

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA
INGENIERÍA INDUSTRIAL

**PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN LA ORGANIZACIÓN
THERAGENICS CORPORATION UBICADA EN EL COYOL DE
ALAJUELA DURANTE EL PERIODO DE MAYO-SEPTIEMBRE DEL
2018**

Proyecto de Graduación para optar por el Bachillerato en Ingeniería
Industrial

Sustentante:

Indira Josefina Carpio Martínez

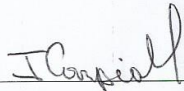
Tutor:

George Dany Ramírez Vargas

Mayo, 2018

DECLARACIÓN JURADA

Yo Indira Josefina Carpio Martínez, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 186200539421 egresado de la carrera de Ingeniería Industrial de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de éste acto y debidamente apercibido y entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de tesis para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Industrial, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN LA ORGANIZACIÓN THERAGENICS CORPORATION UBICADA EN EL COYOL DE ALAJUELA DURANTE EL PERIODO MAYO – SEPTIEMBRE DEL 2018, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derecho de Autor y Derecho Conexos número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que éstos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público. en fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los veinte días del mes de diciembre del año dos mil dieciocho.



Firma del estudiante

Cédula 186200539421

CARTA DEL TUTOR

Heredia, 17 de diciembre de 2018.

**Carrera de Ingeniería Industrial
Universidad Hispanoamericana**

Estimado señor:

El estudiante INDIRA JOSEFINA CARPIO MARTÍNEZ, número de identificación 186200539421, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN LA ORGANIZACIÓN THERAGENICS CORPORATION UBICADA EN EL COYOL DE ALAJUELA DURANTE EL PERIODO DE MAYO-SEPTIEMBRE DEL 2018", el cual ha elaborado para optar por el grado académico de bachillerato en Ingeniería Industrial

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

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

a)	ORIGINAL DEL TEMA	10%	10%
b)	CUMPLIMIENTO DE ENTREGA DE AVANCES	20%	20%
C)	COHERENCIA ENTRE LOS OBJETIVOS, LOS INSTRUMENTOS APLICADOS Y LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACION	30%	28%
d)	RELEVANCIA DE LAS CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	20%	18%
e)	CALIDAD, DETALLE DEL MARCO TEORICO	20%	19%
	TOTAL		95%

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

Atentamente,



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

CARTA DE LECTOR

San José,

Universidad Hispanoamericana
Sede Llorente
Carrera

Estimado señor

La estudiante INDIRA JOSEFINA CARPIO MARTÍNEZ, cédula de identidad 186200539421, me ha presentado para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA INGENIERÍA INDUSTRIAL PROPUESTA DE MEJORA DE PROCESOS EN LA ORGANIZACIÓN THERAGENICS CORPORATION UBICADA EN EL COYOL DE ALAJUELA DURANTE EL PERIODO DE MAYO-SEPTIEMBRE DEL 2018 PROYECTO DE GRADUACIÓN PARA OPTAR POR EL BACHILLERATO EN INGENIERÍA INDUSTRIAL, el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato en Ingeniería Industrial

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

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

Atte.

Firma
Nombre
Cédula
Carné



Jonathan Quirós Barquero
1-1359-0900

Constancia de revisión filológica

Heredia, 04 de marzo de 2019

Señores:
Universidad Hispanoamericana
Ingeniería Industrial

Estimados señores:

Se han revisado y corregido errores gramaticales, de puntuación, ortográficos y de estilo, que se manifiestan en el documento escrito de un proyecto de graduación. Se ha verificado que estos fueron corregidos por el autor.

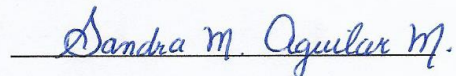
Título del proyecto: Propuesta de mejora de procesos en la organización Theragenics Corporation ubicada en el Coyol de Alajuela durante el periodo de mayo-septiembre del 2018

Sustentante: Indira Josefina Carpio Martínez

Título académico por el que se opta: Bachillerato en Ingeniería Industrial

Este Trabajo Final de Graduación cumple con los requisitos formales exigidos por la Universidad.

Atentamente,



Bachiller Sandra María Aguilar Molina
Cédula. 401350928
Carné de Colegio de Licenciados y Profesores en Letras, Filosofía, Ciencias y Arte # 9605
Asociación Costarricense de Filólogos # 246
Correo: sandraaguilar2009@gmail.com
Teléfonos: 22380346/ 70674854

DEDICATORIA

A mis padres, Mireya y Manuel, a mi hermana Laura y a mis tíos, Lisandro y Sonia, por ser mi apoyo incondicional en el transcurso de esta etapa.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a mis padres, Mireya y Manuel, ya que siempre me han brindado su apoyo y amor incondicional durante toda mi vida, tanto en lo personal y como en lo profesional.

Agradezco a mi hermana, Laura, por creer en mí, ser mi apoyo, y ejemplo de vida.

Agradezco a mis tíos, Lisandro y Sonia, por brindarme la oportunidad de crecer profesionalmente y apoyarme en grandes etapas de mi vida.

Agradezco a mi abuela, Laura, ya que, con su amor y su apoyo, me impulsa a seguir adelante.

Agradezco a mis tíos, hermanos y primos, en especial a Mirian, Javier y a mi sobrina, María Esperanza, por estar presentes en todo momento.

Agradezco a mi tutor, George Ramírez Vargas, por la paciencia y el apoyo.

Agradezco a mis amigos, en especialmente a Badir y Melissa, ya que siempre estuvieron para apoyarme y ayudarme en todo momento.

ÍNDICE GENERAL

Resumen Ejecutivo	xvii
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción general del proyecto	2
1.2 Identificación de la empresa o institución	3
1.2.1 Descripción general de la empresa.....	3
1.2.2 Descripción del proceso productivo de Theragenics Costa Rica.	6
1.2.3 Antecedentes del contexto de la empresa o institución.	8
1.3 Planteamiento del problema.....	10
1.3.1 La idea del problema.....	10
1.3.2 Definición del problema.....	10
1.3.3 Justificación.	12
1.3.4 Objetivo general.....	13
1.3.5 Objetivos específicos.	13
1.3.6 Alcances.	14
1.3.7 Limitaciones.	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO.....	15
2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera	16
2.1.1 Análisis de Pareto.	16
2.1.2 Diagrama causa – efecto.	17
2.1.3 Value Stream Mapping (VSM).	18
2.1.4 Estudio de tiempos.....	20
2.1.4.1 Métodos de medición.....	20

2.1.4.2 Ciclos en el estudio.....	21
2.1.4.2 Tiempo estándar.....	22
2.1.5 Muestreo de trabajo.....	22
2.1.6 Diagrama de flujo de proceso.....	23
2.1.7 Diagrama de SIPOC.....	26
2.1.8 Balance de línea.....	26
2.1.9 Siete desperdicios.....	27
2.1.10.1 Gráficas de control de variables.....	29
2.1.10.2 Gráficas de control por atributos.....	29
2.2 Marco conceptual atinente a la gestión de proyecto.....	30
2.2.1 Metodología DMAIC.....	30
2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto.....	33
□ 2.3.1 Importancia del flujo continuo.....	33
□ 2.3.2 Importancia de la toma de tiempos,.....	33
□ 2.3.3 Importancia del muestreo del trabajo.....	34
2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes.....	35
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO.....	37
3.1 Metodología para la definición del problema.....	38
3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto.....	39
3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso.....	40
3.4 Metodología para la implementación del proyecto.....	41

3.5 Metodología para la verificación, aseguramiento, control, y seguimiento de resultados	42
CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS	43
4.1 Definición	44
4.1.1 Diagrama de flujo de procesos productos Coaxial	44
4.2 Diagrama de SIPOC	45
4.3 Toma de tiempos	47
4.4 Muestreo de trabajo	53
4.5 Value Stream Mapping.....	57
4.6 Diagrama de Ishikawa.....	62
Diagrama de Pareto.....	79
4.8 Balance de línea actual.....	82
4.8 Conclusiones sobre el análisis de causas.....	86
CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN.....	87
5. Diseño de la solución	88
5.1 Propuesta #1 Definición de las cargas de trabajo.....	88
5.2 Propuesta #2 Estandarización de procesos.....	92
5.3 Propuesta # 3 Productos defectuosos	97
5.4 Propuesta # 4 Balance de línea	100
5.5 Beneficios de las propuestas de mejora para la línea de productos Coaxial	103
5.6 Análisis económico	106
Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones	110
6.1 Conclusiones	111

6.2 Recomendaciones	112
BIBLIOGRAFÍA	113
ANEXOS	115

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Impacto económico	12
Tabla 2 Simbología diagrama de flujo	25
Tabla 3 Balance de línea.....	27
Tabla 4 Definición del problema.....	38
Tabla 5 Medición y respaldo cualitativo.....	39
Tabla 6 Metodología para la propuesta de mejora	40
Tabla 7 Implementación del proyecto.....	41
Tabla 8 Metodología para la verificación	42
Tabla 9 Diagrama de SIPOC productos Coaxial	46
Tabla 10 Datos correspondientes al tamaño de muestra para los productos Coaxial...	48
Tabla 11 Datos correspondientes a la muestra total de observaciones para los	49
Tabla 12 Prueba de hipótesis para la relación de tallas de los productos Coaxial	51
Tabla 13 Toma de tiempos promedios de los procesos de los productos Coaxial	52
Tabla 14 Tiempo promedio de procesos con la implementación de suplementos de los productos Coaxial	53
Tabla 15 Porcentaje de utilización línea 1 y 2 de los productos Coaxial	56
Tabla 16 Cálculo del tiempo disponible de la línea de producción de productos Coaxial	57
Tabla 17 Tiempo sin valor agregado correspondiente al Value Stream Mapping Theragenics	60
Tabla 18 Resumen de resultados obtenidos por medio del Value Stream Mapping Theragenics	61

Tabla 19 Tiempo de experiencia de los colaboradores de la línea de productos Coaxial para el periodo mayo-septiembre del 2018	64
Tabla 20 Porcentaje de utilización de máquina que corresponde al tiempo disponible de la línea de productos Coaxial	65
Tabla 21 Porcentaje de utilización de cada una de las actividades en el proceso de productos Coaxial mayo- septiembre 2018	67
Tabla 22 Cantidad de piezas perdidas por el uso de tareas secundarias en el área de corte y forma de punta	72
Tabla 23 Cantidad de piezas perdidas por el uso de tareas secundarias en el área de inspección final.....	73
Tabla 24 Definición de tipo de defectos por grupo de familias	78
Tabla 25 Grupos de semejanza sobre la cantidad del tipo de defecto presentado en los productos Coaxial	79
Tabla 26 Causa raíz par los productos Coaxial durante el periodo mayo - septiembre del 2018	85
Tabla 27 Propuesta de definición de cargas de trabajo por área de la línea de procesos de los productos Coaxial	89
Tabla 28 Análisis de propuesta con respecto a cantidad de piezas y tiempo promedio del área de inspección final de los productos Coaxial.....	93
Tabla 29 Propuesta con respecto a la estandarización de procesos de productos Coaxial en el área de corte y forma de punta y el área de inspección final.....	94
Tabla 30 Identificación de la zona de riesgo en el área de perfección de punta de la línea de productos Coaxial.....	97

Tabla 31 Identificación de la zona de riesgo de la línea de productos Coaxial	98
Tabla 32 Plan de acción general con respecto al costo / beneficio de las propuestas de mejora para los productos Coaxial	103
Tabla 33 Análisis económico con respecto a las propuestas de mejora de la línea de productos Coaxial	107
Tabla 34 Indicadores que determinan si el proyecto es rentable o no para la organización	108
Tabla 35 Demostración de la rentabilidad del proyecto para la organización	109

TABLA DE FIGURAS

Figura 1 Producción de la línea de productos Coaxial durante el periodo enero – julio del 2018	11
Figura 2 Muestreo de trabajo de la línea de producción Coaxial durante los meses de mayo - agosto 2018.....	54
Figura 4 Porcentaje de ejecución de trabajo secundario en la actividad de corte y forma de punta, durante el periodo junio - julio 2018	71
Figura 5 Porcentaje de ejecución de trabajo secundario en la actividad de inspección final, durante el periodo junio - julio 2018.....	73
Figura 6 Porcentaje de representación de piezas caídas en el <i>scrap</i> , durante el periodo de junio - agosto del 2018	74
Figura 7 Resultados de la herramienta de medición de productos defectuosos de la línea Coaxial del 20 de junio al 6 de agosto del 2018	76
Figura 8 Representación del porcentaje de piezas defectuosas en la producción.....	77
Figura 9 Diagrama de Pareto para el análisis de posibles causas que afectan la producción de productos Coaxial	80
Figura 10 Porcentaje actual de piezas defectuosas.....	81
Figura 11 Piezas buenas en relación con piezas defectuosas y piezas defectuosas por método utilizado	82
Figura 12 Balance de línea con el 90% de utilización de la línea y la comparación con el porcentaje de línea actual de los productos Coaxial mayo - septiembre 2018.....	83
Figura 13 Cuadro comparativo entre el antes y el después, con respecto al porcentaje de utilización del área de corte y forma de punta, y el área de inspección final.....	91

Figura 14 Cuadro comparativo actual y propuesto con respecto a la variabilidad de tiempo y cantidad de piezas en el área de Inspección Final	96
Figura 15 Cuadro con respecto a las piezas defectuosas y el porcentaje representativo por productos defectuosos por el método	99
Figura 16 Porcentaje representativo correspondiente a piezas buenas y piezas defectuosas actual y propuesto.....	100
Figura 17 Balance de línea propuesto para la línea de productos Coaxial	101

TABLA DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1 Diagrama de Pareto	16
Ilustración 2 Diagrama Causa – Efecto	18
Ilustración 3 Value Stream Mapping.....	19
Ilustración 4 Diagrama de flujo.....	23
Ilustración 5 DMAIC	31
Ilustración 6 Diagrama de flujo de proceso	44
Ilustración 7 Value Stream Mapping Theragenics	58
Ilustración 9 Diagrama de Ishikawa	62
Ilustración 10 Representación del trabajo secundario en la línea de productos Coaxial durante el periodo julio - agosto del 2018	68
Ilustración 11 Cantidad de piezas y tiempos promedios de colaboradores en el área de inspección final de la línea de producción Coaxial durante el periodo mayo - septiembre 2018	70
Ilustración 12 Diagrama de Gantt donde se muestra el periodo de implementación de cada una de las propuestas de mejora para la línea de productos Coaxial	104

Resumen Ejecutivo

El presente proyecto de investigación trata sobre el análisis correspondiente a la línea de producción de los productos Coaxial en la organización Theragenics. El estudio se realiza para identificar aquellos factores, que afectan la producción; durante el mismo, se encuentran fallas en el proceso, que se implementa actualmente, que conlleva a la realización de horas extras por parte de la empresa, para lograr metas definidas, representando un costo de ¢5.771.160 anual; se utilizan diversas herramientas científicas para la verificación de los procedimientos.

El análisis de los resultados obtenidos durante la fase de diagnóstico confirma que existen diversas causas, que afectan directamente la producción; entre otros, la subutilización de la línea de fabricación, falta de estandarización de procesos, déficit en el manejo de piezas. Por lo tanto, se realizan tres propuestas de mejora, que son las siguientes: 1.- La definición de tareas correspondientes por estación. 2.- Estandarización de procesos en dos estaciones de trabajo. 3.- Detectar de zonas de riesgo para las piezas.

Cabe acotar que las propuestas planteadas no generan mayor impacto en los costos de producción, por lo tanto, la única inversión se refleja es la realización del proyecto en la organización, que tiene un costo de ¢2.148.888 por los cuatro meses del proyecto. Es por ello, que la inversión se cubre en un total de cinco meses, utilizando el costo usado para las horas extra. En conclusión, se podría decir que, con la implementación de las tres propuestas, se cumplen los objetivos planteados en el proyecto de investigación.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1 Descripción general del proyecto

El presente proyecto de graduación se realiza en Theragenics ubicada en la Zona Franca del Coyoil de Alajuela, el estudio se basa en dar propuestas de mejora para el proceso de producción en la línea de los productos Coaxial durante el periodo mayo- septiembre del 2018.

Para el diseño de la propuesta, se utilizan diversas herramientas de la ingeniería industrial, tales como tomar tiempos para determinar el tiempo de ciclo de cada uno de los procesos, determinar y analizar los desperdicios presentados en la línea de producción, flujogramas, entre otros. Luego de evaluar cada uno de los resultados, se diseñan las diversas propuestas de mejora en la línea de productos Coaxial.

La organización Theragenics se dedica a la manufactura de subensambles de dispositivos médicos moldeados por inyección (catéteres), distribuidos en diferentes tipos de productos. La planta, actualmente, presenta una oportunidad de mejora en la línea de Coaxial, ya que, en los rubros de eficiencia, eficacia y entregas a tiempo están por debajo del 90%, y según los encargados de la organización, deben estar por encima del 95%; cabe destacar, que la mayoría de los procesos de la producción de los productos Coaxial son manuales, por lo tanto, como se ha dicho anteriormente, se evalúa la presencia de desperdicios y la causa de cada uno de ellos, con el fin de diseñar diversas propuestas de mejora para atacar el origen de cada uno de ellos.

La línea de investigación, que responde al proyecto, se representa en operaciones industriales, ya que tiene como fin obtener propuestas de

estandarización de operaciones y procesos en la línea, análisis de tiempos y movimientos, entre otros puntos importantes para el desarrollo de esta.

1.2 Identificación de la empresa o institución

1.2.1 Descripción general de la empresa.

La empresa Theragenics Costa Rica LTDA se encuentra localizada en Zona Franca Coyol, Alajuela Costa Rica, en el edificio B13.3; cuenta con un total de 78 colaboradores distribuidos entre personal operativo y administrativo, los que se dedican a la manufactura de sub ensambles de dispositivos médicos moldeados por inyección (catéteres) distribuidos en cuadro líneas de productos.

1. *SPTs Sheahs*



Figura N° 1 Dilatador *SPTs Sheahs*

2. Dilatadores



Figura N° 2 Dilatador HV

3. Dilatador SCL



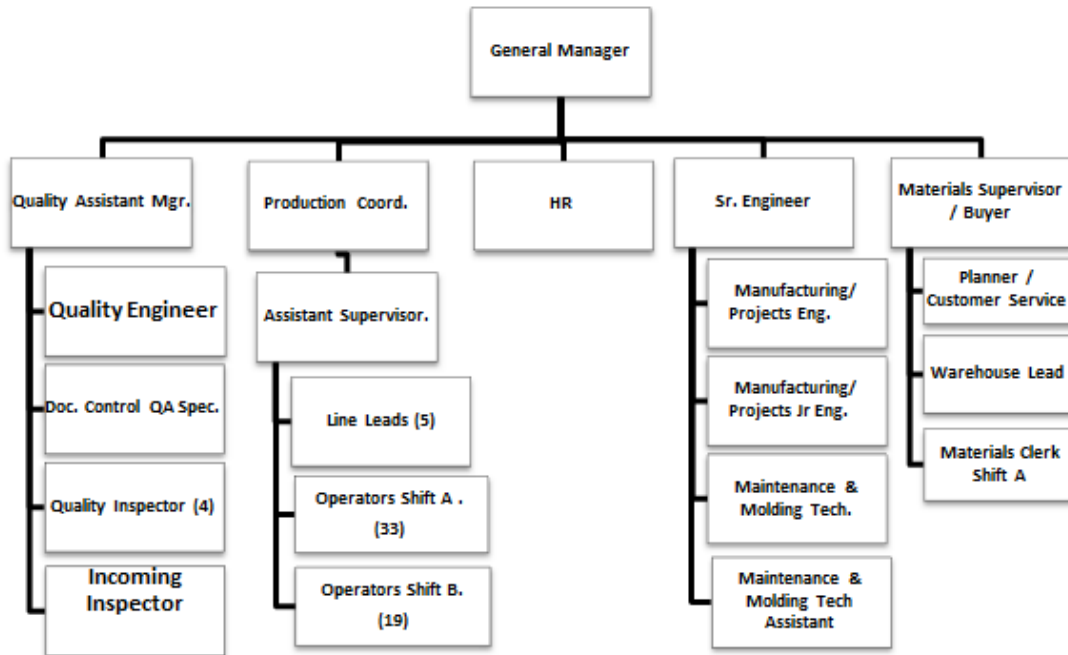
Figura N° 3 Dilatador SCL

4. Dilatador PMP



Figura N° 4 Dilatador PMP

A continuación, se presenta la estructura organizativa de la empresa y su distribución porcentual entre personal administrativo y operativo, los cuales se rigen bajo la misión de la organización “Mejorando vidas con todos y cada uno de los pedidos que completamos”:



Fuente: Theragenics Costa Rica

Figura N° 5 Organigrama de Theragenics Costa Rica



Fuente: Theragenics Costa Rica

Figura N° 6 Distribución de personal

1.2.2 Descripción del proceso productivo de Theragenics Costa Rica.

El proceso inicia con la recepción de materia prima por parte del Departamento de Materiales, seguidamente son inspeccionados y aprobados por el Departamento de Calidad y, si los mismos cumplen con los requerimientos, pasan al área de almacenamiento temporal.

Luego de contar con las aprobaciones respectivas, se continúa con el dispensado de materias primas al piso de producción, por parte de encargado de materiales en la bodega (según los requerimientos de cada una de las órdenes de manufactura). Las materias primas son colocadas en un contenedor plástico junto con las instrucciones de manufactura y, adecuadamente identificadas con el número de lote/orden de trabajo. Los lotes se encuentran disponibles para su uso por parte del Departamento de Producción en el momento que el plan de entregas así lo requiera.

La manufactura del producto inicia con el corte del tubo de manera trasversal y la formación de la cabeza (solo para producto Tearaway); para el resto de los productos, la formación de la cabeza no es requerida. Los tubos son colocados en contenedores para su lavado y posterior moldeo en las máquinas inyectoras. Las piezas resultantes de proceso de moldeo son inspeccionadas por el personal de producción en un 100%, descartando aquellas que cuentan con algún defecto visual o dimensional de acuerdo con el procedimiento estándar operativo (SOP).

Las partes, que se clasifican como conformes, continúan su proceso en la línea de manufactura, en la que se realiza el corte del largo de dilatador y la formación de la punta cónica en los procesos llamados “*tipping*” y “*trimming*”. Después de que la punta ha sido formada, se vuelve a realizar una inspección visual del 100% de las partes presentes en la celda de manufactura.

El lote final es inspeccionado por el Departamento de Calidad, mediante un muestreo estadístico de las partes y, si el mismo es aprobado, se procede con el empaque final del producto.

Es de suma importancia destacar que el proceso de manufactura de dispositivos médicos continúa siendo, en un alto porcentaje, llevado a cabo de forma manual, por lo que, en el proceso productivo de las diferentes celdas de manufactura, están directamente relacionadas con la interacción humana. Lo anterior queda evidenciado en los procesos, que se llevan a cabo en Theragenics Costa Rica LTDA, y que se describen en la figura 1.3. “Diagrama línea de manufactura”.

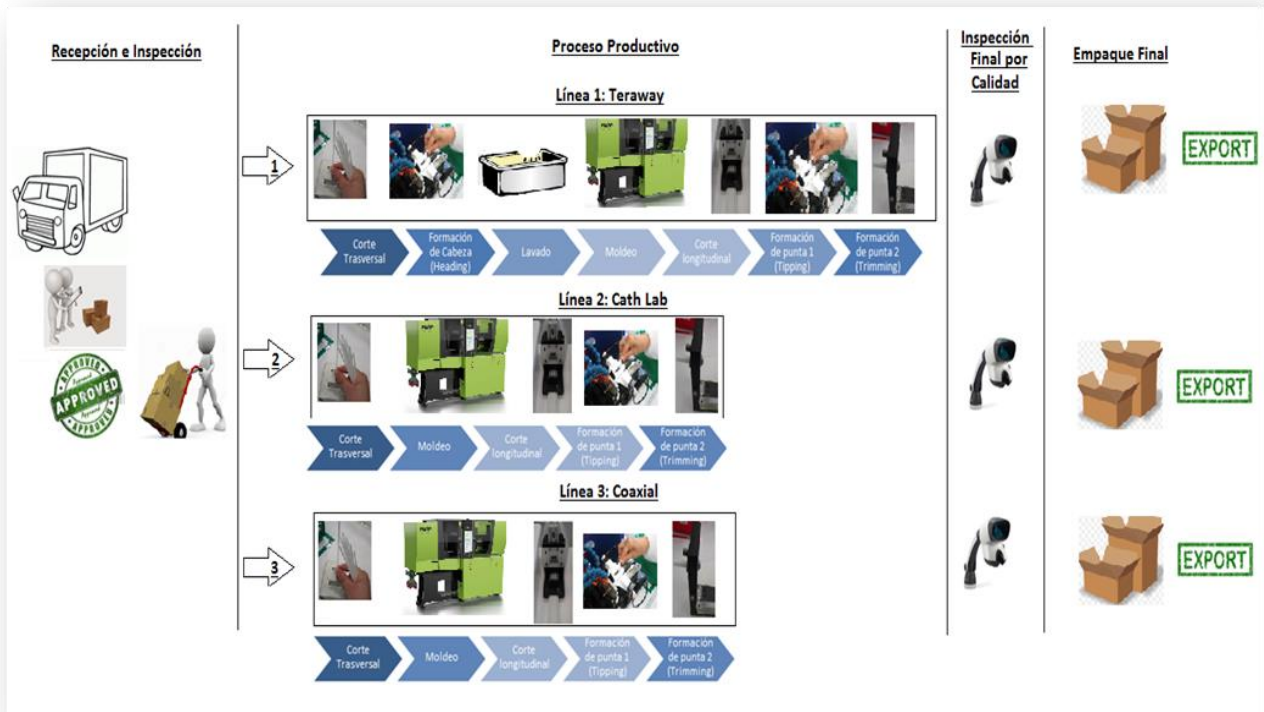


Figura N° 7 Diagrama de línea de manufactura

Fuente: Theragenics Costa Rica

El producto manufacturado en Theragenics Costa Rica LTDA, al ser un sub ensamble, es exportado a su empresa hermana Galt Medical, la cual se encarga de ensamblar el producto, esterilizar y su posterior comercialización en el mercado estadounidense y canadiense.

