

Desarrollo de un CAPP para la fabricación de válvulas de compuerta en la empresa
industrias IMR

Brayan Eliecer Palencia Mora - 2185103

Edwin Yecid Orozco Reyes – 2175094

Trabajo de Grado para Optar al Título de Ingeniero Mecánico

Director

Isnardo Gonzalez Jaimes

Ingeniero Mecánico

Universidad Industrial de Santander
Facultad de Ingenierías Físico Mecánicas
Escuela de Ingeniería Mecánica
Bucaramanga

2025

Dedicatoria

A mis padres por ser mi mayor inspiración y apoyo incondicional en cada paso de mi vida. Su amor, esfuerzo y fe en mí han sido el motor que me ha impulsado a superar cada desafío. Gracias por ser mi guía y mi fortaleza.

Brayan Eliecer Palencia Mora

Con infinita gratitud, dedico este proyecto a Dios, quien ha sido mi guía y fortaleza en cada paso de este camino. A mis padres, Luis Orozco y Mery Reyes, por amor su incondicional, su apoyo y sus consejos que han sido mi faro en los momentos más desafiantes. A mis hermanos, quienes han sido una fuerte inspiración y apoyo constante. Gracias por creer en mí darme las herramientas para alcanzar mis metas.

Edwin Yecid Orozco Reyes

Agradecimientos

Agradezco a mi familia por apoyarme en todo mi proceso formativo como ingeniero mecánico, agradezco a la empresa INDUSTRIAS IMR S.A.S por permitirme aprender y desarrollar nuevas habilidades y por la construcción de este proyecto. A nuestro director de proyecto el ingeniero Isnardo Gonzalez quien con sus conocimientos nos guío y oriento durante todo el desarrollo de este proyecto. Su compromiso y dedicación fueron fundamentales para alcanzar los objetivos propuestos.

Agradezco a todo el personal de la empresa INDUSTRIAS IMR S.A.S por apoyarnos en la manufactura de las válvulas, a Juan David, el tornero CNC, a Roberto Camacho, el Cortador de materia y a Rogelio Navas el soldador y autor del armado de la válvula.

Tabla de contenido

Introducción..... 15

1. Planteamiento del problema..... 16

2. Objetivos 17

2.1 Objetivo General 17

2.2 Objetivos Específicos..... 17

3. Justificación 18

4. Software CAPP 19

4.1. Sistema CAPP de recuperación..... 19

4.2. Consideraciones de fabricación..... 20

4.3. Válvulas de compuerta..... 22

4.4. Logística de fabricación..... 23

4.5. Plataformas de programación..... 24

5. Diseño conceptual del CAPP 25

5.1. Tecnología de grupo 25

5.2. Procesos de fabricación..... 28

5.3. Parámetros de fabricación 31

PROCESO DE FABRICACIÓN VÁLVULA DE COMPUERTA IMR	5
5.4. Herramientas y materiales de fabricación	31
5.4.1. Herramientas de fabricación	32
5.4.2. Materiales de fabricación	35
5.4.3. Consideraciones en la selección de herramientas y materiales.....	37
5.5. Planos de fabricación	37
5.5.1. Modelamiento CAD.....	37
5.5.2. Piezas que conforman la válvula.....	39
5.5.3. Guía de ensamble	40
5.6. Algoritmos del programa	46
5.6.1. Algoritmo de administración de usuarios	47
5.6.2. Algoritmo de selección de cantidad de productos.....	48
5.6.3. Algoritmo ordenes de fabricación.....	49
5.6.4. Algoritmo de seguimiento de ordenes de fabricación.....	50
5.6.5. Algoritmo de conexión a la base de datos.....	51
6. Hojas de ruta	52
6.1. Organización de la información	52
6.1.1. Nombre de la pieza.....	53
6.1.2. Plano de la pieza	54
6.1.3. Fases y tiempos de producción	54
6.1.4. Descripción.....	54
6.2. Hoja de ruta válvula de 6 pulgadas	55

6.3. Hoja de ruta válvula de 4 pulgadas	60
6.4. Hoja de ruta soldadura de subensambles	65
7. Aplicación CAPP	66
7.1. Descripción del Software	66
7.1.1. Características y funciones principales	67
7.1.2. Arquitectura del Software	68
7.2. Interfaz.....	70
7.3. Módulos.....	71
7.3.1. Módulo de inicio de sección	72
5.3.1 Módulo de fabricación	73
7.3.2. Módulo de seguimiento.....	75
7.3.3. Módulo de máquinas	77
8. Pruebas del software	78
8.1. Impresiones o salidas	78
8.2. Consistencia e integración de datos	79
8.2.1. Unificación de información	80
8.2.2. Eliminación de errores	80
8.2.3. Accesibilidad de información	80
8.3. Cálculo de material	80

PROCESO DE FABRICACIÓN VÁLVULA DE COMPUERTA IMR	7
8.4. Implementación en la empresa.....	81
9. Estudio de viabilidad técnico económica.....	83
9.1. Análisis de costos.....	83
9.2. Análisis costo beneficio	87
9.3. Cálculo Valor Presente Neto	88
9.4. Cálculo tasa interna de retorno.....	90
10.Conclusiones	92
Referencias Bibliográficas	94
Apéndices.....	96

Lista de figuras

Figura 1. Prototipo de válvula de compuerta 22

Figura 2. Diagrama de flujo fabricación de nuevo producto 29

Figura 3. Diagrama de flujo fabricación válvula de compuerta..... 30

Figura 4. Buril de desbaste..... 32

Figura 5. Barra de desbaste..... 32

Figura 6. Barra de ranurar 33

Figura 7. Barra de chaflán 45° Nine9 33

Figura 8. Buril de tungsteno de desbaste, derecho e izquierdo..... 33

Figura 9. Buril para ranurar (GYHR2525M00-M25R) 33

Figura 10. Broca de insertos intercambiables 34

Figura 11. Broca centro..... 34

Figura 12. Broca de acero rápido, HSS..... 34

Figura 13. Sierras de corte con recubrimiento diamantado 35

Figura 14. Modelo CAD válvula de compuerta..... 38

Figura 15. Ensamble de compuerta..... 41

Figura 16. Corte de la tuerca..... 41

Figura 17. Ensamble superior 42

Figura 18. Brida superior soldada respetando la distancia para dar sello al ensamblar 42

Figura 19. Ensamble inferior 43

Figura 20. Soldadura de platinas..... 43

Figura 21. Soldadura de esparragos 44

Figura 22. Soldadura de tubería 44

Figura 23. Presión para soldar tubos.....	45
Figura 24. Válvula de compuerta ensamblada.....	46
Figura 25. Diagrama de flujo de diseño del Software	47
Figura 26. Programación administrador de usuarios	48
Figura 27. Programación selección cantidad de productos.....	49
Figura 28. Programación ordenes de fabricación	50
Figura 29. Programación seguimiento ordenes de fabricación.....	51
Figura 30. Programación conexión a la base de datos	52
Figura 31. Formato hoja de ruta.....	53
Figura 32. Plano tuerca válvula de 6 pulgadas	55
Figura 33. Código máquina CNC, refrentar, perforar, desbaste, ranurar	57
Figura 34. Código máquina CNC refrentar, desbaste, roscar	59
Figura 35. Plano cortina válvula de 4 pulgadas	60
Figura 36. Código máquina CNC refrentar, perforar y desbaste interno.....	62
Figura 37. Código máquina CNC refrentar y torneear	65
Figura 38. Funcionamiento del programa.....	66
Figura 39. Diagrama entidad relación.....	69
Figura 40. Interfaz del aplicativo CAPP.....	71
Figura 41. Módulo de inicio de sección.....	72
Figura 42. Módulo de fabricación.....	74
Figura 43. Módulo de seguimiento	75
Figura 44. Módulo de máquinas	77
Figura 45. Interfaz cálculo de material	81

Figura 46. Fabricación válvula de 6 pulgadas 82

Figura 47. Precio de venta válvulas de compuerta 86

Figura 48. Diagrama flujo de caja..... 89

Lista de tablas

Tabla 1. Inventario de máquinas 24

Tabla 2. Clasificación de piezas OPITZ válvula de 6 pulgadas..... 26

Tabla 3. Clasificación de piezas OPITZ válvula de 4 pulgadas..... 27

Tabla 4. Propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable AISI 304 36

Tabla 5. Piezas válvula de compuerta de 4 y 6 pulgadas 39

Tabla 6. Fases de maquinado tuerca válvula de 6 pulgadas..... 56

Tabla 7. Herramientas operación de corte tuerca válvula de 6 pulgadas 56

Tabla 8. Herramientas operación de torneado perforar, ampliar y ranurar 57

Tabla 9. Herramientas operación de refrentar, desbaste y roscar..... 58

Tabla 10. Fases de maquinado cortina válvula de 4 pulgadas 61

Tabla 11. Herramientas operación de corte cortina..... 61

Tabla 12. Herramientas operación de refrentar, perforar, y desbaste interno..... 62

Tabla 13. Herramientas operación de refrentar..... 63

Tabla 14. Herramientas operación de refrentar y torneado..... 64

Tabla 15. Costos relacionados con la fabricación de un lote válvula de compuerta 4 pulgadas.. 84

Tabla 16. Costos relacionados con la fabricación de un lote válvula de compuerta 6 pulgadas.. 84

Tabla 17. Costos relacionados con el desarrollo del Software..... 85

Tabla 18. Cálculo Tasa Interna de Retorno (TIR)..... 91

Lista de Apéndices

Ver apéndices adjuntos y pueden ser consultados en la base de datos de la Biblioteca UIS

Apéndice A. Fases de maquinado de las piezas que conforman la válvula de compuerta

Apéndice B. Modelos CAD válvula de compuerta

Apéndice C. Planos de detalle válvula de compuerta

Apéndice D. Hojas de ruta fabricación de piezas

Apéndice E. Hoja de ruta soldadura entre subensambles

Apéndice F. Guía de ensamble

Apéndice G. Programación y ejecutable del software

Apéndice H. Formato Hoja de ruta

Apéndice I. Evidencia fotográfica fabricación válvula de compuerta

Apéndice J. Carta de solicitud por parte de la empresa para el desarrollo del software

Apéndice K. Acta de entrega del Software

Resumen

Título: Desarrollo de un CAPP para la fabricación de válvulas de compuerta en la empresa industrias IMR

Autor: Brayan Eliecer Palencia Mora y Edwin Yecid Orozco Reyes

Palabras Clave: Válvula, Ingeniería de Manufactura, Planeación de procesos, Software, Hojas de ruta, Optimización.

Descripción

El presente proyecto se desarrolla un software CAPP (Computer Aided Process Planning) para optimizar la manufactura de válvulas de compuerta de 4 y 6 pulgadas en la empresa INDUSTRIAS IMR. Su implementación busca mejorar la planificación de procesos, haciéndolos más eficientes, confiables y centralizando toda la información crítica, lo que evitara la pérdida de información. El proyecto también busca fomentar la cultura de mejora continua, permitiendo ajustes en la fabricación de los productos.

El desarrollo del proyecto inicia con em modelado CAD y la elaboración de planos de las válvulas, seguidos de la creación de las hojas de ruta y guía de ensamble. Seguido de esto se crea una base de datos con toda la información acerca de las maquinas, herramientas y procesos de fabricación esenciales para el software CAPP de recuperación, el cual desarrollara con ayuda de Visual Studio. El proyecto se finaliza con una análisis económico para evaluar la viabilidad del proyecto.

Con esta iniciativa se espera modernizar la industria manufacturera mediante una herramienta que facilite la adopción a condiciones específicas de fabricación y creación de nuevas hojas de ruta. La finalidad de dicho software es la estandarización y optimización recursos de los procesos de fabricación permitiendo fabricar productos en un menor tiempo minimizando recursos.

*Trabajo de Grado

** Facultad de Ingenierías Fisicomecánicas. Escuela de Ingeniería Mecánica. Director Isnardo Gonzalez Jaimes

Abstract

Title: Development of a CAPP for manufacturing gate valves at INDUSTRIAS IMR

Authors: Brayan Eliecer Palencia Mora y Edwin Yecid Orozco Reyes

Keywords: Valve, Manufacturing Engineering, Process Planning, Software, Guidelines, Optimization.

Description:

This project develops CAPP (Computer Aided Process Planning) software to optimize the manufacturing of 4 and 6-inch gate valves at INDUSTRIAS IMR. Its implementation aims to improve process planning, making it more efficient, reliable, and centralizing all critical information to prevent data loss. The project also seeks to promote a culture of continuous improvement, allowing adjustments in product manufacturing.

The project begins with CAD modeling and the creation of valve drawings, followed by the development of process routes and assembly guides. Afterward, a database is created with all the essential information on machines, tools, and manufacturing processes for the CAPP software, which will be developed using Visual Studio. The project concludes with an economic analysis to assess its viability.

This initiative aims to modernize the manufacturing industry by providing a tool that facilitates adaptation to specific manufacturing conditions and the creation of new process routes. The software's goal is to standardize and optimize manufacturing processes, allowing for faster product production while minimizing resources.

*Bachelor Thesis

**Facultad of Physicomechanical Engineering, School of Mechanical Engineering. Director Isnardo Gonzalez Jaimes

Introducción

El desarrollo de procesos eficientes y optimizados es una necesidad fundamental en la industria manufactura, ya que trae consigo buenos beneficios. En el marco de la empresa INDUSTRIAS IMR, la fabricación de válvulas de compuertas es un producto que se quiere vender por grandes cantidades y requiere de soluciones innovadoras para mejorar la planificación de procesos y reducir tiempos y costos de fabricación. La implementación de este software permitirá automatizar y optimizar los procesos de planeación reduciendo errores y tiempos muertos, lo que impactará directamente en la productividad y calidad del producto final.

Para llevar a cabo el presente proyecto es necesario analizar a fondo los procesos de manufactura de válvulas de compuerta, estructurarlos de manera sistematizada. Para ello es necesario crear guías de cada etapa de fabricación; toda esta información estará contenida en las hojas de ruta de cada pieza. El desarrollo del modelo CAPP será de tipo generativo cuya finalidad es automatizar la planificación de procesos, adaptado a las particularidades de la empresa, que permitirá una planeación flexible y eficiente. Adicionalmente la implementación del software permitirá conocer a fondo los beneficios y la capacidad de adaptabilidad e integración de nuevas tecnologías en la empresa. Finalmente, se evaluará la viabilidad económico-financiera del proyecto, analizando su impacto en la rentabilidad y la sostenibilidad de la empresa.

A lo largo de este libro, se presentarán modelos CAD, planos detallados y descripciones de los procesos de fabricación de la válvula de compuerta, Además, se documentará el diseño y programación del software CAPP, desde su concepción hasta su implementación en la empresa, junto con un estudio económico-financiero basado en indicadores clave que permitirán evaluar el retorno de inversión y los beneficios a largo plazo.

1. Planteamiento del problema

La empresa Industrias IMR es una empresa destinada a la fabricación y comercialización de productos tales como válvulas, bridas, racores, tubería, acoples, empaques, filtros, herramientas, y demás accesorios (INDUSTRIAS IMR S.A.S., 2023) “Es una organización concebida con el ánimo de resolver y solucionar situaciones de ingeniería, suministrando y comercializando toda serie de productos para la industria nacional, diseñamos, fabricamos y construimos elementos no existentes o de fabricación especial, nuestro marco de referencia es el análisis de fenómenos físicos y la transformación de los materiales como eje en la solución de problemas, buscamos la satisfacción de nuestros clientes”.

La empresa cuenta con un prototipo de válvula de compuerta de 6” de bajo costo, en vista de la creciente demanda y el potencial de mercado, desea incluirla en uno de los productos de fabricación en masa, igualmente se requiere escalarla y fabricar válvulas de 4” con el mismo diseño. Dichas válvulas se desea comercializarlas tanto a nivel nacional como internacional por lo que se hace necesaria adquirir toda la información relacionada con la ingeniería de manufactura del producto, con fin de mantener dicha información como un activo intangible.

Para ello se requieren desarrollar el plan de manufactura para cada una de las piezas y el ensamble de cada tipo válvula, así como elaborar una guía con los procesos de fabricación, y esta información ser mostrada en una aplicación de escritorio, planificador de procesos, con módulos de usuarios, productos, ordenes de fabricación, materiales, máquinas y seguimientos; teniendo en cuenta que se deben utilizar las máquinas disponibles en la planta de producción. Esto permitirá satisfacer las necesidades del cliente y entrega a tiempo, ofreciendo un producto confiable, de alta calidad y precios accesibles.

2. Objetivos

2.1 Objetivo General

Desarrollar un CAPP para la fabricación de válvulas de compuerta en la empresa industrias IMR

2.2 Objetivos Específicos

- Elaborar las hojas de ruta para la manufactura de las válvulas de compuerta en la empresa industrias IMR
- Desarrollar un sistema CAPP (Computer Aided Process Planning) modalidad variante para la planeación y fabricación de válvulas de compuerta en la empresa industrias IMR
- Codificar e implementar el software desarrollado en la empresa industrias IMR
- Evaluar la viabilidad económico-financiera del desarrollo de este proyecto en la empresa industrias IMR

3. Justificación

La creciente demanda de válvulas de compuerta en la industria y la necesidad de optimizar los procesos de manufactura ha generado en Industrias IMR la obligación de mejorar su sistema de manufactura para competir en el mercado nacional. La introducción de un planificador de procesos permitirá a la empresa estandarizar sus procesos y centralizar toda su información confidencial relacionada con la fabricación de válvulas de 4 y 6 pulgadas. Este sistema no solo facilitará la planificación eficiente, sino que también reducirá significativamente tiempo, errores en la fabricación y la pérdida de datos, impactando en la calidad y confiabilidad del producto.

La implementación del programador de procesos, optimizará el uso de recursos, como las máquinas y herramientas disponibles, incrementando la productividad sin necesidad de grandes inversiones en infraestructura adicional. A su vez, la sistematización de las etapas de fabricación y la creación de hojas de rutas detalladas brindarán una mayor flexibilidad en la producción, permitiendo ajustar los procesos de forma continua para satisfacer las demandas del mercado.

Este proyecto garantiza que la información de los procesos de manufactura no se pierda ni dependa exclusivamente de personal específico. Al centralizar estos datos en un sistema confiable y accesible, la empresa se beneficiará de una mejor gestión del conocimiento, facilitando la capacitación de nuevos empleados y asegurando la continuidad operativa a largo plazo. Adicionalmente, no solo busca resolver problemas inmediatos de eficiencia, sino también posicionar a Industrias IMR como una empresa innovadora en su sector, capaz de integrar nuevas tecnologías y fomentar una cultura de mejora continua.

4. Software CAPP

4.1. Sistema CAPP de recuperación

El sistema CAPP de recuperación es la variante por desarrollar en el presente proyecto, este software se basa en la reutilización de procesos previamente desarrollados y almacenados en un base de datos, permitiendo hacer cambios o generando nuevos procesos para la fabricación de alguna pieza. Este sistema es ideal para la aplicación dentro de la empresa ya que es especialmente útil en entornos de producción donde se fabrican piezas con variaciones mínimas o requieren procesos repetitivo. Entre los diferentes beneficios que ofrece este sistema se encuentran: reducción de tiempos de planificación, disminución de errores humanos, optimización de recursos y ahorro de costos.

Este sistema actúa como un biblioteca de rutas de fabricación que han sido probadas y aprobadas, lo que permite la fabricación de nuevos productos sin necesidad de planificar procesos de manufactura desde cero.

El proceso básico del sistema de recuperación se basa en las siguientes etapas:

- Entrada de información: El sistema comienza con la entrada de los datos de nuevos productos, el cual incluye dimensiones, materiales y especificaciones técnicas.
- Búsqueda en la base de datos: se realiza una búsqueda en la base datos de procesos de fabricación que sean similares a las características de nuevos productos.
- Selección de proceso similar: se identifica uno o varios procesos que coinciden o sean similares al nuevo producto, el cual se selecciona el procesos más cercano a las especificaciones del nuevo producto.

- Adaptación del proceso: se ajusta el proceso recuperado, donde se pueden incluir cambios menores en los parámetros de operación, ajustes en la secuencia de fabricación o la optimización de tiempos.
- Generación de la ruta de fabricación: se genera una nueva ruta de fabricación basado en el proceso recuperado y se actualiza en la base de datos.
- Ejecución y validación de la nueva ruta de fabricación: el sistema permite que el proceso se ejecute en la planta de producción. Además de puede integrar un control y monitoreo para asegurar que el proceso se lleva a cabo de acuerdo con los parámetros establecidos.

El planificador de procesos mediante el sistema de recuperación permite a la empresa optimizar su proceso de planificación de manufactura mediante la reutilización de rutas de fabricación previamente almacenadas y adaptarlas a nuevos productos. Su capacidad para reducir tiempos de desarrollo y planificación es ideal para la aplicación en la empresa INDUSTRIAS IMR, ya que aumenta la competitividad en la industria. Además, este sistema se convierte en una solución dinámica que evoluciona con las necesidades de la producción, logrando una optimización constante en los flujos de trabajo.

4.2. Consideraciones de fabricación

Las consideraciones de fabricación para un válvula de compuerta incluyen una serie de factores que aseguran su correcta funcionalidad, durabilidad y eficiencia en distintos entornos industriales. Esta válvula ha sido diseñada específicamente para su uso en tanques de camiones dedicados al transporte seguro y eficiente de fluidos.

Estas consideraciones abarcan tanto el diseño de los componentes utilizados como los procesos de manufactura y ensamblaje:

- **Materiales:** dentro de INDUSTRIAS IMR, las válvulas de compuerta suelen estar fabricadas en materiales metálicos, específicamente en acero inoxidable, el cual ofrece excelente resistencia a la corrosión, durabilidad y seguridad del sistema en contacto constante con agua.
- **Precisión dimensional:** las piezas que conforman la válvula deben fabricarse con tolerancias precisas, especialmente en el cuerpo, la compuerta (obturador), el vástago y el asiento, para asegurar un cierre hermético y evitar fugas.
- **Acabados superficiales:** las superficies de sellado de la compuerta y el asiento requieren acabados pulidos para evitar desgaste prematuro, facilitar sellado hermético y minimizar la fricción durante la operación de apertura y cierre de la válvula.
- **Proceso de manufactura:** durante la fabricación de piezas es fundamental realizar pruebas de calidad para garantizar un buen ensamble; al cual se le deben hacer pruebas de fugas y resistencia para garantizar que la válvula cumpla con las especificaciones de operación y seguridad.
- **Montaje:** el ensamble debe realizarse de acuerdo con la guía de ensamble para evitar daños en los componentes críticos como los sellos y sistema de apertura y cierre. Los tornillos y pernos deben estar bien ajustados para prevenir fugas y mantener el alineamiento de la compuerta.

