



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE LA MIXTECA

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO

MAESTRÍA EN TECNOLOGÍA AVANZADA DE MANUFACTURA

**“DISEÑO Y MANUFACTURA DE UN HERRAMENTAL PARA EL
FORMADO DE CHOCOLATE DE MESA”**

TESIS

PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN TECNOLOGÍA AVANZADA DE MANUFACTURA

PRESENTA:

ING. JUAN CARLOS MARTÍNEZ NICOLÁS

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. ORQUÍDEA SÁNCHEZ LÓPEZ

CODIRECTOR DE TESIS:

DR. IGNACIO HERNÁNDEZ CASTILLO

HEROICA CD. DE HUAJUAPAN DE LEÓN, OAXACA, MÉXICO. NOVIEMBRE 14 DE 2025.

DEDICATORIA

La presente tesis está dedicada con todo mi corazón a mi madre, Diana E. Martínez Nicolás, pues ella fue el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, creer en mi capacidad y por mostrarme el camino hacia la superación.

A mi familia, a mis tías Angélica y Minerva, a mis primas Dulce y Karla, por su apoyo y motivación.

A mis amigos y amigas, por las risas compartidas, los momentos inolvidables y apoyo en mis decisiones.

A cada uno de mis maestros a lo largo de mi trayecto, quienes guiaron mi aprendizaje y me brindaron los conocimientos necesarios.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a toda mi familia, en especial a mi madre, sin ella no lo hubiera logrado, gracias por su eterno respaldo, por sus sacrificios y por inspirarme con su dedicación incansable. Gracias por ser mi inspiración constante, por forjarme como la persona que soy en la actualidad, por inculcarme grandes valores, por estar para mí en mis mejores y peores momentos y nunca dejar que me rindiera. Todos mis logros se los debo a ella, es mi principal motivación, mi gratitud eterna.

Expreso mi sincero agradecimiento a mi directora de tesis la Dra. Orquídea Sánchez López y codirector de tesis el Dr. Ignacio Hernández Castillo, quienes han desempeñado un papel fundamental en el desarrollo y éxito de esta tesis. Agradezco por su paciencia, sabiduría y apoyo constante, elementos cruciales que han servido para enriquecer mi conocimiento académico.

Agradezco a la Secretaría de Ciencia, Humanidades, Tecnología e Innovación (SECIHTI), por el apoyo otorgado a través de la beca que hizo posible la realización de mis estudios de posgrado y el desarrollo de este proyecto de tesis.

RESUMEN

En este proyecto de tesis se creó un prototipo de herramienta especializada en acero inoxidable AISI 304 para el formado de chocolate de mesa. La industria del chocolate enfrenta desafíos en la producción y consumo. Los productores artesanales carecen de herramientas adecuadas para el formado de chocolate de mesa, lo que afecta la calidad y competitividad. Por otra parte, los consumidores tienen dificultades al formar manualmente el chocolate, lo que resulta en desperdicio y frustración. Por lo anterior, surgió la necesidad de desarrollar una herramienta especializada para mejorar la eficiencia y calidad del producto que responda las necesidades en la industria alimentaria, mejorando la competitividad de los productores y la experiencia del consumidor.

En el desarrollo de este trabajo se recopiló información de productores y consumidores de Huajuapán de León y Oaxaca de Juárez, Oaxaca, con la finalidad de establecer sus requerimientos para diseñar y fabricar el prototipo del herramental, el cual se fabricó en acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio, empleando los procesos de manufactura que se pudieron realizar en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura, Taller de Metalmecánica y Taller de Maderas de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

CONTENIDO

DEDICATORIA.....	I
AGRADECIMIENTOS	II
RESUMEN.....	III
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VII
ÍNDICE DE TABLAS.....	X
CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA	1
1.1 Introducción	1
1.2 Planteamiento del problema	2
1.3 Justificación	4
1.4 Hipótesis.....	5
1.5 Objetivos	5
1.5.1 Objetivo general	5
1.5.2 Objetivos específicos	5
1.6 Metas.....	6
1.7 Limitaciones de la tesis	7
1.8 Metodología	8
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	9
2.1 Chocolate	9
2.1.1 El chocolate en México	9
2.1.2 Chocolate de mesa.....	11
2.1.3 Elaboración del chocolate casero artesanal.....	12
2.1.4 Elaboración del chocolate de mesa	14
2.2 Normatividad	15
2.3 Procesos de manufactura.....	19
2.3.1 Operaciones de procesamiento.....	20
2.3.2 Operaciones de ensamblado	21
2.4 Acero inoxidable AISI 304	22
2.5 Nylamid M	23
CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE ACTIVIDADES	24
3.1 Definición de la necesidad del producto	24
3.1.1 Recopilación datos sin procesar de los clientes	24

3.1.2	Interpretación de datos sin procesar en términos de necesidades.....	31
3.1.3	Organización de las necesidades en una jerarquía	32
3.2	Definición conceptual, estudio de factibilidad.....	42
3.2.1	Elaboración lista de métricas	43
3.2.2	Recopilación información de comparaciones con la competencia.....	49
3.2.3	Generación de conceptos del producto.....	52
3.2.4	Selección de concepto del producto	58
3.2.5	Establecimiento de las especificaciones finales	62
3.3	Análisis del diseño	63
3.3.1	Creación de un esquema del producto.....	63
3.3.2	Conceptualización del producto en un programa CAD.....	65
3.4	Producción de prototipo: prueba y evaluación.....	70
3.4.1	Selección del proceso para realizar el prototipo.....	71
3.4.2	Selección de material a utilizar	72
3.4.3	Selección de herramientas y maquinaria.....	74
3.4.4	Realización de prototipo y evaluación	75
3.5	Planos de producción	82
3.5.1	Validación de dimensiones	83
3.5.2	Creación de planos en un programa CAD.....	84
3.6	Selección de procesos, especificación de materiales y equipos	86
3.6.1	Identificación de procesos más adecuados según el diseño	87
3.6.2	Análisis de materiales disponibles	89
3.6.3	Elaboración de diagramas de flujo de trabajo	90
3.6.4	Planeación de procesos	92
3.6.5	Simulación de maquinado	94
3.7	Manufactura del prototipo del herramental.....	96
3.7.1	Corte inicial del material	96
3.7.2	Rectificado en fresadora convencional	97
3.7.3	Maquinado CNC de la matriz.....	99
3.7.4	Maquinado CNC del punzón.....	102
3.7.5	Corte de lámina de acero inoxidable AISI 304	105
3.7.6	Operación en prensa hidráulica	107

