma consecutiva. Se trabaja sobre dos mesas que componen un área amplia de trabajo.

### **Moldeo y corte**

La primera estación de trabajo es la de moldeo, como ya fue explicado en el diagrama de flujo, en esta operación se colocan dos piezas previamente fabricadas en otras líneas productivas en el cargador. Posteriormente se inyecta la resina plástica que da forma a las unidades que serán procesadas en la línea de producción. En la figura 22 se presenta la estación mencionada.

Figura 22 Estación de moldeo



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 22 se observa la máquina de moldeo, en el tapete negro con bordes amarillos se posiciona el operario. Esta persona 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 y corte se encuentra de pie, es decir requiere un mayor esfuerzo físico en comparación a los otros procesos donde se trabaja sentado; sin embargo, como la tarea no requiere utilizar fuerza compensa el estar de pie.

En este mismo lugar el colaborador que está a cargo del moldeo también debe de 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 permite tener tanto los materiales y equipo necesario para el moldeo, así también para el corte. La figura 23 contiene la estación de inspección 1, se presenta a continuación.

## Inspección 1

Figura 23 Estación de Inspección 1



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 23 se observa el espacio físico utilizado para el desarrollo de la operación de inspección número uno.

Posteriormente continúa el espacio donde se realiza la primera inspección del proceso. La operaria se encuentra sentada en una silla con ruedas, la cual le permite tener una mayor movilidad. En la mesa se encuentran dos contenedores, el primero con unidades sin inspeccionar y en el otro coloca 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 los deja en el segundo en la espera de ser procesados en la siguiente operación.

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

## Tipping

Esta actividad se encarga de moldear la punta del catéter aplicando calor con la utilización de una máquina. A continuación se mostrará el espacio físico donde se ejecuta dicha

tarea la cual se encuentra junto a inspección uno y trimming. A continuación, la figura 24 muestra la estación de tipping.

Figura 24 Estación de tipping



Nota: Francisco Castillo León

Puesto de tipping y máquina utilizada en la actividad.

En la estación de la figura 24 la persona encargada de realizar la tarea se encuentra sentada en una silla con ruedas, lo que le permite hacer movimientos 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, frente a esta se encuentran las cavidades donde se colocan las piezas, se debe recordar que se ingresan dos unidades en cada ciclo que la máquina forma o moldea la punta del catéter.

Al lado derecho de la máquina se encuentra el contenedor donde están las unidades que ya fueron inspeccionadas en la tarea anterior a esta, 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 acorta 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 usado en esta tarea, la cortadora, los contenedores y la máquina se encuentran en la mesa de trabajo, el espacio disponible es lo suficientemente amplio para realizar las operaciones sin ninguna dificultad.

Posteriormente se prosigue con la tarea de trimming.

### **Trimming**

Una vez hecho el tipping de la pieza se le realiza el trimming, por lo tanto se va a mostrar en la figura 25 el lugar donde se desarrolla dicha actividad.

Figura 25 Estación de trimming



Nota: Francisco Castillo León

En la figura 25 se observa el área destinada para la operación, además del equipo utilizado para ejecutar la tarea.

En la figura se ven los elementos que intervienen en esta operación, 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 en la talla pequeña y grande y seis en las tallas medias. 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 sentado en una silla con rodamiento. También en el sector izquierdo de su puesto de trabajo posiciona el contenedor de producto ya procesado el cual será inspeccionado en la última estación de la línea productiva Tearaway.

## **Inspección II**

Finalmente, y para 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 al producto. En la figura 26 se muestra una imagen de la misma.

Figura 26 Estación de Inspección 2



Nota: Francisco Castillo León

La figura 26 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 las piezas que ya fueron vistas y que cumplen con los requerimientos de calidad. Aquí también el colaborador se



Tabla 7 Producción Talla A 2017

Talla	A	
	Planeado	Completado
Enero	4000	3257
Febrero	4000	3218
Marzo	4000	3384
Abril	4000	3527
Mayo	4000	3385
Junio	4000	3241
Julio	4000	3308
Agosto	4000	3512
Septiembre	4000	3659
Octubre	4000	3250
Noviembre	4000	3653
Diciembre	4000	3241
Promedio	4000	3386,25

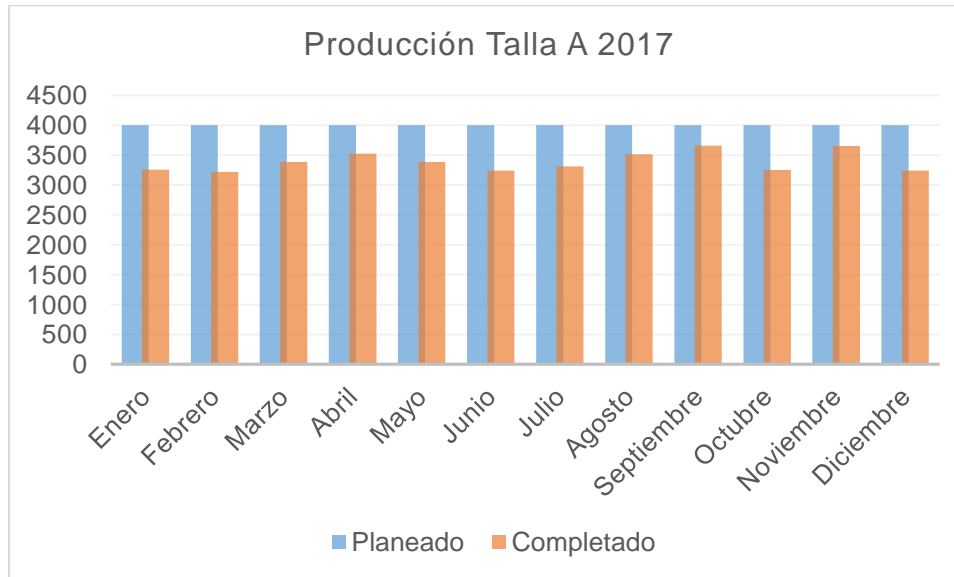
Nota: Empresa

En la tabla 7 se muestra la producción mensual del año 2017 de la Talla A, la cual está conformada por el catéter de 4 y 5 french. También el valor planeado de producción por mes y el promedio de ambos.

Los datos históricos de esta talla revelan que la producción obtenida a lo largo de los meses del año anterior nunca llegó a alcanzar la cantidad requerida por la empresa para cumplir con la demanda de las unidades. En promedio la línea producción Tearaway fabricó 3387 piezas por mes siendo la meta de 4000 unidades para cada mes, es decir, existe un faltante de 613 unidades promedio para esta talla.

A fin de observar de forma gráfica los datos anterior se procese a la construcción de un gráfico de barras que muestra el comportamiento de la producción el cual se presenta en la figura 27.

Figura 27 Gráfico de barras talla A



Nota: Tabla 7

En la figura 27 se puede observar de forma más clara que la producción real no llega a igualar la producción planeada por la empresa, pueden existir diversos factores para que ello no se dé, pero en el estudio de tiempos será expuesto este factor que influye en la producción.

Para conocer la eficiencia productiva de la talla A se realiza el cálculo de las eficiencias se puede observar en la tabla 8.

Tabla 8 Eficiencias talla A

Eficiencia Talla A	
Enero	81%
Febrero	80%
Marzo	85%
Abril	88%
Mayo	85%
Junio	81%
Julio	83%
Agosto	88%
Septiembre	91%
Octubre	81%
Noviembre	91%
Diciembre	81%

Nota: Francisco Castillo León

En la figura 28 se representa la gráfica de la eficiencia de la talla A en el año 2017, tomando como fuente la tabla 8.

Figura 28 Gráfico de la eficiencia talla A



Nota: Tabla 8

Para obtener la eficiencia se divide la cantidad de unidades completadas entre las planeadas. Como se puede observar el porcentaje de estas son bajas, al rededor del 84% y solamente llega a un 91% en dos meses. Eso significa que hay un 15% de unidades que no se logran producir en el mes, lo que representa 600 piezas para esta talla en específico y en el año 7200 unidades, sin embargo, este valor puede variar ya que la eficiencia en unos meses baja a menos del promedio y en otros aumenta, como se puede observar en la figura 28.

Continuando con el mismo tipo de análisis se presenta la talla B, donde se verán las unidades producidas por la línea en el año anterior en la tabla No 9, además de la eficiencia obtenida respecto a la cantidad de piezas planeadas por la empresa. También se muestran los gráficos de las respectivas tablas de producción y eficiencia.

Tabla 9 Producción talla B 2017

Talla	B	
	Planeado	Completado
Enero	6000	5563
Febrero	6000	5426
Marzo	6000	5371
Abril	6000	5251
Mayo	6000	5497
Junio	6000	5670
Julio	6000	5584
Agosto	6000	5668
Septiembre	6000	5623
Octubre	6000	5630
Noviembre	6000	5516
Diciembre	6000	5559
Promedio	6000	5529,83

Nota: Empresa

En este caso la tabla 9 se observa que la producción planeada es de 6000 unidades, ya que se toman en cuenta 3 tallas y cada una de ellas tiene como requerimiento 2000 unidades mensuales. También se presentan las piezas completadas y el promedio de las mismas.

De igual forma que la talla anterior en ninguno de los meses del año pasado se logró llegar a completar las unidades planeadas, el promedio de unidades fue de 5530 al mes. Hasta el momento y tomando en cuenta la talla A y B, para los dos casos no se cumplió con lo planeado, lo que evidencia problemas con la capacidad de producción.

Para hacer más visible lo anterior se presenta un gráfico comparativo entre las piezas que fueron planeadas fabricar y al lado la cantidad real de unidades alcanzadas, en la figura 29 se puede visualizar dicha gráfica.

Figura 29 Gráfico de barras talla B

Nota: Tabla 9

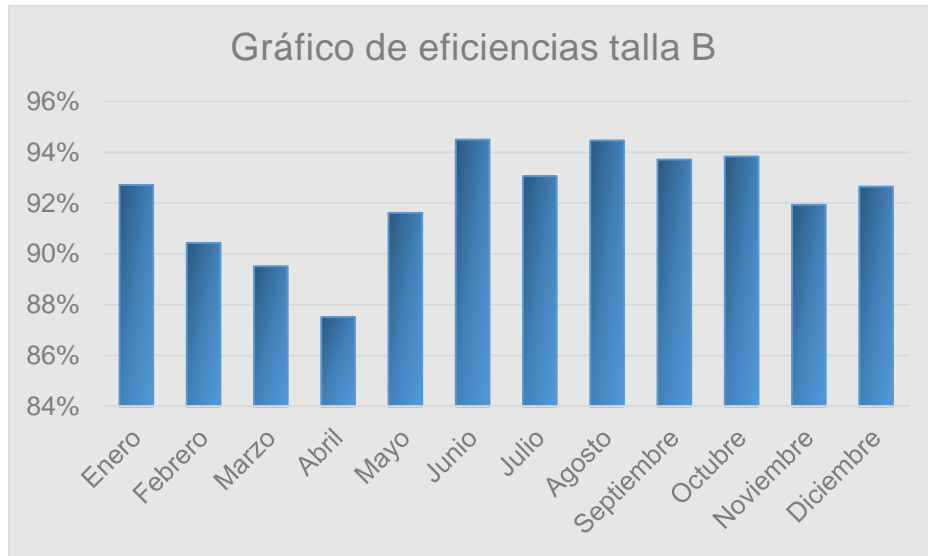
Se puede apreciar en la figura 29 la diferencia de valores que existe en la producción completada, la de color naranja en comparación al azul la cual representa lo planeado. El mes de abril presentó un faltante de un poco menos de 800 piezas, de ese mes en adelante su producción aumentó, aunque muy por debajo de la cantidad requerida.

Utilizando la información brindada por la empresa en cuanto a la producción, se realiza el cálculo de la eficiencia para la talla B, presente en la tabla No 10.

Tabla 10 Eficiencias talla B

Eficiencia Talla B	
Enero	93%
Febrero	90%

Figura 30 Gráfico de la eficiencia talla B



Nota: Tabla 10

La figura 30 se aprecia que a diferencia de la talla anterior en esta la eficiencia es más alta con un promedio del 92%, en otras palabras, es mayor la cantidad de producto que actualmente se realiza en esta talla. Cabe resaltar que las personas a cargo de realizar las actividades dentro de la línea manifiestan que al momento de fabricar el producto las tallas que generan una mayor dificultad, ya sea por problemas en el moldeo o que se dañan en el proceso son la A y D, es decir la más pequeña y su contraria la más grande. Por ende, es normal observar la diferencia entre las eficiencias de casi el 10% con respecto al promedio.

En la gráfica se puede apreciar que en los primeros meses del año la eficiencia tendiendo a descender hasta llegar a un 88% en abril siendo este la más baja del año, a partir del mes de junio hasta diciembre la eficiencia de la línea tuvo un valor similar siempre superando el 90%.

Siguiendo con el análisis de la producción se presenta la tabla 11 con los datos históricos de la cantidad de unidades elaboradas en el año 2017 para la talla C.

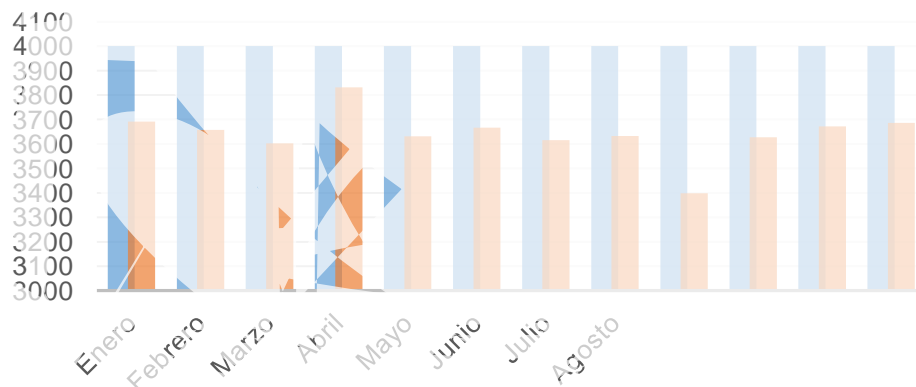
Tabla 11 Producción talla C 2017

Talla	C	
	Planeado	Completado
Enero	4000	3691
Febrero	4000	3658
Marzo	4000	3603
Abril	4000	3831
Mayo	4000	3631
Junio	4000	3666
Julio	4000	3615
Agosto	4000	3633
Septiembre	4000	3398
Octubre	4000	3627
Noviembre	4000	3672
Diciembre	4000	3686
Promedio	4000	3642,58

Nota: Empresa

De la misma forma que en las tallas pasadas la producción que se logró completar no fue suficiente para abarcar la cantidad requerida por la empresa, como se observa en la tabla 11. En el gráfico de la figura 31 se puede tener una mejor visión de los datos que contiene la tabla número 11.