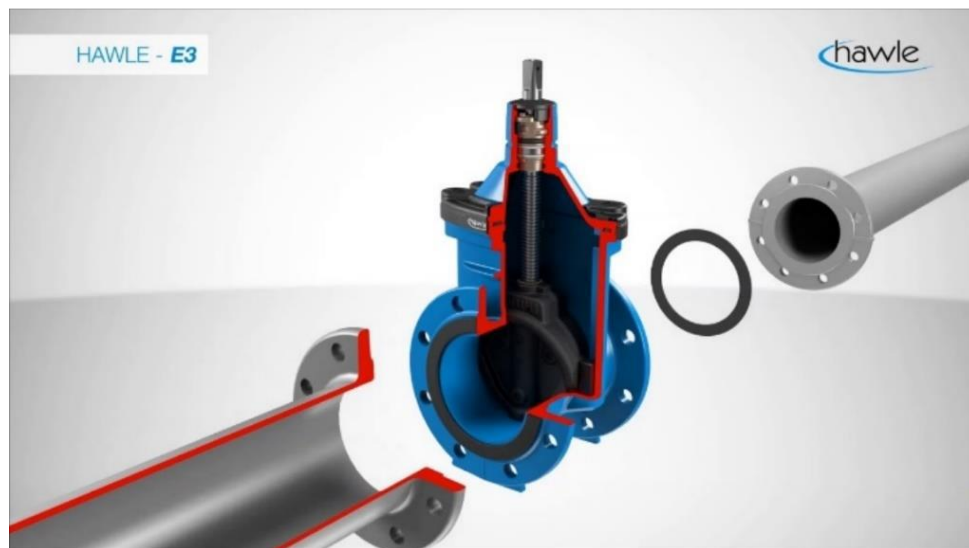
Estas consideraciones aseguran que la válvula de compuerta funcione de manera eficiente y confiable durante su vida útil, soportando las demandas de las aplicaciones industriales donde se utiliza.

4.3. Válvulas de compuerta

Las válvulas de compuerta ilustrada en la figura 1, son (Smith & Zappe, 2004), “mecanismos que controlan el flujo de líquidos o gases mediante una compuerta o disco que se mueve verticalmente para bloquear o liberar el paso del fluido.” Son especialmente utilizadas para abrir o cerrar completamente el flujo, y no son recomendadas para regular caudal. Su funcionamiento se basa en una compuerta o disco que se desplaza dentro del cuerpo de la válvula, bloqueando o permitiendo el paso del fluido. Estas válvulas son conocidas por su capacidad de ofrecer un flujo sin obstrucciones cuando están completamente abiertas, lo que minimiza la pérdida de presión. (API, 2001) “Se emplean ampliamente en aplicaciones industriales, como sistemas de distribución de agua y redes de transporte de fluidos en la industria petroquímica.”

Figura 1

Prototipo válvula de compuerta



Nota: La figura muestra el corte de sección de una válvula de compuerta. *Adoptado de Válvula de compuerta Hawle E3, por Hawle Austria Group, 2020.*

4.4. Logística de fabricación

Es esencial organizar de manera eficiente el uso de las maquinas disponibles para garantizar un procesos de manufactura fluido y sin contratiempos. El proceso comienza con la recepción de los materiales y su posterior corte y mecanizado. Durante este proceso, se emplean máquinas como tornos CNC, centros de maquinado, máquinas de corte por sierras y corte láser. Posteriormente, las piezas son ensambladas siguiendo un orden específico que garantiza su funcionalidad.

Un aspecto clave del flujo de trabajo es el tiempo de setup o preparación, el cual incluye las actividades necesarias para configurar las máquinas antes de que puedan comenzar a producir las piezas. Esto abarca el montaje de herramientas, la programación de las máquinas CNC y los ajustes de parámetros. En la tabla 1 se detallan las maquinas que se encuentran en la planta de producción.

Los tiempos de setup pueden variar dependiendo de la complejidad de la pieza y de la flexibilidad del equipo utilizado. En este contexto, es crucial reducir estos tiempos para aumentar la productividad y asegurar una producción fluida.

Durante la fabricación de las piezas, es fundamental realizar un control de calidad que incluya la inspección de dimensiones y acabados superficiales. Este proceso garantiza que cada componente cumpla con las especificaciones requeridas, facilitando el ensamblaje final. Además, una vez ensambladas, las válvulas pasan por pruebas de funcionalidad para verificar su correcto desempeño antes de ser almacenadas.

Tabla 1*Inventario de máquinas*

Máquina	Cantidad
Cortadora de sierra	2
Torno convencional	1
Torno CNC	2
Centro de maquinado	1
Tronzadora	1
Estación de soldadura	3
Pulidora	3
Esmeril	1
Oxicorte	1
Taladro manual	1
Taladro de árbol	2
Prensa manual	6
Lijadora de cinta	1
Motor tul	1

Nota. Esta información es tomada de la empresa INDUSTRIAS IMR.

4.5. Plataformas de programación

El desarrollo del Software CAPP se llevará a cabo utilizando Visual Studio, un entorno de desarrollo integrado (IDE) proporcionado por Microsoft, que facilita la creación de aplicaciones de escritorio robustas, escalables y personalizadas. Visual Studio (Microsoft, 2024) “es una plataforma integral que soporta múltiples lenguajes de programación y ofrece herramientas avanzadas como edición de código, depuración, compilación y ejecución, lo que optimiza cada fase del desarrollo”. Además, es compatible con tecnologías como Windows Presentation

Foundation (WPF) y Windows Forms, las cuales permiten crear interfaces gráficas de usuario intuitivas y atractivas, simplificando la interacción del usuario con el software. Estas características no solo mejoran la experiencia de desarrollo, sino que también garantizan la creación de aplicaciones eficientes y fáciles de usar, fundamentales para el éxito del Software CAPP en la optimización de los procesos de manufactura.

Para la programación, se ha elegido el lenguaje C#, un lenguaje orientado a objetos que ofrece una amplia gama de funcionalidades, incluyendo la capacidad de manejar bases de datos y conectividad con servicios en la nube, el cual almacenara toda la información relevante sobre las maquinas, herramientas y fases de fabricación. De esta manera, se garantizará que todos los datos estén centralizados y disponibles para su análisis y recuperación en tiempo real.

Inicialmente el Software está enfocado en la producción de válvulas de compuerta, pero se desarrolla con la finalidad de incluir todos los productos y piezas ofrecidos por Industrias IMR. A la vez, el sistema no solo tiene como objetivo la automatización de los procesos, sino también la integración de módulos para la gestión eficiente de ordenes de producción, materias primas, planos y hojas de ruta. Además, permitirá la trazabilidad completa de cada componente desde su diseño inicial hasta su fabricación y ensamble.

5. Diseño conceptual del CAPP

5.1. Tecnología de grupo

Esta tecnología permite la clasificación y codificación de las piezas que conforman las válvulas de compuerta, lo que permite organizar eficientemente la información y reducir la complejidad de planificación. Se optó por utilizar la metodología basada en atributos de manufactura y diseño de la pieza con enfoque en el método OPITZ. Este sistema permite identificar

similitudes entre las diferentes piezas facilitando su codificación y agrupación en familias de productos con características comunes. Se espera que con este método no solo se codifique y clasifique las piezas mecánicas que componen la válvulas de compuerta sino todos los productos que ofrece INDUSTRIAS IMR.

El primer dígito del código OPITZ permite identificar rápidamente se trata de una pieza rotacional (dígitos 0 - 5) o no rotacional (dígitos 6 - 9), el segundo y tercer dígito especifica los elementos de las formas externas y formas internas respectivamente tales como: escalones, roscas, ranuras, formas cónicas o son elementos de forma, el cuarto dígito se refiere al maquinado de las caras, el quinto dígito hace referencias a taladros auxiliares y fresado de dientes para engranajes, el sexto dígito indica el tamaño nominal de la válvula. Por último, el séptimo dígito corresponde al material de la piezas, asignando el número 1 para acero inoxidable y el número 2 para Viton.

En la tablas 2 y 3 se presenta la clasificación de 18 piezas con las que cuenta la válvula de 6 y 4 pulgadas respectivamente utilizando la tecnología de grupo OPITZ, este sistema permite identificar y organizar las piezas según sus características geométricas y de manufactura similares, permitiendo la creación de piezas con atributos comunes. Cada máquina herramienta estará asignada para la fabricación de piezas específicas ya que las piezas similares se pueden manufacturas bajo condiciones de producción similares.

Tabla 2

Clasificación de piezas OPITZ válvula de 6 pulgadas

Código	Nombre de la pieza
16240-61	Tuerca válvula de 6 pulgadas
28000-61	Eje válvula de 6 pulgadas
10400-61	Junta loca válvula de 6 pulgadas
20100-61	Tubo de 1.25 pulgadas válvula de 6 pulgadas

14360-61	Acople de sello O’rings válvula de 6 pulgadas
01001-61	Brida superior válvula de 6 pulgadas
06061-61	Brida inferior válvula de 6 pulgadas
60194-61	Platina IMR válvula de 6 pulgadas
70024-61	Platina doblada y perforada válvula de 6 pulgadas
70000-61	Platina lateral válvula de 6 pulgadas
70020-61	Platina doblada válvula de 6 pulgadas
07110-61	Tubo de 6 pulgadas válvula de 6 pulgadas
00150-61	Anillo de sello válvula de 6 pulgadas
00000-62	Empaque cortina válvula de 6 pulgadas
00000-62	Empaque acople sello válvula de 6 pulgadas
00000-62	Empaque brida válvula de 6 pulgadas
07092-61	Cortina válvula de 6 pulgadas
22000-61	Tornillo de ajuste válvula de 6 pulgadas
00000-61	Tuerca de ajuste válvula de 6 pulgadas

Nota. Las piezas con el código 00000 se encuentran comercialmente.

Tabla 3

Clasificación de piezas OPITZ válvula de 4 pulgadas

Código	Nombre de la pieza
16240-41	Tuerca válvula de 4 pulgadas
28000-41	Eje válvula de 4 pulgadas
10400-41	Junta loca válvula de 4 pulgadas
20100-41	Tubo de 1 pulgada válvula de 4 pulgadas
14360-41	Acople de sello O’rings válvula de 4 pulgadas
01001-41	Brida superior válvula de 4 pulgadas
06061-41	Brida inferior válvula de 4 pulgadas
60194-41	Platina IMR válvula de 4 pulgadas
70024-41	Platina doblada y perforada válvula de 4 pulgadas
70000-41	Platina lateral válvula de 4 pulgadas
70020-41	Platina doblada válvula de 4 pulgadas
07110-41	Tubo de 4 pulgadas válvula de 4 pulgadas
00150-41	Anillo de sello válvula de 4 pulgadas
00000-42	Empaque cortina válvula de 4 pulgadas
00000-42	Empaque acople sello válvula de 4 pulgadas
00000-42	Empaque brida válvula de 4 pulgadas
07092-41	Cortina válvula de 4 pulgadas

22000-41	Tornillo de ajuste válvula de 4 pulgadas
00000-41	Tuerca de ajuste válvula de 4 pulgadas

Nota. Las piezas con el código 00000 se encuentran comercialmente.

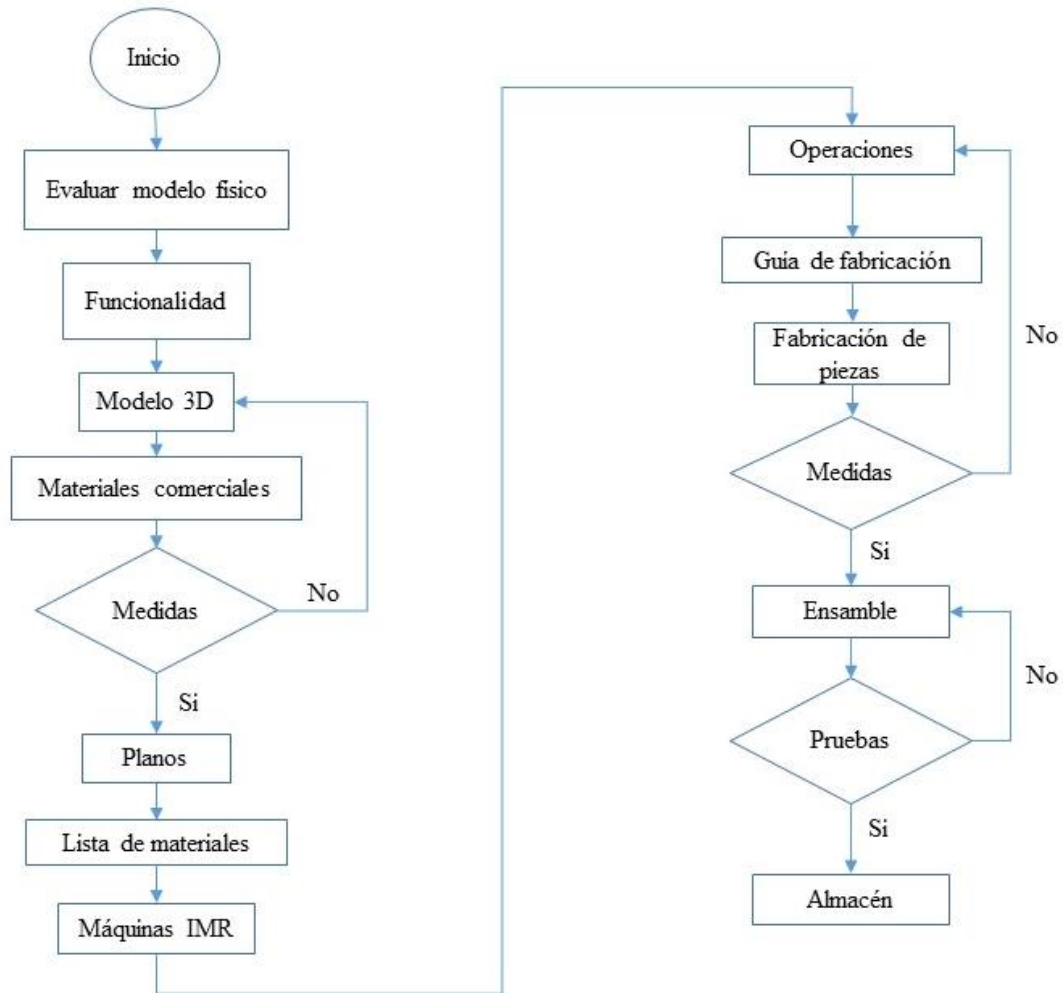
Este método de codificación no solo resulta útil para la organización actual de las piezas que conforman las válvulas de compuerta, sino que también contribuye a esquematizar fácilmente cualquier producto que la empresa desee incorporar en su portafolio de fabricación estandarizada. Además, la codificación estructurada de piezas puede integrarse directamente al software CAPP desarrollado, facilitando así la gestión de información, la planificación de procesos y la fabricación de nuevos productos. De esta forma, el sistema garantiza la trazabilidad y organización de las piezas. El uso de esta tecnología permitirá al software gestionar las piezas de forma automatizada, ayudando a reducir los tiempos de búsqueda de información y minimizando los errores en la planificación de la manufactura.

5.2. Procesos de fabricación

Aquí se aborda la organización y estructura de los procesos de manufactura involucrados en la fabricación de las válvulas de compuerta, el cual se enfoca en definir y describir las etapas necesarias para la fabricación, identificando las secuencias más adecuadas y recursos para llevar a cabo su producción. En la figura 2 se presenta el diagrama de flujo que establece los pasos esenciales para la fabricación de cualquier producto dentro de la planta de producción de Industrias IMR. Este diagrama sirve como guía estándar, asegurando que cada fase del proceso, desde la planeación hasta la etapa final, se lleve a cabo de manera organizada y eficiente.

Figura 2

Diagrama de flujo fabricación de nuevo producto



Nota. Este diagrama es ideal para agregar nuevos productos al planificador de procesos.

Entre los procesos de manufactura involucrados para la fabricación, están el corte de materiales, conformado, mecanizado, soldadura, montaje e inspección y control de calidad. En la figura 3 se presenta el diagrama flujo del proceso de producción de la válvula de compuerta, este diagrama permite visualizar de manera clara y organizada los pasos necesarios para transformar la materia prima en una válvula.

Figura 3

Diagrama de flujo fabricación válvula de compuerta



Nota. Este diagrama es aplicable para fabricar cualquier producto

El proceso de fabricación de la válvula de compuerta comienza con la revisión de planos, selección de materiales. Lugo el flujo avanza hacia el uso de guías de fabricación donde están contenidas las operaciones de mecanizado, se evalúa la disponibilidad de máquinas y se procede a fabricar las piezas, una vez las piezas son fabricadas se hace una revisión de medidas. Cuando las piezas están listas, se ensamblan de acuerdo con la guía de ensamble y se someten a pruebas finales

de calidad. Este diagrama sirve como referencia visual que facilita la comprensión y la implementación del planificador de procesos.

Para presentar de manera clara y detallada todas las fases de maquinado correspondientes a cada una de las piezas que conforman la válvula de compuerta, de 6 y 4 pulgadas se ha estructurado la información en tablas; los cuales contienen datos de: número de pieza, nombre de la pieza, operaciones, maquina utilizada y tiempo estimado de fabricación. En el apéndice A de este proyecto se encuentran las tablas detalladas con las especificaciones para el conformado de cada una de las piezas.

5.3. Parámetros de fabricación

Los parámetros de fabricación juegan un papel fundamental en la manufactura de productos industriales, ya que son los que determinan las condiciones y especificaciones bajo los cuales se fabrica una pieza. Estos parámetros incluyen factores clave como la velocidad de corte, avances de herramientas, temperaturas de trabajo, tolerancias dimensionales y acabados superficiales. La correcta selección y control de estos parámetros es esencial para garantizar la calidad del producto final. Cada una de las piezas que componen la válvula de compuerta debe fabricarse siguiendo ciertos parámetros específicos consignados en las hojas de rutas.

5.4. Herramientas y materiales de fabricación

En la fabricación de las válvulas de compuerta, la selección adecuada de herramientas y materiales es crucial para garantizar la calidad y eficiencia del producto. Cada una de las piezas que componen la válvula requiere herramientas y materiales específicos, que deben cumplir con los requisitos técnicos y rendimientos definidos para que el producto final para que cumpla con los estándares de la industria.

5.4.1. Herramientas de fabricación

Las herramientas de corte y maquinado son esenciales para las operaciones de torneado, fresado, taladrado y roscado que son los proceso clave en la fabricación de las piezas de la válvula de compuerta. Las principales herramientas para utilizar incluyen:

- Herramientas de torno: Utilizado para el maquinado de piezas cilíndricas, como el cuerpo y los componentes internos de la válvula. Los tornos permiten realizar operaciones de desbaste, taladrado, mandrinado, ranurado y roscado. Las herramientas utilizada se muestran en las figuras 4 - 9.

Figura 4

Buril de desbaste



Figura 5

Barra de desbaste



Figura 6

Barra de ranurar



Figura 7

Barra de chaflán 45° Nine9



Figura 8

Buril de tungsteno de desbaste, derecho e izquierdo



Figura 9

Buril para ranurar (GYHR2525M00-M25R)



- Herramientas de taladro: Utilizadas en operaciones de perforación para crear agujeros de precisión en las piezas como en la compuerta de la válvula y los acoples del sistema de apertura y cierre. Las herramientas utilizada se muestran en las figuras 10 - 12.

Figura 10

Broca de insertos intercambiables



Figura 11

Broca centro



Figura 12

Broca de acero rápido, HSS



- Sierras: Las sierras se emplean para el corte de materiales como acero inoxidable, cortando el material para las piezas antes de ser maquinadas. Las sierras utilizadas se muestran en las figuras 13.

Figura 13

Sierras de corte con recubrimiento diamantado



Nota. Sierra tipo correa. Tomado de https://www.forezienne.com/images/Lames_Ruban/scie-mobile-p19.png

5.4.2. Materiales de fabricación

La selección adecuada de material es un factor esencial en la fabricación de productos industriales, ya que determina directamente sus propiedades mecánicas, desempeño y durabilidad. Cada uno de los componentes de la válvula de compuerta están fabricados con los siguientes materiales:

- **Acero inoxidable AISI 304:** Este material es reconocido por sus excelentes propiedades mecánicas, resistencia a la corrosión, factibilidad de mecanizado y soldabilidad, resistencia térmica, alta tenacidad y ductilidad y vida útil prolongada. Además, este material cumple con las normativas relacionadas con la conducción de agua potable, garantizando la

seguridad del fluido transportado. En la tabla 4, se presenta un resumen de la propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable AISI 304.

Tabla 4

Propiedades físicas y mecánicas del acero inoxidable AISI 304

Acero Inoxidable AISI 304: propiedades		
Propiedades físicas	Densidad [g/cm^3]	7.3
	Punto de fusión [$^{\circ}C$]	1400 – 1455
	Capacidad elástica [N/mm^2]	193,000
	Conductividad térmica [$\frac{W}{m K}$]	15 - 16
Propiedades mecánicas	Resistencia a la tracción [MPa]	460 – 110
	Módulo de elasticidad [GPa]	190 – 210
	Dureza [HBW]	160 – 190
Tratamientos térmicos	Forja [$^{\circ}C$]	925 – 1260
	Templado	No es posible
	Recocido [$^{\circ}C$]	1010 – 1065
	Trabajo en frio	Es posible
Otras propiedades	Soldabilidad	Muy buena

Nota. Información tomada de <https://grumeber.com/acero-inoxidable-aisi-304/>

- **Materiales de sellado:** para garantizar un sello optimo y una operación eficiente de las válvulas de compuerta, se ha selección Viton como material principal para los empaques y juntas. Este es un elastómero de fluorocarbono conocido por sus excelentes propiedades como la alta resistencia química, amplio rango de temperatura operativas (-20 °C hasta 200 °C) y durabilidad y resistencia al envejecimiento.

5.4.3. Consideraciones en la selección de herramientas y materiales

La selección de las herramientas y materiales no solo depende de las propiedades mecánicas y físicas de los mismos, sino también de factores como:

- **Velocidad de producción:** Las herramientas deben ser capaces de operar a altas velocidades sin comprometer la calidad.
- **Durabilidad de las herramientas:** Para reducir costos y tiempos muertos, las herramientas seleccionadas deben ofrecer una vida útil prolongada y resistencia al desgaste.
- **Compatibilidad de materiales:** Es importante que las herramientas sean compatibles con el material a procesar, evitando el desgaste prematuro o daños en la superficie de las piezas. Además, los materiales utilizados en la fabricación de las válvulas de compuerta, como el acero inoxidable, deben ser compatibles entre sí para permitir procesos como la soldadura, garantizando la unión adecuada de las piezas sin comprometer su integridad o durabilidad.