1.2.3 Antecedentes del contexto de la empresa o institución.

GALT Medical Corporation es fundada en 1981, su planta de manufactura está ubicada en Garland Texas, la cual diseña, desarrolla, manufactura y mercadea

dispositivos para la industria médica para adultos y pacientes pediátricos enfocados en la intervención radiológica, cardiológica y operaciones vasculares. En el año 2006, Galt es adquirida por Theragenics Corporation.

Needletech Products está localizada en North Attleboro Massachusetts y es fundada en 1988, dirigida a solventar las necesidades de la industria médica manufacturera, en las que se incluyen insertos moldeados de inyección, ensamblaje de dispositivos, su respectivo empaque y esterilización de producto. En julio del 2008, Needletech es adquirido por Theragenics Corporation.

Theragenics Corporation está enfocada en el tratamiento del cáncer y en el mercado de productos quirúrgicos. Theragenics bracytherapy manufactura y vende productos utilizados, principalmente, en los tratamientos mínimos invasivos de cáncer de próstata y de pecho. Además de los productos quirúrgicos ofrecidos por sus subsidiarias, Galt Medical y Needletech, Theragenics Corporation comercializa productos de cierre de heridas a través de otra subsidiaria llamada CP Medical.

En el año 2014, Theragenics Corporation anuncia la apertura de su planta de manufactura en el Coyol de Alajuela, de ahí que el presente proyecto de “Mejoramiento del sistema de aseguramiento de calidad de la empresa Theragenics Costa Rica LTDA para la reducción de las no conformidades internas y externas” se lleva a cabo en dichas instalaciones.

1.3 Planteamiento del problema

1.3.1 La idea del problema.

La organización Theragenics está presentando una oportunidad de mejora en la línea de productos Coaxial, principalmente, la producción no cumple con la demanda diaria, por lo tanto, tienen que realizar horas extras para cumplir con la demanda deseada por el cliente y lograr entregar el producto final en el tiempo requerido. Además, el costo se representa en piezas defectuosas, que se presentan en el proceso productivo.

1.3.2 Definición del problema.

La oportunidad de mejora detectada en la organización se ve enfocada en la línea de productos Coaxial, trayendo como consecuencia, a la empresa, por no lograr la meta deseada, además, se tienen que realizar horas extras para alcanzar a producir la meta diaria. Al ser la mayoría de los procesos de producción un trabajo manual, suele presentarse que el tiempo de ejecución, que corresponde al proceso, es excesivo, en algunos casos, produciendo paros o demoras en la línea.

El problema afecta directamente a los líderes y a cada uno de los colaboradores de la línea, debido a la cantidad de retrabajo, que se requiere en ciertas estaciones.

A continuación, se muestra la siguiente gráfica, que corresponde a la producción de los primeros siete meses del año 2018.

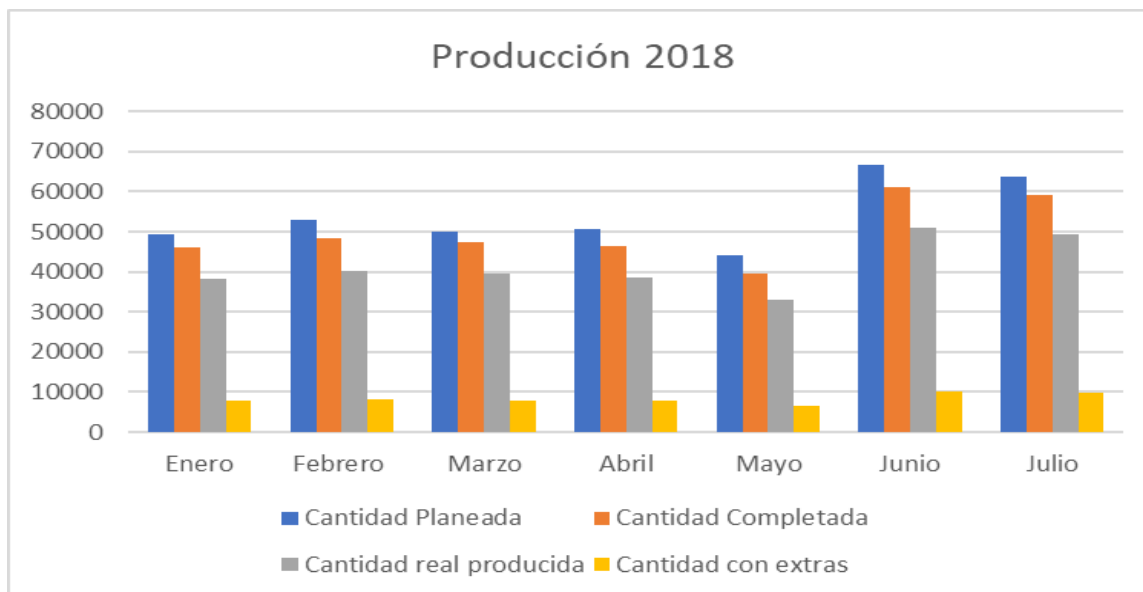


Figura 1 Producción de la línea de productos Coaxial durante el periodo enero – julio del 2018

Fuente: Theragenics Costa Rica

Como se demuestra en la tabla anterior, la cantidad completada no alcanza la cantidad planeada de los primeros siete meses del 2018. El porcentaje de cumplimiento debe estar por encima del 95%, esta es una meta a nivel corporativo para el año 2018.

Las horas extras se ven reflejadas, aproximadamente, en un porcentaje representativo de un 20% de producción; es por ello que, al identificar detalladamente cada uno de los desperdicios y tipo de *scrap* que se presentan en el proceso, se puede lograr disminuir la cantidad de productos defectuosos de cada procedimiento de la línea.

Al definir la fuente del problema y con el uso de diversas herramientas para la mejora del proceso, los beneficiados se ven reflejados, inicialmente, en la

organización Theragenics, ya que pueden cumplir con la demanda diaria debido al incremento de la fluidez de la línea; además, la oportunidad de negocio para la empresa de contar con un mapeo del proceso, abierto a modificaciones y mejoras continuas.

1.3.3 Justificación.

Para el análisis del porqué se está presentando la oportunidad de mejora, es necesario e indispensable basarse en la toma de tiempos, ya que se necesitan valores reales para determinar la causa de que no se esté logrando la meta de producción. Para compensar las oportunidades de mejora, que se dan en la línea de producción, se basa en la realización de horas extras.

Según el Ministerio de Trabajo y Seguridad Social de Costa Rica, el salario mínimo de un trabajador calificado en empresas privadas, en promedio para el año 2018 es de ₡11.141,73 por jornada ordinaria, por lo que se utiliza de referencia para estimar el costo por la realización de horas extra y se muestra en la siguiente tabla.

Salario por hora 1 operario	Horas extras por semana	Costo de horas extra por semana	Extras de 5 operarios	Extras por 1 año de 5 operarios
₡2.089	20.5h	₡42.824,5	₡214.122,5	₡10.920.247,5

Tabla 1 Impacto económico

Fuente: Theragenics Costa Rica

Al no lograr la demanda diaria, se requiere la realización de horas extras para cumplir con la meta esperada y con las entregas a tiempo al cliente. El horario laboral es de lunes a viernes, las horas extras se realizan 2.5 horas por día de lunes

a viernes y el sábado de 8 horas, dando así un total de 20.5 horas a la semana. Las extras son elaboradas por cinco operarios para cubrir la línea de producción.

Como se demuestra en la tabla anterior, la realización de horas extras da un resultado anual de ¢10.920.247,5.

Por motivos de privacidad y políticas de la organización Theragenics no se posee el permiso ni la información con respecto al valor económico sobre los productos fabricados en la organización. Sin embargo, la organización da como referencia de un valor de \$10 por pieza producida, al cambio equivalente de 1\$ equivale a ¢612, una pieza da un total de ¢6.120.

1.3.4 Objetivo general.

Desarrollar propuestas de mejora de procesos en la línea de productos Coaxial por medio del Value Stream Mapping para lograr la meta diaria de 3000 piezas eliminando el uso de horas extra.

1.3.5 Objetivos específicos.

- Determinar los tiempos de procesos reales en la línea de Coaxial para realizar comparaciones con la teórica durante periodo mayo - agosto del 2018.
- Aplicar un Value Stream Mapping, con respecto a la situación actual de la empresa para el análisis del proceso.
- Identificar y clasificar desperdicios presentados en la línea, con el fin de analizar y atacar desperdicios y productos defectuosos, que causen mayor impacto en el

proceso productivo.

- Desarrollar propuestas de mejora, con el fin de disminuir desperdicios en la línea para el logro de la meta diaria de la producción.

1.3.6 Alcances.

- Las propuestas de mejora para la línea de producción abarcan, únicamente, las líneas de producción de productos Coaxial, ya que es el segundo producto estrella de la planta, además de que la línea no cumple con la demanda deseada por el cliente, ya que, en el tiempo disponible que posee la línea, solo fabrican el 85% de la meta deseada.
- La toma de tiempo de procesos es evaluada, únicamente, desde el área de moldeo de productos hasta el área de inspección final, el área de ensamble no corresponde a la toma de tiempos.
- El proyecto se desarrolla en el periodo mayo- septiembre del 2018.

1.3.7 Limitaciones.

- Datos reales económicos de la organización, ya que es información confidencial, por lo tanto, el proyecto se basa en datos estimados para obtener resultados representativos.

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1 Marco conceptual general relativo a la carrera

El siguiente proyecto se basa en diversas herramientas para el análisis y la solución de las oportunidades de mejora, que se presentan, actualmente, en la organización.

2.1.1 Análisis de Pareto.

Según Niebel, el análisis del diagrama de Pareto consiste en que los diversos artículos o procesos de interés para el estudio por realizar se ordenan de manera descendente, esto permite la visualización del orden de prioridades, mostrando, así, la posibilidad de que puede haber una gran cantidad de artículos, que no causen una gran problemática y la posibilidad de que una poca cantidad de productos puedan causar un mayor impacto en los problemas de la organización.

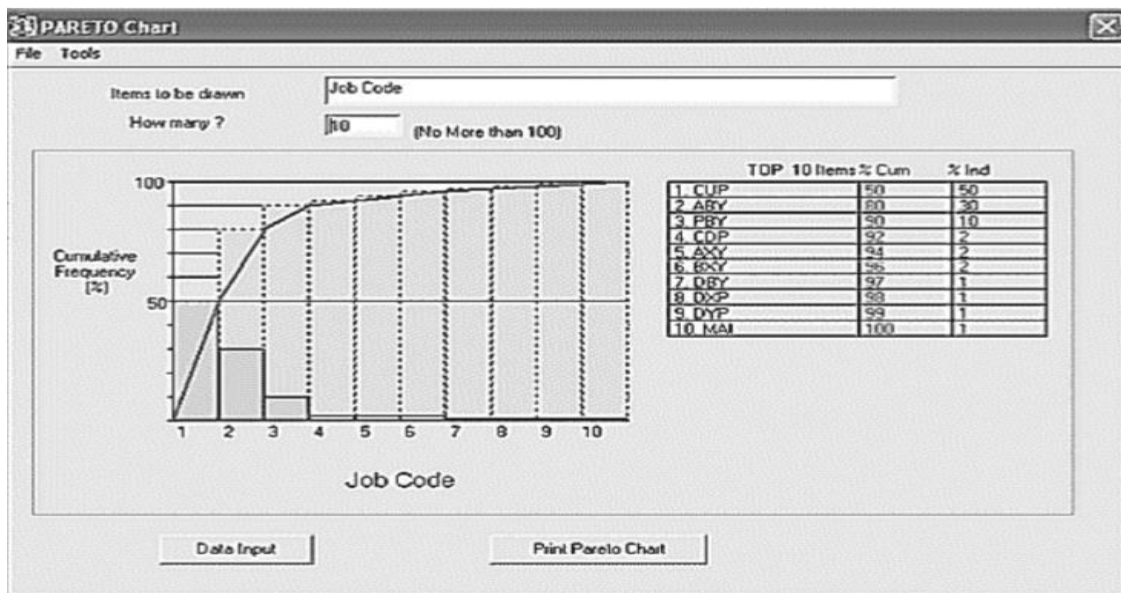


Ilustración 1 Diagrama de Pareto

Fuente (Niebel, duodécima edición)

Como se muestra en la ilustración anterior, se definen cuáles son las fallas, que causan un mayor impacto económico en la organización, mostrando, así, que el 20% de las causas pueden originar el 80% de las fallas. (p.18)

2.1.2 Diagrama causa – efecto.

El siguiente método consiste en la definición de un problema o una circunstancia no deseada, denominándose como el efecto; luego de ello, se desglosan las diversas causas, por las cuales se pudiese estar presentando el problema.

En el libro de Niebel, resaltan que, usualmente, las causas se subdividen entre cinco o seis categorías, las cuales se fraccionan de la siguiente manera.

- Humanas
- Máquinas
- Métodos
- Materiales
- Medio ambiente
- Administrativas

El diagrama de causa – efecto o también conocido como el diagrama de pescado o de Ishikawa, se muestra de la siguiente manera.



Ilustración 2 Diagrama Causa – Efecto

Fuente (Niebel, duodécima edición)

Como se muestra en la ilustración anterior, el problema principal se denomina la cabeza del pescado, luego de ella, lo que viene representado es la columna vertebral, se colocan las diversas causas principales, que pudiesen estar originando el problema, en conjunto con las causas secundarias de ser necesario. (p.19)

2.1.3 Value Stream Mapping (VSM).

El Value Stream Mapping es un método gráfico, que permite la visualización de todo un proceso, donde se detalla el flujo de información de materiales, que se requieren para un producto.

Dicho método permite el análisis de cada una de las actividades, que agregan y las que no lo hacen a la organización o al proceso. El Value se utiliza para establecer planes o propuestas de mejora en las áreas que se requieran.

Para su realización, se deben seguir los siguientes pasos.

1. Identificar la familia de productos: se denomina familia de productos a aquellos, que comparten tiempos y equipos cuando se encuentran en el proceso de producción.
2. Dibujar el estado actual del proceso, identificando los inventarios entre operaciones, flujo de material e información.
3. Análisis de la visión sobre cómo debe ser el estado futuro de la organización.

A continuación, se presenta un ejemplo gráfico de cómo se puede representar un VSM.

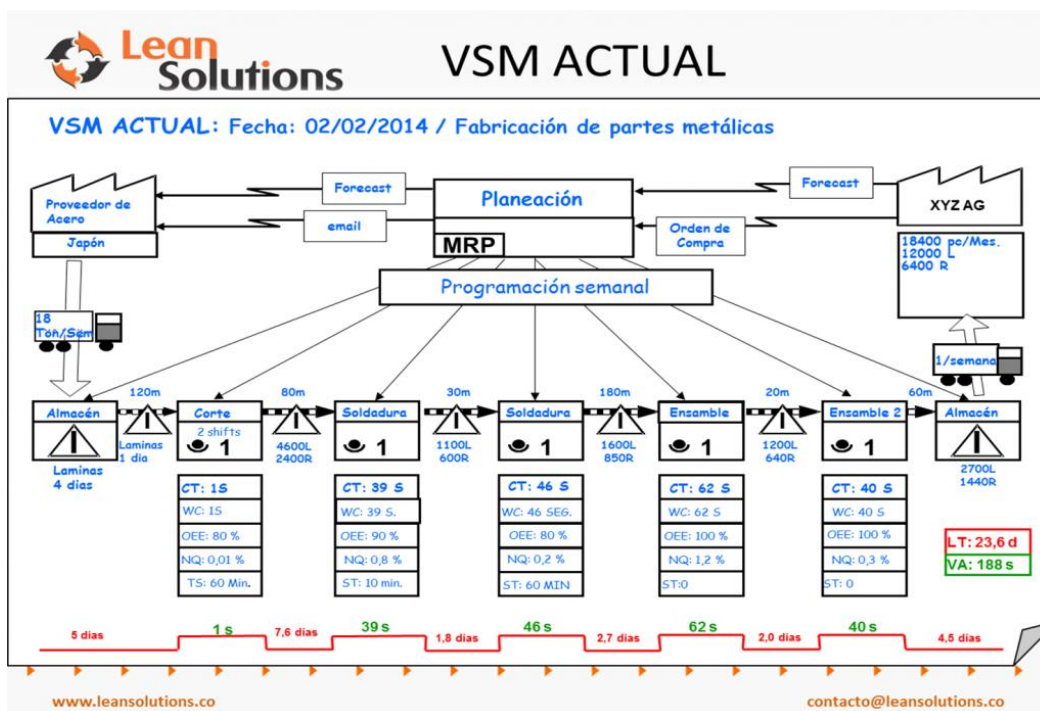


Ilustración 3 Value Stream Mapping

Fuente (www.leansolutions.co)

Como se muestra anteriormente, el VSM permite la visualización, desde que se realiza el pedido hasta que se entrega al cliente, los tiempos de traslado, entre otra información importante para el análisis actual de la organización.

2.1.4 Estudio de tiempos.

En el libro de Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, se menciona lo siguiente.

El estudio de tiempos se basa en el establecimiento de estándares de tiempo, existen diversos equipos para la determinación de tiempos, como por ejemplo: los cronómetros, cámaras de grabación, tablero de estudio de tiempos, software para el estudio de tiempos, entre otros, explica Niebel.

El equipo, que se utiliza en este proyecto para la medición, es el cronómetro, el cual es un reloj de precisión, que se emplea para obtener mediciones de tiempo fraccionadas; dicha herramienta es utilizada mayormente para competencias deportivas y, en la industria, para obtener un registro de tiempo fraccionado de las operaciones o procesos, que se dan en ella.

El estudio de tiempos se utiliza para determinar el tiempo de proceso actual de la organización por cada proceso o actividad, que conlleva producir el producto.

2.1.4.1 Métodos de medición.

Existen diversos tipos de métodos de medición, llamados el método de regreso a cero y el método continuo; usualmente los analistas realizan el uso de

ambos, ya que el de regreso a cero se ajusta mejor a ciclos largos; y los del método continuo, se ajusta a ciclos más cortos.

En el método de regreso a cero, corresponde iniciar el cronómetro al principio de cada elemento y desactivarlo cuando termina la actividad, de tal manera que se devuelve el cronómetro a cero.

El método continuo consiste en encender el cronómetro al iniciar el elemento, observar cada vez que termine y apagarlo al finalizar el estudio.

El utilizado en el proyecto es el método continuo, ya que una de sus mayores ventajas es que no se dejan tiempos sin anotar, y se obtienen valores más exactos, ya que dicho método se utiliza especialmente para ciclos cortos.

2.1.4.2 Ciclos en el estudio.

Cuando se realiza un estudio de tiempos, es necesaria la determinación de la cantidad de estudios o muestras por tomar, ya que se necesita que los tiempos sean más confiables.

Para ello, la fórmula se representa de la siguiente manera:

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

Donde, n es el número de muestras por estudiar, se utiliza una distribución t , s representa la desviación estándar, k representa el intervalo de confianza y \bar{x} es el promedio. (Niebel, p.342)

2.1.4.2 Tiempo estándar.

El tiempo estándar se representa por medio de la suma de todos los ciclos tomados, dicha sumatoria representa la producción de una pieza completa.

En el proyecto, se utiliza el tiempo estándar para sacar el promedio de tiempo de operación en segundos de cada pieza. (p.327)

2.1.5 Muestreo de trabajo.

Según el libro de Ingeniería Industrial: Métodos, estándares y diseño del trabajo, el muestreo de trabajo es una técnica, que se utiliza para investigar las proporciones de tiempo totales, que constituyen ciertas tareas; el muestreo de trabajo se usa, inicialmente, para determinar la utilización de máquinas, holguras, que se puedan presentar en el nivel de la producción.

Cuando se emplea esta técnica, la persona, que analiza, define un número grande de observaciones en intervalos aleatorios; luego de ello, se divide el número de las observaciones de las máquinas, que están operando entre el número total de observaciones evaluadas, dando como resultado en porcentaje el tiempo ocioso y el no ocioso de las máquinas.

La exactitud de los datos depende del número de muestra, que se realiza, o del número de observaciones y el periodo en el que ellas se realizan. (p.441)

2.1.6 Diagrama de flujo de proceso.

El diagrama de flujo, según lo indicado en el libro Control estadístico de la calidad y seis sigma, es una representación gráfica, que muestra cada uno de los pasos a seguir en un proceso productivo, además, muestra inspecciones requeridas en el proceso, transportes, retrabajos, entre otras actividades fundamentales en el proceso.

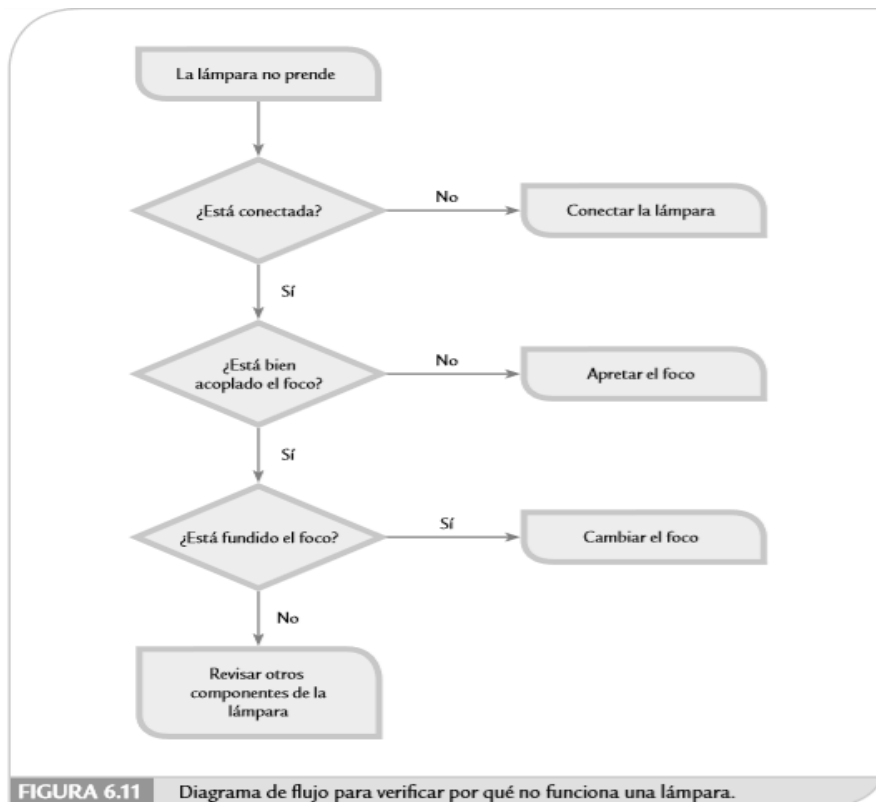


Ilustración 4 Diagrama de flujo

Fuente: (Control estadístico de la calidad y seis sigma. Gutiérrez. 2da edición)

Este método ayuda en la visualización y análisis de cada una de las actividades, cabe destacar que el diagrama tiene una serie de figuras, que poseen su propio significado, por ejemplo: se encuentra el rectángulo, que indica una tarea; el rombo, una toma de decisión, entre otros. (p. 165)

Existe una serie de simbologías para el diagrama de procesos, de acuerdo con el estándar ASME (Sociedad Americana de Ingenieros Mecánicos). Dichas simbologías son las siguientes.