Figura 31 Gráfico de barras talla C



Nota: Tabla 11

La gráfica de la figura 31 es clara al mostrar que la cantidad de unidades que fueron completadas es menor en relación a las planeadas, el promedio hecho por mes fue de 3643 elementos terminados, es decir 357 unidades no se produjeron por mes, dando un total de 4284 unidades al año. Esto significa que al final del año sumando los faltantes por mes se llegan a superar la cantidad de unidades requeridas en un mes, para esta talla. Ahora se mostrará la eficiencia presentada en la tabla 12.

Tabla 12 Eficiencias talla C

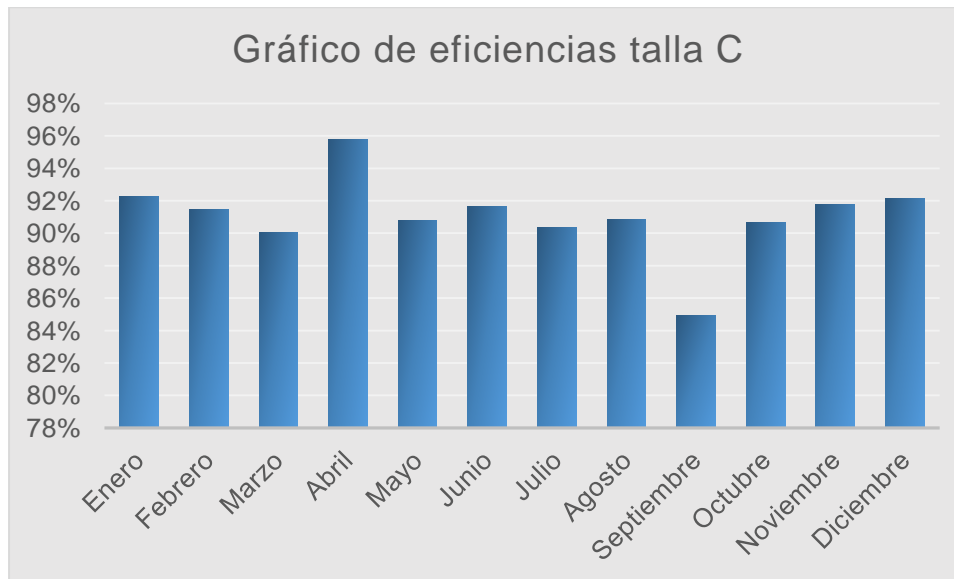
Eficiencia Talla C	
Enero	92%
Febrero	91%
Marzo	90%
Abril	96%
Mayo	91%
Junio	92%
Julio	90%
Agosto	91%
Septiembre	85%
Octubre	91%
Noviembre	92%
Diciembre	92%

Nota: Francisco Castillo León

La eficiencia que presenta esta talla es similar a la anterior, con porcentajes alrededor del 90% y con un promedio del 91% por mes, estas últimas dos tallas tienen una mayor eficiencia en comparación a la primera, sin embargo, la tabla 12 indica que son bajas, por lo que la línea de producción sufre problemas para completar las unidades requeridas.

En la figura 32 se presentan los datos anteriores de forma gráfica, donde se puede apreciar la diferencia que se dio en cada mes en cuanto a la eficiencia productiva. El mes con un mayor porcentaje es abril, lo que es interesante ya que en la talla B dicho mes fue el que obtuvo menos eficiencia. Esto permite inferir que al aumentar la eficiencia en una talla se descuida la producción de otra, ya que, en la misma línea se producen todas las tallas.

Figura 32 Gráfico de la eficiencia talla C



Nota: Tabla 12

Finalmente se llega a la talla D, en este caso está compuesta por la unidad con el tamaño más grande fabricado en la línea, el catéter de 16 french. A continuación la tabla 13 con los datos.

Tabla 13 Producción talla D 2017

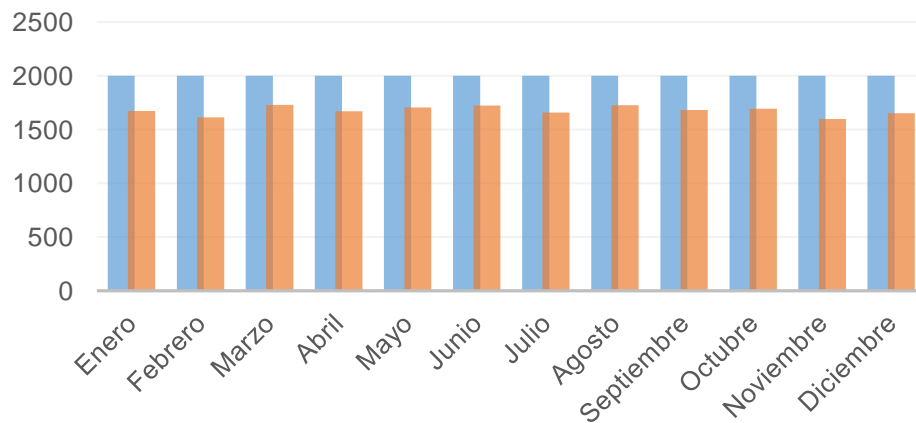
Talla	D	
	Planeado	Completado
Enero	2000	1674
Febrero	2000	1613
Marzo	2000	1729
Abril	2000	1669
Mayo	2000	1705
Junio	2000	1723
Julio	2000	1658
Agosto	2000	1726
Septiembre	2000	1682
Octubre	2000	1693
Noviembre	2000	1597
Diciembre	2000	1653
Promedio	2000	1676,83

Nota: Empresa

Se puede observar en la tabla 13 que se repite la misma situación en esta talla, no se llega a la cantidad requerida en ninguno de los meses del año anterior. El promedio de producción mensual que la línea Tearaway en la talla D consiguió fue de 1677 elementos, considerablemente menor a lo necesario. Por ejemplo, el mes que más cercano estuvo a cumplir la meta fue marzo, con 1729 piezas de las 2000 requeridas, por lo tanto, faltaron 271, lo que representa el 13,55% de la producción total planificada para dicho mes.

Al elaborar el gráfico de barras de la figura 33 se puede hacer más evidente lo mencionado y observar la diferencia entre la producción necesaria y la real.

Figura 33 Gráfico de barras talla D



Nota: Tabla 13

Se observa en la figura 33 la diferencia que existe en cada mes en cuanto a la cantidad de unidades. El promedio indica que más de 300 piezas no fueron fabricadas en cada mes, provocando una menor eficiencia de producción de la talla D en la línea.

Para continuar con el análisis se presenta la tabla 14, con valores de la eficiencia obtenida en el año anterior para la talla D.



Al realizar una comparación de la producción mensual total de todas las tallas en la figura 35, es decir, sumando la producción promedio mensual que se obtuvo en cada una de las tallas y comparándola contra la producción total necesaria se puede apreciar la gran diferencia que existe entre ellas. Se utiliza la tabla 15 como base para la construcción del gráfico.

Tabla 15 Unidades mensuales

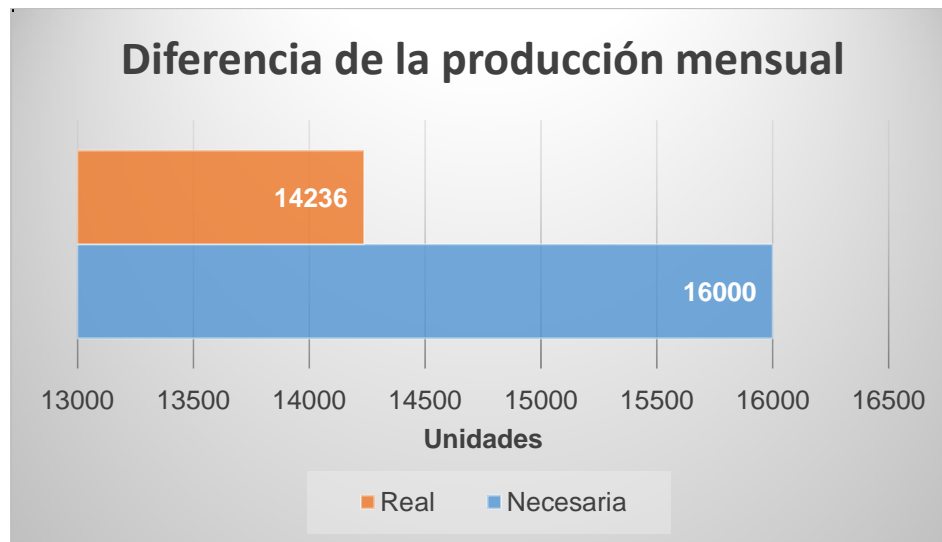
Producción Mensual	
Necesaria	Real
16000	14236

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla 15 se indica la cantidad de unidades del catéter fabricado en la línea, tanto la necesaria, así como la real.

El requerimiento por talla es de 4000 para A, 6000 unidades de la B, 4000 de C y 2000 piezas en la D, para un total de 16000 dispositivos. Esa es la cantidad de unidades que la empresa necesita producir en un mes, sin embargo el número real de unidades completadas es de 14236 el cual se obtiene sumando los promedios de cada una de las tallas. A continuación se construye un gráfico que permite ver la magnitud del problema en cuanto a unidades no producidas.

Figura 35 Gráfico de la producción mensual



Nota: Tabla 14

Observando la figura 35 en la cual se hace la comparación entre cada una de ellas, es evidente el faltante de unidades que actualmente tiene la línea, una diferencia de 1764 piezas en cada mes. La cifra es considerable, ya que, representa el 11% de la producción necesaria, es decir la eficiencia total de la línea es de apenas el 89%. Esta eficiencia es baja, indica que la línea se encuentra por debajo de la capacidad necesaria, entonces ya conociendo los datos en cuanto a las capacidades mensuales se prosigue a determinar la capacidad diaria en la línea de producción.

### Capacidades diarias

En la línea en estudio se presentan tres tipos de capacidades la teórica, necesaria y real. La empresa tiene establecido que teóricamente y trabajando en condiciones prácticamente perfectas la línea puede producir de forma diaria 1500 unidades, sin embargo sólo es necesario una fabricación de 739 piezas para cumplir con la cantidad planeada y por último la capacidad real es de 658 dispositivos. Estos datos son presentados en la tabla 16 para su mejor comprensión.

Tabla 16 Capacidad de la línea

Capacidad de la línea			
	Teórica	Necesaria	Real
Mensual	32475	16000	14236
Diaria	1500	739	658

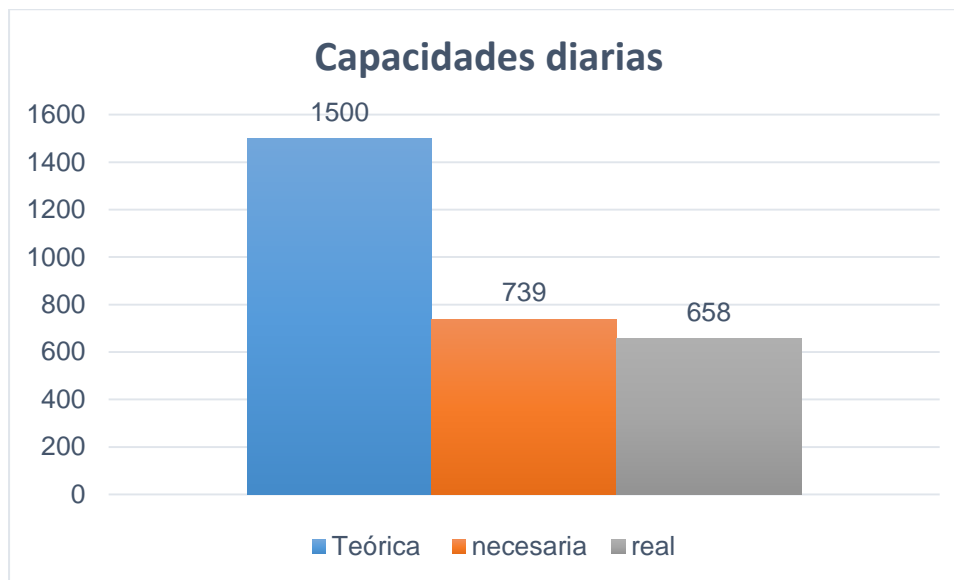
Nota: Francisco Castillo León

En la tabla 16 se muestran la cantidad de unidades en forma mensual y diaria de las tres capacidades presentes en la línea Tearaway.

La primera fila contiene el monto de piezas por mes que maneja el proceso productivo, en la segunda fila se trabaja con el valor diario, el cual se obtiene de realizar la división entre el valor mensual y los días por mes. La línea en estudio se mantiene en operaciones 5 días por semana, además se utiliza un valor de 4,33 semanas por mes. Al hacer la multiplicación se obtienen 21,65 días disponibles al mes, aplicando la operación de división se obtuvo los valores anteriores de forma diaria.

En la siguiente representación gráfica de la figura 36 se muestran los datos de las capacidades diarias para observar la diferencia entre cada una de ellas.

Figura 36 Gráfica capacidad diaria



Nota: Tabla 15

La figura 36 muestra el gráfico de barras con la cantidad de unidades por capacidad productiva, siendo la teórica, necesaria y real.

La línea tiene una capacidad teórica de producir 1500 piezas al día, sin embargo no requiere una cantidad tan alta de elementos, con la demanda actual que tiene la línea necesita por día 739 unidades, es decir, menos de la mitad de lo que en teoría puede producir. Lo interesante es que la capacidad real o lo que en realidad la línea fabrica por día son 658 catéteres, hay una diferencia de 81 unidades entre ambas.

### **Jornada laboral**

Conocer el tiempo con el que cuentan los colaboradores para poder realizar sus tareas a lo largo de la jornada es importante, ya que, permite estar al tanto del tiempo con que se dispone

para hacer las actividades, en este caso de producción del catéter. Con el estudio de tiempos se puede determinar si efectivamente es suficiente o que al contrario se requiere más.

Anteriormente se mencionó que la línea Tearaway funciona 5 días por semana, desde el lunes hasta el viernes, las personas encargadas de la línea realizan sus funciones esos días. Ahora para conocer el tiempo que dichos operarios cuentan para producir las unidades se presenta la tabla 17.

Tabla 17 Tiempo de la jornada laboral

Jornada laboral	
Tiempo de jornada 9,5 horas (570 minutos)	
Jornada al día	570
(-)	
Desayuno	15
Almuerzo	30
Café	15
Total	60
Total disponible	510

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla 17 se presenta el tiempo en minutos de la jornada laboral, además se incluyen los tiempos destinados a la alimentación de los trabajadores de la línea.

Un día de labores para las personas encargadas de la fabricación de la unidad tiene una duración de 9,5 horas lo que equivale a 570 minutos diarios. De estos 570 minutos se deben restar 3 tiempos al día, el desayuno, almuerzo y el tiempo para el café. La primera y última actividad suman 30 minutos juntas, es decir, cada una de ellas tienen una duración de 15 minutos, el almuerzo tiene un tiempo establecido de 30 minutos, por lo tanto, de la jornada laboral se restan 60 minutos porque en ese tiempo no se está realizando funciones de producción. Entonces el tiempo total disponible es de 510 minutos diarios.