5.5. Planos de fabricación

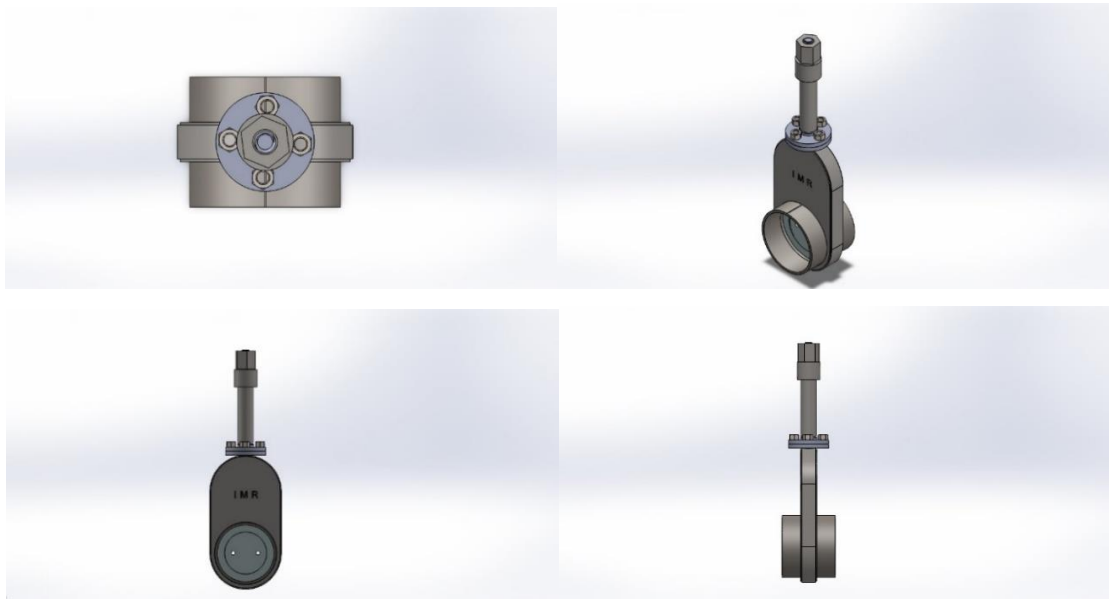
5.5.1. Modelamiento CAD

La creación de los modelos CAD y los planos de detalle y ensamblaje de las piezas mecánicas que componen la válvula de compuerta es una etapa crítica en el proceso de fabricación. Dichos modelos y planos se pueden ver en el apéndice B y apéndice C respectivamente. Estos modelos permiten visualizar de manera precisa la geometría de cada componente, asegurando que las dimensiones y tolerancias sean exactas para garantizar un ensamblaje adecuado y un funcionamiento óptimo del producto. Además, los planos detallados proporcionan información esencial sobre las características técnicas de las piezas, como radios de curvatura, ángulos, orificios, y otros elementos de diseño. En esta fase también se definen los materiales a utilizar,

seleccionando aquellos que cumplen con las normativas. Este proceso garantiza que todas las piezas puedan ser fabricadas con los materiales disponibles en el mercado, manteniendo la compatibilidad con las capacidades operativas de INDUSTRIAS IMR. En la figura 14 se ilustra el modelo CAD de la válvula de compuerta de 6 pulgadas.

Figura 14

Modelo CAD válvula de compuerta



Nota. Válvula de compuerta de 6 pulgadas

El software SolidWorks fue utilizado para el diseño de los modelos CAD y la elaboración de los planos, proporcionando una herramienta robusta para simular ensamblajes, realizar análisis estructurales y generar planos técnicos detallados.

Este conjunto de planos se convierte en la base documental del proceso de producción, permitiendo tanto la planificación como la ejecución eficiente de las operaciones de mecanizado, corte, soldadura y ensamblaje. Cada plano incluye información detallada sobre las tolerancias

dimensionales, ajustes y acabados superficiales, lo que contribuye a controlar eventos durante la fabricación. Así mismo, garantiza la trazabilidad de cada pieza.

5.5.2. Piezas que conforman la válvula

La válvula de compuerta de 4 y 6 pulgadas se compone de 18 piezas diferentes, para la válvula de 6 pulgadas se muestran en la tabla 5. Una vez modelado la válvula de compuerta de 6 pulgadas se realizó una escala para modelar la válvula de 4 pulgadas, a la cual se le ajustaron medidas de algunas piezas para que el material sea asequible comercialmente. Dicho modelos CAD pueden ver en el apéndice B, junto con los planos de detalle que se encuentra en el apéndice C.

Tabla 5

Piezas válvula de compuerta de 4 y 6 pulgadas

Nombre de pieza	Cantidad
Tuerca	1
Eje	1
Junta loca	1
Tubo de 1 - 1.25 pulgadas	1
Acople de sello O’rings	1
Brida superior	1
Brida inferior	1
Platina IMR	2
Platina doblada y perforada	1
Platina lateral	2
Platina doblada	1
Tubo de 4 - 6	2
Anillo de sello	2
Empaque cortina	2
Empaque acople sello	3
Empaque brida	1
Cortina	1
Tornillo de ajuste	4
Tuerca de ajuste	4

Nota. El nombre y cantidades de piezas es equivalente para válvula de 4 pulgadas.

La integración de todos los componentes y sus respectivas cantidades, como se detalla en la tabla, asegura que cada pieza se fabrique de acuerdo con las especificaciones requeridas.

5.5.3. Guía de ensamble

El ensamble de la válvula de compuerta es un proceso que requiere de precisión y coordinación entre todas las etapas de fabricación. Antes de proceder con el ensamble final es fundamental que cada una de las piezas haya sido correctamente mecanizada y trabajada conforme a las especificaciones técnicas. Solo después de garantizar la calidad y acabado de cada componente se puede avanzar al proceso de ensamble.

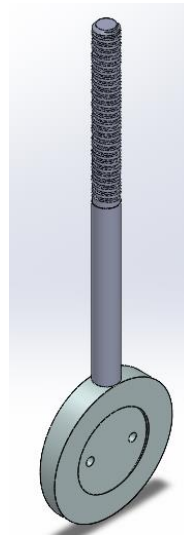
El proceso de ensamble comienza con la preparación de los subensambles que componen la válvula. Estos subensambles son conjuntos intermedios cada uno conformado por varias piezas que se agrupan de integrarse en el ensamble final. Realizar los subensambles de forma correcta es crucial para asegurar el correcto funcionamiento de la válvula de compuerta, ya que facilita la unión de componentes y reduce el riesgo de errores en las etapas finales. A continuación, se explica cada uno de los subensambles y en el apéndice se puede ver la hoja de ruta para soldar adecuadamente cada uno de los componentes.

- **Ensamble de compuerta:** Se debe ajustar los diámetros de acople, tanto en la perforación del disco de la cortina como el diámetro de la descarga en el eje roscado y unirlos a presión, una vez hecho el empalme se aplica un cordón de soldadura en la parte de unión para fijar las dos piezas una a la otra. Figura 15.

Luego se tapan las perforaciones del disco de cortina con 2 trozos de varilla y soldadura en los extremos y se da acabado a base de pulidora, es decir; homogenizar la superficie haciendo uso de una pulidora y un disco de lija.

Figura 15

Ensamble de compuerta

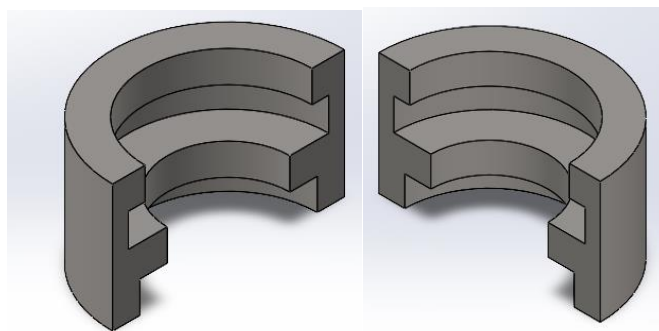


- **Ensamble superior:** Antes de armar este ensamble se debe tener cortada la pieza inferior a la tuerca de la siguiente manera (figura 16).

Luego poner la tuerca y cerrar la pieza, se debe garantizar que la tuerca rote libremente dentro de esta pieza y puntear con soldadura dicha pieza. En el apéndice C se encuentra la hoja de ruta que especifica detalladamente las operaciones de soldadura para cada uno de los subensambles.

Figura 16

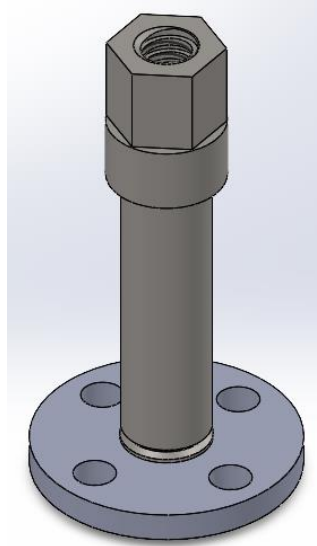
Corte de la tuerca



Se acopla el tubo por el otro extremo y la pieza de O'rings al extremo libre del tubo (figura 17), se sueldan las uniones con soldadura tic de fusión y aporte según corresponda.

Figura 17

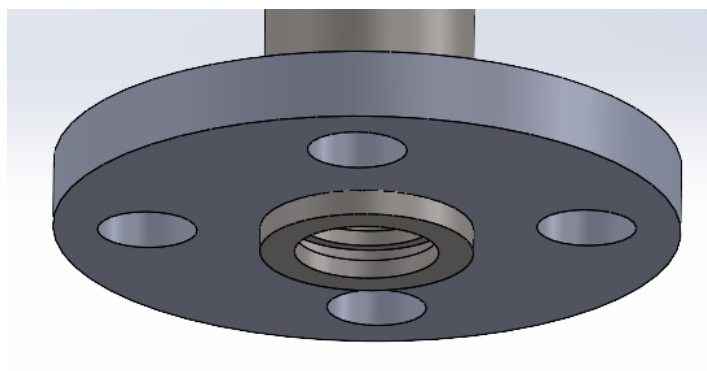
Ensamble superior



Por ultima se suelda la brida ver figura 18, pero para ello es importante dejar una medida respecto al acople O'rings que será la encargada de dar sello una vez se coloque sobre la brida que lleva O'rings, para ello se colocan las dos bridas y la pieza ya soldada y se suelda.

Figura 18

Brida superior soldada respetando la distancia para dar sello al ensamblar



- **Ensamble inferior:** El ensamble inferior se muestra en la figura 19. Se sueldan con soldadura tic de aporte las platinas como la figura 20, es importante hacerlo con el primer ensamble de por dentro, se habla de la cortina y el eje pasando por el agujero de la placa superior.

Figura 19

Ensamble inferior

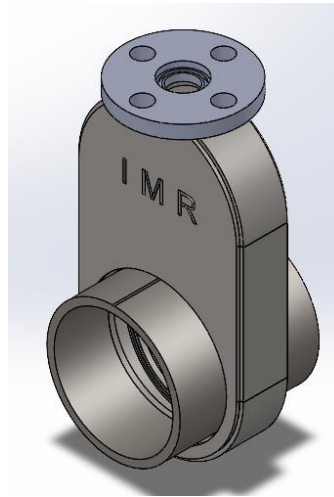
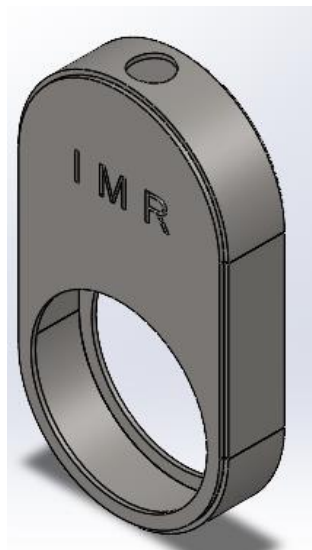


Figura 20

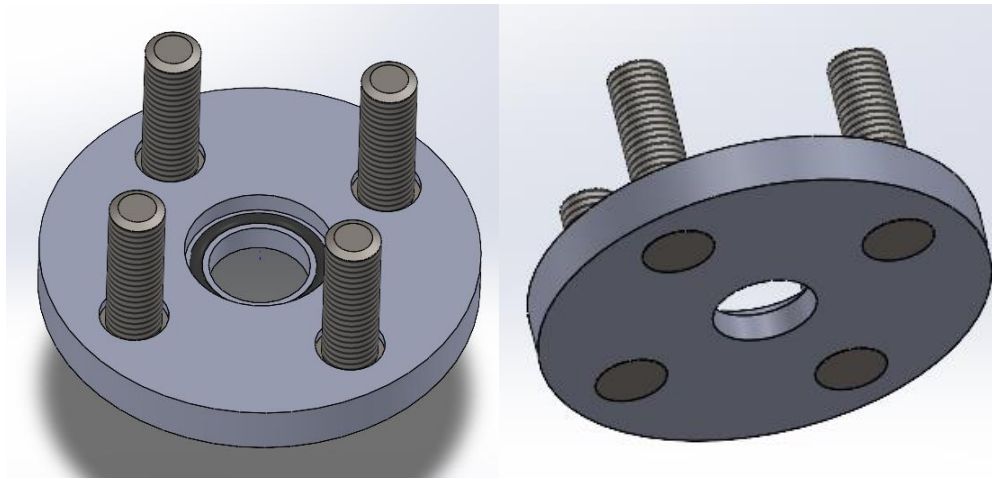
Soldadura de platinas



Luego soldar la brida con los tornillos o espárragos debidamente soldados a tope en la parte superior alineándose con el eje de la cortina, figura 21.

Figura 21

Soldadura de espárragos



Para la tubería es necesario primero soldar los sellos a dichos tubos con soldadura tic de fusión como en la figura 22. Ver Apéndice E que contiene la hoja de ruta de soldadura de subensambles.

Figura 22

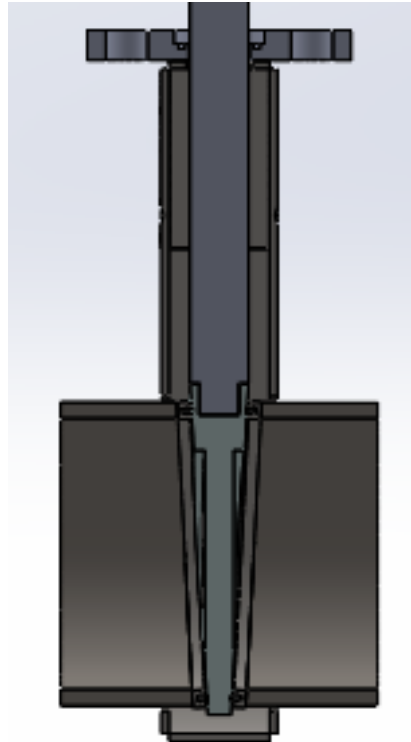
Soldadura de tubería



Una vez estén listos los tubos con los sellos se sueldan dentro de las láminas presionando la cortina en su punto más bajo como se muestra en la figura 23, para que una vez se suelden se pongan los empaques y estos den sello al volver la cortina al punto donde se ha soldado.

Figura 23

Presión para soldar tubos

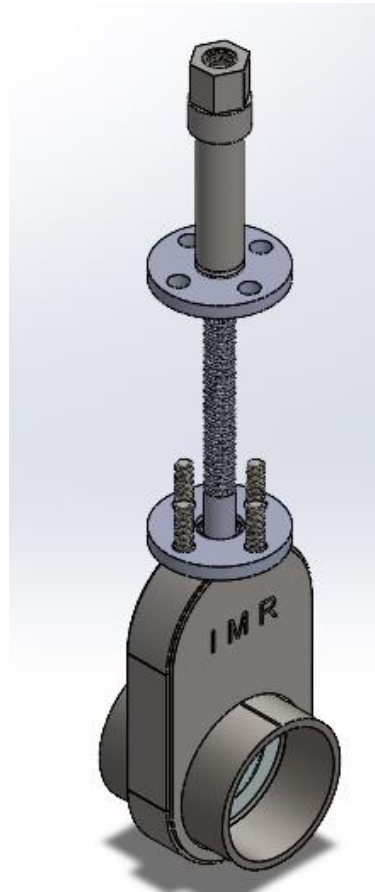


Al terminar todo el proceso de armado y soldadura de los ensambles que conforma la válvula, se colocan los empaques y o-ring, se unen por las bridas y se fijan con tuercas, figura 24.

Los subensambles no solo permiten organizar el trabajo en etapas más manejables, sino que facilitan el control de calidad de cada conjunto antes de pasar a la fase final del ensamble. Este método asegura que cualquier problema en una etapa temprana sea identificado y corregido, evitando errores acumulativos que podrían comprometer la funcionalidad de la válvula.

Figura 24

Válvula de compuerta ensamblada

**5.6. Algoritmos del programa**

En este apartado se describirán los algoritmos clave implementados en el planificador de procesos para la fabricación de la válvula de compuerta. Estos algoritmos constituyen la lógica central del programa el cual permiten automatizar, montar ordenes de fabricación, y hacer seguimiento de dichas ordenes en la empresa Industrias IMR, en la figura 25 se muestra un diagrama de flujo que se tuvo en cuenta para el diseño del programa.

Figura 25

Diagrama de flujo del diseño del Software



A continuación, se presentan los principales algoritmos, su propósito y una descripción general de su funcionamiento.

5.6.1. Algoritmo de administración de usuarios

Este algoritmo administra los permisos de acceso de los diferentes usuarios que utilizan el software, se muestra en la figura 26. Su objetivo es garantizar la seguridad de la información y restringir el acceso según los roles establecidos. Se realizan los siguientes pasos:

- Creación y eliminación de usuarios: Permite la creación de nuevos usuarios y la eliminación de aquellos que ya no necesitan acceso.
- Asignación de permisos: Según el rol del usuario, asigna permisos específicos para acceder y operar en determinados módulos.
- Autenticación de sesión: Verifica las credenciales del usuario al iniciar sesión, permitiendo el acceso solo si es válido

Figura 26

Programación administración de usuarios

```
7 namespace DEV_CAPP
9 internal class Credenciales
10
11 //Funcion para setear un dato
12 //5 referencias
13 public bool SetDato(string referencia, string dato, string direccion)
14 {
15     try
16     {
17         string IP = "ip," + TomarDato("ip", direccion, 1, ",");
18         string Puerto = "port," + TomarDato("port", direccion, 1, ",");
19         string User = "user," + TomarDato("user", direccion, 1, ",");
20         string Pwd = "password," + TomarDato("password", direccion, 1, ",");
21         string DB = "db," + TomarDato("db", direccion, 1, ",");
22
23         if (referencia == "user") { User = "user," + dato; }
24         if (referencia == "password") { Pwd = "password," + dato; }
25         if (referencia == "ip") { IP = "ip," + dato; }
26         if (referencia == "port") { Puerto = "port," + dato; }
27         if (referencia == "db") { DB = "db," + dato; }
28
29         using (var fileStream = new FileStream(direccion, FileMode.Create))
30         {
31             using (var streamWriter = new StreamWriter(fileStream))
32             {
33                 streamWriter.WriteLine(User);
34                 streamWriter.WriteLine(Pwd);
35                 streamWriter.WriteLine(IP);
36                 streamWriter.WriteLine(Puerto);
37                 streamWriter.WriteLine(DB);
38                 return true;
39             }
40         }
41     }
42 }
43
44 100 % 0 3 Línea: 1 Carácter: 1 SPC CRLF
```

5.6.2. Algoritmo de selección de cantidad de productos

Este algoritmo permite al usuario especificar la cantidad de productos que desea fabricar en cada orden de producción, facilitando la planificación y organización de los recursos (ver figura 27). Los pasos son:

- Entrada de cantidad: El usuario ingresa la cantidad deseada de válvulas, por ejemplo, múltiplos de 12 para optimizar el lote.
- Asignación de recursos: Verifica la disponibilidad de las máquinas, herramientas y materiales necesarios para la fabricación.
- Confirmación de lote: Si la cantidad es viable, el sistema confirma y registra la cantidad de productos en la orden de fabricación; si no es viable, genera una alerta para que el usuario ajuste la cantidad.

Figura 27

Programación selección de cantidad de productos

```

18 namespace DEV_CAPP
19
20 public partial class FormFabricacion : Form
89     private void ButFabric6_Click(object sender, EventArgs e)
94     {
95         if (string.IsNullOrEmpty(cantidad) || cantidad != "0")
96         {
97             intValv = Convert.ToInt32(cantidad);
98             int rest = CantValv % 12;
99             string vlvula = "Válv. Comp 6''";
100             if (rest == 0)
101             {
102                 using (var fileStream = new FileStream(direccion, FileMode.Create))
103                 {
104                     using (var streamWriter = new StreamWriter(fileStream))
105                     {
106                         streamWriter.WriteLine(cantidad);
107                     }
108                 }
109                 panelFabric.Visible = false;
110                 panelPrueba.Visible = true;
111                 PostFabric();
112             }
113             else
114             {
115                 DialogResult resp = MessageBox.Show("Se recomienda fabricar de a múltiplos de 12 unidades debido a que el costo para fabricar 11, 18 o menos" +
116                 " es el mismo que fabricar 12 unidades, esto es escalable, es decir, el valor para fabricar 20 es el mismo para fabricar" +
117                 " 24. \n \n ¿Desea cambiar la cantidad a múltiplos de 12?", "ALERTA", MessageBoxButtons.YesNo);
118                 switch (resp)
119                 {
120                     case DialogResult.Yes:
121                         break;
122                     case DialogResult.No:
123                         panelFabric.Visible = false;
124                         panelPrueba.Visible = true;
125                         PostFabric();
126                         break;
127                 }
128             }
129         }
130     }

```

5.6.3. Algoritmo ordenes de fabricación

Este algoritmo permite al usuario crear órdenes de fabricación para lotes de válvulas, con un tamaño de unidades por lote sugerido para una mayor eficiencia en los procesos y optimización de recursos. Una vez generada una orden, el algoritmo realiza los siguientes pasos:

- Hoja de ruta: Genera una hoja de ruta para cada pieza del lote, la cual incluye el proceso de fabricación específico y la guía de ensamble.
- Formato PDF: Al finalizar, exporta las hojas de ruta y la lista de materiales en un archivo PDF para su fácil consulta.

Figura 28

Programación ordenes de fabricación

```
18 namespace DEV_CAPP
19
20 public partial class FormFabricacion : Form
289     private void ButMontarOrden_Click(object sender, EventArgs e)
357         if (band)
359             foreach (int i in IDPiezas)
384
385                 max = DB.InsertarSQLLeerDatoInt("SELECT MAX(id) FROM piezas_fabric");
386                 int IdPiezaFabric = max;
387                 foreach (int j in IDFases)
388                 {
389                     Column.Clear();
390                     Data.Clear();
391
392                     Column.Add("estado");
393                     Column.Add("id_pieza_fabric");
394                     Column.Add("id_fase");
395
396                     Data.Add("no");
397                     ////error
398                     ///se está usando el i que es el ID de pieza, no el de la pieza_fabricac
399                     ///se acaba de agregar esa nueva línea de código
400                     Data.Add(IdPiezaFabric.ToString());
401                     ///////////
402                     Data.Add(j.ToString());
403
404                     DB.InsertInTable("fase_fabric", Column, Data);
405                 }
406                 //
407             }
408
409             DialogResult resp = MessageBox.Show("Orden Montada: " + seg + " \n ¿Desea montar otra orden?", "Aviso", Messa
410
411             switch (resp)
00% - No se encontraron problemas. Línea: 458 Carácter: 1 SPC CRLF
```

5.6.4. Algoritmo de seguimiento de ordenes de fabricación

Este algoritmo permite realizar el seguimiento de cada orden de fabricación en tiempo real (ver figura 29), mostrando el progreso de cada fase de mecanizado de las piezas. El funcionamiento del algoritmo incluye:

- División de la orden en fases de mecanizado: Cada pieza de la válvula se divide en varias fases de mecanizado que se registran individualmente.

- Confirmación de fase: A medida que cada fase de una pieza se completa, el algoritmo actualiza el estado a “Terminada”.
- Notificación de estado final: Cuando todas las fases de todas las piezas en la orden están en estado "Terminada", se muestra una notificación indicando que el producto está listo para ser almacenado y entregado al cliente.