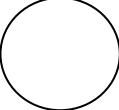
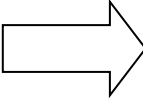
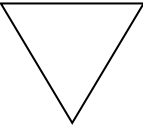
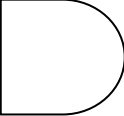

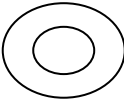
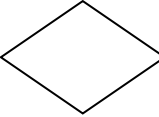
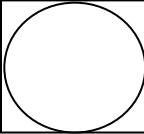
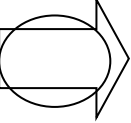
	Operación	Actividades en los procesos. Taladrar, pintar, cortar.
	Transporte	Traslado de material
	Almacenamiento	Materia prima en algún almacén, bodega o producto terminado apilado en tarimas
	Retrasos	Material esperando ser aprobado.
	Inspección	Examinar detalladamente el producto.
	Generar un registro	Llenar documentos
	Decisión	Toma de decisión, ejemplo: aprobar o rechazar producto.
	Inspección con operación	Algún tipo de actividad extra a examinar el producto, por ejemplo: corte e inspección
	Operación y transporte	Operación y transporte se llevan de una manera simultánea

Tabla 2 Simbología diagrama de flujo

Fuente: (Niebel, duodécima edición)

Como se muestra en la tabla anterior, el diagrama de flujo se basa en mostrar cada uno de los transportes, demoras, entre otros aspectos indispensables para el análisis del proceso. (p.26)

2.1.7 Diagrama de SIPOC.

El diagrama de SIPOC, o también conocido como diagrama de PEPSU, funciona para la evaluación y análisis de un proceso en conjunto con su entorno. En el libro de Gutierrez, 2da edición, llamado Control estadístico de calidad y seis sigma, se detalla cada una de las herramientas, que se utilizan para su análisis; este método se basa en identificar: proveedores, entradas, el proceso, salidas y usuarios o clientes. (p. 166)

2.1.8 Balance de línea.

Es una herramienta, que sirve de ayuda para el control de la producción, ya que, para mantener una línea de producción estable, es necesaria la reducción de ciertas variables, que no agregan valor y que no son necesarias en las actividades, que conllevan la fabricación del producto.

Según el enlace web (www.ingenieriaindustrialonline.com), para lograr obtener un buen balanceo de línea, en algunos casos, es necesario una inversión económica, que será recuperada en un periodo de corto a largo plazo, movimientos de recursos, entre otras variables, que puedan limitar la aplicación del balanceo.

Usualmente, las líneas, en las cuales se aplica balanceo, son las de fabricación y ensamble de productos. Uno de los factores, que se deben tomar en cuenta en el momento del balanceo, es que la frecuencia de salida de la máquina

debe ser equivalente a la frecuencia de entrada de la siguiente máquina, dando así un resultado, en el cual toda la línea fluya de manera equilibrada y equitativa.

Para el balance de línea, se tienen que tomar en cuenta ciertos elementos, los cuales son los siguientes.

<i>Tiempo disponible</i>	Tiempo real que posee el colaborador para la producción, eliminando tiempos de reuniones, comidas.
<i>Demanda semanal</i>	Demanda deseada por parte del cliente.
<i>Takt Time</i>	Ritmo, que debe tener la producción, para cumplir con la demanda deseada (Tiempo disponible / Demanda)
<i>Unidades de inicio</i>	Unidades con las que se inicia la producción (Demanda / Yield)
<i>Yield Takt Time</i>	Es el ritmo de producción con unidades perdidas por salir defectuosas (Tiempo disponible / Uds de inicio)

Tabla 3 Balance de línea

Fuente: (www.ingenieriaindustrialonline.com)

2.1.9 Siete desperdicios.

Se conoce como despilfarro a todo aquello que causa un gasto excesivo en la organización, que no agrega valor a la producción y que es innecesario.

La eliminación de despilfarros o de desperdicios se lleva a cabo por medio de ciertas modificaciones en los procesos productivos, eliminaciones de productos, que no se utilizan, entre otros que pudiesen considerarse como una reducción de costos.

Los siete desperdicios son los siguientes.

- Sobreproducción: exceso de producción; se refiere cuando se produce más producto de lo planeado; es decir, si se tiene una demanda de 5000 piezas al día y la línea produce 7000 piezas al día, da como consecuencia pérdida de tiempo, el cual se puede aprovechar para otro tipo de actividades.
- Esperas: personal pasivo, maquinaria inactiva; son aquellas esperas. que no agregan valor al sistema productivo; es decir, cuando se espera por falta de material, maquinarias, entre otros.
- Transportes: se refiere a aquellos movimientos innecesarios, como el movimiento de materiales de un lugar a otro, ya que no agregan valor al proceso productivo.
- Despilfarros de operación: son aquellas actividades redundantes o extras, que se realizan en el proceso, un ejemplo de ello son los informes innecesarios.
- Inventario: excesos de existencias; es decir, cuando se encuentran productos acumulados en *stock* y no existe un movimiento de ellos dentro de la planta o en la bodega.
- Movimientos innecesarios: movimientos incómodos o innecesarios; ejemplos de ellos son: búsqueda de documentos, movimiento de manos, que no agregan valor en el proceso productivo, búsqueda de materiales.
- Productos defectuosos: se refiere a ciertos productos, que son devueltos por daños, el desperdicio se presenta, principalmente, en el material utilizado, colaboradores y, posiblemente, los clientes insatisfechos con el producto deseado. (www.ingenieriaindustrialonline.com)

2.1.10 Gráficos de control.

Los gráficos de control son diagramas donde se registran valores, que se desean estudiar. Estos diagramas se utilizan para el mayor entendimiento de procesos, de tal manera de que se puedan identificar posibles fallas. Además, permite el control para que el proceso se mantenga estable.

Existen diversos tipos de gráficos de control, se dividen en gráficas de control de variables y gráficas de control por atributos. Según el libro Control estadístico de calidad y seis sigma, los tipos de gráficos son los siguientes.

2.1.10.1 Gráficas de control de variables.

- Los gráficos x-R son los que comparan la media con el rango, suelen ser utilizados cuando se realizan análisis estadísticos y donde se presenten datos variables. Permiten detectar consistencia y mejora de un proceso.
- Los gráficos x-s son similares a los de rango, pero, en este caso, se evalúa la media con respecto a la desviación estándar. Los gráficos con respecto a la desviación estándar tienden a ser más precisos que los de rango. (p.182)

2.1.10.2 Gráficas de control por atributos.

- Las gráficas p permiten el análisis de aquellos productos, que no cumplen con las especificaciones deseadas; es decir, cuando el producto se encuentra defectuoso. Usualmente, los gráficos p se utilizan con muestras poblacionales altas, esto permite que el estudio pueda ser representativo.
- Los gráficos np son usados para controlar el número de defectuosos en una muestra, este tipo se utiliza, únicamente, cuando el tamaño de muestra, en el

momento de la evaluación, se mantiene constante, de otra forma, los resultados serían complicados para su interpretación.

- Gráficos c son utilizados para controlar el número de defectos por pieza, ya que, en una misma pieza, se pueden presentar diversos tipos de defectos. (p.222)

2.2 Marco conceptual atinente a la gestión de proyecto

Para la realización del proyecto, se basa en la metodología DMAIC, es una metodología creada, especialmente, para la realización de un proyecto, además de asegurar la mejora de procesos ya existentes.

2.2.1 Metodología DMAIC.

Las siglas DMAIC poseen un significado, las cuales están representadas por medio de siglas en inglés, Define – Measure – Analyze – Improve – Control; (Definir – Medir – Analizar – Mejorar – Controlar).

El libro Control estadístico de calidad y seis sigma de Humberto Pulido y Román de la Vara Salazar, 2ª Edición, da una breve explicación sobre cada uno de los pasos de la metodología, que son los siguientes.

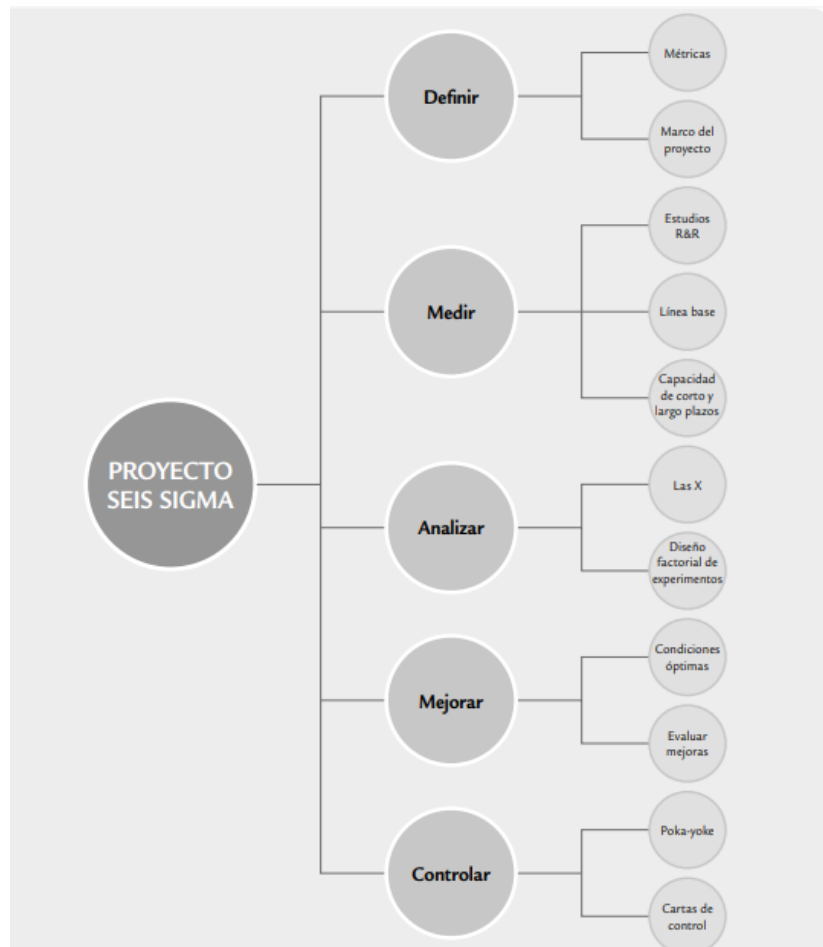


Ilustración 5 DMAIC

Fuente: (Control estadístico de calidad y de seis sigma. 2ª Edición)

- *Definición* es cuando se tienen que detallar los objetivos del proyecto; es decir, definir los requerimientos necesarios por utilizar, cuáles son los procesos o tareas que se encuentran afectadas, qué es lo que requiere oportunidades de mejora, además, determinar el alcance del proyecto, hasta qué punto en específico se va a analizar. En conclusión, definir las métricas necesarias para llevar a cabo el estudio del proyecto.

- *Medir* es la etapa donde se recolectan todos los datos necesarios para su evaluación, medición de tiempos para el análisis de tiempos reales en los procesos, es cuando se aplica el muestreo de trabajo, entre otras herramientas de ingeniería, de tal manera que se puedan observar detalladamente los puntos, en los cuales se encuentran las fallas del proceso, que se desea evaluar.
- *Analizar* es la fase donde se examinan las posibles causas del problema del proceso, en esta etapa, se puede optar por la utilización de ciertas herramientas, como lo son el diagrama de causa y efecto, que se pueden definir de manera ramificada, cuáles son las posibles causas por las que se está presentando la dificultad. Además, permite el análisis para observar cuáles son las fallas, que causan un mayor impacto en el proceso, y las que no son de mayor impacto para abordarlas de la manera adecuada.
- *Mejorar* es cuando se aplican aquellas propuestas o planes de mejora, para poder disminuir o eliminar el problema que se presenta, esto depende de los objetivos, que se hayan planteado en las etapas anteriores, cabe destacar, que son soluciones para que puedan atacar el problema de raíz, de tal manera que no se presenten en oportunidades futuras.
- *Controlar* es el proceso por el cual se realiza el diseño de un sistema para que el problema no se presente nuevamente, el sistema tiene que cumplir con tres factores fundamentales, los cuales son: proceso, documentación y monitoreo. El proceso es cuando se diseña como tal el sistema, los pasos a seguir para la evaluación; documentación es cuando se define en archivos o digitalmente los pasos a seguir para la evaluación del proceso; y por último, el monitoreo, que

trata de asegurar que los pasos para el control se cumplan, de tal manera de que no exista ningún tipo de amenaza para que se presenten nuevamente las fallas demostradas anteriormente en el proceso. (p.464)

2.3 Marco conceptual referente al impacto del proyecto

En esta sección, se resaltan los diversos puntos, que causarían un impacto positivo al realizar este proyecto.

- ✓ **2.3.1 Importancia del flujo continuo.** (Control estadístico de calidad y seis sigma, de Humberto Pulido y Román de la Vara Salazar. 2ª Edición)

Al mapear el flujo del valor de un producto, se pueden detallar las diversas actividades, que no agregan valor a la circulación del producto, por lo tanto, al ser disminuidas o eliminadas por completo, se puede lograr obtener un proceso esbelto; es decir, un proceso que fluya adecuadamente en cada una de sus actividades.

Para que se logre obtener un flujo de proceso continuo, se tienen que conocer detalladamente y definir las funciones y las actividades, que conllevan la producción del producto, de tal manera, de que todos en la organización, tanto colaboradores como personal administrativo, trabajen en conjunto, dando así un resultado eficiente y continuo. (p.441)

- ✓ **2.3.2 Importancia de la toma de tiempos,** (Niebel. Duodécima edición)

Al no presentar estándares de tiempos precisos en el proceso del producto, puede traer como consecuencia altos costos, inconformidades por parte del personal

y una gran posibilidad de fallas en la empresa, por lo tanto, al tener los tiempos estandarizados y que todo el personal esté al tanto de ellos, puede incrementar la eficiencia del equipo de trabajo, trayendo consigo una gran ventaja a la organización, por la calidad de su producto terminado con respecto a los tiempos de entregas.

Los puntos clave del estudio de tiempos son los siguientes.

1. Uso del estudio de tiempos para establecer estándares.
2. Uso de indicadores visuales para dividir las operaciones en elementos.
3. Uso de tiempos continuos para un registro completo de tiempos.
4. Verificación de tiempos para confirmar la validez del estudio. (p.327)

✓ **2.3.3 Importancia del muestreo del trabajo.** (Niebel. Duodécima edición)

Al realizar un muestreo de trabajo en una organización, se puede obtener la información sobre el porcentaje, en el cual están trabajando las máquinas en el proceso, facilitando así el análisis y el mapeo del proceso, para poder observar las actividades, que agregan o no valor al proceso del producto.

Según Niebel, muestra una variedad de puntos clave, que se toman en cuenta para el muestreo del trabajo. Los puntos son los siguientes.

1. Analiza el trabajo por medio de un gran número aleatorio de observaciones en tiempos aleatorios.
2. Determina la utilización de la máquina y el operario.
3. Permite establecer estándares de tiempos.
4. Toma de tiempos en periodos largos de tiempo preferiblemente. (p.441)

2.4 Antecedentes de proyectos o experiencias semejantes

Esta sección se basa en proyectos o experiencias anteriores, que se han presentado y tienen relación con este proyecto actual. Cabe destacar que la organización Theragenics es una empresa nueva, que aún se encuentra en proceso de crecimiento, por lo tanto, no se han presentado proyectos internos, que traten el tema de mejoramiento de procesos en las líneas de producción.

En Venezuela, un estudiante egresado de la Universidad Simón Bolívar, correspondiente a la carrera de Ingeniería en Producción, realiza un proyecto de mejora de procesos en la empresa Deloitte en el año 2017.

Deloitte es una organización de consultoría, especializada en seis líneas de servicio: Auditoría, Impuestos y Legal, Consultoría Gerencial, Servicios de Riesgo Empresarial, Asesoría Financiera y Soluciones de Procesos de Negocios.

El trabajo es basado en la mejora de procesos de logística, en la empresa productora de artículos de la salud; el problema, que se presenta, trata de que la organización detecta vulnerabilidades en la ejecución de procesos productivos, trayendo como consecuencia pérdida de materia prima, insumos, productos en proceso y terminados.

Algunas de las conclusiones de dicho proyecto son las siguientes.

- Dieciséis vulnerabilidades en total.
- Vulnerabilidades de mayor impacto: blistado y empaque.
- Por medio del diagnóstico del proceso y de áreas con mayor cantidad de irregularidades, se logran determinar los aspectos por mejorar.

- Se diseñan diez propuestas para mejorar los aspectos, que causan mayor vulnerabilidad.
- Diseño de la planificación para la ejecución de las propuestas.

Además, se realizan las siguientes recomendaciones.

- Capacitación del personal en el procedimiento y documentación de registros, ya que existe un incumplimiento en el llenado de formatos.
- Realización de auditorías internas entre departamentos de la planta, de tal manera que se logre la verificación y cumplimiento de los procedimientos.

CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO

3.1 Metodología para la definición del problema

En esta sección, se detallan ciertas metodologías, que se utilizan para la definición de la oportunidad de mejora, que se presenta en la organización, especialmente el método utilizado para el diagnóstico y análisis del proceso para un mayor entendimiento.

SECCIÓN	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	RESPONSABLE	PLAZO
DEFINIR	<ul style="list-style-type: none">• Entrevistas• Análisis de proceso	<ul style="list-style-type: none">• Formulario• Diagrama de flujo y SIPOC	<ul style="list-style-type: none">• Ingeniero de calidad• Ingeniero de producción	1 semana

Tabla 4 Definición del problema

Fuente: (Elaboración propia)

En la realización de la entrevista con el Ingeniero de calidad, se comenta, especialmente, sobre la explicación de cada una de las actividades, que conforman la línea de producción, es por ello que se inicia por la creación de un diagrama de flujo, inicialmente para el entendimiento y análisis de todo el proceso de la línea, luego de ello un diagrama SIPOC, para la comprensión de este.

3.2 Metodología para la medición y respaldo cualitativo del proyecto

En el siguiente apartado, se resaltan las diversas metodologías, que se utilizan para la medición de las actividades necesarias para la comprensión de la situación actual de la organización.

SECCIÓN	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	PLAZO
MEDIR	<ul style="list-style-type: none"> • Medición de tiempos • Mapeo de todo el proceso productivo • Balance de línea actual • Gráficos • Diagramas 	<ul style="list-style-type: none"> • Estudio de tiempos • Value Stream Mapping • Balance de línea • Ishikawa • Diagrama de Pareto 	7 semanas

Tabla 5 Medición y respaldo cualitativo

Fuente: (Elaboración propia)

La medición se realiza por medio del estudio de tiempos, dando así, los resultados reales de la duración de cada actividad de la línea. Cabe destacar que se realiza una serie de muestras para lograr obtener los resultados más cercanos de la situación actual del proceso; luego de ello, por medio del Value Stream Mapping, se logra obtener un mapeo completo de todo lo que conlleva el proceso de producción en la línea de Coaxial.

El análisis se realiza por medio del balance de línea actual, además se hace un gráfico de Ishikawa para observar las posibles causas del problema, que se presenta en la organización, luego de ello, un diagrama de Pareto sobre los productos defectuosos, que se presentan en la línea de producción, de tal manera que lograr demostrar qué tipo de defecto causa un mayor impacto en la producción.

3.3 Metodología para la propuesta de mejora, construcción o puesta en práctica de un nuevo proceso

En la sección de la metodología, se muestran las diversas herramientas, que se utilizan para el análisis de cada uno de los resultados, que se obtienen en la sección anterior.

SECCIÓN	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	PLAZO
ANÁLISIS	<ul style="list-style-type: none"> • Cuadro informativo con respecto a cada una de las actividades, que corresponden a la estación y las que no. • Definición de variación en el tiempo de procesos. • Definición de zonas de riesgo para las piezas en el área de trabajo. • Balance de línea. 	<ul style="list-style-type: none"> • Definición de cargas de trabajo. • Estandarización de procesos. • Identificación de zonas de riesgo. • Balance de línea propuesto. 	3 semanas

Tabla 6 Metodología para la propuesta de mejora

Fuente: (Elaboración propia)

Se realiza la definición de cargas de trabajo para identificar cada una de las tareas, que corresponden a cada una de las estaciones de trabajo, y las que no corresponden a ella, de tal manera para eliminar aquellas tareas secundarias, que se realizan en las áreas de trabajo.

Luego de ello, se realiza la estandarización de procesos, para que se logre eliminar la variación en el tiempo entre cada una de las inspecciones de las piezas. Además, se realiza la identificación de aquellas zonas, que pongan en riesgo la fabricación de las piezas, finalizando con el balance de línea, que se desea proponer, demostrando, así, el resultado de las propuestas.

3.4 Metodología para la implementación del proyecto

La metodología de la implementación del proyecto se basa, inicialmente, en las diversas metodologías y actividades, que se utilizan para la implementación de las propuestas de mejora en la línea de producción de Coaxial.

SECCIÓN	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	PLAZO
MEJORA	<ul style="list-style-type: none"> • Nuevo balance de línea. • Disminuir el <i>scrap</i>. 	<ul style="list-style-type: none"> • Balance de línea. 	2 semanas

Tabla 7 Implementación del proyecto

Fuente: (Elaboración propia)

Al analizar los datos encontrados en la sección anterior, se encuentran diversas oportunidades de mejora, especialmente en la sección del balanceo de líneas; al balancearlas, se logra disminuir el *scrap* de la producción en la línea de Coaxial.

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

En esta sección, se definen las siguientes actividades, que se realizan para el control de los resultados dados en la implementación de la mejora del proceso.

Cabe destacar, que por políticas de la organización, no se logra realizar la implementación del proyecto, por lo que se realizan las recomendaciones necesarias para el futuro control de este.

SECCIÓN	ACTIVIDADES	HERRAMIENTAS	PLAZO
CONTROL	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorías internas. • Análisis de resultados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Auditorías. • Gráficos de control. 	1 semana

Tabla 8 Metodología para la verificación

Fuente: (Elaboración propia)

Para el control de las propuestas de mejora, se realiza una serie de auditorías internas para llevar un registro de las actividades, además, cabe destacar que los gráficos de control ayudan a el análisis y a una mejor visualización de resultados obtenidos.

CAPÍTULO IV: LÍNEA BASE Y ANÁLISIS DE CAUSAS

4.1 Definición

Mediante diversas herramientas de ingeniería, se puede definir cada una de las actividades, que conllevan el proceso de los productos, para ello, el diagrama de flujo de procesos ayuda a la visualización de este; por lo tanto, se define de la siguiente manera.

4.1.1 Diagrama de flujo de procesos productos Coaxial.

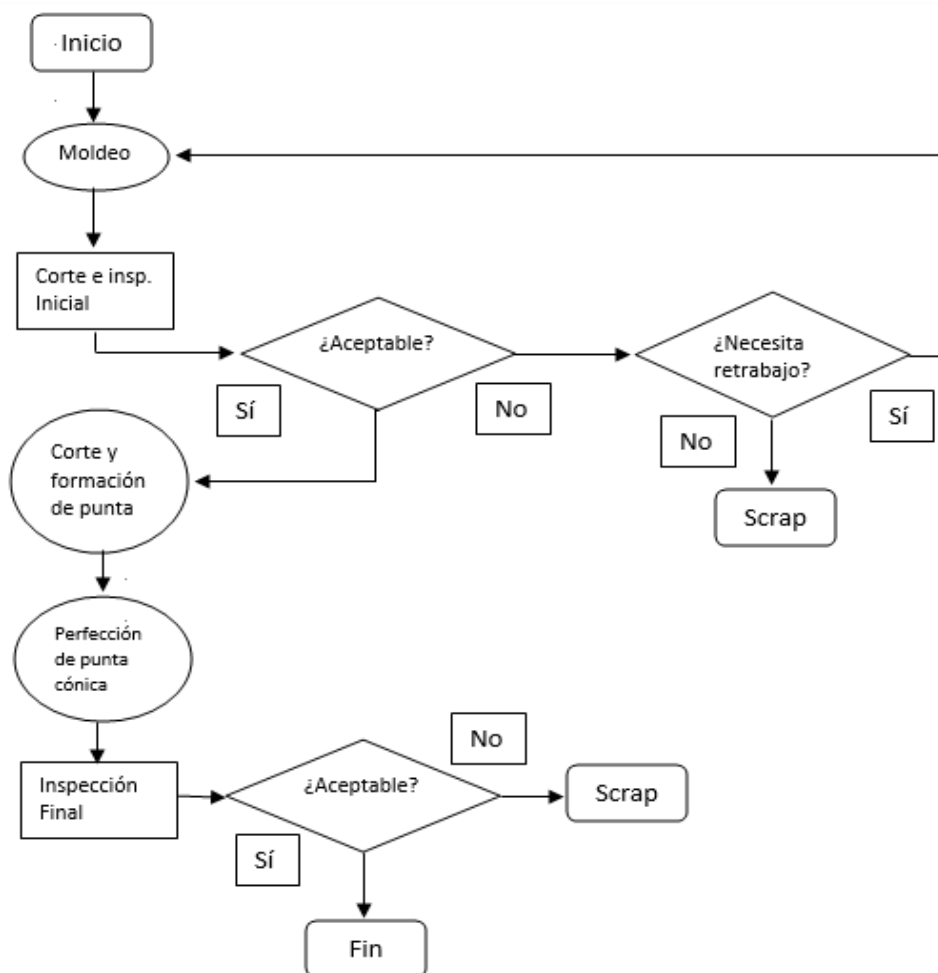


Ilustración 6 Diagrama de flujo de proceso

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del diagrama de flujo, se puede definir cada una de las actividades, que conllevan la fabricación de los dilatadores.