### **Estudio de tiempos**

A fin de conocer y establecer el tiempo estándar de la fabricación del catéter se procede a ejecutar un estudio de tiempos para las tallas ya establecidas, con el propósito de determinar la situación actual de la línea productiva con respecto a la duración de las actividades y el tiempo total para producir una unidad.

El estudio de tiempos inició con la identificación de los elementos que fueron cronometrados para establecer el tiempo estándar. La división se hizo en seis operaciones, las cuales son moldeo, corte, inspección 1, tipping, trimming e inspección 2. Ya estos procesos fueron analizados anteriormente, tanto los pasos que se siguen en cada uno de ellos mediante el diagrama de flujo de la línea y la observación de las estaciones de trabajo, de forma general así como individualmente.

Teniendo claro el proceso que sigue la línea productiva y de los elementos establecidos los cuales interactúan en la fabricación de la unidad, se continúa con la selección del operario a registrar sus tiempos. En este caso es necesario consultar con el encargado de la línea, dado que tiene el conocimiento sobre las capacidades de los trabajadores. Las personas que son sujetos al estudio en su totalidad son mujeres, con pleno conocimiento de las labores que realizan en su estación, además de presentar un desempeño promedio. En total son 5 personas, moldeo y corte es realizado por el mismo operario.

Las tomas de tiempo son efectuadas con el método de vuelta a cero, lo que implica que una vez completado el elemento que se mide el cronómetro reinicia, es decir, cada tiempo se toma de forma independiente. Para calcular la muestra del estudio fue necesario medir el tiempo de cada elemento de las distintas tallas, con tomas aleatorias de 5 repeticiones en diferentes horas de la jornada laboral, lo cual se hizo 10 veces obteniendo 50 registros en cada una de las tareas en las 4 tallas, para cada grupo de 5 tiempos se calcula el promedio y con base a esos 10 promedios se calculó la muestra de las actividades de la línea.

Es importante resaltar que en el estudio realizado en la línea se efectuaron 300 tomas de tiempo para cada una de las tallas, las cuales son 4, por lo tanto se tiene un total de 1200 registros del tiempo de las operaciones. Con esto se respalda la validez y credibilidad que tiene el estudio, ya que, contempla una buena cantidad de tiempos que además fueron recolectados en diferentes horas de la jornada, con el fin de reducir la variabilidad en los tiempos por factores de cansancio de los operadores.

Después de haber explicado cómo se realizó el estudio de tiempos se procede a efectuar el respectivo análisis de los resultados obtenidos. En primera instancia se inicia con el resultado de la muestra, luego se calcula el tiempo normal y finalmente el tiempo estándar, para cada tarea

por talla. Para calcular el dato de cada uno de los puntos anteriores se aplican las ecuaciones de las figuras 7, 8 y 9 respectivamente.

### Talla A resultados del estudio

La primera operación que se calcula los datos del estudio de tiempos es moldeo. En la tabla 18 se presenta el resultado de la muestra que se necesita recolectar para ejecutar las ecuaciones que arrojan los datos del tiempo normal y estándar.

Tabla 18 Tamaño de la muestra moldeo talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	2

Nota: Francisco Castillo León

Como se observa en la tabla 18 el resultado obtenido es 2, para llegar a él es necesario aplicar la ecuación de la figura No 8. Donde son necesarios los siguientes datos: t (valor obtenido de la tabla t-student, con un intervalo de confianza del 95%), s la desviación estándar de los datos, k error del 5% y  $\bar{x}$  el promedio de los valores. Los datos del promedio y la desviación se obtienen de las 50 tomas de tiempo por operación, todos estos datos son adjuntados en los apéndices del proyecto. La fórmula se aplica por igual en todas las tareas y tallas, los únicos valores que varían son el promedio y la desviación estándar, los otros se mantienen igual.

En la figura 37 se muestra la aplicación de la ecuación para obtener el tamaño de la muestra.

Figura 37 Ecuación de n moldeo talla A

$$n = \left( \frac{2,262 * 0,858}{0,05 * 37,15} \right)^2 = 1,091$$

Nota: Francisco Castillo León

El resultado obtenido en la figura 37 es 1,091 se redondea al siguiente número entero, por lo tanto es 2. Es un tamaño de muestra bajo sin embargo al observar los datos del estudio se aprecia que la diferencia entre los valores es pequeña, es decir, hay poca variabilidad entre los tiempos de la misma operación.

El siguiente paso antes de establecer el valor del tiempo estándar es calcular el tiempo normal (TN) ecuación de la figura 9, es necesario contar con los próximos datos, el promedio de las 50 observaciones y la calificación del operario. Las calificaciones utilizando el sistema Westinghouse. En la figura 38 se observa su aplicación.

Figura 38 Ecuación tiempo normal moldeo talla A

$$TN = 37,15 * (1 + 0,13) = 41,90$$

Nota: Francisco Castillo León

Se obtiene en la figura 38 que el tiempo normal es de 41,90 segundos, la unidad con que se trabajan los valores en el estudio de tiempos es en segundos. Este tiempo indica la duración de un trabajador calificado en realizar la operación. Ahora se procede al cálculo del tiempo estándar de la operación de moldeo, aplicando la fórmula de la figura 39 que al igual que la anterior contempla el promedio, la calificación del operador y se agregan los suplementos. En el estudio se trabaja con un 10% de suplementos, 6% para las necesidades personales de los colaboradores y un 4% por concepto de fatiga.

Figura 39 Ecuación tiempo estándar moldeo talla A

$$TE = 37,15 * (1 + 0,13) * (1 + 0,10) = 46,09$$

Nota: Francisco Castillo León

Finalmente desarrollando la ecuación como lo muestra la figura 39 se obtiene que el tiempo estándar para la operación de moldeo de la talla A es de 46,09 segundos, es importante recordar que en dicha operación se trabajan 4 unidades a la vez. Si se divide el resultado entre 4 se consigue el valor por unidad el cual es de 11,52 segundos.

Dado que para todas las operaciones de las tallas A, B, C y D los tiempos se calculan de la misma forma, sólo se debe de utilizar el promedio, la desviación y las calificaciones específicas de cada tarea. Por lo tanto se presentan los valores conseguidos en el estudio.

La siguiente operación es la de corte, a continuación los datos obtenidos en la tabla 19.

Tabla 19 Tamaño de la muestra corte talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
T	2,262
K	0,05
n redondeado	13

Nota: Francisco Castillo León

En este caso en la tabla 19 el resultado es 13, esto implica hacer una toma extra de 3 datos más para completar los 13 requeridos y recalcular el tamaño de la muestra. Esto debido a que se tienen 10 tiempos en los datos preliminares.

Tabla 20 Tamaño de la muestra recalculado corte talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
T	2,262
K	0,05
n redondeado	10

Nota: Francisco Castillo León

Después de agregar los 3 valores faltantes el tamaño se reduce a 10 tomas de tiempo como lo indica la tabla 20, por lo que se puede continuar con el cálculo del tiempo estándar mostrado en la figura 40.

Figura 40 Ecuación tiempo estándar corte talla A

$$TE = 26,13 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 32,16$$

Nota: Francisco Castillo León

La operación de corte de igual forma que a la de moldeo se procesan 4 unidades a la vez, por lo tanto el tiempo de 32,16 segundos es el total para 4 piezas, de forma unitaria el valor es de 8,04 segundos. Se obtuvo de la aplicación de la ecuación de la figura 40.

La siguiente operación es la inspección 1, se presenta la tabla que contiene el tamaño de la muestra para ésta, presentada en la tabla 21.

Tabla 21 Tamaño de la muestra inspección 1 talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
T	2,262
K	0,05
n redondeado	10

Nota: Francisco Castillo León

La aplicación de la fórmula para obtener la n necesaria da como resultado 10, exactamente el número de datos que se tiene. A forma de recordatorio, se tienen 10 tomas pero cada una de ellas está compuesta por 5 tiempos, en otras palabras, cada toma es el promedio de 5 tiempos registrados de la operación.

El cálculo de tiempo estándar en la tarea de inspección 1 se presenta en la figura 41.

Figura 41 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla A

$$TE = 40,64 * (1 + 0,09) * (1 + 0,10) = 48,73$$

Nota: Francisco Castillo León

Inspección 1 es una actividad que procesa 6 unidades en cada ciclo de la operación, por lo tanto, para conocer el valor por unidad es necesario dividir el tiempo obtenido de 48,76 segundos en la figura 41 entre 6, la operación indica un dato de 8,12 segundos. La próxima muestra se indica en la tabla 22.

Tabla 22 Tamaño de la muestra tipping talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
T	2,262
K	0,05
n redondeado	6

Nota: Francisco Castillo León

El valor resultante es de 6 tomas de tiempos, por ende se puede continuar con la aplicación de la fórmula de tiempo estándar. Hasta el momento el tamaño de las muestras es

bajo, lo que permite inferir que el proceso está estandarizado y los operarios capacitados, ya que la variación entre los tiempos es pequeña. A continuación, el cálculo del tiempo estándar en la figura 42.

Figura 42 Ecuación tiempo estándar tipping talla A

$$TE = 25,19 * (1 + 0,14) * (1 + 0,10) = 31,51$$

Nota: Francisco Castillo León

Aquí se realiza el proceso de 2 piezas en cada ciclo, dado que el tiempo es de 31,51 segundos obtenido en la figura 42, significa que una unidad tarda 15,76 segundos en ser trabajada antes de pasar a la siguiente tarea, la cual es trimming.

Tabla 23 Tamaño de la muestra trimming talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	5

Nota: Francisco Castillo León

La muestra para trimming da un valor de 5 tomas de tiempo como se demuestra en la tabla 23, dado que se tienen 10 se realiza el cálculo del tiempo con las 10 tomas iniciales en la figura 43.

Figura 43 Ecuación tiempo estándar trimming talla A

$$TE = 8,21 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 10,14$$

Nota: Francisco Castillo León

Para este caso el valor resultante de la figura 43 sí corresponde al de una unidad, debido a que esta tarea se realiza una por una.

La última operación en conocer su tiempo estándar es inspección 2, primero se conocerá la cantidad necesaria de registros cronometrados para averiguar el dato de interés tal y como lo muestra la tabla 24.

Tabla 24 Tamaño de la muestra inspección 2 talla A

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	4

Nota: Francisco Castillo León

El número redondeado de la muestra es de 4 tomas, por lo que se puede resolver la ecuación de la figura 44 para obtener el valor deseado que aporta al estudio.

Figura 44 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla A

$$TE = 56,52 * (1 + 0,10) * (1 + 0,10) = 68,26$$

Nota: Francisco Castillo León

Como dato importante, los cálculos de los tiempos fueron efectuados en una hoja de Excel, por lo tanto se utilizan todos los decimales y al resolver las ecuaciones presentadas en este apartado por escrito el resultado puede variar por cuestiones de redondeo, sin embargo el dato mostrado es el correcto. El valor obtenido en la figura 44 es de 68,26 segundos.

Al igual que la primera inspección en la segunda la persona responsable de la operación toma 6 unidades para ser procesadas. El dato unitario por pieza corresponde a 11,38 segundos.

Para mantener el orden y tener claro los datos se presenta la tabla 25 con el resumen de los tiempos de las distintas tareas.

Tabla 25 Resumen de los tiempos estándar talla A

Tiempo estándar Talla A			
Operación	Tiempo Est	# unidades	1 unidad
Moldeo	46,09	4	11,52
Corte	32,16	4	8,04
Insp 1	48,73	6	8,12
Tipping	31,51	2	15,76
Trimming	10,14	1	10,14
Insp 2	68,26	6	11,38
Total	236,89		64,96
TE en mins	3,95		1,08

Nota: Francisco Castillo León

Se puede observar en la tabla 25 en la columna de “Tiempo Est” los valores obtenidos de la ecuación, con la cantidad de unidades con la que los operarios la ejecutan de forma cotidiana, en la última columna se presentan los datos de forma unitaria. El tiempo estándar en que se tarda una unidad en la línea Tearaway de la talla A es de 1,08 minutos en total. Siendo tipping la operación que requiere más tiempo para ser completada.

Para conocer el dato pero en las restantes tallas se continua con el mismo procedimiento, la siguiente es ser analizada es la talla B.

### **Talla B resultados del estudio**

Continuando con el tamaño de la muestra por actividad y el tiempo estándar para cada una de estas con base al resultado de la fórmula, se presenta la tabla 26 de la operación de moldeo talla B.

Tabla 26 Tamaño de la muestra moldeo talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

El tamaño es uno, ya que la mayoría de esta actividad es realiza por una máquina se reduce el factor humano lo que genera una estabilidad en el proceso y disminuye la variabilidad entre los tiempos.

Aplicando la fórmula del tiempo estándar de la figura 45 se consigue el siguiente resultado.

Figura 45 Ecuación tiempo estándar moldeo talla B

$$TE = 39,74 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 48,96$$

Nota: Francisco Castillo León

En comparación a la talla anterior el tiempo de moldeo es más alto, presenta un tiempo unitario de 12,24 segundos para el moldeo de una unidad, dato calculado del resultado de la figura 45.

La siguiente actividad es el corte de las piezas del runner, que se realiza con 4 elementos a la vez.

Tabla 27 Tamaño de la muestra corte talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	2

Nota: Francisco Castillo León

La tabla 27 tiene como resultado un valor pequeño, pero como ya se ha mencionado anteriormente, los procesos son estables y presentan poca variabilidad entre los tiempos de la misma operación. Para continuar con el análisis se presenta el valor del tiempo estándar de la figura No 46.

Figura 46 Ecuación tiempo estándar corte talla B

$$TE = 27,09 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 33,32$$

Nota: Francisco Castillo León

El tiempo requerido para efectuar el corte de cuatro unidades previamente moldeadas según la figura 46 es de 33,32 segundos. Esto significa el valor de una sola pieza es de 8,33 segundos, ligeramente mayor que en la talla A.

Tabla 28 Tamaño de la muestra inspección 1 talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	3

Nota: Francisco Castillo León

La cantidad obtenida de la es de tres tomas, como lo indica la tabla No 28, sin embargo se realiza el cálculo de los datos con la muestra preliminar de diez tomas. Esto garantiza un

mayor rango a variables que pueden surgir en la actividad. A continuación la figura No 47 con el desarrollo de la ecuación.

Figura 47 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla B

$$TE = 34,74 * (1 + 0,11) * (1 + 0,10) = 42,38$$

Nota: Francisco Castillo León

La figura 47 muestra un valor de 42,38 segundos, en esta inspección el tiempo necesario es bastante más significativo a la talla pasada, con una diferencia de 6,35 segundos. Esto se debe a que en este tamaño de talla se presentan menor problema en las unidades, según lo manifiesta la ingeniera a cargo y el personal de la línea, por lo tanto las inspecciones se realizan más rápido.

La tabla 29 contiene el número de tomas de la tarea de tipping.

Tabla 29 Tamaño de la muestra tipping talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	6

Nota: Francisco Castillo León

El resultado de la fórmula para obtener el número de observaciones arroja que debe ser seis, por lo tanto se continúa a ejecutar la ecuación de la figura No 48 para conocer el tiempo.