Figura 29

Programación seguimiento ordenes de fabricación

```

1 namespace DEV_CAPP
2 {
3     partial class FormSeguimiento
4     {
5         private void InitializeComponent()
6         {
7             //
8             // TerFabricacion
9             //
10            TerFabricacion.BackColor = Color.Red;
11            TerFabricacion.BackgroundColor = Color.Red;
12            TerFabricacion.BorderColor = Color.PaleVioletRed;
13            TerFabricacion.BorderRadius = 40;
14            TerFabricacion.BorderSize = 0;
15            TerFabricacion.Dock = DockStyle.Left;
16            TerFabricacion.FlatAppearance.BorderSize = 0;
17            TerFabricacion.FlatAppearance.MouseDownBackColor = Color.Black;
18            TerFabricacion.FlatAppearance.MouseOverBackColor = Color.Black;
19            TerFabricacion.FlatStyle = FlatStyle.Flat;
20            TerFabricacion.Font = new Font("Segoe UI Semibold", 14.25F, FontStyle.Bold, GraphicsUnit.Point);
21            TerFabricacion.ForeColor = Color.White;
22            TerFabricacion.Location = new Point(77, 19);
23            TerFabricacion.Name = "TerFabricacion";
24            TerFabricacion.Size = new Size(285, 48);
25            TerFabricacion.TabIndex = 12;
26            TerFabricacion.Text = "Terminar Fabricación";
27            TerFabricacion.TextColor = Color.White;
28            TerFabricacion.UseVisualStyleBackColor = false;
29            TerFabricacion.Click += TerFabricacion_Click;
30            //
31            // panel11
32            //
33            panel11.Dock = DockStyle.Left;
34            panel11.Location = new Point(0, 19);
35        }
36    }
37 }
    
```

5.6.5. Algoritmo de conexión a la base de datos

Este algoritmo permite que el software se conecte a la base de datos de Industrias IMR para actualizar o consultar información (ver figura 30). Incluye los siguientes pasos:

- Establecimiento de conexión: Solicita al usuario datos como la IP del servidor, puerto, nombre de la base de datos, usuario y contraseña.
- Verificación de credenciales: Realiza una comprobación de las credenciales ingresadas para confirmar que el acceso es autorizado.

- Sincronización de datos: Una vez establecida la conexión, sincroniza la información del inventario, máquinas y órdenes de fabricación.

Figura 30

Programación conexión a la base datos

```

9 namespace DEV_CAPP
11     internal class BaseDatos
429     public List<float> JointDatosFloat(List<string> columnasSeleccionadas, List<string> tablas, List<string> condicionesJoin, List<string> columnasWhere, L
468     {
469         using (Conexion)
470         {
471             try
472             {
473                 Conexion.Open();
474             }
475             catch
476             {
477                 this.CrearConexion(User, Pwd, server, port, DB);
478                 Conexion.Open();
479             }
480         }
481         try
482         {
483             using (MySqlCommand command = new MySqlCommand(consultaSQL, Conexion))
484             {
485                 using (MySqlDataReader reader = command.ExecuteReader())
486                 {
487                     while (reader.Read())
488                     {
489                         Resultado.Add(reader.GetFloat(0));
490                     }
491                 }
492             }
493         }
494         catch (Exception ex)
495         {
496             // Manejar otras excepciones aqui
497         }
498     }
499     return Resultado;
500 }
501
    
```

Estos algoritmos aseguran que el proceso de fabricación sea eficiente, seguro y organizado, permitiendo a la empresa Industrias IMR mantener el control sobre la cantidad de productos fabricados y garantizar que cada etapa de la producción se ejecute correctamente.

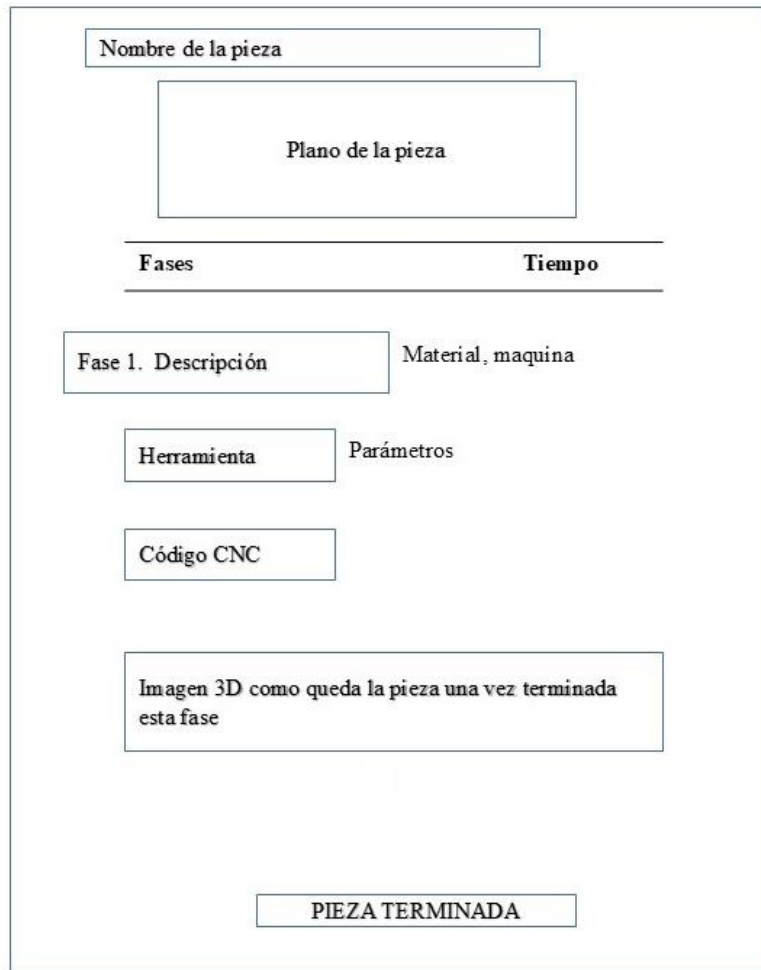
6. Hojas de ruta

6.1. Organización de la información

El éxito en la planificación de procesos de fabricación, depende en gran medida de la correcta organización de la información. Para ello, se diseñó el formato mostrado en la figura 31, que compila toda la información necesaria para fabricar cada pieza.

Figura 31

Formato hoja de ruta



Nota. Formato de hoja de ruta diseñada por los autores

Ver apéndice H para ver el formato de Hoja de Ruta que se utiliza en el aplicativo. Para la edición de las hoja de ruta para nuevos productos se recopila información clave relacionada con:

6.1.1. Nombre de la pieza

En esta sección incluye el nombre y código específico de la pieza que se va a fabricar. La identificación clara permite que el equipo de producción y los sistemas administrativos tengan una referencia clara y precisa de cada componente.

6.1.2. Plano de la pieza

Aquí se presenta un espacio destinado al plano técnico de la pieza. Este plano muestra las dimensiones, tolerancias y características críticas de fabricación, brindando una guía visual esencial para el equipo de producción.

6.1.3. Fases y tiempos de producción

Este subcapítulo describe cada una de las fases o etapas de fabricación que la pieza debe atravesar. Cada fase está acompañada del tiempo estimado de realización, lo cual ayuda en la planificación y en el monitoreo de los tiempos de producción.

6.1.4. Descripción

En esta sección se proporciona una descripción detallada de la primera fase de fabricación. Incluye el material requerido y la máquina que se usará, proporcionando claridad sobre los recursos necesarios.

- **Herramientas:** Detalla la herramienta específica a utilizar en esta fase, asegurando que se empleen los elementos correctos para el proceso.
- **Parámetros de operación:** Incluye las velocidades, avances y profundidades de corte, optimizando la configuración de la máquina para el material y el tipo de pieza.
- **Código CNC:** Si se utiliza una máquina CNC, aquí se indica el código específico que se debe ejecutar, permitiendo una producción automatizada y precisa.
- **Imagen del modelo 3D:** Muestra cómo debería verse la pieza al finalizar esta fase. Esto facilita la inspección visual y asegura que el trabajo avance correctamente.

6.2. Hoja de ruta válvula de 6 pulgadas

Las hojas de rutas desarrolladas para cada piezas serán incluidos en formato PDF dentro del software CAPP que se está implementando y de igual manera están en el apéndice D. Esto permitirá que los operadores responsables de producción accedan fácilmente a la información detallada sobre cada fase de maquinado y se garantiza la no perdida de información sobre la fabricación de las piezas, permitiendo que toda documentación necesario este siempre disponible y accesible para futuras consultas, mejorando la trazabilidad y la consistencia de la producción dentro de la empresa.

A continuación, en la figura 32 se muestra un ejemplo de la hoja de ruta de la pieza “*Tuerca válvula de 6 pulgadas*”.

Figura 32

Plano tuerca válvula de 6 pulgadas

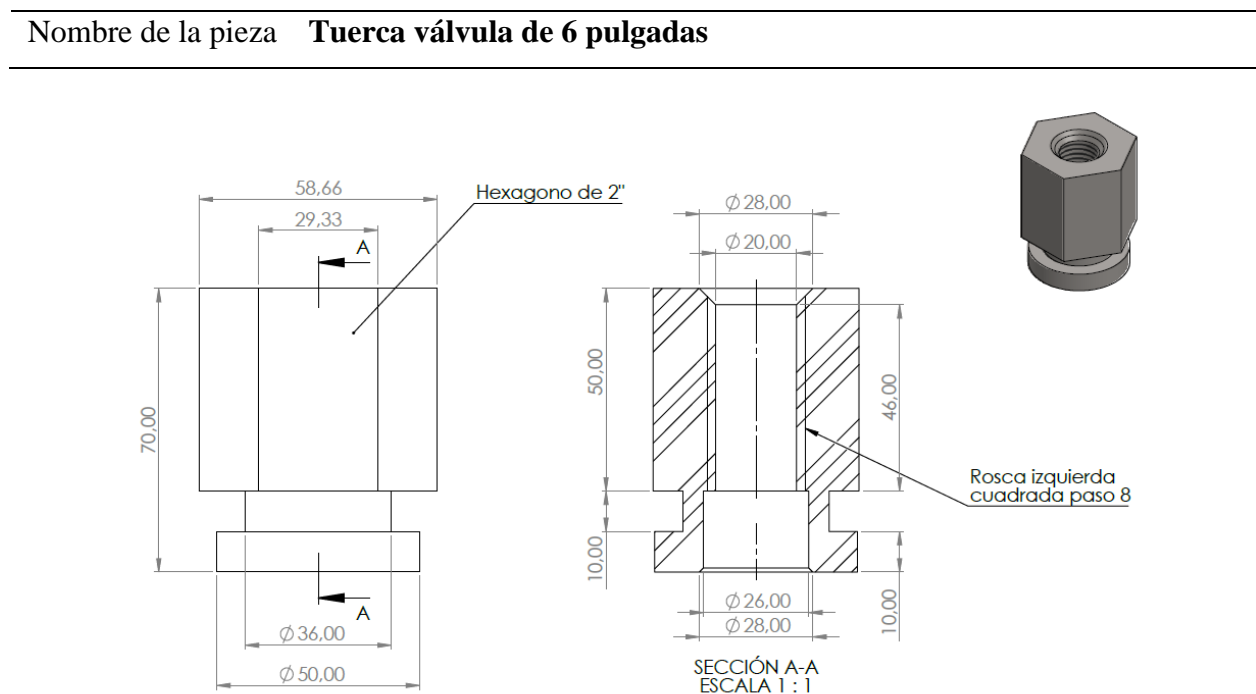


Tabla 6

Fases de maquinado tuerca válvula de 6 pulgadas

Operaciones	Tiempo [min]
Corte de materia prima	3 min / pieza
Parte 1: Refrentar, Tornear, perforar, ampliar y ranurar	6 min / pieza
Parte 2: Refrentar, ampliar y roscar	3 min / pieza

Descripción

Corte de materia prima

Material: Eje hexagonal de 2”

Proceso: Cortar un trozo de materia de 73 mm en la maquina “Cortadora Naranja”

Tabla 7

Herramientas operación de corte tuerca válvula de 6 pulgadas

Herramienta	Parámetros	Tiempo
Cinta Ronstein 1 ¼*1.1*365.5*2-3	Vc: 50 [m/min] Ap: 20 [mm/min]	3 min

Refrentar, tornear, perforar, ampliar y ranurar

Montaje de pieza en la máquina “CNC-1” o “CNC-2”

Herramientas

Tabla 8

Herramientas operaciones torneear, perforar, ampliar y ranurar





Nombre de la herramienta	Imagen	Parámetros	Operación
Buril MTJNR		Vc: 120 - 180 [m/min] Rpm: 1200 Ap: 0.8 [mm] F: 0.25 [mm/rev]	Refrentar y torneear
Broca SP de 22 mm		Vc: 50 - 80 [m/min] Rpm: 800 Ap: 0.5 [mm] F: 0.02 [mm/rev]	Perforar
Barra		Vc: 50 - 80 [m/min] Rpm: 800 Ap: 0.5 [mm] F: 0.02 [mm/rev]	Desbaste interno
Buril de ranurar		Vc: 50 - 120 [m/min] Rpm: 600 Ap: 0.06 [mm] F: 0.06 [mm/rev]	Ranurar

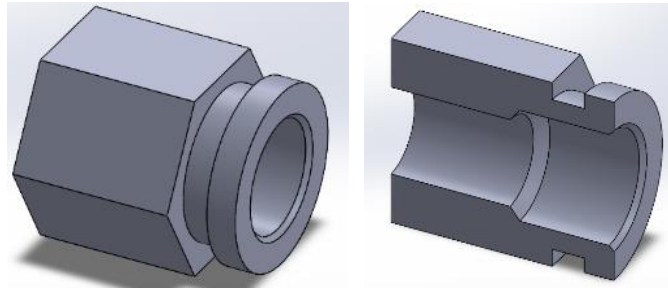
Figura 33

Código máquina CNC, refrentar, perforar, desbaste, ranurar

```

000_ (TUERCA VAL COMP 6)
G21 G40 G80 G99;
T0101; (BURIL MTJNR)
G56 G96 M03 S250;
G50 S1200;
G0 Z-15;
G0 X60 M08;
G01 X-2 F0.25;
G0 W1;
G0 X59;
G71 U0.8 R0.5;
G71 P1 Q2 U0 W0 F0.25;
N1 G01 X49;
G01 W-1;
G01 X50 W-1;
G01 W-20;
N2 G01 X59;
G0 G28 U0 M09;
G0 G28 W0;
T0303; (BROCA SP)
G56 G97 M03 S800;
G0 Z50;
G0 X-22 M08;
G0 Z-14;
G83 W-75 Q50000 F0.06;
G0 Z50 M09;
G0 G28 U0;
G0 G28 W0;

T0505; (BARRA DE DESBASTE
INTERNO)
G56 G96 M03 S250;
G50 S800;
G0 X21;
G0 Z-14;
G71 U0.5 R0.5;
G71 P3 Q4 U0 W0 F0.2;
N3 G01 X27.5;
G01 W-1;
G01 X26 W-0.8;
G01 W-19.2;
G01 X22 W-2;
N4 G01 X21;
G0 Z50 M09;
G0 G28 U0;
G0 G28 W0;
T0606; (BURIL DE RANURAR DE
3MM)
G56 G97 M04 S600;
G0 Z-28;
G0 X51 M08;
G75 R0.5;
G75 X31.8 Z-35 Q2000 F0.06;
G0 G28 U0 M09;
G0 G28 W0;
M30;
    
```



Refrentar, ampliar y roscar

Montaje de la pieza en la máquina “CNC-1” o “CNC-2”

Herramienta

Tabla 9

Herramientas operaciones refrentar, desbaste, roscar




Nombre de la herramienta	Imagen	Parámetros	Operación
Buril MTJNR		Vc: 120 - 180 [m/min] Rpm: 1200 Ap: 0.8 [mm] F: 0.25 [mm/rev]	Refrentar
Barra		Vc: 50 - 80 [m/min] Rpm: 800 Ap: 0.5 [mm] F: 0.02 [rev/min]	Desbaste interno
Barra		Vc: [m/min] Rpm: 450 Ap: 0.02 [mm] F: 6 [mm/rev]	Roscar

Figura 34

Código máquina CNC refrentar, desbaste, roscar

<p>O00__ (TUERCA VAL COMP 6) G21 G40 G80 G99; T0101; (BURIL MTJNR) G56 G96 M03 S250; G50 S1200; G0 Z-35; G0 X59 M08; G01 X-2 F0.25; G0 W1; G0 X50; G01 W-1; G01 X59 W-3; G0 G28 U0 M09; G0 G28 W0; T0505; (BARRA DE DESBASTE INTERNO) G56 G96 M03 S250; G50 S800; G0 X22; G0 Z-34; G71 U0.5 R0.5; G71 P5 Q6 U0 W0 F0.2;</p>	<p>N5 G01 X27; G01 W-1; G01 X22 W-2.5; G01 W-45; N6 G01 X22; G0 Z50 M09; G0 G28 U0; G0 G28 W0; M05; T0606; (BARRA DE ROSCAR CUADRADA) G56 G97 M04 S600; G0 Z50; G0 X21 M08; G0 Z -34; G76 Q100 P030500 R0.03; G76 X25.5 W-50 Q80 P2000 R0 F8; G0 Z50; G0 G28 U0 M09; G0 G28 W0; M30;</p>
---	---

Pieza Terminada

Con el ejemplo del formato de la hoja de ruta presentado, se ha detallado el proceso para la planificación de la piezas, asegurando que cada operación este correctamente documentada y estandarizada para su ejecución. Al integrar estas hojas de ruta en el sistema CAPP, se facilita una gestión centralizada y eficiente del proceso productivo, asegurando que toda la información necesaria esté disponible de manera organizada y accesible en cualquier momento durante la planificación y ejecución de la manufactura.

6.3. Hoja de ruta válvula de 4 pulgadas

En este subcapítulo se presenta un ejemplo detallado de la hoja de ruta, figura 35. Para la fabricación de la pieza cortina de la válvula de compuerta de 4 pulgadas, diseñada para cumplir con los mismos altos estándares de calidad y funcionalidad que la versión de 6 pulgadas. Aunque su tamaño difiere, la válvula de 4 pulgadas comparte varias etapas de manufactura y ensamblaje, pero con ajustes específicos en los procesos, herramientas y tiempos, debido a las variaciones en dimensiones. La hoja de ruta incluye la información técnica, especificaciones de procesos, parámetros de fabricación, y el código CNC utilizado para el maquinado.

Figura 35

Plano cortina válvula de 4 pulgadas

Nombre de la pieza	Cortina válvula de 4 pulgadas
--------------------	--------------------------------------

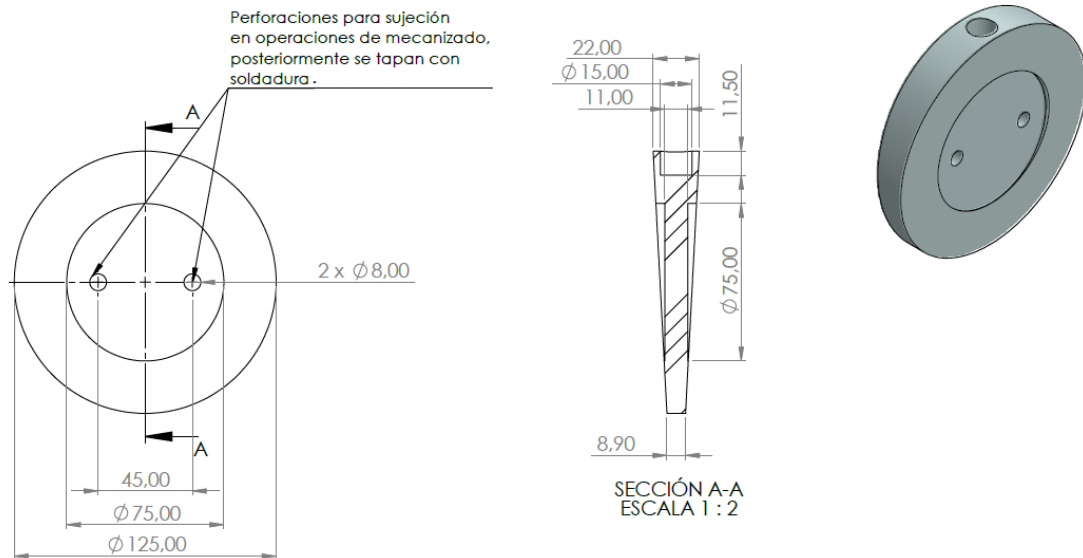


Tabla 10

Fases de maquinado cortina válvula de 4 pulgadas

Operaciones	Tiempo [min]
Corte de material	5 min / pieza
Refrentado y medida final	10 min / pieza
Perforaciones axiales	3 min / pieza
Desbaste cuña	8 min / pieza
Perforación axial	4 min / pieza
Tapado de perforaciones axiales	10 min / pieza

Descripción

Corte de material

Material: Eje redondo de 5” por 23 mm

Proceso: Cortar un trozo de material de 23 mm en la máquina “Cortadora Naranja”

Tabla 11

Herramienta operación de corte cortina

Herramienta	Parámetros	Tiempo
Cinta Ronstein 1 ¼*1.1*365.5*2-3	Vc: 50 [m/min] Ap: 20 [mm/min]	2 min

Refrentado y medida final

Montaje de pieza en máquina “CNC-1” o “CNC-2”

Herramientas

Tabla 12

Herramientas operaciones de refrentar, perforar y desbaste interno




Nombre de la herramienta	Imagen	Parámetros	Operación
Butil MTJNR		Vc: 120 - 180 [m/min] Rpm: 600 Ap: 0.8 [mm] F: 0.25[mm/rev]	Refrentar y tornear
Broca SP de 38 mm		Vc: 50 - 80 [m/min] Rpm: 600 Ap: 0.06 [mm] F: 0, 0.06 [mm/rev]	Perforar
Barra		Vc: 50-80 m/min Rpm: 800 Ap: 0,5 mm F: 0.02	Desbaste interno

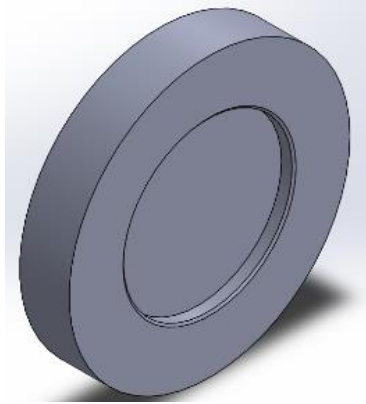
Figura 36

Código máquina CNC refrentar perforar y desbaste interno

```

O0001(DESCARGA CORTINA VAL
4);
G21 G40 G80 G99;
T0101; (BURIL MTJNR)
G56 G96 M03 S250;
G50 S600;
G0 Z-30;
G0 X127;
G01 X-2 F0-25;
G0 W1;
G0 G28 U0;
G0 G28 W0;
T0303; (BROCA SP)
G56 G97 M03 S600;
G0 Z50;
G0 X-38 M08;
G0 Z-29;
G83 W-25 Q25000 F0.06;
G0 Z50 M09;

G0 G28 U0;
G0 G28 W0;
T0101; (BARRA DE DESBASTE)
G56 G96 M03 S250;
G50 S600;
G0 Z50;
G0 X38;
G0 Z-29;
G71 U1 R0,05;
G71 P1 Q2 U0 W0 F0,25;
N01 G01 X77
G01 W-1;
G01 X70 W-1,
G01 W-10;
N02 G01 X38;
G0 Z50 M09;
G0 G28 U0;
G0 G28 W0;
M30;
    
```




Perforaciones axiales

Montaje de la pieza de trabajo en la maquina “Centro de mecanizado”

Herramientas

Tabla 13

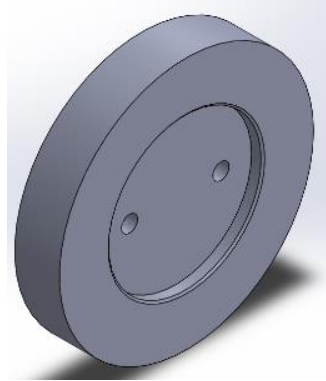
Herramienta operación de refrentar

Nombre de la herramienta	Imagen	Parámetros	Operación
Broca de 8 mm		Vc: 25 m/min Rpm: 1100 F: 0, 0.06mm/rev	Refrentar

Código máquina CNC

Se desarrolla en el software Mastercam y se exporta en formato .CAM por medio de una memoria

USB para ejecutarlo en la máquina



Desbaste en cuña

Montaje de pieza en máquina “CNC-1” haciendo uso del acople mostrado a continuación, que se coloca en la copa y se fija la pieza por medio de tornillos de 5/6”

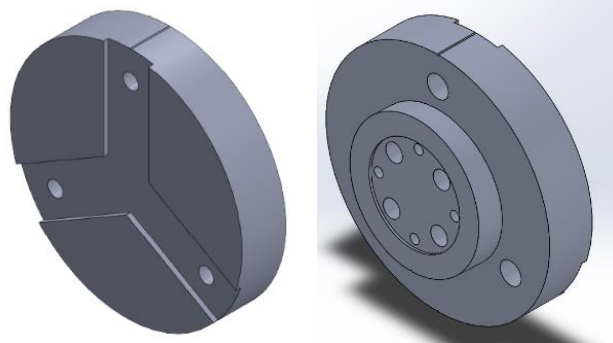


Tabla 14

Herramienta operación de refrentar y torneear


Nombre de la herramienta	Imagen	Parámetros	Operación
Buril MTJNR		<p>Vc: 120-180 m/min</p> <p>Rpm: 600</p> <p>Ap: 0,8 mm</p> <p>F: 0.25 mm/rev</p>	Refrentar y torneear

Figura 37

Código máquina CNC refrentar y torneear

<p><u>O0002</u>(DESBASTE CUÑA A CORTINA VAL 4); G21 G40 G80 G99; T0101; (BURIL MTJNR) G56 G96 M03 <u>S250</u>; <u>G50 S600</u>; G0 Z-25; G0 <u>X127</u>;</p>	<p>G72 W0.8 R0,05; G72 P3 Q4 U0 W0 F0,25; N03 G01 Z-30 G01 X70; N04 G01 Z-25; G0 G28 U0; G0 G28 W0;</p>
--	---

Perforación radial

Realizar una perforación radial en el lado más ancho para acoplar el eje con broca de 17mm y una profundidad de 11mm.

