

Universidad Nacional Pedro Henríquez Ureña

Facultad de Ciencia y Tecnologías

Escuela de Ingeniería Industrial

“Propuesta de mejora para el proceso de ensamble del módulo PJG-0796 en una empresa de dispositivos médicos ubicada en el Parque Industrial Las Américas”



Trabajo de grado presentado por:

Patricia Del Carmen Jiménez Gómez

Para la obtención del grado:

Ingeniería Industrial

Santo Domingo, D. N.

2019

INDICE

DEDICATORIAS.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INTRODUCCION.....	III
PRIMERA PARTE: GENERALIDADES.....	1
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	2
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación.....	3
1.3 Formulación del problema.....	3
1.4 Objetivos.....	4
1.4.1 Objetivo general.....	4
1.4.2 Objetivos específicos.....	4
1.5 Alcance.....	4
1.6 Límites.....	4
1.7 Motivación.....	5
CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL.....	6
2.1 Antecedentes.....	6
2.2 Descripción general de la empresa.....	7
2.3 Misión.....	8
2.4 Visión.....	8
2.5 Valores.....	8
2.6 Política de calidad.....	9
2.7 Ubicación de la empresa.....	10
2.8 Localización de la empresa.....	10
CAPITULO III. MARCO TEORICO.....	11
3.1 Base teórica.....	11
CAPITULO IV. MARCO METODOLOGICO.....	14
4.1 Definición del tipo de investigación.....	14
4.2 Enfoque de la investigación.....	14
4.3 Diseño de la investigación.....	14
4.4 Instrumentos y técnicas de la investigación.....	15
4.5 Recolección y análisis de la data.....	15
4.6 Métodos.....	16
4.6.1 Método inductivo.....	16
4.6.2 Método de observación.....	16
4.7 Metodología de la investigación.....	16
SEGUNDA PARTE: DESARROLLO DEL PROYECTO.....	18
CAPITULO V. SITUACION ACTUAL.....	19
5.1 Árbol del problema.....	19
5.2 Análisis de causa raíz.....	21
5.3 Efectos negativos de la causa raíz en el producto final.....	24

5.4 Análisis de los 5 porqués.....	26
5.5 Diagrama de Pareto.....	27
5.6 Descripción del proceso actual en el módulo PJG-0796.....	28
5.7 Mapeo del proceso.....	30
5.8 Layout de operaciones.....	31
5.9 Capacidad de producción.....	31
5.10 Capacidad real y capacidad efectiva.....	32
5.11 Cálculo de eficiencia y utilidad.....	32
5.12 Estudios de tiempo.....	33
5.13 Dibujo del subensamble pjg-0796.....	34
5.14 Pronóstico de la demanda.....	35
5.15 Módulo de estación actual.....	36
CAPITULO VI. PROPUESTA.....	37
6.1 Árbol de objetivos.....	37
6.2 Tecnología ultrasonic welding process o soldadura ultrasónica.....	37
6.3 Aplicación por soldadura ultrasónica.....	38
6.4 Ultrasonic welding machine vs. heat staker machine.....	39
6.5 Requerimientos de la maquinaria.....	40
6.6 Reducción de desperdicios por defectos de la causa raíz.....	42
6.7 Maquinaria propuesta.....	43
6.8 Control de proceso.....	44
CAPITULO VII. EVALUACION ECONOMICA.....	46
7.1 Inversión de capital.....	46
7.2 Costos de operación de la situación actual versus propuesta.....	46
7.3 Factibilidad de la propuesta.....	50
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	54
BIBLIOGRAFIAS.....	55
ANEXOS.....	56
HOJA DE EVALUACION	

Propuesta de mejora para el proceso de ensamble del módulo
PJG-0796 en una empresa de dispositivos médicos ubicada en el
Parque Industrial Las Américas

DEDICATORIAS

Quiero aprovechar este espacio para dedicarle este trabajo de grado al ser más importante de este mundo y sobre todo en mi vida. Estoy totalmente agradecida de él, desde que nació mi abuela me inculcó que creer en Dios te ayuda a mantener la calma en los momentos difíciles, a ser perseverante ante las adversidades, a que todo es posible si tienes fé en él, fueron muchos los tropiezos y buenos momentos que me enseñó a vivir que para mí es indispensable dedicarle este esfuerzo tan arduo que he vivido en toda mi trayectoria universitaria, gracias a ese ser tan maravilloso hoy en día culmino una de las etapas más importantes de mi vida.

En segundo lugar quiero dedicar este trabajo de grado a mi queridísima abuela Elsa Mateo quien siempre me inculcó buenos valores, se preocupó por mí en todo momento y me ayudo siempre que lo necesité, mi abuela además me daba muy buenos consejos que gracias a ellos me han ayudado a ser la persona que soy hoy en día.

En tercer lugar quiero dedicarles este trabajo de grado a mis amados padres Felicita del Carmen Gómez y José Alejandro Jiménez quienes lucharon conmigo para que todo esto sea posible, por costearme la universidad aún sin poder sólo por hacer que yo llegue a ser una gran profesional, por brindarme su gran apoyo incondicional, por guiarme por el camino correcto, por ser unos padres ejemplares, esto es por y para ustedes.

Por último pero no menos importante quiero dedicarles este trabajo de grado a todas las personas que luchan día a día por alcanzar sus sueños, que hacen hasta lo imposible por llegar a la meta y que trabajan de forma auténtica y transparente para lograr los objetivos.

Patricia Del Carmen Jiménez

AGRADECIMIENTOS

Primero que todo quiero dar gracias a Dios, ya que sin él nada de esto habría sido posible. Gracias por estar siempre conmigo aún en esos momentos que dudé de tu presencia, por las pruebas que me ayudaste a vencer, por la guerrera en que me convertiste, señor Dios muchísimas gracias.

Gracias a mis padres, abuelos y demás familiares que me brindaron su apoyo incondicional en toda esta trayectoria, por su cariño y comprensión, muchísimas gracias.

Quiero agradecerle de manera muy especial a la Ing. Lidia González quien me guió en este camino de la ingeniería, me ayudó a estudiar en múltiples ocasiones, me enseñó a simplificarme la vida y no ahogarme en un vaso de agua, por todo el apoyo brindado, muchísimas gracias.

A todos mis compañeros de universidad que me ayudaron a disimular el estrés, a divertirme, a crear un vínculo de amistad, a ver las cosas en otra perspectiva, a trabajar en equipo, y desarrollar nuevas habilidades que antes no veía en mí, muchísimas gracias.

Al Ing. Marcelino Paniagua (Asesor) por brindarme asesoría, corregirme y enseñarme a realizar este proyecto de grado, gracias.

Quiero agradecerle a todo el equipo de BBraun que formó parte del desarrollo de este proyecto de grado especialmente a los Ing. Aylin Bidó y Aristides Peña por su ayuda incondicional y por compartir sus conocimientos conmigo, muchísimas gracias.

Al Director de la escuela de Ingeniería Industrial Ing. Jorge Encarnación por brindarnos grandes oportunidades en el ámbito laboral y por preocuparse de que salgamos ingenieros competentes, muchísimas gracias.

Patricia Del Carmen Jiménez

INTRODUCCION

El siguiente trabajo de grado es una investigación exploratoria-descriptiva cuyo objetivo es mejorar el proceso de soldadura o sellado para el ensamble que se realiza en el módulo pjg-0796 en la empresa BBraun Medical Dominicana ya que actualmente está generando situaciones no favorables. Esta empresa se dedica a la manufactura de dispositivos médicos, tales como bajantes de suero en diversas categorías y bombas de infusión.

Pjg-0796 es un subensamble que forma parte del ensamble de otros catálogos realizados en el área de manufactura, el mismo es distribuido específicamente en 10 familias de productos. Sin embargo, para este trabajo de grado solo se contemplará el proceso de ensamble de pjg-0796 ya que será el objeto de estudio de este trabajo de grado.

En la actualidad dicho proceso se realiza con una maquinaria llamada heat staker o heat sealing, la cual tiene aproximadamente 35 años en servicio, es decir, que consta prácticamente con una tecnología obsoleta. La misma genera 73,728 kW de consumo eléctrico anual, no cuenta con un plan de mantenimiento preventivo y debido a los años en los que ha estado en funcionamiento continuo, dicha maquinaria está generando producto no conforme, estos le generan una pérdida a la empresa de 67,592.74 dólares anual. Por esta razón se quiere evaluar la situación actual para mitigar y plantear una solución óptima a dicha problemática, que haga el proceso confiable, viable y eficiente.

La propuesta plantea la oportunidad de minimizar considerablemente las causas que producen el producto no conforme, reducción de mano de obra, eliminación de turnos extraordinarios y reducción de costos. Cabe destacar que este subensamble es de vital importancia para la empresa ya que el mismo forma parte de los sets que generan mayores ingresos a la compañía.

PRIMERA PARTE

GENERALIDADES

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En el proceso de inspección final de calidad una vez culminado el proceso de ensamble se han encontrado ciertas variaciones en el producto final, lo cual ha generado anualmente 10,867 unidades de producto no conforme, estas unidades no son retrabajables debido al tipo de defecto que estas presentan, es irreversible. Por lo que el producto se convierte en un desperdicio para la compañía.

El defecto que estos subensambles presentan se comprueba a través de una prueba visual y una prueba funcional que se le realiza al producto una vez es manufacturado. Estas pruebas consisten en inspeccionar el producto por medio de sus atributos o cualidades a través de la observación, y las pruebas funcionales que consisten en realizar una prueba de integridad al mismo por medio de una leak tester, esta prueba consiste en colocar el subensamble en un fixture de metal donde a través de este pasa una corriente de agua a 10 PSI, por lo que si el agua atraviesa el filtro quiere decir que existe una fuga o falla en el producto. Estas pruebas son realizadas por un inspector de calidad para verificar la funcionalidad del subensamble. Cabe destacar que esta inspección solo se realiza al final de la producción del lote del producto.

En adición se desconoce la causa que ocasiona la incongruencia en el subensamble, ya que el mismo cuando es inspeccionado visualmente no se encuentra dentro de los límites de aceptación del producto, es decir, se encuentra fuera de las de especificaciones del producto ya que no cumple con los requerimientos para ser un producto bueno y válido para ser aprobado y distribuido en los diferentes catálogos que utilizan este subensamble como complemento.

1.2 Justificación

El costo de un subensamble es de 6.22 dólares, y se han generado 10,867 unidades de producto no conforme, por lo que esto conlleva a una pérdida a nivel monetario de 67,592.74 dólares al año.

Actualmente debido a la cantidad de desperdicios generados en el proceso de manufactura del subensamble pjg-0796 la empresa está teniendo una pérdida en tres factores muy importantes que son el tiempo, el dinero y los recursos.

La justificación a esta situación se debe a que en el proceso actual existe alguna incongruencia e inestabilidad en alguna operación en el proceso que puede provenir tanto del operador, como de la maquinaria, la inspección del producto entre otras variables. Esto como consecuencia trae consigo efectos negativos en el área de manufactura ya que el subensamble es parte de otros catálogos y puede retrasar las demás operaciones de otros catálogos.

Algunas de las consecuencias más significativas de estos productos no conforme son las siguientes: retraso en la producción y órdenes de manufactura, posibilidad de trabajar turnos extraordinarios, retención de lotes manufacturados, retrabajo en las inspecciones de calidad, fuga del producto final en manos de los clientes que consumen dichos productos, entre otros.

1.3 Formulación del problema

- ¿Cuál es la situación actual?
- ¿Cómo podemos solucionar la problemática de la situación actual?
- ¿Cómo podemos verificar la factibilidad de la solución?

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo general

Minimizar la cantidad de producto no conforme generado en el módulo pjg-0796 mediante un cambio de tecnología en el proceso.

1.4.2 Objetivos específicos

- Realizar un diagnóstico de la situación actual, mediante la recolección y análisis de la información obtenida.
- Evaluar alternativas de solución a la problemática actual.
- Determinar la factibilidad de la propuesta.

1.5 Alcance

Como objeto de estudio de este trabajo de grado se tendrá presente el proceso de ensamble en el módulo pjg-0796 desde la llegada del material al área de trabajo hasta manufacturar el producto. El enfoque de la investigación va directamente relacionado a identificar la causa raíz del problema hasta determinar la solución óptima. Se realizará un estudio técnico que abarca los estudios y las técnicas utilizadas en la investigación. Además, se realizará una evaluación económica con la finalidad de ver si la propuesta planteada es factible y rentable.

1.6 Límites

El siguiente estudio se limitará a una investigación exploratoria-descriptiva. Esta propuesta excluye los demás procesos operativos de BBraun Medical Dominicana. No obstante, esta propuesta no contemplará como alternativa la reutilización de desperdicios y factores ergonómicos

que afecten la mano de obra. Tampoco se contemplará el proceso de empaque del producto final y la data a utilizar corresponderá a un periodo de un año desde 2018 hasta 2019.

1.7 Motivación

Identificar oportunidades, analizar situaciones, buscar soluciones, innovar, tener una buena planificación, desarrollar nuevas competencias, es parte del diario vivir de los ingenieros industriales. Siempre estaré satisfecha con la carrera que he elegido ya que para mí es un placer vivir esto a diario, es increíble cuando tienes una problemática y le buscas las mil y unas formas con tal de encontrar la solución óptima, desarrollar la habilidad de analizar me hace ser más competente y reitero que siempre la ingeniería será un continuo aprendizaje, ya que ingeniería significa ingeniárselas en un término popular y eso ocurre constantemente en cualquier situación de nuestras vidas.

El motivo principal de este trabajo de grado es poner en práctica los conocimientos que he adquirido en el transcurrir de mi carrera universitaria. Tuve la oportunidad de que esta empresa me permitiera realizar una pasantía en ingeniería de proyectos y poder realizar mi trabajo de grado o tesis.

Lo que me motivó a realizar este proyecto es que actualmente como está la tecnología es indispensable mantenerse a la vanguardia de las innumerables alternativas que tenemos para seguir mejorando e innovando. Por lo que para mí siempre será una meta mantenerme siempre actualizada con la tecnología, mejorar e innovar en diversos aspectos de mi entorno.

CAPITULO II. MARCO CONCEPTUAL

2.1 Antecedentes

BBraun Medical Dominicana es una compañía líder a nivel global en tecnología médica que desarrolla, fabrica y vende dispositivos médicos, soluciones y sistemas de infusión. BBraun Medical tiene su sede mundial en Melsungen, Alemania y opera en 60 países. La sede corporativa de BBraun Medical Inc. se encuentra en Estados Unidos de América, Bethlehem, Pennsylvania.

