



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y ESTUDIOS DE POSGRADO

T E S I S

Impacto de la optimización del proceso de venta de equipos de soldadura
de termoplásticos por ultrasonido

Que para obtener el grado de:

Maestro en Planeación Estratégica e Innovación

Presenta:

Mario Alberto Alvarado Gordo

Asesor:

Dra. Karla Ximena Vargas Berrones

San Luis Potosí, S. L. P.

septiembre de 2026





UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



FACULTAD DE
INGENIERÍA

23 de abril de 2026

**ING. MARIO ALBERTO ALVARADO GORDOA
P R E S E N T E.**

En atención a su solicitud de Temario, presentada por la **Dra. Karla Ximena Vargas Berrones**, Asesora de la Tesis que desarrollará Usted, con el objeto de obtener el Grado de **Maestro en Planeación Estratégica e Innovación**, me es grato comunicarle que en la sesión del H. Consejo Técnico Consultivo celebrada el día 23 de abril del presente año, fue aprobado el Temario propuesto:

TEMARIO:

"Impacto de la optimización del proceso de venta de equipos de soldadura de termoplásticos por ultrasonido"

Introducción.

1. Contexto estratégico de la soldadura de termoplásticos por ultrasonido.
 2. Fundamentos técnicos y variables críticas de la soldadura ultrasónica en termoplásticos.
 3. Modelo metodológico para la implementación técnica y construcción de propuesta de valor en el proceso de venta de equipos de soldadura de termoplásticos por ultrasonido.
 4. Implementación y análisis de propuesta de valor.
- Conclusiones.
Referencias.
Anexos.

"MODOS ET CUNCTARUM RERUM MENSURAS AUDEBO"

A T E N T A M E N T E

DR. EMILIO JORGE GONZÁLEZ GALVÁN
DIRECTOR



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
DIRECCION

www.uaslp.mx

Ccp. Archivo

-bvlg

Av. Manuel Nava 8
Zona Universitaria • CP 78290
San Luis Potosí, S.L.P.
tel. (444) 826 2330 al39
fax (444) 826 2336



UASLP
Universidad Autónoma
de San Luis Potosí



FACULTAD DE
INGENIERÍA



CENTRO DE
**INVESTIGACIÓN
Y ESTUDIOS
DE POSGRADO**

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE SAN LUIS POTOSÍ
FACULTAD DE INGENIERÍA
Área de Investigación y Estudios de Posgrado

DECLARACIÓN

El presente trabajo que lleva por título:

**Impacto de la optimización del proceso de venta de equipos de soldadura
de termoplásticos por ultrasonido**

se realizó en el periodo agosto de 2024 a septiembre de 2026 bajo la dirección de la Dra. Karla Ximena Vargas Berrones

Originalidad

Por este medio aseguro que he realizado el trabajo reportado, y la escritura de este documento de **tesis** para fines académicos sin ayuda indebida de terceros y sin utilizar otros medios más que los indicados.

Las referencias e información tomadas directa o indirectamente de otras fuentes se han definido en el texto como tales y se ha dado el debido crédito a las mismas.

El autor exime a la UASLP de las opiniones vertidas en este trabajo escrito y asume la responsabilidad total del mismo.

Este trabajo no ha sido sometido como tesis o trabajo terminal a ninguna otra institución nacional o internacional en forma parcial o total, exceptuando el caso cuando existe un convenio específico de doble titulación celebrado entre ambas instituciones.

Se autoriza a la UASLP para que divulgue este documento para fines académicos.

El autor del trabajo escrito, Mario Alberto Alvarado Gordo

Dedicatoria

A mi papá ya que sin el esfuerzo que hizo no hubiera sido posible nada de lo que he logrado y lo que está por venir.

Resumen

Se ha planteado un estudio con el objetivo de desarrollar una estrategia comercial que, mediante la metodología del pensamiento de diseño (Design Thinking), permita realizar una optimización de la propuesta de valor de los equipos de soldadura ultrasónica en los procesos de manufactura de diferentes clientes industriales. La metodología es de tipo cualitativo. Los resultados se resumen en técnicas y métodos implementados a lo largo de cinco etapas de la metodología: incluyendo encuestas y mapa de empatía en la fase de empatizar, mapa de historias y el despliegue de la función de calidad QFD para la fase de la definición, determinar los parámetros correctos y/u óptimos mediante el diagrama de Ishikawa y un análisis TRIZ para la fase de idear, un estudio de competencia y viabilidad para la fase de evaluación, y un Diagrama de Gantt para la planeación de la implementación de las acciones.

La optimización de los parámetros permite ofrecer un producto final de alto desempeño, eliminando la incertidumbre técnica que por lo regular genera muchas objeciones durante las negociaciones con los clientes. Esta optimización se refleja en argumentos técnicos más sólidos para el equipo comercial, una reducción de tiempos de validación y aprobaciones de parte del cliente, y una propuesta de valor centrada en la fiabilidad del ensamble, dando como resultado la agilización del cierre de negociaciones, fortaleciendo la posición competitiva de la empresa frente a otros proveedores y tecnologías.

Palabras Claves: Impacto, Optimización, Soldadura, Termoplásticos, Ultrasonido, Venta, Equipo, QFD, Parámetros, Propuesta, Estrategia.

Abstract

A study has been proposed with the objective of developing a commercial strategy that, through the Design Thinking methodology, optimizes the value proposition of ultrasonic welding equipment in the manufacturing process of different industrial clients. The methodology is qualitative in nature. The results are summarized in the techniques and methods implemented across the five stages of the methodology: including surveys and an empathy map in the empathy phase a story map and Quality Function Deployment for the define phase; determination of the correct and/or optimal parameters through and Ishikawa diagram and TRIZ for the ideate phase; a competitive and feasibility study for the evaluate phase; and a Gantt chart for planning the implementation of actions.

The optimization of parameters makes it possible to offer a high-performance final product, eliminating the technical uncertainty that typically generates numerous objections during negotiations with clients. This optimization is reflected in stronger technical arguments for the sales team, a reduction in client validation and approval times, and a value proposition centered on assembly reliability, resulting in faster deal closures and strengthening the company's competitive position against other providers and technologies.

Keywords: Impact, Optimization, Welding, Thermoplastics, Ultrasound, Sales, Equipment, Design Thinking, Commercial, Strategy, QFD.

ÍNDICE GENERAL

Introducción	1
1. Contexto estratégico de la soldadura de termoplásticos por ultrasonido.....	2
1.1. Antecedentes.....	2
1.2. Problemática	3
1.2.1. Preguntas de investigación	4
1.3. Justificación.....	4
1.4. Objetivos.....	6
1.4.1. Objetivo general.	6
1.4.2. Objetivos específicos.....	6
1.5. Alcance.	6
1.6. Limitaciones.	7
1.7. Hipótesis.	7
2. Fundamentos técnicos y variables críticas de la soldadura ultrasónica en termoplásticos.....	8
2.1. Propiedades de los polímeros termoplásticos.	8
2.1.1 Estructura: Amorfo vs Semicristalino.....	9
2.1.2. Variables que influyen en la soldabilidad.	11
2.1.3. Compatibilidad.....	13
2.2. Diseño de Unión	14
2.2.1. Configuraciones de director de energía.....	14
2.2.3. Consideraciones para cualquier diseño	18
2.3. Parámetros de proceso de soldadura	19
2.3.1. Amplitud de vibración.....	19
2.3.2. Presión aplicada.....	19
2.3.3. Tiempo de soldado	20
2.4. Evaluación de la resistencia	20
2.4.1. Defectos en la soldadura	20
2.4.2. Pruebas y ensayo.....	21
2.5. Fundamentos de la estrategia comercial y venta consultiva.	21
2.5.1 Pensamiento de diseño (Design Thinking).....	21

2.5.2 Venta consultiva	22
2.5.3 Propuesta de valor.	23
3. Modelo metodológico para la implementación técnica y construcción de propuesta de valor.	24
3.1. Nivel de investigación	24
3.2. Diseño de investigación.	24
3.3. Población y muestra	25
3.4. Matriz de operacionalización de variables.....	25
3.5. Diagrama de flujo para recolección de datos.....	26
3.5.1. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.....	27
3.5.2. Etapa 1: Análisis del cliente industrial.....	27
3.5.3. Etapa 2: Diagnóstico de necesidades	31
3.5.4. Etapa 3: Determinación de parámetros óptimos	35
3.5.5. Etapa 4: Estudio de competencia y Viabilidad.....	38
3.5.6. Etapa 5: Propuesta de valor y plan de implementación.	40
4. Implementación y análisis de propuesta de valor.	42
4.1 Análisis del cliente industrial.....	42
4.1.1 Encuestas.....	42
4.1.2 Mapa de empatía del cliente industrial.....	51
4.1.3. Diagnóstico de necesidades.....	54
4.1.4. Mapa de Historias.....	56
4.1.5. QFD.....	57
4.2. Determinación de parámetros óptimos	58
4.2.1. Diagrama de Ishikawa.....	59
4.2.2. TRIZ	60
4.3. Estudio de competencia y viabilidad	61
4.3.1. Análisis comparativo.....	62
.....	62
4.4. Propuesta de valor y plan de implantación	63
4.5. Diagrama de Gantt	64
4.6. Síntesis del impacto y cumplimiento de objetivo.....	65

CONCLUSIONES	67
BIBLIOGRAFÍA	69
ANEXOS	71
Anexo A. Encuesta aplicada a los clientes.....	71

Índice de Figuras

Figura 1. Propiedades de los termoplásticos (AI, 2024).....	9
Figura 2. Estructura amorfa (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).	10
Figura 3. Estructura semicristalina. (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).	10
Figura 4. Calor específico vs Temperatura (AI, 2024).....	11
Figura 5. Graficas tiempo-temperatura: Unión plana vs. director de energía (Elaboración propia).....	15
Figura 6. Diseño básico de director de energía (Elaboración propia).	15
Figura 7.Unión de escalón (Elaboración propia).....	16
Figura 8. Unión lengüeta y canaleta (Elaboración propia).	17
Figura 9. Redondeo de esquinas para reducir esfuerzos (Elaboración propia).	18
Figura 10. Campo cercano vs campo lejano (Elaboración propia).....	19
Figura 11. Diagrama de propuesta metodológica (Elaboración propia).....	26
Figura 12. Diagrama del proceso por etapas de la metodología propuesta (Elaboración propia).	27
Figura 13. Encuesta para cliente (Branson Ultrasonics, 2014).....	29
Figura 14.Formato de Mapa de Empatía (Ferreira da Silva & Goncalves Gomes, 2019).	30
Figura 15. Formato de Story Mapping (AI, 2024).	32
Figura 16. Matriz de la casa de la calidad (Elaboración propia).	33
Figura 17. Plantilla base para la realización de Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia). .	36
Figura 18. Esquema de solución de problema usando TRIZ (Elaboración propia).	38
Figura 19. Plantilla simplificada de Diagrama de Gantt (Elaboración propia).	41
Figura 20. Mapa de Empatía (Elaboración propia).	52
Figura 21. Resumen Diagnóstico de Necesidades (Elaboración propia).....	54
Figura 22. Mapa de historias (Elaboración propia).	56
Figura 23. Matriz de Relación (Relación entre QUÉ's y CÓMO's).	57
Figura 24. Correlación entre Características Técnicas (Techo).	58
Figura 25. Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).....	59
Figura 26. TRIZ (Elaboración propia).....	60
Figura 27. Competencia y Viabilidad aplicando TRIZ (Elaboración propia).	61
Figura 28. Análisis comparativo (Elaboración propia).	62
Figura 29. Diagrama de Gantt (Elaboración propia).	64

Índice de Tablas

Tabla 1. Compatibilidad entre polímeros.	13
Tabla 2. Superficies texturizadas.	17
Tabla 3. Formato para analizar a la competencia.	40
Tabla 4. Tipo de Unión.	42
Tabla 5. Método de Prueba.	43
Tabla 6. Componentes Internos.	43
Tabla 7. ¿Cuál es su principal preocupación respecto a la unión de sus piezas?	44
Tabla 8. Factor Crítico de Competitividad.	44
Tabla 9. Mayor Desperdicio de Recursos.	45
Tabla 10. Problema Principal de Calidad.	45
Tabla 11. Variable Técnica más Difícil.	46
Tabla 12. Efecto de Variabilidad del Material.	46
Tabla 13. Primera Acción ante Baja Resistencia.	46
Tabla 14. Capacidad más Valiosa de la Branson 2000X.	47
Tabla 15. Barrera para la Automatización.	47
Tabla 16. Flexibilidad del Equipo Actual.	48
Tabla 17. Criterio de Evaluación Inicial.	48
Tabla 18. Postura frente a IA y Auto-ajuste.	49
Tabla 19. Impacto Ambiental Prioritario.	49
Tabla 20. Principal Influenciador de Compra.	50
Tabla 21. Argumento de Venta más Convincente.	50
Tabla 22. Análisis de parámetros óptimos.	58
Tabla 23. Propuesta de Valor.	63
Tabla 24. Plan de Viabilidad.	63
Tabla 25. Resultados de cada etapa.	65
Tabla 26. Aumento de ventas de FY 24 vs F25.	66

Introducción

La unión de materiales plásticos ha sido fundamental para la creación de productos para diferentes tipos de rubros en la industria. En la actualidad la técnica de unión de termoplásticos por ultrasonido ha ido en incremento debido a las características que esta tecnología ofrece, gracias a su capacidad de crear conexiones estructurales, herméticas y duraderas sin la necesidad de adhesivos químicos.

Actualmente este tipo de soldadura enfrenta un reto muy grande en cuanto a la variabilidad en las uniones que presentan algunas piezas de distintos tipos de plásticos. Las uniones se pueden ver afectadas por diferentes factores, los cuales pueden ser el diseño de la pieza, las propiedades químicas y mecánicas del material, y los parámetros del proceso de soldadura, como la presión, amplitud y frecuencia utilizada. Todo esto puede resultar en defectos de funcionabilidad y/o calidad.

El presente trabajo se enfoca en “el desarrollo de una estrategia comercial centrada en el cliente para la venta de equipos de soldadura ultrasónica” con el propósito de optimizar la propuesta de valor de esta tecnología ante clientes industriales. Se examina el comportamiento de las propiedades de unión de polímeros y cómo afecta al considerar parámetros que determinan condiciones óptimas para garantizar uniones confiables y así establecer una serie de recomendaciones y buenas prácticas comerciales que faciliten la adopción de esta tecnología por parte del cliente.

El documento incluye los antecedentes de la empresa donde se realizará el proyecto. Además, se detalla la problemática y se justifica la necesidad de realizar el proyecto, junto a un objetivo general que se desglosa en objetivos específicos con base a una hipótesis propuesta. Se define el alcance del proyecto y se establece un marco teórico, junto con resultados y conclusiones.

1. Contexto estratégico de la soldadura de termoplásticos por ultrasonido.

En el presente capítulo se establece el contexto estratégico que da origen a esta investigación, partiendo del sector de la organización, la problemática identificada, la justificación del estudio, los objetivos que orientan el desarrollo, las limitaciones consideradas y la hipótesis planteada para dar respuesta al fenómeno analizado.

1.1. Antecedentes

La soldadura por ultrasonido surgió en pleno siglo XX para facilitar el ensamble de diferentes plásticos que, comparado con otros métodos tradicionales, permite la unión de componentes gracias a las vibraciones de alta frecuencia sin necesidad de algún material adicional. Esta tecnología se ha consolidado como una solución a nivel global para la industria manufacturera debido a la rapidez, repetibilidad y el costo operativo, siendo adoptada en los sectores automotriz, electrónico y médico, los cuales exigen procesos muy precisos, limpios y escalables.

En México esta tecnología ha encontrado gran área de oportunidad, especialmente en sectores como la automoción, electrónica y dispositivos médicos. La empresa de servicios de ingeniería con su división de soldadura por ultrasonido ha sido clave en la implementación y desarrollo de esta tecnología. En la industria automotriz, se utiliza para ensamblar componentes como parachoques, luces traseras y tableros debido a las características que esta tecnología ofrece. En la industria electrónica se utiliza debido a evita el uso de adhesivos y solventes, dando como resultado piezas más limpias y seguras. En la industria medica la precisión de esta soldadura y la capacidad de crear uniones herméticas hacen que esta tecnología sea ideal para la fabricación de dispositivos estériles y con la precisión necesaria.

Este proyecto se desarrollará en una empresa del ramo de diseño y suministro de tecnología aplicada a productos y servicios de ingeniería que a partir de este momento se denominará “Empresa de servicios de ingeniería”. La compañía fundada en 1890 en St. Louis, Missouri, como fabricante de motores eléctricos y ventiladores. A lo largo de los últimos 100 años, la empresa ha pasado de ser un fabricante regional para convertirse en una potencia mundial de soluciones tecnológicas. La división de ultrasonido de la empresa ha sido pionera de esta tecnología durante más de siete décadas.

La empresa de servicios de ingeniería está conformada por el área de manufactura, diseño y ventas, esté trabajo se realizará en el área de diseño donde se trabaja de la mano de diversos clientes de diferentes industrias para ayudarlos a lograr piezas con las características necesarias para cumplir sus objetivos siendo este el objeto y enfoque del presente trabajo.

A pesar del creciente uso de esta tecnología en el mundo, existen desafíos en la etapa comercial y de asesoría técnica al cliente: cuando no hay acompañamiento adecuado durante el diseño y selección de parámetros generando una unión de baja calidad, aumentan los tiempos de negociación de la venta y pérdida de confianza del cliente en la tecnología. Estas consecuencias afectan la operación técnica, representan una barrera directa para el crecimiento comercial de esta tecnología, ocasionando que el cliente busque otros métodos de ensamble,

evidenciando la necesidad de una estrategia comercial estructurada y centrada en el cliente, como la que se propone en este trabajo.

1.2. Problemática

Los principales desafíos de la soldadura de polímeros por ultrasonido es la inconsistencia en la calidad de unión varia significativamente debido a las propiedades del polímero a utilizar. Los polímeros tienen propiedades térmicas y mecánicas muy diferentes entre si, y esto puede ser un factor que influye en el comportamiento de los materiales al momento de aplicarles este proceso ya que cada uno responde de manera diferente, lo que puede resultar en una fusión desigual o insuficiente afectando la durabilidad y la resistencia mecánica del producto final. Esta inconsistencia se traduce en un riesgo ya que el cliente pierde confianza en los equipos y cancelar la decisión de compra.

El control de los parámetros de las diferentes máquinas es esencial para poder determinar las condiciones óptimas de soldadura para cada tipo de polímero (modo de soldado, amplitud, presión, trigger, etc...) es un proceso complejo ya que un ajuste incorrecto puede ocasionar una soldadura débil, con grietas internas o uniones frágiles. Si los clientes no cuentan con acompañamiento durante la selección de parámetros puede representar una venta compleja.

En algunas aplicaciones de la industria se busca combinar diferentes tipos de polímeros. Sin embargo, las diferencias en sus vibraciones (micrones) y puntos de fusión pueden llevar a una fusión dispareja ocasionando una incompatibilidad por lo que se busca trabajar con materiales que sean muy similares en características, pero se logren los objetivos que los clientes buscan en sus piezas. El asesoramiento al cliente sobre la elección de material compatibles puede impactar considerablemente en la decisión de compra para evitar expectativas irreales sobre el producto.

Actualmente el diseño de unión de la pieza muchas veces es ineficiente debido a que los clientes no tienen conocimiento suficiente de como diseñar una pieza que va a ser soldada por ultrasonido. Hay aspectos que se deben tomar en cuenta cuando se suelda por ultrasonido que son: el área de contacto entre las superficies a unir debe ser pequeña para concentrarse y disminuir la energía y tiempo necesario para iniciar y completar la fusión; la alineación que las partes a unir deben proporcionar y el contacto con el herramental de vibración “sonotrodo” que debe ser diseñado para transmitir la energía sin dañar la pieza. Esta es una oportunidad comercial ya que acompañar al cliente desde la etapa de ingeniería genera una ventaja competitiva y fortalece la relación comercial.

Estos desafíos técnicos se traducen en obstáculos concretos para el proceso de venta consultiva del equipo ya que generan incertidumbre, dificultan la justificación del retorno de inversión y hacen que el proceso de aprobación sea muy lento. Por ello, esta investigación busca poder generar una estrategia de venta desde una perspectiva técnica y centrada en el cliente.

1.2.1. Preguntas de investigación

- ¿Cuáles son las necesidades, frustraciones y criterios de decisión de los clientes industriales al implementar la soldadura ultrasónica?
- ¿Cómo el uso de las herramientas del pensamiento de diseño (Design Thinking) permite traducir los requerimientos técnicos en características relevantes de la soldadura ultrasónica?
- ¿Cómo la integración de una estrategia técnico-comercial contribuye a reducir la incertidumbre técnica y fortalecer el proceso de venta?

1.3. Justificación

La presente investigación se justifica desde tres perspectivas, Para la empresa, le permite fortalecer el enfoque de la venta consultiva y reducir la incertidumbre técnica que tradicionalmente se traduce en limitaciones cuando se cierran negociaciones. Para el cliente, facilita una mejor selección de tecnologías disponibles en el mercado y disminuye el riesgo asociado a la inversión de equipos de soldaduras. Y para el proceso comercial en general, permite generar argumentos técnicos que ayuden a cubrir las necesidades del cliente.

Desde el punto de vista técnico, dado el contexto internacional actual, la investigación de la unión de polímeros mediante técnicas avanzadas como el ultrasonido resulta ser un tema de interés en crecimiento. Después de varios experimentos y aplicaciones en diversas áreas, la unión por ultrasonido se ha presentado como una alternativa atractiva a métodos tradicionales de adhesión debido a su sostenibilidad y eficiencia. Al mismo tiempo, la tesis es relevante porque difiere en cómo las propiedades de Resistencia variaron dependiendo del tipo de polímero, lo que tiene implicaciones directas para la industria automotriz y manufacturera, la electrónica y el desarrollo de nuevos materiales. A pesar de los notables avances en las técnicas y tecnologías de unión, es evidente que aún es necesario resolver numerosos problemas para normalizar el proceso de unión de polímeros aparentemente similares, lo que indica el interés por analizar cuán bien y sistemáticamente se trata la investigación puede comparar diferentes polímeros utilizando datos obtenidos mediante la técnica de soldadura por ultrasonido (Jianhui Qiu, 2020).