Figura 48 Ecuación tiempo estándar tipping talla B

$$TE = 27,20 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 33,51$$

Nota: Francisco Castillo León

La operación de tipping se ejecuta con dos unidades en cada ciclo, por ende el tiempo estándar para una sola de las piezas es de 16,76 segundos. Hasta el momento es la tarea que más se demora de forma unitaria para esta talla, dado el resultado obtenido en la figura No 48.

En la tabla 30 se muestra el tamaño de muestra para la operación de trimming.

Tabla 30 Tamaño de la muestra trimming talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

Dado que el tamaño es mínimo se sigue con la determinación del tiempo, figura No 49.

Figura 49 Ecuación tiempo estándar trimming talla B

$$TE = 31,51 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 38,89$$

Nota: Francisco Castillo León

En el tiempo de la figura No 49 y a diferencia de la talla A, el encargado trabaja con seis unidades por ciclo. El tiempo de 38,89 se divide entre 6 y se obtiene 6,48 segundos por pieza.

La operación final de inspección 2 es la última actividad por conseguir el tiempo estándar para conocer dicho tiempo pero para completar una unidad de la talla B.

Tabla 31 Tamaño de la muestra inspección 2 talla B

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla No 31 se obtiene que el tamaño de la muestra es igual a uno. Se procede a identificar el tiempo estándar de la operación con la ecuación de la figura No 50.

Figura 50 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla B

$$TE = 40,81 * (1 + 0,10) * (1 + 0,10) = 49,56$$

Nota: Francisco Castillo León

El resultado de la figura No 50 es de 49,56 segundos trabajando con seis unidades, para una sola pieza su tiempo es de 8,26 segundos. En la tabla No 32 se muestran todos los valores de tiempo para la talla B.

Tabla 32 Resumen de los tiempos estándar talla B

Tiempo estándar Talla B			
Operación	Tiempo Est	# unidades	1 unidad
Moldeo	48,96	4	12,24
Corte	33,32	4	8,33
Insp 1	42,38	6	7,06
Tipping	33,51	2	16,76
Trimming	38,89	6	6,48
Insp 2	49,56	6	8,26
Total	246,62		59,13
TE en mins	4,11		0,99

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla No 32 se observa que el tiempo estándar para fabricar una unidad es de 0,99 minutos, es decir prácticamente se tarda un minuto completo para hacer una unidad. En este caso es menor a la talla pasada, donde su tiempo es de 1,08 minutos. También se presenta que la tarea de tipping es la que tiene una mayor duración de entre todas las operaciones.

La siguiente talla es la C, para la cual de igual forma se muestran los datos recabados de tamaño de la muestra en la tabla 33 y tiempo estándar figura 51.

### Talla C resultados del estudio.

Tabla 33 Tamaño de la muestra moldeo talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

De la misma manera que en las tallas anteriores la actividad de moldeo presenta un tamaño de muestra mínimo expuesto en la tabla No 33, esto se debe a la estabilidad de los tiempos. Ahora se muestra el dato del tiempo estándar de moldeo, presentado en la figura 51.

Figura 51 Ecuación tiempo estándar moldeo talla C

$$TE = 47,59 * (1 + 0,13) * (1 + 0,10) = 59,05$$

Nota: Francisco Castillo León

En relación con la talla A y B en la tarea de moldeo, la C es mayor inclusive rosando el minuto los 59,05 segundos representa la duración de 4 unidades, el tiempo por unidad es de 14,76 segundos. Se prosigue con el corte de las unidades después del moldeo, tabla No 34.

Tabla 34 Tamaño de la muestra corte talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	2

Nota: Francisco Castillo León

Se vuelve a obtener un resultado de un n pequeño en la tabla No 34, como ha sido mencionado se atribuye a la poca variabilidad entre los tiempos, indica que es proceso muy estable. A continuación, el tiempo de la operación mostrado en la figura 52.

Figura 52 Ecuación tiempo estándar corte talla C

$$TE = 30,17 * (1 + 0,13) * (1 + 0,10) = 37,50$$

Nota: Francisco Castillo León

El tiempo para dicha operación se fija en 37,50 segundos para completar el corte de las 4 unidades que componen el runner según lo indica la figura 52. Para una pieza es necesario invertir 9,38 segundos. La tabla 35 es para el proceso de inspección 1.

Tabla 35 Tamaño de la muestra inspección 1 talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	3

Nota: Francisco Castillo León

Con un nivel de confianza del 95% se puede asegurar que el tamaño de la muestra es de tres tomas, considerando que se tienen diez se continua con el cálculo del tiempo estándar, los valores utilizados se presentan en la figura 53.

Figura 53 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla C

$$TE = 49,17 * (1 + 0,10) * (1 + 0,10) = 59,44$$

Nota: Francisco Castillo León

Con una duración de 59,44 segundos para inspeccionar seis unidades. Si se observa de forma individual da como resultado 9,91 segundos. Tipping es la próxima tarea en conocer los resultados del estudio de tiempos, anotados en la tabla 36.

Tabla 36 Tamaño de la muestra tipping talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	2

Nota: Francisco Castillo León

Según el dato obtenido en la tabla 36 se necesitan dos registros para poder aplicar la fórmula de la figura 54 que permite conocer la duración estándar de tipping.

Figura 54 Ecuación tiempo estándar tipping talla C.

$$TE = 18,75 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 23,17$$

Nota: Francisco Castillo León

La operación se lleva a cabo con dos unidades, por lo tanto para lograr el dato unitario se divide el resultado entre dos. Al ejecutar la división se presenta un tiempo de 11,59 segundos. La actividad de trimming es la siguiente y aparecen su resultado en la tabla 37.

Tabla 37 Tamaño de la muestra trimming talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	6

Nota: Francisco Castillo León

El resultado de la tabla 37 en comparación a los tamaños de las otras tareas este es un poco mayor, significa que sí existe un poco más de variación entre los tiempos de la operación, sin llegar a ser sumamente distintos. La figura 55 expone el cálculo del tiempo estándar.

Figura 55 Ecuación tiempo estándar trimming talla C

$$TE = 38,16 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 47,14$$

Nota: Francisco Castillo León

Esta operación al igual que la anterior se realiza con seis unidades por ciclo. El tiempo de una sola es de 7,86 segundos valor calculado del resultado de la figura 55, antes de pasar a la última actividad, inspección 2 mostrado en la tabla 38.

Tabla 38 Tamaño de la muestra inspección 2 talla C

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
T	2,262
K	0,05
n redondeado	3

Nota: Francisco Castillo León

La actividad de inspección 2 presenta un tamaño de muestra de tres tomas como lo dicta la tabla No 38, sin embargo para el cálculo de la misma se ejecutaron 50 registros sacando el promedio de 5 tomas hechas a diferentes horas de la jornada laboral, hasta obtener las 10 tomas preliminares.

Se prosigue con la aplicación de la fórmula de la figura 56, para conocer el dato de tiempo de esta tarea.

Figura 56 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla C

$$TE = 48,77 * (1 + 0,10) * (1 + 0,10) = 58,75$$

Nota: Francisco Castillo León

Con un tiempo de 58,75 segundos trabajando seis unidades por ciclo, es lo que se demora el encargado de la estación en inspeccionar las piezas. El valor de una sola unidad es de 9,79 segundos. Datos obtenidos en la figura 56.

Ahora en la tabla 39 se presenta una recopilación de los tiempos estándar por tarea de la talla C, finalmente se muestra la duración total para fabricar una unidad.

Tabla 39 Resumen de los tiempos estándar talla C

Tiempo estándar Talla C			
Operación	Tiempo Est	# unidades	1 unidad
Moldeo	59,05	4	14,76
Corte	37,5	4	9,38
Insp 1	59,44	6	9,91
Tipping	23,17	2	11,59
Trimming	47,14	6	7,86
Insp 2	58,75	6	9,79
Total	285,05		63,28
TE en mins	4,75		1,05

Nota: Francisco Castillo León

El tiempo estándar para la elaboración de un catéter de talla C es de 1,05 minutos, este tiempo es mayor al de la talla A pero inferior al B. Se observa en la tabla No 39 que la operación que requiere más tiempo es la de moldeo. Seguida por tipping, que en las tallas pasadas fue la actividad con una duración más alta.

Para terminar con los resultados obtenidos con la elaboración del estudio de tiempos en cuanto a muestra y tiempo estándar se presentan los valores de la talla D. Primero en la tabla 40 se presenta el tamaño de la muestra requerida en la operación de moldeo y posteriormente en la figura 57 el cálculo del tiempo estándar.

### Talla D resultados del estudio.

Tabla 40 Tamaño de la muestra moldeo talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

De igual forma el tamaño de muestra para molde de talla D en relación a las otras es el mínimo. A continuación el cálculo del tiempo estándar en la figura 57.

Figura 57 Ecuación tiempo estándar moldeo talla D

$$TE = 47,02 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 58,17$$

Francisco Castillo León

Conociendo que se moldean 4 unidades en cada ciclo, el tiempo por pieza es de 14,54 segundos. En todas las tallas este valor es similar, con una diferencia de 3,02 segundos entre ésta la talla más grande y la A la más pequeña.

Tabla 41 Tamaño de la muestra corte talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	2

Nota: Francisco Castillo León

En la tabla 41 se presenta un tamaño de muestra pequeño, de dos tomas en la duración de la tarea, sin embargo se utilizan las diez para efectuar el cálculo del tiempo.

Figura 58 Ecuación tiempo estándar corte talla D

$$TE = 33,54 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 41,47$$

Nota: Francisco Castillo León

La tarea de corte de la misma forma que las otras tallas procesa cuatro unidades en un ciclo, cuyo tiempo es de 41,47 segundos. El dato individual corresponde a 10,37 segundos, obtenidos del dato de la figura 58.

Tabla 42 Tamaño de la muestra inspección 1 talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

Siguiendo con el mismo comportamiento en cuanto al tamaño pequeño de las muestras, en inspección 1 de la talla D se requiere una toma, así lo demuestra la tabla 42.

Figura 59 Ecuación tiempo estándar inspección 1 talla D

$$TE = 84,63 * (1 + 0,10) * (1 + 0,10) = 102,40$$

Nota: Francisco Castillo León

En este caso el tiempo estándar de esta tarea indicado en la figura 59 es el mayor obtenido en todo el estudio. Pero dado a que ya se tiene conocimiento que esta talla presenta más problemática en su proceso, las tareas de inspección requieren mayor atención para evitar el paso de producto defectuoso o dañado.

La actividad tarda un total de 102,40 segundos, pero ya que se ejecuta con seis unidades, el tiempo por catéter es de 17,07 segundos. Continuando con los resultados se presenta la tarea de tipping.

Tabla 43 Tamaño de la muestra tipping talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

Se obtiene un tamaño de muestra de una toma, valor obtenido en la tabla 43, como ya se ha recalado se debe a la poca variabilidad entre los tiempos.

Figura 60 Ecuación tiempo estándar tipping talla D

$$TE = 37,17 * (1 + 0,14) * (1 + 0,10) = 46,40$$

Nota: Francisco Castillo León

Se muestra un resultado de 46,40 segundos en la figura 60, requeridos para ejecutar dos unidades. Por ende el tiempo para una es de 23,20 segundos, siendo este el tiempo más alto de tipping en todas las tallas. La tabla No 44 indica el resultado conseguido para trimming.

Tabla 44 Tamaño de la muestra trimming talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	16

Francisco Castillo León

Ya que el resultado es superior a diez, se deben tomar seis tiempos más y recalcular la fórmula del tamaño de la muestra, utilizando el promedio y la desviación de los 16 registros de tiempo de la operación.

Tabla 45 Tamaño de la muestra recalculado trimming talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	11

Francisco Castillo León

Una vez recolectados los datos de tiempos faltantes se vuelve a efectuar la fórmula para conocer el tamaño de la muestra, presente en la tabla 45. Como se puede observar se obtiene un resultado de 11, dado que se tienen 16 tomas se procede a calcular el tiempo estándar.

Figura 61 Ecuación tiempo estándar trimming talla D

$$TE = 6 * (1 + 0,12) * (1 + 0,10) = 7,41$$

Nota: Francisco Castillo León

Al igual que el encargado realiza el trimming de forma unitaria en la Talla A, también lo hace así en la D. Se tienen que el tiempo estándar para esta operación es de 7,41 segundos, valor obtenido en la figura 61.

Tabla 46 Tamaño de la muestra inspección 2 talla D

Tamaño de la muestra	
	CL = 95% E = 5%
t	2,262
K	0,05
n redondeado	1

Nota: Francisco Castillo León

Como se observa en la tabla 46 se obtiene un tamaño de muestra de una toma, se puede proseguir a la aplicación de la ecuación del tiempo estándar ejemplificado en la figura No 62.

Figura 62 Ecuación tiempo estándar inspección 2 talla D

$$TE = 51,43 * (1 + 0,11) * (1 + 0,10) = 62,57$$

Nota: Francisco Castillo León

La última tarea de la línea productiva es la de inspección 2, el operario hace la tarea revisando 6 unidades en cada ciclo, por lo que su duración es de 62,57 segundos como se observa en la figura No 62. En forma unitaria el valor corresponde a 10, 43 segundos.

Finalmente en la tabla No 47 se juntan los datos obtenidos en la aplicación de las ecuaciones de tiempo estándar y se muestran en dicha tabla.

Tabla 47 Resumen de los tiempos estándar talla D

Tiempo estándar Talla D			
Operación	Tiempo Est	# unidades	1 unidad
Moldeo	58,17	4	14,54
Corte	41,47	4	10,37
Insp 1	102,4	6	17,07
Tipping	46,4	2	23,20
Trimming	7,41	1	7,41
Insp 2	62,57	6	10,43
Total	318,42		83,02
TE en mins	5,31		1,38

Nota: Francisco Castillo León

Al sumar los tiempos de las operaciones se obtienen el tiempo total estándar para la fabricación de una unidad de la talla D, como lo muestra el resultado de la tabla 47 de 1,38 minutos siendo la talla que presenta una mayor duración. Es importante mencionar que tipping es la actividad que tiene un mayor lapso de tiempo y esto se da en otras dos tallas más, lo que indica una restricción en el sistema productivo, es decir, hay un cuello de botella. El mismo genera que se dé una menor producción de la cual está capacitada la línea.

Otro punto importante es que el proceso está desbalanceado, en todas las tallas de la línea, las operaciones tienen tiempos diferentes.

Para poder comparar los tiempos de cada talla se construye el siguiente gráfico.

Tabla 48 Tiempo estándar por talla

Talla	Tiempo Estándar
A	1,08
B	0,99
C	1,05
D	1,38

Nota: Francisco Castillo León

Con base a la tabla número 48 se elabora la gráfica de la figura 63 que representa la comparación entre los tiempos de cada una de las tallas.