El proceso de moldeo se inicia con la creación de la parte superior de los dilatadores, por lo que se requiere del uso de la resina y el colorante para la producción de estos, por medio de la máquina de moldeo; además, los tubos son necesarios ya que los moldes son adheridos a ellos.

Luego del moldeo, se requiere la inspección de cada uno de los moldes, la revisión es de manera visual, por medio de una lupa de inspección. Por medio de la inspección, se rechazan ciertas piezas, que no cumplan con los estándares operativos.

Posterior a la inspección de los moldes, se realiza el corte de tubos para obtener el tamaño deseado por el cliente, luego se realiza por medio de una máquina lo que es la formación de la punta del tubo, debe ser de una forma cónica, la cual es requerida por el cliente.

Se realiza una perfección de punta, y culmina con la inspección final, donde se revisa la pieza a un 100%, y se toma la decisión de piezas, que no cumplan con los estándares operativos, se envían al lote de piezas defectuosas, o si necesitan retrabajo.

4.2 Diagrama de SIPOC

A continuación, se muestra un diagrama de SIPOC para un mejor entendimiento de los proveedores, entradas, procesos y salidas del proceso productivo.

SUPPLIERS (Proveedores)	INPUT (Entradas)	PROCESS (Proceso)	OUTPUT (Salidas)	COSTUMER (Cliente)
Proveedor de máquina de moldeo Proveedor de resina Proveedor de tubos	Máquina de moldeo Resina Tubos	Moldeo	Producto con molde	Corte e inspección Inicial
Proveedor de electricidad Proveedor de dispositivo	Lupa de inspección	Corte e inspección inicial	Producto con molde inspeccionado	Corte y formación de punta
Proveedor de electricidad Proveedor de dispositivo de corte Proveedor de máquina de formación de punta	Dispositivo de corte Máquina de formación de punta	Corte y formación de punta	Producto con punta cortada	Perfección de punta cónica
Proveedor de dispositivo	Dispositivo de perfección de punta cónica	Perfección de punta cónica	Producto con punta definida	Inspección final
Proveedor de electricidad Proveedor de dispositivo	Lupa de inspección	Inspección final	Producto con punta y tubo inspeccionados	Control de calidad

Tabla 9 Diagrama de SIPOC productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del diagrama SIPOC, se muestran los proveedores de cada uno de los productos indispensables para la fabricación del producto, por cada una de las entradas, procesos, y cada una de las actividades posteriores a ella.

Los proveedores del área de moldeo corresponden, inicialmente, al de la resina y los tubos, ya que son indispensables para el inicio de la fabricación, además, son los que permite diferenciar el tipo de dilatador, por último, la máquina

de moldeo es necesaria para darle la forma adecuada al dilatador, culminando, así, con la siguiente operación.

Para el proceso de inspección inicial, es necesario la lupa para que se pueda realizar el análisis detallado del molde de las piezas, de tal manera que se clasifiquen entre piezas, que cumplen con los estándares corporativos y los que no, luego de ello se traslada al siguiente proceso.

Los proveedores de máquina de corte y la formación de punta son necesarios para la fabricación de la pieza, ya que es uno de los pasos más indispensables en el proceso, para luego perfeccionarlo en la siguiente actividad.

El proceso de formación de punta requiere el dispositivo especializado para la misma, de tal manera de que se logren eliminar desperdicios y restos innecesarios, que queden de la actividad anterior.

La lupa es indispensable, ya que permite la revisión del 100% de la pieza, dando como resultado la clasificación de las piezas, si necesitan retrabajo, si son aceptadas o, de lo contrario, si van directamente a productos defectuosos.

Al culminar la inspección final, las piezas pasan directamente al proceso de control de calidad, donde se demuestra si es aceptado o no el lote, para ser trasladados al proceso de ensamble.

4.3 Toma de tiempos

Se realizan diversas tomas de tiempos para obtener el tiempo promedio de cada una de las operaciones para la producción de las piezas.

El estudio de tiempos se ejecuta en diversos horarios y días, de tal manera que no influyan dichas variantes en el estudio.

A continuación, se muestra cómo se realiza el proceso de la toma de muestras en cada uno de los procesos indispensables para la fabricación de los dilatadores.

Etapa	Perfección de punta	Modelo	DIL-002-00	
Hora	10:22:00 a.m.	Operador	Xiomara	Turno A
Fecha	09-05-2018	Encargado	Alejandra	
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio
1	5	1	5	7.4
2	7	1	7	Desviación
3	7	1	7	1.2
4	9	1	9	Muestra
5	7	1	7	34
6	8	1	8	
7	8	1	8	
8	9	1	9	
9	7	1	7	
10	7	1	7	

Tabla 10 Datos correspondientes al tamaño de muestra para los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Para obtener el número de muestras por realizar, se utiliza una media de 10 observaciones, sustituyendo los datos en la siguiente ecuación:

$n = ((t s / k \bar{x}))^2$, una t de 1.833 y con una k de 0.05, quedando de la siguiente manera:

$n = ((1.833 \times 1.2 / 0.05 \times 7.4))^2$; dando un resultado de 34 muestras en total para que el resultado de las observaciones sea representativo.

#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio
1	5	1	5	7.4
2	7	1	7	Desviación
3	7	1	7	1.2
4	9	1	9	Muestra
5	7	1	7	34
6	8	1	8	Prom. total
7	8	1	8	8.06
8	9	1	9	
9	7	1	7	
10	7	1	7	
11	6	1	6	
12	9	1	9	
13	10	1	10	
14	9	1	9	
15	8	1	8	
16	10	1	10	
17	14	1	14	
18	9	1	9	
19	7	1	7	
20	7	1	7	
21	8	1	8	
22	9	1	9	
23	7	1	7	
24	8	1	8	
25	8	1	8	
26	7	1	7	
27	8	1	8	
28	8	1	8	
29	8	1	8	
30	8	1	8	
31	8	1	8	
32	8	1	8	
33	8	1	8	
34	8	1	8	

Tabla 11 Datos correspondientes a la muestra total de observaciones para los

Fuente: (Elaboración propia)

De esa manera, se realiza el cálculo de tamaño de muestra con cada uno de los procesos para la fabricación de los dilatadores.

Al ser cada uno de los procesos iguales, indiferentemente de la talla de la pieza, se comprueba, por medio de una prueba de hipótesis, si los tiempos son normales y si tienen semejanza, de tal manera que se pudiesen completar las muestras con piezas de diversas tallas, que tengan aproximación entre sí.

El cálculo de la normalidad de los datos se realiza por medio del programa de Minitab, mostrados de la siguiente manera.

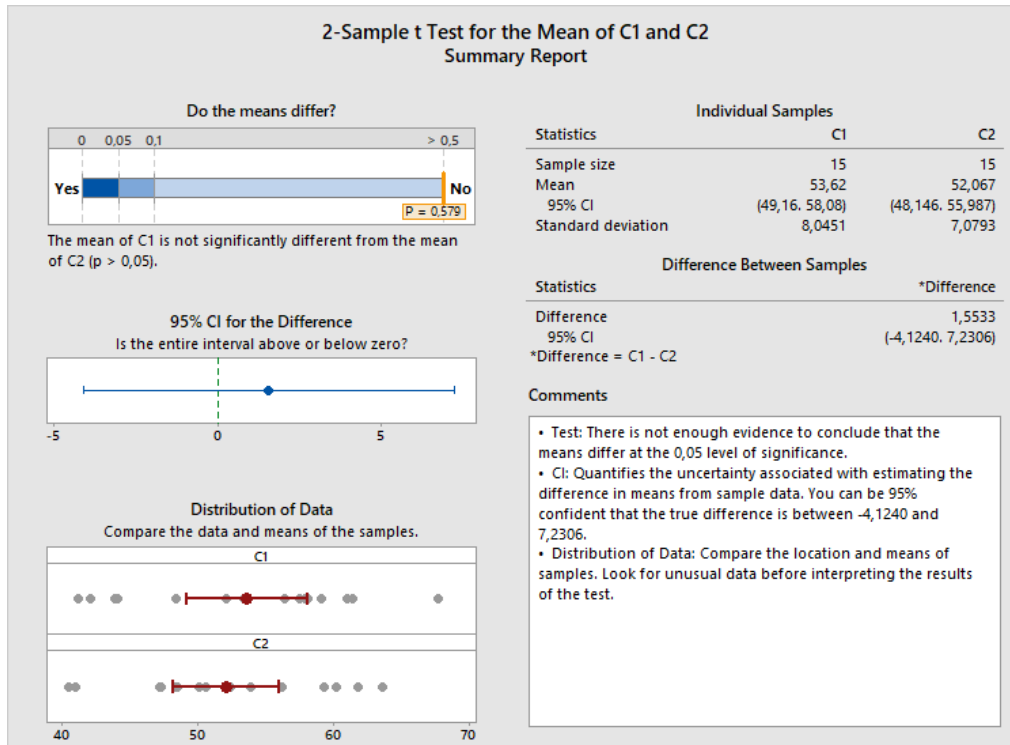


Tabla 12 Prueba de hipótesis para la relación de tallas de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Estos datos se obtienen analizando la relación entre dos tallas, las cuales son: DIL-001-00 con DIL-016-00, dando así un resultado que no se encuentra ningún tipo de diferencia significativa entre los datos de ambas tallas.

De esta manera, se realiza con diversas tallas, para comprobar la normalidad entre ellas, de tal forma de que se puedan unificar los tiempos de procesos entre las mismas.

A continuación, se muestra la tabla de los tiempos promedio de cada una de las actividades correspondientes al proceso.

Proceso	Moldeo	Corte e inspección	Corte y formación de punta	Perfección de punta	Inspección final
Tiempo (seg)/ pieza	4.0	4.6	18	8.1	12.0

Tabla 13 Toma de tiempos promedios de los procesos de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio de la tabla anterior, se demuestra que el tiempo promedio del proceso de moldeo es de aproximadamente cuatro segundos, la actividad de corte e inspección inicial es de 4.6 seg por pieza, el corte y formación de punta es de 18 segundos, el proceso de perfección de punta de 8.1 segundos y, por último, la inspección final de 12 segundos por pieza.

Al tener los promedios de cada uno de los procesos, se procede a agregarle los suplementos, los cuales corresponden a necesidades personales, que se utilizan un 4% de tiempo, y con respecto a la fatiga básica, si se presenta en un lugar de trabajo en buenas condiciones y sin ningún tipo de demanda en especial, se usa un 5% del tiempo.

Se muestra, a continuación, el tiempo promedio de cada una de las actividades con la implementación de los porcentajes de suplementos correspondientes.

Proceso	Tiempo (Seg/ ud)
Moldeo	$4.0 + (0.04 \times 4.0) + (0.05 \times 4.0) = 4.4$
Corte e inspección inicial	$4.6 + (0.04 \times 4.6) + (0.05 \times 4.6) = 5.0$
Corte y formación de punta	$18 + (0.04 \times 18) + (0.05 \times 18) = 20.1$
Perfección de punta	$8.06 + (0.04 \times 8.06) + (0.05 \times 8.06) = 8.8$
Inspección final	$12 + (0.04 \times 12) + (0.05 \times 12) = 13.1$

Tabla 14 Tiempo promedio de procesos con la implementación de suplementos de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la tabla anterior, cada uno de los procesos se detallan con la implementación del porcentaje de necesidades básicas.

En el proceso de moldeo, al ser el tiempo promedio de 4.0 segundos por unidad y obtener el 4% y 5% del promedio, se suma con el promedio actual, dando así un resultado de tiempos estandarizados. De la misma manera, se realiza con cada uno de los procesos.

4.4 Muestreo de trabajo

Para obtener el porcentaje de utilización de la línea, se realiza un muestreo de trabajo en ambas líneas de producción, en diversos horarios de tiempos y días.

Para la obtención de los datos, el formato utilizado es el siguiente.

MUESTREO DE TRABAJO														
#	HORA	ETAPA												
		MOLDEO		E INSPECCIÓN MOLDEO		CORTE Y TIPPING				TRIMMING		INSPECCIÓN FINAL		
		TRABAJA	NO TRABAJA	TRABAJA	NO TRABAJA	TRABAJA	NO TRABAJA	TRABAJA	NO TRABAJA	TRABAJA	NO TRABAJA	TRABAJA	NO TRABAJA	
	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA	PRIMARIA	SECUNDARIA
1	08:40 a.m.	Si			Si									
2	09:00 a.m.	Si			Si			Si						
3	09:20 a.m.				Si			Si			Si			
4	09:40 a.m.	Si			Si			Si			Si			
5	10:00 a.m.	Si			Si			Si			Si			
6	10:20 a.m.	Si			Si			Si			Si			
7	10:40 a.m.	Si						Si			Si			
8	11:40 a.m.	Si						Si			Si		Si	
9	12:00 p.m.	Si			Si			Si			Si		Si	
10	01:00 p.m.	Si			Si			Si			Si		Si	
11	01:20 p.m.	Si			Si			Si			Si			
12	01:40 p.m.	Si						Si			Si		Si	
13	08:20 a.m.				Si			Si			Si		Si	
14	08:40 a.m.	Si			Si			Si			Si		Si	
15	09:00 a.m.	Si			Si			Si			Si		Si	

Figura 2 Muestreo de trabajo de la línea de producción Coaxial durante los meses de mayo - agosto 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Para obtener el tamaño necesario para el muestreo de trabajo, se utiliza la siguiente fórmula representada en el libro de Ingeniería Industrial métodos y estándares y diseño del trabajo:

$$n = (Z^2_{\alpha/2}) (p \times q) / (B^2) \text{ (Pág. 247)}$$

Donde:

p= porcentaje de observaciones de tiempo productivo

q= porcentaje de tiempo no productivo

B= porcentaje de error permitido

Utilizando una confiabilidad de un 95%, donde Z se ve representado por 1.96.

Al iniciar con una muestra de 30 observaciones, para conseguir el número de muestra adecuado y obtener el resultado de muestras representativas necesarias para obtener el porcentaje de uso de cada una de las estaciones y de la línea de producción, se obtiene el siguiente resultado:

$$n = (1.96^2) (0.75) (0.25) / (0.05)^2$$

$$n = 288.$$

Para obtener resultados representativos, es necesario realizar un muestreo de 288 muestras.

Cabe destacar, que en la sección 4.3 referida a la toma de tiempos, donde se demuestra por medio de datos estadísticos utilizados en el programa Minitab que las líneas de producción 1 y 2 no demuestran una variación significativa con respecto a la toma de tiempos de la producción. Por lo tanto, se demuestra que se puede tratar como una sola línea.

Se realiza un total de 305 muestras de la línea #1 y #2 de producción de los productos Coaxial, dando así el siguiente resultado:

Actividad	% de Utilización línea
Moldeo	76%
Corte e inspección Inicial	71%
Corte y forma de punta	71%
Perfección de punta	72%
Inspección final	57%
Línea	70%

Tabla 15 Porcentaje de utilización línea 1 y 2 de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

La tabla anterior muestra los resultados obtenidos por medio del muestreo de trabajo realizado anteriormente y los porcentajes de utilización por estación de proceso productivo.

Se muestra un resultado que, para el área de moldeo, el porcentaje de utilización es de un 76%; en el proceso de corte e inspección inicial es de un 71%; el promedio de la actividad de corte y forma de punta es de un 72%; y el de perfección de punta e inspección final corresponde a un 72% y un 57%; finalmente, el promedio de porcentaje de utilización de la línea es de un 70%.

Por último, se calcula la disponibilidad laboral, que se tiene en la organización para producir las piezas.

A continuación, se evalúa el tiempo disponible de la organización.

Turno	Tiempo turno	Tiempo de comida	Tiempo de preparación	# líneas	Días por semana	Tiempo disponible
1	x 34.200 seg	- 2.400 seg	- 900 seg	x 2 líneas	x 5 días	= 309.000 seg/sem

Tabla 16 Cálculo del tiempo disponible de la línea de producción de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

El tiempo de turno tiene un total de 9,5 horas; es decir 34.200 segundos al día, se le resta la cantidad de tiempo para las comidas, que es de un aproximado de 40 minutos (2.400 seg) y el tiempo de preparación de máquinas, que es de aproximadamente 15 minutos (900 seg), el resultado se multiplica por dos líneas de producción activas en ese turno; y por último, se multiplica por los días en que trabaja la empresa por semana, en este caso cinco días, dando un resultado final de un tiempo disponible de 309.000 segundos por semana, que, en días, se vería representado por 61.800 segundos.

Al obtener los resultados anteriores, se procede al mapeo de valor agregado del proceso de productos Coaxial.

4.5 Value Stream Mapping

A continuación, con el uso de los datos mostrados anteriormente, se procede a analizar el Value Stream Mapping del proceso productivo de la línea de productos Coaxial.

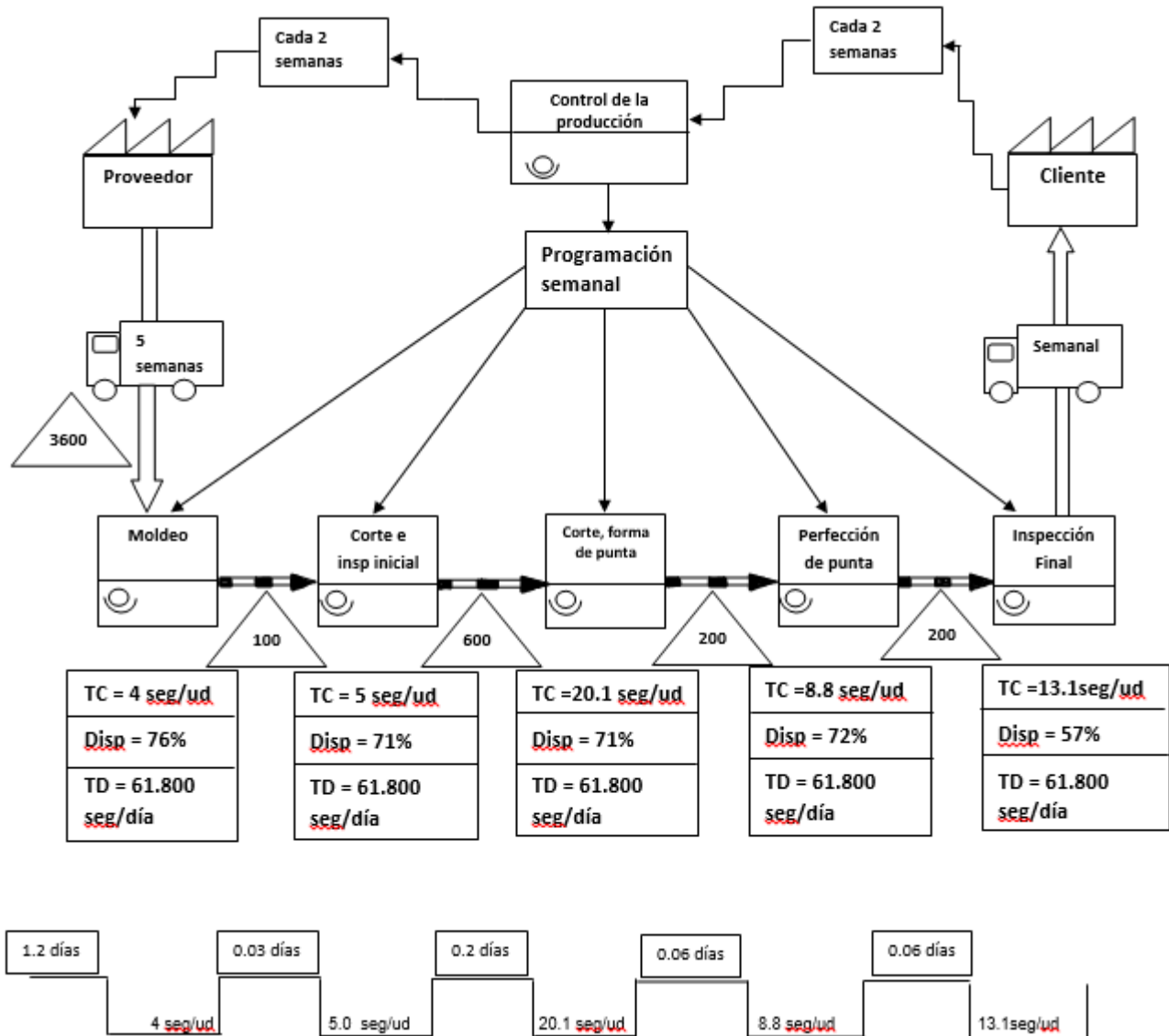


Ilustración 7 Value Stream Mapping Theragenics

Fuente: (Elaboración propia)

El mapeo de las actividades, que agregan valor en la organización, se muestra de la siguiente manera: el control de la producción se encarga de recibir pedidos por parte del cliente y de realizar los pedidos a los proveedores de materia prima para la producción de las piezas.

Al realizar el pedido de materia prima a los proveedores, estas órdenes se realizan aproximadamente cada dos semanas, y, desde que se realiza el pedido hasta que llega a la organización, tarda aproximadamente cinco semanas.

Cuando la materia prima llega a la organización, antes del área de moldeo, se encuentra un inventario diario de 3600 piezas para fabricar; por lo cual, el área de moldeo representa un tiempo de ciclo de cuatro segundos por unidad, una disponibilidad de máquina de un 76% y un tiempo disponible de 61.800 segundos al día ambas líneas, lo que por línea se representa con una cantidad de 30.900 segundos al día; cabe destacar que el tiempo disponible es el mismo para todas las actividades.

Antes del área de inspección inicial, se encuentra con un inventario de 100 piezas, representa un tiempo de ciclo de 5.0 segundos por unidad y una disponibilidad de máquina de 71%.

El área de corte y formación de punta inicia con un inventario de 600 piezas, es uno de los procesos en los que más se acumula inventario, además, posee un tiempo de ciclo de 20.1 segundos por unidad, con un 71% de porcentaje de utilización.

Para el proceso de perfección de punta, se mantienen en 200 piezas de inventario, al igual que el proceso de inspección final, mostrando un tiempo de ciclo respectivamente de 8.8 segundos por unidad y el área de inspección de 13.1 segundos por unidad; por último, con una disponibilidad de máquina de 72% en la actividad de perfección de punta y 57% en el área de inspección final.

Cuando se termina la pieza, se envían los lotes terminados al cliente cada semana; y finaliza con los pedidos por parte del cliente que se realizan cada dos semanas aproximadamente.

Para obtener el tiempo sin valor agregado, se tiene que dividir el inventario que se tiene en cada actividad entre la demanda diaria. En el caso de la organización, poseen una demanda de 3000 piezas diarias, los resultados se muestran de la siguiente manera:

Proceso	Días
Moldeo	$3600 \div 3000 = 1.2$ días
Corte e inspección inicial	$100 \div 3000 = 0.03$ días
Corte y formación de punta	$600 \div 3000 = 0.2$ días
Perfección de punta	$200 \div 3000 = 0.06$ días
Inspección final	$200 \div 3000 = 0.06$ días

Tabla 17 Tiempo sin valor agregado correspondiente al Value Stream Mapping Theragenics

Fuente: (Elaboración propia)

Los días obtenidos en el cuadro anterior representan los que se necesitan para producir las piezas pendientes en el inventario.

Con respecto al VSM, la mayoría de los procesos se puede cubrir el inventario en menos de un día, sin embargo, el proceso de moldeo requiere más de un día para que se pueda producir por completo el inventario pendiente.

Para el cálculo del tiempo de ciclo total, es la suma de todos los tiempos de los procesos, dando un resultado de que cada 54.3 segundos se obtiene una pieza terminada.

Se muestra, a continuación, un resumen de todos los resultados obtenidos con respecto al VSM.

Tiempo de ciclo total	51 segundos
Tiempo disponible	309.000 segundos/ semana
Demanda semanal	15.000 unidades
<i>Takt Time</i>	20.6 seg/ud

Tabla 18 Resumen de resultados obtenidos por medio del Value Stream Mapping Theragenics

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del VSM, se concluye que el tiempo, que no agrega valor es de aproximadamente 1.55 días para cumplir con el inventario que se tiene, además de que el ciclo total de una pieza es de 51 segundos.

Se realiza el cálculo del *takt time* de la siguiente manera: Tiempo disponible / demanda semanal, dando así un resultado de 20.6 seg/ud. Es necesario conocer el *takt time* de la línea para compararlo con el tiempo real de ciclo.

El Value Stream Mapping concluye que los tiempos de ciclo, que son más prolongados, corresponden al proceso de inspección inicial, corte y forma de punta e inspección final. Además, que cada porcentaje de utilización de la línea está por debajo de un 90% muestra la posibilidad de que los trabajadores realicen tareas extras, por las cuales no se presente en funcionamiento el 100% de las áreas de trabajo.