Esta compañía brinda sus productos a hospitales e instituciones de la salud, a la industria farmacéutica, veterinarias y al público en general. Esta empresa se preocupa por mejorar continuamente la salud y bienestar de las personas y animales, se enfocan en mejorar el suministro de soluciones, garantizando la calidad en sus productos.

BBraun Dominicana desarrolla su estrategia de crecimiento en la industria médica de la siguiente forma:

- 1999: Se iniciaron las operaciones de fabricación de subensamblajes en la planta de República Dominicana con 50 empleados directos.
- 2003: Productos terminados o “finished goods” manufacturados en la planta de República Dominicana.
- 2004: Se construyó un almacén y se expandió la fabricación para incluir dos máquinas de empaque, dos transportadores de 80 pies. Superficie de 48.483 pies cuadrados.
- 2006: Adquirió un nuevo edificio y construyó una nueva sala limpia para expandir las operaciones para proporcionar capacidad para la producción adicional de 40 millones de sets y 70 millones de subensamblajes.

- 2007: Líneas de productos transferidos desde las instalaciones de Puerto Rico a República Dominicana ya que adquirió un tercer edificio de manufactura.
- 2008: Una vez completada la transferencia de los sets de Puerto Rico y validado el tercer cuarto limpio, se introdujeron 200 nuevos catálogos, se introdujeron Complex Sets y productos especializados.
- 2009: Se estabilizan las operaciones: 65 millones de sets fabricados, 1,300 empleados, 5 edificios de 135,000 pies cuadrados.
- 2010 – 2018: Incremento constante de operaciones: 130 millones de sets fabricados y cuentan con 1,900 empleados.

2.2 Descripción general de la empresa

BBraun Dominicana es una compañía que dedica a la fabricación de bajantes de suero, en esta planta se realizan los ensambles y los subensamblajes que constituyen el producto terminado que luego serán exportados a Sterigenics (Atlanta, Georgia) para esterilización. Una vez esterilizados los productos terminados son enviados al centro de distribución principal (Allentown PA.) para liberación final y distribución a clientes.

BBraun Medical Dominicana cuenta con tres facilidades o edificios con sus respectivos clean rooms o cuartos limpios para la fabricación de sus productos, es una empresa regulada por la FDA, TUV, ISO-13485, MDD 93/42/EEC.

BBraun Medical se destaca por la calidad de sus productos, es una empresa muy reconocida a nivel global dentro de las industrias dedicadas a la fabricación de dispositivos médicos.

2.3 Misión

La ejecución impecable de las operaciones a través de la participación de los trabajadores, la aplicación de tecnologías innovadoras y la utilización eficiente de los recursos a través de nuestras áreas claves de enfoque: servicio, calidad, costo y personal.

2.4 Visión

Ser el proveedor líder de productos médicos que excedan las expectativas del cliente en calidad, valor y servicio.

2.5 Valores

- Cualquiera que busque mejorar la salud de las personas debe examinar las tareas en cuestión y enfrentarlas de frente. Deben comprender constantemente, reconocer nuevas oportunidades y ser apasionados y comprometidos con la búsqueda de soluciones efectivas. Esta filosofía nos une a BBraun. Una filosofía que nos impulsa a buscar el intercambio constructivo de ideas con nuestros socios y clientes todos los días. Para elaborar soluciones que superen las expectativas. Soluciones que están evolucionando y progresivamente.
- Compartir experiencia: significa desarrollar continuamente soluciones efectivas a través de diálogos constructivos con clientes y socios para proteger la salud y mejorar de forma sostenible la vida de las personas.
- Buscamos soluciones efectivas para mantener saludable un diálogo constructivo con nuestros clientes y socios.

- En BBraun, actuar de manera eficiente significa optimizar y simplificar procesos y procedimientos internos y externos. Esto crea más flexibilidad, reduce el estrés y aumenta el rendimiento en nuestra área.
- Actuar de manera innovadora significa desarrollar soluciones orientadas al futuro en un diálogo constructivo con socios, médicos, profesionales de la salud y pacientes, para desarrollar productos, sistemas de productos y nuevos procesos que puedan manejar los crecientes requisitos del mercado de la salud, que están evolucionando progresivamente.
- Actuar de manera sostenible significa asumir una auténtica responsabilidad económica, ecológica y social para los empleados, socios, médicos, profesionales de la salud y pacientes, así como para las regiones en las que viven y trabajan.

2.6 Política de calidad

Calidad es nuestro eje principal (**CORE**) en los siguientes aspectos:

- **C** Enfoque en el cliente / paciente: estamos comprometidos con la satisfacción total de nuestros clientes.
- **O** Excelencia operacional: nos esforzamos por lograr cero defectos a través del mejoramiento continuo.
- **R** Resultados y crecimiento de nuestras ganancias: entendemos que la calidad es esencial para nuestro negocio.
- **E** Empleados: somos empleados comprometidos que sostenemos los más altos estándares de calidad y cumplimiento.

Esto lo conseguimos mediante el cumplimiento de requisitos regulatorios aplicables y manteniendo un sistema de gestión de calidad eficaz.

2.7 Ubicación de la empresa

Zona franca, Parque Industrial Las Américas, km 22 Autopista Las Américas, 11606. Santo Domingo, República Dominicana.

2.8 Localización de la empresa

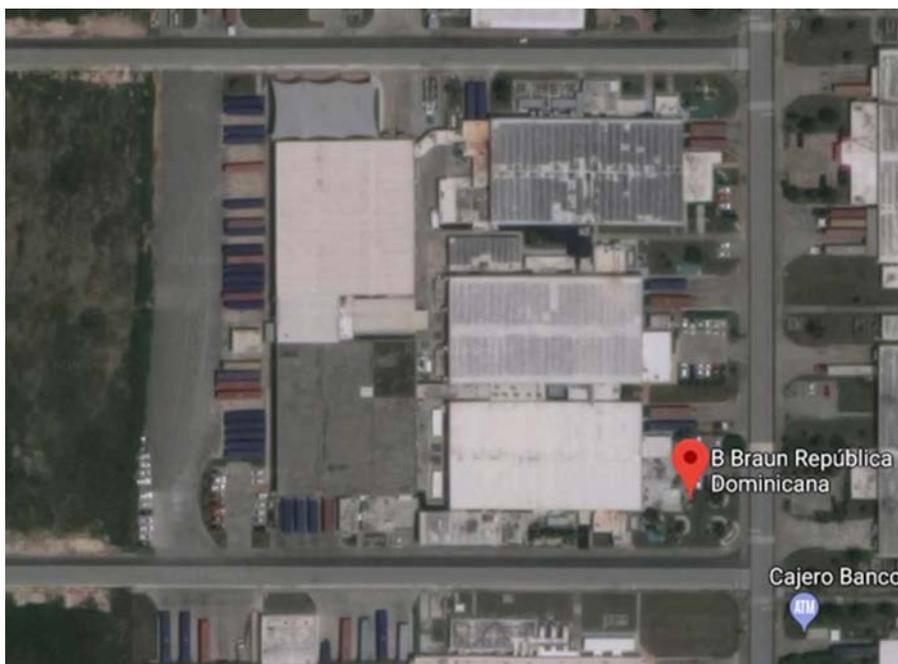


Figura 1. Localidad BBraun Medical Dominicana

CAPITULO III. MARCO TEORICO

3.1 Base teórica

Pjg-0796: es un subensamble que es utilizado como filtro en otros sets de manufactura con la finalidad de crear una diferencia de presión y la solución o fluido pueda fluir por gravedad.

(BBraun Dominicana, 2018)

Disco de filtro: es una tira de plástico que se coloca en la cortadora de filtro para ser cortada en forma circular o en forma de disco y se utiliza en el proceso de ensamble de PJG-0796. (BBraun

Dominicana, 2018)

Housing filter: se define como la caja de plástico en la que se coloca el disco de filtro para ser ensambladas en la heat staker machine. (BBraun Dominicana, 2018)

Producto no conforme: es una variación en el producto que puede retener la salida del mismo ya que no cumple con los estándares y especificaciones establecidos. (BBraun Dominicana, 2018)

Productividad: el indicador de eficiencia que relaciona la cantidad de recursos utilizados con la cantidad de producción obtenida. (Casanova, 2002)

Polímeros: dicho de una manera sencilla, los polímeros son moléculas muy grandes (macromoléculas) que están formadas por unidades menores o monómeros. La ordenación de estas unidades, los diversos tipos de cadenas que pueden ser sintetizados y las formas que pueden adoptar dichas cadenas dan lugar a una clase de materiales que se caracterizan por un enorme e intrigante conjunto de propiedades. (Paul C. Painter & Michael M. Coleman, 2008)

Plásticos: los plásticos son aquellos materiales que, compuestos por resina, proteínas y otras sustancias, son fáciles de moldear y pueden modificar su forma de manera permanente a partir de una cierta compresión y temperatura. Un elemento plástico, por lo tanto, tiene características diferentes a un objeto elástico. Por lo general, Los plásticos son polímeros que se moldean a partir de la presión y el calor. Una vez que alcanzan el estado que caracteriza a los materiales que solemos denominar plásticos, resultan bastante resistentes a la degradación y, a la vez, son livianos. De este modo, los plásticos pueden emplearse para fabricar una amplia gama de productos. (Julián Pérez Porto y Ana Gardey, 2013)

Tecnología heat stake o termosellado: el termosellado es el proceso de sellar o soldar un termoplástico a otro termoplástico similar usando calor y presión. El método de contacto directo del sellado por calor utiliza una matriz calentada constantemente para aplicar calor en área de contacto específica para soldar los termoplásticos juntos. (BBraun Dominicana, 2018)

Tecnología ultrasonic welding o soldadura ultrasónica: la soldadura ultrasónica para componentes de plástico es la unión o reformado de los termoplásticos mediante el uso del calor generado por el movimiento mecánico de alta frecuencia. Se logra mediante la conversión de energía eléctrica de alta frecuencia en movimiento mecánico de alta frecuencia. Ese movimiento mecánico, junto con la fuerza aplicada, crea calor de fricción en las superficies de acoplamiento de los componentes plásticos, por lo que el material plástico se funde y forma un enlace molecular entre los componentes (BBraun Dominicana, 2018)

Tiempo estándar: los estándares de tiempo en manufactura se usan para distintos propósitos dentro de una organización. Sus usos incluyen asignación y control de costos, presupuestos, producción, planeación y administración de inventarios, evaluación de desempeño y pago de incentivos, donde

haya, y evaluación de métodos alternativos de operación (Fred E. Meyers & Matthew P. Stephens, 2006)

Defecto mayor: los defectos del producto dentro de esta clasificación que provocan lesiones al paciente, o el producto falla y es detectable, pero provoca un retraso en el tratamiento que puede o no poner al paciente en riesgo de lesiones graves. (BBraun Dominicana, 2018)

Defecto crítico: muerte causada directamente por el producto, o cuando el producto fue un factor contribuyente. (BBraun Dominicana, 2018)

Parámetros: los parámetros son medidas descriptivas de una población completa que se pueden utilizar como las entradas para que una función de distribución de probabilidad genere curvas de distribución. Los parámetros generalmente se presentan con las letras griegas para distinguirlas de los estadísticos de muestra. (Minitab, 2018)

Leak o fuga: es una prueba de calidad y/o modo de falla que se le hace al producto final para verificar la integridad del mismo, cuando en la pieza el fluido atraviesa el filtro se dice que existe un leakeo o fuga. (BBraun Dominicana, 2018)

RACI: es una matriz que engloba todos los departamentos involucrados dentro de la ejecución de un proyecto y determina el nivel de compromiso que posee cada uno de los departamentos dentro del proyecto. (BBraun Dominicana, 2018)

CAPITULO IV. MARCO METODOLOGICO

4.1 Definición del tipo de investigación

Este proyecto se llevó a cabo bajo el tipo de investigación exploratoria-descriptiva debido a que el desarrollo de este trabajo de grado está basado en la recolección de data por atributo.

Investigación exploratorio-descriptiva: describir en este caso es sinónimo de medir. Miden variables y conceptos con el fin de especificar las propiedades importantes de comunidades, personas, grupos o fenómeno bajo análisis. El énfasis está en el estudio independiente de cada característica. (Babbie 1979)

Este método de investigación es seleccionado por, como bien expresa su definición, este proyecto requiere la recolección de datos e informaciones para así poder definir la situación actual del proceso y formular una hipótesis que se apege a la realidad de la situación estudiada.

4.2 Enfoque de la investigación

Definir el proceso de ensamble de pjg-0796 con la tecnología actual y plantear la necesidad de migrar a una nueva tecnología o maquinaria para mejorar las condiciones del proceso actual para minimizar la cantidad de desperdicios por producto no conforme.

4.3 Diseño de la investigación

Existen dos tipos de diseño de la investigación:

- Investigación documental, aquella que se lleva a cabo a través de consultas con libros, revistas, documentales, procedimientos, artículos, referencias de otras tesis, google académico, etc.

- Investigación de campo o investigación directa, aquella en que los datos a utilizar son efectuados en lugar y tiempo real en que acontecen los hechos.

Este proyecto o tesis utiliza ambas investigaciones, es decir, es una investigación mixta debido a que se recurrió a las consultas de documentos, normativas, para poder llevarse a cabo y también se recolecto data en tiempo real para poder llevar cabo los análisis correspondientes.

4.4 Instrumentos y técnicas de la investigación

Esta investigación se llevó a cabo con la recolección de data en tiempo real, fuentes bibliográficas, toma de tiempos en condiciones normales. Entre las herramientas utilizadas se encuentran:

- Mapeo del proceso
- Diagrama de Ishikawa o espigas de pescado
- Diagrama de Pareto
- Layout de operaciones
- 5 Por qué?
- Estudios de tiempo
- Dibujos de los componentes

4.5 Recolección y análisis de la data

El levantamiento realizado para la toma de la data a investigar fue tomado de las inspecciones realizadas por un inspector de calidad en su jornada normal de producción, en la cual se determinó debido a las incidencias que estaban ocurriendo de que se estaban generando desperdicios por producto no conforme, es por esta razón que la empresa se vio en la necesidad de poner en investigación dicha situación.

4.6 Métodos

Esta sección explica cómo se utilizaron los diferentes métodos en los que se incurrieron para poder llevar a cabalidad este trabajo de grado, tales como el método inductivo y el método de observación.

4.6.1 Método inductivo

Se utilizó el método inductivo en la investigación ya que este utiliza la observación directa del objeto de estudio, la experimentación y las relaciones que existen entre ellos. Este método fue seleccionado en la investigación debido a que gracias a la observación y a través del experimento se identificaron factores que inciden en el proceso.