3.7.7	Corte y doblado del herramental	109
3.7.8	Construcción de estructura de soporte	112
3.7.9	Manufactura de las placas con perfiles intercambiables	115
3.7.10	Construcción de émbolos y espátula de corte	117
CAPÍTULO 4. RESULTADOS.....		125
4.1	Evaluación del herramental de tres canales.....	125
4.1.1	Procedimiento	125
4.1.2	Métricas y mediciones.....	129
4.1.3	Resultados	130
4.1.4	Conclusión sobre el herramental de tres canales.....	131
4.2	Evaluación del herramental de dos canales.....	132
4.2.1	Procedimiento	133
4.2.2	Métricas de evaluación.....	135
4.2.3	Resultados	135
4.2.4	Conclusión sobre el herramental de dos canales.....	136
4.3	Conclusión general.....	137
REFERENCIAS.....		139

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Formado manual de chocolate.....	2
Figura 2. Porciones formadas de chocolate	3
Figura 3. Método de desarrollo de productos.....	8
Figura 4. Unidades económicas para la elaboración de chocolate y productos de chocolate.	10
Figura 5. Principales ingredientes del chocolate de mesa.....	11
Figura 6. Porcentaje de cacao que debe tener el chocolate de mesa	12
Figura 7. Clasificación de los procesos de manufactura.	19
Figura 8. Identificación de importancia.	38
Figura 9. Diagrama de las partes esenciales del herramental.....	52
Figura 10. Esquema del producto-herramental para el formado de chocolate de mesa.	55
Figura 11. Boceto 1 del concepto del producto.....	56
Figura 12. Boceto 2 del concepto del producto.....	56
Figura 13. Boceto 3 del concepto del producto.....	57
Figura 14. Boceto 4 del concepto del producto.....	57
Figura 15. Esquema funcionamiento del herramental.....	64
Figura 16. Concepto seleccionado.	65
Figura 17. Pieza 1- Placa base.	67
Figura 18. Pieza 2- Placa superior.	67
Figura 19. Pieza 3- Empuñadura.....	68
Figura 20. Pieza 4- Tubos de empuje.....	68
Figura 21. Pieza 5- Placa intercambiable.....	69
Figura 22. Ensamble del herramental.	69
Figura 23. Vista explosionada del ensamble.....	70
Figura 24. Vista del mango en el programa MakerBot Print®.	76
Figura 25. Vista de las placas en el programa MakerBot Print®.....	76
Figura 26. Impresión 3D del mango.	77
Figura 27. Prototipo del mango.....	77
Figura 28. Prototipo de la placa inferior.	78
Figura 29. Prototipo de la placa superior.	78
Figura 30. Prototipo 2.	79
Figura 31. Evaluación del prototipo 2.....	80

Figura 32. Prototipo 3.	81
Figura 33. Evaluación del prototipo 3.....	82
Figura 34. Plano de la Placa Base.	84
Figura 35. Plano de la Placa Superior.	85
Figura 36. Plano del Mango.....	86
Figura 37. Proceso de embutido.....	87
Figura 38. Diseño de la matriz para el proceso de prensado.....	88
Figura 39. Diseño del punzón para el proceso de prensado.....	88
Figura 40. Diagrama de Proceso Operativo.	91
Figura 41. Simulación de la matriz.	95
Figura 42. Simulación del punzón.	95
Figura 43. Sierra cinta.....	96
Figura 44. Corte de la placa de aluminio 7075.	97
Figura 45. Fresadora universal convencional.....	98
Figura 46. Sujeción de la pieza a rectificar.	98
Figura 47. Rectificado de pieza.....	99
Figura 48. Fresadora CNC.	99
Figura 49. Alineación de la prensa.....	100
Figura 50. Careado de la pieza-matriz.	101
Figura 51. Maquinado de la matriz.	101
Figura 52. Acabado final de la matriz.....	102
Figura 53. Inicio de maquinado del punzón.....	103
Figura 54. Avance de maquinado del punzón.....	104
Figura 55. Acabado final del punzón.....	104
Figura 56. Matriz y punzón.....	105
Figura 57. Cizalla hidráulica.....	106
Figura 58. Lámina de acero inoxidable AISI 304.....	106
Figura 59. Prensa hidráulica.....	107
Figura 60. Ensamble de la matriz, el punzón y los pernos.....	108
Figura 61. Colocación de la matriz y punzón en la prensa hidráulica.	108
Figura 62. Ejecución de la prensa hidráulica.	109
Figura 63. Par de placas de tres canales y dos canales.....	110
Figura 64. Dobladora convencional.....	111

Figura 65. Doblado de placa de tres canales.	111
Figura 66. Placas a utilizar para formar el herramental de tres y dos canales.	112
Figura 67. Sierra ingletadora.	113
Figura 68. Construcción de estructura de soporte para herramental de tres canales.	114
Figura 69. Estructura terminada para herramental de tres y dos canales.	115
Figura 70. Diseño de las placas intercambiables en el programa VISI®.	116
Figura 71. Maquinado de las placas intercambiables.	116
Figura 72. Acabado final de placas con perfiles.	117
Figura 73. Taladro de banco.	118
Figura 74. Realización de cuerdas internas a la punta del émbolo.	118
Figura 75. Puntas terminadas.	119
Figura 76. Realización de cuerdas al mango del émbolo.	119
Figura 77. Mangos terminados.	120
Figura 78. Presentación de émbolos terminados.	120
Figura 79. Espátula de corte final.	121
Figura 80. Herramental terminado para el formado de esferas de chocolate de mesa.	122
Figura 81. Elementos que conforman el herramental de dos canales.	123
Figura 82. Herramental de dos canales para el formado de perfiles de chocolate.	123
Figura 83. Herramental y chocolate de mesa.	126
Figura 84. Llenado del herramental de tres canales.	126
Figura 85. Movimiento entre las placas.	127
Figura 86. Formado final de esferas de chocolate de mesa.	128
Figura 87. Lavado del herramental.	128
Figura 88. Toma de peso de dos esferas de chocolate de mesa.	129
Figura 89. Colocación de chocolate en el herramental de dos canales.	133
Figura 90. Uso de los émbolos de empuje.	134
Figura 91. Diversidad de figuras de chocolate de mesa.	134