Por medio del inventario y la demanda, se calculan los días necesarios para producir, por lo tanto, se concluye que la mayoría de los procesos debe cumplir con

la cantidad de inventario en menos de un día, por lo que es necesario evaluar, mediante un gráfico de balance de línea actual, de tal manera de que se puedan comparar los tiempos estándar de los procesos con respecto al *takt time*.

Por lo tanto, se procede a evaluar las posibles causas representadas por medio de un diagrama de Ishikawa, el cual se muestra a continuación.

4.6 Diagrama de Ishikawa

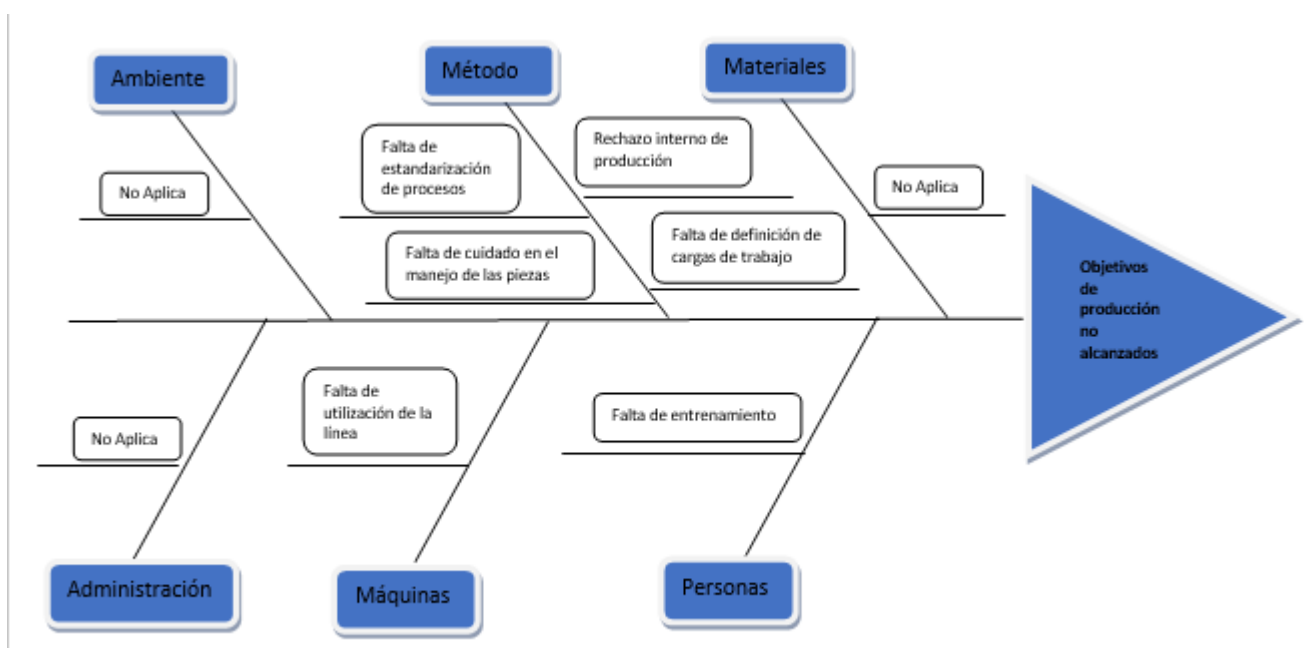


Ilustración 8 Diagrama de Ishikawa

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del diagrama de Ishikawa, se muestra el problema central, el cual es que la producción no cumple con la demanda diaria programada, a consecuencia de

esto, tienen que realizar horas extra para cumplir con el requerimiento deseado por el cliente. Por lo tanto, es necesario detallar y analizar cada una de las ramificaciones del diagrama de Ishikawa:

- **Personas**

1. Falta de entrenamiento: se define como falta de entrenamiento a aquellos colaboradores, que se encuentran en el nivel de aprendizaje en la línea de producción. Con respecto a la organización, el índice de aprendizaje en la línea para cada una de las actividades, que representa el proceso, corresponde a dos meses aproximadamente.

Al evaluar la posición de cada uno de los colaboradores de la línea de producción de productos Coaxial para el periodo mayo – septiembre del 2018, cada uno de ellos tiene más de tres meses de experiencia en la línea de producción, por lo tanto, se rechaza la posible causa de la falta de entrenamiento en el proceso Coaxial.

A continuación, se muestra la tabla de análisis, que corresponde al tiempo de experiencia y cargo de cada uno de los colaboradores, que corresponden a la línea de producción de los productos Coaxial, durante el periodo de mayo- septiembre 2018.

Colaborador	Área de trabajo	Tiempo de experiencia
Erika	Moldeo	2 años
Jenni	Corte e inspección inicial	2 años
Doris	Corte y forma de punta	5 meses
Xiomara	Perfección de punta	6 meses
Yolanda	Inspección final	6 meses
Maryina	Corte y forma de punta	6 meses
Priscila	Perfección de punta	2 años
Sofía	Inspección final	1 año

Tabla 19 Tiempo de experiencia de los colaboradores de la línea de productos Coaxial para el periodo mayo-septiembre del 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Como se puede observar en el cuadro anterior, se realiza un análisis sobre cada uno de los colaboradores, que se encuentran en la línea de producción de productos Coaxial durante el periodo mayo – septiembre del 2018.

El análisis se realiza por medio de una entrevista a cada uno de los trabajadores de la línea, en el cual se demuestra que cada uno de ellos se encuentra en la organización durante un periodo mayor a dos meses, el cual corresponde al periodo de aprendizaje para la línea de productos Coaxial en cada una de las áreas.

Cabe destacar, que cada colaborador de la línea Coaxial tiene un área específica de trabajo, como se muestra indicado en la tabla # 21, por lo tanto, el tiempo que tienen de experiencia, se refleja en el área, que le corresponde a cada uno.

- **Máquina**

1. Subutilización de la línea: antes de realizar el análisis con respecto a la utilización de la línea, cabe destacar que cada una de las estaciones opera de manera manual, por lo tanto, para conocer la utilización teórica de la línea, se utiliza el porcentaje de utilización de la estación correspondiente al tiempo disponible, que posee el área de trabajo.

Para el análisis de la subutilización de la línea, es necesario conocer el porcentaje, que representa el tiempo disponible, que se tiene en la línea de productos Coaxial, de tal manera de que se pueda conocer el porcentaje de utilización de cada una de las áreas de trabajo correspondientes al tiempo disponible de la línea de producción.

Por lo tanto, se procede a calcular lo siguiente:

Tiempo de turno total	% uso que representa el tiempo de turno total	Tiempo disponible	% uso que representa el tiempo disponible
68.400 seg	100%	61.800 seg	90%

Tabla 20 Porcentaje de utilización de máquina que corresponde al tiempo disponible de la línea de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Antes de analizar el porcentaje correspondiente al tiempo disponible, que se tiene en la línea de producción, se tiene que resaltar que la línea de productos

Coaxial en la organización Theragenics posee solo un turno disponible para la producción, que corresponde a 9.5 horas.

Por lo que se puede mostrar en la tabla anterior, el tiempo total de turno, el cual corresponde a 68.400 segundos (9.5h) al día, corresponde a un 100% de utilización de la máquina, sin tomar en cuenta los tiempos de desayuno y almuerzo, tampoco los tiempos en el cual se representa al inicio de turno donde preparan cada una de las áreas de trabajo y la calibración de las máquinas correspondientes en la línea de producción.

El tiempo disponible definido en la tabla #22 corresponde al tiempo total de turno, donde se le resta el tiempo que corresponde a desayuno y almuerzo, además el que tarda la línea en preparar y calibrar de ser necesario cada una de las áreas y herramientas de trabajo, representando así un total de 61.800 segundos disponibles al día. Por lo tanto, se observa que el tiempo disponible, que corresponde a la línea de productos Coaxial, representa a nivel de porcentaje de utilización de línea un 90%, es por ello que cada una de las áreas de trabajo, al fabricar piezas durante el tiempo disponible, que se presenta en la línea, debería representar un porcentaje de utilización de un 90%.

Como se muestra en el Value Stream Mapping, la utilización de la línea en cada uno de los procesos se encuentra por debajo del 90%, por lo tanto, se toma como causa raíz, ya que afecta directamente en el proceso productivo de los productos Coaxial.

Al realizar el muestreo de trabajo, se muestran los siguientes porcentajes de utilización de la máquina o, en algunos casos, del área de trabajo.

% uso moldeo	% uso corte e insp inicial	% uso corte y forma de punta	% uso perfección de punta	% uso inspección final
76%	71%	71%	72%	57%

Tabla 21 Porcentaje de utilización de cada una de las actividades en el proceso de productos Coaxial mayo- septiembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la tabla #21, se puede observar con facilidad que cada una de las áreas, que corresponden al proceso productivo de los productos Coaxial, representan un porcentaje de utilización menor al 90%, estos datos hacen referencia al Value Stream Mapping, ya que se necesita el muestreo de trabajo para lograr obtener el porcentaje de utilización real de cada una de las áreas de la línea de producción, durante el periodo de mayo – septiembre del 2018.

El proceso de moldeo corresponde a un 76% de utilización de la máquina, el proceso de corte e inspección inicial trabaja a un 71% de utilización, el porcentaje de uso en el área de corte y forma de punta es de 71%, en el área de perfección de punta corresponde en un 72%, por último, en el área de inspección final corresponde a un porcentaje de uso de un 57%.

Debido a los porcentajes reales representados en la línea de productos Coaxial, es necesario demostrar las causas por las cuales se representan los porcentajes de uso menores a un 90%, el cual corresponde al tiempo disponible, que se tiene para la producción de los productos, por lo tanto, se muestra a continuación un cuadro donde se analiza cada una de las causas por las cuales se presenta dicha oportunidad de mejora.

#OBSERVACIONES	MOLDEO		CORTE E INSPECCIÓN INICIAL		CORTE Y FORMA DE PUNTA		PERFECCIÓN DE PUNTA		INSPECCIÓN FINAL	
	PRIMARIO	SECUNDARIO	PRIMARIO	SECUNDARIO	PRIMARIO	SECUNDARIO	PRIMARIO	SECUNDARIO	PRIMARIO	SECUNDARIO
1		x		x	x		x			x
2	x		x		x		x		x	
3	x		x		x			x		x
4	x		x		x		x			x
5	x		x		x		x		x	
6	x		x		x		x		x	
7		x	x		x		x		x	
8	x		x			x	x		x	
9	x		x			x		x	x	
10	x		x			x		x	x	
11	x		x					x		x
12								x		x
13		x		x	x		x			x
14	x			x	x			x		x
15	x			x	x			x		x

Ilustración 9 Representación del trabajo secundario en la línea de productos Coaxial durante el periodo julio - agosto del 2018

Fuente: (Elaboración propia)

En la ilustración anterior, se representa una muestra de 15 observaciones, donde se realiza un total de 99 observaciones, mostrando la cantidad de trabajos secundarios, que se realizan en cada una de las áreas de trabajo, que corresponden a la línea de producción de productos Coaxial.

Cuando se hace referencia a trabajos secundarios, corresponden a aquellas actividades, que no forman parte de la estación de trabajo. Por lo tanto, las que se presentan, actualmente, en la línea, corresponden a búsqueda de materiales o soporte a otra estación de trabajo.

Al realizar un análisis más detallado de la utilización de cada uno de los procesos, se puede observar que el efecto de la subutilización de la línea viene causado porque los operarios se mantienen en puestos de trabajo o actividades diferentes, dando como consecuencia que no pasen el tiempo necesario en la

estación de trabajo correspondiente. Por lo tanto, se puede concluir que la subutilización de la línea es una consecuencia de la causa raíz determinada como falta de definición de actividades, y se considera como una causa contribuyente.

- **Método**

1. Falta de estandarización de procesos: la falta de estandarización de procesos podría causar una variación en el tiempo del proceso, además, en el método utilizado para la revisión de cada una de las piezas.

La estandarización de procesos tiene la ventaja, especialmente, en el ahorro de trabajo del proceso, además, evita los posibles errores, que se puedan presentar en el método durante el proceso productivo en diversas áreas.

En la línea de producción de productos Coaxial, se presenta que ciertos procesos no se encuentran estandarizados, ya que no se realiza el mismo procedimiento en los procesos, ya sea en las cantidades de piezas a inspeccionar o en el procedimiento, que conlleva la inspección.

Para el análisis con respecto a la variación de tiempos, que se presentan en el área de inspección final, se ejecuta el estudio de cada una de las observaciones, que corresponden al área de inspección final. De todas las observaciones, se realiza un promedio de cantidad de piezas por inspeccionar, y el tiempo promedio unitario de la inspección.

Los resultados se presentan de la siguiente manera:

	Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio			Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio
Priscila	9	15,2		Stephanie	7	9,3
	6	17,6				
Yolanda	Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio		Sofía	Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio
	9	6,2			5	20
	12	13			10	12,3
	9	8		14	14,1	
	8	12,3				
Maryina	Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio		Xiomara	Cantidad de piezas	Tiempo unitario promedio
	8	12			9	7,7

Ilustración 10 Cantidad de piezas y tiempos promedios de colaboradores en el área de inspección final de la línea de producción Coaxial durante el periodo mayo - septiembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Como se demuestra en la ilustración anterior, el método del proceso de inspección final no se encuentra definido, ya que se realiza la comparación de cantidad de piezas, que utilizan por inspeccionar, y varían entre ellos, además, de que la duración de tiempo promedio de inspección por pieza no es constante, por lo tanto, existe una gran variabilidad en el proceso, ya que independientemente de la talla que corresponde a la pieza, siempre se requiere del mismo procedimiento para todas.

Por lo tanto, se puede concluir, que mediante el análisis realizado con respecto a la variación que existe en el área de inspección final, que la falta de estandarización de procesos es una de las causas contribuyentes a la producción de los productos Coaxial en la organización.

2. Falta de definición de cargas de trabajo: al no tener claras las actividades específicas que corresponden por estación, hace que el colaborador realice trabajos secundarios, es decir, tareas que no corresponden al área de trabajo

definido, los datos obtenidos se concluyen por medio de la referencia del muestreo de trabajo realizado en el punto 4.4.

La realización de trabajos secundarios en el área de corte y forma de punta se muestra de la siguiente manera:



Figura 3 Porcentaje de ejecución de trabajo secundario en la actividad de corte y forma de punta, durante el periodo junio - julio 2018

Fuente: (Elaboración propia)

El trabajo secundario en el área de corte y forma de punta, se ve representado por un 19%, ya que representa el llenado de formularios o soporte a otras actividades que no agregan valor al proceso productivo.

En el área de corte y forma de punta, al presentarse con un 71% de utilización, se demuestra que se pierde una cantidad de 13.047 segundos de productividad, por lo tanto, se procede a lo siguiente:

Cantidad de segundos correspondientes a 71%	Cantidad de segundos productivos perdidos	Cantidad de piezas fabricadas que corresponden a 13.047 seg
48.753 seg	$(61.800 \text{ seg} - 48.753 \text{ seg}) = 13.047 \text{ seg}$	763 piezas

Tabla 22 Cantidad de piezas perdidas por el uso de tareas secundarias en el área de corte y forma de punta

Fuente: (Elaboración propia)

Como se demuestra en la tabla anterior, el porcentaje de utilización de la línea corresponde a 48.753 segundos de uso, comparando con un 90% de utilización de la línea, el cual corresponde al tiempo disponible, que se tiene al día de 61.800 segundos, se presenta que se pierden 13.047 segundos de uso, el cual corresponde con respecto al tiempo estándar del área de corte y forma de punta, a un aproximado de 763 piezas, que se pierden por realizar tareas secundarias, o bien sirviendo soporte a diferentes áreas, ya que la máquina da soporte a dos piezas al mismo tiempo.

Para el proceso correspondiente a la inspección final, el porcentaje de trabajo secundario se muestra de la siguiente manera:



Figura 4 Porcentaje de ejecución de trabajo secundario en la actividad de inspección final, durante el periodo junio - julio 2018

Fuente: (Elaboración propia)

En el área de inspección final, el trabajo secundario se representa con un 33% del trabajo productivo, esto corresponde al llenado de formularios y soporte a distintas áreas de la línea, ya sea en busca de materiales, revisión de piezas, que se encuentran en el área de corte y forma de punta, y, por último, soporte en el área de corte antes de la forma de punta, el cual tiene una duración de tres segundos por pieza, son lotes de aproximadamente 600 piezas.

Cantidad de segundos correspondientes a 57%	Cantidad de segundos productivos perdidos	Cantidad de piezas fabricadas que corresponden a 22.660 seg
39.140 segundos	$(61.800 \text{ seg} - 39.140 \text{ seg}) = 22.660 \text{ seg}$	1.743 piezas

Tabla 23 Cantidad de piezas perdidas por el uso de tareas secundarias en el área de inspección final

Fuente: (Elaboración propia)

Como se demuestra en la tabla anterior, el porcentaje de utilización de la línea corresponde a 39.140 segundos de uso, comparando con un 90% de utilización de la línea, el cual corresponde al tiempo disponible, que se tiene al día de 61.800 segundos, se presenta que se pierden 22.660 segundos de uso, el cual corresponde con respecto al tiempo estándar del área de inspección final, a un aproximado de 1.743 piezas, que se pierden por realizar tareas secundarias, o bien sirviendo soporte a diferentes áreas.

3. Falta de cuidado en el manejo de piezas: el descuido conlleva a aquellas piezas, que caen al suelo por un error por parte del colaborador, dando así un resultado de diversas piezas defectuosas por la contaminación.

En el periodo de junio – agosto, se realiza el conteo de piezas caídas por parte del descuido de los colaboradores, dichos datos se muestran de la siguiente manera:

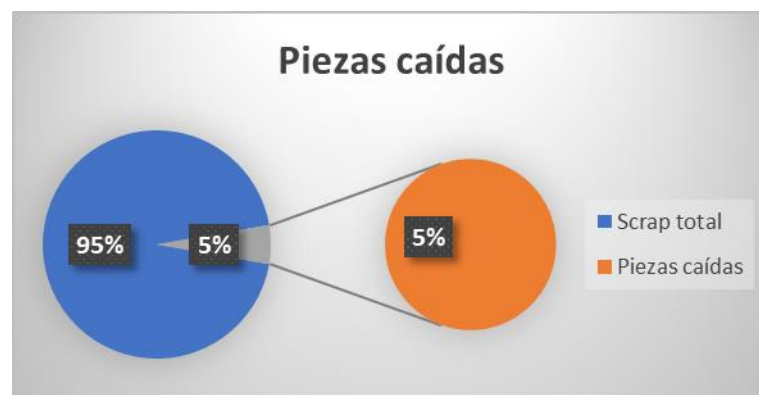


Figura 5 Porcentaje de representación de piezas caídas en el *scrap*, durante el periodo de junio - agosto del 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la ilustración anterior, los datos tomados durante el periodo de junio – agosto del 2018 muestran que las caídas de piezas representan un 5% del total de *scrap*, esto es debido al mal manejo de las piezas en el momento de ser inspeccionadas o ser manipuladas de una manera errónea para el proceso, que le corresponda.

4. Rechazo interno de la producción: actualmente, la línea de producción no tiene un seguimiento en cada uno de los procesos, donde se lleven las piezas producidas por hora, y tampoco se lleva un seguimiento sobre el *scrap* y el tipo de defecto presentado en las piezas, por lo tanto, es un factor de gran importancia, ya que pudiese estar afectando el tiempo de proceso.

Para la definición del *scrap*, se realiza una serie de observaciones durante el mes de junio y agosto del 2018 para diferenciar el tipo de productos defectuosos.

SCRAP																		
Fecha	Hora	Part Number	Proceso	Golpe Hup	Golpe nariz	Puntas	Quebradas	Pelotas	Caidas	Marcadas	Cortas	Golpe Tubo	Marca Yubbing	Flash en hub	Burbuja	Majada	Sucia	Total
20-06-2018	10:13 a.m.	DIL-016-00		1				1					1					3
20-06-2018	14:01	DIL-016-00	I.F		5			6		5	8	5	7					36
21-06-2018	10:10 a.m.	DIL-001-00	I.F	1	5			1		3	3							13
25-06-2018	10:37 a.m.	DIL-061-03	I.F	2		6					3			49	4	1	12	77
26-06-2018	11:00 a.m.	DIL-061-00	I.F	1	2	4	6	12	1	13								39
28-06-2018	02:00 p.m.	DIL-016-03	I.F		3		2	8	1									14
29-06-2018	01:58 p.m.	DIL-002-10	I.F	3	4			11	2									20
03-07-2018	09:38 a.m.	DIL-002-10	I.F			1		6	1									8
04-07-2018	01:50 p.m.	DIL-016-03	I.F	4	2	9		13	2	25								55
05-07-2018	08:38 a.m.	DIL-002-00	I.F					2										2
06-07-2018	10:00 a.m.	DIL-002-00	I.F	1		1		4	1	2								9
10-07-2018	11:14 a.m.	DIL-001-00	I.F	2		11		8										21
11-07-2018	03:02 p.m.	DIL-016-00	I.F	3		4		8	3	10								28
12-07-2018	10:50 a.m.	DIL-060-04	I.F		6			2	7									15
13-07-2018	02:45 p.m.	DIL-060-04	I.F	1	1		1	6	2									11
17-07-2018	10:30 a.m.	DIL-002-01																0
19-07-2018	11:00 a.m.	DIL-002-01	I.F	1				1										2
20-07-2018	04:35 p.m.	DIL-016-00	I.F	2		3	2	4	4	3								18
31-07-2018	10:14 a.m.	DIL-061-00	I.F			2												2
31-07-2018	01:22 p.m.	DIL-061-00	I.F			14												14
06-08-2018	10:33	DIL-002-00	I.F			26												26
			Sumatoria	22	28	81	11	93	24	61	14	5	8	49	4	1	12	413

Figura 6 Resultados de la herramienta de medición de productos defectuosos de la línea Coaxial del 20 de junio al 6 de agosto del 2018

Fuente: (Elaboración propia)

En la figura anterior, se muestran los tipos de *scrap*, que se presentan, dando un total de 413 piezas defectuosas en el mes de junio y julio, cabe destacar que los defectos se identifican en la última actividad del proceso, que es la inspección final.

Por lo tanto, se muestra, a continuación, un diagrama, donde se demuestre el porcentaje, que representa la cantidad de piezas defectuosas:

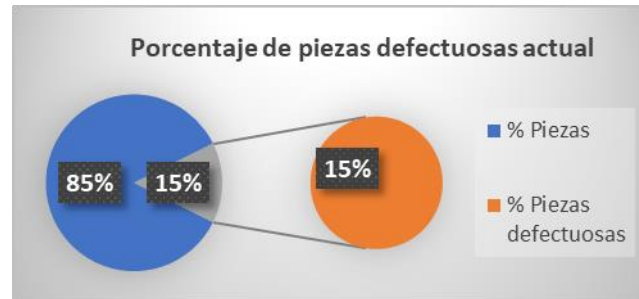


Figura 7 Representación del porcentaje de piezas defectuosas en la producción

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la figura anterior, el 100% de las piezas fabricadas se ve representado por un 15% de piezas defectuosas, por lo cual, se considera un porcentaje representativo, ya que, por políticas de la organización, su meta es lograr que el *yield* esté por encima del 90%. Por lo tanto, para un mejor análisis de los datos, se realiza lo siguiente.

Al ser diversos tipos de defectos, se separan por clases de familia, quedando de la siguiente manera:

Grupo de familia	Tipo de defecto
Método	<ul style="list-style-type: none"> • Puntas • Pelotas • Flash en hub • Majada
Máquina	<ul style="list-style-type: none"> • Marcadas • Burbuja • Sucia
Quebradas	<ul style="list-style-type: none"> • Marca Yubbing • Quebradas
Descuido	<ul style="list-style-type: none"> • Caídas • Cortas
Golpes	<ul style="list-style-type: none"> • Golpe hup • Golpe nariz • Golpe tubo

Tabla 24 Definición de tipo de defectos por grupo de familias

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la tabla anterior, cada uno de los defectos representados en el análisis de *scrap* de la línea de productos Coaxial, se diferencian por medio de grupos de familia, donde, el método representa los defectos de puntas, pelotas, flash en hub y majada; en el grupo de máquina, corresponde a los defectos presentados por aquellas piezas marcadas con burbujas o sucias.

Para el grupo de familia de quebradas, son representadas aquellas piezas, que contienen una marca yubbing y las quebradas, en el grupo de descuido se presentan las piezas, que se han caído o aquellas que se muestran con los tubos muy cortos, por último, se encuentra un grupo de familia llamada golpes, el cual representa golpe en hup, golpe en nariz y golpe en el tubo.

Estos grupos de familia son los que se van a utilizar para el análisis de los defectos en los productos Coaxial, de tal manera de lograr un mejor análisis para observar cuál de cada uno de los grupos representa un mayor impacto en el proceso de producción de los productos Coaxial.

Para el análisis del tipo de defecto, que causa mayor impacto en la producción, es necesario el análisis de un diagrama de Pareto, mostrado a continuación.