Tapado de perforaciones axiales

Tapar las perforaciones hechas en la cara de la compuerta que se usaron para fijarla en el torno con soldadura y aporte.

Pieza Terminada.

6.4. Hoja de ruta soldadura de subensambles

Como parte del desarrollo del proyecto, se elaboró una hoja de ruta detallada para garantizar la correcta aplicación de los procesos de soldadura en cada uno de los subensambles que conforman la válvula de compuerta. Esta hoja de ruta especifica los pasos necesarios para realizar las uniones soldadas de manera precisa, definiendo parámetros como el tipo de soldadura a emplear, los materiales requeridos, las posiciones de trabajo, las herramientas y equipos necesarios. Esto asegura la uniformidad y la calidad de las uniones. Dicha hoja de ruta se puede consultar en el Apéndice E.

7. Aplicación CAPP

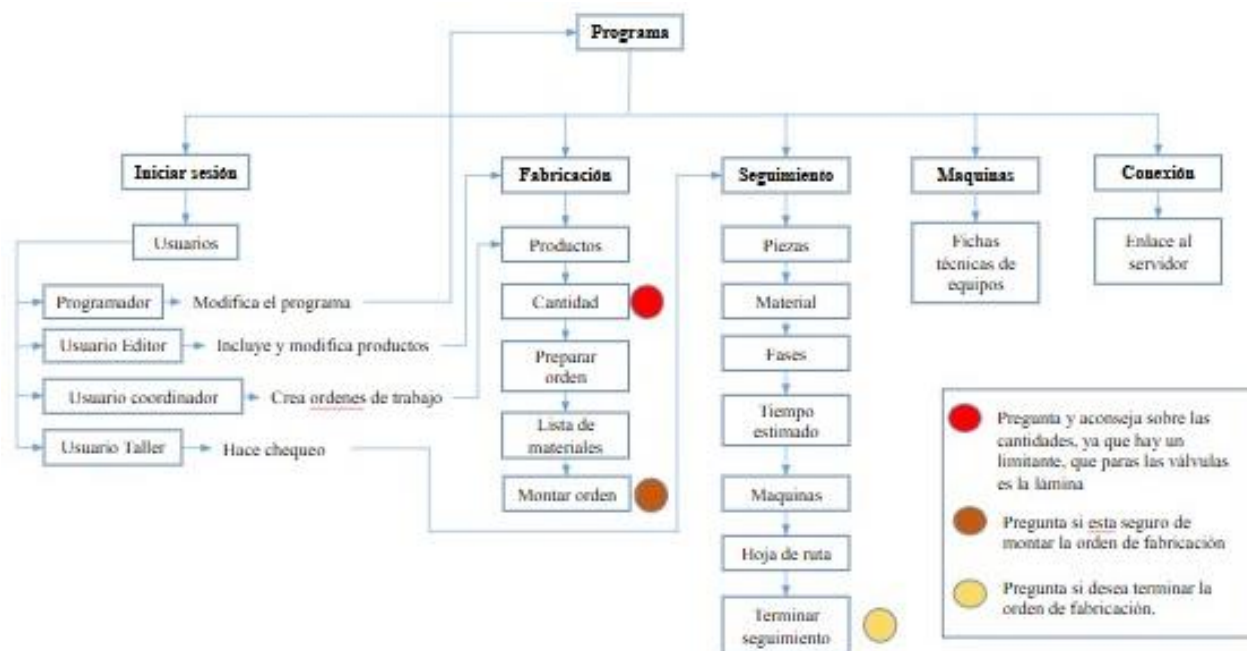
7.1. Descripción del Software

El desarrollo del Software CAPP, está diseñado como una herramienta integral para la planificación de procesos de manufactura, optimizando la fabricación de válvulas de compuerta de 4 y 6 pulgadas y posteriormente pensado para abarcar todos los productos ofrecidos por Industrias IMR. Con este sistema, se busca automatizar y centralizar las operaciones de planificación de producción, facilitando al acceso a la información y asegurando que todos los procesos se lleven a cabo de manera rápida y eficiente.

Se describe en detalle las funciones y características principales del planificador de procesos, destacando cómo se estructura (figura 38), qué herramientas y módulos incorpora.

Figura 38

Funcionamiento del programa



7.1.1. Características y funciones principales

El planificador de procesos, está diseñado para optimizar la manufactura de válvulas de compuerta, mediante una estructura organizada en 5 módulos: inicio de sección, fabricación, seguimiento, máquinas y conexión. El trabajo conjunto de estos módulos permite hacer funciones:

- **Gestión de ordenes de fabricación.** El software permite crear ordenes de fabricación por lotes, el sistema genera una actividad de seguimiento con un nombre específico que corresponde a la orden de fabricación con la fecha y nombre del producto. Genera una lista de materiales para cumplir dicha orden.
- **Información detallada de los procesos de fabricación.** El planificador de procesos almacena y proporciona toda la información técnica, como los planos, herramientas y sus parámetros de operación, máquinas, tiempos y códigos CNC. Los operarios pueden acceder a la información directamente desde el sistema, visualizando la hoja de ruta.
- **Seguimiento de ordenes de fabricación.** El sistema permite hacer un checklist de cada una de las etapas del proceso, desde la operación de manufactura necesaria para cada una de las piezas, hasta que la válvula este totalmente terminada. Los usuarios pueden revisar en que etapa del proceso se encuentra cada pieza, si está en preparación, en producción o finalizada. Esta capacidad de seguimiento es fundamental para detectar cualquier desviación en el proceso, realizar ajustes a tiempo y asegurar que las órdenes se cumplan en los plazos establecidos.
- **Escalabilidad y compatibilidad.** El sistema está diseñado para ser escalable, permitiendo la incorporación de nuevos productos, procesos, y máquinas en el futuro. Asimismo, su compatibilidad con otros sistemas operativos asegura una integración fluida en diferentes entornos.

- **Interfaz Intuitiva y control de accesos.** La interfaz del software está diseñada para ser amigable y accesible, permitiendo a los usuarios encontrar la información necesaria de forma rápida y sencilla. Además, incluye un sistema de control de acceso que asegura que solo el personal autorizado pueda visualizar o modificar los datos, garantizando la seguridad de la información

7.1.2. Arquitectura del Software

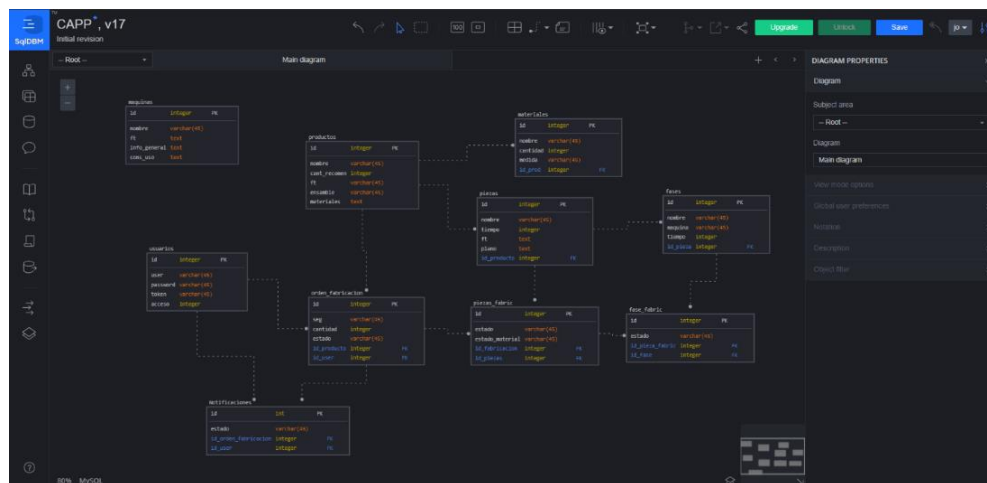
El planificador de procesos de manufactura fue diseñado bajo una arquitectura modular y flexible, optimizada para la planificación de procesos de manufactura y la gestión de información en la fabricación de válvulas de compuerta. Este diseño modular permite la adaptación a nuevas necesidades y la fácil integración de futuras actualizaciones. A continuación, se describen los componentes y capas principales que integran la arquitectura del sistema.

- **Capa de interfaz de usuario (UI).** Es la interacción entre el usuario y el sistema. La interfaz fue desarrollada en Visual Studio con lenguaje de programación C#, lo cual permite a los usuarios interactuar de manera intuitiva con todas las funcionalidades del software, accediendo a las hojas de ruta, consultando las especificaciones de los procesos, visualizando planos de fabricación y editando los datos de producción.
- **Capa de base de datos.** La base de datos que soportará el sistema se implementará en MySQL Server, donde almacenará información clave para el funcionamiento integral del sistema. Entre los datos importantes se incluyen los usuarios registrados que permiten gestionar los inicios de sección y los permisos de acceso, así como tablas almacenadas con información detallada sobre las máquinas, herramientas, materiales, piezas y fases de fabricación.

Las tablas de la bases de datos están organizadas con relaciones entre sí (figura 39), lo que permite el flujo de información coherente. Por ejemplo, las tablas de piezas de fabricación están relacionadas con los materiales y las fases de fabricación, lo que facilita el seguimiento de cada etapa del proceso de producción para cada pieza específica. De igual manera, las tablas de máquinas y herramientas están vinculadas a las fases de fabricación, lo que permite asignar automáticamente los recursos necesarios para cada operación. Este diseño relacional asegura que toda la información este interconectada, promoviendo la eficiencia en la planificación.

La base de datos fue integrada en Visual Studio mediante el uso de código con el comando `mySqlCommand1`, facilitando la interacción del software con la información almacenada en el servidor MySQL. Se utilizo la siguiente línea de código: `mySqlCommand1 = new MySql.Data.MyAqlCommand();`. Este comando permite ejecutar consultas y actualizaciones a la base de datos directamente desde el Software.

Figura 39
Diagrama entidad relación



Nota. Modelado de base de datos para representar las entidades y relaciones del sistema CAPP

- **Capa lógica.** Esta capa se encarga de gestionar la lógica de las operaciones que se realizan dentro del software. Aquí se procesan las órdenes de fabricación, se verifican las capacidades de producción, y se gestionan los flujos de trabajo relacionados con la fabricación de piezas y el montaje de órdenes por lotes.
- **Capa de módulos.** Los módulos con los que cuenta el sistema son: fabricación, seguimiento y máquinas, estos se explicaran en detalle en el capítulo 7.3 del libro.
- **Seguridad y gestión de datos.** Para garantizar la seguridad de la información, el software incluye protocolos de autenticación para proteger el acceso a los datos, así como controles de acceso por usuario para limitar las funcionalidades según el perfil del operador.

7.2. Interfaz

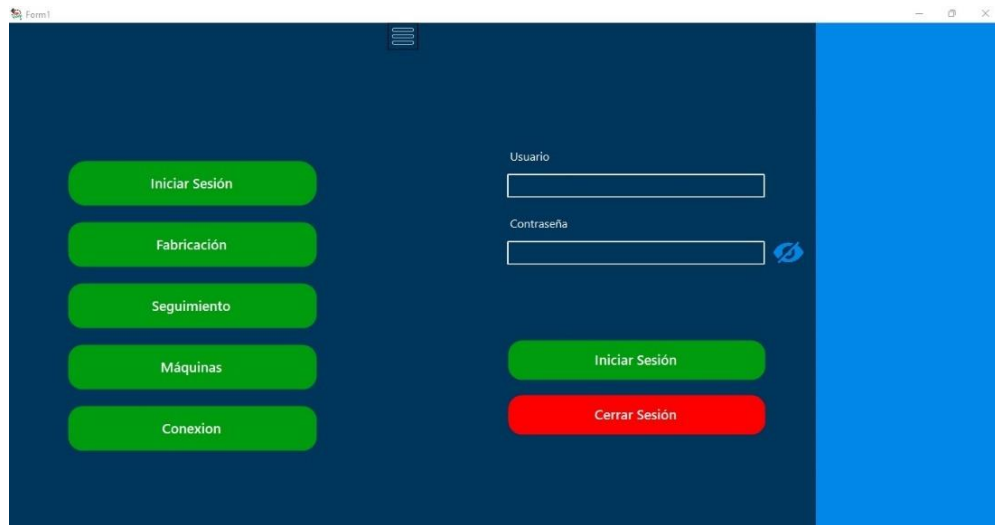
La interfaz del software CAPP ha sido diseñada para proporcionar una experiencia de usuario intuitiva y accesible, permitiendo que los operarios y personal técnico interactúen de manera rápida y eficiente con las funcionalidades claves del sistema. La pantalla principal se organiza de forma clara y lógica a los accesos a los módulos principales: Inicio de sección, fabricación, seguimiento, máquinas y conexión. Cada botón está claramente etiquetado y es accesible

La pantalla principal del sistema (figura 40), presenta un conjunto de botones grandes y accesibles que permiten a los usuarios dirigirse a los módulos que presenta el sistema, así mismo contiene una paleta de colores para optimizar la visibilidad del sistema, los cuales indican si una función esta activa. El software también presenta mensajes de texto que orientan al usuario sobre el problema.

El diseño de la interfaz es adaptable, lo que permite su visualización en diferentes resoluciones de pantalla. Esto es especialmente útil en entornos de manufactura, donde se pueden utilizar pantallas de distintos tamaños.

Figura 40

Interfaz del aplicativo CAPP



El diseño de esta interfaz minimiza el tiempo que los usuarios tardan en familiarizarse con las funciones esenciales del software. Los colores y tamaños de los botones están diseñados para ser visualmente atractivos y accesibles, ayudando a reducir posibles errores al seleccionar opciones y proporcionando una experiencia agradable para el usuario. La adaptabilidad de la interfaz garantiza que el software sea funcional y accesible en una variedad de entornos de trabajo, facilitando su uso en sitio.

7.3. Módulos

El planificador de procesos está compuesto por una serie de módulos diseñados para optimizar distintos aspectos del proceso de manufactura de válvulas de compuerta. Estos módulos

permiten gestionar desde la planificación de la producción hasta el monitoreo y control de las fases de las piezas con el uso de las máquinas en planta.

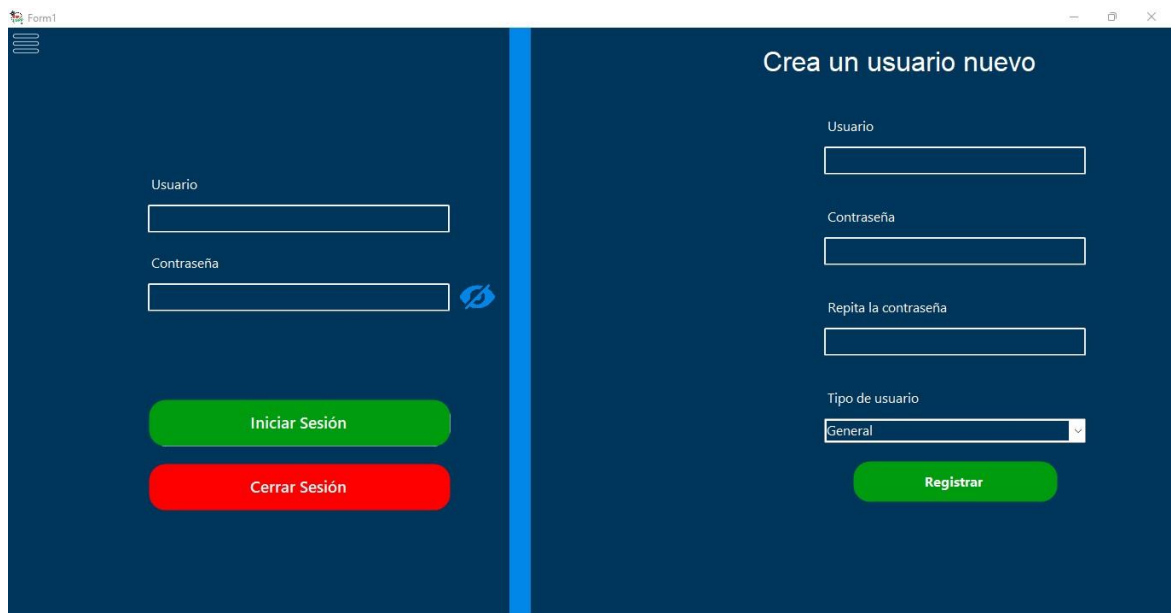
7.3.1. Módulo de inicio de sección

El módulo de inicio de sección es el primer punto de acceso al sistema CAPP y cumple con la función de garantizar la seguridad y control en el acceso a la información de la aplicación. Cuando se abre el software, esta ventana es lo primero que se muestra. Este módulo se ilustra en la figura 41, presenta una interfaz de usuario intuitiva y directa.

Al iniciar la aplicación, el usuario se encuentra con un formulario en el que debe ingresar sus credenciales (usuario y contraseña) en los campos correspondiente. Según el tipo de usuario podrá ingresar o no las diferentes funciones del sistema.

Figura 41

Módulo de inicio de sección



The image shows a software interface with a dark blue background, split into two panels by a vertical light blue line. The left panel is for login, featuring two input fields labeled 'Usuario' and 'Contraseña', a green 'Iniciar Sesión' button, and a red 'Cerrar Sesión' button. The right panel is titled 'Crea un usuario nuevo' and contains three input fields for 'Usuario', 'Contraseña', and 'Repita la contraseña', a dropdown menu for 'Tipo de usuario' with 'General' selected, and a green 'Registrar' button.

Una vez que el usuario ingresa credenciales válidas, el sistema verifica la información y, de ser correcta, permite el acceso a la información asignada, desplegando el menú principal con

opciones como Fabricación, Seguimiento, Máquinas, y Conexión. Además, se ha incorporado una opción de Cerrar Sesión para que los usuarios puedan salir de forma segura al finalizar sus actividades o sea necesario, lo cual es especialmente útil en entornos industriales donde los dispositivos pueden ser compartidos.

Una característica importante de este módulo es la capacidad de crear nuevos usuarios una vez que se ha iniciado sesión con privilegios administrativos. Esta funcionalidad solo lo podrá hacer el “administrador”. Esto permite que el personal autorizado gestione los accesos al sistema, registrando nuevos usuarios que podrán utilizar el software según los permisos asignados.

5.3.1 Módulo de fabricación

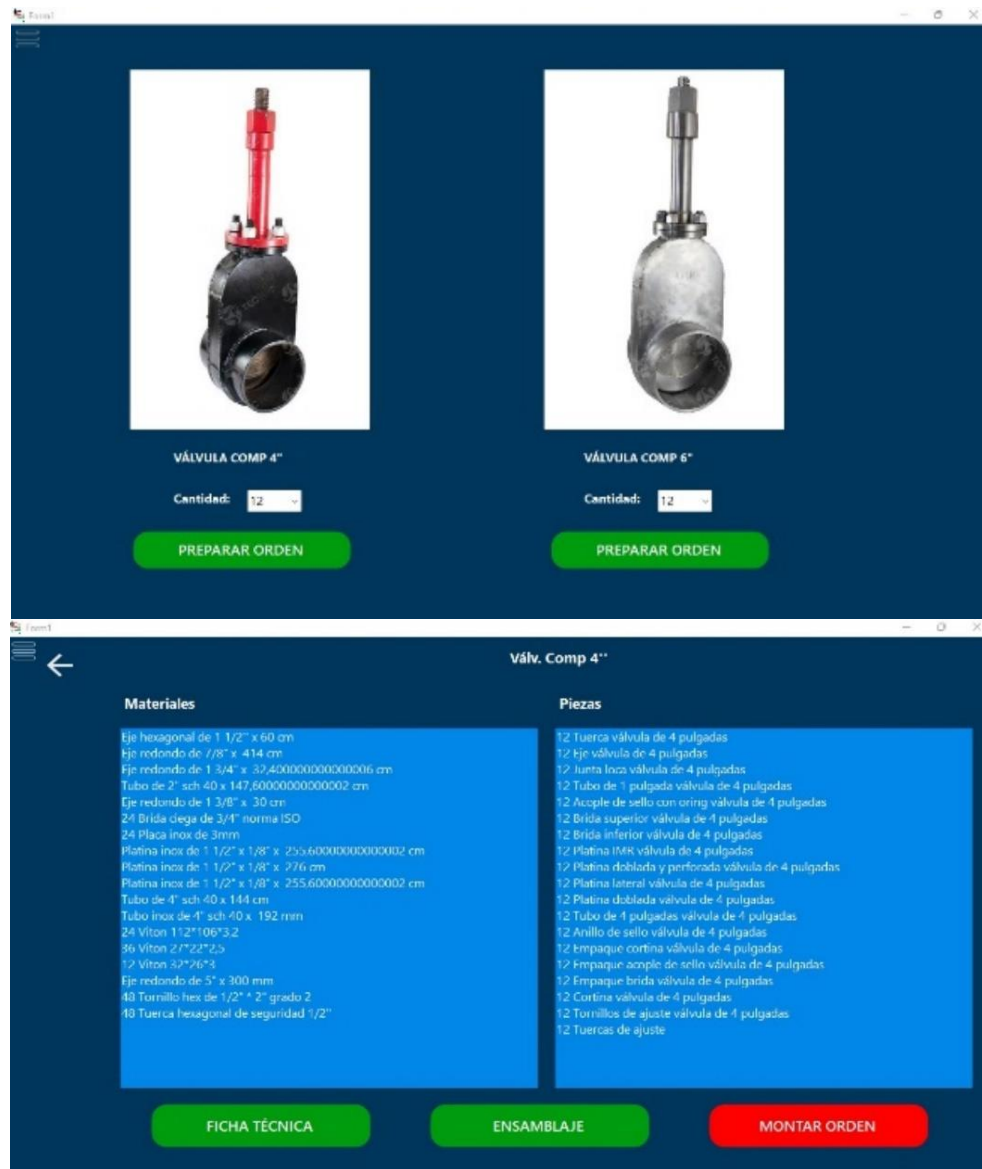
El módulo de fabricación es una herramienta central en el sistema CAPP, el cual permite gestionar las ordenes de producción de todos los productos cargadas en el sistema, actualmente solo se encuentran disponibles las válvulas de compuerta de 4 y 6 pulgadas. Este módulo está diseñado para crear ordenes de fabricación por lotes.