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metas de los objetivos específicos.	6
Tabla 2. Plantilla de respuesta del cliente 1.	26
Tabla 3. Plantilla de respuesta del cliente 2.	28
Tabla 4. Plantilla de respuestas del cliente 3.....	29
Tabla 5. Necesidades de los productores.	31
Tabla 6. Matriz de respuestas de Kano.	34
Tabla 7. Preguntas funcionales y disfuncionales.....	34
Tabla 8. Respuestas de cuestionario Kano.	37
Tabla 9. Distribución de respuesta.	39
Tabla 10. Cálculo de coeficientes.	40
Tabla 11. Parámetros de importancia.	41
Tabla 12. Asignación de importancia.....	41
Tabla 13. Asignación de métricas.	43
Tabla 14. Matriz de necesidades-métricas.	45
Tabla 15. Asignación de valores objetivo y marginales.....	47
Tabla 16. Comparación de productos de la competencia.	49
Tabla 17. Combinación de conceptos.	53
Tabla 18. Identificación de elementos del producto.....	54
Tabla 19. Asignación valores para cada Factor Objetivo.....	59
Tabla 20. Resultados de Factores Objetivos.	59
Tabla 21. Asignación de valores para cada factor subjetivo.	60
Tabla 22. Resultados de Factores Subjetivos.	60
Tabla 23. Resultados del MPL.	61
Tabla 24. Especificaciones del concepto.....	62
Tabla 25. Lista de materiales a utilizar.	66
Tabla 26. Procesos para realizar un prototipado.	71
Tabla 27. Materiales utilizados para impresión 3D.....	72
Tabla 28. Dimensiones para cada elemento.	83
Tabla 29. Proveedores de acero inoxidable AISI 304.....	90
Tabla 30. Hoja de ruta 1 para la matriz.	92
Tabla 31. Hoja de ruta 2 para el punzón.	93

Tabla 32. Datos individuales de las esferas de chocolate obtenidas.	130
Tabla 33. Resumen estadístico de los resultados del herramental de tres canales.	131
Tabla 34. Resultados de la evaluación del herramental de dos canales.	135

CAPÍTULO 1. MARCO DE REFERENCIA

En este capítulo, se presenta el marco de referencia que sirvió de base para el desarrollo del proyecto de tesis, conformado por el planteamiento del problema, justificación, objetivos, metas, delimitaciones y la metodología que se utilizó.

1.1 Introducción

El Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI, 2021) plantea que la industria del chocolate y la confitería en México se destaca por su mayor utilización de insumos, lo que la diferencia de otras áreas manufactureras. Este alto consumo, la muestra con un alto nivel de integración nacional e impulsa diversas actividades económicas dentro del país.

La mayor parte de la producción de chocolate y confitería se destina al consumo interno, representando alrededor de dos tercios del total, mientras que el resto se exporta. México se posiciona como uno de los principales exportadores mundiales de varios tipos de productos de chocolate, como bloques, tabletas y barras, así como de productos de confitería en general.

En la industria del chocolate, la mayor parte de los trabajadores y la producción están concentrados en las grandes y medianas empresas. Sin embargo, existe un gran número de microempresas en este sector, aunque su aporte en producción es menor en comparación con las grandes y medianas empresas. El Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENUE) del INEGI, afirma que hay 362 unidades económicas dedicadas a la elaboración de chocolate. Destacando el estado de Oaxaca como la entidad federativa con mayor número de unidades económicas.

En este proyecto de tesis, se plantea el diseño y manufactura de un herramental para el formado de chocolate de mesa, con el fin de mejorar la calidad de los productos finales de los artesanos. Además, se establece las bases para el desarrollo de este estudio,

definiendo el planteamiento del problema, justificación, hipótesis, objetivo general, objetivos específicos, metas y método de investigación.

1.2 Planteamiento del problema

La industria del chocolate enfrenta diversos desafíos, desde la perspectiva del productor como del consumidor. En el ámbito de la producción, los productores artesanales se encuentran limitados por la falta de herramental adecuado para el formado de chocolate de mesa, lo que resulta en procesos ineficientes y productos finales de calidad variable. Por otro lado, la falta de maquinaria especializada que pueda ser adquirida por los productores artesanales para la creación de diferentes formas de chocolate, limita la variedad de productos ofrecidos por ellos en comparación con las marcas ya establecidas de chocolate en el mercado. Esta limitación afecta la capacidad de los productores artesanales para competir y diferenciarse en el mercado, ya que los consumidores buscan una variedad de presentaciones y formatos de este tipo de chocolate.

Desde la perspectiva del consumidor, la falta de herramientas adecuadas para el formado de chocolate de mesa también presenta desafíos significativos. Al comprar pasta de chocolate para autoconsumo, las personas se enfrentan a la tarea de formar el chocolate manualmente (Figura 1), lo que puede resultar en formas irregulares y tiempos de preparación prolongados.

Figura 1

Formado manual de chocolate.



Fuente: Propia.

La falta de herramientas especializadas para el formado de chocolate dificulta la creación de porciones consistentes y uniformes (Figura 2), lo que puede resultar en desperdicio de producto. Además, el proceso de formado manual de chocolate requiere tiempo y habilidades, lo que puede desalentar a los consumidores y limitar su disfrute del producto.