Diagrama de Pareto

Para la realización del diagrama, se evalúan los siguientes grupos mencionados anteriormente, con la cantidad correspondiente de piezas que representa cada uno de los defectos.

Grupo de semejanza	Total de piezas
Método	224
Máquina	77
Quebradas	19
Descuido	38
Golpes	55

Tabla 25 Grupos de semejanza sobre la cantidad del tipo de defecto presentado en los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

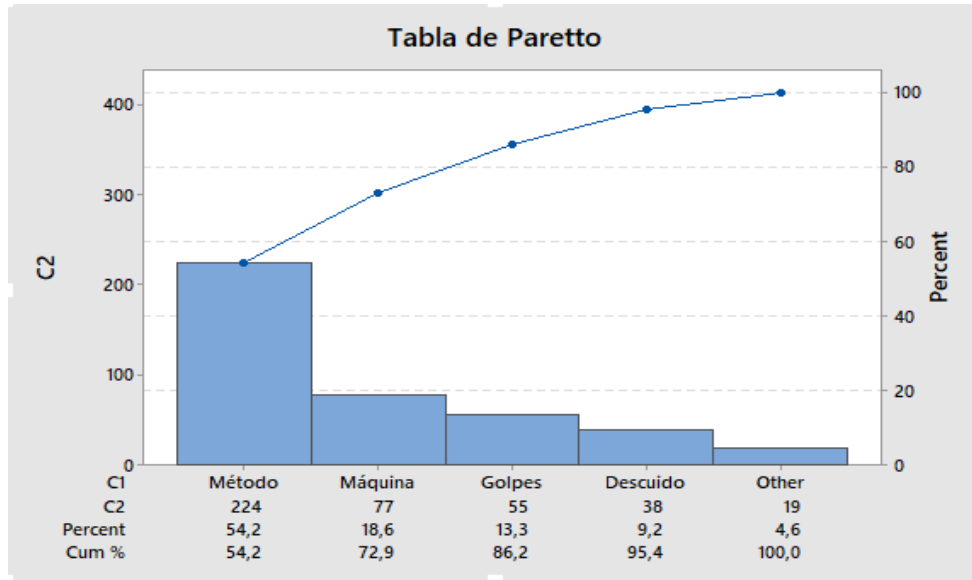


Figura 8 Diagrama de Pareto para el análisis de posibles causas que afectan la producción de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del análisis de Pareto, se logra analizar detalladamente cada uno de los grupos de familia en relación con la cantidad de piezas defectuosas correspondientes a cada una de ellas.

El análisis detallado demuestra el porcentaje representativo que cada grupo de familia presenta, dando así un resultado de las causas de los productos defectuosos, y representando un 54.2% correspondiente al método, un 18.6% que representa la máquina, 13.3% representado por el grupo de golpes, con un 9.2% en el grupo de descuido, y, por último, con un 4.6% correspondientes al grupo de quebradas.

Se concluye que el grupo, que causa mayor impacto en la línea de producción Coaxial, se ve reflejada en el método, ya que representa un acumulado de un 55.4%, por lo tanto, se concluye que, al observar el diagrama de Pareto, el método es la

causa principal de la cantidad de productos defectuosos en el proceso, de tal manera que afecta el tiempo de ciclo de las actividades, al no ser estandarizado.

A continuación, se muestra un diagrama, en el cual se define el porcentaje actual de piezas buenas y el porcentaje representado por piezas defectuosas.

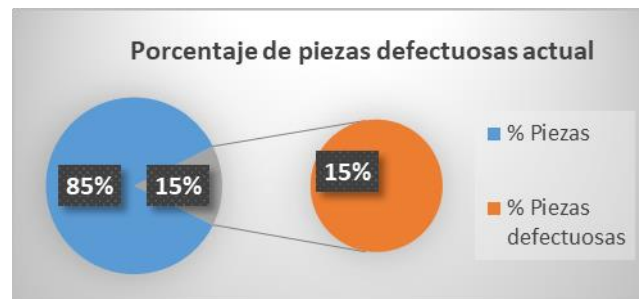


Figura 9 Porcentaje actual de piezas defectuosas

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la figura anterior, el *yield* actual, que corresponde a piezas buenas en la producción y se representa con un 85%, según se indica en la organización, es un porcentaje que se mantiene constante mensualmente, y se presenta que un 15% representa a las piezas defectuosas.

A continuación, se mostrará un diagrama donde se representa el porcentaje definido por el método, ya que, por medio del diagrama de Pareto, se demuestra que es el defecto el que causa un mayor impacto en el proceso productivo.

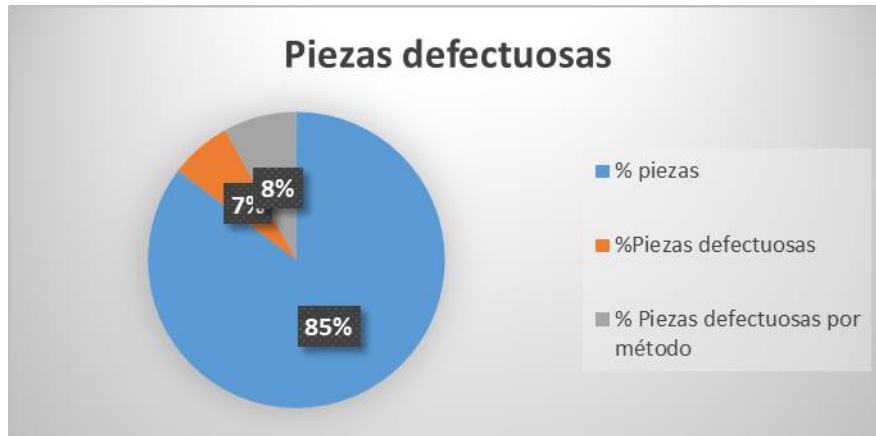


Figura 10 Piezas buenas en relación con piezas defectuosas y piezas defectuosas por método utilizado

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la imagen anterior, el porcentaje representado por piezas defectuosas causadas por el método corresponde al 8% del total de piezas, se considera representativo y una de las causas raíz del problema, ya que se desea aumentar la capacidad, al eliminar el 8% correspondiente a piezas defectuosas por método, se aumenta el *yield* de los productos.

El 8% de piezas defectuosas representado por 224 piezas tiene un costo estimado de ¢1.370.880 al mes, y un costo anual de ¢16.450.560, tomando en cuenta la referencia brindada por la organización de utilizar un costo estimado de ¢6.120 por pieza.

4.8 Balance de línea actual

Para el análisis del balance de línea, es necesaria la recolección de datos, que corresponden al tiempo estándar de cada uno de los procesos y el *takt time* y el *yield takt time*; de tal manera de que se pueda observar, mediante un gráfico, la

relación entre ellos, y, de ser necesario, los posibles cuellos de botella, que se puedan presentar.

El balance de línea actual se representa de la siguiente manera.

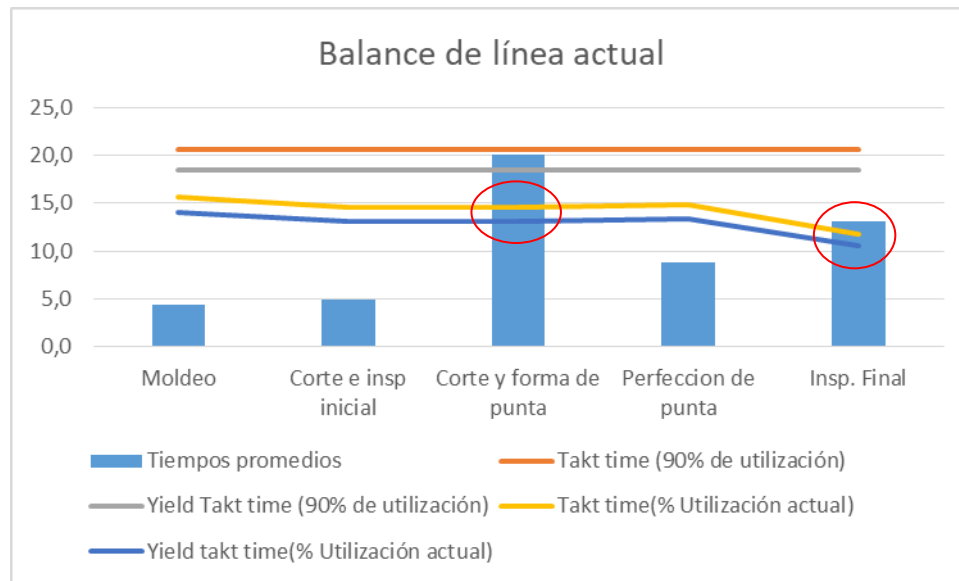


Figura 11 Balance de línea con el 90% de utilización de la línea y la comparación con el porcentaje de línea actual de los productos Coaxial mayo - septiembre 2018

Fuente: (Elaboración propia)

Por medio del balance de línea, se observa que, si se obtuviese el 90% de utilización de las máquinas en cada una de las actividades, la línea de producción se encontraría balanceada, ya que ninguno de los tiempos de los procesos se encuentra por debajo del *takt time*. Sin embargo, se observa que el *yield takt time*, el cual es el indicador del ritmo de producción con unidades defectuosas, se encuentra afectando el área de corte y forma de punta, por lo tanto, para un mejor análisis de los datos actuales se realiza la comparación con el porcentaje de la utilización actual de cada uno de los procesos.

Se puede concluir, mediante el balance de línea actual, que se presentan puntos débiles en los procesos de corte y forma de punta, y en el área de inspección final, por lo tanto, se confirma que las posibles causas evaluadas en los puntos anteriores afectan de manera notoria el proceso productivo de los productos Coaxial.

A continuación, se muestra una tabla, donde se representa cada una de las posibles causas definidas anteriormente, y la correspondiente a la causa raíz, y las que no presentan un mayor impacto en el proceso productivo.

Posible causa	Oportunidad de mejora	Evidencia objetiva	Causa raíz
Entrenamiento	Personal en entrenamiento	La curva de aprendizaje en la organización corresponde a dos meses, los colaboradores poseen más de tres meses de experiencia en los productos.	No representa causa raíz
Cargas de trabajo	Definición de cargas de trabajo	Trabajos secundarios en área de corte y forma de punta: 22% Insp final: 42%	Causa raíz
Utilización de la línea	% de uso de las áreas de procesos	Corte y forma de punta: 71% Inspección final: 57%	Causa raíz
Estandarización de procesos	Falta de estandarización en el proceso de inspección final	Tiempos varían dependiendo del colaborador, además varía la cantidad de piezas a inspeccionar.	Causa raíz
Rechazo interno de producción	Productos defectuosos	413 piezas defectuosas representando un 15% del total fabricado, el método corresponde al 52% del total de <i>scrap</i> .	Causa raíz
Balance de línea	Balance de línea actual	Cuellos de botella: Corte y forma de punta e inspección final	Causa raíz

Tabla 26 Causa raíz par los productos Coaxial durante el periodo mayo - septiembre del 2018

Fuente: (Elaboración propia)

4.8 Conclusiones sobre el análisis de causas

- Por medio del VSM, se concluye que se presenta la existencia de tiempos de procesos prolongados, el porcentaje de utilización de las áreas de trabajo están por debajo del 90%, y por último, el inventario correspondiente, que presenta cada área, está para que se cubra en menos de un día.
- Se define por medio del diagrama de Ishikawa, que diversos procesos realizan actividades secundarias o proporcionan cierto soporte a las diversas áreas de trabajo, restando así al tiempo productivo, que se requiere para la fabricación de las piezas, dando como resultado que, en el área de corte y forma de punta, se presenta un porcentaje de tareas secundarias, un 22% del tiempo productivo; y en el área de inspección final, las tareas secundarias representan un 42% del tiempo productivo.
- Variación en la cantidad de piezas por inspeccionar, entre 8 y 14 piezas, además de tener una variación en la inspección unitaria de las piezas entre 6 y 20 segundos.
- *Scrap* de 413 piezas, definidas en cinco grupos, método, máquina, quebradas, descuido y golpes, representando un mayor impacto en el área de método.
- El balance de línea actual muestra que existe un cuello de botella en el área de corte y forma de punta, y en la inspección final, ya que el *takt time* se ve representado, dependiendo del porcentaje de utilización de cada una de las actividades.

CAPÍTULO V: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA SOLUCIÓN

5. Diseño de la solución

Está basado en el capítulo 4, donde se define cada una de las causas, que dan un mayor impacto en el proceso productivo, las cuales son las siguientes.

- 1) Definición de cargas de trabajo.
- 2) Porcentaje de uso en cada una de las áreas de trabajo.
- 3) Estandarización de procesos.
- 4) Cantidad de productos defectuosos (métodos).
- 5) Balance de línea.

Por lo tanto, para la mejora del proceso de los productos Coaxial, se definen las siguientes propuestas.

5.1 Propuesta #1 Definición de las cargas de trabajo

Para que se presente mejora en la línea de producción de los productos Coaxial, es necesario tomar en cuenta que se tiene que definir el trabajo correspondiente para cada una de las áreas, además de que, al aumentar el porcentaje de utilización de las áreas con puntos débiles, la capacidad para producir piezas se incrementa respectivamente.

A continuación, se muestra un cuadro, en el cual se define cada una de las áreas, que corresponden al proceso productivo de los productos Coaxial, donde se representa cada tarea, que pertenece a cada área, y aquellas que no pertenecen al área del proceso.

Área de trabajo	Tareas correspondientes al área de trabajo	Tareas que no corresponden al área de trabajo
Moldeo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Búsqueda de material ✓ Preparación de máquina de moldeo ✓ Proceso de moldeo 	X. Soporte a otras áreas de trabajo
Corte e inspección inicial	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Búsqueda de material ✓ Preparación de área de trabajo ✓ Proceso de corte de moldes ✓ Proceso de inspección de piezas 	X. Soporte a otras áreas de trabajo
Corte y forma de punta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Calibrar máquina de corte y forma de punta ✓ Corte de piezas ✓ Proceso de forma de punta de las piezas 	<ul style="list-style-type: none"> X. Búsqueda de materiales X. Soporte a otras áreas de trabajo
Perfección de punta	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación del área de trabajo ✓ Proceso de perfección de punta ✓ Soporte a máquina de corte y forma de punta 	
Inspección final	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Preparación de área de trabajo ✓ Proceso de inspección de piezas 	X. Soporte a otras áreas de trabajo

Tabla 27 Propuesta de definición de cargas de trabajo por área de la línea de procesos de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la tabla #27, se realiza lo que es la propuesta con respecto a las cargas de trabajo en cada una de las áreas, que corresponden al proceso productivo de los productos Coaxial, explicando detalladamente aquellas actividades, que corresponden a cada una de las actividades, ya sea preparación de cada una de máquinas o de áreas de trabajo al iniciar las labores o cada lote, y en ciertas actividades.

Además, se resalta, especialmente, en las actividades donde no se requiere el soporte a otras actividades, ya que son áreas de trabajo donde presentan ciertos atrasos en la producción, por lo tanto, es necesario que se enfoquen especialmente

en las actividades, que le corresponden, para que no afecte los objetivos de la producción de la organización, enfocado únicamente en la línea de productos Coaxial.

Con respecto al área de corte y forma de punta, se deben eliminar las tareas secundarias, ya que es una de las áreas donde se presenta un mayor tiempo de proceso, el tiempo perdido corresponde a dos horas al día (8.240 segundos), por lo tanto, es necesario el uso del proceso. Además, es una actividad que no puede estar sin uso, por lo que se recomienda que se mantenga en uso durante las comidas, tanto desayuno como almuerzo, que, en conjunto, corresponde a 40 minutos.

Para el área de inspección final, al eliminar las tareas secundarias y soporte a otras áreas, se incrementa la utilización de la línea, aumentando la cantidad de piezas, que se realizan al día. Cabe destacar que, al agilizar el área de corte y forma de punta, permite que se incremente el flujo de la línea, debido a esto, es muy importante que el área de corte tiene que permanecer en funcionamiento en el transcurso de todo el turno.

A continuación, se muestra la comparación entre lo actual, y la propuesta con respecto a las cargas de trabajo y el resultado de la utilización de la línea para el área de corte y forma de punta, por último, para el área de inspección final.

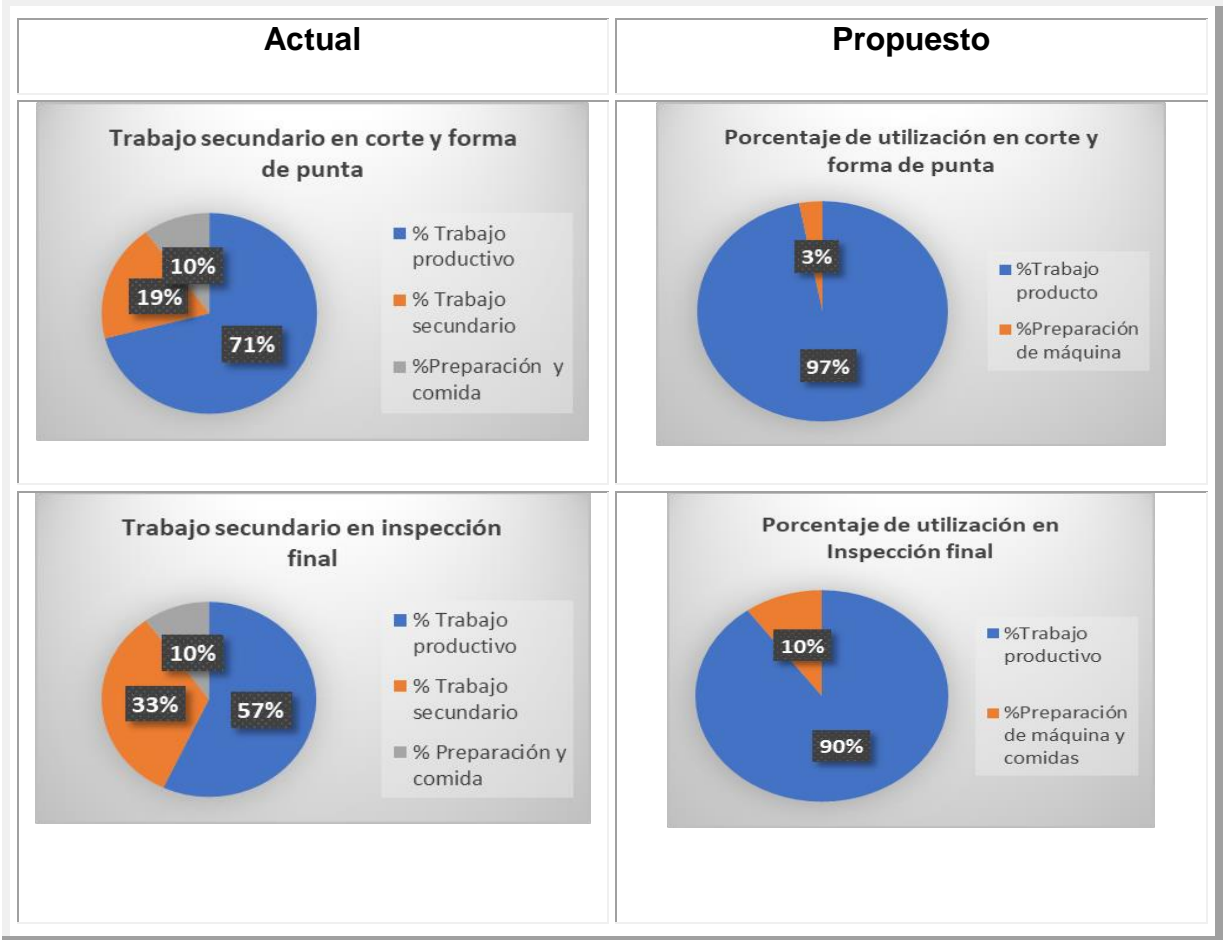


Figura 12 Cuadro comparativo entre el antes y el después, con respecto al porcentaje de utilización del área de corte y forma de punta, y el área de inspección final

Fuente: (Elaboración propia)

Como se observa en la figura anterior, se muestra la comparación entre el porcentaje de utilización actual con respecto al propuesto. En el área de corte y forma de punta, al aumentar la disponibilidad de la estación, es decir, que, en tiempo de comidas, sea utilizada la máquina, y al eliminar los trabajos secundarios y establecer claramente las tareas, que corresponden a la estación, el porcentaje total

de utilización corresponde a un 97%, ya que el 3% restante corresponde al tiempo de preparación y calibre de máquina para su debido funcionamiento.

Para el área de inspección final, al definir cada una de las de las tareas que corresponden a la estación de inspección final, donde el porcentaje de utilización de la estación corresponde a un 90%, ya que el 10% restante corresponde a la preparación del área de trabajo y a los tiempos correspondientes al desayuno y almuerzo.

5.2 Propuesta #2 Estandarización de procesos

Para el análisis con respecto a la estandarización de procesos, únicamente se realiza la evaluación en dos áreas de trabajo, las cuales representan cuello de botella en el proceso productivo de la línea, representadas por el área de corte y forma de punta, por último, en el área de inspección final.

Al definir, en el capítulo #4, las variaciones con respecto al tiempo promedio de inspección de cada una de las piezas y la variación a la cantidad de piezas por inspeccionar, se define lo siguiente:

	Priscila	Sofía	Yolanda	Xiomara	Maryina	Stephanie
Promedio de cantidad	8.6	7	9	9.3	8.2	7.0
Desviación de cantidad	3.9	2.7	1.2	0.9	2.4	1.1
Promedio de tiempo (seg)	15.7	16.4	6.2	7.1	12.5	9.3
Desviación de tiempo (seg)	6.5	6.2	1.2	1.4	3.2	2.5

Tabla 28 Análisis de propuesta con respecto a cantidad de piezas y tiempo promedio del área de inspección final de los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Para el análisis de cada uno de los datos anteriores, de las tomas de tiempo tomadas por cada operario, se obtiene una cantidad de 35 observaciones aproximadamente, de las cuales se obtiene el promedio de cantidad por inspeccionar y la desviación entre la cantidad de piezas de cada uno de los operarios. Además, se obtiene el promedio de tiempo de inspección unitaria y la desviación del tiempo en cada uno de los operarios, ya que cada uno realiza métodos diferentes para realizar la inspección.

Como se muestra en la tabla #28, quien posee una menor desviación en el tiempo unitario promedio de inspección, es la operaria Yolanda, con una desviación de tiempo de 1.2 segundos, y una desviación de cantidad de piezas de 1.2; esto quiere decir que inspecciona entre una cantidad de 8 y 10 piezas con una duración de tiempo de 5 y 7.2 segundos.

Por lo tanto, el método más estandarizado con respecto a la inspección final de las piezas se ve representado por el método utilizado por la operaria Yolanda.

A continuación, se muestra una tabla, en la cual se definen los pasos detalladamente para la realización del proceso correspondiente a la sección de corte y forma de punta, y al área correspondiente a la inspección final de las piezas.

Proceso	Procedimiento
Corte y forma de punta	<p>El colaborador debe cortar el tubo de la pieza y luego colocarlo en la máquina donde le da forma a la punta, el proceso como tal de máquina dura aproximadamente 14.17 segundos, el proceso de corte dura 3 segundos aproximadamente. Se requiere que mientras las piezas estén en la máquina de forma, el colaborador proceda a cortar las piezas próximas a entrar a la máquina, de tal manera de que el tiempo total de proceso sea de 14,17 segundos, el cual es el tiempo de máquina.</p>
Inspección final	<p>En el momento de inspeccionar las piezas, se recomienda la revisión de una menor cantidad de piezas, de una cantidad constante de 9 (+ - 1.2) piezas por revisión, ya que permite que el tiempo de ocio se disminuya y la revisión de cada una de las piezas sea más exacta y estándar.</p> <p>La inspección de las piezas debe ser con el siguiente orden:</p> <p>Revisión de cada una de las puntas, de tal manera de que se asegure que cumpla con los estándares operativos, se procede a quitar el exceso de material que se encuentre en la pieza.</p> <p>Revisión detallada del tubo, evaluando que no se encuentre ningún tipo de quiebre.</p> <p>Por último, inspección del molde, de tal manera de que se asegure que esté en buenas condiciones para la aprobación de la inspección de la pieza.</p> <p>Nota: Se recomienda no utilizar guantes en el área de inspección final, ya que suele ser una de las causas por las que se presentan las caídas de las piezas, ya que dificulta el control de manejo de las piezas.</p>

Tabla 29 Propuesta con respecto a la estandarización de procesos de productos Coaxial en el área de corte y forma de punta y el área de inspección final

Fuente: (Elaboración propia)

La propuesta de estandarización de procesos, como se muestra en la tabla anterior, se refleja los procesos de corte y forma de punta y el pareo de inspección final.

Con respecto al área de corte y forma de punta, lo que se quiere con la propuesta de estandarización viene dada a que el operario, tiene la capacidad de realizar el proceso completo correspondiente al área de trabajo, es decir, como se presenta cierto tiempo de espera al momento en que la máquina de forma de punta se encuentra en uso, es un tiempo de 14 segundos aproximadamente, por lo tanto es un tiempo que puede ser usado para el corte de los tubos.