Una vez que se crea una orden de fabricación, el usuario puede acceder a una lista detallada de materiales, que especifica todos los insumos necesarios para la producción del lote. De igual manera también se muestra una lista de las piezas individuales que conforman el producto final, como se evidencia en la figura 42.

Este módulo incluye acceso a la hoja de ruta para la fabricación de cada una de las piezas de la válvula de compuerta. Los usuarios también tienen acceso a una guía de ensamble, la cual detalla el procedimiento para unir todas las piezas de manera esquematizada, garantizando que el producto final cumpla con los estándares de calidad establecidos.

Figura 42

Módulo de fabricación



Para facilitar su consulta y distribución, tanto la hoja de ruta como la guía de ensamble están disponibles en formato PDF dentro del módulo. Esto permite que los usuarios puedan descargar o imprimir estos documentos según sea necesario.

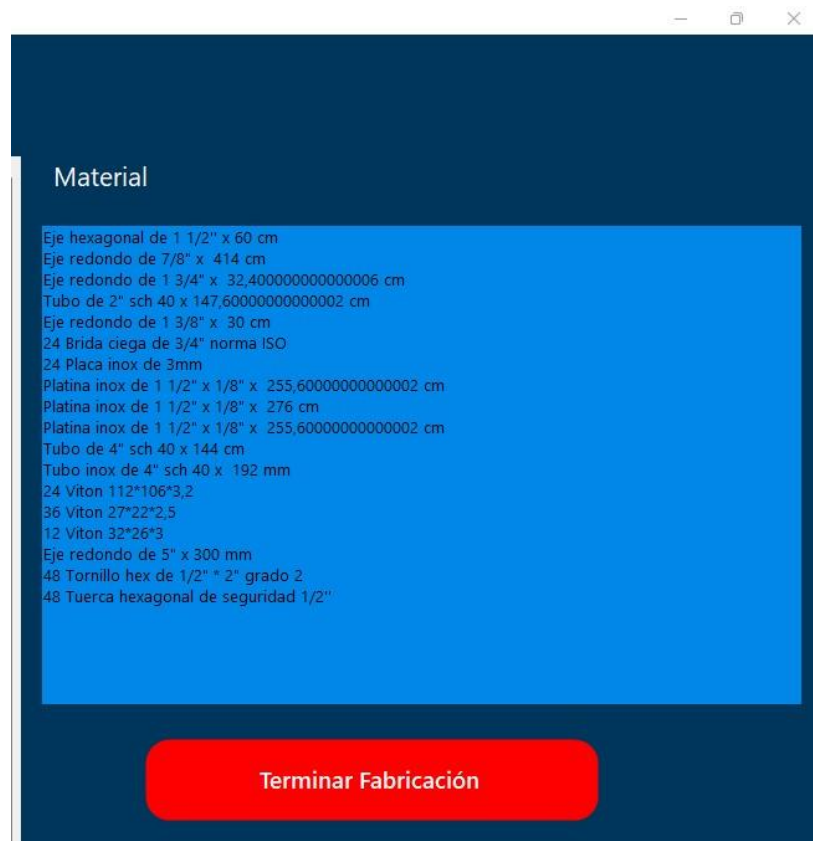
7.3.2. Módulo de seguimiento

El Módulo de Seguimiento, ilustrada en la figura 43. Es una herramienta clave para monitorear el progreso de cada orden de fabricación en curso. Este módulo permite al usuario realizar un seguimiento detallado de las diferentes fases de conformado de cada pieza haciendo un check list del materiales disponible de la fase en curso, proporcionando una visión clara del estado de cada pieza y del avance general de la orden de producción.

Figura 43

Módulo de seguimiento





A medida que se completan las fases de fabricación de cada pieza, el sistema actualiza el estado de la fase correspondiente. Cada pieza se marca con el estado "Terminada" una vez que se finaliza fases. Este nivel de visibilidad resulta crucial para los supervisores y operarios, ya que pueden anticipar y resolver cualquier contratiempo o retraso en el proceso de manufactura de manera oportuna. En la figura 43 se muestra la interfaz del módulo de seguimiento.

Cuando todas las fases de fabricación de todas las piezas alcanzan el estado "Terminada", el sistema emite una notificación que indica que el producto final está completamente terminado. Esto significa que el producto está listo para ser almacenado y entregado al cliente, cumpliendo con los estándares de calidad y tiempo establecidos en la orden de producción.

El Módulo de Seguimiento no solo facilita la gestión y control de cada orden de fabricación, sino que también ofrece una trazabilidad completa del proceso de producción, lo cual es esencial

para asegurar la calidad y eficiencia en cada lote fabricado. Este módulo minimizando los tiempos de espera y optimiza la coordinación entre los diferentes procesos involucrados en la producción.

7.3.3. *Módulo de máquinas*

El Módulo de Máquinas (figura 44), centraliza toda la información relevante sobre el equipo de producción disponible en Industrias IMR. Este módulo permite al usuario acceder a una lista completa de las máquinas de la planta, facilitando el conocimiento y la gestión de los recursos disponibles para la fabricación de las válvulas de compuerta.

Figura 44

Módulo de máquinas



Cada máquina incluida en el módulo cuenta con una descripción general que especifica sus características principales y sus aplicaciones dentro del proceso de manufactura. Además, se presentan consideraciones de uso específicas para cada equipo, asegurando que los operarios tengan acceso a información crítica sobre su manejo y mantenimiento adecuado, contribuyendo así a un uso seguro y eficiente de los recursos.

Para obtener información técnica más detallada, el módulo incluye un botón de "Ficha Técnica" junto a cada máquina. Al hacer clic en este botón, el usuario puede visualizar la ficha técnica completa del equipo en formato PDF, la cual contiene especificaciones precisas, capacidades, limitaciones y otros datos técnicos necesarios para el personal de producción y mantenimiento.

8. Pruebas del software

Este capítulo explora el proceso de verificación y validación del planificador del procesos de manufactura desarrollado inicialmente para la manufactura de válvulas de compuerta. Estas pruebas son fundamentales para asegurar que el software cumpla con los requisitos funcionales y operativo definidos durante el diseño y desarrollo del programa. De igual manera esta pruebas incluyen la detección de errores y bugs en el programa, con el objetivo de corregirlos y asegurar un funcionamiento fluido del programa. Se busca confirmar que el software se integre de manera eficiente en el entorno de producción.

8.1. Impresiones o salidas

Se centra en los formatos y documentos que el planificador de procesos es capaz de generar y presentar al usuario para respaldar el proceso de producción de piezas y ensamblajes en la planta. A continuación, se detalla cada uno de los tipos de salida que el programa ofrece:

- **Visualización de modelos CAD:** Además de generar documentos impresos, el software permite al usuario visualizar el modelo CAD 3D de cada pieza y del ensamble completo. Esta función es especialmente útil para que el operador pueda revisar virtualmente el diseño de la pieza o el ensamble antes de proceder con la fabricación, ayudando a detectar posibles inconsistencia.

- Planos de detalle y de ensamble: El sistema permite la visualización en pantalla e impresión de los planos de detalle y de ensamble.
- Hojas de ruta: El software permite generar y visualizar las hojas de ruta detalladas para cada pieza, las cuales incluyen fases de fabricación, tiempos estimados, herramientas, materiales y parámetros específicos. El sistema permite la visualización de pantalla e impresión de las hoja de ruta.
- Guía de ensamble: El programa cuenta con una guía de ensamble para la válvula de compuerta el cual proporciona instrucciones claras y detalladas para asegurar que las piezas sean ensambladas correctamente. Esta se puede visualizar directamente en pantalla o imprimir.
- Ordenes de fabricación: El software permite emitir órdenes de fabricación, especificando las piezas involucradas, los tiempos requeridos y las máquinas a utilizar.
- Etiquetas de identificación: Al finalizar la fabricación de una pieza, el programa puede crear etiquetas de identificación con información clave, como el código del producto, el número de lote y fecha de fabricación. Estas etiquetas ayudan en el control de inventarios y facilitan la trazabilidad de cada componente dentro de la planta.

8.2. Consistencia e integración de datos

La consistencia e integración de los datos aseguran que toda la información gestionada en el sistema sea precisa, uniforme y este interconectada de manera eficiente, lo que resulta necesario para garantizar la correcta ejecución de los procesos productivos.

La consistencia implica que los datos sean uniformes y coherentes en todo el sistema, lo cual elimina discrepancias y errores derivados de información duplicada o contradictoria. Para lograrlo, el software implementa mecanismos que permiten:

8.2.1. Unificación de información

Todos los datos relacionados con la fabricación, como planos de las piezas, hojas de ruta, especificaciones de materiales y fichas técnicas de las máquinas, se consolidan en una única base de datos central, el cual solo tiene acceso el administrador del sistema.

8.2.2. Eliminación de errores

Para evitar los duplicados y las incongruencias, todos los módulos trabajan con la misma información y a su vez cuenta con actualización dinámica de la información. Por otro lado, cuando el software detecta un error en una etapa del proceso, como una incompatibilidad de materiales, se emite una alerta para que el usuario pueda corregirlo antes de continuar

8.2.3. Accesibilidad de información

Los usuarios pueden consultar información completa y actualizada en cualquier momento, como los modelos CAD 3D, los planos en PDF, las fichas técnicas de las máquinas y los detalles de las órdenes de fabricación.

8.3. Cálculo de material

El sistema cuenta con una calculadora integrada el cual determina las cantidades de material necesarias para la fabricación por lotes de fabricación. El cálculo se realiza en función de las dimensiones y características específicas de cada componente, tomando en cuenta el tamaño nominal. En la figura 45 se ilustra como se presenta la información en la interfaz del software.

Esta herramienta permite mejorar la gestión de los recursos de la empresa debido a que contribuye a disminuir los costos asociados al desperdicio de material y evitar interrupciones en la producción por falta de recursos.

Figura 45

Interfaz cálculo de material



8.4. Implementación en la empresa

La implementación del software CAPP en Industrias IMR inició con una inversión estratégica destinada a fabricar un lote piloto de 24 válvulas en acero al carbono. Este lote incluía 12 válvulas de 4 pulgadas y 12 válvulas de 6 pulgadas, y sirvió como punto de partida para ensayar el proceso productivo y recopilar la información necesaria. Durante este periodo, se desarrollaron y documentaron hojas de ruta detalladas para cada etapa de fabricación, las cuales se almacenaron provisionalmente. Posteriormente, estas hojas de ruta fueron organizadas y adaptadas dentro del software, formando la base de un planeador de procesos diseñado para simplificar y optimizar la producción de lotes futuros del mismo producto.

Una vez recopilada la información inicial, se realizaron ajustes en los códigos de programación de las hojas de ruta. Estos ajustes incluyeron modificaciones en los parámetros de herramientas y procesos, necesarias para fabricar un nuevo lote del mismo tamaño, pero esta vez utilizando acero inoxidable AISI 304 como material principal. Este material no solo representa una mejora en la calidad del producto final, sino que también exige mayor precisión y control en el proceso de manufactura debido a sus propiedades mecánicas particulares.

Con las hojas de ruta optimizadas, se logró consolidar el lote de válvulas de acero inoxidable en un tiempo récord de 2 meses, marcando una notable mejora frente a los 5 meses que tomó fabricar el lote inicial en acero al carbono. Esto representa un ahorro de tiempo del 40%, atribuible tanto a las mejoras implementadas en el software como al aprendizaje adquirido por el equipo de trabajo durante el proceso inicial.

Figura 46

Fabricación válvula de 6 pulgadas



Se espera que esta reducción de tiempos continúe mejorando en lotes futuros gracias a la consolidación del uso del software y al desarrollo de habilidades adicionales por parte de los trabajadores implicados. Además, la centralización de la información y la integración de las hojas de ruta dentro del sistema han permitido un flujo de trabajo más organizado y eficiente, reduciendo significativamente los errores y los tiempos muertos durante la producción. En la figura 46, se muestra la construcción de la válvula de compuerta de 6 pulgadas.

Los resultados fueron favorables y ha impulsado a la empresa a considerar la inclusión de nuevos productos algunos de los cuales son: válvula de pedal, válvula de desfogue y racores. Aprovechando la flexibilidad del software y su capacidad para adaptarse a diferentes procesos de manufactura.

9. Estudio de viabilidad técnico económica

En el desarrollo de este capítulo se realizará un análisis detallado de la viabilidad económico-financiera del software CAPP, diseñado para mejorar los procesos de fabricación en INDUSTRIAS IMR. Se evaluarán los costos asociado al desarrollo, implementación y mantenimiento del sistema, así como lo beneficios esperados. Se analizarán los indicadores de rentabilidad tales como, relación beneficio costo, valor actual neto (VAN), la tasa interna de retorno (TIR); con el fin de determinar si el proyecto es financieramente viable.

9.1. Análisis de costos

Para el análisis de viabilidad del proyecto se tuvieron en cuenta los costos directos e indirectos, tanto para el desarrollo del software como para la fabricación de la válvula de compuerta, lo que permitió obtener una visión integral de los recursos necesarios para llevar a cabo

esta iniciativa. Estos datos, presentados en las tablas 15 y 16, incluyen gastos como adquisición de materiales, costos de manufactura, capacitación del personal, y desarrollo tecnológico.

Tabla 15

Costos relacionados con la fabricación de un lote válvula de compuerta de 4 pulgadas

Válvula de compuerta en Acero Inoxidable de 4 pulgadas		
Pieza	Precio	Descripción
Comando móvil	\$171,200	Eje y cortina
Cuerpo	\$148,688	
Comando guía	\$92,866	Tuerca y empaques de sellado vertical
Varios	\$560,000	Tornillos, tuercas, empaque e imprevistos
Mano de obra	\$824,000	
TOTAL	\$1,796,576	

Nota. Este es el costa para fabricar 1 válvula de compuerta de 4 pulgadas y están representado en peso Colombia (COP)

Tabla 16

Costos relacionados con la fabricación de un lote válvula de compuerta de 6 pulgadas

Válvula de compuerta en Acero Inoxidable de 6 pulgadas		
Pieza	Precio	Descripción
Comando móvil	\$267,302	Eje y cortina
Cuerpo	\$682,480	
Comando guía	\$157,400	Tuerca y empaques de sellado vertical
Varios	\$660,000	Tornillos, tuercas, empaque e imprevistos
Mano de obra	\$1,085,334	
TOTAL	\$2,852,516	

Nota. Este es el costa para fabricar 1 válvula de compuerta de 6 pulgadas y están representado en peso Colombia (COP)

En las tablas anteriores se presentan los costos asociados a la fabricación de 1 lote de 12 unidades tanto de las válvulas de compuerta de 4 y 6 pulgadas, considerando cada uno de los

componentes y procesos involucrados. Como resultado, se obtuvo que el costo total para la fabricación del lote válvula de compuerta de 4 pulgadas asciende a \$1'796,576, mientras que el costo para la fabricación del lote válvula de compuerta de 6 pulgadas es de \$2'852,516. En la tabla 17 se detalla los costos asociados al desarrollo del software, diseñado específicamente para optimizar la fabricación de las válvulas.

El total de los costos asociados al desarrollo del software CAPP asciende a \$6'003,000, cifra que engloba todos los elementos necesarios para su implementación, incluyendo el desarrollo, adquisición de licencias de software, y la capacitación del personal. Este monto representa una inversión estratégica para la empresa, con el propósito de optimizar los procesos de manufactura, mejorar la planificación de producción.

Tabla 17

Costos relacionados con el desarrollo del Software

Costos relacionados con el desarrollo del Software CAPP		
Concepto	Precio	Descripción
Equipo de desarrollo	\$4,000,000	Equipo encargado del desarrollo del modelos CAD y desarrollo del CAPP
Licencias y herramientas	\$423,000	Licencias de SolidWorks y Microsoft
Capacitación del personal	\$80,000	
Costos administrativos	\$1,200,000	Persona encargado con la logística
Costos de reajustes y correcciones	\$300,000	
TOTAL	\$6,003,000	

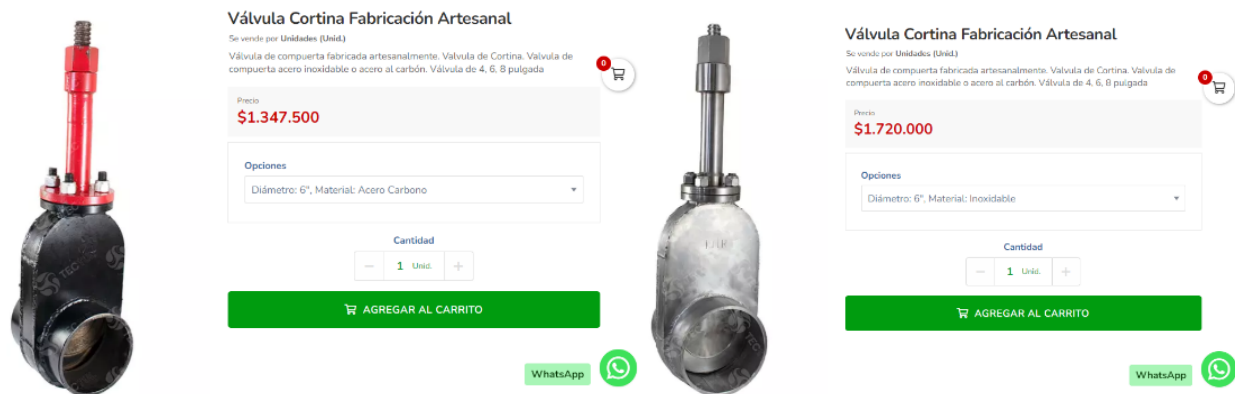
Nota. Estos costos son incluidos para la fabricación de los dos tipos de válvula.

El total de los costos asociados al proyecto, incluyendo la fabricación de las válvulas de compuerta y el desarrollo del software, asciende a \$10'652,092, lo que establece la inversión requerida para la implementación del proyecto. Este valor resulta de la suma de los costos de fabricación de un lote de válvulas de 4 y 6 pulgadas, que en conjunto suman \$4'649,092, y los costos del desarrollo del software, que representan \$6'003,000.

En cuanto a la comercialización de las válvulas de compuerta, se ha establecido que el precio de venta por unidad para la válvula de 4 pulgadas será de \$1,347,500, mientras que la válvula de 6 pulgadas tendrá un precio de venta de \$1,720,000 , mostrados en la figura 47. Estos precios fueron definidos considerando los costos de fabricación, los gastos asociados al proyecto, y el posicionamiento competitivo en el mercado.

Figura 47

Precio de venta válvulas de compuerta



Nota. Tomado de <https://industriasimr.com/es>

Con esta información se procede a calcular las ventas esperadas de las 12 unidades de la válvula de 4 y 6 pulgadas.

$$12 \text{ Unidades} \times \$1'347,500 \text{ COP} = 16'170,000 \text{ COP} \rightarrow \text{Válvula de 4 pulgadas}$$

$$12 \text{ Unidades} \times \$1'720,000 \text{ COP} = 20'640,000 \text{ COP} \rightarrow \text{Válvula de 6 pulgadas}$$

$$\text{Ingresos Totales} \rightarrow 16'720,000 + 20'640,000 = 36'810,000 \text{ COP}$$

Al considerar la comercialización de las válvulas de compuerta en un lote de 24 unidades (12 válvulas de 4 pulgadas y 12 válvulas de 6 pulgadas) se proyecta un ingreso total de \$36'810,000 pesos colombianos, estos ingresos reflejan el potencial de rentabilidad del proyecto al comercializar la totalidad de las válvulas.

9.2. Análisis costo beneficio

Se procede a calcular la relación entre beneficios y costos asociados a la implementación del proyecto. Este análisis es esencial para determinar la relación entre los ingresos generados por la optimización y reducción de tiempos muertos con los costos operativos y de inversión. Al comparar los beneficios con los costos, se puede obtener una visión clara de la eficiencia económica del proyecto.

Los ahorros en errores de planificación y optimización del proyecto son significativos. Con la implementación del Software, se reducen los errores hasta en un 40%, considerando que actualmente la empresa pierde aproximadamente \$24'000,000 al año debido a compra de nuevos insertos y herramientas. Esto se traduce en un ahorro anual estimado de \$9'600,000.

Por otro lado, en cuanto a reducción de tiempos muertos, se prevé una disminución del 25% en esto representa un ahorro de \$2'413,023 teniendo en cuenta que la inversión inicial del proyecto es de \$10'652,092.

$$\frac{\text{Beneficios}}{\text{Costos}} = \frac{\$9'600,000 + \$2'413,023}{\$10'652,092} = 1,128$$

La relación de beneficios a costos el resultado obtenido es de 1.128, este resultado demuestra que el proyecto es rentable, ya que los beneficios superan los costos en un 12.8%. Este margen de

rentabilidad permite a la empresa no solo cubrir los costos de producción y desarrollo, sino también obtener utilidades que pueden ser reinvertidas en futuras mejoras del sistema.

9.3. Cálculo Valor Presente Neto

Se procederá a calcular el Valor Presente Neto (VPN) del proyecto. Este indicador permite evaluar la viabilidad de proyectos de inversión, dado que permite determinar si el proyecto generará beneficios económicos suficientes para justificar la inversión inicial, considerando el valor del dinero a lo largo del tiempo.

El VPN se calcula descontando todos los flujos de efectivo futuros generados por el proyecto al valor presente, utilizando una tasa de descuento que representa el costo de oportunidad del capital o la rentabilidad esperada. Esta se fija de acuerdo con el banco de la república a la fecha de noviembre del año 2024 y es de 9,5% anual.