Figura 63 Gráfica de tiempos estándar



Nota: Tabla 48

Al ver los tiempos de cada talla en la figura 63, se nota que la talla B es la que tiene la menor duración con respecto a las demás, la siguiente es la C con una diferencia de 0,05 minutos. Estas tallas y según lo indican las personas que trabajan en la línea son las que generan menor problemática y se reflejado con tiempos más bajos. En tanto la A y D, son mayores principalmente la D con un tiempo estándar de 1,38 minutos, siendo estas las tallas más difíciles de correr en la línea.

Ya conociendo la duración de las operaciones en las tallas, se pueden realizar cálculos que aporten al análisis de la situación actual de esta área productiva.

#### **Datos obtenidos a raíz del estudio de tiempos**

Anteriormente se había mencionado en la tabla 17, que la jornada laboral consta de 570 minutos, pero que de los cuales solamente 510 son disponibles para la ejecución de las operaciones de la línea y la producción del catéter. Ahora será realizado un análisis de forma mensual del tiempo disponible y requerido para cumplir con la producción planeada, se muestra en la tabla No 49.

Tabla 49 Tiempo mensual disponible de la línea

Minutos por mes	
Tiempo efectivo (min)	510
Días por semana	5
Semanas al mes	4,33
Tiempo efectivo al mes	11041,50

Nota: Francisco Catillo León

En la tabla 49 se muestran los minutos efectivos por día, además la cantidad de días que se labora y las semanas al mes con que cuenta la línea Tearaway.

El tiempo en minutos para un día de labores en la línea es de 510, la empresa trabaja de lunes a viernes por lo tanto son 5 días por semana. Se utiliza un valor de 4,33 por semana, ya que exactamente todos los meses no tienen 4 semanas completas, para ello se utiliza ese valor. El resultado de la multiplicación de los tres datos resulta en 11041,50 minutos para fabricar las 16000 unidades requeridas por la empresa, de las 4 tallas juntas. Como ya se tiene el valor del tiempo estándar por talla se calcula la cantidad de días necesarios para completar lo requerido con el tiempo actual por unidad, se presenta en la tabla 50.

Tabla 50 Días requeridos por talla

Días necesarios con tiempo estándar actual						
		A	B	C	D	
Talla	TE minutos	4000	6000	4000	2000	
A	1,08	4320,00				
B	0,99		5940,0			
C	1,05			4200,00		
D	1,38				2760,00	
Minutos por día		510	510	510	510	
Total		8,47	11,65	8,24	5,41	33,76

Nota: Francisco Castillo León

Se puede observar que la tabla 50 presenta la cantidad de minutos necesarios para fabricar la cantidad requerida y también los días por talla y totales.

Con el fin de averiguar el tiempo requerido en minutos para cumplir con la cantidad necesaria de unidades por talla se procede a realizar la siguiente operación. Ya determinado el tiempo estándar para producir una unidad por talla, se toman las unidades requeridas por mes,

por ejemplo para la talla A: Al mes se ocupa fabricar 4000 piezas, dado que la línea tarda 1,08 minutos para terminar una pieza, se multiplica las 4000 unidades por 1,08 minutos/unidad y así se obtienen los minutos requeridos para completar esa cantidad de unidades con el tiempo estándar actual de la talla A. El resultado es de 4320 minutos, esta operación se realiza para cada talla como se muestra en la tabla.

Después de haber obtenidos los minutos requeridos para elaborar la cantidad de unidades planeada por talla, el resultado se pasa a días. Esto se logra al dividir los minutos necesarios entre 510 que equivale a un día laboral, por lo tanto el resultado indica el número de días para la elaboración de las unidades. En la tabla se puede observar que para la talla A son requeridos 8,47 días, B 11,65, C 8,24 y D 5,41 para un total de 33,76 días para terminar las 16000 unidades mensuales.

Los días con que cuenta la línea para trabajar son 21,65 resultantes de multiplicar los días por semana y la cantidad de semanas por mes ( $5 \times 4,33$ ). Hay una diferencia de 12,11 días, entre los 33,76 necesarios y los 21,65 disponibles, es por esta razón que no se cumple con lo planeado y las eficiencias por talla son bajas. Con la capacidad real y los tiempo estándar de la línea es imposible completar la cantidad planeada, ya que, es necesaria más de dos semanas laborales extra a las disponibles para lograr la cifra de 16000 unidades mensuales.

Esta situación provoca que la producción real sea inferior en un 11% a la necesaria en un mes de producción. Provocando un faltante de unidades, en promedio 1764 piezas por mes. Al calcular el dato de forma anual se obtiene un total de 21168 catéteres que no fueron fabricadas en la línea.

Se requiere a fin de lograr el objetivo de las 16000 unidades planeadas para un mes aumentar la capacidad de la línea Tearaway, en el capítulo número VI se presenta la propuesta que permitirá cumplir con la producción planeada por la empresa para las tallas A, B, C y D de la línea de Tearaway encargada de la elaboración del catéter.

## **CAPÍTULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

En este capítulo se presenta lo concluido con base al estudio de tiempos realizado en la línea Tearaway, además se incluyen las recomendaciones necesarias para solventar la problemática que se está presentando.

### **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 brindada por los operarios, tal como la forma de realizar las actividades, el número de unidades que procesan por tarea según la talla del catéter, tallas que generan mayor problema y las que no. Por otro lado, 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 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. La cuarta estación es la de tipping, donde se perfila la punta del catéter aplicado calor con el uso de una máquina. Luego pasan a la estación de trimming, donde se retira el exceso de plástico en la punta del catéter. En última instancia se realiza la inspección final en el proceso.

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. Al analizar la producción del año 2017 y de la eficiencia obtenida por talla quedó en evidencia que la línea no cumple con la producción establecida. En cuanto a la capacidad de producción se logró determinar la teórica 1500 unidades diarias, necesaria 739 al día y real 658 en la jornada de un día, resultando que las dos últimas son inferiores a la primera, la necesaria en un 51% y la real en un 57%, además entre la necesaria y real hay una diferencia de 81 unidades por día, lo que representa un 11% inferior la capacidad real en comparación a la necesaria.

Por otra parte, se concluyó que actualmente la línea al finalizar un mes de trabajo deja de producir en promedio 1764 unidades, lo que provoca que no alcance con lo planeado en ninguna de las tallas. Fue necesaria la aplicación de la fórmula de tamaño de la muestra para conocer el

número correcto de tomas para ejecutar un estudio lo más apegado a la realidad que vive la empresa actualmente.

Una vez definidas las muestras y contando con los datos necesarios se prosiguió a la aplicación de las fórmulas para obtener el resultado del tiempo estándar para cada operación y talla, para la A 1,08 minutos, B 0,99 minutos, C 1,05 minutos y D 1,38 minutos. En primera instancia se encontró que la línea no está balanceada, en ninguna de las tallas y que tipping es la actividad con el mayor tiempo en el 75% de las tallas. También se determinó que la talla D es la más alta con un tiempo de 1,38 minutos.

Por último se logró establecer a partir de los tiempos estándar, la cantidad de días necesarios para completar con la producción planeada por mes, un total de 16000 unidades. Al sumar el número de días requeridos por talla se obtuvo un total de 33,76 lo que muestra un gran problema, ya que, al mes la línea solamente cuenta con 21,65 días para producir la cuota de piezas requerida. La capacidad actual de la línea no es suficiente para lograr la meta, es necesario superar la cantidad de días disponibles para terminar con las 16000 unidades.

### **Recomendaciones**

Debido a que en las actividades realizadas en el proceso productivo de la línea Tearaway actualmente no existe un balance con respecto a los tiempos de cada operación, es necesario desarrollar el balance de línea de forma teórica, para obtener información que permita aplicarla de forma efectiva en la línea.

Con base en los resultados obtenidos en el balance de línea, se tiene que aumentar su capacidad. Dado que tipping es la tarea con mayor retraso en la elaboración del producto es fundamental ampliar la capacidad de esta tarea, se plantea realizar el estudio de costos para implementar una nueva estación de tipping en la línea.

Para lograr aumentar de mayor forma la capacidad de la línea es necesario contar con más personal que apoye las operaciones de la línea. De igual forma se tiene que tomar en cuenta el factor económico del costo de incrementar la capacidad de producción de la línea y compararlo con los beneficios esperados.

## **CAPÍTULO VI: PROPUESTA**

Después de realizar el diagnóstico de la situación actual en la línea de producción Tearaway, se demostró el problema que afecta a dicha línea, en cuanto al faltante de unidades por fabricar debido a que la capacidad actual de producción del catéter no es suficiente para cumplir con la demanda requerida. Con base en los datos recolectados, además de los cálculos realizados en el diagnóstico se procede a establecer el diseño.

En este capítulo se presenta la propuesta o solución que se plantea para resolver la problemática que actualmente sufre la empresa. También se realiza un análisis económico de la implementación de la propuesta para conocer su viabilidad en cuanto a costos y beneficios. Finalmente, se presenta el plan de implementación a seguir para cumplir con los puntos de la solución planteada.

### **Propuesta**

El diseño o solución a desarrollar en el proyecto tiene como objetivo aumentar la capacidad de la línea de producción, con el fin de reducir el faltante de unidades que se está presentando mes a mes, como lo demuestran los datos históricos del año 2017.

Cabe resaltar que antes de plantear una propuesta, se conversó con el gerente general de la empresa para conocer su postura ante la problemática actual y llegar a un común acuerdo para resolver el problema ya que se debe de aumentar la capacidad de la línea en primera instancia se pensó en la integración de un segundo turno. Sin embargo, el gerente expresó que prefiere no extender la jornada a un segundo turno, pero sí está en disposición de realizar los cambios necesarios para aumentar la capacidad de la línea del turno actual.

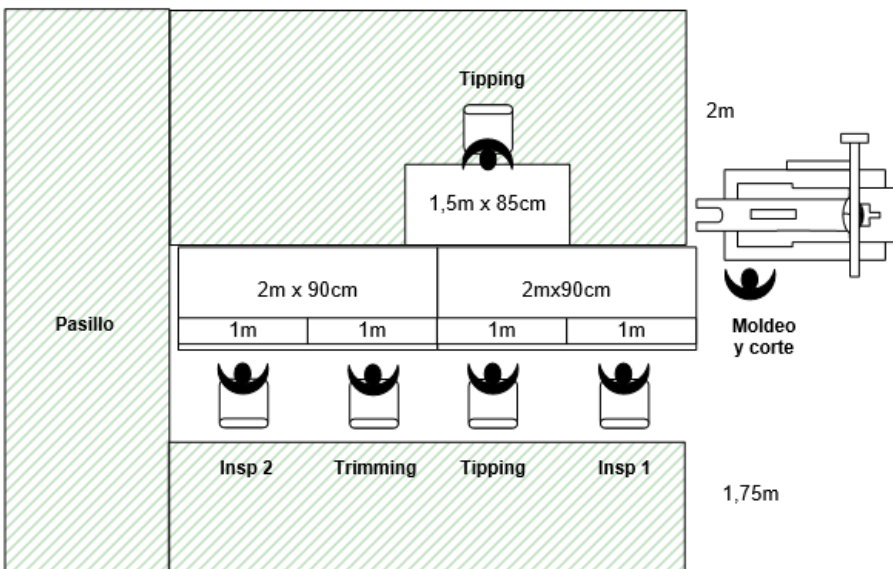
Tomando en cuenta lo anterior, la propuesta será guiada a mejorar la producción de la línea en la jornada actual de trabajo. Para lograr esta meta se realiza una serie de actividades.

En primera instancia el proceso de moldeo y corte no se toma en cuenta como actividades de la línea directamente, más bien se gestiona como un proceso de abastecimiento de la línea, lo cual permite que estas tareas produzcan de forma constante. Es decir, que se moldee material y se corten las piezas del runner para luego pasar a las estaciones de la línea Tearaway, ya que es una unidad plástica no hay peligro de daño siempre y cuando se guarden de forma cuidadosa, en la espera de ser procesada.

La máquina de moldeo tiene una capacidad de producir 360 unidades por hora, actualmente trabaja a un 76% de dicha cantidad, según lo muestra el promedio obtenido de las cuatro tallas. La persona encargada de las máquinas de moldeo en la empresa afirma que con una calibración y ajuste la capacidad se puede llegar al 85%, lo que permite producir 306 unidades por hora, con un total de 2601 piezas por día. Esto garantiza que la línea Tearaway tenga material para un constante trabajo de la línea, ya que se acumulan unidades, teniendo piezas listas para ser procesadas, evitando que la línea se detenga por algún contratiempo con la máquina de moldeo.

Para realizar un incremento significativo en cuanto a la capacidad de la línea es necesario eliminar la restricción o cuello de botella que se presenta en la fabricación del producto. En este caso y como quedó en evidencia en el diagnóstico la estación de tipping es la que limita la producción. Es necesario duplicar la capacidad de esta operación, con la incorporación de una nueva máquina de tipping en paralelo a la actual y un operario que se encargue de su uso. Existe el espacio físico para implementar esta nueva estación, como se presenta en la figura 64.

Figura 64 Distribución física de la línea propuesta



Nota: Francisco Castillo León

En la figura número 64 se presenta como quedaría la línea de producción agregando un nuevo recurso para la ejecución de la tarea de tipping.

Se puede observar que la nueva estación de trabajo se coloca de forma paralela a la estación de tipping actual, de esta forma el operario tiene un fácil acceso a las unidades que salen listas de la estación de inspección 1. Por otro lado, también se encuentra ubicado cerca de la estación de trimming, la cual es la tarea que se realiza posterior a tipping. Es decir, al colocar el recurso extra en la posición que muestra la figura se garantiza que los movimientos del material son reducidos, ya que se integra al recorrido natural de la unidad en la línea.

Una vez que se realice la mejora en la línea se obtiene un balance de la misma, debido a que la operación de tipping es la que tiene una mayor duración en la elaboración del catéter. En la tabla 51 se muestra el resultado esperado en los tiempos al momento de incrementar la capacidad, además del resultado en general en cuanto a la producción mensual de las unidades.

Tabla 51 Tiempo talla A con mejora

Tiempo estándar Talla A con mejora	
Operación	Tiempo Est
Insp 1	8,12
Tipping	7,88
Trimming	10,14
Insp 2	11,38
Total	37,52

Nota: Francisco Castillo león

La tabla 51 presenta los tiempos en segundos de las actividades realizadas en la línea Tearaway.

Al definir las tareas de moldeo y corte como un proceso de abastecimiento de la línea se separan del tiempo total de producción de una unidad, ya que, la línea se dedicará completamente a las cuatro operaciones que se muestran en la tabla. Por otro lado y marcado en color amarillo se muestra el tiempo de la tarea de tipping, tiene una duración de 7,88 segundos la cual es la mitad de la duración actual, ya que en este caso se trabaja con dos operarios y dos máquinas de tipping para reducir el cuello de botella. De esta forma se logra un balance de la línea, aumentando la capacidad, como se presenta a continuación en la tabla 52.