En el contexto nacional, la investigación sobre la durabilidad de la unión ultrasónica de diversos polímeros se ha convertido en un tema de gran relevancia en el contexto nacional, especialmente considerando el desarrollo de la industria manufacturera mexicana. En un país donde la producción de polímeros y plásticos juega un papel importante en varios sectores económicos como el automotriz, la construcción y el embalaje, es fundamental trabajar en la tecnología de unión para mejorar la calidad y competitividad de los productos. La tecnología de unión ultrasónica, un método eficiente y versátil, no solo tiene el potencial de optimizar los procesos de fabricación, sino que también contribuye a la sostenibilidad al reducir el desperdicio y el uso de adhesivo (Fernando J. Elizondo G, 2002).

Este conocimiento técnico es lo que permite fortalecer los argumentos comerciales frente al cliente: Las investigaciones han demostrado que la unión ultrasónica es muy eficaz para los polímeros termoplásticos, lo que da como resultado uniones más limpias con tiempos de procesamiento más cortos. Sin embargo, la calidad y resistencia de estos compuestos varían ampliamente dependiendo de varios factores, como el tipo de polímero, la frecuencia de ultrasonido utilizada y la temperatura a la que se realiza el proceso. Este entendimiento es de gran importancia, ya que permite a las industrias optimizar sus procesos productivos y fortalecer su competitividad en el mercado (Flores, 2019).

Con la llegada de los vehículos eléctricos y la necesidad de ligereza y eficiencia energética, los fabricantes buscan materiales que no sólo sean ligeros, sino que también proporcionen uniones de alta resistencia. Comprender cómo reaccionan los diferentes polímeros a los procesos de unión ultrasónica facilitará la selección de materiales adecuados y la optimización de las técnicas de unión, lo que dará como resultado vehículos más eficientes con menor impacto ambiental (Jianhui Qiu, 2020).

La investigación se basa en la teoría de Ultrasonido, que enfatiza la importancia de la eficiencia y la sostenibilidad en el proceso de producción. En un mundo donde la industria se esfuerza constantemente por optimizar los métodos, la unión ultrasónica se presenta como una tecnología innovadora que ofrece importantes ventajas sobre los métodos de unión tradicionales. Estos beneficios incluyen una menor generación de desechos, un menor tiempo de procesamiento y la capacidad de unir materiales diferentes sin necesidad de adhesivos adicionales (Flores, 2019).

La innovación de la presente investigación se establece en la integración de un diagnóstico estructurado del cliente con distintas herramientas técnicas de análisis; como el despliegue de la función de calidad (QFD), el análisis técnico de parámetros y TRIZ, junto con un estudio comparativo, para construir una propuesta de valor que este orientada a la venta consultiva de equipos de soldadura ultrasónica. Diferenciando de enfoques más tradicionales, que se centran en la optimización de parámetros como un fin puramente técnico, esta investigación conecta la optimización directamente con el proceso comercial, haciendo que el conocimiento técnico en argumentos de venta medibles sea confiable para el cliente y así reducir el riesgo de inversión que puede percibir el cliente.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

Analizar el impacto de la optimización de la soldadura de termoplásticos por ultrasonido en el proceso de ventas consultivas de equipos de esta categoría, a través de la identificación de las necesidades del cliente, la vinculación de los parámetros de soldadura con los requerimientos de aplicación y la construcción de una propuesta de valor técnico-comercial, mediante herramientas de la metodología de pensamiento de diseño (Design Thinking).

1.4.2. Objetivos específicos.

Del objetivo general se derivan los siguientes objetivos específicos:

1. Identificar las necesidades, frustraciones y criterios de decisión de los clientes industriales relacionados con la implementación de equipos de soldadura ultrasónica, mediante encuestas y mapa de empatía.
2. Relacionar las necesidades y requerimientos identificados con las variables técnicas de la soldadura ultrasónica, mediante herramientas como QFD, Ishikawa y TRIZ, para establecer características técnicas relevantes para la propuesta de valor.
3. Evaluar la contribución de las características técnicas identificadas a la propuesta de valor del equipo, mediante el análisis competitivo y de viabilidad, para determinar su influencia en el proceso de venta consultiva.
4. Integrar una estrategia técnico-comercial centrada en el cliente que incorpore los resultados del análisis técnico, las necesidades identificadas y los factores relevantes para la decisión de compra, reduciendo la incertidumbre técnica.

1.5. Alcance.

Esta tesis se enfoca en investigar y analizar la variación en la resistencia de las uniones plásticas por medio de ultrasonido para poder desarrollar una estrategia comercial, mediante la metodología de pensamiento de diseño (Design Thinking). Como sustento técnico de esta estrategia, se considerará la mejora en el diseño de unión en partes plásticas de mayor uso en la industria, así como la influencia de parámetros como la amplitud de vibración, tiempo, presión y frecuencia.

Este conocimiento técnico permitirá que el equipo comercial identifique y comunique las condiciones que maximizan la resistencia de uniones, fortalecimiento de argumentos de venta y la asesoría técnica-comercial brindada al cliente en un proceso de negociación e implementación.

1.6. Limitaciones.

Como se mencionó anteriormente, la estrategia comercial desarrollada mediante la metodología del pensamiento de diseño (Design Thinking) se basa en el análisis de clientes industriales en sectores automotriz, electrónico, médico y alimenticio en la región del bajo mexicano, por lo que los resultados y hallazgos podrían no ser directamente extrapolables a clientes de otras regiones, sectores o con necesidades distintas a las analizadas y por temas de confidencialidad no se nombrarán empresa ni nombre de personas.

Esta investigación no contempla realización de pruebas experimentales para validar la resistencia de unión, sino que se apoya en información técnica existente sobre parámetros de soldadura, por lo que los hallazgos deben entenderse como un sustento referencial para la creación de una estrategia comercial.

1.7. Hipótesis.

La Integración de los parámetros técnicos de la soldadura por ultrasonido de termoplásticos junto con las necesidades, frustraciones y criterios de decisión de los clientes, identificados mediante las herramientas de pensamiento de diseño como el mapa de empatía, QFD y TRIZ, fortalece la propuesta de valor técnico-comercial del equipo de soldadura ultrasónica al reducir la incertidumbre técnica y mejorar la correspondencia entre los requerimientos del cliente y las características de la solución ofrecida, contribuyendo a un proceso de venta más sólido.

2. Fundamentos técnicos y variables críticas de la soldadura ultrasónica en termoplásticos.

El presente capítulo se desarrollan los fundamentos técnicos que sustentan el proceso de soldadura ultrasónica de termoplásticos, incluyendo las propiedades de los polímeros, el diseño de unión, los parámetros críticos y los criterios de evaluación de la resistencia, así como los fundamentos teóricos de la estrategia comercial que permiten vincular dicha optimización con el proceso de venta de equipos.

2.1. Propiedades de los polímeros termoplásticos.

Un polímero es un material que está compuesto por moléculas, que poseen cadenas de uno o más átomos que se encuentran unidos entre sí por enlaces primarios. Estos materiales son producidos mediante la polimerización de los monómeros. Plásticos es el nombre común para estos materiales ya que tienen un comportamiento muy particular (García, 1999).

De manera general, los polímeros se clasifican en tres grupos:

- Termoplásticos
- Termofijos
- Elastómeros

Para esta tesis únicamente se definirán los termoplásticos ya que los polímeros termofijos y elastómeros no pueden ser soldado por ultrasonido.

Los termoplásticos están compuestos de cadenas lineales ramificadas y se caracterizan por el ablandamiento que presentan cuando se les adiciona calor, también son procesables en el estado de fluidez (García, 1999).

Los termoplásticos tienen propiedades muy específicas que deberán ser tomadas en cuenta al momento de diseñar y/o implementar la manufactura de estos, como, por ejemplo:

1. Baja conductividad térmica
2. Alta viscosidad
3. Viscoelasticidad

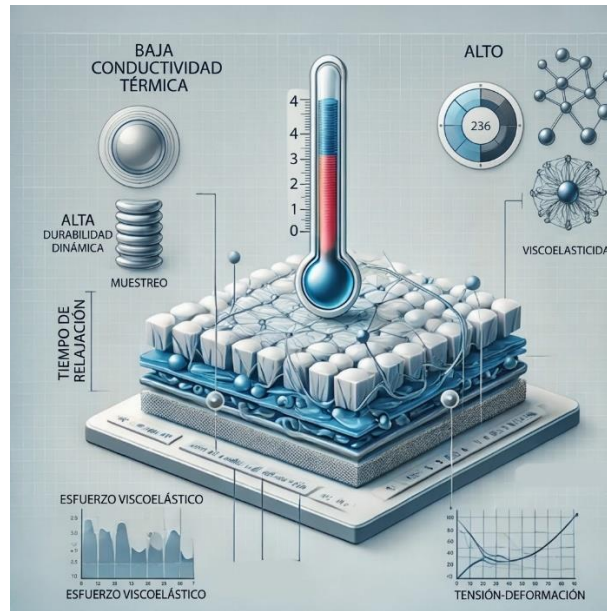


Figura 1. Propiedades de los termoplásticos (AI, 2024).

La primera propiedad es muy común en los materiales plásticos debido a que presentan conductividades térmicas menores a la de los metales. Esta propiedad determina largos tiempos de enfriamiento por lo que puede generar largos tiempos de ciclo.

La alta viscosidad en los materiales plásticos que presentan estado de fluidez ocasiona altos esfuerzos en su procesado, dando lugar a una gran disipación térmica. Esto puede resultar ventajoso ya que se reduce la cantidad de calor que hay que añadir al polímero para la plastificación. El comportamiento de los termoplásticos se considera no Newtoniano (aquellos fluidos cuya viscosidad no es constante y varía dependiendo de la fuerza aplicada o la velocidad del flujo), disminuyendo la viscosidad al aumentar la deformación (García, 1999).

El termino viscoelasticidad hace referencia al comportamiento de un material con propiedades de un líquido viscoso y un sólido elástico a la vez. Esta propiedad es favorable para procesos que requieren una alta resistencia mecánica en el estado líquido o semilíquido (García, 1999).

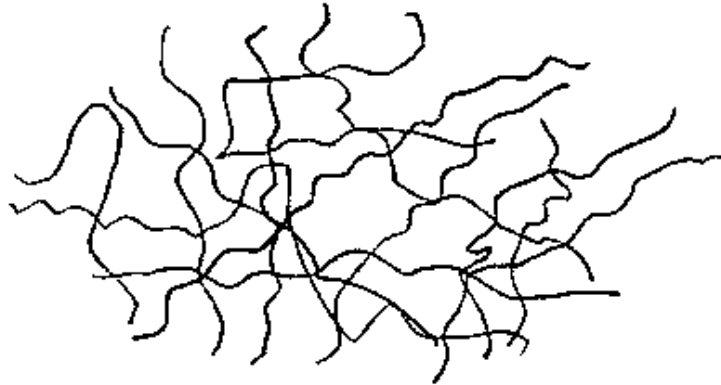
2.1.1 Estructura: Amorfo vs Semicristalinos.

El principio de soldadura por ultrasonido involucra el uso de vibraciones mecánicas de alta frecuencia transmitidas a través de partes termoplásticas para generación de calor por medio de fricción provocando una fusión del material. El término “soldabilidad” es un término genérico que incluye la habilidad de “stake”, estampar, insertar o soldar puntos de la resina (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

Cuando se discute la soldabilidad de los termoplásticos, se debe reconocer que hay numerosos factores que afectan los requerimientos de la energía ultrasónica y, por lo tanto, la

soldabilidad de numerosas resinas. Los principales factores son la estructura del polímero, temperatura de fusión, índice de fusión, módulo de elasticidad y químicos.

Los polímeros **amorfos** tienen una estructura caracterizada por un arreglo molecular sin algún tipo de orden.

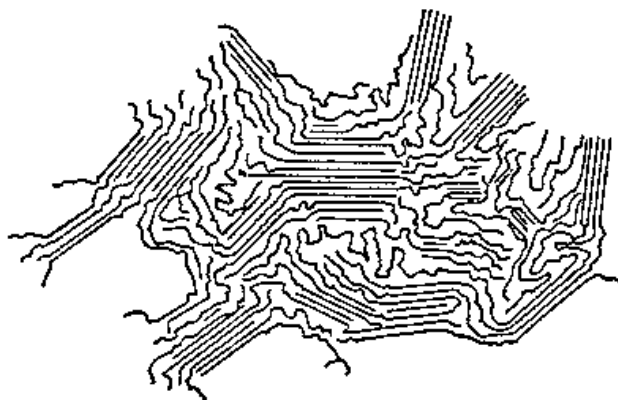


Polímero de estructura amorfa

Figura 2. Estructura amorfa (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

Estos plásticos tienen un rango de temperatura de reblandecimiento (T_g , temperatura de transición vítrea) que permite que el material se ablande gradualmente, se derrita y fluya sin solidificarse prematuramente. Estos polímeros generalmente son muy eficientes si se habla de la capacidad de transmitir vibraciones ultrasónicas, y permiten ser soldados bajo una amplia combinación de rango de fuerza/amplitud (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

Los polímeros Semicristalinos tienen una estructura caracterizada por un arreglo molecular ordenado.



Polímero de estructura cristalina

Figura 3. Estructura semicristalina. (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

Estos plásticos tienen una fusión fuerte entre si (T_m , melt temperature), además de resolidificación como se muestra en la **Figura 3**. Las moléculas del polímero, cuando se encuentra en estado sólido, se pueden comparar a un resorte ya que internamente absorben un porcentaje de la alta frecuencia de las vibraciones mecánicas, por lo que los hace más difícil de transmitir la energía ultrasónica a la unión. Por esta razón, se requiere una gran amplitud para este tipo de polímeros. El alto punto de fusión es resultado de un gran requerimiento de energía necesaria para romper la estructura Semicristalina y permitir que el material se derrita. Una vez que el material derretido toca el área a soldar, estas resinas se solidifican rápidamente con una reducción baja de temperatura. Estas características por lo tanto necesitan consideraciones especiales (por ejemplo, mayor amplitud, diseño de unión, contacto con sonotrodo, etc..) para obtener resultados exitosos (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

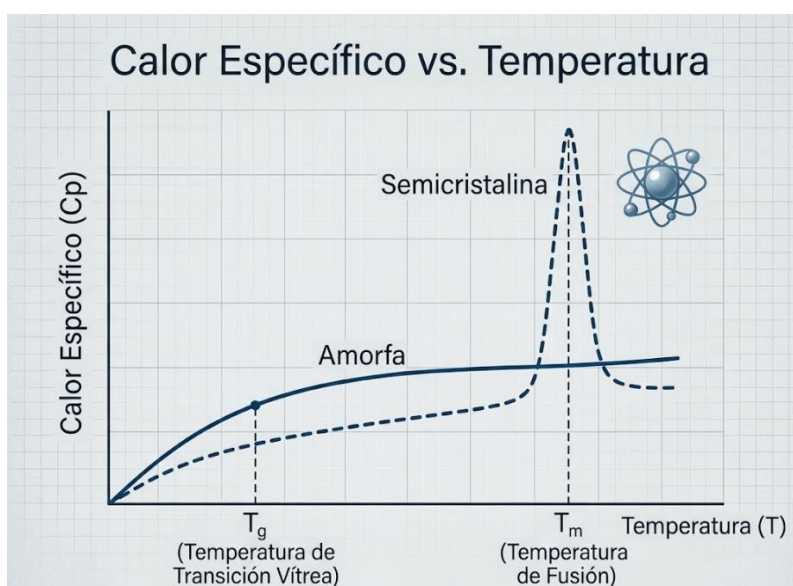


Figura 4. Calor específico vs Temperatura (AI, 2024).

2.1.2. Variables que influyen en la soldabilidad.

Las principales variables que influyen la soldabilidad son: temperatura y rigidez. A mayor temperatura de fusión de un polímero, mayor será la energía ultrasónica requerida para la soldadura (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

La rigidez del polímero utilizado para soldar influirá en la capacidad para la transmisión de la energía ultrasónica necesaria para unir la unión plástica. Generalmente cuando el material es más rígido, mejor será la capacidad de transmisión (Fernando J. Elizondo G, 2002).

Algunos materiales son higroscópicos, que significa que absorben la humedad de la atmósfera que puede resultar afectando seriamente la calidad de la soldadura. El Nylon (también materiales con grados bajos de poliéster, policarbonato y polisulfuro) es el material más característico. Las partes higroscópicas al ser soldadas utilizan niveles variables de energía y el

vapor generado y atrapado en la pieza genera porosidad en la pieza resultando en una degradación de la fuerza de la unión dificultando las uniones herméticas y una apariencia poco cosmética (Flores, 2019).

Utilizar aditivos o algún coadyuvante durante la preparación de algún compuesto de resina puede resultar problemático en algunos casos para la soldadura ultrasónica. Los aditivos que interfieren en este proceso son:

- Agentes desmoldantes, son químicos aplicados en la superficie de la cavidad de los moldes de inyección para facilitar la extracción de las piezas. Los más comunes como Estearato de zinc, estearato de aluminio, fluoro carbonos y siliconas se pueden mezclar con la superficie de unión e interferir con la generación de calor y la fusión, inhibiendo la soldadura.
- Lubricantes, son materiales que mejoran el movimiento del polímero contra el mismo u otros materiales. Los lubricantes reducen la fricción intermolecular con el polímero, reduciendo así la oposición al movimiento con otros componentes. La fricción molecular es la base del ultrasonido para elevar temperatura, por eso los lubricantes inhiben el proceso ultrasónico.
- Retardantes de flama, se agregan a las resinas para evitar la ignición o modificar las características de calentamiento. Estos componentes químicos generalmente son óxidos inorgánicos o elementos orgánicos halogenados. Los principales ejemplos son Aluminio, Antimonio, Boro, Sulfuro, Nitrógeno y Fósforo. La cantidad de retardante de flama requerido a usar para cumplir con requerimientos puede variar desde un pequeño porcentaje hasta un 50% o más en el peso de la pieza, por lo que se reduciría la cantidad disponible de material soldable.
- Colorantes (pigmentos o tintes), no interfieren con el ultrasonido, sin embargo, algunos pigmentos (ej. blanco, negro) pueden influir en la soldabilidad. Dióxido de titanio (TiO_2) es el principal pigmento usado para partes blancas, este pigmento es inorgánico y químicamente inerte, y puede actuar como lubricante en grandes cantidades inhibiendo la soldabilidad. Por otro lado, para el color negro se utiliza carbón, que también puede afectar a la soldabilidad.
- Las fibras (en la categoría de aditivos), se agregan a las resinas para alterar las propiedades físicas. En algunos casos se mejora la habilidad de transmitir la energía ultrasónica dependiendo el porcentaje que se agregue. Un porcentaje mayor al 20% mejora la soldabilidad. Mayor al 10% se puede soldar de manera normal sin procedimientos especiales. Cuando nos acercamos a un 35% o más de fibra la resina no será suficiente para obtener uniones herméticas y el herramental tendrá que usar tratamientos y materiales especiales.

2.1.3. Compatibilidad.

Una temperatura de fusión similar entre los materiales a soldar es un principio básico para una soldadura exitosa de partes rígidas, una diferencia de temperatura de 22°C puede ser suficiente para que no haya compatibilidad entre dos o más polímeros (incluso para resinas similares). Por lo general el material con temperatura de fusión más baja se funde y se esparce impidiendo la generación de calor suficiente para derretir el material con temperatura de fusión más alta. Agregando un director de energía en una pieza a alta temperatura, paralelo a la superficie de una pieza de baja temperatura, la superficie de soldado de la parte de alta temperatura no alcanzará la temperatura necesaria para derretirse. La superficie opuesta estará fundida antes de que el director de energía empiece a derretirse y esto no hará posible la fuerza de enlace (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

Además, para poder realizar la unión de dos plásticos distintos, estos deberán tener una estructura molecular similar entre sí (químicamente compatibles). Dicha compatibilidad solo existe en polímeros con estructuras amorfas, mientras que los polímeros Semicristalinos solo presentan soldabilidad entre ellos mismos (Branson Ultrasonics Corporations, 1999).

El índice de fusión es una tasa que indica la relación en la que un material se derrite y/o fluye. Diferentes grados del mismo material pueden tener diferentes índices de fusión (inyección vs extrusión). También las diferencias en viscosidad pueden resultar en una mezcla no homogénea con una unión débil. Siempre que se trabaje con plásticos de diferentes grados de material, se debe consultar la especificación del fabricante para determinar el índice de fusión. El índice de fusión no debe ser mayor a 4 para poder que las resinas sean compatibles entre sí. (García, 1999)

Tabla 1. Compatibilidad entre polímeros.

	Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)	Polycarbonato (PC)	Polipropileno (PP)
Acrilonitrilo Butadieno Estireno (ABS)			
Polycarbonato (PC)			
Polipropileno (PP)			

La **Tabla 1** es un ejemplo de tablas de compatibilidad en el cual muestra como ejemplo 3 polímeros muy utilizados en la industria, donde el recuadro sombreado significa que hay una compatibilidad del 100%, que por lo general se trata del mismo tipo de polímero. El círculo significa que hay compatibilidad en algunos casos y si el recuadro no cuenta con nada significa que no existe compatibilidad entre ambos polímeros.

2.2. Diseño de Unión

La soldadura por ultrasonido de materiales termoplásticos es la forma más común de ensamble, y su uso se extiende a industrias como automotriz, electrónica, entretenimiento, textiles y médica. Ofrece grandes ventajas en velocidad, economía y eficiencia, y se elige cuando las partes son muy complejas o demasiado costosas para ser fabricadas por moldeo en una sola pieza (Branson Ultrasonics Corporation, 1999).

2.2.1. Configuraciones de director de energía

Para poder determinar qué tipo de configuración de director de energía se utilizará en el diseño de unión de la pieza se debe contestar una serie de preguntas básicas:

- ¿Qué tipo de material se va a utilizar?
- ¿Cuáles son las dimensiones de la pieza?
- ¿Cuáles son los requerimientos de la pieza?
 - ¿Sello estructural? ¿Carga a aplicar?
 - ¿Sello hermético? ¿Presión a ejercer?
 - ¿La rebaba es aceptable dentro y/o afuera? ¿No se acepta?

Existen dos principales tipos de diseño de unión: director de energía y el (shear joint). Todas las variaciones pueden ser agrupadas dentro de estas dos variaciones generales.