Figura 2

Porciones formadas de chocolate.



Fuente: Propia.

Aunado a lo anterior, el proceso de formado de chocolate de mesa se ve limitado por la solidificación que sufre el chocolate al transcurrir el tiempo, desde su adquisición hasta iniciar su proceso de formado.

En este contexto, surge la necesidad de desarrollar un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa que aborde los desafíos identificados tanto para los productores como para los consumidores. Este herramental deberá permitir un proceso eficiente y uniforme de formado de chocolate, mejorando la calidad del producto final y optimizando los recursos tanto para los productores artesanales como para los consumidores domésticos.

1.3 Justificación

El desarrollo de un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa responde a una necesidad predominante en la industria alimentaria, específicamente en el sector del chocolate, que enfrenta necesidades significativas tanto en términos de producción como de consumo. La pertinencia de este tema radica en su capacidad para abordar problemáticas concretas que afectan la eficiencia, la calidad y la diversificación de productos de chocolate.

Desde la perspectiva de los productores artesanales, la falta de herramientas adecuadas limita su capacidad para competir en un mercado dominado por marcas reconocidas de chocolate. La implementación de un herramental especializado para el formado del chocolate de mesa permitiría a estos productores mejorar sus procesos, aumentar la variedad de productos ofrecidos y diferenciarse en el mercado.

Por otro lado, desde la perspectiva de los consumidores, el desarrollo de herramientas especializadas para el formado de chocolate resolvería problemas relacionados con la calidad y la experiencia de consumo. Al proporcionar a los consumidores la posibilidad de crear porciones de chocolate consistentes y uniformes, este herramental además de mejorar su satisfacción con el producto también fomenta un mayor disfrute del producto.

Además, la relevancia de este tema se refleja en su potencial para impulsar la innovación en la industria del chocolate para los productores artesanales y en el sector alimentario en general. El desarrollo de herramientas especializadas para el formado de chocolate de mesa representaría un avance tecnológico que pudiera inspirar nuevas soluciones y prácticas en la producción de alimentos, promoviendo así la competitividad y la sostenibilidad de este sector clave de la economía.

Se justifican los procesos utilizados en el desarrollo del herramental, ya que se basan en los conocimientos adquiridos durante la formación académica, tal es el caso del fresado CNC, el cual permitió manufacturar piezas con precisión. Este proceso facilita el trabajo

con geometrías complejas, garantiza un acabado uniforme. De esta manera, la selección del fresado CNC se fundamenta en la experiencia y habilidades, también en las ventajas técnicas que este proceso ofrece.

1.4 Hipótesis

Con el diseño y fabricación de un herramental que pueda emplearse en el formado de chocolate de mesa se incrementará la diversidad en la presentación del producto final de manera uniforme y en el menor tiempo posible.

1.5 Objetivos

En el siguiente punto se describe el objetivo general junto con los objetivos específicos que se seguirán para llevar a cabo el proyecto de investigación.

1.5.1 Objetivo general

Diseñar y manufacturar un prototipo de herramental especializado en acero inoxidable AISI 304 para el formado de chocolate de mesa, mediante el método de desarrollo de productos que permita mayor variedad y uniformidad del producto final.

1.5.2 Objetivos específicos

1. Revisar el estado del arte mediante la búsqueda y análisis de información sobre el tema de investigación, con el fin de obtener un panorama completo y actualizado.

2. Investigar las limitaciones específicas en el proceso de formado de chocolate de mesa enfrentadas por los productores artesanales y su impacto en la eficiencia y calidad del producto final.
3. Analizar las necesidades de los consumidores con relación al formado manual de chocolate de mesa, identificando los desafíos y dificultades experimentadas en su manipulación.
4. Diseñar un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa que satisfaga las necesidades y requerimientos específicos de los productores artesanales y consumidores, tomando en cuenta la normativa para el manejo de alimentos, las limitaciones de recursos y la variedad de productos.
5. Fabricar un prototipo funcional del herramental, mediante la aplicación de procesos de manufactura, para evaluar su desempeño y facilidad de uso.

1.6 Metas

En la Tabla 1, se describen las metas esperadas para cada objetivo específico, de tal forma que proporcionen una idea clara de lo que se realizó en cada fase del proyecto.

Tabla 1

Metas de los objetivos específicos.

Objetivo específico	Metas
1. Revisar el estado del arte mediante la búsqueda y análisis de información sobre el tema de investigación, con el fin de obtener un panorama completo y actualizado.	• Información suficiente para fundamentar el tema de investigación.
2. Investigar las limitaciones específicas en el proceso de formado de chocolate de mesa enfrentadas por los productores artesanales y su impacto en la eficiencia y calidad del producto final.	• Requerimientos críticos del proceso de formado de chocolate de mesa y efectos en el producto final.

3. Analizar las necesidades de los consumidores con relación al formado manual de chocolate de mesa, identificando los desafíos y dificultades experimentadas en su manipulación.	• Características que dificultan el proceso manual de formado de chocolate de mesa.
4. Diseñar un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa que satisfaga las necesidades y requerimientos específicos de los productores artesanales y consumidores, tomando en cuenta la normativa para el manejo de alimentos, las limitaciones de recursos y la variedad de productos.	• Diseño asistido por computadora de un herramental para el formado de chocolate de mesa. • Planeación de procesos para la fabricación del herramental.
5. Fabricar un prototipo funcional del herramental, mediante la aplicación de procesos de manufactura, para evaluar su desempeño y facilidad de uso.	• Prototipo funcional del herramental para el formado de chocolate de mesa. • Evaluación del desempeño en el formado de chocolate de mesa.

1.7 Limitaciones de la tesis

A continuación, se presentan las limitaciones consideradas para el desarrollo del trabajo de tesis.