Además, si se aumenta el tiempo disponible en el área de corte y forma de punta, aumenta la cantidad de piezas a producir, por lo tanto, es necesario que la máquina se mantenga en uso durante el horario de comidas, que corresponde a un total de 40 minutos.

A continuación, se observa la variabilidad actual y la propuesta con respecto a la cantidad de productos por inspeccionar y al tiempo correspondiente a la inspección de cada una de las piezas.

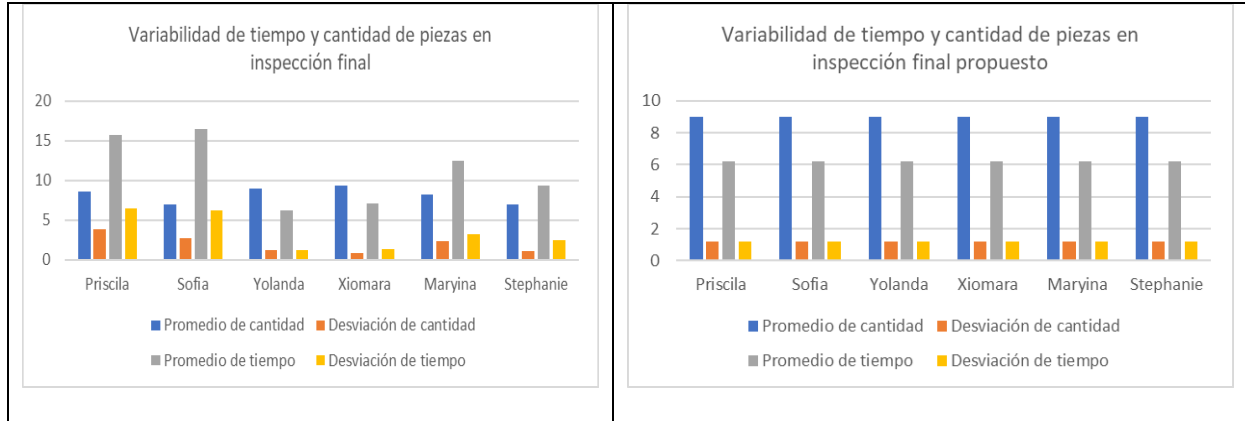


Figura 13 Cuadro comparativo actual y propuesto con respecto a la variabilidad de tiempo y cantidad de piezas en el área de Inspección Final

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en el cuadro anterior, se realiza el análisis con respecto a la desviación estándar, que se presenta en el área de inspección final, específicamente en calcular la variabilidad, que existe tanto en la cantidad de piezas por inspeccionar como en el tiempo de inspección unitario de las piezas.

Se escoge la cantidad de 9 (+-1.2) piezas, ya que es el promedio de la cantidad de piezas, en las cuales la desviación del tiempo es menor, sin embargo, se recomienda que el tiempo de inspección total de las piezas sea un total 6 (+-1.2) segundos.

Al proponer nuevos métodos de inspección, tanto en cantidad como en tiempo, y al explicar la nueva metodología estándar en relación con la inspección final, disminuye la variabilidad en el tiempo de inspección y, de igual manera, disminuye la variabilidad con respecto a la cantidad de piezas por inspeccionar.

5.3 Propuesta # 3 Productos defectuosos

Como se define en el capítulo 4, la mayoría de los productos defectuosos, que se presentan, se deben al método de manejo de los productos, por lo tanto, al estandarizar los procesos da como resultado un mejor manejo de ellos, sin embargo, es necesario tomar en cuenta lo siguiente.

- ✓ Evitar lugares filosos o golpes por donde pueda pasar el producto.
- ✓ Evitar golpes entre productos cuando estén agrupados por lotes

A continuación, se muestran algunas imágenes de aquellos lugares de trabajo, donde pueda denominarse una zona de riesgo para las piezas del proceso de los productos Coaxial.

Estación de trabajo	Zona de riesgo	Observación
Perfección de punta		El accesorio utilizado para medir el tamaño de tubo adecuado contiene ciertas puntas, las cuales pueden afectar la pieza con un mal método de manejo.

Tabla 30 Identificación de la zona de riesgo en el área de perfección de punta de la línea de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la tabla anterior, en la zona de perfección de punta se encuentra una herramienta, que permite la medición de los tubos de cada una de las piezas, sin embargo, contiene ciertas puntas con relieves sobresalientes.

Por lo anterior, se considera que puede contribuir a ocasionar ciertas marcas en el tubo de las piezas, es por ello, que se requiere un método de manejo, que evite el contacto brusco del accesorio con las piezas por medir.

Estación de trabajo	Zona de riesgo	Observación
Línea de producción		Las esquinas superiores de cada uno de los bin, que se encuentran en toda la línea de producción, pueden causar marcas o fisuras en las piezas.

Tabla 31 Identificación de la zona de riesgo de la línea de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

En la tabla anterior, no se define en un área en específico, se basa inicialmente en toda la línea de producción, ya que poseen bin, el cual representa el lugar donde se mantienen aquellas piezas, que pasan de un proceso a otro, aquellas que necesitan retrabajo o las defectuosas, que se descartan de la producción, estas se diferencian por colores.

El bin se representa como una zona de riesgo si no es utilizado de la manera adecuada, con esto se desea evitar que se lancen las piezas de tal manera de que puedan golpear entre ellas o golpear con el bin, dejando marcas en el tubo o en las pelotas de las piezas.

Al evitar los acontecimientos anteriores, se impide el golpe de la parte del área de las pelotas en ciertos productos, ya que se elimina el choque entre ellas, además, de evitar que exista algún tipo de marca en el área del tubo, ya que, al ser productos médicos, representan un tipo de material, que requiere mayor cuidado.

A continuación, se muestra el porcentaje actual y el propuesto correspondiente a los productos defectuosos, que se encuentran en la línea de productos Coaxial.



Figura 14 Cuadro con respecto a las piezas defectuosas y el porcentaje representativo por productos defectuosos por el método

Fuente: (Elaboración propia)

Como se menciona en el capítulo 4 con respecto a las piezas defectuosas, que se presentan en la producción, solo representa el 15%; sin embargo, en el total de piezas defectuosas, un 54% corresponde a piezas defectuosas relacionadas con el método utilizado en el momento de la inspección o en el manejo general de las piezas.

En la tabla anterior, se muestran, únicamente, las piezas defectuosas, que se presentan en la producción, por el método utilizado en el manejo de las mismas, que, anteriormente, se representaba en un 15% de piezas defectuosas.

Por lo tanto, se define lo siguiente:

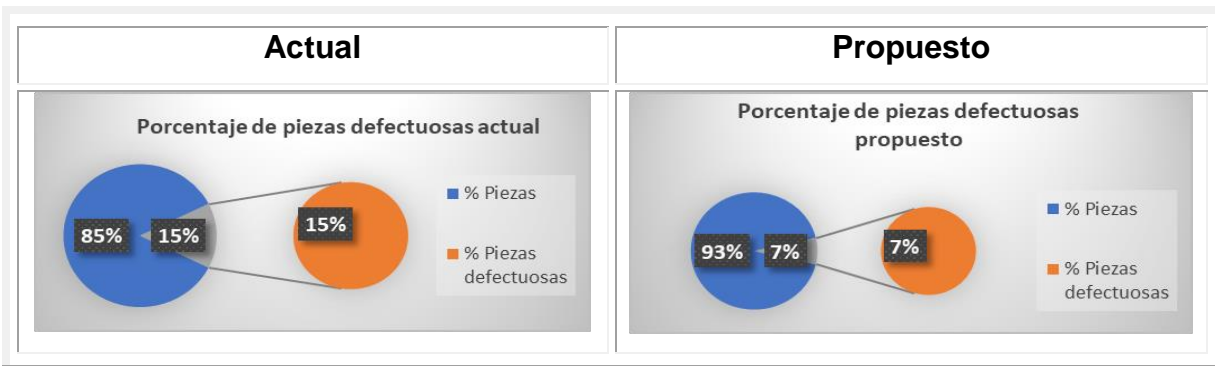


Figura 15 Porcentaje representativo correspondiente a piezas buenas y piezas defectuosas actual y propuesto

Fuente: (Elaboración propia)

Como muestra la tabla anterior, al eliminar por completo los defectos ocasionados por el método de manejo de piezas, que, en el total de piezas producidas, se representa en un 8%; el porcentaje por piezas defectuosas se reduce de un 15% a un 7%. Al evitar ciertas zonas que presentan un mayor riesgo para las piezas, se mejora el método al evaluar y manipular las piezas.

5.4 Propuesta # 4 Balance de línea

Para el nuevo balance de línea, que se desea proponer, es necesario hacer las siguientes sugerencias.

- ✓ Se propone aumentar el tiempo disponible en el área de corte y forma de punta, es decir, eliminar el tiempo de receso de comidas, ya que es una de las áreas que representa cuello de botella en la línea, por lo tanto, se recomienda que se mantenga en uso durante ese momento, que equivale aproximadamente a 40 minutos al día (2.400 segundos).
- ✓ Para el área de corte y forma de punta, se recomienda que, al eliminar el trabajo secundario y tiempos de comida, que se realizan en el área, la máquina aumentaría a un 90% de utilización.
- ✓ Para el área de inspección final, al incrementar la producción en el área de corte y forma de punta, y al eliminar las tareas secundarias, que se realizan en el proceso de inspección final, aumenta la utilización de la línea en un 90%.

Al tomar en cuenta las sugerencias anteriores, el balance de línea propuesto queda de la siguiente manera.

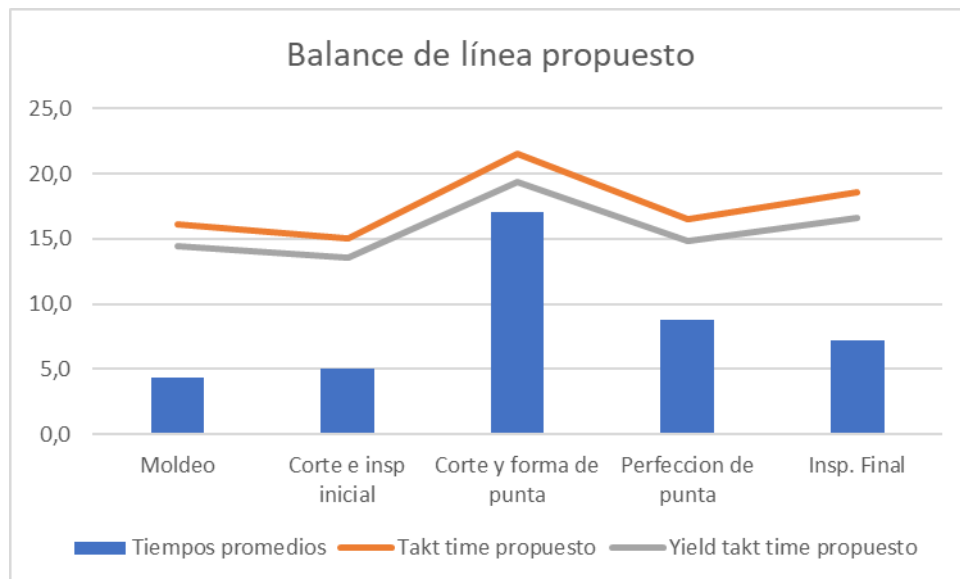


Figura 16 Balance de línea propuesto para la línea de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en el gráfico anterior, se muestra que tanto el *takt time* como el *yield takt time* aumentan, eliminando, así, los cuellos de botella, que se presentan anteriormente, como en el área de corte y forma de punta, y en el de inspección final.

Con respecto al área de corte y forma de punta e inspección final, para eliminar por completo el cuello de botella presentado en dichas estaciones, en el momento del almuerzo, el operario correspondiente a inspección final de ambas líneas, y los de perfección de punta poseen horarios de comer diferentes al resto de los compañeros de la línea. Por lo tanto, el operario correspondiente a perfección de punta tiene la capacidad de cubrir el área de corte y forma de punta, hasta que llegue el personal encargado, y en el momento que el trabajador encargado de la inspección final de las piezas, el líder de la línea, posee la capacidad para cubrir la estación, ya que el líder posee el último horario de comida.

5.5 Beneficios de las propuestas de mejora para la línea de productos Coaxial

Número de propuesta	Descripción	Plazo	Beneficio	Costo
Propuesta #1	Definición de cargas de trabajo	Corto plazo	Se evitan tareas secundarias que afectan el proceso productivo de la línea, además de aumentar la utilización de la línea en el área de corte y forma de punta, y en el área de inspección final.	No implica costo monetario, ya que es un trabajo interno de la organización y de los encargados de la línea de productos Coaxial.
Propuesta #2	Estandarización de procesos	Corto plazo	Se evita la variación de tiempos en el proceso de inspección final, además de agilizar la inspección por piezas. Aprovechamiento del tiempo de proceso en el área de corte y forma de punta.	No implica costo monetario, ya que es un trabajo interno de la organización y del encargado de la línea de productos Coaxial.
Propuesta #3	Productos defectuosos	Corto plazo	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Reduce la cantidad de productos defectuosos por el mal manejo de productos. ✓ Reduce la cantidad de piezas quebradas o con marcas, que puedan afectar la producción final de la pieza. 	No implica costo monetario, ya que es un trabajo interno de la organización y de los encargados de la línea de productos Coaxial.
Propuesta #4	Balance de línea	Corto plazo	Al aumentar el tiempo disponible, incrementa la producción de los productos en el área de corte y forma de punta, eliminando el cuello de botella en esa área.	No implica costo monetario, ya que es un trabajo interno de la organización y de los encargados de la línea de productos Coaxial.

Tabla 32 Plan de acción general con respecto al costo / beneficio de las propuestas de mejora para los productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

En el cuadro anterior, se muestra, detalladamente, cada una de las descripciones de las propuestas de mejora, que se realizan en la línea de producción de productos Coaxial, además, se definen detalladamente cada uno de los beneficios, que ofrece cada una de las propuestas de mejora a la línea de producción, además, de indicar el plazo de implementación de cada uno, los cuales se implementan en un plazo corto.

Además, el costo asociado a cada una de las actividades propuestas no representa un costo monetario, ya que, en cada una de las implementaciones, se utilizan los recursos ya existentes dentro de la organización.

A continuación, se muestra el diagrama de Gantt para la implementación de cada una de las propuestas de mejora, que se desean para la línea de productos Coaxial en la organización Theragenics.

Proyecto de Actividades	Semanas											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Definición de cargas de trabajo												
Reunir al grupo de trabajo y definir cada una de las cargas de trabajo correspondientes												
Estandarización de procesos												
Explicación de la estandarización de procesos y los pasos a seguir												
Monitoreo de estandarización propuesta												
Productos defectuosos												
Explicación de nueva metodología												
Monitoreo de nuevo método en la línea												
Balance de línea												
Explicación del nuevo balance de línea												
Monitoreo del balance de línea propuesto												

Ilustración 11 Diagrama de Gantt donde se muestra el periodo de implementación de cada una de las propuestas de mejora para la línea de productos Coaxial

Fuente: (Elaboración propia)

Como se muestra en la ilustración #16, el diagrama de Gantt permite la observación de cada una de las propuestas de mejora, que se ofrecen en la línea de productos Coaxial.

Por medio del diagrama, se logra definir detalladamente cada una de las propuestas de mejora y lo que conlleva cada una de ellas, en el primer caso se muestra la definición de cargas de trabajo, donde, para la implementación de ella, se requiere de reunir al grupo de trabajo, que corresponde a cada uno de los operarios en conjunto con el líder de línea, y se da una explicación detallada sobre las tareas, que se deben realizar en cada una de las estaciones de trabajo y las que no representan valor en la estación, con una duración de una semana aproximadamente.

La propuesta de estandarización de procesos conlleva diversas actividades, las cuales se representan por medio de reunir al grupo de operarios y líder de línea, y se detalla la explicación de aquellos cambios, que se realizan en el método de procesos en las áreas requeridas; la duración de dicha actividad es de aproximadamente dos semanas; por último, el monitoreo de la implementación de dichos cambios en ciertos procesos tiene una duración de dos semanas.

Para la propuesta de productos defectuosos, se requiere reunir al grupo de trabajo y explicar la metodología propuesta, además de explicar detalladamente aquellas zonas, que puedan causar riesgo para la producción de las piezas. Dicha explicación tiene un periodo de una semana, por lo tanto, es un proceso que debe ser monitoreado, y se propone que la duración del monitoreo sea de dos semanas aproximadamente.

Por último, al obtener cada una de la implementación de las propuestas mostradas anteriormente, se realiza el nuevo balance de línea propuesto, el cual tiene una duración de una semana para la definición de cada uno de los puestos evaluados para el balance de línea, y se debe monitorear para asegurar el funcionamiento durante un periodo de dos semanas.

De esta manera, se concluye cada una de las propuestas y el periodo necesario para su implementación, con cada una de las actividades correspondientes para su cumplimiento y funcionamiento.

5.6 Análisis económico

Para la realización del análisis económico, se toma en cuenta lo siguiente. al cumplir con la demanda deseada en el tiempo que se tiene disponible en la línea de producción de productos Coaxial, se elimina por completo el costo por la realización de horas extra.

Al obtener que cada una de las propuestas no contienen ningún tipo de costo económico, el único costo o inversión que la organización debe tomar en cuenta está relacionado con el costo por la realización del proyecto de investigación, que tiene una duración de cuatro meses, sin embargo, por políticas de la organización, el proyecto de investigación es evaluado y ejecutado por los ingenieros internos de la empresa encargados de la línea.

Por lo tanto, se muestra el siguiente cuadro:

Costo horas extra anual + costo de piezas defectuosas por el método utilizado	Costo cuatro meses de proyecto
¢27.370.807,5	¢ 2.148.888

Tabla 33 Análisis económico con respecto a las propuestas de mejora de la línea de productos Coaxial

Fuente: (Theragenics Corporation)

Las horas extra más el costo de piezas defectuosas representadas por el método, que la organización presenta, es de un costo anual de ¢27.370.807,5; por lo tanto, al eliminar las horas extra en la línea de producción y las piezas defectuosas causadas por el método utilizado, la única inversión, que se tiene que tomar en cuenta, se ve representado por el costo de realización del proyecto durante cuatro meses, con un costo de ¢2.148.888, es decir ¢537.222 por mes que, según el Ministerio del Trabajo del Seguro Social de Costa Rica, es lo que corresponde de salario a un Bachiller en Ingeniería Industrial.

Por lo tanto, para la inversión, que se necesita para la realización del proyecto, se tiene que financiar en un mes, ya que mensualmente el costo de horas extra más el costo de piezas defectuosas por el método utilizado es de ¢27.370.807,5 se cubre el costo de la realización del proyecto de investigación.

Además, para demostrar que el proyecto que es rentable para la organización, se utiliza el indicador VAN (Valor actual neto), por lo que se muestra de la siguiente manera:

$$VAN = - A + (Q_1 / (1 + k)^1) + (Q_2 / (1 + k)^2) + \dots (Q_n / (1 + k)^n)$$

Donde:

A = Desembolso inicial

Q = Cobros o pagos

K = Tasa de descuento

La tasa de descuento se utiliza para tener una mejor evaluación de proyectos de inversión, ya que permite indicar el valor del dinero actual de una fecha futura.

Según el portal web (www.esa.edu.pe) para la definición del resultado de la ecuación, es necesario tomar en cuenta los siguientes indicadores:

VAN < 0	El proyecto no es rentable
VAN = 0	El proyecto es rentable
VAN > 0	El proyecto es rentable

Tabla 34 Indicadores que determinan si el proyecto es rentable o no para la organización

Fuente: (www.esa.edu.pe)

Como se demuestra en el cuadro anterior, si el VAN da un resultado menor a cero, el proyecto, que se desea realizar, no es rentable; si el resultado da una cantidad igual a cero o mayor, el proyecto sí es rentable.

En este caso, se utiliza una tasa de descuento de 5.0%, ya que, según la página correspondiente al Banco Central de Costa Rica, la tasa de política monetaria para el periodo mayo – septiembre del 2018 es de un 5.0%. (www.bccr.fi.cr)

Por lo tanto, el resultado de la ecuación se demuestra de la siguiente manera:

$$VAN = - 2.148.888 + (27.370.807,5 / (1 + 5.0\%)^1 = 23.918.547,71$$

VAN	>0 El Proyecto es rentable
¢ 23.918.547,71	>0 El proyecto es rentable

Tabla 35 Demostración de la rentabilidad del proyecto para la organización

Fuente: (Elaboración propia)

Como se demuestra en la tabla anterior, el VAN da un resultado de ¢23.918.547,71; demostrando así que es mayor a cero, por lo tanto, el proyecto es rentable para la organización Theragenics.

Capítulo VI: Conclusiones y recomendaciones

6.1 Conclusiones

Debido a todos los análisis mostrados en los capítulos 4 y 5, se concluye lo siguiente.

- ✓ Se determinan los tiempos de proceso de cada una de las áreas, que corresponden para la fabricación de las piezas, se observa que existe cierta variación entre ellas, por lo tanto, es necesario la estandarización de procesos en la línea de productos Coaxial.
- ✓ Se realiza el análisis del Value Stream Mapping de la situación actual de la línea, mostrando así los tiempos promedios correspondientes y la utilización de cada una de las áreas de procesos, donde se determina que la utilización podría representar una causa raíz en la oportunidad de mejora de la línea.
- ✓ Se identifican los diversos desperdicios, que se presentan en la línea de producción, diferenciando los que representan un mayor impacto en la fabricación de piezas, lo cual demuestra que la falta de estandarización, subutilización de las áreas de trabajo, definición de las áreas de trabajo y el *scrap* influyen en los objetivos para lograr la meta de los productos Coaxial, además, la necesidad de un balance de línea para nivelar los procesos productivos con el *takt time* de la línea.
- ✓ Al desarrollar las propuestas de mejora, se define la estandarización de los procesos, que representan un cuello de botella en la línea de producción, aumentar el tiempo disponible en el área de corte y forma de punta y mejorar en el método y manejo de piezas.

- ✓ Por último, se cumple el objetivo general, ya que, al eliminar las horas extra, y las piezas defectuosas causadas por el método utilizado, la línea de producción logra cumplir los objetivos de producción definidos por el cliente, realizando así 3000 piezas diarias en el tiempo disponible por la línea de producción de los productos Coaxial.

6.2 Recomendaciones

Para el mejoramiento y aprovechamiento de la línea de productos Coaxial, es necesario tomar en cuenta las siguientes recomendaciones.

- ✓ Se recomienda utilizar las herramientas, que se tienen para llevar el control con respecto a las piezas producidas por hora, de tal manera de que el colaborador conozca la cantidad de piezas producidas, ya que es necesario que se tenga un mejor conocimiento sobre la cantidad de piezas que falta para llegar a la meta deseada por la organización.
- ✓ Se recomienda llevar el control de piezas defectuosas, que se presentan en la producción, tanto la cantidad como el tipo de defecto, ya que es necesario tener esa información actualizada para oportunidades de mejora, que se puedan presentar en un futuro, de tal manera que sea accesible la información para mejoras continuas.

BIBLIOGRAFÍA

Gutiérrez, H y Vara, R. (2009). Control estadístico de calidad y seis sigma. Editorial McGraw-Hill: México.

IngenieríaIndustrialonline.com. (2016). Balance de línea. Recuperado el 11 de julio de 2018 de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/producci%C3%B3n/balanceo-de-l%C3%ADnea/>

Ingenieriaindustrialonline.com. (2016). Siete desperdicios. Recuperado el 13 de julio de 2018 de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/gesti%C3%B3n-y-control-de-calidad/los-siete-despilfarros-guia-para-eliminar-desperdicios/>

Lean Solutions, (2017). Value Stream Mapping. Recuperado el 11 de julio de 2018 de <http://www.leansolutions.co/conceptos/vsm/>

Niebel, B y Freivalds, A. (2009). Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo. Editorial McGraw – Hill: México.