Director de energía – es un extra de material en forma triangular moldeado en una de las superficies de las partes a soldar. La función principal del director de energía es concentrar la energía para rápidamente derretir el material e iniciar la fusión de la superficie de unión. La Ilustración 5 muestra el diagrama tiempo-temperatura para una unión plana y otra con director de energía. Se puede observar que el director de energía permite agilizar el tiempo de soldado logrando una buena resistencia de unión. El director de energía es el diseño de unión más comúnmente usado para materiales amorfos, aunque también se usa para Semicristalinos.

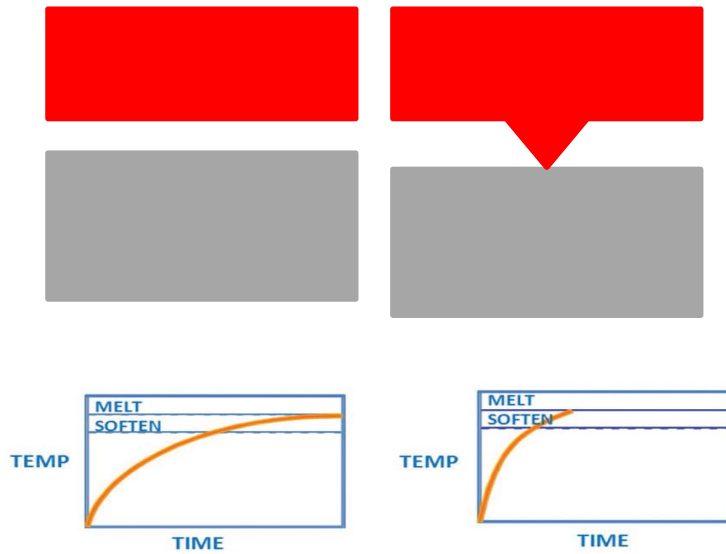


Figura 5. Graficas tiempo-temperatura: Unión plana vs. director de energía (Elaboración propia).

El diseño básico para una unión con director de energía se muestra en la **Figura 6**, es importante recordar que el tamaño y lugar del director de energía van a depender del Material, Requerimientos y Tamaño de la pieza.

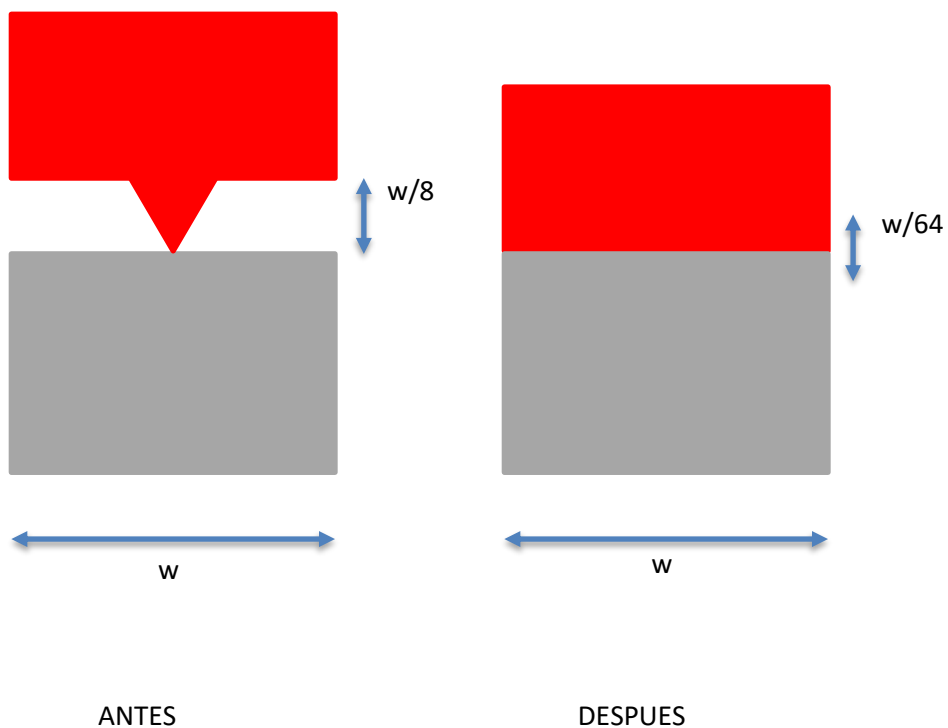


Figura 6. Diseño básico de director de energía (Elaboración propia).

El pico del director de energía deberá ser muy agudo, ya que esto permite que la energía sea menor y el derretimiento de material sea rápido; los directores de energía que tiene una punta redonda o plana no serán eficientes (Branson Ultrasonics Corporation, 1999).

Para el caso de polímeros Semicristalinos con director de energía, la fuerza de unión se obtiene del ancho de la base del director de energía.

Para resinas amorfas se utiliza un ángulo en el director de energía de 90° , mientras que para polímeros Semicristalinos se debe incluir un ángulo de 60° , estos ángulos también dependen de los materiales, geometría y la aplicación específica.

Unión de escalón (Step Joint) – se utiliza para alinear las piezas y para aplicaciones donde se permite la rebaba expuesta dentro o fuera de la pieza (**Figura 7**). El diseño del director de energía utiliza el diseño básico mostrado en la **Figura 6**. Para esta unión se recomienda un espesor de pared de al menos 2 mm.

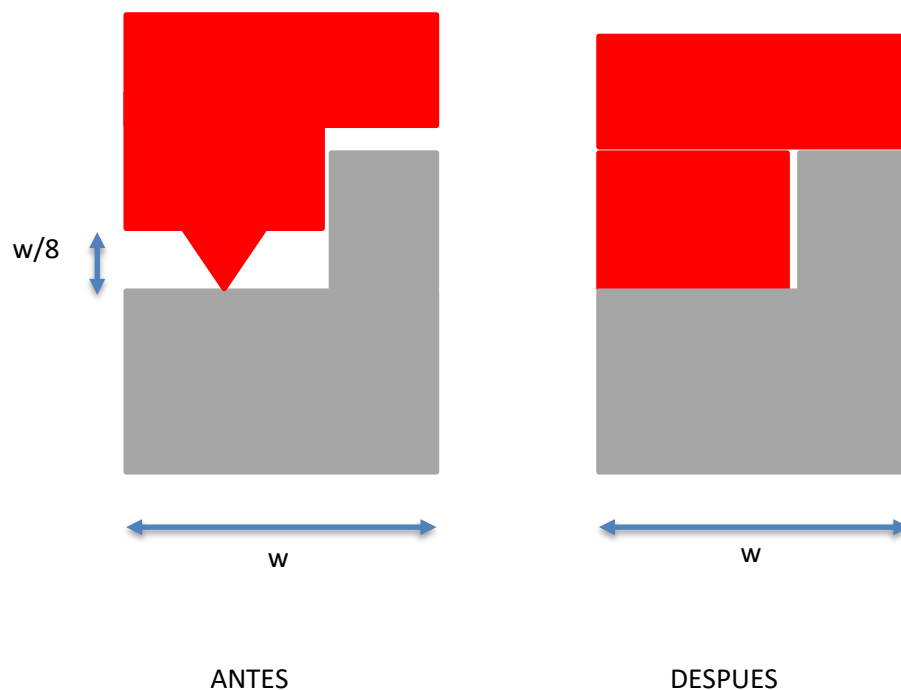


Figura 7. Unión de escalón (Elaboración propia).

Lengüeta y canaleta (Tongue and Groove) – Este diseño de unión ayuda a contener las partículas de rebaba tanto dentro como fuera de la pieza y también provee una alineación entre las partes **Figura 8**.

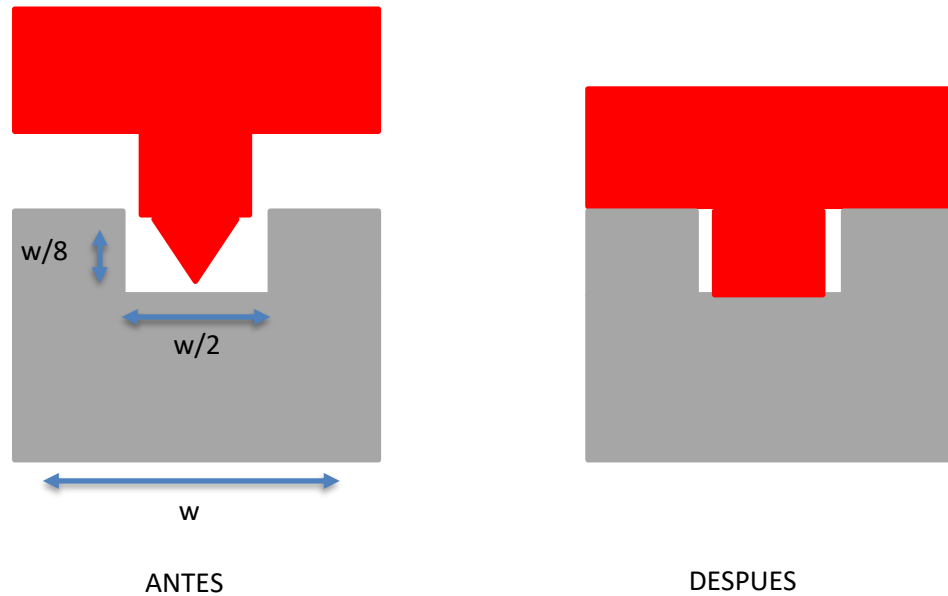


Figura 8. Unión lengüeta y canaleta (Elaboración propia).

El material es contenido gracias a la canaleta en el cual sienta el director de energía lo que genera un sello hermético en la pieza.

Con el director de energía se recomienda agregar una superficie texturizada para ayudar a la calidad de la unión y la resistencia, así como también controlar la fusión de la pieza (**Tabla 2**).

Tabla 2. Superficies texturizadas.

Tamaño de director de energía	Superficie texturizada
.005" - .011"	300 / 11030
.012" - .017"	450 / 11050
$\geq .018"$	600 / 11050-6

Agregando superficies texturizadas el proceso se mejora significativamente ya que el director de energía entra en contacto con una superficie no continua que actúa como mini directores de energía. Los picos y crestas creadas por la superficie texturizada previenen que el material derretido fluya afuera de la unión evitando la rebaba del material e incrementando la fuerza de la unión (Fernando J. Elizondo G, 2002).

2.2.3. Consideraciones para cualquier diseño

Las principales consideraciones que se deben tomar en cuenta para el diseño de piezas que serán unidas por el proceso de ultrasonido son:

Esquinas afiladas – en estas esquinas se concentran esfuerzos. Cuando una parte de plástico moldeada con concentración de esfuerzos es sometida a vibraciones mecánicas provocada por ultrasonido, puede ocurrir daño en las áreas donde se concentran los esfuerzos. Esto se puede evitar agregando pequeños radios en las orillas, esquinas y empalmes.



Figura 9. Redondeo de esquinas para reducir esfuerzos (Elaboración propia).

Agujeros o huecos – La pieza, al contener huecos o agujeros, al hacer contacto con el sonotrodo se puede interrumpir la energía en la transmisión del ultrasonido. Dependiendo el tipo de material y el tamaño del agujero, puede que no exista una buena unión entre las piezas. Cuando existe un agujero o curvatura en la pieza a soldar, la resina amortigua la transmisión de energía, haciendo difícil el paso de las vibraciones desde el punto de contacto principal (sonotrodo) a la interfaz de las piezas.

Campo lejano vs campo cercano – estos conceptos se refieren a las uniones que tienen menos de 0.250 pulgadas, o más de 0.250 pulgadas desde la superficie con la que se hace el contacto con el sonotrodo. En los plásticos con estructura amorfa el arreglo de las moléculas permite el paso de las vibraciones fácilmente a través de la pieza permitiendo la soldadura en campo lejano. En el caso de los plásticos con estructura semicristalina amortiguan la transmisión de energía, haciendo muy difícil soldar en una condición de campo lejano.

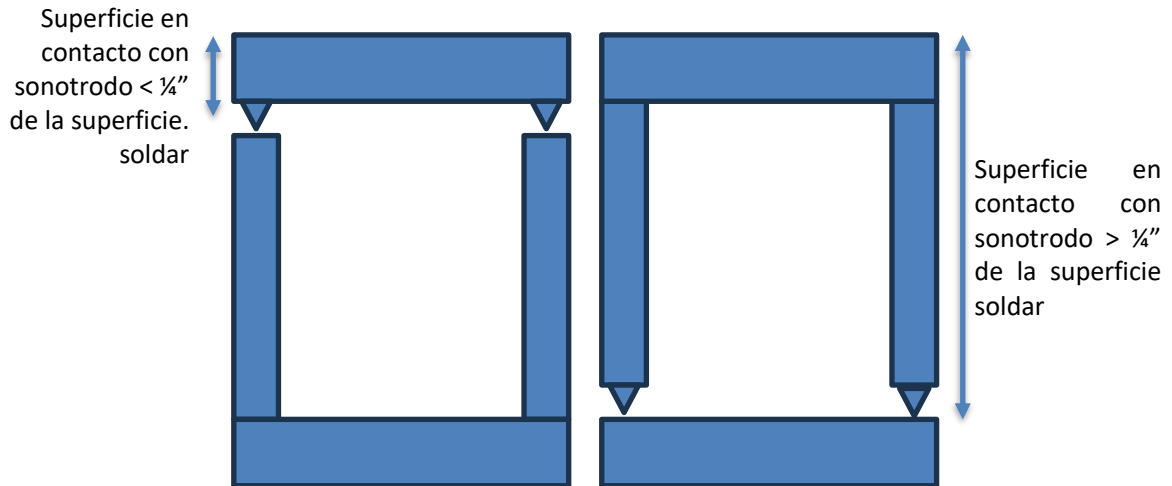


Figura 10. Campo cercano vs campo lejano (Elaboración propia).

2.3. Parámetros de proceso de soldadura

La calidad de la soldadura ultrasónica está controlada o afectada por diferentes parámetros de soldadura asociados con la operación de soldado. Los principales parámetros de soldadura son la amplitud, potencia, energía, tiempo de soldado, desplazamiento vertical, fuerza aplicada antes, durante y después, tiempo de espera. La calidad de la soldadura también depende de la cantidad de energía de entrada.

Fuera de estos parámetros variables, los parámetros que más afectan significativamente a la calidad de la soldadura es la amplitud de vibración, tiempo de soldado y la carga aplicada. La carga aplicada y la amplitud de vibración determinan la velocidad en la que el calor es generado en la pieza durante la soldadura. Esta velocidad de generación de calor es directamente proporcional a la carga aplicada y la amplitud de vibración (Somen K, Goram, & Islam, 2020).

2.3.1. Amplitud de vibración

La frecuencia de soldado también juega un papel importante en la calidad de la soldadura. La fuerza de unión a diferentes frecuencias de polímeros termoplásticos puede variar dependiendo la amplitud, donde la fuerza de unión es mayor a una alta amplitud, debido a un incremento en la velocidad de vibración y aumento en la temperatura de la superficie. La fuerza de unión se ve reducida a amplitudes bajas. 20 kHz es la frecuencia más utilizada para soldar termoplásticos y ha demostrado excelentes resultados (Somen K, Goram, & Islam, 2020).

2.3.2. Presión aplicada

El efecto de cambiar los parámetros de soldadura (tiempo, presión, amplitud, etc....) puede variar significativamente. Se ha observado que variar únicamente la presión aplicada en la pieza

tiene un efecto mínimo comparado con el tiempo de soldado y la amplitud (Somen K, Goram, & Islam, 2020).

2.3.3. Tiempo de soldado

El tiempo de soldado es un parámetro fundamental en el proceso de soldadura ultrasónica. El incremento no tan brusco del tiempo de soldado va a incrementar la calidad de la unión, pero si se incrementa considerablemente el tiempo de soldado la pieza puede llegar a quebrarse o formar hoyos que no sean aceptables (Somen K, Goram, & Islam, 2020).

2.4. Evaluación de la resistencia

En este apartado se abordan los criterios técnicos que, un ensamble de plástico el cual fue sometido un proceso ultrasónico debe tomar en cuenta para evaluar la unión soldada, considerando los defectos más comunes que pueden presentarse durante el proceso y se mencionan los métodos de prueba para validar la calidad y confiabilidad de la unión.

2.4.1. Defectos en la soldadura

Sobre soldado – ocurre cuando se le aplica demasiada energía, tiempo y la distancia absoluta de la pieza es demasiado grande. Se puede solucionar reduciendo la velocidad de desplazamiento, tiempo de soldado y/o energía (Branson Ultrasonics, 2014).

Subsoldado – ocurre cuando no se le aplica la cantidad necesaria de energía, tiempo y amplitud a la pieza. Se puede solucionar incrementando los parámetros de energía, tiempo y amplitud, además de realizar una correcta nivelación de los herramientales que contiene a la pieza (Branson Ultrasonics, 2014).

Soldadura no uniforme – ocurre cuando hay más piezas involucradas dentro del ensamble, el sonotrodo no es el correcto y/o el nido no está alineado, la pieza esta fuera de tolerancia y la pieza contiene algún aditivo. Se puede solucionar probando los herramientales de la pieza como la sintonía del sonotrodo y el maquinado del nido (Branson Ultrasonics, 2014).

Marcas – ocurre cuando no hay paralelismo o no está nivelada la pieza, calentamiento de sonotrodo y relieves en la pieza. Se puede solucionar nivelando los herramientales de la pieza, dando mantenimiento al sonotrodo y trabajando con el diseño para evitar los relieves (Branson Ultrasonics, 2014).

Rebaba – ocurre cuando el tiempo de soldad es muy largo, unión con dimensiones no uniformes y un mal diseño de la pieza. Se soluciona reduciendo el tiempo de soldado y rediseñando el diseño de la unión (Branson Ultrasonics, 2014).

2.4.2. Pruebas y ensayo

Es esencial garantizar la confiabilidad y la durabilidad de estas uniones soldadas por ultrasonido por lo que se deben realizar pruebas y ensayos que permitan evaluar el desempeño mecánico, hermético y funcional. Las principales pruebas que se realizan para detectar defectos son los ensayos de tracción y corte para medir la resistencia mecánica; pruebas de presión para medir hermeticidad y así medir condiciones de uso prolongado (Wise).

2.5. Fundamentos de la estrategia comercial y venta consultiva.

Una vez establecidos los fundamentos técnicos de la soldadura ultrasónica en los termoplásticos, es necesario abordar el sustento teórico de la dimensión comercial de esta investigación, debido a que el impacto de la optimización técnica analiza específicamente con base en su relación con el proceso de venta. A continuación, se presentan los conceptos e investigaciones previas que fundamentan dicho enfoque.

2.5.1 Pensamiento de diseño (Design Thinking).

Es una metodología de resolución de problemas centrada en las personas que combina empatía, creatividad y racionalidad para desarrollar soluciones innovadoras desde problemas complejos, diseño de productos y servicio hasta la gestión del cambio organizacional y la innovación de diseños de negocio. Este enfoque se utiliza en sectores tan diversos como la tecnología, educación, sanidad, y administración pública para generar soluciones centradas en el usuario. No busca soluciones inmediatas ya que prioriza la comprensión de las necesidades humanas (Loayan, 2026).

La metodología tiene aplicaciones muy diversas que van más allá del diseño de productos. Su versatilidad la convierte en una herramienta valiosa para múltiples contextos:

1. Gestión del cambio organizacional: ayuda a comprender preocupaciones de empleados y diseñar procesos de transición más efectivos.
2. Resolución de problemas complejos: mejorar la experiencia del cliente hasta optimizar procesos internos.
3. Rediseño de modelos de negocio: permite imaginar cómo se crea, entrega y captura valor, identificando las nuevas oportunidades a partir de necesidades no satisfechas de los clientes.
4. Emprendimiento e innovación: validar ideas antes de invertir recursos significativos. Reducir el riesgo al asegurar que los productos o servicios se desarrollen con una comprensión profunda del usuario.

Esta metodología utiliza 5 fases que guían a los equipos desde la comprensión del problema hasta la validación de soluciones, las cuales son:

1. Empatizar: comprender a los usuarios y sus necesidades por medio de entrevistas, observación y mapas de empatía (Capítulo 3).
2. Definir: Sintetizar la información y formular el problema utilizando herramientas como mapa de historias y el análisis de la función de la calidad (QFD).

3. Idear: generar ideas y la mayor cantidad de posibles soluciones sin juzgar prematuramente, utilizando múltiples herramientas como diagrama de Ishikawa y TRIZ, para después seleccionar las ideas más prometedoras para pasar a la siguiente fase.
4. Evaluar: crear versiones tangibles de las ideas seleccionadas para poder evaluar por medio de algún análisis comparativo.
5. Implementar: validar con usuarios reales y retroalimentación para validar si la solución realmente responde a las necesidades identificadas en la fase de empatía.

2.5.2 Venta consultiva.

La venta consultiva es una metodología comercial centrada en entender el negocio del cliente antes de proponer una solución en la que los beneficios se traducen en términos monetarios.

A diferencia de un enfoque transaccional, donde la conversación gira alrededor de productos, funcionalidades o precio, este proceso busca identificar:

- Retos operativos;
- Puntos de fricción;
- Oportunidades de crecimiento;
- Métricas clave;
- Objetivos de negocio;

En este modelo se deja de actuar como proveedor y se convierte en un consultor estratégico (Zamarron & Francisco, 2026).

Las diferencias entre venta tradicional y venta consultiva:

Venta tradicional:

- Enfoque en el producto
- Conversación orientada al cierre
- Relación transaccional
- Implementación técnica
- Cliente compra tecnología

Venta consultiva:

- Enfoque en negocio
- Conversación orientada al diagnóstico
- Relación a largo plazo
- Transformación operativa
- El cliente transforma su operación

Esta metodología de venta consultiva no termina con el cierre de una negociación. En muchos casos, ese apenas es el inicio de una estrategia orientada a mejorar la operación comercial y fortalecer la relación con los clientes (Zamarron & Francisco, 2026).

2.5.3 Propuesta de valor.

Se define como el conjunto de beneficio que una oferta entrega al cliente, traducidos en términos de desempeño y, cuando es posible, en términos monetarios, a partir de un entendimiento profundo del modelo de negocio y de los procesos generadores de valor del cliente. El desarrollo de una propuesta de valor solida requiere identificar el valor, diseñarlo, comunicarlo y cuantificarlo ante el cliente (Anderson, Narus, & Van Rossum, 2006).