4.6.2 Método de observación

Se utilizó este método ya que antes de empezar a investigar buscando data histórica de las discrepancias que se han registrado, primero observamos todo el proceso para analizar cómo es el proceso de manufactura realmente, la ejecución de sus operaciones, el manejo de los materiales y equipos que utilizan para poder realizar el subensamble pjg-0796.

4.7 Metodología de la investigación

Se utilizará la metodología DMAIC (define, measure, analysis, improve, control) para el desarrollo de la investigación. Esta metodología se compone por las siguientes partes:

Definición (define): en esta fase se explicará la problemática actual, se dará una breve descripción del proceso, el alcance y los límites de la investigación, así como también los

resultados esperados, se definirá todo lo relacionado al proceso de ensamble para obtener informaciones verídicas y entonces proceder a la ejecución de la investigación.

Medición (measure): en esta fase se recopilarán los datos en cuestión para poder medir la cantidad de producto no conforme generados en el módulo, que cantidad de dinero se está perdiendo en la situación actual y lo que se ahorrará si se implementa dicha propuesta.

Análisis (analysis): en esta fase se analizará lo que se determinó en la fase de medición para obtener con exactitud las causas del problema generado en el proceso de ensamble de pfg-0796. Para analizar dicha situación se utilizarán dos herramientas básicas de ingeniería, tales como, un diagrama de Ishikawa y un diagrama de Pareto.

Mejoramiento (improve): en esta fase se mejora todo lo relacionado al proceso de ensamble realizado en el módulo pfg-0796 mediante la propuesta la cual conlleva a reducción de costos y desperdicios.

Control (control): es de suma importancia asegurar que la propuesta sea factible y esto se puede lograr mediante controles de defectos durante el proceso de manufactura del producto.

SEGUNDA PARTE

DESARROLLO DEL PROYECTO

CAPITULO V. SITUACION ACTUAL

5.1 Árbol del problema

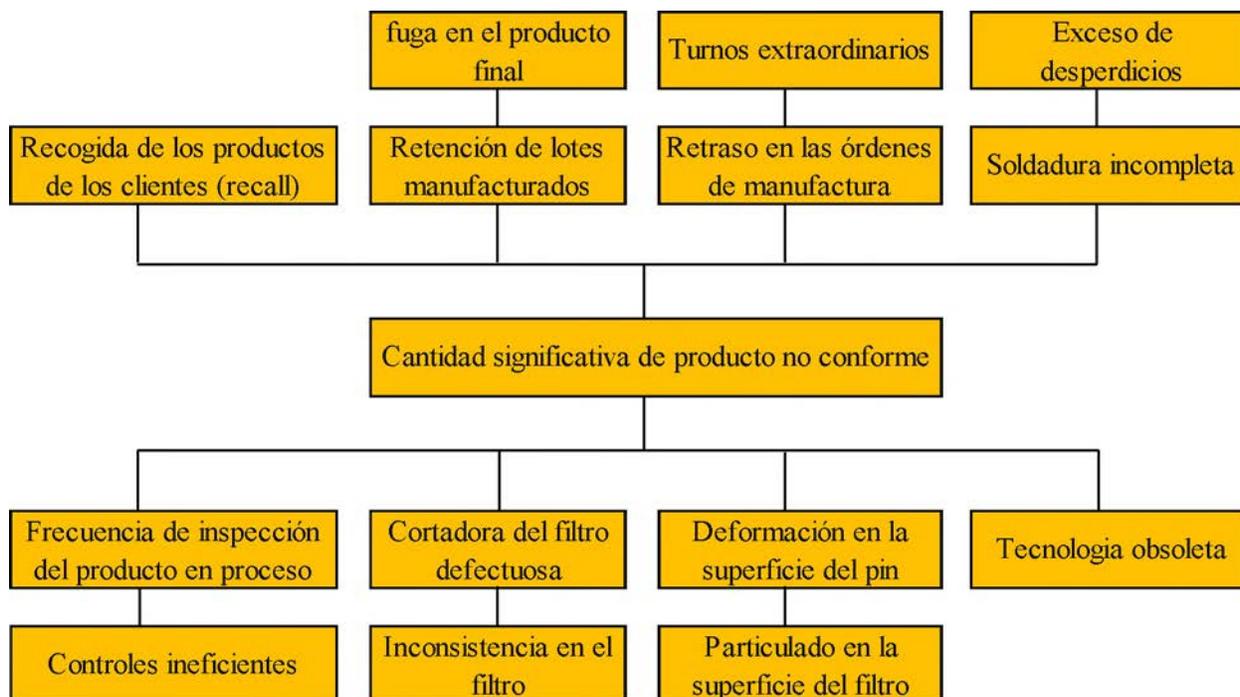


Figura 2. Árbol del problema

Existen muchos factores asociados a la situación actual que han traído consigo un alto porcentaje de producto no conforme, dada esta situación como consecuencia de la misma tenemos una cantidad significativa de desperdicios, donde los mismos son irretabajables por el tipo de defecto que estos presentan.

Como consecuencia a esta situación manufactura se ha visto afectada negativamente ya que puede ocasionar retrasos en las órdenes de manufactura, trabajar en horarios extraordinarios, retención de lotes, etc.

Para mitigar dicha situación se utilizará una herramienta básica de ingeniería ideal para encontrar la causa raíz del problema, esta consiste en un diagrama de Ishikawa o diagrama de pescado por la forma que este posee, con la finalidad de encontrar las causas potenciales del problema, o finalmente la causa raíz.

También se tendrá presente el análisis de los 5 porqués ya que a la hora de tener una problemática siempre surge la interrogante de porqué se dan dichas situaciones, por lo que para este estudio se tendrá presente esta otra herramienta, para tener mayor visibilidad y entendimiento a la hora de encontrar la causa raíz del problema.

En el hito 5.3 se presentaran los efectos negativos visuales que ha traído consigo una cantidad significativa de desperdicios y la mayoría de estos efectos se tiene previsto como factor potencial que se dan por la ineficiencia de la maquinaria que utilizan en el proceso actual. Lo que por consiguiente una causa potencial del problema podría ser la maquinaria que utilizan en el proceso de soldadura.

5.2 Análisis de causa raíz

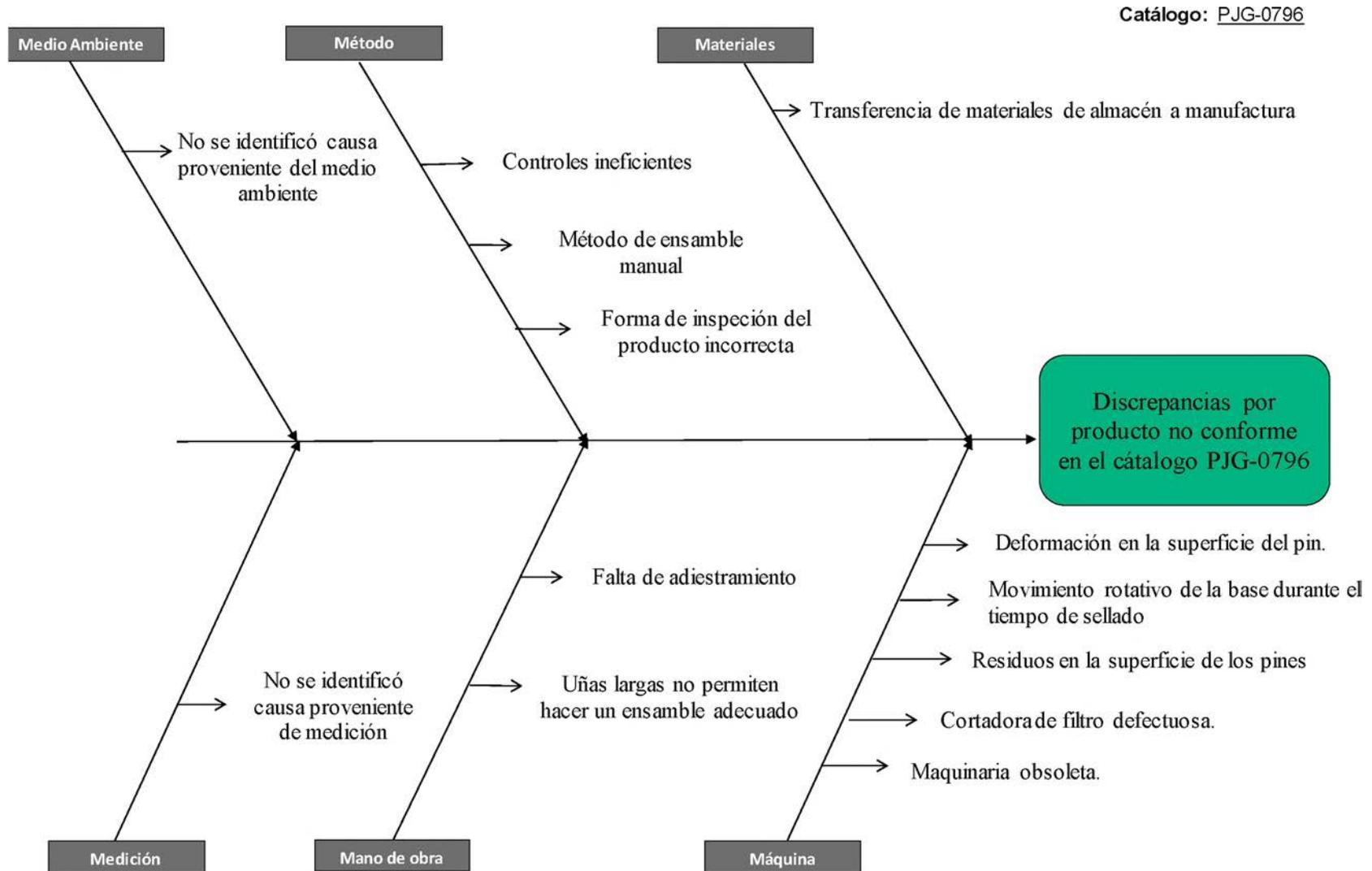


Figura 3. Diagrama de Ishikawa

A continuación se presentará un desglose de cada una de las espinas del diagrama de Ishikawa con el objetivo de identificar la causa raíz del problema.

Medio ambiente: en la espina de medio ambiente no hubo alguna incidencia que pudiese afectar el proceso de manufactura del subensamble PJG-0796 ya que las operaciones se realizan bajo un ambiente controlado.

Método: en la espina de método se identificó que existen controles ineficientes en el sentido de que no se inspecciona el producto durante el proceso sino al final de la producción del lote, también se sabe de ante mano que el tener ensambles de forma manual aumenta el margen de error durante la manufactura del producto y la forma de inspección al producto final es ineficiente.

Materiales: en la espina de materiales se da la situación de que rara vez envían de almacén a manufactura materiales que no van relacionados al proceso que se realiza en el módulo PJG-0796.

Medición: en la espina de medición no existe causa que pudiese generar producto no conforme ya que los instrumentos utilizados para realizar las pruebas están calibrados y en buen funcionamiento.

Mano de obra: el no cumplir con las normas de entrada al cuarto de manufactura puede ocasionar producto no conforme ya que se pueden transferir bacterias al producto, en el caso de las uñas largas que no permiten hacer un ensamble adecuado debido al tipo de ensamble que se realiza en dicho proceso, además de la falta de adiestramiento al personal puede ocasionar una acción inadecuada dentro del proceso de manufacturar el producto.

Maquinaria: en la espina de maquinaria se encuentra la mayor cantidad de factores que afectan al producto negativamente y los más significativos, que pudiesen generar producto no conforme, por lo que esta es la espina con mayor cantidad de causas potenciales y que provoca la mayor cantidad

de defectos en el producto, por lo tanto, esta es la espina que potencialmente sería la causa raíz del problema. Dentro de los factores que ocasionan producto no conforme están los siguientes:

- Deformación en la superficie del pin.
- Alineamiento de la base con la matriz desincronizada.
- Cortadora del filtro defectuosa.
- Aplicador o matriz sobrecalentada.
- Residuos en la superficie de los pines, generación de particulado en la superficie del filtro.
- Maquinaria obsoleta, ha excedido su vida útil.

Es evidente que de todas las espinas de este diagrama la causa principal de este problema radica en la espina de la maquinaria ya que es visible y palpable la cantidad de factores provenientes de esta espina que afectan de forma negativa al producto final.

A continuación en el hito 5.4 se presentará un análisis de los 5 porqués con la finalidad de investigar más a fondo y concretar finalmente que la espina de la maquinaria es la causa raíz de dicho problema.

5.3 Efectos negativos de la causa raíz en el producto final

Debido a la deformación o desgaste de la superficie del pin existe inconsistencia en el filtro. Ver anexo figura 4.