Tabla 52 Capacidad mejorada talla A

Capacidad	
Por hora	95
Por día	807

Nota: Francisco Castillo León

La capacidad por hora para la talla A es de 95 unidades por hora, se obtiene este número al dividir el tiempo estándar con la mejora entre una hora. Luego para conocer la producción diaria se multiplica por las horas disponibles al día las cuales son 8,5 dando como resultado 807 unidades. Dado que la capacidad necesaria por día para cumplir con la meta de 16000 unidades al mes es de 739, se da una producción superior por 68. Esto significa que se reduce la cantidad tiempo requerido para cumplir con las 4000 piezas de la talla A, dejando más tiempo disponibles para las otras talla. Ahora la tabla 53 muestra la mejora en la talla B.

Tabla 53 Tiempo talla B con mejora

Tiempo estándar Talla B con mejora	
Operación	Tiempo Est
Insp 1	7,06
Tipping	8,38
Trimming	6,48
Insp 2	8,26
Total	30,19

Nota: Francisco Castillo León

En el caso de la talla B que tiene el menor tiempo estándar actual el cual es de 0,99 minutos se logra reducir aplicando los cambios mencionados anteriormente a la mitad del tiempo. Ya que una unidad de la talla B se consigue fabricar en 30,19 segundos, como se observa en la tabla 53. En esta talla se puede observar que se da un mejor balance de las operaciones, porque los tiempos de cada actividad son más similares con la mayor diferencia de 2 segundos entre la tarea más lenta y la más rápida. Además se debe recordar que esta talla genera menos problemas al momento de correr en la línea de producción. Esto repercute en la capacidad de la talla, como se muestra en la tabla 54.

Tabla 54 Capacidad mejorada talla B

Capacidad	
Por hora	119
Por día	1011

Nota: Francisco Castillo León

La talla B es la que tiene un mejor rendimiento en comparación a las demás, esto quedó demostrado en el diagnóstico, siendo la talla que tiene la menor duración para ser completada. Como se puede ver el resultado en la tabla 54 que se obtiene al implementar la mejora es una producción de 119 unidades por hora y en jornada laboral se llega a una cantidad de 1011 piezas completadas. Aquí se supera la capacidad necesaria diaria en 272 unidades. Es importante debido a que la talla B es la que requiere un mayor número de piezas por mes, un total de 6000.

Continuando con la talla C, se presenta el nuevo tiempo estándar de producción, así como la capacidad que se espera conseguir con la mejora, presente en la tabla 55.

Tabla 55 Tiempo talla C con mejora

Tiempo estándar Talla C con mejora	
Operación	Tiempo Est
Insp 1	9,91
Tipping	5,80
Trimming	7,86
Insp 2	9,79
Total	33,35

Nota: Francisco Castillo León

Se obtiene un tiempo estándar de 33,35 segundos necesarios para elaborar un catéter. En cuanto a la actividad de tipping se pasa de 11,59 segundos a 5,80 con la mejora así queda evidenciado en la tabla 55, esto permite que más material se mueva por la línea de producción y sea procesado. El resultado genera una mayor capacidad de fabricación de la talla C, en la tabla 56 se muestra la nueva capacidad.

Tabla 56 Capacidad mejorada talla C

Capacidad	
Por hora	107
Por día	909

Nota: Francisco Castillo León

Se alcanza una elaboración de 107 piezas por hora, lo que permite que la producción de un día se extienda a 909 unidades como se ve en la tabla 56. Aquí también se sobrepasa la capacidad necesaria, por 170 unidades. Con estas tres primeras tallas se logra empleando la mejora aumentar la capacidad de línea por encima de la necesaria, es decir, se produce con una ligera ventaja en relación al tiempo necesario para cumplir con la producción requerida. Finalmente, en la tabla 57 se presenta la talla D.

Tabla 57 Tiempo talla D con mejora

Tiempo estándar Talla D con mejora	
Operación	Tiempo Est
Insp 1	17,07
Tipping	11,60
Trimming	7,41
Insp 2	10,43
Total	46,51

Nota: Francisco Castillo León

En comparación a las otras tallas la D continua siendo la de mayor duración, sin embargo se cumple con el propósito de reducir su tiempo estándar para hacer crecer su producción cotidiana. Cabe resaltar que el balance que se obtiene en ésta no es el óptimo, ya que en inspección 1 se genera un cuello de botella, pero dado que en las tallas anteriores el balance fue más integral y se logró superar la capacidad necesaria no amerita la integración de otro recurso que apoye la tarea de la primera inspección, ya que generaría una producción más elevada a la necesaria.

Tabla 58 Capacidad mejorada talla D

Capacidad	
Por hora	77
Por día	654

Nota: Francisco Castillo León

La capacidad que se consigue para la talla D es de 77 unidades por hora y 654 por día como se observa en la tabla 58. En este caso no se supera las 739 unidades; al contrario, se encuentra 85 unidades por debajo de ese número. En relación a las otras tallas, la D es la más lenta de producir y como se observa en los tiempos inspección 1 es la que tienen una mayor duración, es decir restringe la producción. Pero más adelante se comprueba que aun así se logra la meta de producción de 16000 unidades mensuales para las 4 tallas.

Como forma de resumen se muestra un gráfico con la capacidad diaria de cada una de las tallas y la necesaria para la producción de las unidades requeridas en el mes, tabla 59.

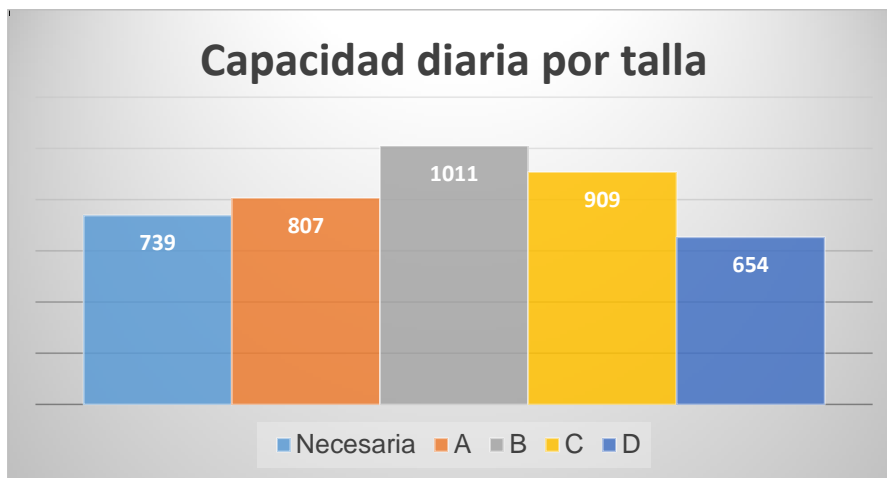
Tabla 59 Capacidades con la mejora

Capacidades diarias				
Necesaria	A	B	C	D
739	807	1011	909	654

Nota: Francisco Castillo León

Tabla No 59 con los datos para la elaboración de la gráfica mostrada en la figura No 65.

Figura 65 Gráfica de capacidades con la propuesta



Nota: Francisco Castillo León

En la comparación que se presenta en la figura 65 se puede ver que de mayor a menor capacidad por talla siguen el siguiente orden: B, C, A y D. Siendo ésta última la que no supera la capacidad necesaria, por otro lado, la talla B tiene una alta capacidad productiva superando las mil unidades diarias, la A y C también se encuentran por encima de las unidades requeridas por

día. Al observar este escenario se propone fabricar primero las tallas más lentas, ya que requieren un poco más de atención.

Para conocer si con los cambios propuestos se logra cumplir con la cantidad de unidades requeridas al mes. Se realiza el análisis de los días necesarios para cumplir con la producción planeada por talla con los tiempos estándar que se obtienen a partir de la mejora. Como lo indica la tabla 60.

Tabla 60 Días requeridos por talla con la propuesta

Días necesarios con tiempo estándar nuevo						
		A	B	C	D	
Talla	TE minutos	4000	6000	4000	2000	
A	0,63	2501,33				
B	0,50		3019,0			
C	0,56			2223,33		
D	0,78				1550,33	
Minutos por día		510	510	510	510	
Total		4,90	5,92	4,36	3,04	18,22

Nota: Francisco Castillo León

De igual forma que se realizó en el diagnóstico se calculan los días necesarios para completar la producción de cada talla, según el requerimiento de la misma, la tabla 60 muestra los resultados. Los tiempos de ciclo de cada talla se pasan a minutos para realizar el cálculo, donde se determina lo minutos necesarios para cumplir con la cantidad planeada, luego se divide entre 510 minutos que representa un día laboral, obteniendo como resultado el número de días para cumplir con la cuota de piezas.

Para la talla A se observa que es necesario 4,90 días para fabricar las 4000. En la B se obtiene un total de 5,92 días para 6000 piezas, por otro lado la talla C se cumple con 4,36 días con una producción planeada de 4000 y por último en la talla D para producir las 2000 unidades es necesario 3,04 días. Sumando el número de días por talla se obtiene un total de 18,22 días, en el mes hay una disponibilidad de 21,65 días, por ende hay un margen de 3,43 días el cual permitiría compensar atrasos, problemas en la línea o alguna situación que afecte el proceso normal de la línea Tearaway.

### Análisis Económico

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 misma. En la tabla 61 se presenta los costos que debe incurrir la empresa para implementar las mejoras de la propuesta en el funcionamiento de la línea.

Tabla 61 Costos de la propuesta

Actividad	Costo
Ajuste máquina de moldeo	\$1.500,00
Costo de contratación 1 persona	\$590,00
Entrenamiento	\$3.000,00
Salario de operador 7 meses	\$5.833,31
Máquina de tipping instalada	\$70.000,00
<b>Total</b>	<b>\$80.923,31</b>

Nota: Francisco Castillo León

El costo total a invertir para poner en funcionamiento la propuesta planteada a la empresa asciende a \$80.923,31 siendo la máquina de tipping la que genera el coste más alto con un valor de \$70.000,00 incluyendo la instalación, la mesa donde será ubicada y la silla para el operario. Realizar el ajuste necesario para reducir el tiempo de moldeo de la máquina tiene un valor de \$1.500,00, en cuento a la persona que se requiere contratar para que opere en la nueva estación de trabajo conlleva varios costos. La contratación y entrenamiento del individuo alcanza los \$3.590,00 y el salario mensual incluyendo las cargas sociales es de \$833.33, se multiplica por 7 meses porque hasta dicho mes los beneficios superan los costos.

En cuanto a los beneficios percibidos que se pretenden lograr es el valor de las unidades que se van a lograr completar mensualmente, en promedio al mes no se consigue fabricar 1764 unidades, con la propuesta este cantidad de reduce a cero, es decir se elaboran las unidades planificadas en la producción. Cabe resaltar que por políticas de confidencialidad de la empresa no indica el precio de venta exacto de cada talla, pero indica que el valor de una unidad sin diferenciar la talla ronda los \$8. Por lo tanto al multiplicar las 1764 piezas por los \$8 se obtiene \$14.112,00 al mes. La tabla 62 muestra el tiempo de recuperación de la inversión.

Tabla 62 Beneficio/Costo

Mes	1	2	3	4	5	6	7
Beneficio	\$ 7.056,00	\$21.168,00	\$35.280,00	\$49.392,00	\$63.504,00	\$77.616,00	\$91.728,00
Costo	\$75.923,33	\$76.756,66	\$77.589,99	\$78.423,32	\$79.256,65	\$80.089,98	\$80.923,31
B/C	0,09	0,28	0,45	0,63	0,80	0,97	1,13

Nota: Francisco Castillo León

Al efectuar la comparación entre el beneficio y costo hecha en la tabla 62, se observa que en el mes 7 los beneficios superan los costos. En el primer mes se cargan los costos totales de la propuesta, con un mes de salario del operador y posteriormente en el siguiente mes se suma el salario del nuevo operador. Los beneficios como ya se mencionó es la ganancia de las unidades que en la actualidad no se completan, en el primer mes se fija un beneficio esperado del 50%, ya que, en ese periodo la nueva estación está en entrenamiento y no se espera un rendimiento alto, luego en los siguientes meses se suma el beneficio de los \$14.112 hasta tener un índice de 1,13 en el mes 7, lo que significa que los beneficios son mayores a los costos y se obtiene una recuperación de la inversión.

### Plan de implementación

El plan de implementación funciona como la guía de los pasos a seguir para la puesta en marcha de la propuesta. Muestra el orden de las actividades o propuestas definidas para la solución del problema, por otro lado también presenta la duración de las mismas, como lo muestra la tabla 66.

Figura 66 Plan de implementación

Plan de implementación												
Mes	Mayo				Junio				Julio			
Duración en semanas	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Actividades												
Ajuste máquina de moldeo	■											
Traer al país máquina de tipping	■	■										
Máquina de tipping instalación			■	■	■							
Contratación 1 persona						■						
Entrenamiento							■	■	■			

Nota: Francisco Castillo León

Debido a que las actividades a ejecutar para el funcionamiento de propuesta son pocas la duración se extiende por dos meses y una semana como se puede visualizar en la figura 66. Las tareas que tienen una mayor duración son la preparación de la nueva estación de tipping y el entrenamiento de la persona que será encargada de realizar las operaciones en dicha línea. Las otras actividades requieren una menor duración, en el caso del ajuste de la máquina será realizado fuera de la jornada laboral, para que no afecte la producción, específicamente en el fin de semana que la línea Tearaway se encuentra inactiva.

La contratación de un nuevo recurso humano se realiza en una semana, se utiliza los lineamientos ya establecidos por el departamento de recursos humanos. Además la empresa cuenta con el proceso de capacitación para los empleados de nuevo ingreso. La máquina de tipping es traída desde Estados Unidos, el proceso de compra y envío tarda dos semanas.

### **Requerimientos**

En cuanto a los requerimientos necesarios para la instalación de la máquina de tipping modelo HPS-05DB se debe de colocar una mesa de trabajo con una dimensión de 1,5 metros de largo por 85 centímetros de ancho, para que el operario tenga un espacio adecuado de trabajo. Por otro lado la mesa requiere una instalación eléctrica con un voltaje principal de  $220 \pm 10\%$  VAC (voltaje de corriente alterna), un amperaje de  $\geq 20\text{Amp}$ , además una presión de aire de  $\geq 90$  psi (libras por pulgada cuadrada) para el funcionamiento de la máquina. La empresa tiene previsto estos requerimientos para realizar la instalación, es decir, cuenta con todo lo necesario para colocar la máquina de tipping.

En cuanto para el entrenamiento del operario que se necesita para ejecutar la operación de tipping en la nueva máquina instalada. Se requiere un proceso de inducción de una semana de tiempo donde la persona conoce el proceso y se explica el mismo, luego en las siguientes semanas se inicia con el entrenamiento en específico para la estación de trabajo con la ayuda de un entrenador que se mantienen junto a la persona, calificando su actividad. Finalmente, se le realiza una prueba que consiste en cumplir con un número de 15 lotes aprobados del catéter para ingresar a la producción real. En el apéndice 2 se muestra la descripción del puesto de trabajo y los requerimientos que debe cumplir el aspirante al trabajo.

## Referencias

- 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.
- Escalante, A., & González, J. (2016). *Ingeniería Industrial Métodos y Tiempos con Manufactura Ágil* . México: Alfaomega .
- Herdández, R., Fernández, C., & Baptista , M. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Mc GrawHill.
- 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.
- Theragenics . (18 de 10 de 2017). Costa Rica.