3. Modelo metodológico para la implementación técnica y construcción de propuesta de valor.

El propósito de este capítulo es desarrollar una propuesta metodológica mediante herramientas del pensamiento de diseño (Design Thinking) que se apegue a lograr el objetivo general y los objetivos específicos, realizando una guía de proceso que trace los datos requeridos, para determinar cómo afecta el proceso de venta de equipos la optimización de la soldadura por ultrasonido.

Esta investigación permitirá generar datos técnicos sobre la unión de plásticos por ultrasonido y también traducir estos hallazgos en oportunidades comerciales, alineando resultados con necesidades en sectores industriales y comerciales.

3.1. Nivel de investigación

De acuerdo con el problema planteado y con los objetivos a alcanzar, la investigación referida a determinar la optimización de la soldadura por ultrasonido en el proceso de venta de equipos para brindar soluciones a empresas con plantas de manufactura en el territorio mexicano de la rama automotriz, médica, electrónica, etc., se considera como una investigación correlacional y explicativa, orientada a analizar la relación entre la resistencia de unión y la percepción del cliente, explicando el impacto en la estrategia comercial. Además de establecer relaciones entre variables, también se pretende explicar cómo es que influye la resistencia de unión en las estrategias de ventas. A través del uso de diferentes herramientas, se determinará como las empresas pueden utilizar este concepto para diferenciarse y justificar precios en un entorno competitivo.

3.2. Diseño de investigación.

El diseño de esta investigación es de tipo cualitativo para así analizar cómo la optimización técnica de la soldadura por ultrasonido se relaciona con las necesidades del cliente y contribuye a fortalecer la propuesta técnico-comercial de los equipos dentro del proceso de venta.

Se utilizará un diseño de propuesta metodológica llamada pensamiento de diseño (Design Thinking) mediante el cual se analizarán las necesidades del cliente y se relacionarán con las variables técnicas del proceso, con el que se busca construir una propuesta que reduzca la incertidumbre percibida por el cliente.

A través de diferentes herramientas como encuestas, mapas de empatía y entrevistas con clientes, se permitirá conocer sus necesidades, frustraciones y criterios de decisión para que posteriormente se pueda relacionar con las variables técnicas mediante el QFD, Ishikawa y TRIZ. Este análisis se basará en un diseño descriptivo y explicativo, describiendo como la relación entre las necesidades del cliente y las características técnicas del equipo puede fortalecer la propuesta de valor y construir un argumento diferenciador frente a la competencia dentro del proceso de venta.

3.3. Población y muestra.

En toda investigación, determinar la población y muestra es primordial para poder garantizar la validez y la representación de los resultados. 10 clientes evaluando diferentes áreas en un formato electrónico y luego se complementó con 15 preguntas que contenían diferentes alternativas de respuesta (**Anexo 1**).

3.4. Matriz de operacionalización de variables.

OBJETIVO GENERAL					
Analizar el impacto de la optimización de la soldadura de termoplásticos por ultrasonido en el proceso de ventas consultivas de equipos de esta categoría, a través de la identificación de las necesidades del cliente, la vinculación de los parámetros de soldadura con los requerimientos de aplicación y la construcción de una propuesta de valor técnico-comercial, mediante herramientas de la metodología de pensamiento de diseño (Design Thinking).					
Objetivo específico	Instrumento por utilizar	Indicador de medición	Variables independientes	Variables dependientes	Observaciones
Identificar necesidades, frustraciones, criterios de decisión.	-Encuestas -Mapa de empatía	Necesidades y/o frustraciones críticas identificadas y priorizadas por cliente.	Aplicación de encuestas y mapa de empatía.	Nivel de identificación y comprensión de las necesidades del cliente.	Corresponde a la etapa “Análisis del cliente industrial”.
Relacionar necesidades con variables técnicas (QFD, Ishikawa, TRIZ).	-Mapa de historias -QFD -Diagrama de Ishikawa -TRIZ	Requerimientos del cliente traducidos en parámetros técnicos del equipo (Correlación QFD).	Necesidades del cliente diagnosticadas.	Parámetros técnicos óptimos de configuración del equipo.	El QFD traduce la voz del cliente en características, Ishikawa y TRIZ identifican causa raíz y resuelven contradicciones.
Evaluar contribución de características técnicas a la propuesta de valor.	-Estudio de competencia (Benchmarking) -Análisis de viabilidad	Resultado del comparativo de competencia	Características técnicas identificadas en la propuesta de valor.	Superioridad técnica-competitiva validada.	La comparación se sustenta gracias a la propuesta de valor construida a partir del diagnóstico del cliente y el análisis técnico.
Integrar estrategia técnico-comercial centrada en el cliente.	-Diagrama de Gantt	Porcentaje de cumplimiento del plan de implementación.	Superioridad técnica-competitiva validada y propuesta de valor construida.	Aprobación del presupuesto y avance del plan de implementación.	El Gantt facilita la proyección temporal que apoya la decisión de compra y la integración de la estrategia final.

3.5. Diagrama de flujo para recolección de datos

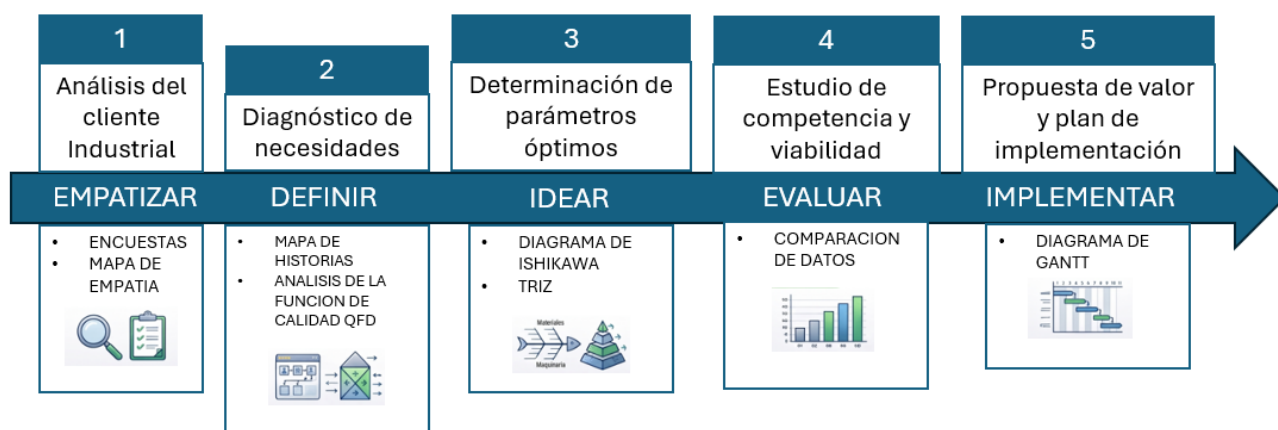


Figura 11. Diagrama de propuesta metodológica (Elaboración propia).

En la primera etapa del proceso metodológico llamado Pensamiento de diseño (Design Thinking), se busca conocer, estudiar, analizar al cliente industrial, especialmente a las personas involucradas con los ensambles que necesiten soldadura ultrasónica a través de herramientas de campo como encuestas de contacto directo con el objeto de estudio, así como también analizar como los posibles usuarios se desenvuelven e interactúan en su entorno de trabajo para realizar un mapa de empatía que apoyen en tener un primer acercamiento y ayuden al lector a adentrarse en el contexto.

Para la segunda fase, mediante una inmersión cognitiva y una interacción constructiva se busca armar un “Story Mapping” o mapa de historias, y un despliegue de función de calidad o QFD, donde se analizan y relaciona las necesidades encontradas en el contexto.

Para la tercera fase, se hará un análisis para determinar los parámetros óptimos de soldadura, donde mediante un diagrama de Ishikawa, habrá un acercamiento a los requisitos, requerimientos y parámetros para poder resolver problemas de inventiva (TRIZ) desarrollada por Genrich Altshuller.

Posteriormente en la cuarta fase se utiliza una comparación entre las diferentes tecnologías que existen para la soldadura de plásticos para hacer un estudio de competencia y viabilidad, constatando opiniones del usuario y su experiencia estudiada para dar paso a una propuesta de valor.

Finalmente, con toda la información obtenida, recopilada y analizada con las diferentes técnicas e instrumentos, en la quinta etapa se plantea un diagrama de Gantt como herramienta de planeación para la implementación de la propuesta de valor y así crear una ruta crítica que permita comprender fácilmente y de una manera simple el proceso de la soldadura por ultrasonido y su propuesta de valor.

3.5.1. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos.

La actual propuesta de metodología para la investigación consta de 5 etapas planteadas en 4 momentos específicos que, a su término, se contempla que los objetivos específicos se respondan de manera correcta, para así también cumplir con el objetivo general que es entregar una propuesta que agregue valor al producto del cliente, justificando la venta de la máquina que ayude a ensamblar su componente.

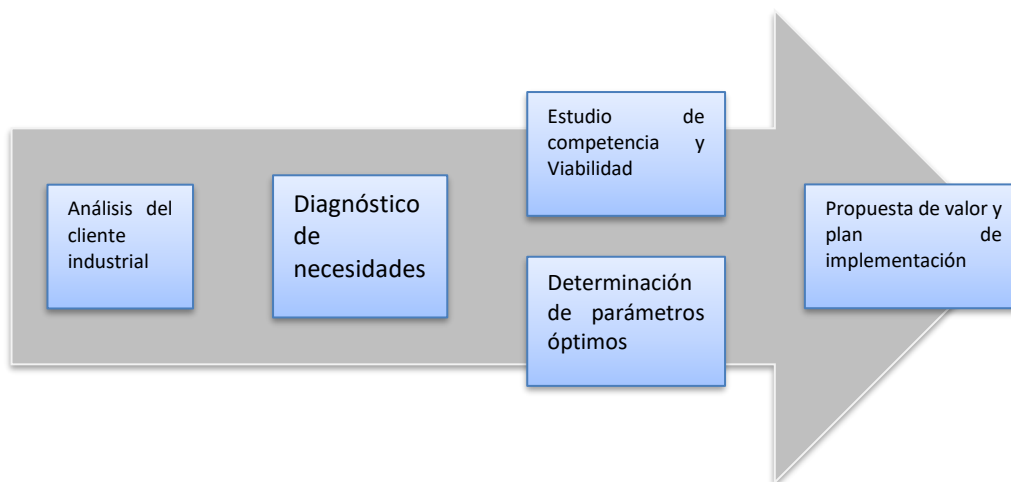


Figura 12. Diagrama del proceso por etapas de la metodología propuesta (Elaboración propia).

En la **Figura 12** se puede observar el proceso de las 5 etapas, en donde se muestra un proceso lineal en la metodología, a excepción en el tercer momento, en donde se juntan dos etapas que serán desarrolladas a la par debido a la conexión que hay entre ellas.

A continuación, de manera individual se describirá cada etapa con sus herramientas propuestas, mostrando definiciones, usos y la forma de realizar cada instrumento, así como la manera en que estos se entrelazan para recabar la mayor información con los elementos y recursos disponibles.

3.5.2. Etapa 1: Análisis del cliente industrial

Esta etapa comprende a fondo las necesidades, expectativas, requisitos y procesos actuales de los clientes industriales que utilizan este método de ensamble de soldadura por ultrasonido en polímeros con el fin de alinear la optimización del proceso a sus necesidades estratégicas y operativas. Esta etapa garantiza que las soluciones técnicas que se desarrollen sean comercialmente viables en el mercado. Además, al conocer a fondo los sectores industriales y los requerimientos, maximiza la aplicabilidad y la comercialización de la solución propuesta.

La soldadura por ultrasonido no aplica igual en todos los sectores, por lo que es importante identificar que industrias (automotriz, medico, electrónica, empaque, etc...) son los que dependen más de esta tecnología, que tipo de piezas fabrican y que regulaciones deben cumplir.

A continuación, se definen las herramientas que se utilizaran en la etapa de análisis del cliente industrial:

A) Encuestas:

La encuesta se ha convertido en una herramienta básica para conocer el comportamiento de un grupo de interés para poder tomar decisiones sobre este. Según García Ferrando (1986), las encuestas se pueden definir como “una técnica que utiliza un conjunto de procedimientos estandarizados de investigación mediante los cuales se recoge y analiza una serie de datos de una muestra de caes representativa de una población o universo más amplio, del que se pretende explorar, predecir y/o explicar una serie de características” (Manuel Garcia Ferrando, 1986).

Una encuesta puede ser estructurada, cuando está compuesta de listas formales de preguntas que se le formulan a todos por igual; o no estructurada, cuando permiten al encuestador ir modificando las preguntan con base a las respuestas que vaya dando el encuestado (Hernández, Cantín García, López Abejón, & Rodríguez Zazo, 2020).

Las encuestas se les realizan a grupos de personas con características similares de las cuales se desea obtener información, por ejemplo, al público objetivo, a los clientes de la empresa, al personal de la empresa, etc.; dicho grupo se le conoce como población o universo.

La principal ventaja del uso de la encuesta es que, dependiendo de la profundidad de esta, se pueden obtener datos muy exactos; pero a su vez la desventaja radica en la posibilidad de que los encuestados brinden respuestas falsas, o utilicen atajos (Hernández, Cantín García, López Abejón, & Rodríguez Zazo, 2020).

Para conocer específicamente a nuestro cliente se desarrolló una encuesta que incluye las características más importantes y ayuda a conocer las necesidades del cliente, donde se eligieron 10 empleados de las diferentes ramas de empresas, de la región del bajío mexicano, que utilizan esta tecnología y que son los proyectos del año fiscal 2025, las cuales coinciden que la mayoría son Ingenieros de manufactura. Ver **Figura 13** y Anexo 1 (Listado de Preguntas con alternativas traducidas a idioma español).

Part Name: * Material: * % Filler and Type: Molding method: Desired Technology (select all that apply): * Is part currently produced? * Yes ☐ No ☐ Will an existing mold be used for this application?(Y/N): * Yes ☐ No ☐ Please describe what stage of development you are in for this application? (e.g Design, Prototyping, Production etc.): Please describe (if any) changes can be made to the application? (e.g Design, outside/inside diameters, height, material+fillers etc.): Are drawings/models attached finalized?(Y/N): * Yes ☐ No ☐ Is there material/parts being sent in?(Y/N): * Yes ☐ No ☐ Are internal components present during welding? Yes ☐ No ☐ What is to be accomplished / Special notes?: Max limit 700 characters. Is this application covered under NDA? Yes ☐ No ☐	 Please Select v --- Select --- ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No Tracking#: ☐ Yes ☐ No If Yes, Please Specify :
---	--

Application Requirements		
Type of weld required:	☐ Hermetic seal ☐ Structural weld ☐ Burst test ☐ Pressure decay test ☐ Drop test ☐ Pull test ☐ Other	(specify): (specify): (specify): Value: (specify):
Test method:(Select all that apply)*	☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No ☐ Yes ☐ No	(specify): (specify): (specify):
Can internal flash be tolerated?	☐ Yes ☐ No	(specify):
Can external flash be tolerated?	☐ Yes ☐ No	(specify):
Is part marking allowable?	☐ Yes ☐ No	(specify):
Expected annual volume:		
Parts per minute:		
Maximum cycle time:		
Will existing equipment be used for this application?*	☐ Yes ☐ No	

Figura 13. Encuesta para cliente (Branson Ultrasonics, 2014).

B) Mapa de empatía:

El mapa de empatía, como su nombre lo indica, se basa en la empatía y sirve para poder entender mejor a un público objetivo y, como se dice coloquialmente “ponerse en los zapatos” del cliente industrial final para así poder comprender y entender sus aspiraciones, necesidades y frustraciones.

El mapa de empatía es una herramienta de Design Thinking, es considerada la más importante, debido a que su uso está enfocado en las etapas iniciales del proceso. Donde se identifican las características del público objetivo, por lo tanto, la propuesta de esta herramienta es conocer el perfil de los involucrados en el proceso (Ferreira da Silva & Goncalves Gomes, 2019).

Para realizar el mapa de empatía y poder completar el formato representado en la **Figura 14**, se recomienda seguir las siguiente 4 fases:

1. Segmentación: En esta fase hay que agrupar al público objetivo en función de las características comunes, como edad, genero, posición laboral, intereses, etc.; y al final de la segmentación se debería de tener entre 1 y 3 grupo o segmentos de clientes.

2. Personalización o humanización: Esta herramienta trata de empatizar y para lograrlo se debe interactuar con la persona a la cual el objetivo es ofrecerle un servicio o producto y empatizar. En esta segunda fase, hay que identificar a un individuo que cumpla con características o atributos en concreto, como puede ser nombre, dirección, puesto, aspiraciones, etc.
3. Empatizar: En esta fase es donde se debe tomar el lugar de la contraparte poniéndose “en sus zapatos” haciéndonos preguntas relativas a sus pensamientos, sentimientos, entorno, etc.

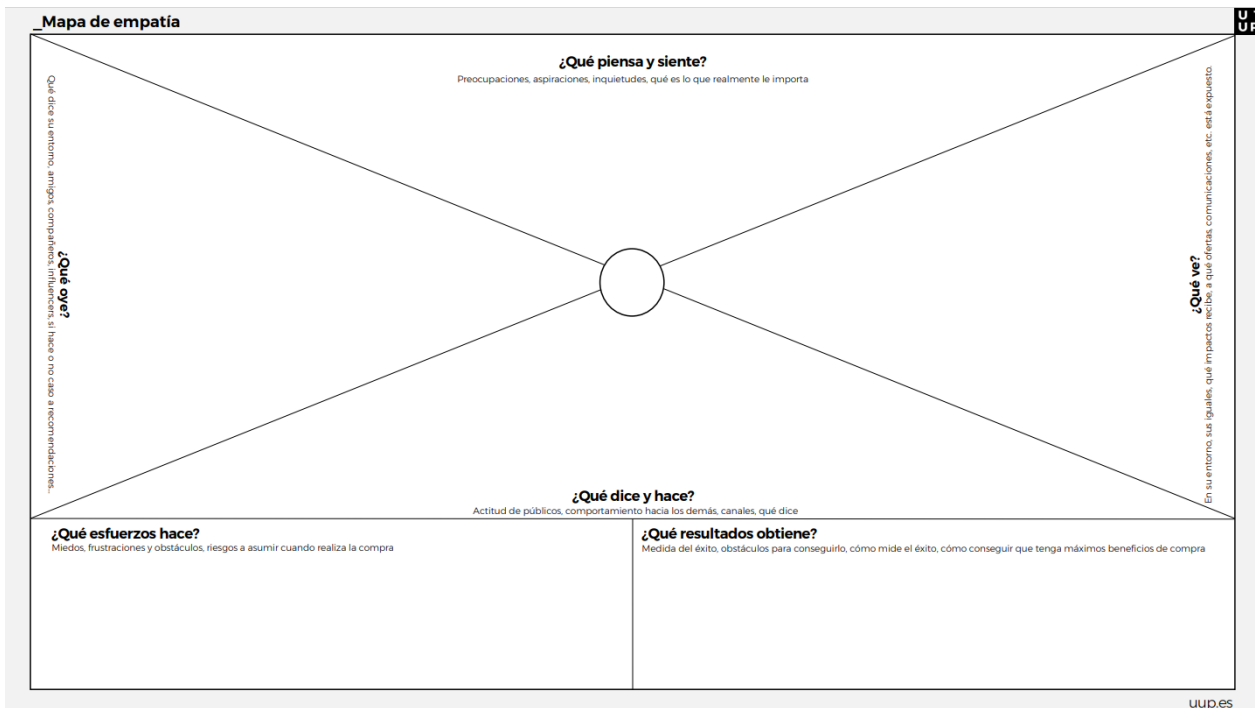


Figura 14. Formato de Mapa de Empatía (Ferreira da Silva & Goncalves Gomes, 2019).

Dentro de la fase 3, para lograr empatizar con el usuario, la herramienta propone una serie de preguntas:

- ¿Qué ve?: la cual se refiere a como es su entorno, identificar las relaciones personales y/o laborales. Principalmente es poder conocer el contexto social del cliente.
- ¿Qué dice y qué hace?: como habla, como actúa, que verbaliza, y se comprueba si existe una contradicción entre lo que se dice y lo que se hace.
- ¿Qué oye?: Se basa en lo que dicen los que lo rodean, sean compañeros y todos los que influyan en su entorno. Se debe analizar la información que se recibe.

- ¿Qué piensa y qué siente?: es lo que realmente le importa al cliente, cuáles son las preocupaciones, inquietudes, sueños y aspiraciones. Es importante conocer esto para que, con toda esa información, se pueda también estudiar los esfuerzos que realiza y cuáles son los beneficios que espera.
4. Resultados: al terminar el mapa de empatía hay que complementar con otros instrumentos de investigación para comprobar si las hipótesis son ciertas o no.

3.5.3. Etapa 2: Diagnóstico de necesidades

Cuando se desea dar una solución factible a un problema es preciso que se requiera conocer las necesidades reales de la situación, así como los recursos con los que se cuenta para hacer una evaluación, es decir, determinar las brechas entre la situación actual y los resultados deseados.

Esta etapa busca identificar, comprender y priorizar las necesidades reales de los clientes que va a utilizar la soldadura por ultrasonido como parte del proceso de su ensamble de piezas plásticas. Estas necesidades serán traducidas a requerimientos técnicos que servirán de base para optimizar el proceso y construir una propuesta de valor sólida y funcional.

Si se tienen múltiples iniciativas de mejora es prescindible efectuar una evaluación de necesidades, para así poder identificar las brechas más importantes en el proceso o situación, logrando dar un resultado eficiente que ataque el problema real mostrando una mejora en la eficiencia y el estado del sistema. Al reducir estos puntos de inconformidad en el sistema no solo va a aumentar la productividad y los resultados que se tengan en el proceso, sino que también mejoraran la actitud y estabilidad del equipo de trabajo, dando mejores resultados a futuro.

A continuación, se definen las herramientas que se utilizarán en la etapa de diagnóstico de necesidades del cliente industrial:

a) Mapa de historias:

Es un método que se utiliza para organizar historias de usuario y crear una visión más holística de como encajan en la experiencia general del usuario. Se organiza horizontalmente con pasos fundamentales que se ordenan cronológicamente según el momento en que el usuario realizaría la tarea específica en relación con su flujo de trabajo general con el producto.

Las historias de usuario individuales se organizan bajo los pasos más importantes. Por lo que cuando se completa el mapa de historias, se pueden ver las maneras en que un usuario podría interactuar con un producto o proyecto en una visión única que progresa desde la primera interacción hasta completar los objetivos (ProductPln, 2025).