Figura 4. Inconsistencia en el filtro

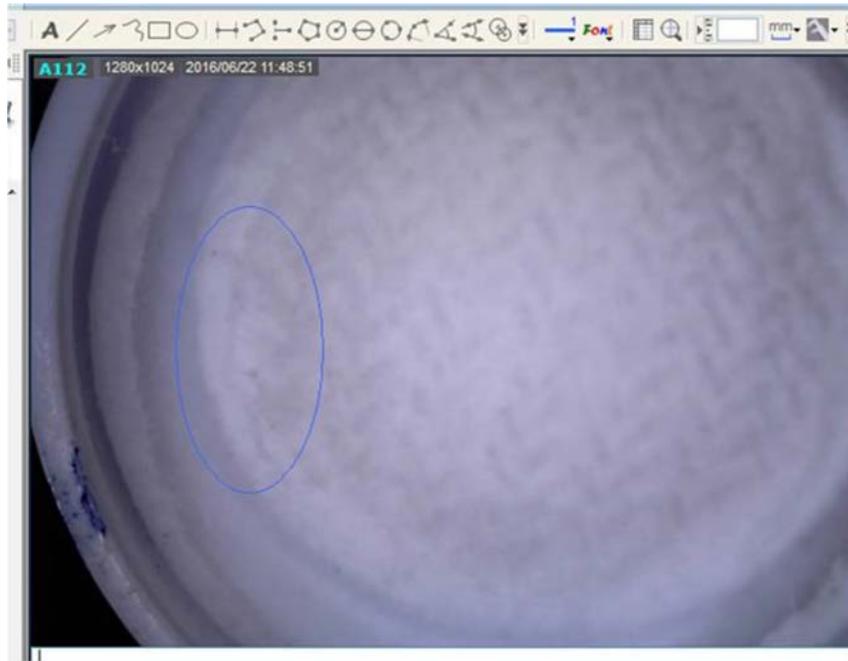


Figura 5. Soldadura incompleta

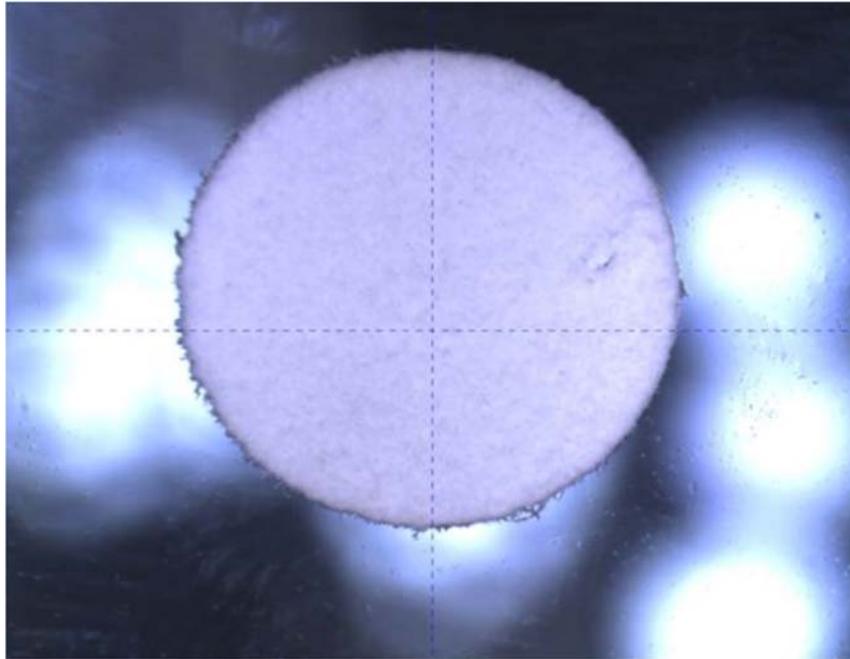


Figura 6. Particulado en la superficie del filtro



Figura 7. Sobre calentamiento



Figura 8. Leak o fuga

5.4 Análisis de los 5 porqués

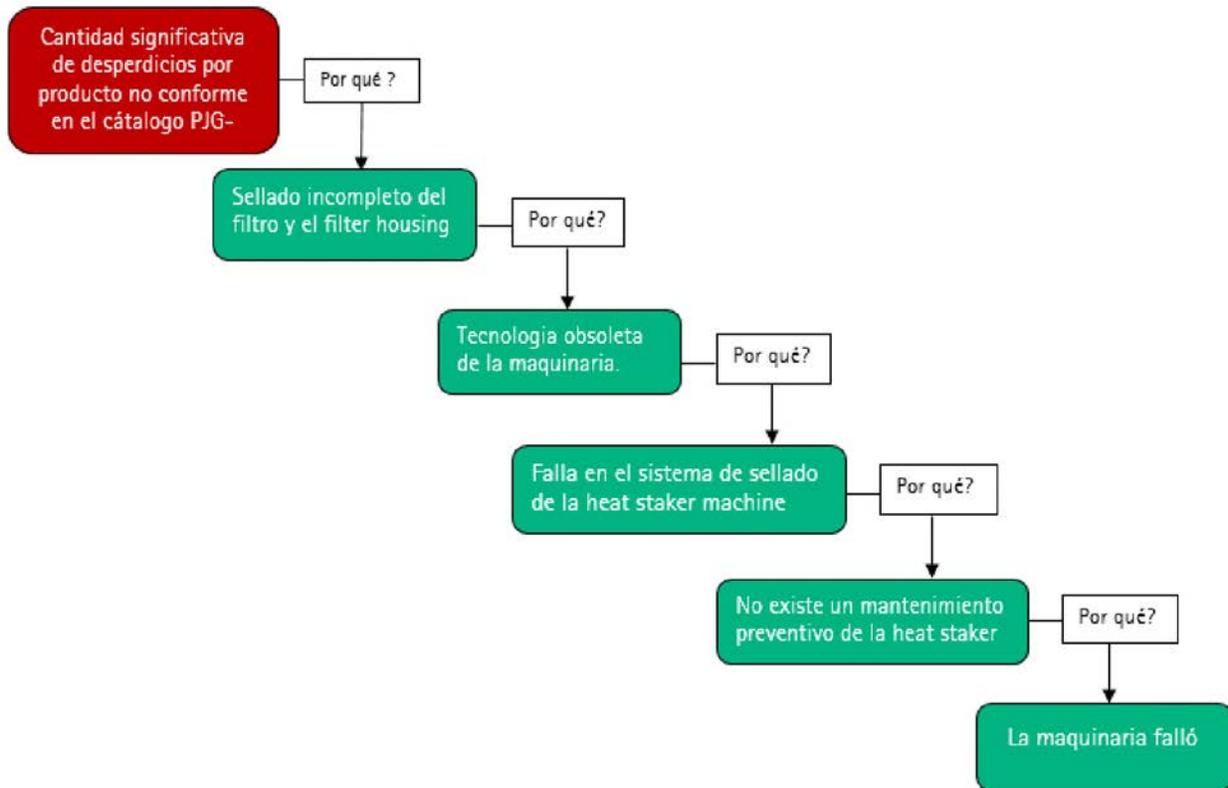


Figura 9. Los 5 porqués

5.5 Diagrama de Pareto

La tabla 1 presenta la cantidad de unidades defectuosas generadas por la causa raíz del problema existente, evidentemente estos defectos son irreversibles, es decir, que no se pueden retrabajar, lo cual se convierte en un desperdicio para la empresa y una pérdida significativa para la compañía de 67,592.74 dólares en un período de un año. Esta tabulación se tomará como referencia para realizar un diagrama de Pareto e identificar dentro de todas las causas cuales son las más significativas.

Cantidad de desperdicios actual (enero - diciembre 2018)					
Defectos	Cantidad por unidad	Costo por unidad (\$USD)	Costo total (\$USD)	Frecuencia relativa %	Frecuencia relativa acumulada %
Alineamiento de la base desincronizada	299	\$ 6.22	\$ 1,859.78	2.75%	2.75%
Deformación de la superficie del pin	436	\$ 6.22	\$ 2,711.92	4.01%	6.76%
Residuos en la superficie de los pines	778	\$ 6.22	\$ 4,839.16	7.16%	13.92%
Matriz sobrecalentada	5,302	\$ 6.22	\$ 32,978.44	48.79%	62.71%
Cortadora de filtro defectuosa	4,052	\$ 6.22	\$ 25,203.44	37.29%	100.00%
Total	10,867		\$ 67,592.74	100.00%	

Tabla 1. Promedio de desperdicios por defecto

La figura 10 presenta un diagrama de Pareto, un análisis de las causas más significativas, es decir, donde se concentra la mayor cantidad de desperdicios en el módulo. El gráfico muestra que solo dos de las causas principales que en su defecto ocasionan los desperdicios con un acumulado de un 86.10% de las incidencias.

Cabe destacar que algunos de estos defectos son detectados por el operador como el sobrecalentamiento y se descartan antes de llegar a las manos de control de calidad para evitar el tener que generar una discrepancia por producto no conforme más sin embargo otros son imperceptibles a la vista y ameritan de una inspección más profunda.

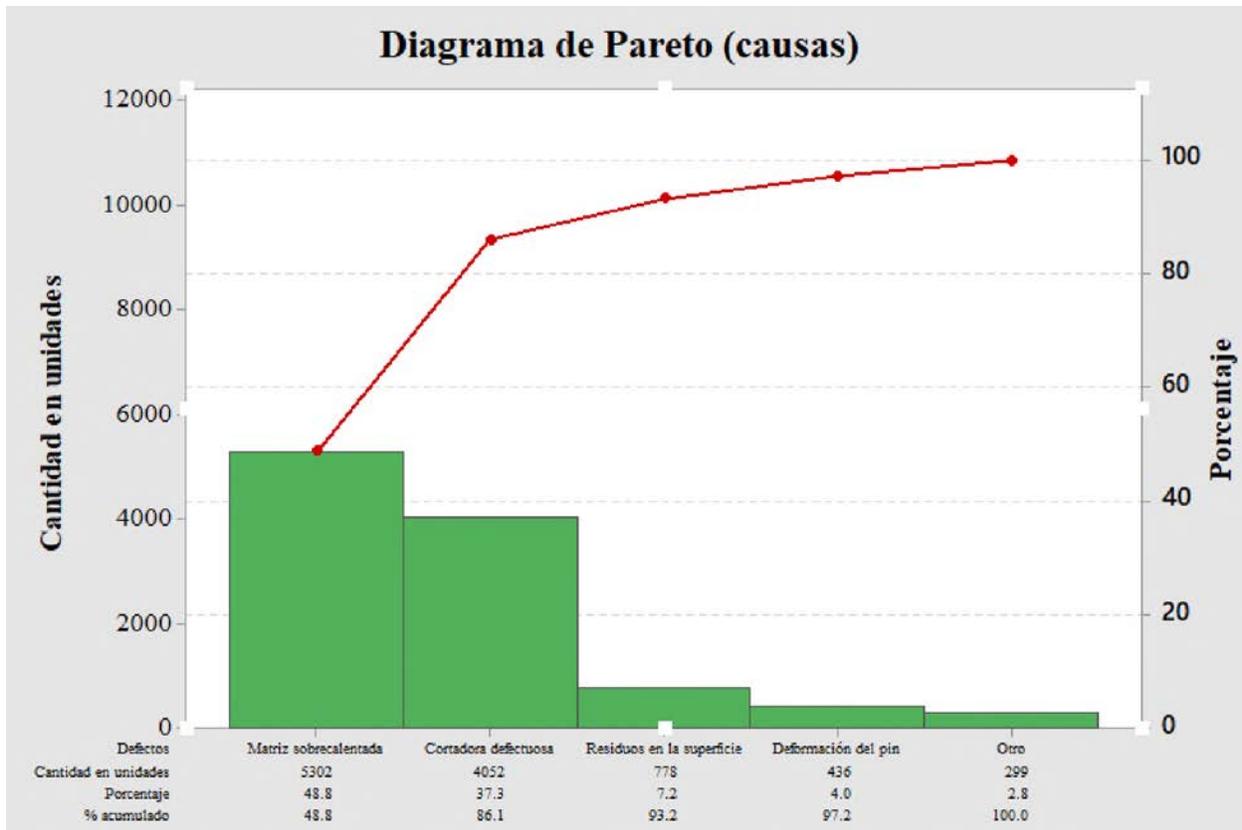


Figura 10. Diagrama de Pareto

5.6 Descripción del proceso actual en el módulo PJG-0796

El proceso de manufactura del subensamble está dividido en cinco etapas macro denominadas como “high level process map”. En adición estas etapas van acompañadas de un desglose de actividades u operaciones que se llevan a cabo para poder concretar dichas fases. Estas etapas se describen de la siguiente forma:

- Despeje de área
- Preparación
- Seteo
- Proceso de ensamble
- Verificación

Despeje de área: consiste en remover los materiales de las órdenes anteriores con la finalidad de tener una estación de trabajo limpia y organizada para que no ocurra alguna situación inesperada dentro del proceso, igualmente se remueven las etiquetas y/o labels utilizados en las órdenes anteriores, también se limpia la máquina con alcohol al 70% para eliminar los residuos ya que esta máquina trabaja con altos niveles de temperatura y generalmente se debe limpiar varias veces en ambos turnos.

Preparación: en esta etapa se hace la gestión de materiales desde almacén a manufactura, estos son enviados por el área de gris de manufactura o área de transferencia de materiales, allí se sacan de la funda y se llevan al módulo de trabajo, luego estos se verifican una vez ya estén en la estación de trabajo para que estén acorde a la orden de producción y a las especificaciones del dibujo, luego se colocan los materiales en sus respectivos lugares de uso.

Seteo: la fase de seteo contempla todos los parámetros que se le introducirán a la maquinaria para llevar a cabo el proceso de soldadura y su respectiva documentación para llevar la trazabilidad de la misma.

Proceso de ensamble: en esta etapa se llevan a cabo todas las operaciones que constituyen el subensamble pjg-0796, dígame: corte del filtro, ensamble de los componentes, activación de los sensores, ejecución de la soldadura, y la expulsión del producto terminado por aire comprimido hacia el totebine.

Verificación: la etapa de verificación contempla toda la fase de inspección tanto del seteo como de las unidades terminadas y la verificación de los documentos del DHR (Device History Record por sus siglas en inglés).