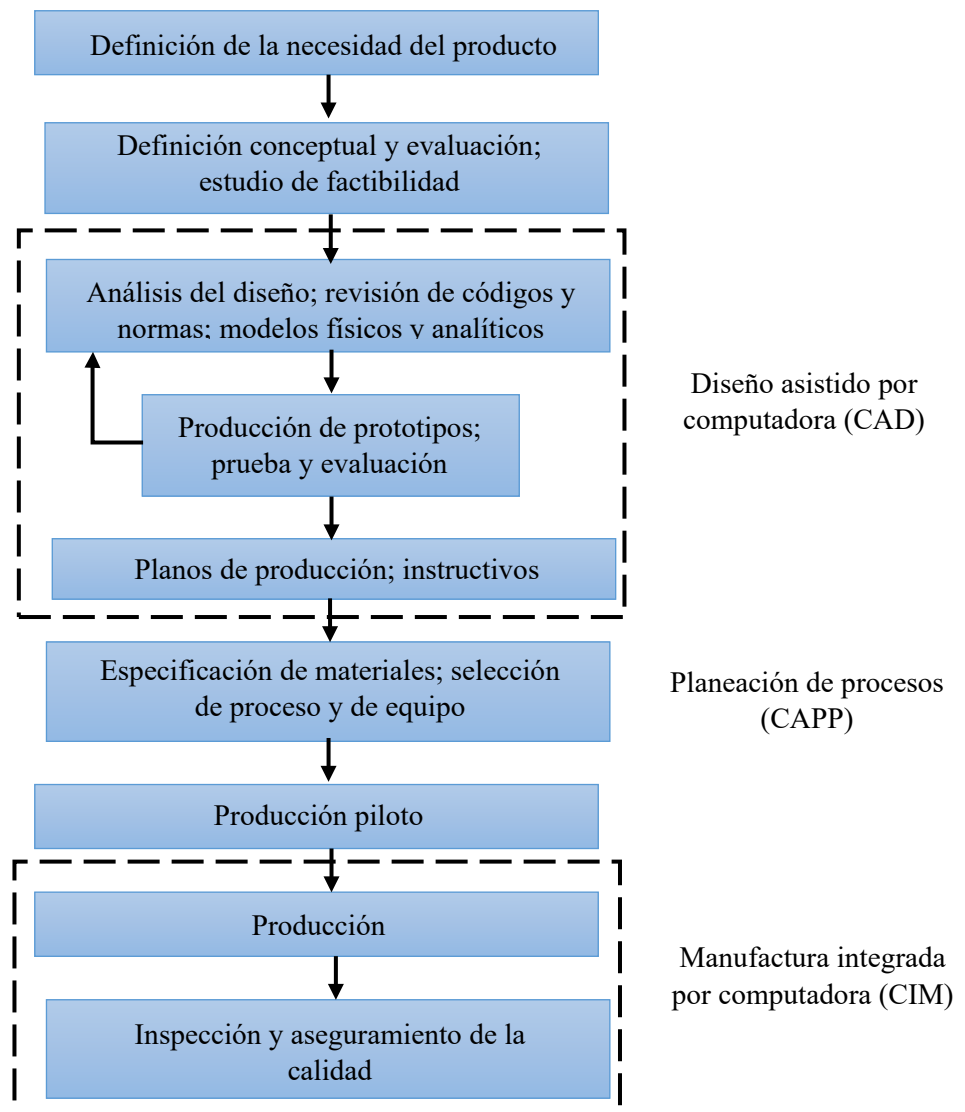
- El producto considerado para el proceso de formado será el chocolate de mesa.
- La información que se recopile corresponderá a productores y consumidores de las Ciudades de Huajuapán de León y Oaxaca de Juárez, Oaxaca.
- El material para utilizar en la fabricación del prototipo del herramental será acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio.
- Los procesos de manufactura que se emplearán son los que se puedan realizar en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura y Taller de Metalmecánica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

1.8 Metodología

A continuación, en la Figura 3 se muestra el método de desarrollo de productos, que se lleva a cabo en la ingeniería simultánea, propuesto por Kalpakjian y Schmid (2008).

Figura 3

Método de desarrollo de productos.



Nota: Figura realizada con base en la metodología de Kalpakjian. Fuente: Kalpakjian y Schmid (2008).

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

En el marco teórico, se exploraron diversos aspectos relacionados con los temas de manufactura y el chocolate, abarcando la historia del chocolate, su preparación, las normativas que debe seguir el producto y los diferentes procesos de manufactura expuestos por Groover (2007).

2.1 Chocolate

A continuación, se presenta información relacionada a la historia del chocolate casero artesanal cosechado y elaborado en México, alimento tradicional elaborado a base de las semillas de cacao.

2.1.1 El chocolate en México

La Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018), afirma que, México ocupa el decimotercer lugar como productor a nivel global, contribuyendo con seis de cada mil toneladas al volumen mundial cosechado de cacao.

Los estados de Oaxaca, Chiapas, Veracruz, Guerrero y Michoacán son especialmente destacados por su diversidad a nivel nacional. Estos estados son los que tienen mayor existencia de comunidades indígenas, por ese motivo, se tiene un enfoque biocultural para promover la conservación y el desarrollo de las comunidades indígenas, ya que, la producción del cacao es un papel importante en México.

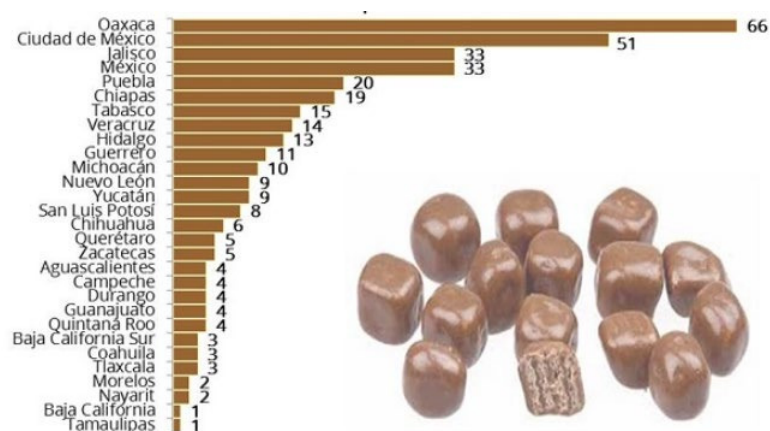
La producción de cacao es llevada a cabo por agricultores que para ellos es la mayor fuente de sus ingresos. Este punto conlleva bajos costos de inversión y el uso de mano de obra de familiares. El proceso de producción abarca desde la selección de las mazorcas,

hasta la molienda de los granos, pasando por la fermentación, lavado, secado y tostado (con técnicas tradicionales como el uso de comales de barro y metates).