Su objetivo es que el equipo dialogue sobre soluciones en el contexto de los usuarios finales y el beneficio que obtendrán. Estas conversaciones ayudan a todos a alcanzar un entendimiento compartido más ágil que leer un documento de requisitos. La historia de usuarios puede escribirse a un nivel general para describir un producto o una característica completa.

En el mapa de historias de usuario, las actividades, los pasos y los detalles se capturan como frase verbales breves y concisas que representan acciones. Estas sirven de base para la primera mitad del formato de la historia de usuario, describiendo las necesidades. La historia puede desarrollarse para incluir el beneficio y completar la segunda mitad de la narrativa. Por lo tanto, el método de mapeo se denomina mapeo de historias de usuario porque transformar las frases capturadas en el mapa de historias de usuario completamente desarrolladas que pueden analizarse con más detalle, combinarse y añadirse al backlog del producto (Kaley, 2021).

En la **Figura 15** podemos observar la propuesta de plantilla para realizar un mapeo de historias de usuario donde, lo ideal, es pensar en todo el proceso desde el punto de vista del usuario.

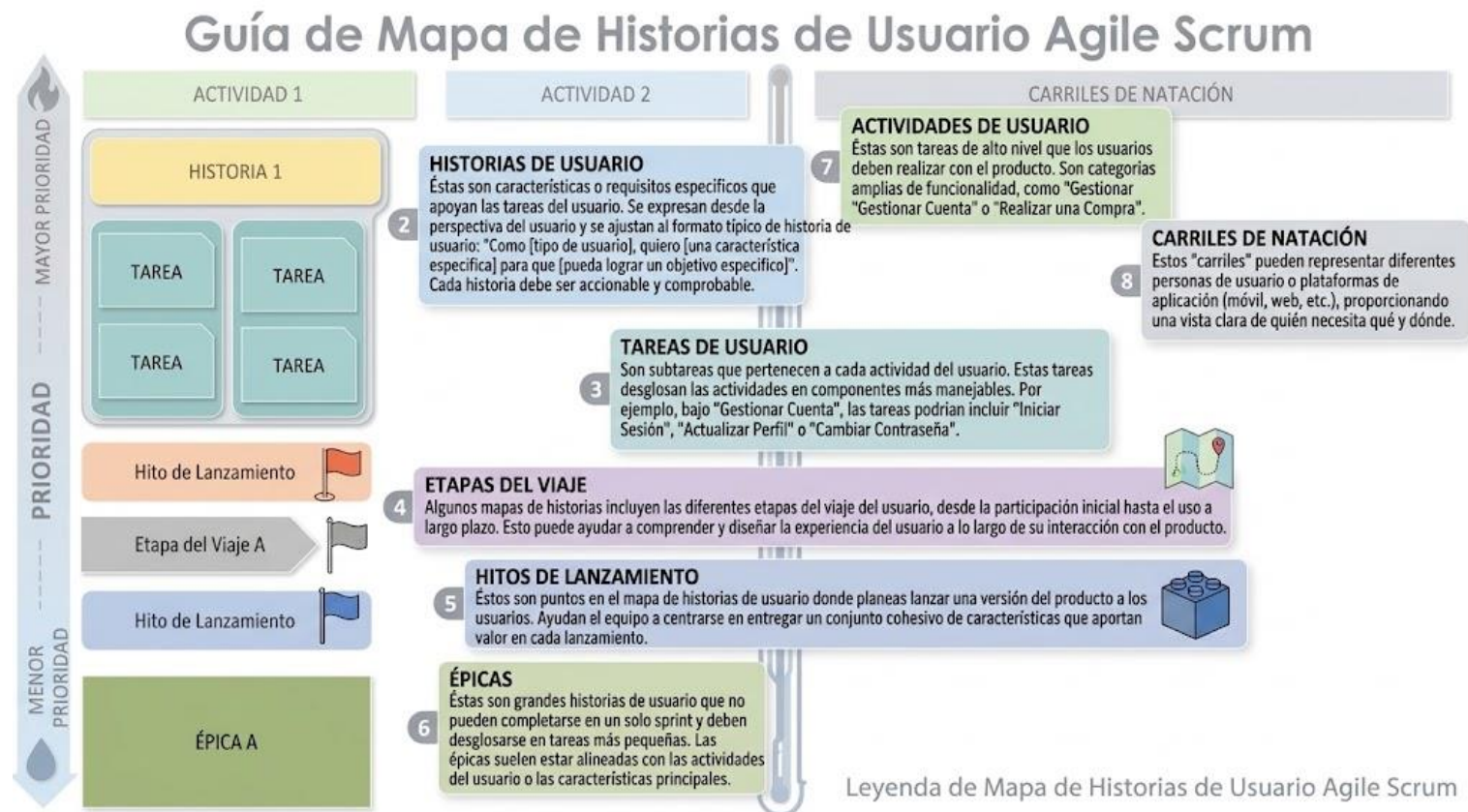


Figura 15. Formato de Story Mapping (AI, 2024).

b) Despliegue de la Función de Calidad (QFD):

Esta metodología fue desarrollada en la década de los 60's por los profesores japoneses Yoji Akao y Shigeru Mizuno, quienes trabajaban en los astilleros de Mitsubishi. Tiempo después, esta herramienta fue adoptada por otra empresa como Toyota y sus proveedores y llegó a ser introducida en los Estados Unidos en los años 80's por empresas de automoción y fabricantes de productos electrónicos (Mehrerjedi, 2009).

En un intento de responder a las necesidades de los clientes, se desarrolló una herramienta para la toma de decisiones que pudiera integrar los requerimientos de los clientes en un producto manejable, atractivo, usable y rentable. Esta herramienta se llamó despliegue de función de calidad (QFD). Se puede decir que QFD es:

- Entendimiento de los requerimientos de cliente.
- Pensar en la calidad sistemáticamente
- Agregar valor a través de maximizar la calidad y la satisfacción del cliente
- Diseñar un sistema de calidad integral para la satisfacción del cliente
- Desarrollar estrategias que permitan a la empresa destacarse de la competencia.

Esta información puede ser obtenida por medio de encuestas, entrevistas, ferias de productos, información existente en garantías y quejas de clientes.

Existen dos tipos de requerimientos que pueden ser tomados en consideración en este tipo de modelo. El primero es lo que realmente el cliente necesita, conocido comúnmente como "Necesidades de cliente". Para determinarlos se utilizan los métodos antes mencionados. Segundo, un número de requerimientos de diseño que afectan los requerimientos de cliente (Mehrerjedi, 2009).

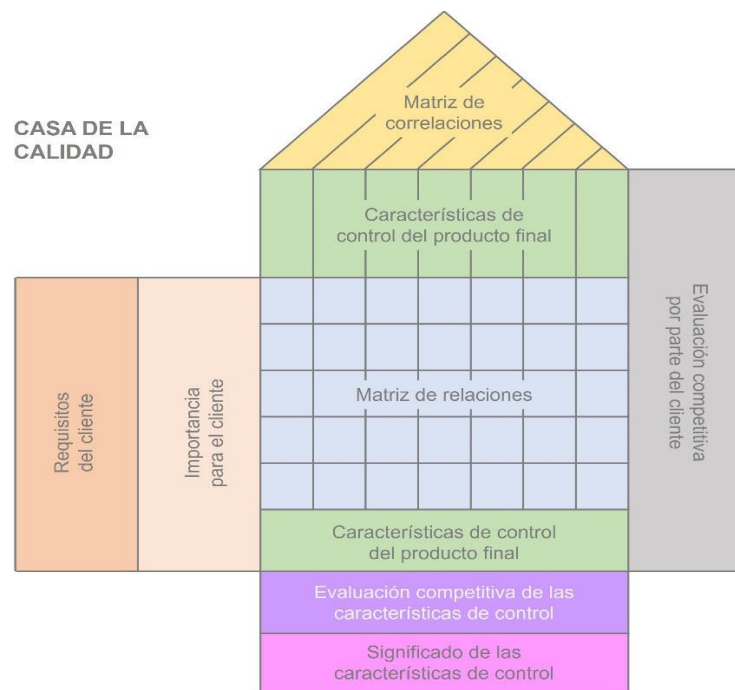


Figura 16. Matriz de la casa de la calidad (Elaboración propia).

El elemento básico del QFD es la casa de la calidad, representada en la **Figura 16**, que es la matriz de la que derivan todas las demás. Y es este enfoque matricial lo característico del método, ya que el despliegue de la calidad utilizara un amplio número de matrices y tablas relacionas entre sí.

Algunas ventajas de utilizar el QFD es que el equipo investigador pueda ser capaz de predecir, conocer y actuar en función de lo que necesitan los clientes, ya sea declarado o no, buscando ofrecer una mejor experiencia al consumidor. Además, uno de los principales objetivos de esta prueba es utilizar los comentarios de los clientes para la mejora continua, ya que se debe transformar en lo que los clientes necesitan en objetivos empresariales cuantificables mediante métricas de rendimiento, controles de proceso, etc.

El proceso ideal del QFD consta de cuatro fases principales: planeación del producto, desarrollo del producto, planificación del proceso y planificación de la producción. Las fases pueden ser descritas de la siguiente manera:

Fase I:

En la fase I, se utiliza la matriz de la casa de la calidad para traducir la necesidad del cliente en requisitos de diseño.

Fase II:

En este apartado se permite especificar los requisitos de diseño mediante la identificación de piezas críticas y los componentes de montaje con base en la lista de características señaladas en la matriz de la casa de la calidad.

Fase III:

En esta etapa se pretende tomar las decisiones sobre el proceso de diseño, fabricación y ensamblaje conforme mejor se adapten a los requisitos analizados anteriormente.

Fase IV:

Finalmente, se establecen los métodos de control del proceso, así como los procesos de producción e inspección siendo fundamentales para garantizar el cumplimiento de las características.

Esta herramienta a diferencia de otras herramientas de calidad tiene un enfoque más proactivo ya que pretende incorporar las opiniones de los clientes dando un paso más para garantizar que los procesos de diseño capten todas estas opiniones y requisitos, creando experiencias positivas y ofertas valiosas.

3.5.4. Etapa 3: Determinación de parámetros óptimos

Esta etapa representa el núcleo técnico de la presente tesis, ya que se busca establecer, mediante experimentación controlada las condiciones de soldadura por ultrasonido que permitan obtener uniones plásticas de alta calidad, con base en resistencia mecánica, estabilidad operativa y eficiencia.

En la industria, este tipo de tecnología ha demostrado ser rápida, eficiente y limpia, Sin embargo, el éxito del proceso depende en gran medida de la correcta configuración de variables como amplitud, tiempo, presión, energía y tipo de plástico. La combinación adecuada de estos parámetros puede producir uniones débiles, fallas estructurales o proceso ineficientes.

Esta etapa tiene doble propósito:

1. Técnico: Identificar los parámetros que deben ajustarse y en qué nivel para garantizar la unión soldada.
2. Comercial: Relacionar los hallazgos con las necesidades del cliente como reducción de fallas, mejoras y facilidad de implementación.

A continuación, se definen las herramientas que se utilizarán en la etapa de determinación de parámetros óptimos:

a) Diagrama de Ishikawa

El diagrama de Ishikawa al ser una de las herramientas de calidad más eficaces y eficientes, viene a ser un elemento fundamental, que posibilita examinar los elementos que intervienen en la calidad del producto/servicio mediante una interacción de causa y efecto, para así evidenciar las causas de la dispersión y ordenar la relación entre las causas (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, & Perez Salazar, 2021).

Ishikawa al ser reconocido como uno de los pioneros del movimiento de los “Círculos de la Calidad” propuso una herramienta grafica llamada “diagrama de causa-efecto” que permite la identificación, orden y visualización de las posibles causas del problema. Es así como esta herramienta logra examinar los inconvenientes en otros ámbitos como la calidad de los productos, anomalías sociales, etc.

El diagrama de Ishikawa abarca dos puntos de vista que permiten definir y dar profundidad a las causas y los efectos del problema planteado, mediante el análisis de donde se origina y como se han ido induciendo, es decir, que parte desde el origen para resolver el problema desde la raíz, por tanto las organizaciones a menudo se encuentran con diversos aspectos que influyen en los efectos que pueden inducir del problema, por lo cual se selecciona un grupo específico de factores hacia el problema y estos se irán dando de acuerdo a las diversos problemas que se presenten (Burgasí Delgado, Cobo Panchi, & Perez Salazar, 2021).

El diagrama de Ishikawa no da respuesta a una interrogación, más bien, en el instante que se genera esta herramienta, comúnmente se ignoran si estas causas son o no culpables de los efectos que se dan. A su vez el diagrama de Ishikawa bien establecido podría servir como una guía para contribuir a los mecanismos a establecer una representación frecuente de una dificultad

muy complicada con todos sus elementos relacionados de forma más amplia a detalle, logrando una visión que podría darse a futuro dentro de la organización.

El diagrama de pescado (Ishikawa), representado en la **Figura 17**, consta de 3 categorías principales:

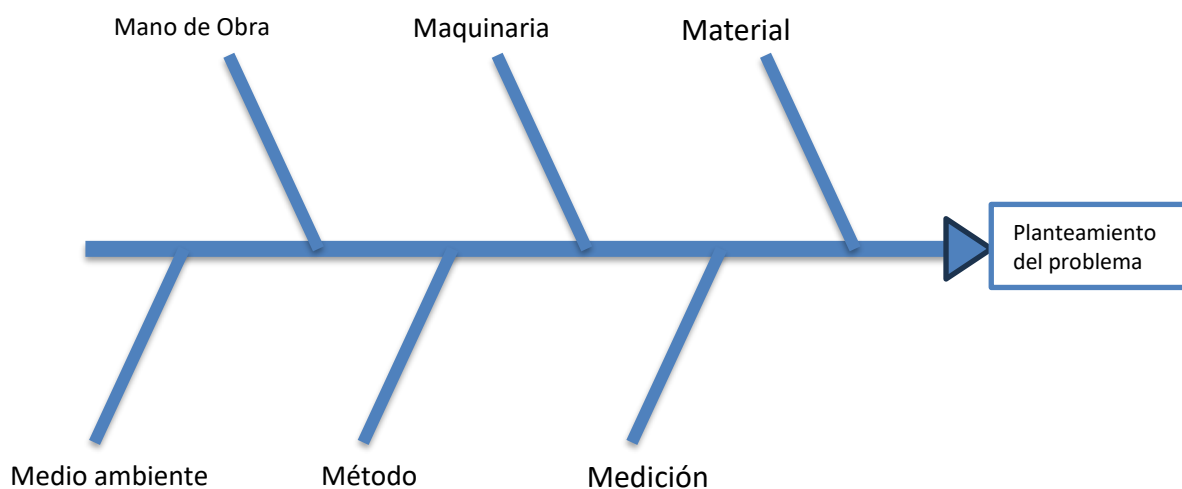


Figura 17. Plantilla base para la realización de Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).

- 1- Cabeza de pez: Aquí se escribe el problema que se intenta resolver, partiendo desde ahí para ramificar el diagrama, debido a lo cual recibe el nombre de cabeza de pez, pues se toma como inicio para desarrollar las espinas.
- 2- Espinas: parecido a una columna vertebral parte del enunciado del problema situado en la cabeza del diagrama, proporcionando el contorno del pez. Al final de cada espina se encuentra una categoría que debe ser considerada como parte del proceso de resolución del problema.
- 3- Huesos: En cada hueso de la columna vertebral, se podrían adecuar huesos de la costilla más pequeños. Aquí es donde se sientan posibles causas que ayudaran a localizar la causa del problema.

El análisis de causa raíz permite discutir las posibles causas de las problemáticas detectadas, por lo que promueve la lluvia de ideas para identificar los elementos más urgentes, trabajando en las posibles soluciones. Además, se puede utilizar para trazar el diseño de un nuevo producto, visualizando cualquier posible obstáculo desde antes de que aparezca, poniendo con antelación medidas preventivas antes de la fabricación incluso de un prototipo.

b) Metodología TRIZ:

TRIZ consiste en las iniciales en ruso de “Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch” que en español significa “Teoría de la Resolución inventiva de Problemas”.

TRIZ tiene herramientas necesarias para la resolución de problemas, así como herramientas basadas en el conocimiento, necesarias para la transformación de sistemas y sus fundamentos teóricos. Utilizando toda la información sobre los problemas de los productos, las herramientas analíticas de TRIZ permiten transformar, modelar y analizar problemas (Ekmekci, 2019).

El nivel uno de inventiva se refiere a problemas rutinarios resueltos con métodos ya conocidos en donde no se requiere alguna invención. El nivel dos incluye a aquellas mejoras menores a un sistema existente donde se utilizan métodos ya conocidos dentro de la industria.

En un nivel más avanzado, el nivel tres incluye aquellas mejoras fundamentales a un sistema en donde se ven envueltos métodos conocidos fuera de la industria.

Existe un nivel cuatro en donde las soluciones se encontraron en la ciencia, definiendo una nueva generación que usa un nuevo principio para realizar las funciones primarias del sistema. En el más alto nivel donde solo existe un 1% de las soluciones es el nivel cinco, que adopta a los descubrimientos científicos y aquellas invenciones pioneras de un nuevo sistema.

Las herramientas de apoyo necesarias para solucionar problemas usando TRIZ son:

- 39 parámetros: Esta herramienta apoya en la definición del problema como un sistema
- Matriz de contradicciones: Utilizada para ubicar los aspectos que mejoran y empeoran en el sistema.
- 40 principios de inventiva: Requeridos para secundar la solución de las contradicciones empleando la inventiva.

En la **Figura 18**, se observa un resumen de la metodología TRIZ, exponiendo el momento en que se utilizan las tres herramientas mencionadas anteriormente para dar paso a generar una solución específica a un problema específico.

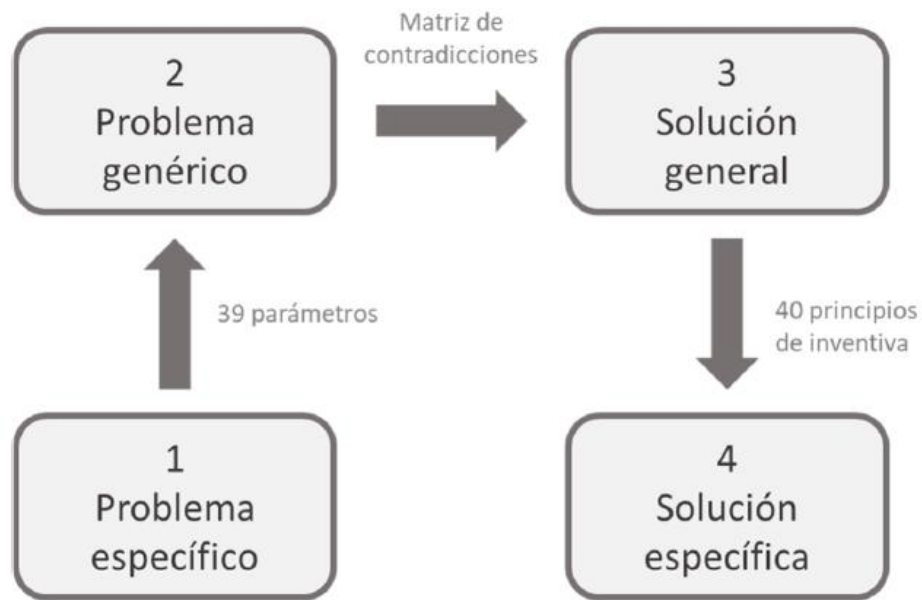


Figura 18. Esquema de solución de problema usando TRIZ (Elaboración propia).

Esta metodología se utiliza como un reto para ir más allá de la comodidad, además de reducir el riesgo de error, conduciendo al investigador a nuevos caminos para buscar soluciones de problemas. Actualmente, son muchas las empresas que utilizan este método, debido a las soluciones eficaces que ofrece en el ámbito de diseño técnico para corregir deficiencias de calidad.

3.5.5. Etapa 4: Estudio de competencia y Viabilidad.

Una vez que los parámetros óptimos del proceso de soldadura por ultrasonido para plásticos, es de gran importancia evaluar la viabilidad práctica e industrial, así como su posición en comparación con otras tecnologías de ensamble que pueden ser utilizadas por los clientes industriales. Esta etapa tiene como propósito analizar tanto el entorno competitivo (otras tecnologías que cumplen con funciones similares), como la factibilidad técnica y comercial de implementar el proceso optimizado propuesto.

El estudio de competencia y viabilidad se convierte en el punto de encuentro entre la investigación técnica y el análisis estratégico. Esto permite responder preguntas como:

- ¿Qué otros métodos de soldadura se usan actualmente?
- ¿Cuáles son las ventajas y desventajas que presenta la soldadura por ultrasonido frente a otras tecnologías?
- ¿Qué tan viable es su adopción a gran escala?
- ¿Qué valor diferencial puede ofrecer la optimización propuesta?

Al contestar estas preguntas, se retroalimenta directamente la propuesta de valor, ya que conocer el terreno competitivo permite posicionar el proceso de ultrasonido como una solución superior o complementaria.

A continuación, se definen las herramientas que se utilizarán en la etapa de estudio de competencia y Viabilidad:

a) Análisis comparativo:

El análisis comparativo estandarizado se ha convertido en una herramienta aceptada para comparar muchos tipos de procesos. Esta herramienta regularmente usada para evaluar métodos de resolución de problemas, el análisis comparativo debe cumplir criterios de calidad.

Análisis comparativo se define como “Herramienta estandarizada para evaluar y comparar sistemas y componentes acorde a diferentes características, como rendimiento, confiabilidad y seguridad” (Kistowski, Jóakim; Dieter Lange, Klaus; Henning, John;, 2008).

Benchmarking no solo es realizar cambios y mejoras por el simple hecho de hacer, también es agregar valor. Ninguna organización debe realizar cambios en sus productos o proceso si los cambios no aportan beneficios. Al analizar técnicas de benchmarking, una organización debe analizar cómo se ejecutan los procesos en la cadena de valor (Lankford, 2002).

1. Identificar los procesos críticos que necesitan mejorar.
2. Identificar una organización que se destaque en el proceso similar al tuyo.
3. Hacer contacto con la organización.
4. Analizar la información.
5. Mejorar el proceso propio.

Existen tres principales tipos de análisis comparativo usados actualmente. El análisis comparativo a procesos, benchmarking de rendimiento y benchmarking estratégico (Lankford, 2002).