5.7 Mapeo del proceso

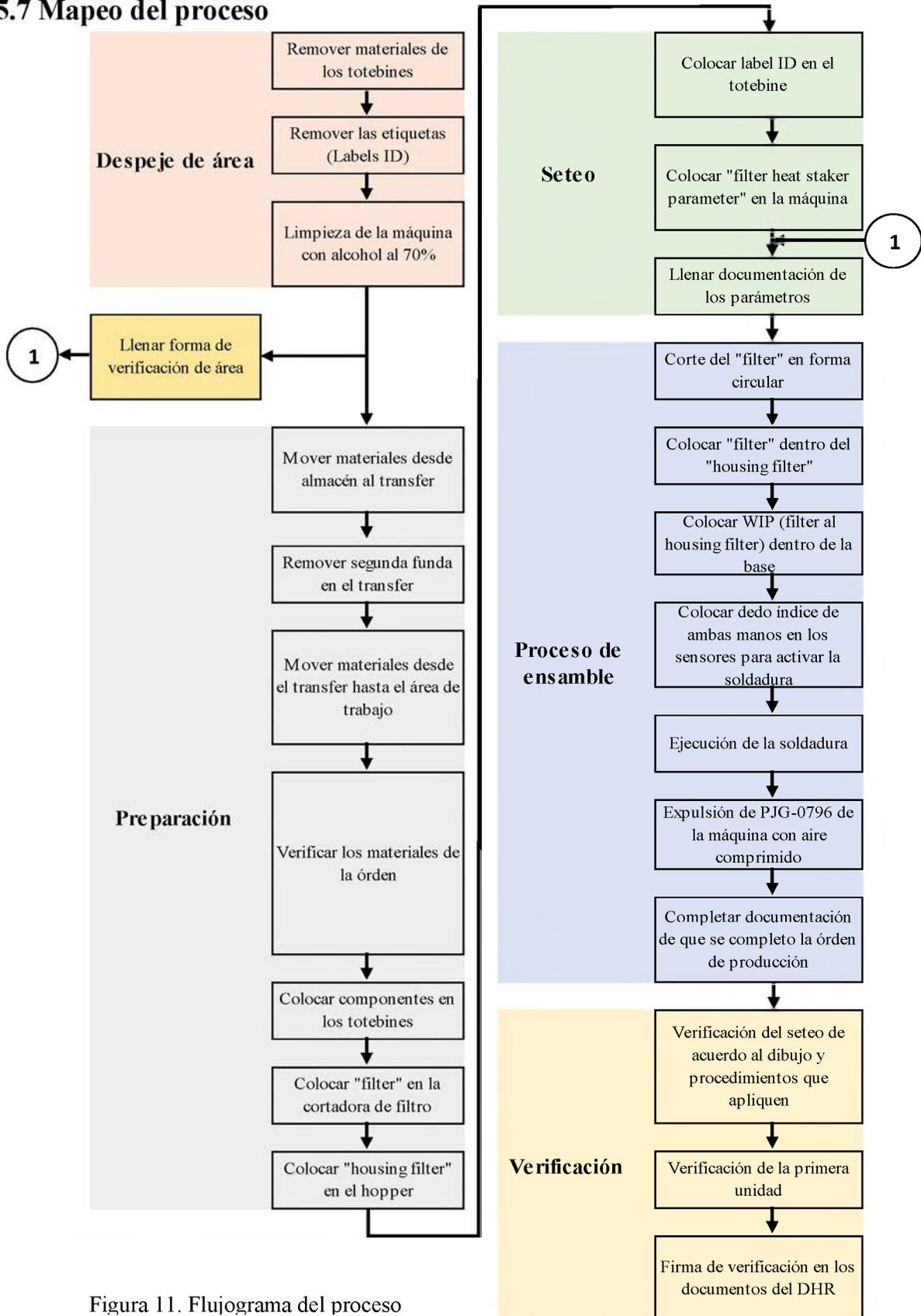


Figura 11. Flujograma del proceso

5.8 Layout de operaciones

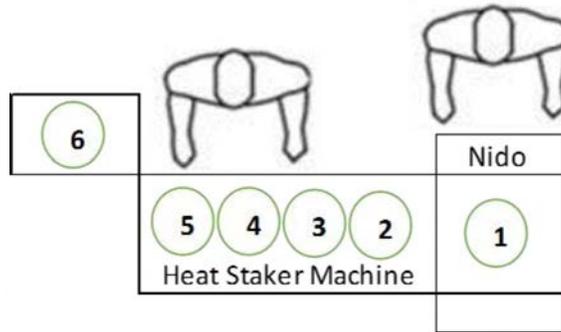


Figura 12. Vista en planta del proceso

Layout de operaciones	
1	Corte del filter en forma de disco
2	Colocar filter dentro del housing filter
3	Colocar WIP (filter al housing) dentro de la base de la heat staker machine
4	Colocar dedo índice de ambas manos para activar el sellado
5	Ejecución del sellado
6	Expulsión de PJG-0796 de la máquina con aire comprimido

Tabla 2. Layout de operaciones de ensamble

5.9 Capacidad de producción

La capacidad de producción según la data histórica proporcionada por la empresa BBraun Dominicana, son capaces de producir 586 subensambles por hora, lo que en un turno de 8 horas/hombre serían 4,688 unidades por turno. La empresa actualmente requiere de dos turnos para poder cubrir las órdenes de manufactura, es decir, que en total en un día de trabajo se producen 9,376 unidades de PJG-0796.

$$2 \frac{\text{turnos}}{\text{dia}} * 8 \frac{\text{horas}}{\text{turno}} * 1 \frac{\text{dia}}{9,376 \text{ (PjG-0796)}} = 0.0017 \frac{\text{horas}}{\text{(PjG-0796)}} * 60 \frac{\text{mins}}{\text{hora}} * 60 \frac{\text{segs}}{\text{min}} = 6.12 \frac{\text{segs}}{\text{PjG-0796}}$$

Cantidad	Unidad
2	turnos/dia
8	horas/turno
1/9376	dia/PJG-0796
0.0017	horas/PJG-0796
3600	segs/hora
6.12	segs/PJG-0796

Tabla 3. Capacidad de producción

5.10 Capacidad real y capacidad efectiva

Actualmente no se conoce una empresa de manufactura que opere en su máxima capacidad. Sin embargo en ingeniería se considera un funcionamiento de un 85% para la efectividad y menos un 2% para la capacidad real.

Capacidad efectiva = 9,376 subensambles * 85% = **7,969** subensambles

Capacidad real = 9,376 subensambles * 83% = **7,782** subensambles

5.11 Cálculo de eficiencia y utilidad

$$\text{Eficiencia} = \frac{7,782 \text{ subensambles}}{7,969 \text{ subensambles}} * 100\% = 97.65\%$$

$$\text{Utilidad} = \frac{7,782 \text{ subensambles}}{9,376 \text{ subensambles}} * 100\% = 82.47\%$$

5.12 Estudios de tiempo

Para la toma de estudios de tiempo se utilizó un cronómetro como instrumento de medición para cada una de las operaciones que constituyen a PJG-0796.

Períodos	Operaciones					
	1	2	3	4	5	6
1	0.590	3.060	0.840	0.970	1.690	0.250
2	0.910	2.850	1.290	1.950	1.970	0.190
3	0.940	3.780	0.810	1.000	1.410	0.190
4	0.840	1.820	0.810	0.670	1.810	0.340
5	0.880	3.060	1.280	1.090	1.470	0.250
6	0.810	1.840	1.130	1.190	1.660	0.250
7	0.780	2.780	1.280	0.970	1.720	0.180
8	0.780	3.070	1.220	1.000	1.410	0.190
9	0.780	2.870	1.060	1.180	1.430	0.210
10	0.780	2.690	1.190	1.280	1.500	0.240
11	0.820	3.000	1.060	1.090	1.250	0.220
12	0.810	2.970	1.340	1.380	1.380	0.280
13	0.780	2.940	0.970	1.060	1.220	0.220
14	0.780	2.150	0.750	1.220	1.620	0.280
15	0.780	3.350	1.220	1.180	1.850	0.190
16	0.750	2.560	1.350	1.160	1.500	0.220
17	0.780	2.750	1.100	1.280	1.620	0.220
18	0.820	2.970	1.280	1.000	1.880	0.220
19	0.810	2.410	1.260	1.500	1.430	0.220
20	0.720	2.120	0.940	1.090	1.890	0.190
21	0.690	3.220	1.060	1.160	1.440	0.190
22	0.750	2.940	1.070	1.060	1.810	0.190
23	0.810	2.190	0.970	1.190	1.720	0.220
24	0.780	3.060	1.130	1.180	1.700	0.190
Tiempo total (segs)	19.970	68.450	29.410	31.850	43.380	11.340
Media/ unds. (segs)	0.780	2.870	1.130	1.160	1.620	0.220
Tolerancia	15%	15%	15%	15%	15%	15%
Tiempo estándar (segs)	0.897	3.300	1.299	1.334	1.863	0.253

Tabla 4. Estudios de tiempo de las operaciones

Layout de operaciones	
1	Corte del filter en forma de disco
2	Colocar filter dentro del housing filter
3	Colocar WIP (filter al housing) dentro de la base de la heat staker machine
4	Colocar dedo índice de ambas manos para activar el sellado
5	Ejecución del sellado
6	Expulsión de PJG-0796 de la máquina con aire comprimido

Tabla 5. Leyenda de las operaciones

5.13 Dibujo del subensamble pjj-0796

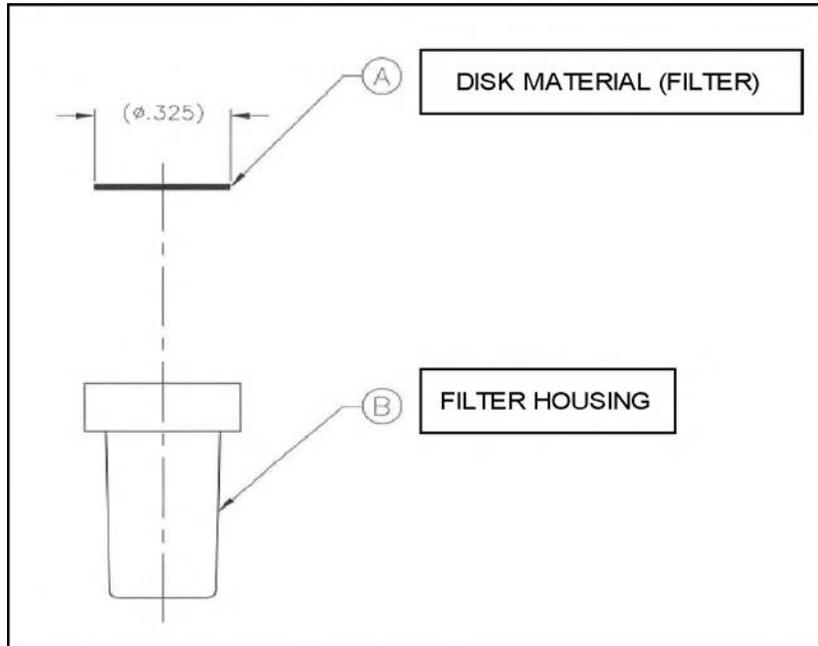


Figura 13. Componentes para ensamble

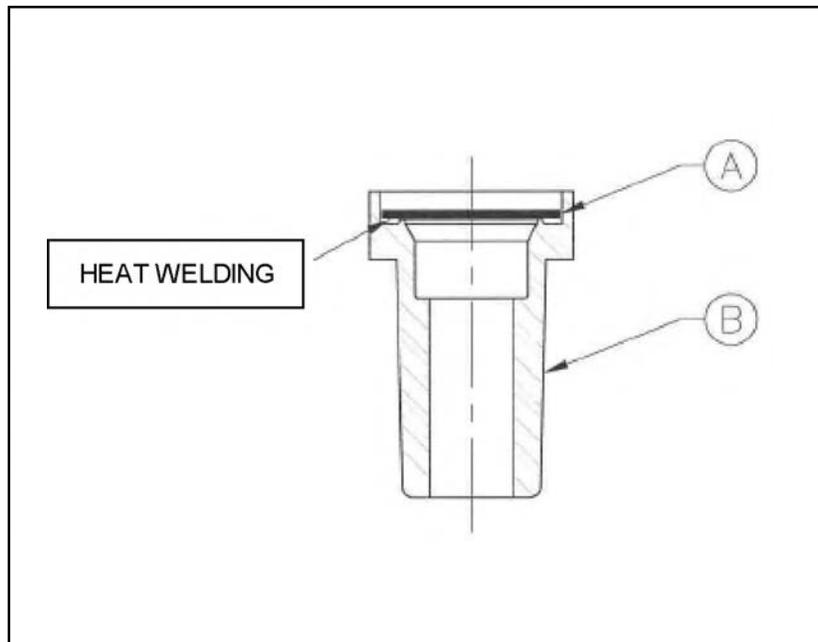


Figura 14. Dibujo de pjj-0796

5.14 Pronóstico de la demanda

Debido a que se estará validando una nueva resina en BBraun Medical Dominicana se pretende incorporar nuevos catálogos en el área de manufactura por lo que la demanda de este subensamble incrementará durante los próximos 5 años, por esta razón se ha realizado un análisis de tendencia de la demanda desde el 2014 hasta el 2024 lo que refleja un incremento en la producción de pjt-0796. Por lo que para la toma de decisión se debe tener en cuenta que se debe aumentar la capacidad del módulo actual.

Años	Demanda
2014	1,537,403
2015	1,731,787
2016	1,436,476
2017	1,303,890
2018	1,564,830
2019	1,291,383

Tabla 6. Demanda real

Años	Demanda
2020	1,583,944
2021	1,645,230
2022	1,800,848
2023	1,854,873
2024	1,910,519

Tabla 7. Demanda pronosticada

A continuación se presenta un gráfico con la tendencia de la demanda real y la pronosticada:



Figura 15. Tendencia de la demanda

5.15 Módulo de estación de trabajo actual



Figura 16. Módulo de estación de trabajo actual

CAPITULO VI. PROPUESTA

6.1 Árbol de objetivos

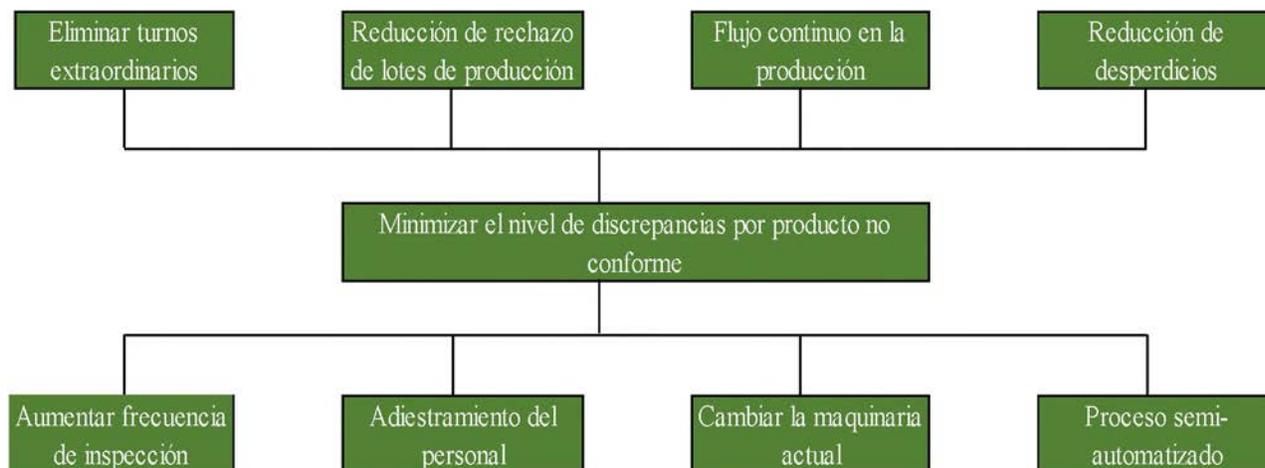


Figura 17. Árbol de objetivos

6.2 Tecnología ultrasonic welding process o soldadura ultrasónica

La soldadura ultrasónica de plástico es la unión o reformado de termoplásticos mediante el uso del calor generado por el movimiento mecánico de alta frecuencia. Se logra mediante la conversión de energía eléctrica de alta frecuencia en movimiento mecánico de alta frecuencia. Ese movimiento mecánico, junto con la fuerza aplicada, crea calor de fricción en las superficies de acoplamiento de los componentes plásticos (joint área), por lo que el material plástico se funde y forma un enlace molecular entre las partes.