De acuerdo con el DENE (INEGI, 2021), existen 362 unidades económicas dedicadas a la elaboración de chocolate y productos relacionados, como se muestra en la Figura 4.

Figura 4

Unidades económicas para la elaboración de chocolate y productos de chocolate.



Nota. Elaborado con datos del INEGI. Directorio Estadístico Nacional de Unidades Económicas (DENE). Fuente: Procuraduría Federal del Consumidor (PROFECO, 2018).

La Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021), afirma que, en 2020 se produjeron 29 428 toneladas de cacao en México. Los estados productores fueron Chiapas con una producción de 10 282 toneladas, Guerrero con 288 toneladas y Tabasco con 18 857 toneladas. La superficie cosechada fue de 58 mil 598 hectáreas. Se estima que a nivel nacional existen alrededor de 45 mil productores de cacao.

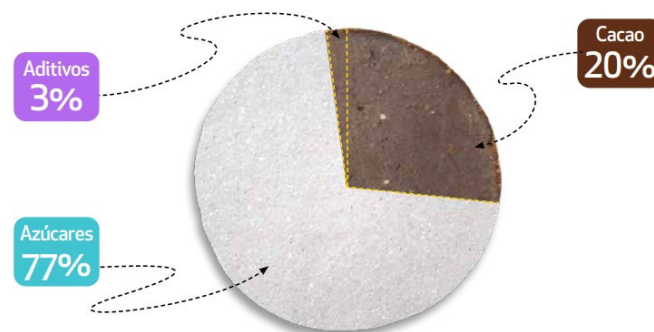
2.1.2 Chocolate de mesa

La empresa Chocolate Dos Hermanos S. A. de C. V. (2006) describe el chocolate de mesa como chocolate en formato sólido, ya sea en tablilla o barra, que se emplea para hacer una bebida caliente con leche o agua, como componente en la preparación de platos o postres, e incluso como una golosina para disfrutar por sí solo.

La revista del consumidor (PROFECO, 2022) menciona que el chocolate de mesa es un producto elaborado con azúcares, pasta de cacao y aditivos, tal como se muestra en la Figura 5.

Figura 5

Principales ingredientes del chocolate de mesa.

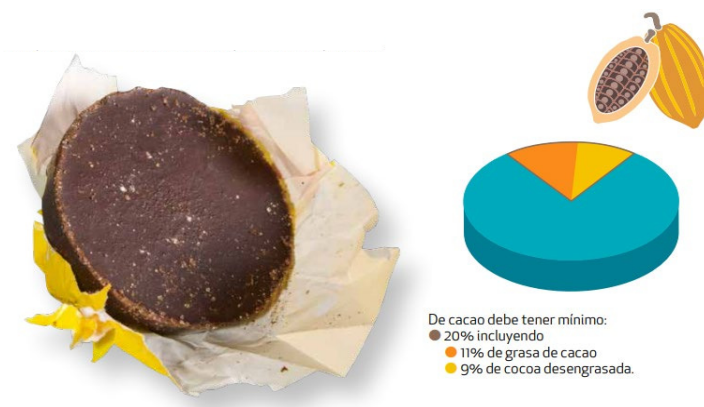


Nota: Se muestra la aproximación de cómo estarían compuestos estos productos, considerando la cantidad mínima de cacao requerida. Fuente: Revista del consumidor (PROFECO, 2022).

Las proporciones de propiedades de cacao que debe contener el chocolate de mesa es el siguiente, tal como se presenta en la Figura 6.

Figura 6

Porcentaje de cacao que debe tener el chocolate de mesa.



Fuente: Revista del consumidor (PROFECO, 2022).

2.1.3 Elaboración del chocolate casero artesanal

El elemento esencial en la elaboración del chocolate es el cacao. Córdova et al. (2018) menciona que, en la producción de chocolates caseros, en el paso inicial, las mazorcas del cacao se apilan sin abrir después de ser cortadas del árbol, y al día siguiente se rompen. Se considera que este proceso contribuye a intensificar el sabor de los granos de cacao. Luego de la cosecha, los granos de cacao se separan y guardan en cubetas de plástico, los granos recogidos en estado de pulpa se colocan en canastos tejidos con bejucos de canasto. Una vez que los granos han liberado la pulpa, se depositan en cajones de madera de macuilis, elegida por su incapacidad para afectar el aroma o sabor del cacao.

Durante este período, los granos se agitan con una paleta de madera, moviéndolos desde el fondo del cajón hacia afuera. Después de la fermentación, los granos se exponen al sol para secarse sobre costales de henequén o plástico, distribuyéndolos en capas delgadas de 2 a 3 cm de grosor.

Después de obtener los granos de cacao, se procede a seleccionar las almendras para tostar. La transformación de los granos en tabletas de chocolate no es instantánea y requiere varios días, desde el tostado del cacao hasta la obtención final del producto.

Es importante mencionar los factores que impactan en el tostado del cacao. El primero de ellos es el lugar designado para este proceso, conocido como fogón. En la parte superior del fogón, se encuentran dos hileras de tabiques o bloques que funcionan como soporte para los recipientes utilizados durante el tostado del cacao o la nixtamalización del maíz.

Cuando el comal está al rojo, se introducen los granos de cacao seleccionados para tostar. Luego, se procede a agitar y mover los granos de manera constante con una paleta de madera durante unos 30 a 40 min. La evaluación del grado de tostado se realiza utilizando los dedos, dientes, paladar, nariz y ojos. Una vez que los granos se hinchan y comienzan a estallar, adquiriendo una tonalidad oscura, se retira el comal del fuego y se vacían en un recipiente.