- El análisis comparativo de proceso se enfoca en el día a día de la operación de organizaciones, centrándose en la mejorar el proceso en el que se trabaja día a día.
- El análisis comparativo de rendimiento se enfoca en evaluar la posición competitiva mediante la comparación de productos y servicios de otros competidores. Al realizar este análisis comparativo, las organizaciones buscan evaluar la posición de sus productos o servicios en relación con la competencia, basándose en aspectos como la fiabilidad, calidad, velocidad y otras características del producto o servicio y es el que este trabajo se centrara para hacer la comparativa de las tecnologías usadas para soldar plásticos.

- El análisis comparativo estratégico se centra en la alta dirección y en los resultados a largo plazo. Este tipo de benchmarking analiza las estrategias que utilizan las organizaciones para alcanzar el éxito.

En la **Tabla 3** se muestra el ejemplo a utilizar donde se va a concentrar toda la información para realizar el análisis comparativo de rendimiento y entender a la competencia y sus detalles para implementar una nueva estrategia de desarrollo del producto, mejorando el nivel de iniciativas y buscando renovar situaciones observadas que generen un producto con valor agregado.

Tabla 3. Formato para analizar a la competencia.

Criterio \ Tecnología	Ultrasonido	Adhesivo	Remache	Térmico	Láser

Los, datos por si solos, muestra que lugar se ocupa en el mercado; la clave de esta herramienta es contar con un buen análisis y usarlo para la resolución de problemas y mejorar un plan que ayude a definir la propuesta de valor que se desea realizar o mejor.

3.5.6. Etapa 5: Propuesta de valor y plan de implementación.

Después de haber identificado los requerimientos del cliente, optimizados el proceso de soldadura por ultrasonido, y analizado a la competencia técnica de otros procesos, se debe consolidar toda la información en una propuesta de valor clara, practica y orientada al cliente industrial.

Esta etapa representa la traducción comercial y estratégica del conocimiento técnico adquirido a lo largo de este documento.

Una propuesta de valor efectiva permite responder preguntas clave como:

- ¿Por qué un cliente debería elegir soldador por ultrasonido?
- ¿Qué beneficios se obtienen al implementarla?
- ¿Cómo se puede integrar esta solución en su proceso actual sin riesgos?

Propuesta de valor deber ser acompañada de un plan de implementación, que muestre como llevar esta solución de la teoría a la práctica: que recursos se necesita, cuanto tiempo toma, cuáles son las fases y riesgos para mitigar.

Aquí se combina lo aprendido técnicamente, lo identificado con el cliente y se traduce en un lenguaje claro para los tomadores de decisiones, como gerentes, ingenieros y compradores.

a) **Diagrama de Gantt**

Es un diagrama visual utilizado que ayuda a seguir el proceso de las actividades involucradas en el proyecto, asegurando el cumplimiento de los requerimientos y fechas. Originalmente al principio del siglo veinte, fue desarrollado por el ingeniero americano Henry Gantt, elaborándolo sobre el concepto creado por el ingeniero polaco Karol Adamiecki en 1890. El diagrama de Gantt muestra actividades del proyecto en barras horizontales, con la longitud de cada barra representando el tiempo requerido para completar cada actividad. Las actividades se enlistan verticalmente, mientras tiempo se representa horizontalmente, facilitando ver la duración del proyecto (Harmon, 2024).

Estos diagramas son utilizados para organizar proyectos complejos, ya que permiten que la gerencia o la alta dirección identifique que actividades van en tiempo y forma, cuales están en riesgo de atraso y como se manejan los recursos. La eficiencia de este diagrama ha mejorado significativamente gracias a softwares, facilitando la creación de estos diagramas. Son usados en varias industrias para planear y monitorear, ayudando a prevenir cuellos de botella y asegurar que las actividades se completan en tiempo y forma.

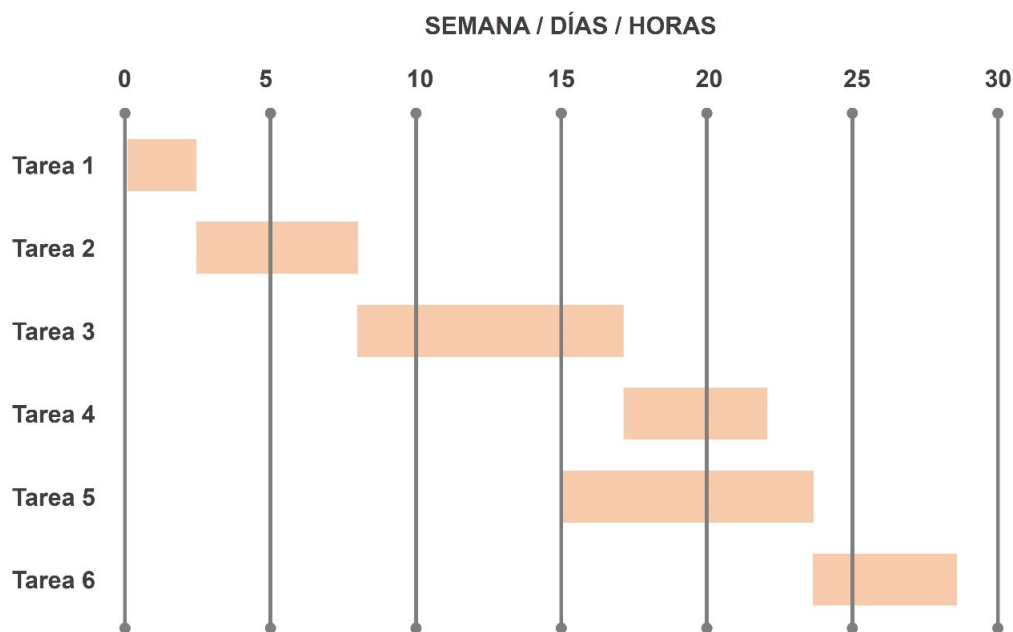


Figura 19. Plantilla simplificada de Diagrama de Gantt (Elaboración propia).

4. Implementación y análisis de propuesta de valor.

En el presente capítulo se desarrolla la aplicación práctica de la metodología del pensamiento de diseño a lo largo de sus 5 etapas, integrando el diagnóstico del cliente, el análisis técnico de parámetros, la evaluación competitiva y el plan de implantación, con el fin de construir y validar la propuesta técnico-comercial de los equipos de soldadura ultrasónica.

4.1 Análisis del cliente industrial

Esta primera etapa corresponde a la fase de empatizar de la metodología del pensamiento de diseño, en la cual se logran identificar las necesidades, frustraciones y criterios de decisión del cliente mediante la aplicación de encuestas y la construcción de un mapa de empatía.

4.1.1 Encuestas

Las encuestas consideradas en esta tesis se diseñaron para recopilar información cuantitativa y cualitativa respecto a las necesidades y expectativas de los clientes industriales que utilizan en su proceso máquinas de soldadura de polímeros termoplásticos por ultrasonido. El propósito fue identificar los aspectos más valorados por los tomadores de decisión y usuarios directos del proceso.

Se encuestó un total de 10 clientes evaluando diferentes áreas en un formato electrónico y luego se complementó con 15 preguntas que contenían diferentes alternativas de respuesta (**Anexo 1**). Los resultados se organizaron en las siguientes tablas de frecuencia y porcentaje:

Tabla 4. Tipo de Unión.

Alternativas	Frecuencia	Porcentaje
Hermética	4	40%
Estructural	5	50%
Estética/Estructural	1	10%
Total	10	100%

En la **Tabla 4** se presenta el análisis del Tipo de Unión demuestra que el 90% de la demanda se concentra en aplicaciones críticas (50% Estructural y 40% Hermética). La alta frecuencia de requerimientos herméticos refuerza la necesidad de implementar soluciones de retroalimentación y monitoreo en tiempo real para garantizar la estanqueidad y cumplir con normativas. Finalmente, el bajo interés por la estética (10%) permite priorizar la transformación de propiedades físicas y el ajuste de parámetros robustos en la Branson 2000X para reducir el desperdicio y los defectos de calidad.

Tabla 5. Método de Prueba.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Pull Test (Tracción)	4	40%
Pressure Decay / Burst	4	40%
Drop Test (Caída)	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 5** destaca la criticidad técnica de los procesos de validación, donde el 80% de los clientes requiere pruebas de alta precisión (Tracción y Presión), alineándose con la necesidad de uniones de alta resistencia. Esta paridad entre el Pull Test (40%) y el Pressure Decay (40%) confirma que la Branson 2000X debe configurarse para garantizar tanto integridad estructural como estanqueidad. Dado que el 20% restante utiliza el Drop Test, se refuerza la importancia de la "Retroalimentación" y el monitoreo en tiempo real para asegurar que la energía aplicada sea suficiente para soportar impactos sin generar fragilidad en el polímero.

Tabla 6. Componentes Internos.

Indicador	Frecuencia	Porcentaje
Sí (Electrónica/Mec.)	4	40%
No	6	60%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 6** destaca que el 40% de las aplicaciones incluyen componentes internos sensibles, lo que vincula este riesgo con las vibraciones externas. Esta restricción técnica exige aplicar el principio TRIZ de "Acción preliminar" o monitoreo en tiempo real para proteger la electrónica mientras se asegura la calidad. Por otro lado, el 60% de los casos sin componentes internos ofrece mayor flexibilidad para usar amplitudes más agresivas y optimizar la resistencia de unión, que es la prioridad principal del cliente. En conjunto, estos datos refuerzan la propuesta de valor de la Branson 2000X como un equipo capaz de equilibrar la protección de piezas delicadas con la alta competitividad y reducción de desperdicios.

Tabla 7. ¿Cuál es su principal preocupación respecto a la unión de sus piezas?

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
Resistencia	6	60.00
Velocidad	3	30.00
Estética	1	10.00
Total	10	100.00

En la **Tabla 7**, se puede notar como el 60% de los clientes prioriza la resistencia mecánica y aunque, la velocidad es crucial para el 30%, la baja preocupación por la estética sugiere que los esfuerzos de optimización deben centrarse en la integridad estructural y la repetitividad y la estrategia comercial para la Branson 2000X debe posicionarse como la solución definitiva ante el re-trabajo y los defectos de calidad.

Tabla 8. Factor Crítico de Competitividad.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Reducción de Costos	5	50%
b) Innovación en Materiales	2	20%
c) Cumplimiento de Normativas	3	30%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 8** confirma que la Reducción de Costos (50%) es el motor principal de competitividad para la mitad de los clientes, lo que refuerza la necesidad de optimizar el proceso para eliminar el desperdicio y los re-trabajos. El 30% enfocado en el Cumplimiento de Normativas subraya la importancia del control de calidad riguroso que ofrece la Branson 2000X, mientras que el 20% interesado en Innovación valida el uso de herramientas como TRIZ para adaptar el equipo a nuevos polímeros.

Tabla 9. Mayor Desperdicio de Recursos.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Re-trabajo (Scrap)	6	60%
b) Ajuste de parámetros	3	30%
c) Consumo de energía	1	10%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 9** confirma que el re-trabajo (60%) es la fuga de recursos más crítica para los clientes. El hecho de que el 30% pierda recursos en el ajuste de parámetros subraya la necesidad de contar con la facilidad de configuración y las plantillas de parámetros que ofrece la Branson 2000X. En conjunto, el 90% del desperdicio está ligado directamente a la falta de precisión y repetitividad, lo que posiciona la inversión en tecnología ultrasónica avanzada no como un gasto, sino como una estrategia directa para maximizar la rentabilidad y eliminar las causas raíz.

Tabla 10. Problema Principal de Calidad.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Baja resistencia	2	20%
b) Repetitividad (Inconsistencia)	5	50%
c) Incompatibilidad de polímeros	3	30%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 10** identifica que la repetitividad e inconsistencia (50%) es el desafío de calidad más crítico, lo que confirma que la variabilidad en el proceso es la principal causa de defectos en la producción. Mientras que la baja resistencia afecta al 20%, el 30% restante lidia con la incompatibilidad de polímeros, un problema técnico complejo que requiere la precisión de la Branson 2000X para ser mitigado. En conjunto, estos datos validan el uso de soluciones TRIZ enfocadas en la estandarización y el monitoreo, atacando directamente la raíz de la “inconsistencia” para transformar un proceso errático en uno altamente confiable y predecible.

Tabla 11. Variable Técnica más Difícil.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Amplitud de vibración	3	30%
b) Presión de soldadura	5	50%
c) Tiempo de enfriamiento	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 11** revela que la presión de soldadura (50%) es percibida como la variable más difícil de controlar, lo que correlaciona directamente con los problemas de repetitividad e inconsistencia detectados previamente. El hecho de que la amplitud de vibración (30%) ocupe el segundo lugar subraya la complejidad técnica de equilibrar la energía necesaria para la fusión sin comprometer la integridad de la pieza. En conjunto, el 80% de las dificultades técnicas se concentran en parámetros dinámicos del equipo.

Tabla 12. Efecto de Variabilidad del Material.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Variación de espesor	4	40%
b) Humedad ambiental	2	20%
c) Energía no uniforme	4	40%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 12** indica que la variación de espesor (40%) y la energía no uniforme (40%) son las perturbaciones externas más críticas que afectan la calidad del proceso. Esta paridad sugiere que el 80% de los problemas de variabilidad del material están ligados a la geometría de la pieza y a la inconsistencia en la entrega de potencia, lo que complica el control de la presión identificado previamente como la variable más difícil. El impacto de la humedad (20%), aunque menor en frecuencia, sigue siendo un factor de riesgo para polímeros higroscópicos.

Tabla 13. Primera Acción ante Baja Resistencia.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Aumentar tiempo de soldadura	5	50%
b) Ajustar la presión de contacto	3	30%
c) Cambiar el diseño de la unión	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 13** revela que el 50% de los usuarios opta por aumentar el tiempo de soldadura como medida inmediata ante fallas de resistencia. El 30% que ajusta la presión ataca la variable identificada previamente como la más difícil de controlar, mientras que solo un 20% considera el rediseño de la unión, que suele ser la solución técnica más robusta a largo plazo. En conjunto, estos datos subrayan la oportunidad de la Branson 2000X para educar al usuario: en lugar de simplemente añadir tiempo y generar cuellos de botella, el equipo permite optimizar la entrega de energía y presión de forma inteligente para maximizar la resistencia sin comprometer la velocidad del proceso.

Tabla 14. Capacidad más Valiosa de la Branson 2000X.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Monitoreo en tiempo real	5	50%
b) Facilidad de operación	2	20%
c) Consistencia y Alta Calidad	3	30%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 14** sitúa al monitoreo en tiempo real (50%) como la ventaja competitiva más valorada, lo que demuestra que los usuarios buscan dejar atrás el método de “ensayo y error” para adoptar un control basado en datos. Esta preferencia conecta directamente con la necesidad de resolver la inconsistencia y la dificultad para controlar la presión, permitiendo que el equipo compense variaciones de forma autónoma.

Tabla 15. Barrera para la Automatización.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Alto costo de inversión	6	60%
b) Falta de capacitación	2	20%
c) Complejidad técnica	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 15** identifica el alto costo de inversión (60%) como el obstáculo principal para la modernización, lo que sugiere que la decisión de compra está fuertemente limitada por la percepción del gasto inicial frente al presupuesto disponible. Sin embargo, el 40% restante, dividido equitativamente entre la falta de capacitación y la complejidad técnica, indica que una parte del mercado teme no poder operar o mantener tecnología avanzada. Estos

datos son cruciales para la estrategia comercial: mientras que para la mayoría se debe enfatizar el retorno de inversión (ROI) mediante la reducción de scrap (60% identificado en la Tabla 9).

Tabla 16. Flexibilidad del Equipo Actual.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Alta (Adaptación rápida)	1	10%
b) Media (Ajustes prolongados)	6	60%
c) Baja (Limitado)	3	30%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 16** revela que el 90% de los clientes opera con una flexibilidad limitada (60% media y 30% baja), lo que se traduce en tiempos de inactividad prolongados por ajustes de parámetros. Esta falta de agilidad operativa es un cuello de botella crítico que explica por qué el ajuste de parámetros representa el 30% del desperdicio de recursos identificado previamente. Solo el 10% posee una adaptación rápida, lo que posiciona a la Branson 2000X como una solución disruptiva; su capacidad de cambio rápido y configuración digital ataca directamente la ineficiencia de los procesos actuales, permitiendo que la inversión se justifique al transformar “ajustes prolongados” en una ventaja competitiva de alta productividad.

Tabla 17. Criterio de Evaluación Inicial.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Casos de éxito y referencias	5	50%
b) Menor costo operativo	3	30%
c) Soporte técnico y plantillas	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 17** indica que la confianza basada en la evidencia es el factor decisivo, ya que el 50% de los clientes prioriza los casos de éxito y referencias antes de invertir. Esto sugiere que, para superar la barrera del costo inicial, la estrategia debe apoyarse en demostraciones empíricas de la Branson 2000X en aplicaciones similares. Por otro lado, el interés en el menor costo operativo (30%) y el soporte técnico (20%) reafirma que el 50% restante busca una relación a largo plazo que garantice rentabilidad y continuidad.

Tabla 18. Postura frente a IA y Auto-ajuste.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Escéptico (Control manual)	1	10%
b) Interesado (Reducción de error)	7	70%
c) Prioridad (Inversión futura)	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 18** revela una mentalidad de mercado altamente receptiva, donde el 90% de los clientes muestra una actitud positiva hacia la innovación tecnológica (70% interesado y 20% como prioridad). Este interés masivo en la reducción de errores mediante IA y auto-ajuste valida la estrategia de introducir la Branson 2000X como una solución que trasciende el control manual tradicional. El escepticismo residual es mínimo (10%), lo que indica que la barrera para adoptar funciones inteligentes no es cultural, sino técnica o económica.

Tabla 19. Impacto Ambiental Prioritario.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Reducción de desperdicio (Scrap)	6	60%
b) Eficiencia energética	2	20%
c) Eliminación de químicos/adhesivos	2	20%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 19** demuestra que la sostenibilidad en la industria se entiende principalmente a través de la eficiencia operativa, donde el 60% de los clientes prioriza la reducción de desperdicio (scrap). Este enfoque conecta directamente la responsabilidad ambiental con la rentabilidad económica, reforzando que un proceso controlado por la Branson 2000X es “verde” precisamente porque evita el desecho de piezas defectuosas. La eficiencia energética (20%) y la eliminación de químicos (20%) completan la visión ecológica, destacando las ventajas intrínsecas de la tecnología ultrasónica frente a métodos tradicionales como el pegado o el sellado térmico.

Tabla 20. Principal Influenciador de Compra.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Ing. de Manufactura	6	60%
b) Dirección Financiera	4	40%
c) Proveedores de material	0	0%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 20** se identifica al Ingeniero de Manufactura (60%) como el principal influenciador, lo que resulta útil al momento de diseñar perfil del usuario como un técnico que debe validar la factibilidad antes de la compra. Sin embargo, el 40% de peso de la Dirección Financiera subraya que la estrategia de venta no puede ser puramente técnica; debe incluir un análisis de retorno de inversión (ROI) y ahorro de costos por reducción de Scrap. La nula influencia de los proveedores de material (0%) sugiere que la decisión de compra del equipo se basa en el desempeño directo de la Branson 2000X y no en recomendaciones externas.

Tabla 21. Argumento de Venta más Convincente.

Alternativa	Frecuencia	Porcentaje
a) Reducción de tiempo de ciclo	3	30%
b) Resistencia superior	4	40%
c) Sistema de autocalibración	3	30%
Total	10	100%

El análisis de la **Tabla 21** revela un mercado equilibrado, pero con una inclinación clara hacia la calidad técnica, donde la resistencia superior (40%) se consolida como el argumento de venta más convincente. Por otro lado, la paridad entre la reducción del tiempo de ciclo (30%) y el sistema de autocalibración (30%) demuestra que, para el 60% restante de los clientes, la rentabilidad depende tanto de la velocidad como de la eliminación de errores humanos (repetitividad).

De manera general, en las encuestas se puede observar que la mayoría de los encuestados calificó la resistencia de unión con el factor más crítico y también la reducción de tiempos de ciclo, un factor muy importante para ellos para poder producir piezas de buena calidad y en poco tiempo, pero sin olvidar la repetibilidad del proceso para poder evitar desperdicios y costos.

4.1.2 Mapa de empatía del cliente industrial

El mapa de empatía se utilizó para interpretar los resultados de las encuestas. Esta herramienta permite comprender no solo lo que el cliente “dice”, sino también lo que piensa, siente, y experimenta en su día a día al interactuar con los procesos de soldadura. Al comprender que lo que se busca es ayudar al cliente optimizando su proceso de soldadura agregándole valor a las máquinas de ultrasonido por medio de diseños de unión para facilitar la soldadura y además beneficiar los tiempos y movimientos de los principales beneficiados, estudiando los que ven y hacen en su entorno de trabajo, y lo que oyen de compañero, cliente y competidores.

En la **Figura 20** se presenta un mapa de empatía sobre estos principales actores favorecidos. Con este, se puede descubrir los principales sentimientos de los beneficiados es una preocupación por que su producto sea de buena calidad y el costo del equipo.