Al implementar dicha tecnología se obtiene un proceso más limpio y eficiente, aumento de productividad y mayor precisión en el tiempo de soldadura lo que reduce considerablemente el tiempo de ciclo de las operaciones, una ventaja significativa de esta tecnología es que permite guardar recetas de los parámetros introducidos en la máquina, lo que elimina el choque de

información en la labor manual. También cuenta con un software inteligente que indica si el proceso está en control o no, consume bajos niveles de energía en comparación con la maquinaria del proceso actual ya que esta utiliza un sistema de sensores on/off que indica que si el operador no está operando se apaga automáticamente.

Al trabajar con dicha tecnología se tiene la posibilidad de unir termoplásticos de otras categorías con el objetivo de si en un futuro se desea cambiar la materia prima esta se pueda trabajar de forma confiable en dicha maquinaria.

Otra ventaja significativa que posee esta tecnología es que no genera residuos en la superficie, ya que esta al ser un movimiento mecánico de alta frecuencia produce un enlace molecular entre los componentes lo cual no permite el derretimiento de los componentes.

6.3 Aplicación por soldadura ultrasónica

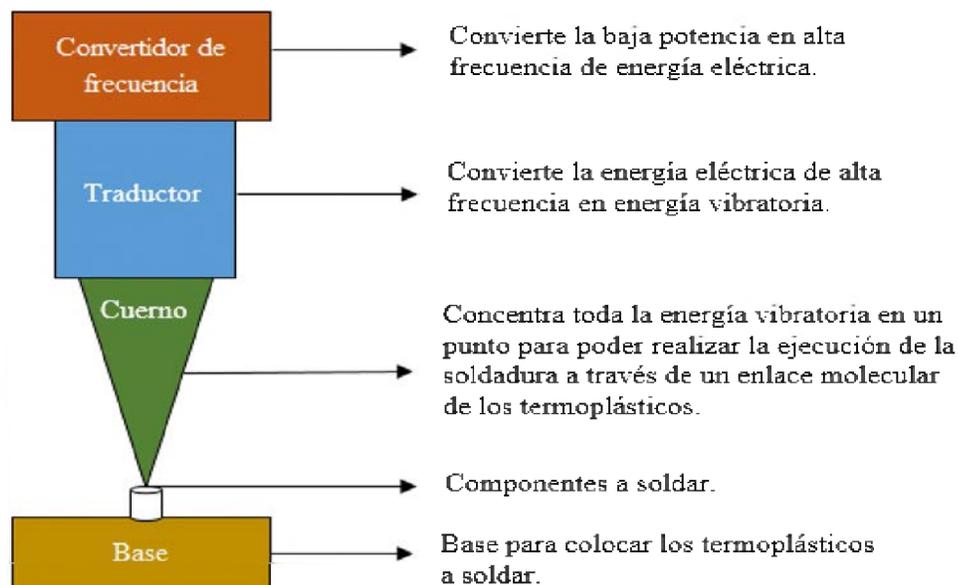


Figura 18. Concepto de la tecnología ultrasónica

La soldadura ultrasónica de plástico es la unión o reformado de termoplásticos a través del uso del calor generado por el movimiento mecánico de alta frecuencia. Se logra convirtiendo la energía eléctrica de alta frecuencia en movimiento mecánico de alta frecuencia. Ese movimiento mecánico, junto con la fuerza aplicada, crea calor de fricción en las superficies de acoplamiento de los componentes plásticos (área de la unión), por lo que el material plástico se funde y forma un enlace molecular entre las partes.

6.4 Ultrasonic welding machine vs. heat staker machine

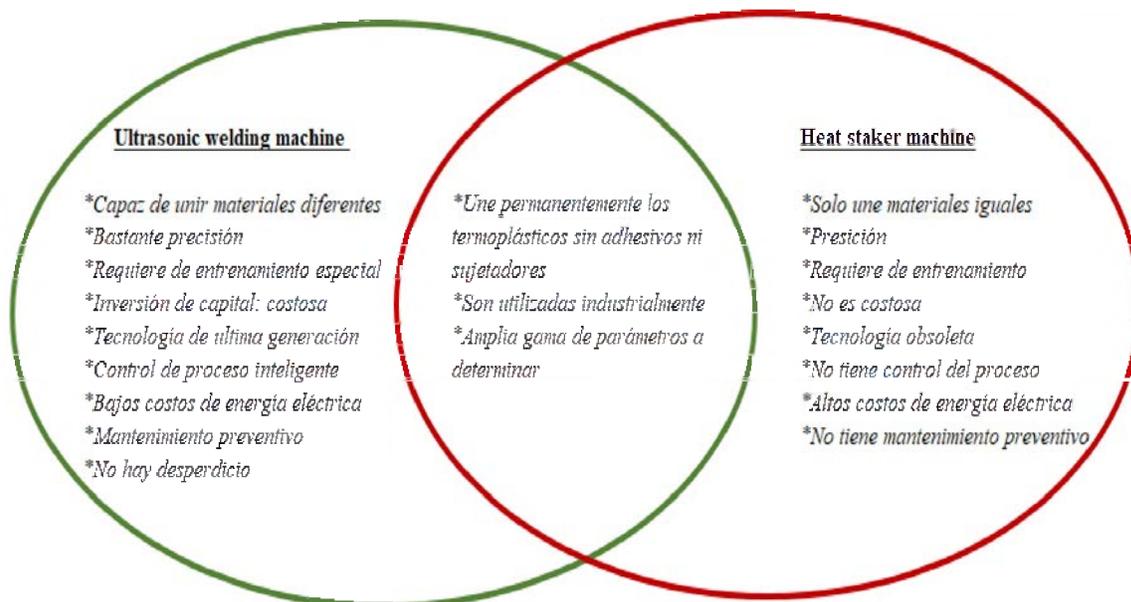


Figura 19. Ultrasonic welding machine vs. Heat staker machine

6.5 Requerimientos de la maquinaria

Dimenciones	Unidades
Espesor	0.020 ± 0.004 (0.5 mm ± 0.4 mm)
Anchura	1.000 ± 0.030 (25.4 mm ± 0.7 mm)
Largo	790 in ± 40 (20 meter ± 1 meter)
SET UP	UNIDAD
Sellado	GXE800-40-2
Frecuencia	40 kHz
Peak Power	800 watts
Modo de sellado	Tiempo
WELD DATA	UNIDAD
Amplitud	20%
Presión	8 PSI
Tiempo de sellado	0.40 SEGS
Tiempo de espera	0.50 SEGS
Max Power	>1 WATTS
Energía	1 JOULES

Tabla 8. Especificaciones de la maquinaria por el tipo de producto

La maquinaria que se propone para llevar a cabo el proceso de producción del subensamble PJG-0796 debe contar con la tecnología de soldadura ultrasónica y ser capaz de soldar o sellar un disco de filtro a un housing filter sin generar desperdicios. Esta maquinaria debe tener un tiempo de soldadura menor a 1 segundo, para poder reducir o mantener el tiempo de ciclo de las operaciones.

Por otra parte, dado a que se tiene pronosticado que la demanda de PJG-0796 va incrementar en los próximos 5 años, la maquinaria a utilizar debe ser capaz de satisfacer ampliamente la demanda a través de un aumento del nivel de producción.

El aumentar la capacidad de producción, en adición trabajar con el menor nivel de desperdicios, proveer a la empresa un margen de maniobra y un margen de error mínimo al producir en vista a una meta y en relación a las paradas por mantenimiento.

Si se tiene proyectado un aumento del nivel de producción la maquinaria debe ser capaz de exceder y satisfacer la demanda, por eso dentro de los requerimientos de la maquinaria se tiene contemplado la colocación de un plato giratorio en el cual se puedan colocar varios ensambles al mismo tiempo para agilizar el proceso de soldadura. El módulo de PJG-0796 se mantiene operando dos turnos de 8 horas por día, la capacidad de la máquina por diseño deberá ser de 18 unidades por minuto.

Esto porque la capacidad efectiva a utilizar de la misma es de 14.53 unidades por minuto, un 85% de la eficiencia esperada de la máquina. Se estima en forma conservativa el valor de la eficiencia a modo que provea un margen de error y maniobra en la operatividad, como es el caso de órdenes de manufactura extraordinarias y paradas de mantenimiento, al igual que cuando existen back orders.

Capacidad de diseño de la máquina (filtros por minuto)		Factor de eficiencia esperada		Capacidad efectiva
18	x	85%	=	15.3

Capacidad efectiva de la máquina (filtros por minuto)		Factor de paradas		Capacidad real
15.3	x	95%	=	14.53

Capacidad real de la máquina (filtros por minuto)		Tiempo disponible de producción al año (mins)		Nivel de producción por año
14.53	x	228,600	=	3,322,701

6.6 Reducción de desperdicios por defectos de la causa raíz

Al implementar tecnología de ultrasonido al proceso se eliminarían las causas principales por las que se generan discrepancias por producto no conforme ya que la mayoría de las causas provenían del mal funcionamiento de la maquinaria, por lo que a su vez se disminuye considerablemente la cantidad de desperdicios, se eliminará la inconsistencia, la soldadura incompleta, el particulado, el sobrecalentamiento en un 100% y el leak o fuga en un 85%. Ver anexo tabla 9.

Defectos	Frecuencia		Costo		Diferencia %	
	Fi (a)	Fi (p)	C (a)	C (p)	Fi	C
Inconsistencia en el filtro	299	0	1,859.78	0	100%	100%
Soldadura incompleta	436	0	2,711.92	0	100%	100%
Particulado	778	0	4,839.16	0	100%	100%
Sobrecalentamiento	5,302	0	32,978.44	0	100%	100%
Leak o fuga	4,052	607.8	25,203.00	3,780.52	85%	85%

Tabla 9. Cantidad de desperdicios esperados para la propuesta

La figura 20 presenta la diferencia en volumen o cantidad de desperdicios de la situación actual versus la propuesta.



Figura 20. Comparación de la situación actual vs. Propuesta por cantidad de desperdicios

6.7 Maquinaria propuesta

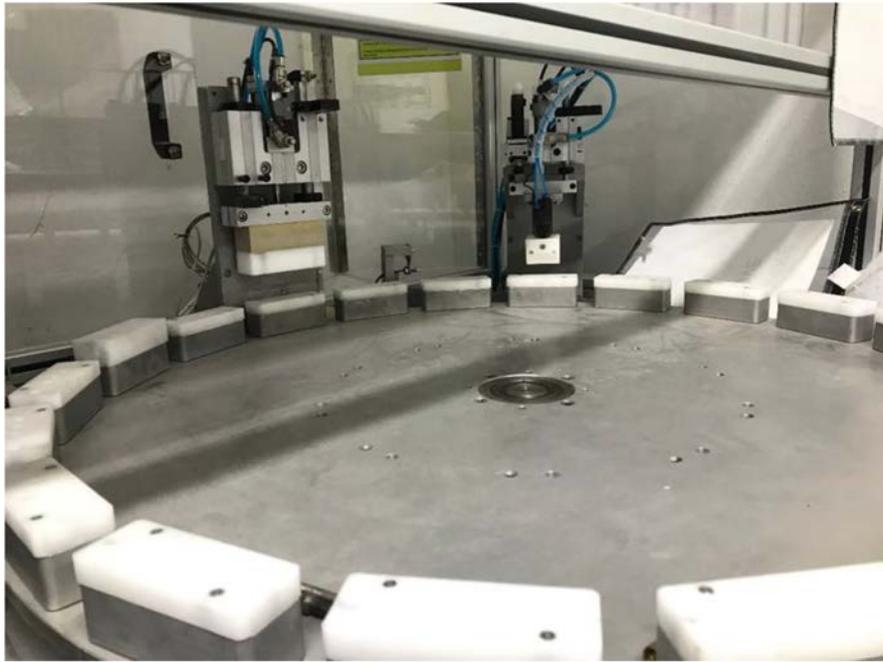


Figura 21. Plato giratorio para colocar los ensambles



Figura 22. Ultrasonic welding aplicador

6.8 Control de proceso

Para garantizar la efectiva implementación de dicha tecnología se quiere establecer una inspección periódica del producto durante el proceso de manufactura, donde a través de esta se pueda detectar durante el proceso los modos de falla antes de culminar el proceso de producción, de esta forma se ahorrará tiempo, dinero y recursos. Ya que no se tendrá que retrabajar los lotes manufacturados ni se recurrirá a turnos extraordinarios y se podrá descartar el producto defectuoso antes de culminar el proceso de manufactura. Para esto se ha creado una forma en la cual se pueda tener un control de monitoreo del proceso.

Este control de proceso consiste en una inspección del producto en proceso (WIP) durante 4 periodos consecutivos hasta completar 20 unidades en dos turnos de 8 horas y verificar las primeras 10 unidades al inicio de cada lote, donde la trazabilidad de la inspección será documentada en las siguientes formas:

Forma de documentación para los modos de falla durante el proceso:

Turno: _____	No. de lote: _____
Catálogo: _____	No. de orden: _____
Modos de falla	Cantidad
Inconsistencia en el filtro	
Soldadura incompleta	
Particulado	
Sobrecalentamiento	
Otros	
Comentarios:	

Documentado por: _____	
Firma y fecha: _____	

Forma de inspección para muestras visuales y funcionales durante el proceso:

FORMA PARA INSPECCION DE CALIDAD			
Catálogo:		Lote:	Fecha:
No. de Pieza:		Descripción:	
No. de Orden:			
Para:	Enviar Informe a:		
		Cantidad de Muestras:	
Designación de la Muestra:	Número (s) de Lote	Copias A:	
		Número de TIS:	
Prueba Solicitada:	No. de Lote del Vendedor:	AQL:	
Inspección Visual y Dimensional			
	Nombre del Manufacturero:	Acepta: 0	
		Rechaza: 1	
Informe de los Resultados de Prueba			
Prueba realizada:	Cantidad de Muestras:	Resultados:	
Inspección Visual			
Inconsistencia en el filtro			
Soldadura incompleta			
Particulado			
Sobrecalentado			
Otros			
Inspección dimensional			
Leak			
Instrument ID:	Fecha Vencimiento Calibración:	Comentarios y Recomendaciones:	
Realizado Por:	Fecha:	Disposición:	Dispuesto Por/Fecha:

De esta forma podemos prevenir con anticipación situaciones desfavorables y tomar acciones correctivas durante la manufactura del producto.

CAPITULO VII. EVALUACIÓN ECONÓMICA

7.1 Inversión de capital

El proyecto conlleva una inversión inicial de \$ 122,160 dólares, desglosados de la siguiente forma: el costo de la maquinaria es de \$ 82,360 dólares, el costo del plato giratorio en el que se colocarán los ensambles es de \$ 5,000 dólares, el costo de la cortadora del filtro en forma de disco es de \$ 15,000 dólares, un servo motor con un costo de \$ 18,000 dólares y un costo de instalación de \$ 1,800 dólares. La compra de estos equipos incluye los costos de capacitación de los empleados que operan la máquina y el costo de envío de este, BBraun Medical Inc. está exento de impuestos de importación.