Tasa de política monetaria. (2018). Acerca de la tasa de política monetaria del Banco Central de Costa Rica. Recuperado el 15 de noviembre del 2018 de <https://gee.bccr.fi.cr/indicadoreseconomicos/Cuadros/frmVerCatCuadro.aspx?idioma=1&CodCuadro=%20779>

Theragenics Corporation. (2015). Acerca de Theragenics Corporation Costa Rica. Recuperado el 10 de julio de 2018 de http://www.theragenics.com/index.php?option=com_content&view=article&id=17&Itemid=31

VAN indicador. (2018). Acerca de indicador de rentabilidad VAN. Recuperado el 15 de noviembre de 2018 de <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/un-indicador-clave-de-rentabilidad-la-tasa-interna-de-retorno-tir/>

VAN indicador. (2018). Acerca del indicador de rentabilidad VAN. Recuperado el 15 de noviembre del 2018 de <http://yirepa.es/el-van.html>

ANEXOS

Apéndice A Muestra de toma de tiempos

Etapa	Moldeo	Modelo	DIL-001-00	Turno A
Hora	02:16 p.m.	Operario	Erika	
Fecha	20-06-2018	Encargado	Indira	
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio (10)
1	34	8	4,3	4
2	31	8	3,9	Desviación (10)
3	31	8	3,9	0.3773077141
4	31	8	3,9	Muestra
5	31	8	3,9	12
6	31	8	3,9	Promedio total
7	30	8	3,8	4
8	30	8	3,8	
9	40	8	5,0	
10	31	8	3,9	
11	29	8	3,6	
12	31	8	3,9	
13	30	8	3,8	
14	31	8	3,9	
15	32	8	4,0	
16	31	8	3,9	

Etapa	Corte+ Insp.inicial	Modelo	DIL-059-00	
Hora	09:26 a.m.	Operador	Erika	Turno A
Fecha	29-08-2018	Encargado	Indira	
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio(10)
1	120	32	3,8	4.7
2	110	49	2,2	Desviación(10)
3	123	56	2,2	0.50
4	162	64	2,5	Muestra
5	95	34	2,8	16
6	101	41	2,5	Promedio total
7	162	59	2,7	4.6
8	116	38	3,1	
9	158	52	3,0	
10	154	72	2,1	
11	89	51	1,7	
12	141	54	2,6	
13	142	61	2,3	
14	78	32	2,4	
15	95	34	2,8	
16	101	41	2,5	

Etapa	Corte y forma de punta	Modelo	DIL-059-00	
Hora	02:02 p.m.	Operador	Xiomara	Turno A
Fecha	26-06-2018	Encargado	Indira	
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio(10)
1	13	1	16	16.6
2	13	1	16	Desviación(10)
3	15	1	18	1.7
4	12	1	15	Muestra
5	13	1	16	14
6	13	1	16	Promedio total
7	15	1	18	18
8	14	1	17	
9	17	1	20	
10	11	1	14	
11	13	1	16	
12	16	1	19	
13	12	1	15	
14	20	1	23	
15	19	1	22	
16	17	1	20	
17	20	1	23	
18	12	1	15	
19	13	1	16	
20	19	1	22	
21	19	1	22	

Etapa	Perfección de punta	Modelo	DIL-002-00	
Hora	10:22:00 a.m.	Operador	Xiomara	Turno A
Fecha	09-05-2018	Encargado	Indira	
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	Promedio
1	5	1	5	7.4
2	7	1	7	Desviación
3	7	1	7	1.2
4	9	1	9	Muestra
5	7	1	7	34
6	8	1	8	Promedio Total
7	8	1	8	8.06
8	9	1	9	
9	7	1	7	
10	7	1	7	
11	6	1	6	
12	9	1	9	
13	10	1	10	
14	9	1	9	
15	8	1	8	
16	10	1	10	
17	14	1	14	
18	9	1	9	
19	7	1	7	
20	7	1	7	
21	8	1	8	
22	9	1	9	
23	7	1	7	
24	8	1	8	
25	8	1	8	
26	7	1	7	
27	8	1	8	
28	8	1	8	
29	8	1	8	
30	8	1	8	
31	8	1	8	
32	8	1	8	
33	8	1	8	
34	8	1	8	

Etap	Inspección Final	Modelo	DIL-002-00		
Hora	11:15:00 a.m.	Operador	Maryina	Turno A	
Fecha	23-05-2018	Encargado	Indira		
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	T Total	Promedio(10)
1	58	9	6	10	11
2	71	9	8	11	Desviación(10)
3	99	7	14	17	3
4	71	7	10	13	Muestra
5	97	10	10	13	70
6	134	11	12	15	Promedio Total
7	99	9	11	14	12
8	125	10	13	16	
9	90	8	11	14	
10	85	6	14	17	
11	120	10	12	15	
12	110	7	16	19	
13	65	9	7	10	
14	55	9	6	9	
Etap	Inspección Final	Modelo	DIL-002-00		
Hora	01:36:00 p.m.	Operador	Maryina	Turno A	
Fecha	23-05-2018	Encargado	Indira		
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	T Total	
15	71	8	9	12	
16	48	6	8	11	
17	96	9	11	14	
18	82	9	9	12	
19	109	10	11	14	
20	93	10	9	13	
21	94	8	7	10	
22	56	11	5	8	
23	35	6	6	9	
24	23	4	6	9	
25	15	1	15	18	
26	67	10	7	10	
27	94	10	9	13	
28	49	6	8	11	
29	69	10	7	10	
30	75	11	7	10	
31	52	3	17	21	
32	57	11	5	8	
33	70	8	9	12	
34	36	5	7	10	
35	43	9	5	8	
36	55	8	7	10	
37	8	2	4	7	
38	65	6	11	14	
Etap	Inspección Final	Modelo	DIL-002-00		
Hora	08:44 a.m.	Operador	Yolanda		
Fecha	30-05-2018	Encargado	Indira		
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario	T Total	
39	73	10	7	11	
40	102	11	9	13	
41	160	13	12	16	
42	143	10	14	18	
43	52	5	10	14	
44	82	20	4	7	
45	136	13	10	14	
Etap	Inspección Final	Modelo	DIL-002-00		
Hora	02:39 p.m.	Operador	Doris		
Fecha	06-08-2018	Encargado	Indira		
#	Tiempo (seg)	Cantidad	Unitario		
46	173	12	17		
47	90	10	12		
48	68	11	9		
49	64	11	9		
50	86	13	10		
51	57	9	9		
52	52	9	9		
53	27	6	8		
54	77	10	11		
55	102	12	12		
56	86	10	12		
57	13	1	16		
58	92	11	11		
59	76	7	14		
60	152	9	20		
61	79	6	16		
62	49	10	8		
63	56	9	9		
64	49	10	8		
65	28	6	8		
66	26	7	7		
67	34	4	12		
68	38	8	8		
69	20	8	6		
70	36	10	7		

Apéndice B. Muestreo de trabajo línea 1

#	HORA	ETAPA														
		MOLDEO			CORTE E INSPECCIÓN INICIAL			CORTE Y FORMA DE PUNTA			PERFECCIÓN DE PUNTA			INSPECCIÓN FINAL		
		TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA
1	08:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
2	09:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
3	09:20:00 a.m.				SI			SI			SI					
4	09:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
5	10:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
6	10:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
7	10:40:00 a.m.	SI						SI			SI				SI	
8	11:40:00 a.m.	SI						SI			SI				SI	
9	12:00:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
10	01:00:00 p.m.	SI			SI						SI				SI	
11	01:20:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
12	01:40:00 p.m.	SI									SI				SI	
13	08:20:00 a.m.				SI			SI			SI					
14	08:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
15	09:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
16	09:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
17	09:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
18	10:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
19	10:40:00 a.m.	SI			SI			SI							SI	
20	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI							SI	
21	11:20:00 a.m.	SI			SI						SI				SI	
22	11:40:00 a.m.	SI			SI			SI								
23	12:00:00 p.m.	SI						SI			SI				SI	
24	01:00:00 p.m.				SI			SI			SI					
25	01:20:00 p.m.				SI			SI			SI					
26	01:40:00 p.m.							SI			SI					
27	02:00:00 p.m.							SI			SI				SI	
28	08:20 a.m							SI								
29	08:40:00 a.m.							SI			SI					
30	09:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
31	09:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
32	09:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
33	10:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI					
34	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
35	11:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
36	11:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
37	12:00:00 p.m.	SI			SI											
38	01:00:00 p.m.	SI			SI			SI								
39	01:20:00 p.m.	SI			SI											
40	01:40:00 p.m.	SI			SI			SI								
41	02:00:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
42	02:20:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
43	10:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
44	10:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	
45	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				SI	

45	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
46	11:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
47	11:40:00 a.m.	SI						SI			SI				
48	01:20:00 p.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
49	01:40:00 p.m.	SI						SI			SI			SI	
50	02:00:00 p.m.	SI						SI			SI				
51	02:20:00 p.m.	SI						SI			SI			SI	
52	02:40:00 p.m.							SI			SI			SI	
53	03:00:00 p.m.							SI			SI			SI	
54	03:20:00 p.m.							SI			SI			SI	
55	03:40:00 a.m.														
56	08:20:00 a.m.														
57	08:40:00 a.m.	SI			SI			SI							
58	09:00:00 a.m.	SI						SI			SI				
59	09:20:00 a.m.	SI						SI			SI				
60	09:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
61	10:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
62	10:20:00 a.m.	SI						SI			SI			SI	
63	10:40:00 a.m.	SI						SI			SI			SI	
64	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
65	11:20:00 a.m.	SI						SI			SI				
66	11:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
67	12:00:00 p.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
68	01:00:00 p.m.														
69	01:20:00 p.m.										SI			SI	
70	01:40:00 p.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
71	02:00:00 p.m.	SI			SI						SI			SI	
72	02:20:00 p.m.	SI			SI									SI	
73	02:40:00 p.m.	SI			SI						SI			SI	
74	03:00:00 p.m.	SI			SI										
75	03:20:00 p.m.	SI			SI										
76	03:40:00 p.m.	SI													
77	08:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
78	08:40:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
79	09:00:00 a.m.	SI			SI			SI							
80	09:20:00 a.m.	SI			SI			SI							
81	09:40:00 a.m.														
82	10:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
83	10:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
84	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
85	11:20:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
86	11:40:00 a.m.							SI							
87	12:00:00 p.m.	SI						SI			SI			SI	
88	01:20:00 p.m.	SI			SI									SI	
89	01:40:00 p.m.	SI			SI						SI			SI	
90	02:00:00 p.m.	SI			SI										
91	02:20:00 p.m.	SI			SI										
92	02:40:00 p.m.	SI			SI										
93	03:00:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				
94	03:20:00 p.m.	SI			SI										
95	03:40:00 p.m.	SI			SI										
96	08:30:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
97	09:20:00 a.m.	SI						SI			SI			SI	
98	10:00:00 a.m.	SI						SI			SI			SI	
99	10:30:00 a.m.				SI						SI			SI	
100	10:45:00 a.m.				SI						SI			SI	
101	11:00:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
102	11:15:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
103	11:30:00 a.m.	SI						SI			SI			SI	
104	11:45:00 a.m.							SI			SI			SI	
105	12:00:00 p.m.							SI			SI			SI	

106	01:20:00 p.m.	Si						Si			Si			Si		
107	01:35:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
108	01:50:00 p.m.						Si				Si			Si		
109	02:10:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
110	02:30:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
111	02:50:00 p.m.	Si					Si							Si		
112	03:10:00 p.m.							Si								
113	09:00:00 a.m.	Si					Si				Si					
114	09:20:00 a.m.	Si					Si							Si		
115	09:40:00 a.m.	Si					Si							Si		
116	10:00:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
117	10:20:00 a.m.	Si					Si				Si					
118	10:40:00 a.m.	Si					Si				Si					
119	11:00:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
120	11:20:00 a.m.						Si				Si					
121	11:40:00 a.m.							Si						Si		
122	12:00:00 p.m.							Si			Si			Si		
123	01:20:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
124	01:40:00 p.m.	Si					Si							Si		
125	02:00:00 p.m.							Si			Si			Si		
126	02:20:00 p.m.						Si				Si			Si		
127	02:40:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
128	03:00:00 p.m.							Si			Si			Si		
129	03:20:00 p.m.															
130	09:40:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
131	10:00:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
132	10:20:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
133	10:40:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
134	11:00:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
135	11:20:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		
136	11:40:00 a.m.							Si			Si			Si		
137	12:00:00 p.m.							Si			Si			Si		
138	01:40:00 p.m.	Si					Si				Si					
139	02:00:00 p.m.							Si						Si		
140	02:20:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
141	02:40:00 p.m.	Si									Si			Si		
142	03:00:00 p.m.	Si					Si				Si			Si		
143	03:20:00 p.m.	Si					Si				Si					
144	08:40:00 a.m.	Si					Si							Si		
145	09:00:00 a.m.						Si				Si			Si		
146	09:20:00 a.m.	Si						Si						Si		
147	09:40:00 a.m.	Si					Si				Si			Si		

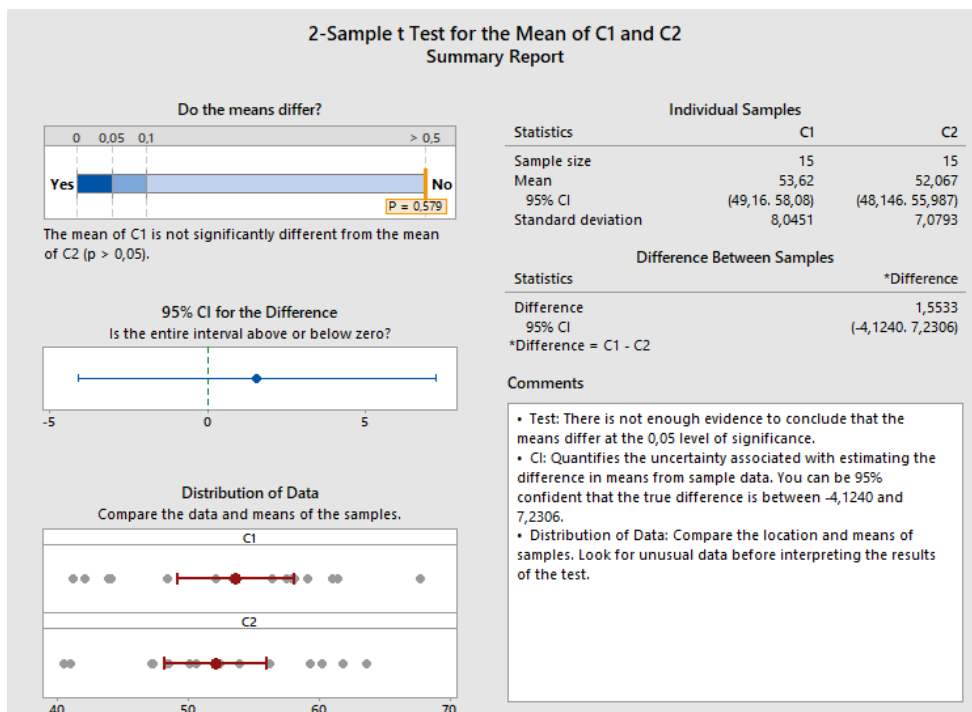
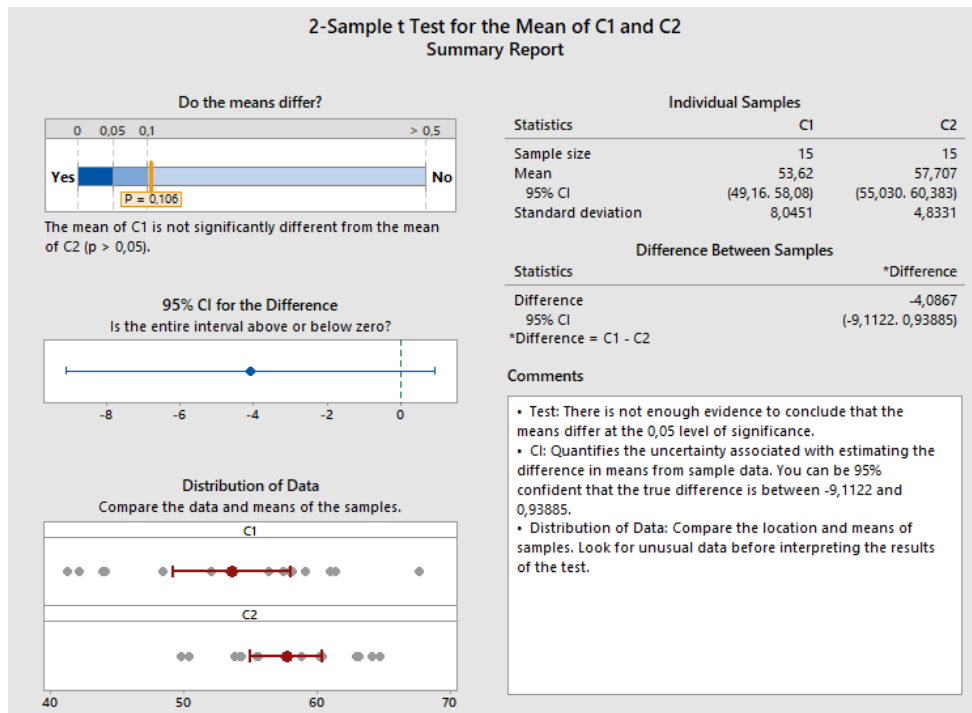
Apéndice C Muestreo de trabajo línea 2

#	HORA	ETAPA														
		MOLDEO			CORTE E INSPECCIÓN INICIAL			CORTE Y FORMA DE PUNTA			PERFECCIÓN DE PUNTA			INSPECCIÓN FINAL		
		TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA	TRABAJA PRIMARIA	TRABAJA SECUNDARIA	NO TRABAJA
1	08:40 a.m.	SI			SI											
2	09:00 a.m.	SI			SI				SI							
3	09:20 a.m.				SI				SI				SI			
4	09:40 a.m.	SI			SI				SI				SI			
5	10:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			
6	10:20 a.m.	SI			SI				SI				SI			
7	10:40 a.m.	SI							SI				SI			
8	11:40 a.m.	SI							SI				SI			SI
9	12:00 p.m.	SI			SI				SI				SI			SI
10	01:00 p.m.	SI			SI				SI				SI			SI
11	01:20 p.m.	SI			SI				SI				SI			
12	01:40 p.m.	SI							SI				SI			SI
13	08:20 a.m.				SI				SI				SI			SI
14	08:40 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
15	09:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
16	09:20 a.m.	SI			SI				SI				SI			
17	09:40 a.m.	SI			SI				SI				SI			
18	10:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
19	10:40 a.m.	SI			SI				SI				SI			
20	11:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
21	11:20 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
22	11:40 a.m.	SI			SI								SI			
23	12:00 p.m.	SI														SI
24	01:00 p.m.				SI				SI				SI			SI
25	01:20 p.m.				SI				SI				SI			
26	13:40								SI				SI			
27	02:00 p.m.								SI				SI			SI
28	08:20 a.m.								SI				SI			SI
29	08:40 a.m.								SI							
30	09:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			
31	09:20 a.m.	SI			SI				SI				SI			
32	09:40	SI			SI				SI				SI			
33	10:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
34	11:00 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
35	11:20 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
36	11:40 a.m.	SI			SI				SI				SI			SI
37	12:00 p.m.	SI			SI				SI				SI			SI
38	01:00 p.m.	SI			SI				SI				SI			
39	01:20 p.m.	SI			SI				SI				SI			
40	13:40	SI			SI				SI				SI			SI
41	02:00 p.m.	SI			SI								SI			SI
42	02:20 p.m.	SI			SI								SI			SI
43	08:40 a.m.								SI				SI			
44	09:00 a.m.	SI			SI				SI							
45	09:20 a.m.	SI			SI				SI							SI

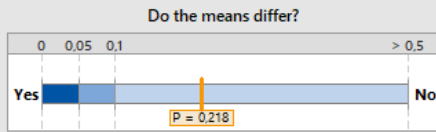
46	09:40 a.m.														
47	10:00 a.m.	SI			SI			SI				SI			
48	10:20 a.m.	SI			SI			SI				SI			
49	10:40 a.m.				SI			SI			SI				
50	11:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
51	11:20 a.m.	SI			SI			SI			SI				
52	11:40 a.m.	SI			SI			SI			SI				
53	12:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				
54	12:20 p.m.														
55	01:20 p.m.							SI			SI			SI	
56	01:40 p.m.							SI			SI			SI	
57	02:00 p.m.	SI						SI							
58	02:20 p.m.	SI			SI										
59	02:40 p.m.	SI			SI			SI							
60	03:00 p.m.	SI						SI			SI				
61	08:20 a.m.	SI									SI				
62	08:40 a.m.	SI			SI			SI			SI				
63	09:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
64	09:20 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
65	09:40 a.m.	SI			SI			SI			SI				
66	10:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
67	10:20 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
68	10:40 a.m.	SI			SI			SI			SI				
69	11:00 a.m.	SI			SI			SI			SI				
70	11:20 a.m.							SI			SI				
71	11:40 a.m.	SI			SI			SI			SI				
72	12:00 p.m.							SI			SI			SI	
73	01:00 p.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
74	01:20 p.m.	SI			SI			SI						SI	
75	01:40 p.m.	SI			SI									SI	
76	02:00 p.m.	SI			SI						SI			SI	
77	02:20 p.m.	SI			SI						SI			SI	
78	02:40 p.m.										SI			SI	
79	03:00 p.m.	SI			SI						SI			SI	
80	03:20 p.m.				SI			SI			SI				
81	03:40 p.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
82	08:00 a.m.	SI			SI						SI			SI	
83	08:20 a.m.										SI			SI	
84	08:40 a.m.				SI										
85	09:00 a.m.							SI			SI				
86	09:20 a.m.	SI			SI			SI			SI				
87	09:40 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
88	10:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
89	10:20 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
90	10:40 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
91	11:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
92	11:20 a.m.							SI			SI			SI	
93	11:40 a.m.							SI			SI			SI	
94	12:00 p.m.							SI			SI				
95	01:00 p.m.	SI			SI			SI			SI				
96	01:20 p.m.	SI			SI			SI			SI				
97	01:40 p.m.	SI			SI			SI			SI				
98	02:00 p.m.	SI			SI			SI						SI	
99	02:20 p.m.	SI			SI			SI						SI	
100	02:40 p.m.	SI			SI						SI			SI	
101	03:00 p.m.										SI			SI	
102	08:00 a.m.	SI			SI			SI							
103	08:20 a.m.										SI				
104	08:40 a.m.	SI						SI			SI			SI	
105	09:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
106	09:20 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
107	09:40 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
108	10:00 a.m.	SI			SI			SI			SI			SI	
109	10:20 a.m.							SI			SI			SI	

110	10:40 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
111	11:00 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
112	11:20 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
113	11:40 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
114	12:00 p.m.				Si			Si			Si			Si		
115	01:00 p.m.	Si			Si						Si			Si		
115	01:20 p.m.	Si			Si						Si			Si		
117	01:40 p.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
118	02:00 p.m.	Si			Si			Si								
119	02:20 p.m.	Si			Si			Si			Si					
120	02:40 p.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
121	03:00 p.m.	Si						Si						Si		
122	03:20 p.m.	Si			Si			Si			Si					
123	03:40 p.m.	Si						Si			Si			Si		
124	08:00 a.m.	Si						Si			Si			Si		
125	08:20 a.m.	Si						Si			Si			Si		
126	08:40 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
127	09:00 a.m.				Si			Si			Si			Si		
128	09:20 a.m.				Si			Si			Si			Si		
129	09:40 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
130	10:00 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
131	10:20 a.m.	Si			Si						Si			Si		
132	11:20 a.m.	Si			Si						Si			Si		
133	11:40 a.m.	Si			Si						Si			Si		
134	12:00 p.m.	Si			Si						Si			Si		
135	01:00 p.m.	Si			Si											
136	01:20 p.m.	Si			Si											
137	01:40 p.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
138	08:20										Si			Si		
139	08:40 a.m.	Si			Si						Si			Si		
140	11:00 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		
141	11:20 a.m.	Si			Si						Si			Si		
142	11:40 a.m.	Si			Si						Si			Si		
143	08:40 a.m.							Si								
144	09:00 a.m.	Si			Si			Si			Si					
145	09:20 a.m.	Si			Si			Si			Si					
146	09:40 a.m.	Si			Si			Si			Si					
147	10:00 a.m.	Si			Si			Si			Si			Si		

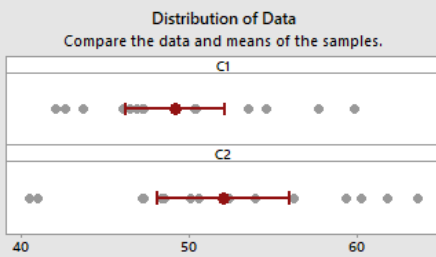
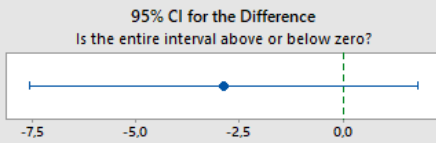
Apéndice D Variabilidad de datos correspondientes a la toma de tiempos por medio del programa Minitab



2-Sample t Test for the Mean of C1 and C2 Summary Report



The mean of C1 is not significantly different from the mean of C2 ($p > 0,05$).



		Individual Samples	
Statistics		C1	C2
Sample size		15	15
Mean		49,187	52,067
95% CI		(46,27. 52,11)	(48,146. 55,987)
Standard deviation		5,2708	7,0793

		Difference Between Samples	
Statistics		*Difference	
Difference		-2,88	
95% CI		(-7,5734. 1,8134)	
*Difference = C1 - C2			

Comments

- Test: There is not enough evidence to conclude that the means differ at the 0,05 level of significance.
- CI: Quantifies the uncertainty associated with estimating the difference in means from sample data. You can be 95% confident that the true difference is between -7,5734 and 1,8134.
- Distribution of Data: Compare the location and means of samples. Look for unusual data before interpreting the results of the test.