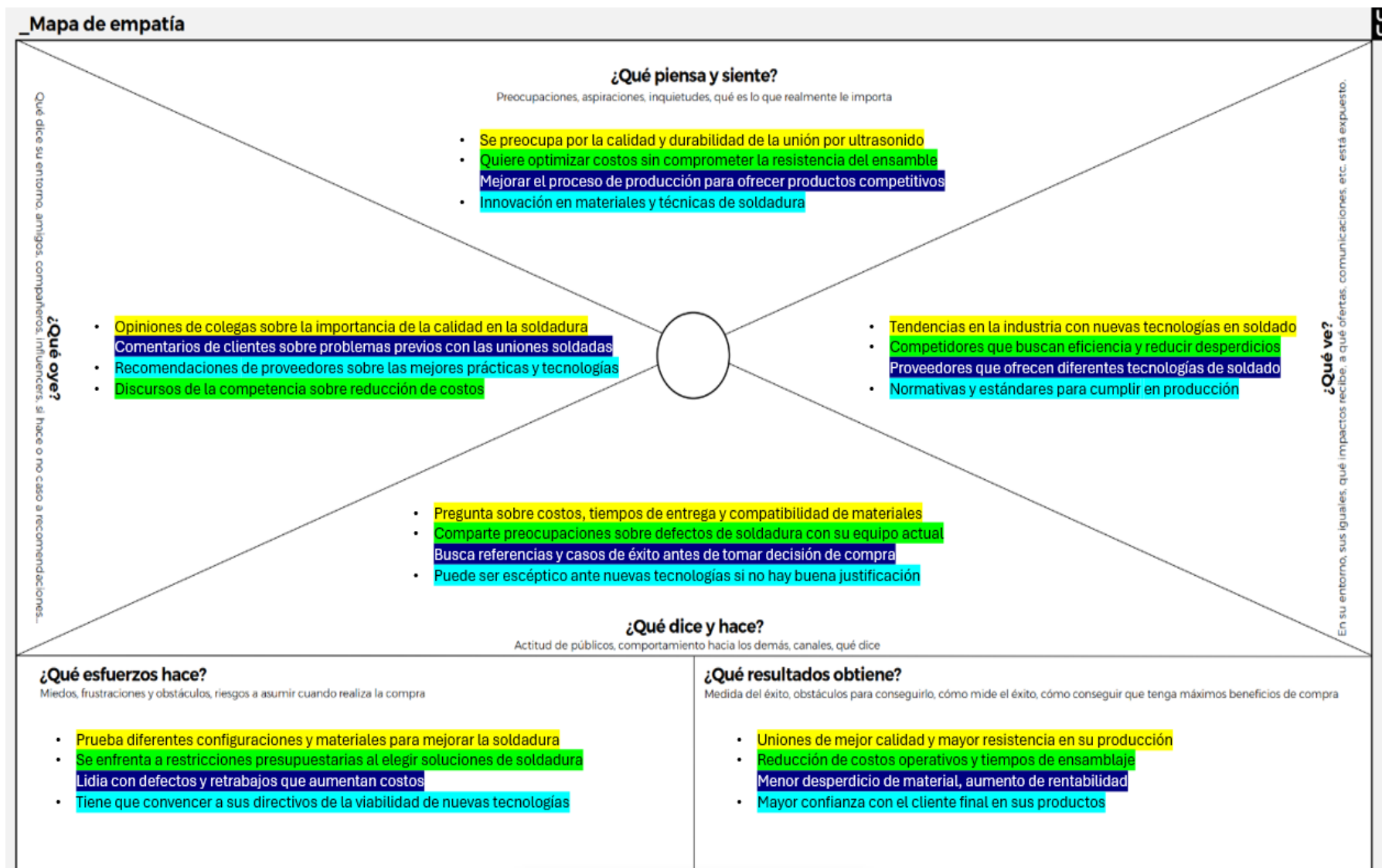


Figura 20. Mapa de Empatía (Elaboración propia).

El Mapa de Empatía revela a un cliente técnico, como un Ingeniero de Manufactura, cuya principal tensión radica en la necesidad de innovar para asegurar la calidad y durabilidad de las uniones mientras enfrenta restricciones presupuestarias de sus directivos. El usuario se siente presionado por el desperdicio y los retrabajos que elevan los costos, por lo que busca activamente casos de éxito y referencias que justifiquen la inversión en nuevas tecnologías frente al escepticismo interno.

Su entorno lo empuja hacia la eficiencia y el cumplimiento de normativas, pero su mayor temor es fallar en la implementación técnica o no lograr la rentabilidad esperada. En conclusión, la propuesta de valor debe centrarse en demostrar, mediante datos empíricos, cómo la Branson 2000X transforma esos “esfuerzos” en resultados tangibles de menor desperdicio y mayor confianza con el cliente final.

4.1.3. Diagnóstico de necesidades

El Diagnóstico de Necesidades (**Figura 21**) identifica que los ingenieros de manufactura buscan optimizar la calidad y durabilidad de las uniones sin comprometer la integridad del ensamble.

¿Qué?

- **¿Por qué estamos aquí?**

Utilizar la Branson 2000X para optimizar parámetros de soldadura y generar uniones de alta resistencia en polímeros termoplásticos, validando su impacto en la calidad y competitividad industrial.

- **Elevator Pitch**

“Queremos aprovechar las capacidades avanzadas de la máquina Branson 2000X para identificar los parámetros óptimos de soldadura por ultrasonido en diferentes polímeros, con el fin de mejorar la resistencia de unión, reducir defectos y ofrecer una propuesta de valor técnica y comercial sólida.” (video Visto en clase)

- **Product Box: (Ver imagen)**

- **Lista de lo que no es:**

No es un estudio para evaluar la funcionalidad general de la máquina (no estamos evaluando la máquina, sino usando sus capacidades). No es una aplicación comercial inmediata, sino un ensayo controlado con fines de optimización y análisis. No se estudiarán procesos fuera del ultrasonido (ni adhesivos, ni remaches, etc.).

- **Conoce a tus vecinos**

- Usuarios internos del proyecto:

- Tú (investigador)
- Técnicos de laboratorio

- Usuarios industriales potenciales (que usarían el resultado):

- Ingenieros de manufactura
- Gerentes de producción
- Clientes industriales interesados en mejorar su soldadura

¿Cómo?

- **Muestra la solución**

Realizar **pruebas experimentales controladas** variando los parámetros de soldadura: Frecuencia (si es ajustable), Amplitud, Presión, Tiempo de soldadura, Energía aplicada.

- **Qué nos quita el sueño**

-Asegurar que la configuración elegida maximice la resistencia de unión **sin dañar el material** ni generar defectos.
-Documentar de forma clara cómo cada parámetro influye, para facilitar futuras aplicaciones industriales.

- **Estimar el tamaño**

-Determinar el **número de combinaciones de parámetros** a probar.
-Definir **cuántas probetas por combinación** se fabricarán para tener resultados estadísticamente confiables.
-Planificar tiempo de máquina, disponibilidad de materiales y pruebas.

- **Identifica restricciones**

-Limitaciones de tiempo de uso de la máquina (disponibilidad en laboratorio).
-Disponibilidad de los diferentes polímeros para ensayos.
-Precisión de medición de resistencia (disponibilidad de dinamómetro o máquina de ensayos).
-Rango operativo de la máquina (amplitud, presión, potencia máxima).

- **Demuestra lo que implica**

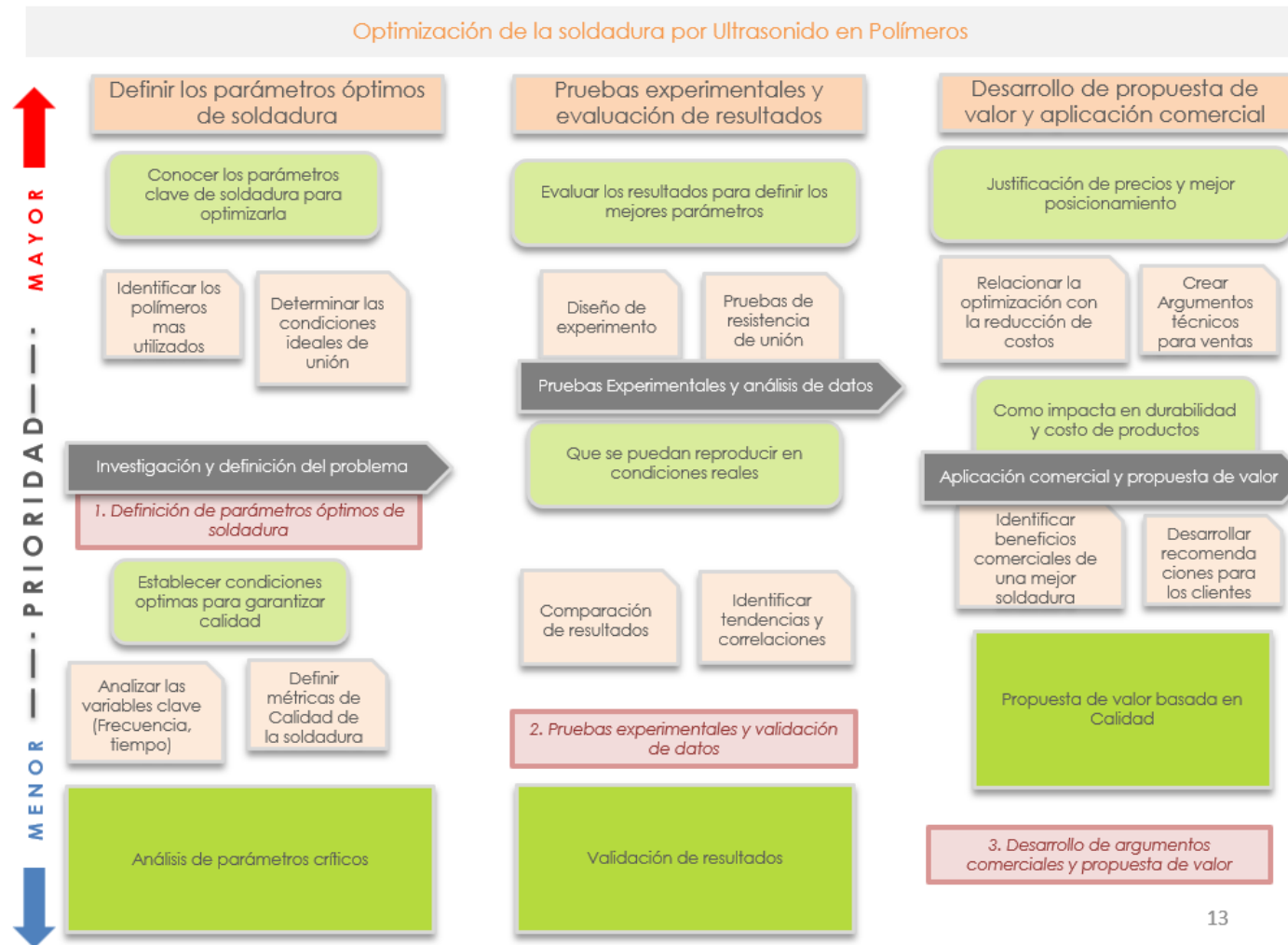
-Generar **curvas de energía, desplazamiento y potencia** para cada ensayo usando la interfaz gráfica de la Branson 2000X.
-Documentar **cuáles parámetros producen las mejores uniones**.
-Relacionar estos hallazgos con los requerimientos de los clientes industriales (para la propuesta de valor).

Figura 21. Resumen Diagnóstico de Necesidades (Elaboración propia).

El principal conflicto radica en reducir el desperdicio y los retrabajos ante estrictas restricciones presupuestarias y normativas industriales. Para resolverlo, se requiere utilizar la Branson 2000X para determinar parámetros óptimos (amplitud, presión, energía) que maximicen la resistencia sin dañar el material.

4.1.4. Mapa de Historias

El Mapa de historias de la **Figura 22** estructura el proyecto en tres niveles de prioridad para garantizar el éxito comercial y técnico de la soldadura por ultrasonido.



13

Figura 22. Mapa de historias (Elaboración propia).

La prioridad más alta es la definición de parámetros óptimos, donde se identifican polímeros y variables clave como frecuencia y tiempo para asegurar condiciones ideales de unión. En el nivel intermedio, se ejecutan pruebas experimentales y validación de datos mediante diseños de experimentos que aseguren resultados reproducibles en condiciones reales. Finalmente, se desarrolla la propuesta de valor, traduciendo la optimización técnica en argumentos de venta que justifiquen el precio mediante la reducción de costos y mayor durabilidad. Este flujo permite que la investigación de laboratorio se convierta en una solución industrial rentable y competitiva.

4.1.5. QFD

QUÉ / CÓMO	1. Amplitud	2. Presión	3. Tiempo	4. Energía	5. Frecuencia	6. Polímero	7. Enfriamiento	8. Automatización
1. Alta resistencia	9	9	9	9	3	9	3	3
2. Reducción tiempo	3	3	9	3	1	3	3	9
3. Compatibilidad polímeros	1	1	1	1	3	9	1	1
4. Optimización costos	3	3	9	3	1	3	3	9
5. Repetitividad confiabilidad	3	3	3	3	1	3	3	9
6. Cumplir normativas	9	9	9	9	3	9	3	3
7. Facilidad implementación	3	3	3	3	1	3	1	9
8. Evaluación desempeño real	9	9	9	9	3	9	3	3

Figura 23. Matriz de Relación (Relación entre QUÉ's y CÓMO's).

Esta matriz de relaciones (QFD) destaca que la amplitud, presión, tiempo y energía son los parámetros críticos ("CÓMO") con mayor impacto (puntuación de 9) para lograr una alta resistencia, el cumplimiento de normativas y una evaluación de desempeño real exitosa.

	A	P	T	E	F	M	C	A
Amplitud (A)	X	+	+	+	0	0	0	0
Presión (P)	+	X	+	+	0	0	0	0
Tiempo (T)	+	+	X	+	0	0	0	0
Energía (E)	+	+	+	X	0	0	0	0
Frecuencia (F)	0	0	0	0	X	0	0	0
Material (M)	0	0	0	0	0	X	0	0
Cooling (C)	0	0	0	0	0	0	X	0
Automatización (A)	0	0	0	0	0	0	0	X

Figura 24. Correlación entre Características Técnicas (Techo).

Por su parte, la automatización se consolida como el factor determinante para garantizar la repetitividad, confiabilidad y facilidad de implementación, además de ser clave en la optimización de costos y la reducción de tiempos de ciclo. Finalmente, el tipo de polímero actúa como una variable transversal que afecta casi todos los requerimientos de calidad, subrayando que la configuración de la Branson 2000X debe ser personalizada según el material para transformar estas variables técnicas en beneficios comerciales tangibles.

4.2. Determinación de parámetros óptimos

Con base a los objetivos inicialmente propuestos y las diferentes dimensiones se realiza el análisis de los parámetros óptimos.

Tabla 22. Análisis de parámetros óptimos.

Dimensión Técnica	Acción / Variable Crítica	Objetivo del Proceso
Identificación de Variables	Análisis de Amplitud, Presión, Tiempo y Energía.	Conocer los parámetros clave de soldadura para optimizar el proceso.
Selección de Materiales	Identificación de los polímeros termoplásticos más utilizados.	Determinar las condiciones ideales de unión específicas para cada material.
Control de Calidad	Definición de métricas de calidad de la soldadura.	Establecer condiciones que garanticen una alta resistencia y durabilidad.
Validación de Integridad	Configuración para maximizar la unión sin dañar el material ni generar defectos.	Hay que asegurar que la pieza final no sufra deformaciones o fallas estéticas durante el ensamble.
Monitoreo de Datos	Generación de curvas de energía, desplazamiento y potencia.	Documentar de forma clara cómo influye cada parámetro en la unión para futuras aplicaciones.

El Análisis de parámetros óptimos (**Tabla 22**) constituye el núcleo técnico del proyecto, diseñado para mitigar los riesgos de fallas estéticas y estructurales identificados en el diagnóstico. Este análisis se enfoca en la identificación de variables críticas como amplitud, presión, tiempo y energía para optimizar el proceso de soldadura. Al seleccionar polímeros termoplásticos específicos, se determinan las condiciones de unión ideales que garantizan una alta resistencia y durabilidad mediante métricas de calidad predefinidas. La validación de integridad asegura que la configuración maximice la unión sin generar defectos ni deformaciones, mientras que el monitoreo de datos permite documentar la influencia de cada parámetro a través de curvas de potencia y desplazamiento. En conjunto, este enfoque técnico responde directamente a la necesidad del cliente de reducir el desperdicio y cumplir con normativas industriales exigentes.

4.2.1. Diagrama de Ishikawa

El Diagnóstico de Necesidades considerando el Diagrama Ishikawa presentado en la **Figura 25**, concluye que los clientes industriales, específicamente ingenieros de manufactura y gerentes de producción, requieren un proceso de soldadura que garantice alta resistencia y durabilidad sin comprometer la integridad de los componentes.

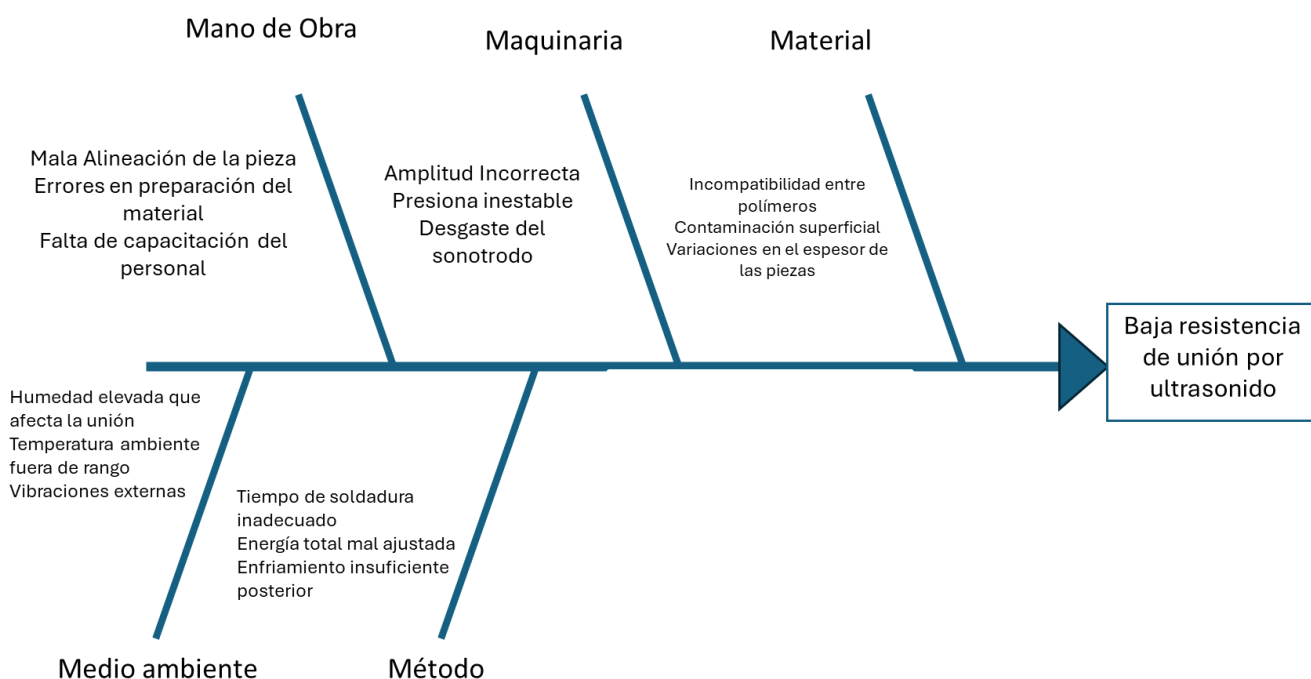


Figura 25. Diagrama de Ishikawa (Elaboración propia).

El usuario se enfrenta a puntos críticos como el alto índice de desperdicio y retrabajos, sumado a restricciones presupuestarias y normativas estrictas. Para resolverlo, el diagnóstico exige la utilización de la Branson 2000X para identificar parámetros óptimos (amplitud, presión,

energía) mediante pruebas controladas. En última instancia, la necesidad reside en validar técnica y comercialmente una solución que transforme la eficiencia operativa en una reducción de costos y mayor competitividad industrial.

4.2.2. TRIZ

El análisis TRIZ revela conflictos críticos: aumentar la resistencia sacrifica la velocidad del proceso (energía vs. tiempo), y la búsqueda de repetitividad choca con los altos costos de automatización.

Caso	Variable a mejorar	Cotradicción
A	Quiero aumentar la resistencia de la unión , pero al hacerlo aumento la energía o el tiempo , lo que reduce la velocidad del proceso .	Tiempo de proceso/energía consumida
B	Quiero mejorar la repetitividad , pero esto requiere automatización costosa o cambios en el equipo.	Costos por automatización
C	Quiero usar polímeros más variados (compatibilidad), pero algunos no responden bien al ultrasonido estándar .	No todos absorben energía ultrasónica eficientemente
D	Quiero reducir costos operativos, pero parámetros mal ajustados generan más desperdicio o retrabajo .	Parámetros ajustados incorrectamente generan más errores

Figura 26. TRIZ (Elaboración propia).

Para resolverlo, se propone un plan basado en pruebas experimentales controladas y monitoreo de curvas de potencia, permitiendo alcanzar parámetros óptimos que eliminan el desperdicio (*scrap*) sin dañar el material.

4.3. Estudio de competencia y viabilidad

El análisis de Competencia y Viabilidad (**Figura 27**) utiliza principios TRIZ para resolver las contradicciones detectadas en el diagnóstico. Para maximizar la resistencia sin perder velocidad (Caso A), sugiere acciones preliminares e inversión de ciclos de energía.

Caso A

Mejora deseada: Resistencia de unión

Contradicción: Tiempo de proceso/energía consumida

TRIZ recomienda:

10. Acción preliminar: Precalentar o prelinear las piezas para reducir el tiempo de soldadura.

35. Transformar propiedades físicas: Cambiar la rugosidad superficial, diseño de la geometría de la unión, o la formulación del polímero para mejor absorción del ultrasonido.

13. Inversión: Usar ciclos de baja energía al inicio y alta energía al final (perfil inverso de energía).

Caso B

Mejora deseada: Repetitividad

Contradicción: Costos

TRIZ recomienda:

1. Segmentación: Automatizar solo una parte crítica del proceso (por ejemplo, el posicionamiento del sonotrodo).

25. Autoservicio: Que el propio sistema (por ejemplo, la máquina Branson 2000X) ajuste los parámetros con base en las condiciones del material.

24. Intermediario: Usar sensores o software que actúen como capa intermedia para validar la calidad sin reemplazar toda la línea.

Caso C

Mejora deseada: Compatibilidad de polímeros

Contradicción: No todos absorben energía fácilmente

TRIZ recomienda:

28. Sustitución mecánica: Aplicar calor auxiliar o fricción combinada para polímeros de baja absorción.

19. Cambio periódico: Usar ondas ultrasónicas moduladas o pulsadas, no continuas.

18. Vibración mecánica: Ajustar la frecuencia según el polímero (si la máquina lo permite).

Caso D

Mejora deseada: Reducción de costos

Contradicción: parámetros mal ajustados

TRIZ recomienda:

21. Aceleración: Reducir el tiempo de ajuste mediante plantillas de parámetros para cada material.

23. Retroalimentación: Añadir monitoreo en tiempo real para corregir errores antes de que se produzcan piezas defectuosas.