7.2 Costos de operación de la situación actual versus propuesta

Los costos de operación son los costos en los que la empresa debe incurrir para poder llevar el funcionamiento del módulo y que son inherentes al mismo. En el caso de este trabajo de grado se tendrá presente los costos directos, es decir, los costos que afectan directamente al funcionamiento del módulo, dígame costos de mano de obra directa, electricidad, etc. No obstante esta evaluación no contemplara los costos indirectos.

Costo de mano de obra directa de la situación actual:

Costo por operario (\$USD)	Cantidad de operarios	Costo por mano de obra directa (\$USD)
\$ 2,880.00 x	3	= \$ 8,640.00

Costo de mano de obra directa propuesta:

Costo por operario (\$USD)	Cantidad de operarios		Costo por mano de obra directa (\$USD)
\$ 2,880.00	x 1	=	\$ 2,880.00

Costo por desperdicios de la situación actual:

Cantidad de desperdicios	Costo por unidad (\$USD)		Costo por desperdicios proyectados al año (\$USD)
10,867	x 6.22	=	\$ 67,592.74

Costos por desperdicios de la propuesta:

desperdicios proyectados al año	Costo por unidad (\$USD)		Costo por desperdicios proyectados al año (\$USD)
607	x 6.22	=	\$ 3,775.54

Costo de energía eléctrica de la situación actual:

Consumo de energía eléctrica (kw/hr)		Tiempo en funcionamiento (hr)		Costo por consumo (\$USD/kw)		Costo de energía eléctrica anual (\$USD)
20	x	4,608	x	\$ 0.152	=	14,008.32

Costo de energía eléctrica de la propuesta:

Consumo de energía eléctrica (kw/hr)		Tiempo en funcionamiento (hr)		Costo por consumo (\$USD/kw)		Costo de energía eléctrica anual (\$USD)
16	x	4,608	x	\$ 0.152	=	11,206.66

Costo de mantenimiento de la propuesta:

Costo total de la maquinaria (\$USD)		Porcentaje asignado a mantenimiento preventivo		Costo de mantenimiento preventivo (\$USD)
122,160	x	3%	=	3,610.80

“Propuesta de mejora para el proceso de ensamble del módulo pjg-0796 en una empresa de dispositivos médicos ubicada en el Parque Industrial Las Américas”

$$\begin{array}{rcl} \text{Costo total de la} & & \text{Porcentaje asignado a} & & \text{Costo de mantenimiento} \\ \text{maquinaria (\$USD)} & & \text{mantenimiento correctivo} & & \text{correctivo (\$USD)} \\ 122,160 & \times & 5\% & = & 6,108.00 \end{array}$$

Costo por depreciación:

$$\begin{array}{rcl} \text{Costo total de la} & & \text{Vida útil de la maquinaria} & & \text{Costo por depreciación} \\ \text{maquinaria (\$USD)} & & \text{(años)} & & \text{(\$USD)} \\ 122,160 & \times & 20 & = & 6,108.00 \end{array}$$

La tabla 10 presenta un resumen de los costos de operación referente a la situación actual, la misma indica los altos costos operativos por concepto de desperdicios 67,592.74 dólares y un costo elevado por concepto de energía eléctrica de 14,008.32 dólares.

Costos de operación de la situación actual (\\$USD)	
Mano de obra directa	\$ 8,640.00
Desperdicios	\$ 67,592.74
Costos de energía eléctrica	\$ 14,008.32
Mantenimiento preventivo	\$ 21.03
Mantenimiento correctivo	\$ 25.74
Total de costos	\$ 90,287.83

Tabla 10. Costos de operación del proceso actual en el módulo PJG-0796

Por otra parte, la tabla 11 muestra el aprovechamiento de las oportunidades identificadas anteriormente para disminuir los costos de forma dramática, por consiguiente, alcanzando un total de los costos de operación de 34,242.20 dólares.

Costos de operación de la situación actual (\$USD)	
Mano de obra directa	\$ 2,880.00
Desperdicios	\$ 3,775.54
Costos de energía eléctrica	\$ 11,206.66
Mantenimiento preventivo	\$ 3,780.00
Mantenimiento correctivo	\$ 6,300.00
Depreciación	\$ 6,300.00
Total de costos	\$ 34,242.20

Tabla 11. Costos de operación para la propuesta del módulo pjg-0796

Esta reestructuración representa una disminución en los costos de operación incurridos por BBraun Medical Dominicana de 56,045.63 dólares. En términos relativos, dicha disminución de los costos de operación corresponde a un 62.07% con respecto a los costos de operación actuales, como visto en la figura 23.



Figura 23. Reducción de costos

7.3 Factibilidad de la propuesta

Es notable la reducción de costos que se demostró en la sección anterior pero es indispensable probar la factibilidad de la propuesta, sólo de esta forma podemos demostrar si el proyecto será rentable en el tiempo. Por esta misma razón, se calculó el valor presente neto (VPN) para determinar la factibilidad de la propuesta o si no lo es, esto se calculó a largo plazo llevando los flujos de caja netos a valor presente.

La tabla 12 presenta los flujos de caja netos desde el momento de la inversión hasta la última anualidad, los cuales son utilizados dada una tasa de interés de 9% para el cálculo de la tasa interna de retorno (TIR) y el VPN mencionado en la tabla 13. El TIR de la inversión indica un resultado de un 38% lo que por consiguiente arroja un VPN positivo.

Dado a que el valor del VPN es positivo significa que los flujos de los ingresos son mayores a los egresos, de tal forma se puede concluir que se tendrá un buen rendimiento del proyecto y por consiguiente si se podría llevar a cabalidad dicho proyecto.

Visto estos factores de decisión, se concluye que la propuesta es factible.

Período (Años)	Inversión	Propuesta
0	(122,160)	(122,160)
1	-	(78,009.30)
2	-	(37,504.08)
3	-	(343.32)
4	-	33,749.12
5	-	65,026.59
6	-	93,721.51
7	-	120,047.13
8	-	144,199.07
9	-	166,356.82
10	-	186,685.03

Tabla 12. Flujos de caja neto hasta la última anualidad de la propuesta

Factores de decisión	
VPN	186,685.03
TIR	38%

Tabla 13. Factores de decisión de la propuesta

La tabla 14 presenta los costos de operación indexados para la inflación hasta la última anualidad de la propuesta.

Costos de operación \$USD		
Periodos (años)	Actual	Propuesta
1	90,287.83	34,242.20
2	90,739.27	34,413.41
3	91,192.97	34,585.48
4	91,648.93	34,758.41
5	92,107.17	34,932.20
6	92,567.71	35,106.86
7	93,030.55	35,282.39
8	93,495.70	35,458.80
9	93,963.18	35,636.10
10	94,433.00	35,814.28

Tabla 14. Costos de operación actuales y propuestos

En otro orden, la figura 24 presenta la diferencia entre los costos expuestos en la tabla 14 gráficamente.

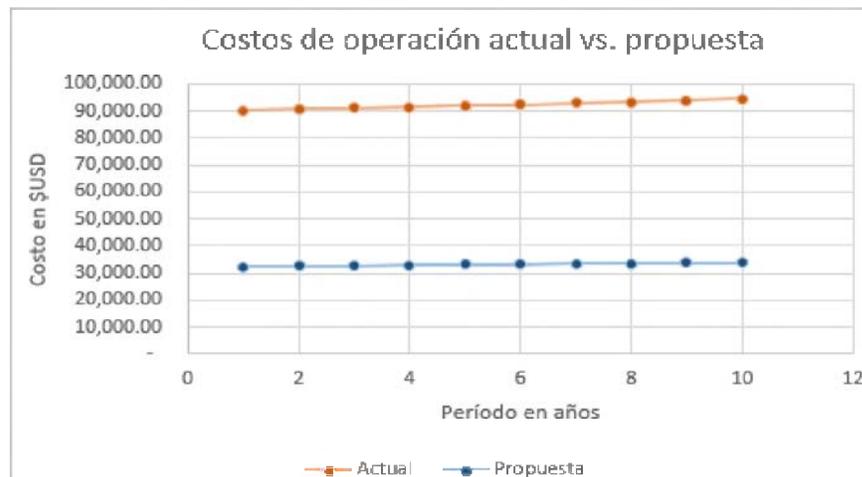


Figura 24. Costos de operación actuales y propuestos gráficamente

CONCLUSIONES

A medida en que se desarrolló esta evaluación ha sido demostrado que la implementación de la tecnología por ultrasonido traerá como consecuencia múltiples beneficios, desde el aumento de la capacidad de producción, la disminución de los desperdicios de materia prima hasta la minimización de los costos operativos del módulo y por consiguiente el aumento de las utilidades percibidas por BBraun Medical Dominicana. Sin embargo, la inversión requerida para la implementación de la propuesta debe ser factible conforme al tiempo.

Ha sido observado que el módulo pjg-0796 de la empresa BBraun Medical Dominicana presentaba una gran oportunidad de mejora. Se comenzó afrontando esta situación definiendo los factores críticos de la problemática; a través del uso de un árbol de problemas, han sido identificadas posibles causas relacionadas a los efectos observados en la planta.

Este análisis ha sido llevado más allá a través de un diagrama de Ishikawa con la finalidad de llegar a la causa raíz del problema, siendo esta identificada como el método utilizado en la producción de pjg-0796, destacando la ineficiencia de la maquinaria actual entre los demás factores.

Por otra parte se procedió a realizar un diagrama de Pareto en el cual se identificó, cuantitativamente, cuales elementos causaban la mayor parte de los desperdicios y, por tanto, en qué deben ser enfocados los recursos para, en este aspecto, obtener los mejores resultados posibles de la propuesta.

El análisis de los desperdicios por defectos de la causa raíz reveló que el 86.10% de los desperdicios correspondían a dos factores vitales como leak y sobrecalentamiento lo que pudo en su momento generar producto no conforme a la hora de realizar la inspección al producto final.

Por otra parte, fue identificado el costo por concepto de desperdicios estimado para la situación actual ascendía a un monto de 67,592.74 dólares.

Al utilizar la tecnología de soldadura ultrasónica para la maquinaria propuesta, atacamos la causa raíz del problema, eliminando las causas vitales antes mencionadas y disminuyendo los niveles de desperdicios en un 94.41%. Por consiguiente, el costo por concepto de desperdicios por defectuosos disminuirá a 3,775.54 dólares.

Se calcularon los costos de operación de la situación actual y aquellos de la situación propuesta para contrastarlos y llegar a la diferencia entre ambas situaciones. Los costos de operación de la situación actual ascendían a un monto de 90,287.83 dólares mientras que los correspondientes a la situación propuesta con un monto de 34,242.20 dólares.

Se procedió a utilizar los datos de la tasa de interés y los costos de operación calculados, indexados para la inflación, para así proyectar los flujos de caja netos hasta la última anualidad de la vida del proyecto. Con este conjunto de valores se realizó un estudio financiero en el que se calculó el valor presente neto (VPN) y tasa interna de retorno (TIR) del proyecto. Los resultados para estos indicadores fueron mayor que cero y con un TIR de 38% respectivamente y un VPN de 186,685.03 dólares. Todas las métricas contempladas para determinar la factibilidad de la propuesta han sido satisfechas.

Como demostrado, la propuesta cumple con todos los objetivos específicos. En este sentido, la propuesta cumple de manera satisfactoria con el objetivo general.

RECOMENDACIONES

Recomendación principal para la manufactura de este subensamble es aumentar la frecuencia de inspección del producto durante el proceso no hacer solo una inspección final del lote.

Por otra parte, recomiendo cambiar la prueba funcional que se le realiza al producto final ya que la misma no es muy efectiva en el sentido de que lo que se busca es ver la integridad de la soldadura y la cantidad de PSI utilizada en esta prueba es ineficiente. Por lo que sugiero la implementación de “Pull o Push Test” para las pruebas funcionales, para este tipo de prueba se puede utilizar un equipo denominado “Chatillon”.

Otra recomendación para la manufactura de este producto es integrar el corte de la tira que va en el centro del housing filter en línea durante el proceso para evitar el ensamble manual y hacer el proceso más rápido y eficiente garantizando de esta forma el flujo continuo del mismo. En adición pueden entrar a la página virtual de la marca dukane donde se podrá ver en detalle la integración de un proceso como tal, totalmente automatizado.

En otro orden también se puede sugerir un cambio en el material de la membrana del filtro de tal forma que este sea un poco mas resistente al actual.

Sugiero que se mantengan innovando en la tecnología dado que los procesos manuales hoy en día se van reduciendo cada vez más de forma agresiva, ya que en la actualidad están surgiendo nuevas tecnologías para manejar productos tan delicados como la manufactura de dispositivos médicos.

BIBLIOGRAFIAS

(s.f). Obtenido de ingenieriaindustrialonline.com:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-de-tiempos/>

(s.f). Obtenido de ingenieriaindustrialonline.com:

<https://www.ingenieriaindustrialonline.com/herramientasparaingenieroindustrial/producción/balanceo-de-l%C3%ADnea/>

ingenioempresa.com. (5 de 7 de 2016). Obtenido de ingenioempresa.com:

<https://ingenioempresa.com/arbol-de-problemas/>

ingenioempresa.com. (9 de 8 de 2016). Obtenido de ingenioempresa.com:

<https://ingenioempresa.com/arbol-de-objetivos/>

Minitab Inc. (2017). Minitab. Obtenido de Obtenido de ¿Por qué Minitab?: <https://www.minitab.com/es-mx/academic/why-minitab/>

Nakata, S. (July de 2014). Costos y desperdicios de materiales. Obtenido de:

<https://es.slideshare.net/SachikoNakata/costos-y-desperdicios-de-materiales>

Niebel, B., & Freivalds, A. (2001). Ingeniería Industrial: Métodos, Estándares y Diseño del Trabajo (11va Edición ed.). Alfaomega.

Peterka, P. (2008). Obtenido de SixSigmaEspanol.com: [https://www.sixsigmaespanol.com/six-](https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/)

[sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/](https://www.sixsigmaespanol.com/six-sigma-articles/the-dmaic-method-in-six-sigma/)

Casanova, F. (2002). Formación profesional, productividad y trabajo decente. Montevideo,

Uruguay.