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

## Apéndices

### Apéndice número 1 Estudio de tiempos

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	19/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	8:30 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	9:40 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	36,36	38,36	35,49	38,14	40,75	37,82	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	22,87	22,90	24,50	22,49	22,22	23,00	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	35,57	37,70	38,90	28,64	32,63	34,69	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	24,87	24,64	25,00	24,69	25,39	24,92	0,06	0	0,04	0,01
Trimming	1	8,68	8,04	7,34	8,35	8,25	8,13	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	57,29	61,04	62,77	66,56	63,55	62,24	0,03	0,02	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	19/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	1:00 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	44,81	37,82	33,51	35,84	36,67	37,73	0,06	0	0,04	0,01
Corte	4	24,69	21,61	24,84	20,43	20,57	22,43	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	47,29	34,71	38,19	39	61,18	44,07	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	24,21	24	24,27	23,59	24,4	24,09	0,06	0	0,04	0,01
Trimming	1	8,87	7,04	8,15	8,17	7,29	7,90	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	62,64	52,66	60,94	48,45	54,97	55,93	0,03	0,02	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	23/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	7:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	8:20 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	38,55	34,20	33,47	34,59	36,85	35,53	0,06	0,05	0,04	0
Corte	4	25,78	28,41	26,32	30,9	28,46	27,97	0,06	0	0,04	0
Inspec 1	6	33,91	51,33	57,42	34,81	44,5	44,39	0,03	0	0,04	0
Tipping	2	23,7	22,11	23,6	24,42	23,51	23,47	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	6,56	8,17	7,70	7,01	8,04	7,50	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	64,84	58,64	50,32	48,55	49,65	54,40	0,03	0,05	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	23/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	10:45 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	12:00 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	35,24	35,04	40,04	35,14	35,9	36,27	0,06	0,02	0,04	0
Corte	4	26,65	27,17	26,42	26,18	25,87	26,46	0,06	0,02	0,04	0
Inspec 1	6	62,08	39,05	38,56	39,49	36,21	43,08	0,03	0	0,04	0,01
Tipping	2	26,65	23,34	24,92	23,48	22,74	24,23	0,06	0,05	0,04	0,01
Trimming	1	8,92	8,58	8,62	7,14	9,8	8,61	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	59,47	50,07	57,71	59,4	43,66	54,06	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	24/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	11:30 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	12:45 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	37,22	36,24	36,84	38,94	39,99	37,85	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	27,54	28,17	26,76	29,12	28,64	28,05	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	36,1	38,00	36,97	45,99	39,41	39,29	0,06	0,02	0,04	0
Tipping	2	24,86	24,65	26,05	23,78	25,00	24,87	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	8,30	7,48	7,25	8,51	8,07	7,92	0,06	0,05	0,04	0,01
Inspec 2	6	53,21	54,4	59,72	52,20	52,27	54,36	0,03	0	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	31/10/2017	Operario:									
Hora de inicio:	12:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	36,25	37,72	36,41	38,38	35,78	36,91	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	29,57	29,41	28,29	27,74	28,67	28,74	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	39,74	42,05	38,92	37,49	41,62	39,96	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	24,53	24,33	25,24	24,83	24,00	24,59	0,06	0,05	0,04	0,01
Trimming	1	8,27	8,76	7,98	8,46	8,08	8,31	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	55,31	59,05	53,59	52,32	54,46	54,95	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.			
Fecha:	13/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	7:30 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	8:55 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	38,16	36,83	36,51	35,8	35,53	36,57	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	24,28	25,86	26,59	27,31	25,48	25,90	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	42,13	38,29	40,93	39,08	37,24	39,53	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	26,30	27,98	26,83	29,14	26,77	27,40	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	9,08	8,74	8,12	7,89	8,38	8,44	0,03	0,02	0,04	0
Inspec 2	6	63,00	54,83	56,19	53,62	55,75	56,68	0,06	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	13/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	2:00 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:30 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	A	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	37,32	36,76	35,48	36,08	38,46	36,82	0,06	0,02	0,04	0
Corte	4	25,11	26,76	27,25	26,52	25,28	26,18	0,06	0,02	0,04	0
Inspec 1	6	38,80	41,18	43,05	39,31	37,57	39,98	0,03	0	0,04	0,01
Tipping	2	28,21	27,56	27,48	26,67	26,42	27,27	0,06	0,05	0,04	0,01
Trimming	1	7,99	8,53	8,94	7,66	8,71	8,37	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	60,00	58,52	56,78	53,07	61,39	57,95	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	17/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	9:45 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	11:20 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	A		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	37,63	38,70	35,21	36,24	41,29	37,81	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	24,83	26,01	25,70	27,25	24,35	25,63	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	41,80	38,76	37,53	39,99	42,01	40,02	0,03	0	0,04	0,01	
Tipping	2	23,56	24,29	26,70	25,63	24,10	24,86	0,06	0,02	0,04	0	
Trimming	1	8,72	8,32	9,99	8,67	7,83	8,71	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 2	6	54,76	57,98	55,72	62,06	59,65	58,03	0,03	0	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	17/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	1:00 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:30 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	A		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	39,47	38,33	36,97	38,97	37,05	38,16	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	26,73	25,32	24,96	25,62	26,11	25,75	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	38,97	41,07	43,16	39,17	44,46	41,37	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	26,85	24,97	23,53	26,68	29,15	26,24	0,06	0,05	0,04	0,01	
Trimming	1	7,05	8,73	8,90	8,37	8,13	8,24	0,06	0,02	0,04	0	
Inspec 2	6	58,51	49,11	59,79	58,83	56,56	56,56	0,03	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	2/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	7:20 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	8:30 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	B		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	38,17	41,06	39,43	38,58	40,92	39,63	0,06	0	0,04	0,01	
Corte	4	26,12	24,63	26,87	25,31	24,98	25,58	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 1	6	33,75	31,29	34,07	32,54	33,19	32,97	0,06	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	26,88	28,16	25,23	27,64	26,12	26,81	0,06	0	0,04	0,01	
Trimming	6	31,46	29,81	32,39	31,24	33,19	31,62	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	39,21	38,03	41,12	39,94	38,30	39,32	0,03	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	2/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	10:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	11:15 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	B		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	39,21	41,84	38,36	39,40	42,15	40,19	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	27,84	26,09	25,37	28,15	26,41	26,77	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 1	6	35,95	33,18	32,45	34,62	33,10	33,86	0,06	0,02	0,04	0	
Tipping	2	26,47	28,16	26,94	25,86	27,74	27,03	0,06	0	0,04	0,01	
Trimming	6	30,73	33,87	31,06	32,12	33,68	32,29	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	40,76	39,63	37,98	41,83	42,03	40,45	0,03	0,02	0,04	0	

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	3/11/2017		Operario:								
Hora de inicio:	12:30 a.m		Observador:		Francisco Castillo						
Hora de fin:	1:45 p.m		Línea:		Tearaway						
Pieza:	B		Unidad:		Segundos						
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	41,62	39,72	39,07	38,11	40,27	39,76	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	24,54	26,50	27,29	26,71	27,08	26,42	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	32,01	36,86	33,09	33,77	35,30	34,21	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	28,52	26,15	27,30	26,69	25,11	26,75	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	6	33,54	30,12	28,83	32,97	31,35	31,36	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	37,32	39,77	41,62	42,56	39,48	40,15	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	7/11/2017		Operario:								
Hora de inicio:	10:45 a.m		Observador:		Francisco Castillo						
Hora de fin:	12:00 a.m		Línea:		Tearaway						
Pieza:	B		Unidad:		Segundos						
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	39,94	38,31	41,74	40,48	39,34	39,96	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	27,19	29,64	26,05	28,92	27,44	27,85	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	34,56	37,67	32,12	35,48	31,32	34,23	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	27,64	28,59	27,18	26,72	30,03	28,03	0,06	0,02	0,04	0
Trimming	6	29,65	32,12	31,43	33,87	32,24	31,86	0,06	0,05	0,04	0,01
Inspec 2	6	40,30	41,62	38,19	42,51	42,34	40,99	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	7/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	1:30 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	37,94	39,65	38,97	39,01	39,87	39,09	0,06	0	0,04	0
Corte	4	28,37	27,39	27,46	26,23	29,3	27,75	0,06	0	0,04	0
Inspec 1	6	34,43	31,97	33,08	35,14	34,23	33,77	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	26,43	28,69	27,82	29,53	27,08	27,91	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	6	31,87	32,20	30,37	32,08	29,16	31,14	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	40,58	38,81	42,63	41,44	43,02	41,30	0,03	0	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.			
Fecha:	8/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	12:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	38,34	39,2	40,08	39,78	38,27	39,13	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	25,32	26,16	24,43	27,53	28,08	26,30	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	35,79	32,62	34,28	36,20	35,12	34,80	0,06	0,05	0,04	0,01
Tipping	2	27,24	28,17	27,73	26,56	28,45	27,63	0,06	0	0,04	0,01
Trimming	6	28,31	31,63	32,05	29,75	33,47	31,04	0,06	0,02	0,04	0
Inspec 2	6	38,53	43,98	42,40	37,19	39,82	40,38	0,06	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.			
Fecha:	9/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	9:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	10:55 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	40,21	38,56	38,73	39,92	41,33	39,75	0,06	0	0,04	0,01
Corte	4	25,28	28,85	27,09	26,64	28,73	27,32	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	33,47	35,51	37,24	31,98	36,76	34,99	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	27,38	26,94	25,71	26,23	27,63	26,78	0,06	0	0,04	0,01
Trimming	6	30,32	33,64	28,06	32,52	32,96	31,50	0,03	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	41,25	39,01	40,66	45,78	41,34	41,61	0,06	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.			
Fecha:	9/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	2:00 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:30 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	38,28	39,21	41,3	39,76	42,07	40,12	0,06	0,02	0,04	0
Corte	4	29,11	27,98	26,22	28,16	28,56	28,01	0,06	0,02	0,04	0
Inspec 1	6	36,06	33,51	32,14	38,09	37,48	35,46	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	28,72	26,04	26,58	27,63	28,12	27,42	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	6	32,35	31,04	29,11	30,54	28,00	30,21	0,03	0,05	0,04	0
Inspec 2	6	42,52	43,97	39,92	41,32	40,09	41,56	0,06	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	15/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	11:15 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	12:20 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	42,61	39,83	41,48	40,72	38,17	40,56	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	26,36	27,82	25,33	27,46	28,70	27,13	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	34,75	39,19	31,66	37,02	36,56	35,84	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	26,39	25,73	26,50	28,44	27,92	27,00	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	6	32,22	28,59	30,97	33,76	32,80	31,67	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	38,53	42,35	41,68	39,26	40,74	40,51	0,03	0,02	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	15/11/2017	Operario:									
Hora de inicio:	1:45 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	B	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	37,15	38,47	40,82	39,76	39,88	39,22	0,06	0	0,04	0,01
Corte	4	27,94	28,19	26,04	29,08	27,68	27,79	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	33,61	36,72	39,28	37,65	38,97	37,25	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	27,16	25,06	26,64	27,90	26,47	26,65	0,06	0,02	0,04	0
Trimming	6	34,95	30,43	32,38	30,52	33,77	32,41	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	44,13	41,07	39,87	42,59	41,45	41,82	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	22/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	10:30 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	12:00 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	48,78	46,53	47,14	49,65	45,99	47,62	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	30,47	25,62	30,06	32,42	31,21	29,96	0,06	0,05	0,04	0,01	
Inspec 1	6	42,76	46,98	44,28	49,19	43,40	45,32	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	17,31	17,75	18,32	19,4	19,88	18,53	0,06	0	0,04	0,01	
Trimming	6	37,74	34,86	33,87	34,02	42,74	36,65	0,06	0,02	0,04	0	
Inspec 2	6	51,01	48,73	48,59	49,88	49,57	49,56	0,03	0	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	22/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	1:00 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:25 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	47,03	46,48	49,27	47,33	48,14	47,65	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	28,57	33,24	29,17	31,23	27,92	30,03	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	51,09	45,15	42,73	48,05	52,18	47,84	0,06	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	21,35	18,09	18,51	19,03	17,31	18,86	0,06	0	0,04	0,01	
Trimming	6	33,13	34,17	31,64	36,09	36,14	34,23	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	52,35	39,28	44,28	48,38	45,25	45,91	0,03	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	23/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	12:30 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	1:45 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	45,97	48,65	47,77	46,34	46,82	47,11	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	33,45	29,58	27,35	30,24	35,16	31,16	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	45,36	47,32	53,43	49,91	46,73	48,55	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	18,65	18,91	17,58	19,41	17,1	18,33	0,06	0	0,04	0,01	
Trimming	6	35,27	38,04	36,65	40,29	37,35	37,52	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	48,5	43,76	46,49	46,13	49,72	46,92	0,03	0,05	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	28/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	7:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	8:30 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	45,11	46,23	49,02	46,41	44,79	46,31	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	28,52	29,69	31,07	34,86	33,67	31,56	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	46,01	48,16	47,09	50,22	49,88	48,27	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	19,57	18,24	20,51	17,90	18,25	18,89	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	6	34,06	36,75	36,75	38,49	36,16	36,44	0,06	0,05	0,04	0,01	
Inspec 2	6	44,2	47,84	51,56	46,02	45,66	47,06	0,03	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	28/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	11:30 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	1:00 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	46,98	47,24	45,76	46,06	45,3	46,27	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	30,75	32,71	28,27	29,87	26,43	29,61	0,06	0,02	0,04	0	
Inspec 1	6	48,97	51,14	49,61	53,04	47,2	49,99	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	20,73	18,93	19,19	17,61	18,38	18,97	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	37,39	38,86	40,76	36,58	38,15	38,35	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	49,28	48,64	52,85	44,51	46,77	48,41	0,03	0,02	0,04	0	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	29/11/2017		Operario:									
Hora de inicio:	12:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:00 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	48,47	51,03	47,56	46,37	48,26	48,34	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	28,01	27,64	31,28	33,4	31,38	30,34	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	50,18	52,51	48,26	47,69	48,97	49,52	0,03	0,02	0,04	0	
Tipping	2	17,44	18,05	19,67	18,26	17,90	18,26	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	38,98	39,47	41,52	38,46	40,38	39,76	0,06	0	0,04	0	
Inspec 2	6	46,65	50,71	49,06	48,12	53,66	49,64	0,03	0	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	4/12/2017		Operario:									
Hora de inicio:	9:30 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	11:15 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	47,27	45,42	48,54	45,46	48,13	46,96	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	32,55	31,36	29,85	27,2	29,17	30,03	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	49,07	47,01	55,12	51,62	49,47	50,46	0,03	0	0,04	0,01	
Tipping	2	19,56	17,98	20,42	18,72	20,20	19,38	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	42,25	38,76	39,87	40,12	39,58	40,12	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	51,73	47,97	48,6	52,52	50,1	50,18	0,03	0,02	0,04	0	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.				
Fecha:	4/12/2017		Operario:									
Hora de inicio:	1:45 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:00 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	49,35	47,02	48,99	47,24	49,46	48,41	0,06	0	0,04	0,01	
Corte	4	29,65	32,18	28,31	31,76	32,23	30,83	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 1	6	53,78	51,50	48,97	51,29	50,01	51,11	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	17,38	18,45	17,75	19,07	20,91	18,71	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	37,02	39,94	38,72	41,55	38,63	39,17	0,03	0,02	0,04	0	
Inspec 2	6	46,07	49,51	53,36	51,47	54,23	50,93	0,06	0	0,04	0	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	5/12/2017		Operario:									
Hora de inicio:	10:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	11:30 a.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	51,35	48,81	49,41	50,24	48,17	49,60	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	28,46	27,88	29,51	30,16	27,57	28,72	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	50,35	51,28	49,65	48,14	47,58	49,40	0,03	0,02	0,04	0	
Tipping	2	17,89	19,24	16,92	19,03	17,26	18,07	0,06	0,02	0,04	0	
Trimming	1	39,16	38,72	37,46	41,09	40,34	39,35	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	49,21	53,09	51,27	48,42	51,53	50,70	0,03	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	5/12/2017		Operario:									
Hora de inicio:	1:20 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:30 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	C		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	48,26	46,13	48,97	49,72	45,06	47,63	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	27,95	27,31	32,76	28,06	31,26	29,47	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	54,87	51,24	48,30	49,62	52,17	51,24	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	21,16	18,48	19,74	18,04	20,31	19,55	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	38,36	39,41	43,67	41,12	37,47	40,01	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 2	6	46,53	52,15	47,64	48,24	47,48	48,41	0,03	0	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	13/12/2017	Operario:									
Hora de inicio:	12:30 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:00 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	46,67	47,38	46,49	46,75	49,4	47,34	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	33,14	31,24	29,76	33,7	29,64	31,50	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	88,20	88,88	78,60	81,61	85,85	84,63	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	35,81	37,42	41,52	37,62	36,18	37,71	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	5,52	5,39	6,09	5,16	6,21	5,67	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	54,51	52,06	49,87	49,82	49,41	51,13	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	14/12/2017	Operario:									
Hora de inicio:	8:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	9:45 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	48,00	46,33	45,81	47,61	47,84	47,12	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	32,68	31,82	33,06	35,22	31,56	32,87	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	82,83	79,34	83,02	85,47	86,67	83,47	0,03	0,02	0,04	0
Tipping	2	37,33	36,07	37,76	39,84	36,28	37,46	0,06	0,05	0,04	0,01
Trimming	1	6,21	7,13	5,6	6,6	6,2	6,35	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	46,93	53,02	50,59	56,86	45,87	50,65	0,03	0	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	14/12/2017		Operario:								
Hora de inicio:	11:30 a.m		Observador:		Francisco Castillo						
Hora de fin:	1:15 p.m		Línea:		Tearaway						
Pieza:	D		Unidad:		Segundos						
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	47,13	45,46	47,32	46,78	49,89	47,32	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	36,78	31,74	34,36	34,18	33,78	34,17	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	81,65	83,74	89,46	80,08	81,25	83,24	0,06	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	36,67	37,69	37,3	38,91	34,67	37,05	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	5,33	5,3	6,17	5,7	6,92	5,88	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	50,53	46,9	49,78	53,71	51,36	50,46	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	18/12/2017		Operario:								
Hora de inicio:	10:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo						
Hora de fin:	11:35 a.m		Línea:		Tearaway						
Pieza:	D		Unidad:		Segundos						
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	46,18	46,42	49,88	47,24	46,77	47,30	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	35,7	31,51	32,82	31,98	35,62	33,53	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	87,81	85,67	79,37	82,51	84,59	83,99	0,03	0	0,04	0,01
Tipping	2	36,76	37,03	35,99	38,21	36,34	36,87	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	5,42	5,23	5,7	5,07	5,23	5,33	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	48,54	55,98	49,42	53,5	51,65	51,82	0,03	0,02	0,04	0