El flujo de caja se representa en la figura 48 y se calcula con la siguiente fórmula:

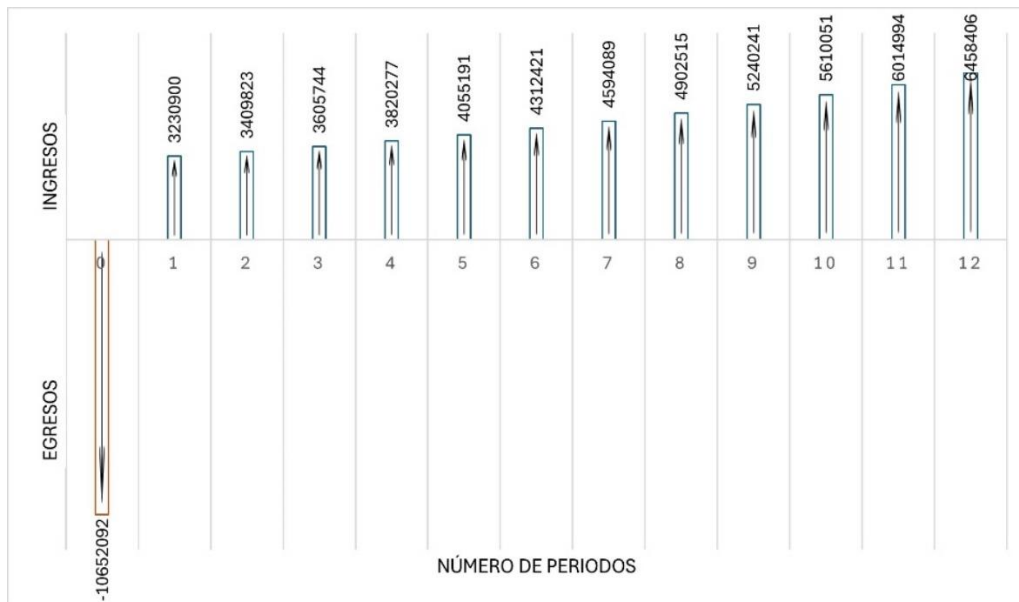
$$F_t = P * (1 + i)^t$$

Donde:

- F_t : Flujo de caja en el futuro
- P : Valor presente o flujo de caja inicial
- i : Tasa de interés o tasa de crecimiento
- t : Número de periodos en los que se lleva el flujo al futuro

Figura 48

Diagrama flujo de caja



La fórmula para calcular el VPN es la siguiente. Donde I_0 ; es la inversión inicial del proyecto, Fc_t es el flujo de caja neto en el periodo t , i ; es la tasa de interés, t ; es el periodo en el que se genera el flujo de efectivo y N ; duración total del proyecto en periodos.

$$VPN = -I_0 + \sum_{N=1}^N \frac{Fc_t}{(1+i)^t}$$

$$VPN = -10652092 + \frac{55254651}{(1+0,095)^{12}}$$

$$VPN = 7943046$$

Al realizar el cálculo del Valor Actual Neto (VPN) para el proyecto, el resultado obtenido fue de 7943046. Este resultado refleja que el proyecto no solo recuperará la inversión inicial, sino que también generará un excedente significativo en términos de rentabilidad. El cálculo del VPN

permitió evaluar la viabilidad económico-financiera del proyecto al considerar los ingresos esperados, los costos de desarrollo del software y fabricación de las válvulas, así como el impacto del valor del dinero en el tiempo. Este indicador reafirma que el proyecto es económicamente sólido y que la implementación de la tecnología y el sistema contribuirán directamente al incremento de los beneficios de la empresa.

9.4. Cálculo tasa interna de retorno

La Tasa Interna de Retorno (TIR) es un indicador clave para evaluar la rentabilidad de un proyecto. Este valor representa la tasa de descuento a la cual el VPN del proyecto es igual a cero, lo que significa que los flujos de caja generados por el proyecto cubren exactamente la inversión inicial.

Para el cálculo de la TIR en este proyecto, se establecieron los flujos de caja correspondientes a cada periodo, considerando tanto los ingresos proyectados como los costos de operación y la inversión inicial. El objetivo es encontrar una tasa de retorno que equilibre la ecuación del VPN:

$$VPN = \sum_{t=0}^n \frac{Fc_t}{(1+i)^t} - I_0 = 0$$

Donde:

- Fc_t : representa los flujos de caja netos en cada periodo t
- I_0 : es la inversión inicial del proyecto
- i : es la tasa de descuento, que en este caso corresponde a la TIR

El cálculo se realizó utilizando herramientas informáticas para aplicar un proceso iterativo que permita ajustar la tasa i hasta obtener un VPN igual a cero. Este método garantiza una mayor precisión y eficiencia al determinar el valor de la TIR. Si la $TIR > i$; el proyecto es rentable. Si la $TIR < i$; el proyecto no es rentable y si la $TIR = i$ el proyecto es neutral. En la tabla 18 se ilustra el calcula de la TIR con la ayuda de la herramienta Excel.

Tabla 18

Cálculo Tasa Interna de Retorno (TIR)

Periodos	Flujo de caja
0	-10652092
1	3230900
2	3409823
3	3605744
4	3820277
5	4055191
6	4312421
7	4594089
8	4902515
9	5240241
10	5610051
11	6014994
12	6458406
TIR	35%

Nota. Para el cálculo de la TIR se utilizó la formula generada en Excel

El cálculo de la Tasa Interna de Retorno (TIR) para este proyecto resultó en un valor del 35%, lo que refleja una rentabilidad significativa en relación con la inversión realizada. Este porcentaje indica que los flujos de caja generados por el proyecto no solo cubren la inversión inicial, sino que también generan un retorno considerable por encima del costo de oportunidad.

El valor obtenido supera ampliamente las tasas de descuento convencionales utilizadas en el sector, lo que posiciona al proyecto como financieramente viable y atractivo para su ejecución. Además,

esta TIR representa un margen de rentabilidad que permite absorber posibles contingencias sin comprometer el éxito financiero del proyecto. Esto fortalece la confianza en la capacidad de la empresa para obtener beneficios sostenibles y ampliar sus operaciones en el futuro.

10. Conclusiones

El desarrollo de este proyecto permitió documentar y estructurar toda la información orientado a la planeación de procesos de manufactura de las válvulas de compuerta en la empresa Industrias IMR, logrando abordar cada uno de los objetivos planteados.

La creación de las hojas de ruta para la manufactura de las válvulas de compuerta representó un avance significativo en la organización de los procesos productivos dentro de la planta de fabricación. Con toda la información detallada sobre el modelo y cada fase de los procesos de manufactura permitió organizar, estandarizar y optimizar la fabricación de las válvulas de compuerta.

El diseño conceptual y desarrollo del sistema CAPP bajo la modalidad variante logró integrar las tecnologías de manufactura asistida por computadora, entre ellos, los diferentes módulos con lo que cuenta el sistema, los cuales permiten la creación de órdenes de fabricación por lotes, el acceso a hojas de ruta y guías de ensamblaje, y la consulta de materiales requeridos; con el módulo de seguimiento, que facilita el monitoreo del estado de cada orden, indicando en qué etapa del proceso se encuentra y mostrando el estado de finalización de cada fase; y el módulo de máquinas, que centraliza información técnica de los equipos, incluyendo sus fichas técnicas. Estos módulos trabajan en conjunto para garantizar un flujo de trabajo coordinado, con una interfaz

accesible que optimiza tanto la planificación como la ejecución de tareas en la planta de producción.

La incorporación y centralización de toda la información en el software desarrollado representa un hito significativo en la organización y gestión de los procesos de manufactura en Industrias IMR. Este enfoque permite integrar datos esenciales como las hojas de ruta, guías de fabricación, planos CAD y fichas técnicas de las máquinas en un sistema único, accesible y eficiente. La organización de esta información dentro del software no solo garantiza la trazabilidad y estandarización de los procesos, sino que también facilita la toma de decisiones en tiempo real, reduciendo errores, optimizando recursos y mejorando la productividad general. Este nivel de integración refuerza la capacidad de la empresa para responder de manera ágil a las demandas del mercado

El estudio de viabilidad económico-financiera demuestra que el proyecto para el desarrollo e implementación del software y la fabricación de válvulas de compuerta es rentable y sostenible en el tiempo. Los resultados obtenidos como el valor presente neto y la tasa interna de retorno destacan la capacidad del proyecto de generar beneficios sobre la inversión inicial, consolidando su viabilidad económica. La viabilidad del proyecto destaca su potencial en generar ventajas competitivas, destacando su capacidad de enfrentar nuevos desafíos de un mercado en constante evolución.

La implementación del software desarrollado en este proyecto aporta beneficios a la industria manufacturera y a la comunidad tecnológica, ya que permite integrar y organizar información relacionada con los procesos de fabricación, promoviendo la digitalización. Además, impulsa a la cultura de mejora continua al optimizar tiempos y minimizar errores.

Referencias Bibliográficas

- Aguirre Pereira, J. (2021). *Estandarización del proceso de producción de válvulas de compuerta modelo FC en la empresa Missionpetroleum S.A.* [Tesis de pregrado]. Universidad Tecnológica de Indoamérica. 152p. Obtenido de <http://repositorio.uti.edu.ec/handle/123456789/2672>
- API. (2001). *API Standard 600: Steel Gate Valves—Flanged and Butt-welding Ends, Bolted Bonnets*. American Petroleum Institute.
- AVK Group. (01 de marzo de 2017). Obtenido de ¿Qué es una válvula de compuerta?: <https://www.avkvalvulas.com/es-es/m%C3%A1s-informaci%C3%B3n-y-soluciones/caracter%C3%ADsticas-de-los-productos/v%C3%A1lvulas-de-compuerta/qu%C3%A9-es-una-v%C3%A1lvula-de-compuerta>
- García Pineda, F. (2008). Integración de softwares CAD/CAPP/CAE para el diseño y planeación de procesos de producción de recipientes a presión. [Tesis de maestría]. Instituto Politécnico Nacional. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/handle/123456789/573>
- Groover, M. P. (2007). *FUNDAMENTOS DE MANUFACTURA MODERNA* (3a ed.). GUADALAJARA: MCGRAW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES.
- GRUMEBER. (Abril de 2021). Obtenido de Acero Inoxidable AISI 304: propiedades: <https://grumeber.com/acero-inoxidable-aisi-304/>
- Grupo ESGinnova. (2022). *La ISO 9001:2015 y los principios de gestión de la calidad*. Obtenido de <https://www.nueva-iso-9001-2015.com/2022/02/la-iso-90012015-y-los-principios-de-gestion-de-la-calidad/#:~:text=Estos%20principios%20de%20gesti%C3%B3n%20de,los%20beneficios%20de%20su%20aplicaci%C3%B3n.>

Hawle Austria Group. (17 de enero de 2020). Obtenido de Válvula de compuerta Hawle E3 [características principales]:

<https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=SCZNBShsYlg>

INDUSTRIAS IMR S.A.S. (2023). Obtenido de IMR: <https://industriasimr.com/es>

ISO 90001:2015. (es). Sistemas de gestión de calidad.

Microsoft. (Septiembre de 2024). *Creando juntos el futuro del desarrollo de software*. Obtenido de <https://visualstudio.microsoft.com/es/>

Palacios, B., & Ramirez, J. (2019). *Desarrollo de un CAPP en la producción de unidades móviles de servicio en la empresa NINOX ZFS S.A.S. enfocado a la certificación de calidad*. Bucaramanga: [Tesis de pregrado, Universidad Industrial de Santander].

Redacción Logística 360. (2023). *Los nuevos 5 principios de la logística: «La importancia del desarrollo digital»*. Obtenido de <https://logistica360.pe/>

Shoval, S. (2011). A Generative Computer Aided Process Planning (CAPP) Methodology Using GAP Analysis. *International Conference on Instrumentation, Measurement, Circuits and Systems*. (Ming, C. ASME Press, 2011., Ed.)

Smith, P., & Zappe, R. (2004). *Valve selection handbook: engineering fundamentals for selecting the right valve design for every industrial flow application*. Elsevier.

XINTAI VALVE GROUP. (2023). *Una guía completa para la válvula de compuerta*. Obtenido de <https://www.xintaivalves.com/es/blog/the-ultimate-guide-to-gate-valves/>

Zhao, P., Lui, J., Jing, X., Tang, M., Sheng, S., Zhou, H., & y Lui, X. (19 de february de 2020). The Modeling and Using Strategy for the Digital Twin in Process Planning. *IEEE Access*, págs. 1-17.

Apéndices

Apéndice A. Fases de maquinado de las piezas que conforman la válvula de compuerta

Fases de maquinado Tuerca válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
16240-61	Tuerca válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte de material	Cortadora	3	2
		Refrentar	CNC	6	1,5
16240-41		Roscar	CNC	3	5

Fases de maquinado junta loca válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
10400-61	Junta loca válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte de material	Cortadora	3	2
		Refrentado	CNC	4	3
10400-41		Ranurar	CNC	2	2

Fases de maquinado Eje válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
28000-61	Eje válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte de material	Cortadora	2	2
		Centro punto	CNC	2	2
28000-41		Desbaste y roscado	CNC	10	5
		Descarga posterior	CNC	2	2

Fases de maquinado tubo de 1.25 y 1 pulgadas válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
20100-61	Tubo de 1.25 y 1				
20100-41	pulgadas válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte de material	Cortadora	2	2

Fases de maquinado Acople de sello O’rings válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
14360-61	Acople de sello O’rings	Corte de material	Cortadora	6	2
14360-41	válvula de 6 y 4 pulgadas	Desbaste	CNC	6	5
		Refrentado	CNC	3	2

Fases de maquinado Brida superior válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
		Refrentado	CNC	5	5
01001-61	Brida superior válvula	Biselado	CNC	1	1
01001-41	de 6 y 4 pulgadas	Ampliado de perforaciones	Centro de mecanizado	5	5

Fases de maquinado Brida inferior válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
06061-61	Brida inferior válvula de	Refrentado	CNC	5	5
06061-41	6 y 4 pulgadas	Biselado	CNC	1	1

Fases de maquinado Platina doblada y perforada válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
70024-61 70024-41	Platina doblada y perforada válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte de material	Cortadora	2	2
		Perforación	Centro de mecanizado	3	3
		Doblado	Prensa hidráulica	3	3

Fases de maquinado Platina IMR válvula de 6 y 4pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
60194-61	Platina IMR válvula de	-	-	-	-
60194-41	6 y 4 pulgadas	Prensado	Prensa hidráulica	2	2

Fases de maquinado Platina lateral válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
70000-61	Platina lateral válvula de	Corte de material	Cortadora	2	2
70000-41	6 pulgadas				

Fases de maquinado Cortina válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
		Corte de material	Cortadora	6	5
		Refrentado	CNC	10	10
		Perforaciones axiales	Centro de mecanizado	3	3
07092-61	Cortina válvula de 6 y 4 pulgadas	Desbaste en cuña	CNC	8	8
07092-41		Perforación radial	Centro de mecanizado	4	4
		Tapado de perforaciones axiales	Estación de soldadura	10	10

Fases de maquinado Tubo de 6 y 4 pulgadas válvula de 6 pulgadas y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
		Corte de material	Cortadora	2	2
07110-61	Tubo de 6 y 4 pulgadas válvula de 6 y 4 pulgadas	Refrentado	Torno	2	2
07110-41		Refrentado de ángulo	Torno	5	5

Fases de maquinado Platina doblada válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
70020-61	Platina doblada válvula	Corte de material	Cortadora	2	2
70020-41	de 6 pulgadas	Doblado	Prensa hidráulica	3	3

Fases de maquinado Anillo de sello válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
00150-61	Anillo de sello válvula	Corte de material	Cortadora	3	3
00150-41	de 6 y 4 pulgadas	Ranurado	CNC	12	10

Fases de maquinado Tornillo de ajuste válvula de 6 y 4 pulgadas

Número de pieza	Nombre de la pieza	Operación	Máquina	Tiempo estimado [min]	
				VAL 6	VAL 4
22000-61	Tornillo de ajuste				
2200-41	válvula de 6 y 4 pulgadas	Corte	Cortadora	3	3

Las piezas que no se han incluido en las tablas corresponden a componentes que no requieren procesos de maquinado dentro de la planta, ya que se adquieren de manera directa a proveedores externos. Además, cabe destacar que todas las piezas fabricadas, serán de acero inoxidable.

Apéndice B. Modelos CAD válvula de compuerta

Estos documentos se encuentran adjuntos en la carpeta del proyecto

Apéndice C. Planos de detalle válvula de compuerta

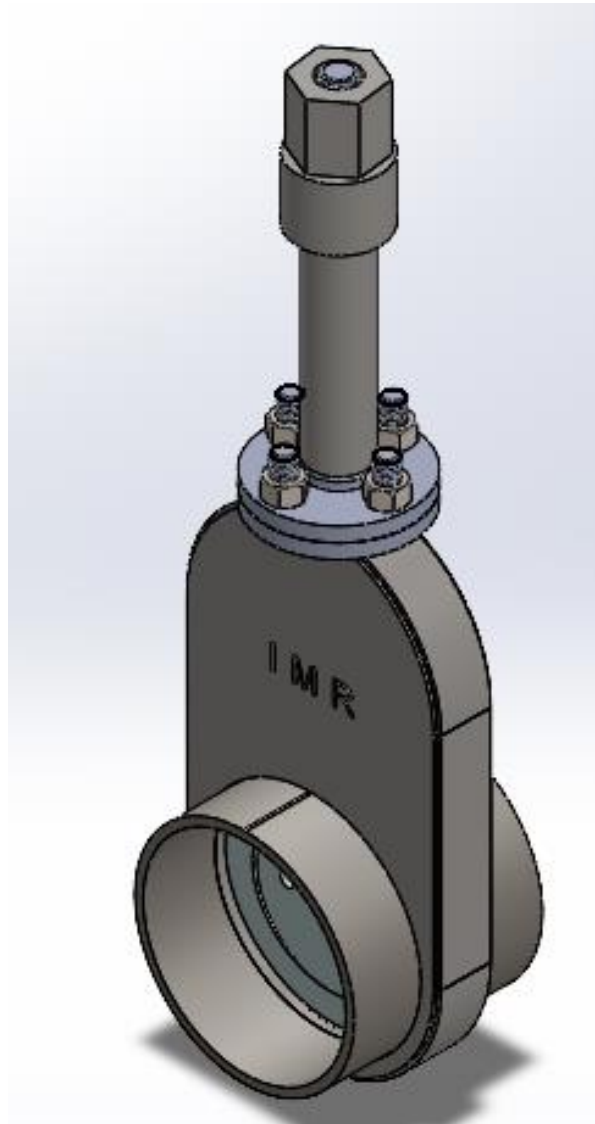
Estos documentos se encuentran adjuntos en la carpeta del proyecto

Apéndice D. Hojas de ruta fabricación de piezas

Estos documentos se encuentran adjuntos en la carpeta del proyecto

Apéndice E. Hoja de ruta soldadura entre subensambles

<i>Nombre de la pieza</i>	Válvula de compuerta 4 y 6 pulgadas
---------------------------	--



OPERACIONES	TIEMPO
Armado de eje y cortina	3 [min]
Armado de tubos y sellos	10 [min]
Armado de tren superior	30 [min]

Armado de brida de ajuste	15 [min]
Armado de tren inferior	2 [h]



Equipos y herramientas

Equipo	Imagen ilustrativa
Estación de soldadura	
Adaptador tig	
Electrodos de tungsteno	
Varillas de aporte	

Descripción

Armado de cuña y eje

Piezas

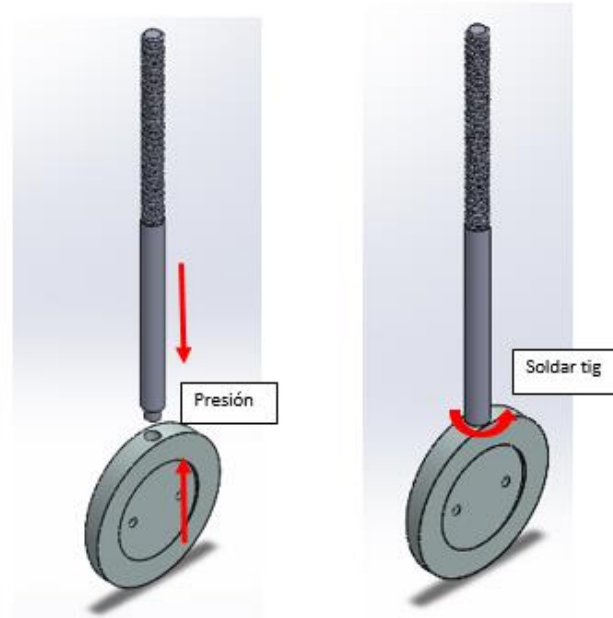
Nombre de pieza	Imagen ilustrativa
Cortina	
Eje	

Tipo de unión y posición entre piezas entre

Piezas	Relación
Eje y cortina	Unión rígida por soldadura

Ubicar el eje sobre la cuña y ajustar aplicando presión, si es necesario, usar un martillo para hacer coincidir los topes tanto de la descarga del eje como la pared de la cuña, esto se hace para garantizar que queden alineadas las piezas y poder aplicar soldadura sin que se genere desalineación por calor.

Posteriormente se procede a soldar el anillo de contacto entre las piezas mediante soldadura tig con aporte de electrodo de 1/8” del material correspondiente.



Armado de tubos y sellos

Piezas

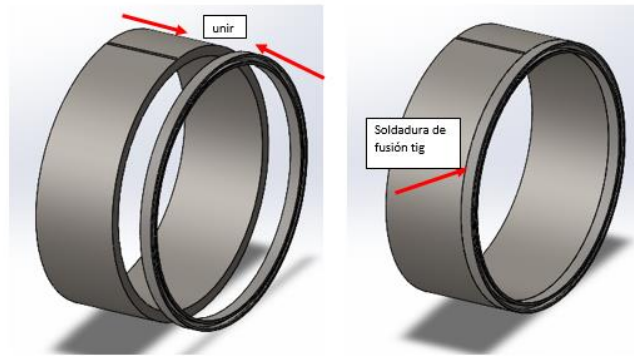
Nombre de pieza	Imagen ilustrativa
Tubo	
Anillo de Sello	

Tipo de unión y posición entre piezas entre

Piezas	Relación
--------	----------

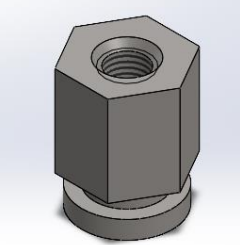
Tubo y anillo de sello	Unión rígida por soldadura
------------------------	----------------------------

Ubicar el anillo de sello sobre la cara inclinada del tubo verificando que la ranura quede libre (mirando hacia el lado contrario del tubo) y aplicar soldadura de fusión tig en el anillo de contacto entre las piezas.