6. Universalidad: Usar una misma configuración que funcione bien en la mayoría de las condiciones (parámetros robustos).

Figura 27. Competencia y Viabilidad aplicando TRIZ (Elaboración propia).

La repetitividad se aborda mediante la segmentación y el autoservicio del equipo para reducir costos (Caso B). Ante la baja compatibilidad de polímeros, propone sustitución mecánica y ondas moduladas (Caso C). Finalmente, la reducción de costos (Caso D) se logra con retroalimentación en tiempo real y parámetros robustos para eliminar el desperdicio. Estas soluciones transforman las limitaciones técnicas en una ventaja competitiva rentable y viable.

4.3.1. Análisis comparativo.

El análisis comparativo (**Figura 28**) valida la competitividad de la soldadura por ultrasonido frente a otras tecnologías de unión, justificando su elección para el proyecto. El estudio comparativo demuestra que el ultrasonido supera a métodos como el calor (*Hot Plate*), adhesivos y uniones mecánicas en indicadores críticos: ofrece un tiempo de ciclo muy bajo y una alta repetitividad con un impacto ambiental bajo. Aunque la vibración ofrece una resistencia "muy alta", el ultrasonido mantiene un equilibrio superior al requerir un costo operativo medio y ofrecer una flexibilidad media-alta para diversos polímeros.

Tecnología	Resistencia de unión	Tiempo de ciclo	Repetitividad	Costo	Flexibilidad	Impacto Ambiental
Ultrasonido						
Calor (Hot Plate)						
Vibración						
Adhesivos						
Unión mecánica						
	Alto					
	Medio					
	Bajo					

Figura 28. Análisis comparativo (Elaboración propia).

Para resolver las desventajas competitivas detectadas, como la absorción ineficiente de energía en ciertos materiales, el análisis TRIZ propone la sustitución mecánica (calor auxiliar) y el uso de ondas moduladas. En conclusión, el análisis comparativo posiciona a la Branson 2000X como la solución más viable para maximizar la productividad y calidad, cumpliendo con las exigencias de alta resistencia y reducción de desperdicio del diagnóstico industrial.

4.4. Propuesta de valor y plan de implantación

Esta etapa integra los hallazgos técnicos y comerciales de las fases anteriores en una propuesta de valor estructurada mostrada en la **Tabla 23**, para también dar lugar a un plan de viabilidad, mostrado en la **Tabla 24** que traduce dichos hallazgos en acciones concretas orientadas a facilitar la decisión de compra del cliente.

Tabla 23. Propuesta de Valor.

Pilar de Valor	Descripción del Beneficio	Impacto en el Negocio
Calidad Superior	Garantía de uniones de alta resistencia y durabilidad mediante el control de parámetros críticos (Amplitud, Presión, Energía).	Cumplimiento estricto de normativas y estándares de calidad industrial.
Rentabilidad Económica	Optimización de procesos para lograr un menor costo operativo y reducción de tiempos de ensamblaje.	Aumento directo de la rentabilidad al minimizar el desperdicio de material (Scrap).
Confianza Técnica	Uso de casos de éxito y referencias comprobadas para validar el desempeño antes de la compra.	Mayor seguridad y confianza con el cliente final sobre la integridad del producto.
Fiabilidad Operativa	Implementación de automatización para asegurar repetitividad y eliminar errores del control manual.	Procesos más estables, confiables y fáciles de implementar en la línea.

Tabla 24. Plan de Viabilidad.

Fase del Plan	Actividades Clave	Nivel de Prioridad
1. Configuración Técnica	Identificación de polímeros y definición de parámetros óptimos (Frecuencia, Amplitud, Tiempo).	Alta
2. Validación Experimental	Ejecución de pruebas controladas y generación de curvas de energía/potencia para asegurar uniones sin daños.	Media
3. Justificación Comercial	Desarrollo de argumentos técnicos y de ventas que relacionen la optimización con el ahorro de costos.	Baja (Consolidación)
4. Adopción y Despliegue	Presentación de resultados a directivos para superar restricciones presupuestarias y facilitar la inversión.	Final

4.5. Diagrama de Gantt

El Plan de Implantación, estructurado en un diagrama de Gantt de seis meses, inicia con el análisis del cliente y el diagnóstico de procesos mediante Ishikawa para identificar fallas de raíz (**Figura 29**).

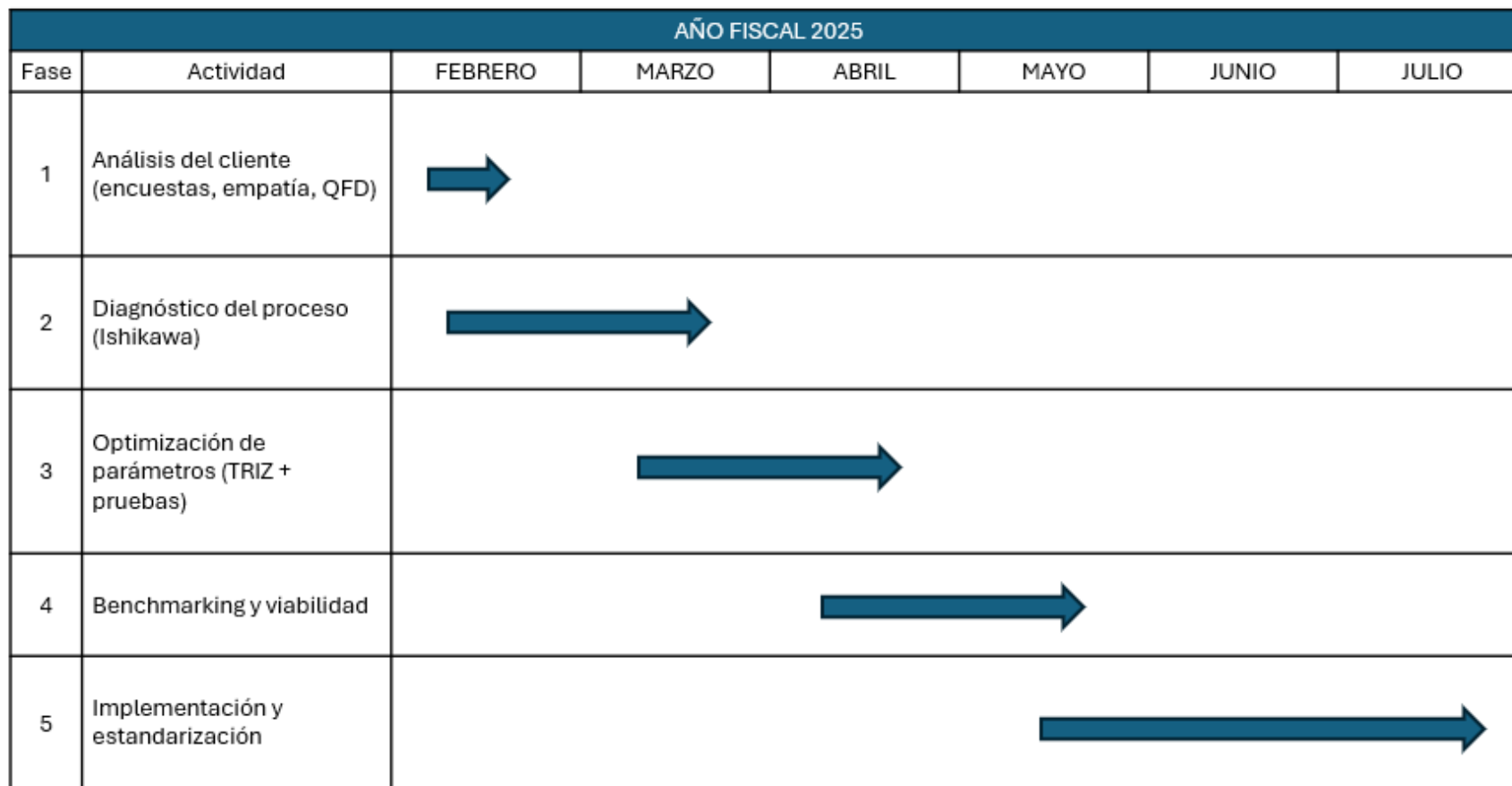


Figura 29. Diagrama de Gantt (Elaboración propia).

En la fase intermedia, se utiliza la metodología TRIZ para optimizar parámetros y se realiza un análisis comparativo que valida la viabilidad del ultrasonido frente a otras tecnologías. Finalmente, el cronograma culmina con la estandarización de procesos y el despliegue de una estrategia comercial sólida. Este enfoque garantiza que la propuesta de valor esté respaldada por datos técnicos que resuelven contradicciones de calidad y costo.

4.6. Síntesis del impacto y cumplimiento de objetivo

Con el fin de demostrar el impacto de la estrategia desarrollada, la **Tabla 25** resume los resultados obtenidos en cada etapa, mostrando el indicador y la evidencia que sustenta el cumplimiento.

Tabla 25. Resultados de cada etapa.

Impacto	Indicador	Evidencia
Necesidades del cliente	Necesidades críticas identificadas	Encuesta y mapa de empatía
Traducción técnico-comercial	Requerimientos del cliente relacionados con variables técnicas	QFD
Resolución de problemas	Causas Raíz y Soluciones técnicas identificadas	Ishikawa y TRIZ
Propuesta de valor	Beneficios técnicos vinculados con necesidades comerciales	Análisis comparativo
Competitividad	Diferenciadores identificados contra alternativas	Análisis comparativos
Proceso de venta	Argumentos técnicos-comerciales asociados a toma de decisiones	Diagrama de Gantt

Estos resultados constituyen la evidencia de cumplimiento del objetivo 1, ya que el indicador de necesidades y frustraciones críticas alcanzó un nivel de identificación suficiente para priorizar los criterios de decisión del cliente, con base en la encuesta y el mapa de empatía aplicados.

El objetivo específico 2 se considera cumplido, debido a que el indicador de correlación del análisis de la función de calidad mostró una traducción clara de los requerimientos del cliente en parámetros técnicos para configurar el equipo, evidenciado también por el diagrama de Ishikawa y el análisis TRIZ, que identificaron y resolvieron las causas raíz y las contradicciones.

Respecto del objetivo 3, el indicador del análisis comparativo demostró la superioridad técnica-competitiva frente a otras tecnologías de ensamble de plásticos, utilizando la repetitividad y el bajo impacto ambiental, lo cual constituye evidencia de que las características técnicas identificadas efectivamente fortalecen la propuesta de valor.

El indicador de cumplimiento del plan de implementación demuestra el objetivo 4 gracias al diagrama de Gantt donde se alcanza a consolidar los hallazgos técnicos y comerciales, generando una ruta de acción para demostrar que la estrategia técnica-comercial se integró de manera correcta.

Estos resultados en conjunto constituyen el cumplimiento del objetivo general: la optimización técnica de la soldadura ultrasónica de termoplásticos, traducida mediante las herramientas del pensamiento de diseño (Design Thinking), tuvo un impacto medible en el fortalecimiento de la propuesta de valor y en la reducción de la incertidumbre técnica dentro del proceso de venta de equipos de ultrasonido.

Tabla 26. Aumento de ventas de FY 24 vs F25.

Año Fiscal	2024	2025
Acumulado de venta	\$525,875 USD	\$758,228 USD

Como complemento del impacto de la estrategia comercial desarrollada, la **Tabla 26** muestra el comportamiento de las ventas acumuladas durante los años fiscales 2024 y 2025. Se puede observar un incremento del 44.2% en el acumulado de venta.

Este incremento no puede atribuirse de manera exclusiva y controlada a la estrategia desarrollada, ya que también interviene factores externos como condiciones de mercado, demanda de industria y decisiones comerciales. El resultado es consistente y los hallazgos facilitaron el proceso de venta más ágil, lo cual se refleja de manera coherente en el desempeño comercial observado durante el periodo de implantación.

CONCLUSIONES

A continuación, se presentan las conclusiones del proyecto, estructuradas para dar respuesta directa a las preguntas de investigación, los objetivos específicos, el objetivo general y la hipótesis planteados en la presente investigación.

En respuesta a la primera pregunta de investigación, relacionada con las necesidades, frustraciones y criterios de decisión de los clientes, se encontró que las principales frustraciones se relacionan con la incertidumbre que hay sobre la calidad de unión y la falta de entrenamiento en el diseño de piezas para que el proceso de soldadura pueda funcionar, esta información fue obtenida mediante encuestas y mapas de empatía. La segunda pregunta, sobre como el uso de herramientas de la metodología de pensamiento de diseño (design thinking) permite traducir las necesidades en características técnicas relevantes, el análisis de la función de la calidad permitió traducir las necesidades del cliente en parámetros técnicos para la configuración del equipo, mientras que el diagrama de Ishikawa identificó que un ajuste incorrecto de las variables de la máquina como la amplitud y la energía es la principal causa de baja resistencia y defectos estéticos; por su parte el análisis TRIZ permitió identificar la contradicción técnica entre la resistencia y la velocidad del proceso, para poder garantizar la viabilidad técnica y comercial del proceso en un plazo de seis meses.

La tercera pregunta, sobre como la optimización de los parámetros y el diseño de unión se transforma en una propuesta de valor que facilita la decisión de compra, el análisis comparativo permitió confirmar que la calidad obtenida en el proceso de ultrasonido supera otros métodos de ensamble en repetitividad y bajo impacto industrial; esto permite ofrecer un producto de alto desempeño con costos controlados y sustentar la propuesta de valor centrada en la fiabilidad del ensamble. Finalmente, la cuarta pregunta sobre como la integración de una estrategia técnico-comercial contribuye a reducir la incertidumbre técnica y fortalecer el proceso de venta consultiva, la consolidación de la propuesta de valor junto con el plan de implementación mostrado en el diagrama de Gantt que permite proyectar ante el cliente los recursos, tiempos y fases necesarias, reduciendo la incertidumbre y el proceso de aprobación de presupuesto.

En cuanto a los objetivos específicos, se identificaron las necesidades básicas de los clientes mediante encuestas y mapas de empatía, alineando la oferta con los criterios de decisión; se tradujeron los requerimientos técnicos en características de valor gracias a la correlación del análisis de la función de la calidad (QFD), que se validó a través del diagrama de Ishikawa y el análisis TRIZ; se evaluaron las contribuciones de dichas características en la propuesta de valor gracias a un análisis comparativo donde la superioridad técnica-competitiva del proceso frente a otras tecnologías, y se integró la propuesta técnico-comercial centrada en el cliente mediante un plan de implementación con un Diagrama de Gantt, para consolidar los hallazgos técnicos y comercial.

Con base a lo anterior se considera que el objetivo general de la investigación se cumplió en su totalidad, ya que se desarrolló una estrategia comercial utilizando la metodología del pensamiento de diseño donde se identificaron necesidades del cliente, se tradujeron

requerimientos en características de valor, se implementó un plan de acción y se fortaleció el proceso de venta consultiva.

Finalmente se puede considerar que la hipótesis planteada se considera comprobada, gracias a la evidencia a lo largo de las etapas de diagnóstico, análisis técnico, evaluación competitiva e implementación, ya que de manera consistente se demostró que la integración de parámetros relevantes con las necesidades del cliente, utilizando la metodología de pensamiento de diseño, reduce la incertidumbre técnica y fortalece la propuesta de valor del equipo de soldadura.

BIBLIOGRAFÍA

- AI, O. (December de 2024). *Chat GPT*. Obtenido de <https://chatgpt.com/>
- Anderson, J., Narus, J., & Van Rossum, W. (March de 2006). *Harvard Business Review*. Obtenido de Customer Value Propositions in Business Markets: <https://hbr.org/2006/03/customer-value-propositions-in-business-markets>
- Branson Ultrasonics. (2014). *Ultrasonic Welding Trouble Shooting Guide*. Danbury.
- Branson Ultrasonics Corporation. (1999). *Part Design for Ultrasonic Welding*. Danbury.
- Branson Ultrasonics Corporations. (1999). *Polymers: Characteristics and Compatibility for Ultrasonic Assembly*. Danbury.
- Burgasí Delgado, D., Cobo Panchi, D., & Perez Salazar, K. (febrero de 2021). THE ISHIKAWA DIAGRAM AS A QUALITY TOOL IN EDUCATION. A. Sangolquí, Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE, Departamento CEAC, Ecuador.
- Ekmekci, I. (09 de 2019). TRIZ Methodology and Applications. Istanbul, Istanbul Commerce University, Engineering Faculty, Kucukyali, Turkey.
- Fernando J. Elizondo G, C. A. (2002). *Soldadura Ultrasonica*.
- Ferreira da Silva, G., & Goncalves Gomes, T. (2019). *Utilizando o Mapa de Empatia do Design Thinking no proceso de ensino-aprendizagem*.
- Flores, H. A. (2019). *Evaluacion del proceso de soldadura por ultrasonido*. Ciudad Juárez: Universidad Autonoma de Ciudad Juárez.
- García, F. G. (1999). Polimeros: Proceso de Manufactura y Diseño. *Revista de Quimica*.
- Harmon, A. (2024). *EBSCO*. Obtenido de Gantt Chart: <https://www.ebsco.com/research-starters/social-sciences-and-humanities/gantt-chart>
- Hernández, M., Cantín García., López Abejón, N., & Rodríguez Zazo, M. (2020). *Estudio de Encuestas*.
- Jianhui Qiu, G. Z. (2020). *A Review for Ultrasonic Weld Technology Developments*. Basel: Creative Commons Attribution.
- Kaley, A. (24 de January de 2021). *NNgroup*. Obtenido de Mapping User Stories in Agile: <https://www.nngroup.com/articles/user-story-mapping/>
- Kistowski, Jóakim; Dieter Lange, Klaus; Henning, John; (2008). *How to Build a Benchmark*.
- Lankford, W. M. (2002). *Benchmarking: Understanding the Basics*. State University of West Georgia.
- Loayan, S. (27 de abril de 2026). *Metodología Design Thinking: de la teoría a la práctica*. Obtenido de Asana: <https://asana.com/es/resources/design-thinking-process>
- Manuel Garcia Ferrando, J. I. (1986). El análisis de la realidad social Métodos y técnicas de investigacion. Madrid, España.
- Mehrjerdi, Y. Z. (November de 2009). Quality Function deployment and its extension. Yazd, Yazd University, Iran.
- ProductPlsn*. (26 de May de 2025). Obtenido de Story Mapping: <https://www.productplan.com/glossary/story-mapping/>

Somen K, B., Goram, G., & islam, A. (12 de March de 2020). Advances in Ultrasonic Welding of Thermoplastic composites. Singapore, Singapore, Singapore.

Wise, R. J. (s.f.). *Ultrasonic Welding of Polymers*.

Zamarron, P., & Francisco, S. (19 de 06 de 2026). *Venta consultiva: la metodología detrás de una implementación de CRM exitosa*. Obtenido de Salesforce: <https://www.salesforce.com/mx/blog/venta-consultiva/>

ANEXOS

Anexo A. Encuesta aplicada a los clientes

Para identificar las prioridades técnicas y comerciales que se requieren para la optimización del proceso de ventas de equipos y calidad de unión en termoplásticos se ha realizado una encuesta dirigida a los clientes con varias alternativas de respuestas por cada pregunta. Se agradece responder oportunamente según sea su criterio.

1. ¿Cuál es su principal preocupación respecto a la unión de sus piezas?

- a) Resistencia mecánica de la unión.
- b) Estética de la soldadura.
- c) Velocidad del ciclo de producción.

2. ¿Qué factor considera crítico para la competitividad de sus productos?

- a) Reducción de costos operativos.
- b) Innovación en materiales.
- c) Cumplimiento estricto de normativas.

3. En su proceso actual, ¿qué genera más desperdicio de recursos?

- a) Re-trabajo por piezas mal soldadas.
- b) Tiempo de ajuste de parámetros.
- c) Consumo excesivo de energía.

4. ¿Cuál es el principal problema de calidad que enfrenta hoy?

- a) Baja resistencia de la unión.
- b) Inconsistencia entre lotes (Repetitividad).
- c) Incompatibilidad entre diferentes polímeros.

5. ¿Qué variable técnica le resulta más difícil de controlar?

- a) Amplitud de vibración.
- b) Presión de soldadura.
- c) Tiempo de enfriamiento posterior.

6. ¿Cómo afecta la variabilidad del material a su proceso?

- a) Variaciones en el espesor afectan la soldadura.
- b) La humedad ambiental altera los resultados.
- c) Los polímeros no absorben la energía de forma uniforme.

7. Ante un problema de baja resistencia, ¿cuál es su primera acción?

- a) Aumentar el tiempo de soldadura (aunque baje la velocidad).
- b) Ajustar la presión de contacto.
- c) Cambiar el diseño de la unión.

8. ¿Qué capacidad de la Branson 2000X considera más valiosa?
- a) Control avanzado del proceso y monitoreo en tiempo real.
 - b) Facilidad de configuración y operación.
 - c) Consistencia y alta calidad en las soldaduras.
9. ¿Qué le impide automatizar más su línea de producción?
- a) El alto costo de la inversión inicial.
 - b) Falta de personal capacitado para operarla.
 - c) Complejidad técnica de la implementación.
10. ¿Cómo calificaría la flexibilidad de su equipo actual frente a nuevos materiales?
- a) Alta: Se adapta rápidamente.
 - b) Media: Requiere ajustes manuales prolongados.
 - c) Baja: Solo funciona para un tipo de material.
11. Al evaluar una nueva tecnología de soldado, ¿qué busca primero?
- a) Casos de éxito y referencias industriales.
 - b) El menor costo operativo posible.
 - c) Soporte técnico y plantillas de parámetros preconfiguradas.
12. ¿Cuál es su postura frente a la implementación de IA o sistemas de auto-ajuste?
- a) Escéptico, prefiero control manual.
 - b) Interesado si reduce errores de operario.
 - c) Es una prioridad para mi próxima inversión.
13. ¿Qué impacto ambiental busca mitigar en su planta?
- a) Reducción de desperdicio de material (scrap).
 - b) Consumo eficiente de energía eléctrica.
 - c) Eliminación de pegamentos o químicos.
14. ¿Quién es el principal influenciador en su decisión de compra?
- a) El departamento de ingeniería de manufactura.
 - b) La dirección financiera (presupuesto).
 - c) Las recomendaciones de los proveedores de material.
15. ¿Qué argumento de venta le resultaría más convincente?
- a) Este equipo reduce el tiempo de ciclo en un 20%.
 - b) Garantizamos uniones con resistencia superior a la competencia.
 - c) El sistema se auto calibra para evitar piezas defectuosas.