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.				
Fecha:	18/12/2017		Operario:									
Hora de inicio:	1:30 p.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:45 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	D		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	46,79	46,48	45,99	46,85	46,8	46,58	0,06	0	0,04	0,01	
Corte	4	29,52	35,74	38,94	33,96	34,48	34,53	0,06	0	0,04	0,01	
Inspec 1	6	87,67	90,35	82,28	87,45	78,98	85,35	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	37,86	36,01	38,52	36,29	36,34	37,00	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	5,57	6,77	5,63	6,48	5,54	6,00	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 2	6	50,65	46,75	52,19	54,08	48,59	50,45	0,03	0,05	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra												
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Daniela. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.				
Fecha:	8/1/2018		Operario:									
Hora de inicio:	11:00 a.m		Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	12:30 p.m		Línea:		Tearaway							
Pieza:	D		Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación				
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons	
Operación												
Moldeo	4	47,27	45,78	46,6	46,19	45,66	46,30	0,06	0,02	0,04	0,01	
Corte	4	37,14	32,70	29,94	35,38	38,02	34,64	0,06	0,02	0,04	0,01	
Inspec 1	6	80,72	86,42	87,95	91,31	87,71	86,82	0,03	0,02	0,04	0,01	
Tipping	2	35,97	37,86	36,16	36,78	37,63	36,88	0,06	0,02	0,04	0,01	
Trimming	1	5,92	5,89	6,28	5,94	5,11	5,83	0,03	0	0,04	0	
Inspec 2	6	52,51	47,18	49,53	50,45	56,94	51,32	0,06	0,02	0,04	0,01	

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	9/1/2018	Operario:									
Hora de inicio:	9:30 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	11:25 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	47,93	46,75	47,73	47,44	48,34	47,64	0,06	0	0,04	0,01
Corte	4	30,32	34,86	36,14	31,28	33,68	33,26	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 1	6	81,74	85,96	89,05	80,41	79,15	83,26	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	36,90	37,56	40,03	37,42	36,73	37,73	0,06	0,02	0,04	0
Trimming	1	6,33	6,64	5,81	7,52	5,53	6,37	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	49,00	54,93	52,62	46,04	53,44	51,21	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Laura. Inspec 2: Magaly.			
Fecha:	9/1/2018	Operario:									
Hora de inicio:	12:45 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	2:15 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	46,02	47,9	45,36	46,72	47,58	46,72	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	31,24	33,16	32,80	38,56	35,46	34,24	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	82,37	86,39	81,35	83,65	89,53	84,66	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	38,36	36,15	36,74	37,92	35,87	37,01	0,06	0,05	0,04	0,01
Trimming	1	6,5	8,07	5,88	6,74	6,59	6,76	0,03	0,02	0,04	0,01
Inspec 2	6	48,85	52,12	56,73	49,35	54,54	52,32	0,06	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	18/1/2018	Operario:									
Hora de inicio:	7:00 a.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	8:30 a.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	46,23	46,69	47,31	46,34	48,31	46,98	0,06	0,005	0,04	0,01
Corte	4	29,14	32,08	35,70	32,82	33,28	32,60	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	81,73	84,70	86,71	83,26	87,97	84,87	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	34,76	38,7	36,33	37,86	36,01	36,73	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	7,61	6,66	7,43	5,39	5,17	6,45	0,06	0	0,04	0,01
Inspec 2	6	52,36	47,31	54,56	49,62	55,7	51,91	0,03	0,02	0,04	0,01

Toma de tiempos para la muestra											
Datos								Observaciones: Moldeo y corte: Adriana. Inspec 1: Jessica. Tipping: Valentina. Trimming: Magaly. Inspec 2: Laura.			
Fecha:	18/1/2018	Operario:									
Hora de inicio:	2:00 p.m	Observador:		Francisco Castillo							
Hora de fin:	3:15 p.m	Línea:		Tearaway							
Pieza:	D	Unidad:		Segundos							
Tiempos								Calificación			
	# unds	T1	T2	T3	T4	T5	Promedio	Hab	Esf	Cond	Cons
Operación											
Moldeo	4	47,01	46,87	46,46	47,65	46,76	46,95	0,06	0,02	0,04	0,01
Corte	4	32,72	37,94	31,46	37,86	30,44	34,08	0,06	0,02	0,04	0,01
Inspec 1	6	83,33	87,04	90,98	82,18	86,41	85,99	0,03	0,02	0,04	0,01
Tipping	2	37,21	38,62	36,14	35,76	38,45	37,24	0,06	0,02	0,04	0,01
Trimming	1	5,29	4,89	4,39	5,49	5,65	5,14	0,06	0,05	0,04	0,01
Inspec 2	6	48,51	54,98	52,65	53,8	55,27	53,04	0,03	0,02	0,04	0,01

## Apéndice 2 Descripción del puesto de trabajo

### DESCRIPCIÓN DE PUESTO EMPLEADOS DIRECTOS

#### OPERACIONES DE TRABAJO

---

#### TITULO DEL PUESTO

Operario Producción

---

#### LOCALIZACION

Costa Rica

---

#### FECHA EMISION

2/Agosto/2017

---

#### REPORTA A

Supervisor / Gerente de Producción

---

#### DEPARTAMENTO

Producción

---

#### PROPOSITO DEL TRABAJO

La responsabilidad principal es realizar diferentes operaciones de producción para crear productos específicos. El operario requiere interactuar y operar apropiadamente máquinas de proceso y productos de diferentes áreas. El operario de producción, es capaz de laborar en 8 operaciones en al menos dos área de trabajo, llamasen SPT, Coaxial, Dilatadores, SCL o ensamble final.

---

Operaciones mínimas que debe dominar:

Tube length	Molding	Molding Inspection	Cut length	to	Tippin g	Trimin g	final Inspectio n	Guard tubing
Boofing	Washing	final Assembly	Packaging	Hot Stamping			SCL equipment	

---

---

## ELEMENTOS TRABAJO/OPERACION

### Tareas esenciales del trabajo:

- Realiza un trabajo eficiente cumpliendo o excediendo con los estándares de la empresa, de acuerdo a los procedimientos operativos y dibujos del producto, y los estándares de calidad de cada parte, logrando eficiencias en sus productos del 98 por ciento o más de acuerdo a los estándares de la compañía.
- Puede identificar eficientemente partes no conformes y diferentes defectos que se puedan presentar en las áreas de producción y alertar al supervisor o líder para no producir scrap y no afectar el yield o nivel de calidad, trabajando con yields superiores al indicado por su supervisor para cada producto como mínimo. De igual manera cualquier asunto de seguridad o problema de producción.
- Es capaz de revisar el trabajo de la línea y de transferir bases del proceso a otros compañeros, siendo capaz de entrenar a otros compañeros en diferentes áreas o equipos.
- Verifica especificaciones usando herramientas de medición apropiadas como micrómetros, calibradores, reglas y microscopios, comparándolos con los planos de las partes.
- Es capaz de usar eficientemente dispositivos de cámaras de visión para localizar y alinear productos para su ensamblaje preciso, y determinar productos no conformes o no conformidades con las especificaciones.
- Comprende el concepto de Limpieza de Línea y su importancia para el manejo adecuado del producto, así como los requisitos regulatorios para lograr un inicio de producción según los estándares de la compañía. Manteniendo la estación de trabajo limpia y sanitizándola mínimo dos veces por turno.
- Sigue los procedimientos de seguridad mientras labora con material de producción para mantener un ambiente de trabajo limpio y seguro, siguiendo los estándares de seguridad indicados por la compañía.
- Es capaz de medir eficientemente partes al principio, en el medio y al final de un lote de producción (o cuanto sea necesario) y registra los datos en la hoja de ruta (DHR) sin cometer errores, de acuerdo a los estándares de la compañía.
- Documenta acciones completando los formularios y hoja de ruta (DHR) de producción, evitando errores de escritura, o errores de conteo de las partes.
- Capacidad para levantar hasta 30 libras.
- Capacidad para estar de pie en horarios de 12 hrs.
- Contribuye al esfuerzo en equipo mediante el logro de metas relacionadas y resultados según sea necesario, cumpliendo con los estándares de producción y calidad de la compañía, trabajando en conjunto con el resto del personal de la planta y otros departamentos.
- Otras tareas según sean requeridas, ya sea dentro de su área de trabajo diario u otras áreas de trabajo.

## DEMANDAS FISICAS

---

	(Total Horas durante el día)				
	0-2	2-4	4-6	6-8	Ilimitado
Sentado			X		Depende del trabajo
De Pie				X	Depende del trabajo
Caminando	X				

## EQUIPO/OPERACION MAQUINAS A SER EVALUADO:

---

Máquinas de Moldeo para las áreas de: Tearaway, Coaxial and HV Dilators, tipping machine, trimming fixtures, hot stamping machine, heading machine, buffing equipment, hole punch, packaging sealers, SCL equipment.

---

**TIPO DE ENERGIA:** Eléctrica, hidráulica, neumática.

---

**TIEMPO DE CICLO:** Varía – basado en el procedimiento de trabajo

---

**EQUIPO DE SEGURIDAD REQUERIDO:** Zapatos cerrados, lentes de seguridad, tapones para oídos, de acuerdo al sistema de calidad.

---

## REQUERIMIENTOS MENTALES Y DE RAZONAMIENTO

**Razonamiento:** Capacidad para seguir procedimientos detallados. Comprende la importancia del manejo adecuado del producto, capacidad para hacer análisis básico de defectos potenciales en el producto y tomar acciones para prevenirlos.

**Cálculos:** Verifica especificaciones usando herramientas de medición, como: balanzas, micrómetros y calibradores. Capacidad para realizar con el uso de calculadora: Sumas, restas, multiplicación, división, decimales y porcentajes, conocimientos de varias unidades de medida.

Idioma:	Capacidad para leer y comprender etiquetas de producto, políticas, diagramas, planos de partes en dos dimensiones, y seguir instrucciones verbales o escritas.
Habla:	Capacidad para transmitir mensajes detallados al supervisor de departamento y otros compañeros e indicar la información correcta al presentarse un problema en la línea de producción.
Oído:	Capacidad para recibir información detallada a través de comunicación oral en persona y vía teléfono.
<hr/>	
Vista:	Agudeza, visión 20/20, cerca – clarificación de vista a 20 pulgadas o menos para inspeccionar calidad del producto, realizar trabajo detallado.
<hr/>	
<hr/>	

**REQUERIMIENTOS:** Conocimientos de herramientas de medición como calibradores, pin gauges, reglas entre otros, habilidades básicas de matemáticas, multitarea y atención al detalle, lectura de gráficos de barras y líneas. Tener la capacidad de trabajar bajo presión, con altos volúmenes de producción.

**EDUCACION:** Requiere noveno año, o un mínimo de un año de laborar como operador en los procesos antes indicados.

**Experiencia:** operario con dos años de experiencia en industria médica.

La firma de empleado abajo es un reconocimiento que el empleado ha leído y comprende completamente el contenido de la descripción del puesto para el cual ha sido asignado:

\_\_\_\_\_  
Firma del empleado

\_\_\_\_\_  
Fecha