En la mañana del segundo día, se realiza el descascarillado del cacao, empleando una bandeja de madera llamada bateíta y quebrando los granos con una piedra. Después de quitar las cáscaras, las almendras de cacao se exponen al sol para secarse y se utiliza azúcar para secar al sol por la mañana hasta la tarde, la cual se mezclará más tarde con el chocolate para facilitar su molienda con los demás ingredientes. Por la tarde, se lleva a cabo la molienda utilizando molinos. En la primera molienda, se muele el cacao tostado en pequeñas cantidades con clavos de olor y pimienta, obteniendo una pasta arenosa. Luego, en una segunda pasada, se combina con canela para obtener una pasta más fina. En la tercera pasada, se añade el azúcar secado al sol, y finalmente, en la cuarta pasada, se incorpora leche en polvo.

Después de finalizar la elaboración del chocolate, se lleva a cabo el proceso de almacenamiento o empaquetado. En los hogares, es habitual no envolverlos y guardarlos en botes de aluminio con tapas. Estos se dejan secar hasta alcanzar una consistencia firme,

y posteriormente se les realiza una abertura en la parte superior. Guardar los chocolates en estos tipos de recipientes contribuye a preservar su aroma, sabor y textura.

De este modo, es como se elabora el chocolate casero artesanal en la región de la Chontalpa Tabasco, México, proceso recopilado por Córdova et al. (2018).

2.1.4 Elaboración del chocolate de mesa

A continuación, se presenta el proceso para elaborar chocolate de mesa de la empresa Nestlé® (2024), el cual menciona que para la producción se deben seguir los siguientes pasos.

1. Cultivo y cosecha: Los agricultores cosechan cuidadosamente las mazorcas seccionándolas de los árboles.
2. Desgrane: Las mazorcas se separan, partiéndolas por la mitad con un machete para extraer pulpa y granos de cacao.
3. Fermentación: La pulpa y granos se fermentan en cajas o entre hojas de bananero durante 4 y 7 días para desarrollar sabores y evitar la germinación.
4. Secado: Los granos se exponen al sol para reducir la humedad y preservar sus características.
5. Ensacado y transporte: Los granos se almacenan en sacos para su transporte a las fábricas de chocolate de Nestlé®.
6. Trituración: En la fábrica, los granos limpios se trituran en trozos más pequeños, separando la cáscara mediante aspiradores.
7. Torrefacción: Delicado proceso de tostado a 120 y 150° C hasta 25 minutos para desarrollar más de 400 aromas.
8. Molienda: Los granos tostados se muelen, creando una masa líquida llamada licor de cacao, para ser utilizada en el siguiente proceso.
9. Tratamiento de la leche: La leche fresca se mezcla con azúcar, se concentra y se combina con la pasta de cacao, desarrollando un toque caramelizado distintivo.

10. Mezclado: Diferentes ingredientes se mezclan según el tipo de chocolate (negro, con leche, blanco).
11. Refinación: La mezcla granulosa se procesa con máquinas de cinco rodillos para reducir el tamaño de las partículas, otorgando finura y calidad al chocolate.
12. Conchado: Proceso de amasado que dura horas o días, eliminando aromas amargos y ácidos, y desarrollando los más preciados en el chocolate. Se añade manteca de cacao, lecitina y aroma natural de vainilla.
13. Templado: Si se agregan ingredientes adicionales como avellanas o almendras, es el momento de hacerlo.
14. Mezcla con ingredientes: Se incorporan otros ingredientes según sea necesario, como avellanas, almendras o galletas.
15. Moldeo y embalaje: El chocolate se vierte en moldes, pasa por un túnel de enfriado y está listo para ser envasado y distribuido, manteniendo una temperatura controlada para garantizar su calidad.

De acuerdo con el proceso de elaboración de chocolate, el proyecto se enfocará en el paso de moldeo.

2.2 Normatividad

A continuación, se mencionan las normas que se deben de seguir en los procesos, cuidado y envasado del chocolate de mesa.

El objetivo de estas normativas es brindar a los productores un marco general de requisitos para reducir los riesgos de contaminación a lo largo de todas las etapas de la producción de alimentos, con el fin de fortalecer el sistema de abastecimiento alimentario bajo formas de producción más seguras.

- **Norma Oficial Mexicana NOM-002-SSA1-1993. Salud ambiental. Bienes y servicios. Envases metálicos para alimentos y bebidas. Especificaciones de la costura. Requisitos sanitarios.**

Esta Norma Oficial Mexicana menciona los requisitos sanitarios y especificaciones de la costura de los envases metálicos para alimentos y bebidas, tiene como objetivo la eliminación del riesgo de intoxicación por consumo de alimentos contaminados por plomo, derivado del uso de soldadura estaño-plomo para el cierre de la costura de los envases metálicos destinados a contener el producto.

Los fabricantes de envases metálicos destinados a contener alimentos y bebidas, así como los importadores, distribuidores de alimentos y bebidas enlatados, están obligados a cumplir con esta Norma Oficial. La vigilancia de la observancia de esta norma estará a cargo de las Secretarías de Salud, Hacienda y Crédito Público y la de Comercio y Fomento Industrial.

- **Norma Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos, bebidas no alcohólicas y alcohólicas.**

La norma establece pautas para la higiene y sanidad en la producción de alimentos, busca prevenir intoxicaciones y reducir las pérdidas de productos al protegerlos contra la contaminación. En términos de los equipos y utensilios a utilizar en la preparación de alimentos, se establece que debe ser seguro y mantenerse en condiciones de limpieza adecuadas para prevenir posibles riesgos para la salud.

Los materiales empleados de las herramientas deben cumplir con estándares rigurosos de seguridad alimentaria. Esto implica que los equipos y utensilios utilizados deben ser inertes, no transmitir sustancias nocivas, olores ni sabores,

resistentes a la corrosión y capaces de soportar múltiples limpiezas y desinfecciones. Asimismo, las superficies deben ser lisas, sin grietas ni agujeros, para facilitar una limpieza y desinfección adecuadas. Es importante destacar que se debe evitar el uso de materiales como la madera u otros que no puedan limpiarse y desinfectarse correctamente cuando entren en contacto con materias primas o productos terminados.