Armado de tren superior

Piezas

Nombre de pieza	Imagen ilustrativa
Tuerca	

Bipartida	
Tubo recto	
Acople de Orings	
Brida superior	

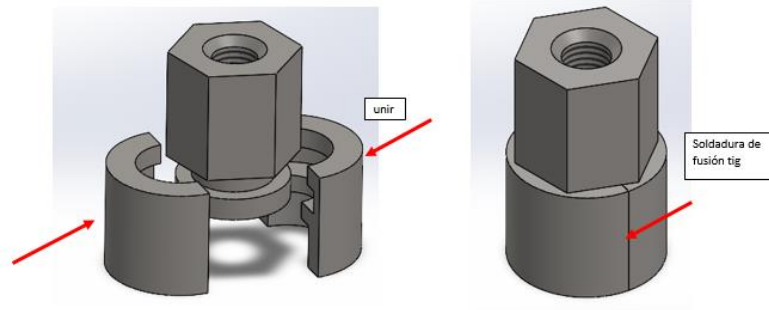
Tipo de unión y posición entre piezas

Tuerca y bipartida

Piezas	Relación
Tuerca y bipartida	Contacto independientes

Se corta la bipartida a la mitad en la cortadora de sierra y posteriormente se unen con la tuerca de tal forma que la tuerca se mueva dentro de la bipartida, enseguida se solda las dos partes

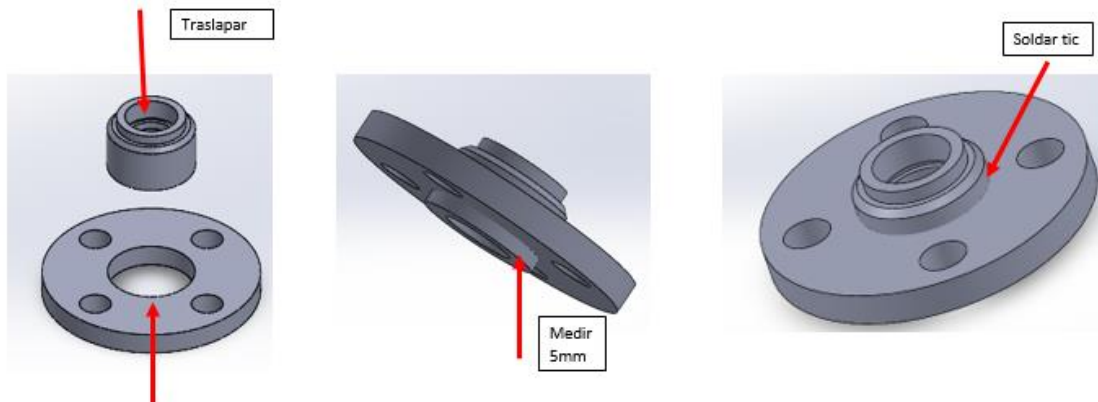
de la bipartida con soldadura tig de fusión, solamente en los contactos externos, es decir en las líneas verticales externas.



Acople oring y brida superior

Piezas	Relación
Acople oring y brida superior	Unión rígida por soldadura

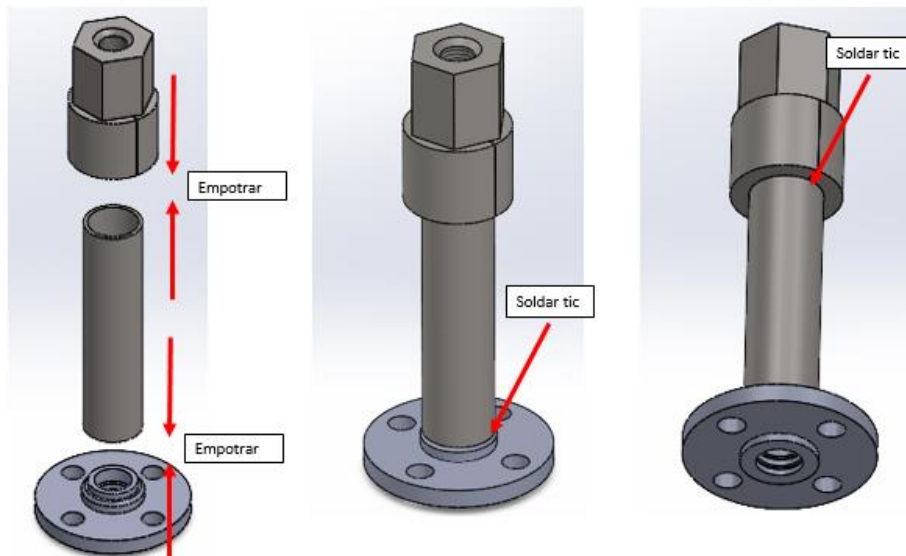
Se ubica el acople oring dentro de la brida y se sostiene la parte sin descarga a 5mm de la cara de la brida de tal forma que queden traslapados y posteriormente se aplica soldadura por la parte opuesta, haciendo aporte con electrodo del material correspondiente.



Tubo y las parejas inmediatamente anteriores

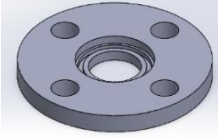

Piezas	Relación
Tubo + Acople oring y brida superior + tuerca y bipartida	Unión rígida por soldadura

Se empotran los sub-ensambles anteriores en el tubo y se suelda por fuera en los contactos del tubo.



Armado de brida de ajuste

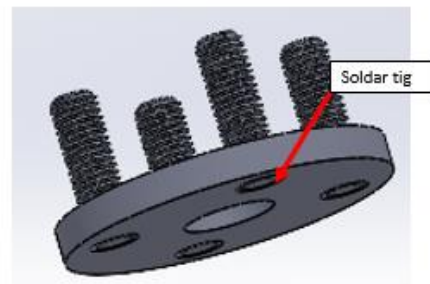
Piezas

Nombre de pieza	Imagen ilustrativa
Brida inferior	
Tornillos de ajuste	

Tipo de unión y posición entre piezas


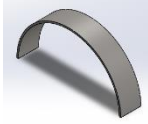
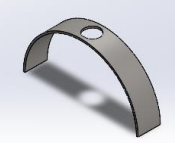

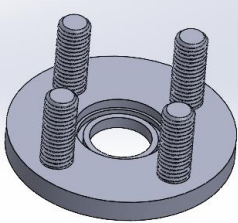
Piezas	Relación
Brida inferior y tornillos de ajuste	Unión rígida por soldadura

Se ubican los cuatro tornillos dentro de las perforaciones de la brida que queden empotrados y en el mismo plano sus caras y posteriormente se aplica soldadura tig con aporte de electrodo de 1/8” del material correspondiente; se debe tener en cuenta la opción de la descarga de la brida.



Armado de tubos y sellos

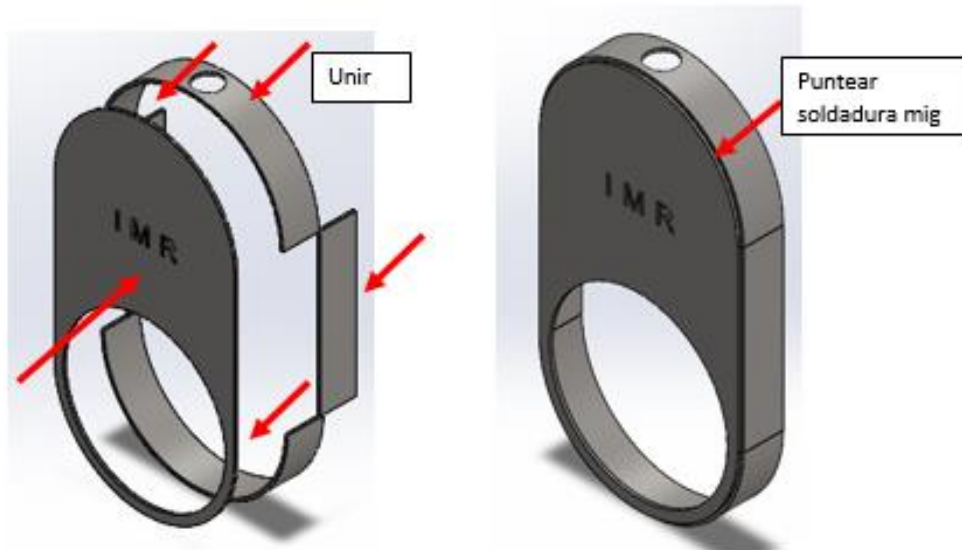
Piezas

Nombre de pieza	Imagen ilustrativa
Placa IMR	
Placa inferior	
Placa perforada	
Placa lateral	
Brida de ajuste	

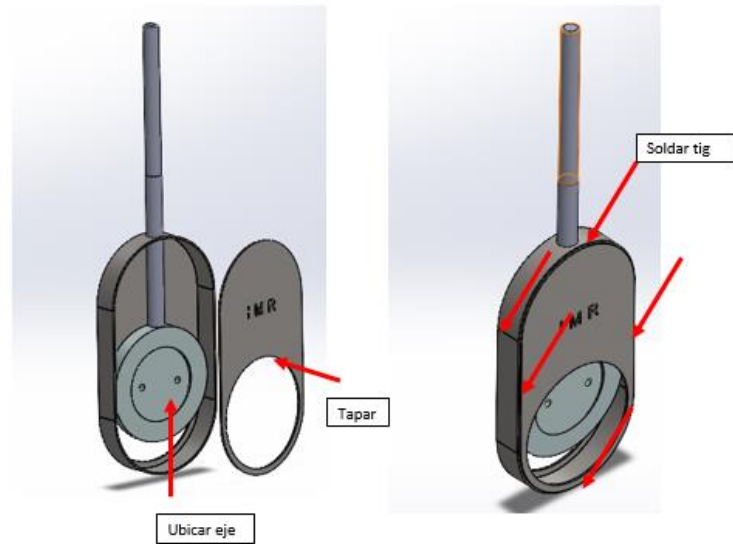
Tipo de unión y posición entre piezas

Piezas	Relación
Placa IMR + Placa lateral + Placa inferior + placa superior	Unión rígida por soldadura

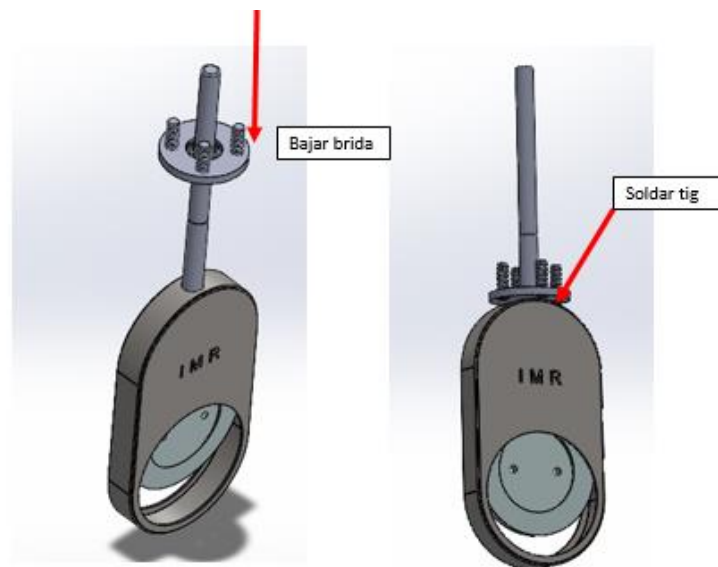
Se ubican las placas sobre el contorno de la placa IMR de forma perpendicular y verificando que la placa perforada quede como en la cabeza del letrero IMR y se puntean las piezas con soldadura tig



Posteriormente se ubica el ensamblaje del eje y la cortina dentro, pasando el eje por la perforación superior y se ubica otra lamina de IMR en la parte descubierta y se procede a soldar todas las aristas de contacto con soldadura tig con electrodo de aporte de 1/8” del material correspondiente

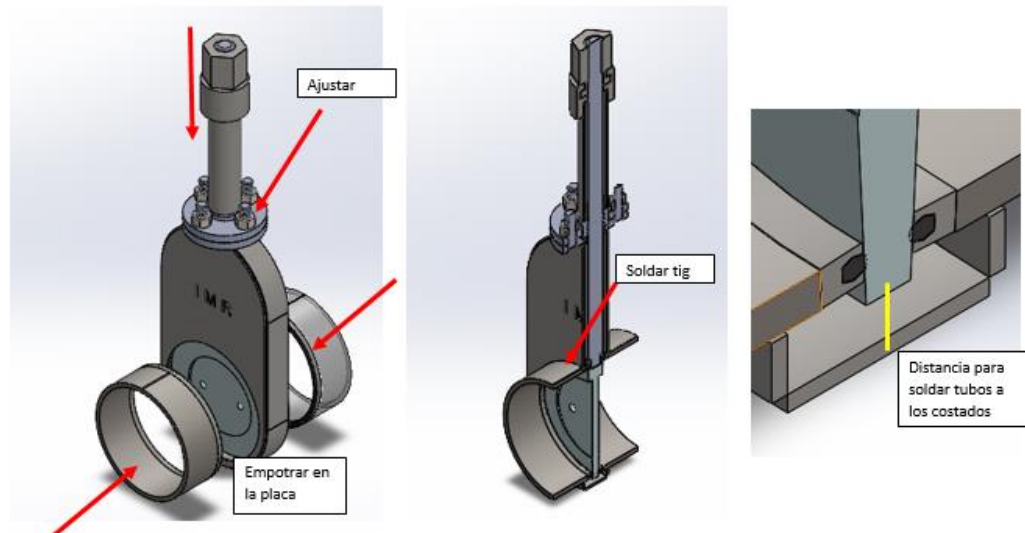


Una vez esté resoldado se procede a soldar la brida de ajuste centrándose con el eje y aplicando soldadura tig de aporte con electrodo de 1/8"



Ahora viene la parte crucial que garantiza que la válvula funcione, se suelda los tubos de sello, con el sello hacia el centro de la válvula, se ubica la cortina a 10mm del extremo y se pegan los tubos, luego se puntea y se verifica la alineación y contacto de los sellos con la compuerta. Para

evitar que se produzcan desplazamientos de la cortina se arma el tren superior y se ajusta con tuercas estándar manteniendo el eje roscado en la tuerca.



Una vez terminado el armado se procede a colocar los empaques de sellado y se procede a hacer prueba de fugas.

¡Pieza terminada!

Apéndice F. Guía de ensamble

Se encuentra adjunto en la carpeta del proyecto

Apéndice G. Programación y ejecutable del software

Se anexa el código de programación en Visual Studio y el ejecutable con el que se podrá instalar el sistema en un ordenador.

Apéndice H. Formato Hoja de ruta

<i>Nombre de la pieza</i>	
---------------------------	--

Plano de la pieza

OPERACIONES	TIEMPO [min]
Fase 1	Tiempo estimado
Fase 2	Tiempo estimado
Fase 3	Tiempo estimado

Descripción

Fase 1

Descripción del material

Proceso para obtener el material

Herramienta	Parámetros	Tiempo
Descripción de herramienta	Parámetros de trabajo de la herramienta	Tiempo de trabajo

Fase 2

Montaje de pieza de trabajo en máquina

Herramienta

Nombre de herramienta	Imagen ilustrativa	Parámetros	Operación
Referencia de la herramienta	Foto	Parámetros de trabajo de la herramienta	Operación que realiza la herramienta

Código máquina CNC

Código G Y para realizar la operación si es un CNC

Se muestra una imagen ilustrativa de como queda la pieza luego de esta operación

Si la pieza tiene más de dos fases de repite el proceso de la fase 2, al igual que si el material no requiere corte para la pieza se omite la fase 1.

¡Pieza Terminada!

Apéndice I. Evidencia fotográfica fabricación válvula de compuerta

Acoples Orings de válvula de compuerta de 4" Inox con su respectivos Orings en Viton.



Montaje para refrentado de tubos de paso inoxidable de la compuerta de 4"



Cortina, eje, tuerca y pieza de Orings de válvula de compuerta de 6" inoxidable



Subensamble superior de válvula de compuerta de 4" en hierro.



Tubos con sellos soldados y empaques de válvulas de hierro de 4"



Bridas inoxidable superior e inferior de válvula de compuerta inoxidable de 4"



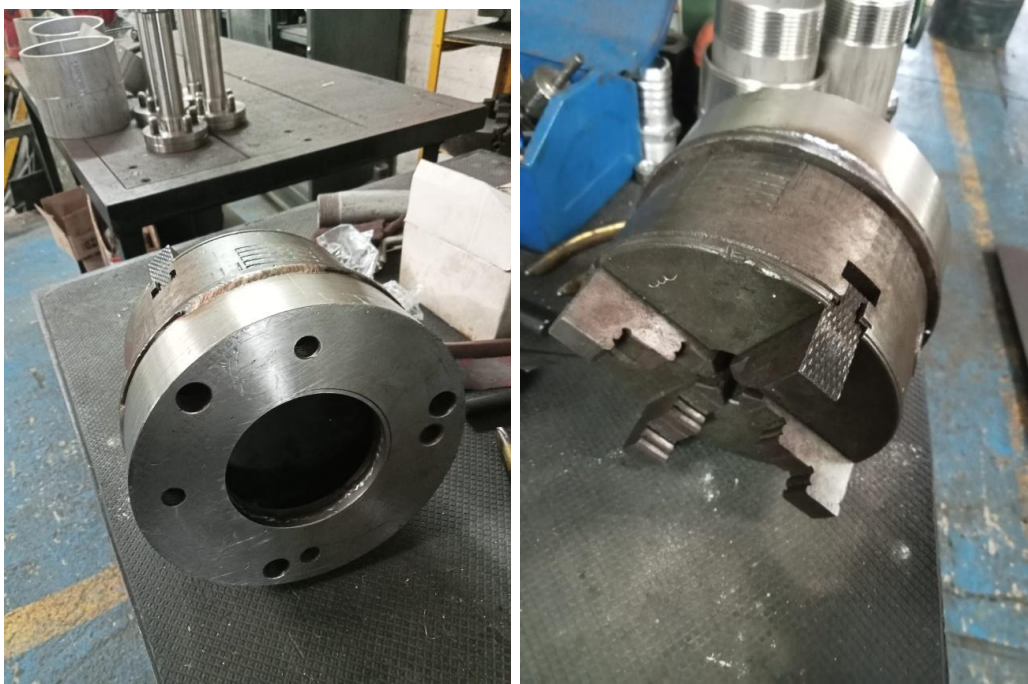
Lote de piezas para válvulas de compuerta de hierro y acero inoxidable



Compuerta más eje de válvula de compuerta de 4" inoxidable



Matriz fabricada para torneado ángulo a tubería para sello de las válvulas de compuerta en torno.



Ejes desbastados para ajustar en compuertas para válvulas de cortina inoxidable.



Ejes roscados más subensambles superior de compuerta inoxidable de 4 pulgadas



Herramienta usada para roscar las tuercas de las válvulas de compuerta.



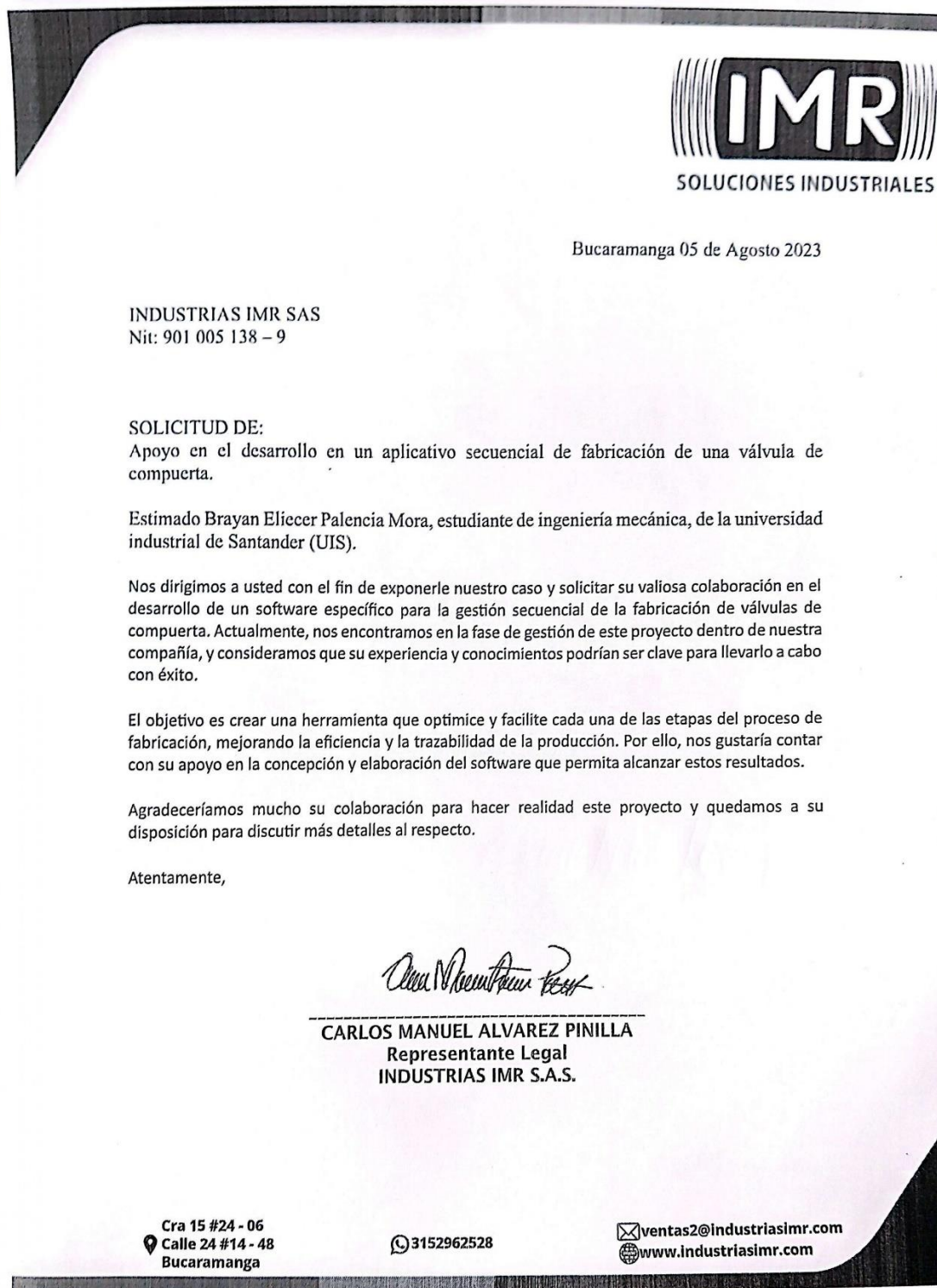
Válvulas de compuerta en hierro de 6"



Válvula de compuerta, modelo inicial.



Apéndice J. Carta de solicitud por parte de la empresa para el desarrollo del software



Apéndice K. Acta de entrega del Software

Bucaramanga 22 de Enero de 2025

ACTA DE ENTREGA

Asunto: Entrega de un software de fabricación de una válvula de compuerta.


Yo Brayan Eliecer Palencia Mora identificado con CC. 1 005 300 270 de Málaga /Santander, y Edwin Yecid Orozco Reyes CC. 1 052 414 778 de Duitama Boyacá. Estudiantes de ingeniería mecánica de la universidad de Santander (UIS).

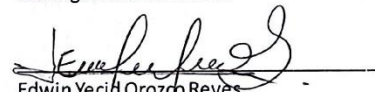
Nos dirigimos a ustedes para expresarle un cordial saludo y a la vez, entregar el software de fabricación de una válvula de compuerta, que se ejecutó por petición de la empresa INDUSTRIAS IMR.

El presente aplicativo cumple el objetivo requerido. Para uso en dispositivos de escritorios con sistema operativo Windows, este cuenta con la correspondiente información de proceso de manufactura, paso a paso, de la válvula de compuerta.

Para constancia de lo anterior firman:


 Brayan Eliecer Palencia Mora
 CC. 1 005 300 270 de Málaga /Santander.
 Est. Ingeniería Mecánica


 INDUSTRIAS IMR
 Carlos Manuel Álvarez Pinilla
 ING. Mecánico


 Edwin Yecid Orozco Reyes
 CC. 1 052 414 778 de Duitama Boyacá
 Est. Ingeniería Mecánica