ANEXOS

DUKANE Intelligent Assembly Solutions

2900 Dukaane Drive
St. Charles, IL 60174
(630) 797-4900
<http://www.dukane.com>

Page 1 of 2

Quotation

Reference Quotation Number: *Refer to saleslog*
Quotation Number: SC011019-03
Quotation Date: 11/01/2019

Application Number:
Project: New Ultrasonic Welding
Operation

Customer Information

Mr. Kevin Arias
B Braun Dominican Republic Inc.
Las Américas Industrial Park
KM. 22 Autopista Las Américas

Dominican Republic

Email: kevin.arias@bbraun.do
Tel: 8093731000
Fax:
End User:
Territory: 620

Equipment and Tooling Quote

We propose to furnish the following at the prices shown, subject to terms and conditions as described on the attached sheet:

Item 1		US Dollars
2 - 4012.2Q-P7MNS	40kHz 1200 Watt IQ-ES Mini Narrow Profile Servo Press System with Time, Energy, Distance, Force & Comm	\$36,010.00 ea \$72,020.00
	System Includes: * 40HS120.2Q-P7 - IQ-ES 40kHz 1200W 240V Generator with Color Display, Time, Energy, Force & Ethernet/Serial Comm * 43S246 - 40kHz IQ Narrow Mini-Servo Thruster * 43S244 - Rigid Support * 110-3559 - Transducer * Cables, Wrenches & Manual Data Sheet: https://documents.dukane.com/DataSheets/IQServoPress.pdf	
2 - BOOSTER_T80	Booster (Ratio to be determined) Price included in IQ System	
2 - 438-1031	IQ HMI Kit	\$4,560.00 ea \$9,120.00
	Kit Includes: * IQ Explorer II Software * IQ HMI B & R * Mounting Arm * Cables Data Sheet: https://documents.dukane.com/DataSheets/IQUserInterface.pdf	
2 - 435-0002	NIST Factory Calibration Certificate	\$610.00 ea \$1,220.00

Total Price for Item 1: \$82,360.00
Total Price of Quote: \$82,360.00

Note: This total includes any and all optional items listed above

DUKANE

iQ Series

ULTRASONIC PRESS SYSTEM

System Features

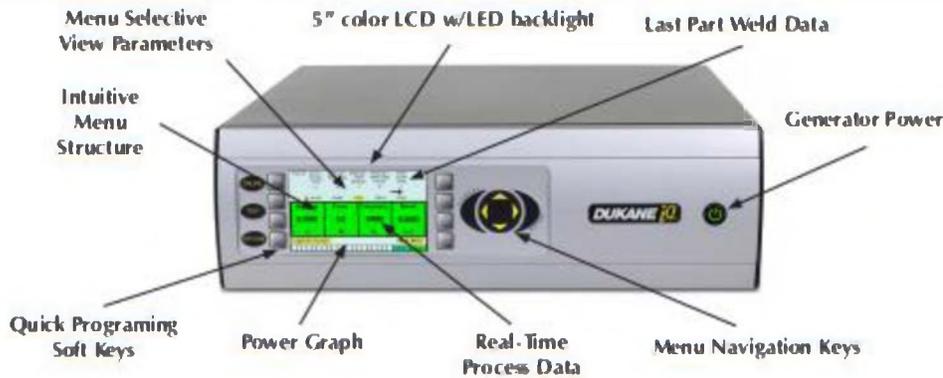
The most technologically advanced ultrasonic welding control features available today are found in Dukane's *iQ* Series equipment. Our patented, 100% digitally-controlled generator, ultra-rigid press, coupled with the *iQ* Explorer user-interface provide superior accuracy and ease of use. The generators have new multi-core processor technology that allows them to operate at a processing rate of 0.5 milliseconds.

iQ Explorer's intuitive touch-screen graphical menu structure incorporates a one-page setup screen that makes welder operation easy to learn and program. Ethernet connectivity, wireless networking, and multiple USB ports are all options for weld and graph data storage. Over 25 programmable upper and lower process limits along with reference, weld graph logic are available for weld diagnostics and process consistency.

- The **Generator Interface** incorporates a true color, 5" WVGA LCD screen, with 800 x 480 pixel resolution, and it is backlit by LEDs. **Menu navigation keys** are consistent with the entire *iQ* generator product line. Additionally **Quick program soft keys** border the screen and enhance intuitive menu navigation while maintaining the entire screen's usefulness.
- **Welder setup parameters** are all digitally controlled and can be calibrated to meet FDA and ISO requirements.
- **Multi-level password** options eliminate unauthorized changes to weld program, assuring part quality and consistency.
- **Weld by time, energy, distance, position, peak power and ground detect.**
- 15, 20, 30, 35, 40, 50 kHz frequencies available.
- 180 W – 4800 W versions, true RMS power.



iQ Generator/Power Supply Features



Digital Features

- **100% digital control** of all power supply functions and parameters allows for unique configurations and future upgrades or requirements. Includes digital frequency synthesis.
- Industry leading data **acquisition rate speed of 0.5 ms** due to advanced **multi-core architecture**. Increased weld accuracy and repeatability.
- **Digi-Trac tuning** automatically tracks the resonant frequency digitally. Adjust the output frequency to match the acoustic stack (sonotrode, booster, and transducer) for every weld cycle and eliminate the need to manually tune the generator.
- **Ultrasonic overload protection**, with status indicator for ease of troubleshooting. The overload power limit is based on true RMS power output level.
- **Line voltage regulation** compensates for line fluctuations assuring consistent amplitude.
- **Temperature drift compensation** allows for seamless acoustic stack operation, and automatically compensates for acoustic stack temperature changes.
- **Patented Pulse-Width Modulation** design delivers power more efficiently with substantially less stress on the electrical and acoustic components for superior performance, reliability and extended life.
- **Linear ramp soft-start** algorithm allows the acoustic stack to be brought to operating amplitude smoothly, minimizing start-up surges and abnormal stress to the stack and power supply.
- **Load regulation** provides constant ultrasound amplitude automatically regardless of the power draw. The ultrasonic output amplitude level is held to within 1%, to provide weld process consistency and reduced weld cycle times.

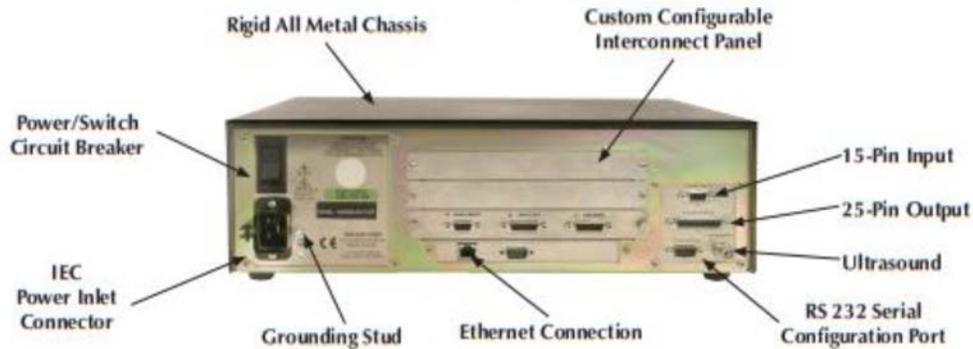
Mechanical Features

- **Flow through cooling** tunnel with a matched high performance heat sink and thermostatically controlled fan reduces thermal gradients, minimizes dirt infiltration and increases component life.



- **Highest power density** per unit of volume. Most power in the smallest package at highest duty cycle. Low and high profile configurations available.
- **RS232 serial configuration port** is used for field software upgrades, troubleshooting and advanced hardware setup with optional PC based *iQ* configurator.
- **Advanced I/O is standard** with 25-pin output, and 15-pin input, user configurable from the utility menu.
- Unique **patented modular hardware design** incorporates motherboard/interconnect of internal components. Reduces internal cabling while increasing reliability and performance.
- **Rear panel expansion slot** is available to allow for custom configurations for OEM and cost effective designed solutions.

iQ Press/Power Supply Features



Features

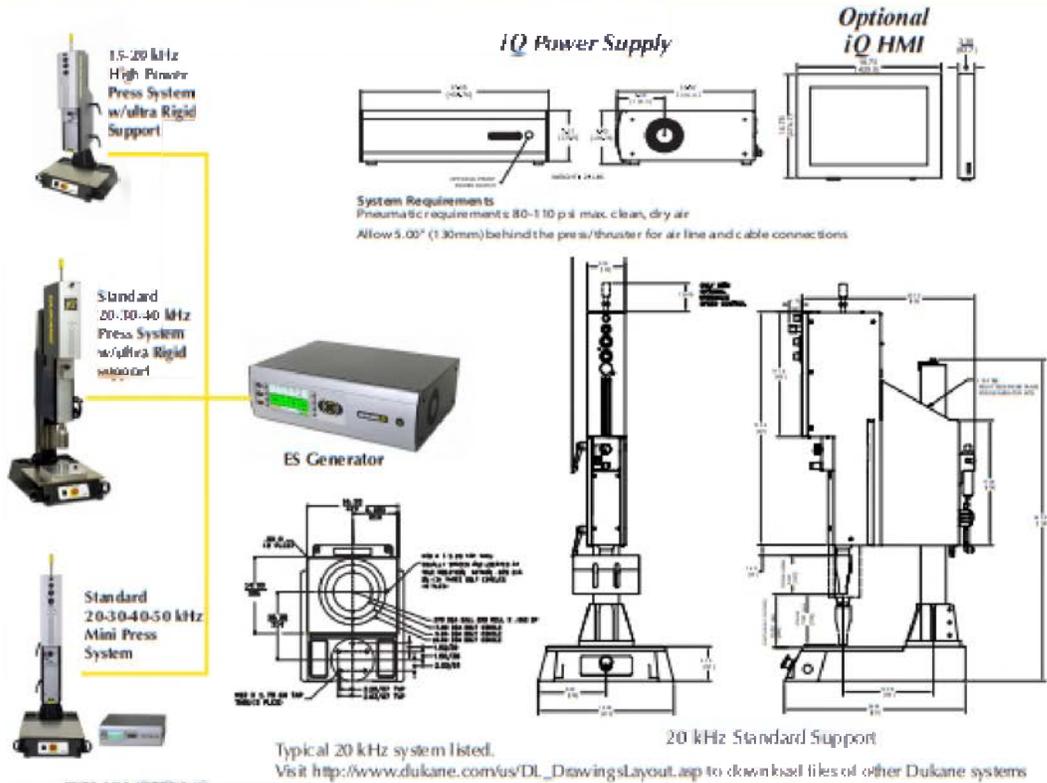
- Compact, single-rail linear ball slide assembly system offers accurate positioning, stable movement, and friction-free travel.
- Dual pressure increases clamp force to improve melt during the weld cycle, or to provide tighter assembly during the hold cycle.
- 7" (178 mm) stroke with mechanical bottom stop adjustable in .001" (.025 mm) increments.
- Top-of-stroke limit switch for automation application
- All controls are accessible from the front for convenient set-up and operation.
- Easy-to-use front panel position indicators with universal icons instantly show settings of position and bottom stop, and optional slow speed, pre-trigger, and end-of-weld switches.
- Titanium boosters are standard.
- Internally mounted optional linear encoder saves space in multihead and automated installations.
- OSHA-required lockout for air supply is standard.
- Ergonomic base and opto-touch cycle activation switches reduce operator fatigue.
- Status indicators in base for Power, In Cycle, and Abort clearly communicate system conditions.
- Twist-release emergency stop switch meets international safety standards.
- Press/thruster design provides system flexibility and upgradeability, reducing equipment investment.

Options



- Ultra-Rigid support provides reduced deflection for superior weld consistency. Column crank and gas strut assist ensures easy setup. Column can be locked to eliminate unauthorized adjustments. Standard style support columns available.
- Programmable pressure profiling and force by interface with the electronic pressure regulator, pressure transducer, and load cell press options offer increased control, repeatability and consistency.
- iQ-HMI industrial PC 15" TFT XGA LCD touch screen, Supports four USB 2.0 ports, Dual Gigabit Ethernet.
- iQ-Explorer II intuitive Windows based graphical user interface
- Hydraulic speed control offers precision hydraulic control of the melt velocity. This is critical to achieve maximum weld strength in staking, inserting and shear joint applications.
- Resonant mount booster.
- Longer press columns to increase part load area height.
- Custom air cylinder 1.50" (38 mm), or 2.00" (51 mm) and 3.00" (76 mm) diameters.
- 19" (483 mm) Rack or Press-mounted generator option.

iQ Specifications



DIMENSIONS

Press Dimensions	Standard	Ultra Rigid	Thruster Dimensions	
Base Width	18.58" (472 mm)	18.58" (472 mm)	Housing Height	31.94" (811 mm)
Base Depth	24.04" (611 mm)	24.03" (611 mm)	Housing Width	5.19" (132 mm)
Column Height	39.00" (991 mm)	40.00" (1016 mm)	Housing Depth	11.00" (280 mm) Max.
Column Profile	3.50" (89 mm) Ø	6.0" x 3.0" (152 mm x 76 mm)	Weight	40.00 lb (18 kg)
Maximum Height	57.00" (1450 mm)	61.00" (1550 mm)	iQ HMI Dimensions	
Housing Width	5.19" (132 mm)	5.19" (132 mm)	Height	13" (330 mm)
Column CL to Horn CL	12.38" (314 mm)	12.38" (314 mm)	Width	17.13" (435 mm)
Useable Throat	8.00" (200 mm)	8.38" (212 mm)	Depth	3.67" (93 mm)
Stroke	7.00" (178 mm)	7.00" (178 mm)	LCD Diagonal	15" (381 mm)
Weight	170.00 lb (77 kg)	240.00 lb (109 kg)		

MODELS

Power / Frequency	600 W	900 W	1200 W	1800 W	2400 W	3600 W	4800 W
15 kHz						X	X
20 kHz		X	X	X	X	X	X
30 kHz	X	X	X	X			
35 kHz			X				
40 kHz	X	X	X				
AC Line Max. Current:	10 amps	10 amps	15 amps	15 amps	15 amps	30 amps	30 amps



Data Sheet: #08-0015-03

Note: All specifications are subject to change without notice. Please consult Dukane for any updated information.

Dukane products are manufactured in ISO registered facilities

HOJA DE EVALUACION

Patricia Del Carmen Jiménez Gómez

Sustentante

Ing. Marcelino Paniagua

Asesor

Ing. Jhonathan Matos

Miembro del jurado

Ing. Walter Lendor

Miembro del jurado

Ing. José E. Ramírez

Miembro del jurado

Ing. Jorge Encarnación Montero

Director de Escuela Ingeniería Industrial

Calificación:

Numérica _____

Alfabética _____

Fecha: _____