- **Norma Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2013, Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba.**

El objetivo de esta norma es establecer las especificaciones sanitarias y comerciales que debe cumplir el cacao, el chocolate, los productos similares y los derivados del cacao.

Esta norma es de observancia obligatoria para las personas físicas o morales que se dedican al proceso o importación de los productos objeto de esta, que serán comercializados en el territorio nacional.

La sección 9.2 de la normativa aborda la "Información Comercial" relacionada con el chocolate para mesa. Se establece que el chocolate para mesa ya sea amargo u oscuro, y semiamargo debe ser un producto homogéneo, elaborado a partir de la pasta de cacao y azúcar sin refinar.

- **Norma Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios.**

Es una regulación fundamental en México que tiene como objetivo principal garantizar la seguridad y calidad de los alimentos, bebidas y suplementos alimenticios que se producen, procesan, distribuyen y venden en el país, con el fin de evitar la contaminación de los alimentos a lo largo de su proceso.

Las fábricas de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios deben cumplir con las disposiciones establecidas en sus instalaciones, equipos y utensilios, control de operaciones, control de materias primas, etc.

- **Norma para el cacao en pasta (licor de cacao/chocolate) y torta de cacao (CODEX STAN 141-1983 Rev. 1-2001).**

Esta norma se aplica al cacao en pasta o licor de cacao/chocolate, y a la torta de cacao, según se definen, para uso en la fabricación de productos de cacao y chocolate. Estos productos podrán venderse también directamente al consumidor.

La normativa recomienda que los productos sujetos a sus disposiciones sean preparados y manipulados de acuerdo con los Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CXC 1-1969) y otros documentos relevantes del Codex, como códigos de prácticas y códigos de higiene.

Este enfoque busca garantizar la seguridad y la higiene en la preparación y manipulación de los productos, así como establecer estándares microbiológicos adecuados.

- **Norma del Codex para la manteca de cacao. Codex Stan 86-1981 Rev. 1-2001.**

La normativa sugiere que los productos regulados por sus disposiciones deben ser preparados y manipulados siguiendo las secciones pertinentes de los Principios Generales de Higiene de los Alimentos (CXC 1-1969) y otros documentos del Codex, como códigos y prácticas de higiene. Además, se indica que estos productos deben cumplir con criterios microbiológicos establecidos, conforme a los Principios y Directrices para el Establecimiento y Aplicación de Criterios Microbiológicos para Alimentos (CXG 21-1997). Este enfoque busca asegurar prácticas higiénicas adecuadas y cumplir con estándares microbiológicos para garantizar la seguridad alimentaria.

2.3 Procesos de manufactura

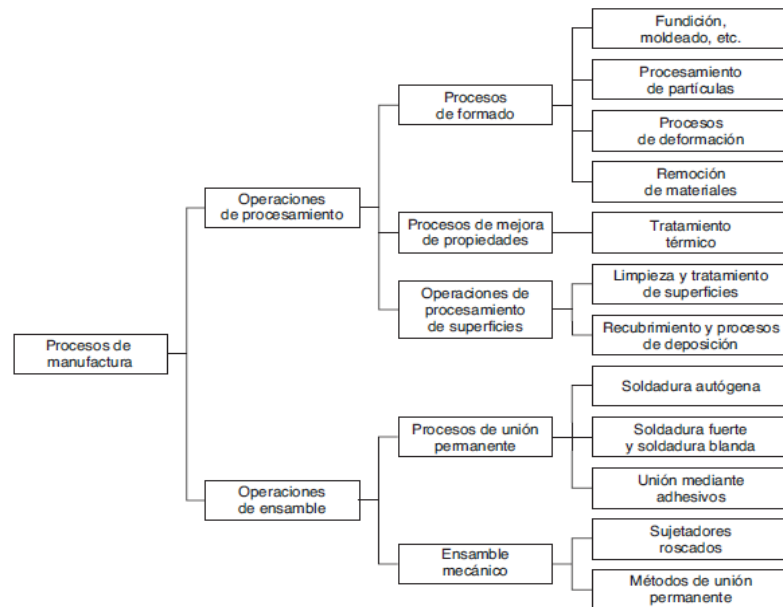
Para Groover (2007), los procesos de manufactura se dividen en dos tipos básicos: las operaciones del proceso y las del ensamblado.

- **Operación del proceso:** Hace que un material en desarrollo avance de un estado a otro más cercano al producto final deseado. Esto se logra al cambiar la forma, características o apariencia del material original.
- **Operación de ensamblado:** La unión de dos o más componentes para crear una nueva entidad se denomina operación de ensamblado.

La Figura 7, muestra más a detalle la clasificación de los procesos de manufactura de acuerdo con Groover (2007).

Figura 7

Clasificación de los procesos de manufactura.



Fuente: Groover (2007).

2.3.1 Operaciones de procesamiento

Para Groover (2007), en el proceso de procesamiento, se emplea energía de diversas formas, como mecánica, térmica, eléctrica y química, para modificar la forma o apariencia de una pieza, mejorando así su valor. Este proceso controlado se realiza mediante el uso de maquinaria y herramientas.

Generalmente, se precisa realizar más de una operación de procesamiento para cambiar el material desde su estado inicial a su forma definitiva.

A continuación, se presentan las tres categorías de operaciones de procesamiento:

- **Operaciones de formado**

En la mayoría de los procesos de formado, se emplea calor, fuerzas mecánicas o una mezcla de ambas para generar un impacto en la geometría del material en proceso.

- **Procesos de mejoramiento de una propiedad**

La segunda categoría principal de procesamiento de una pieza se realiza con el propósito de mejorar las propiedades mecánicas o físicas del material de trabajo. En estos procesos, la forma de la pieza no se altera, salvo en situaciones accidentales.

- **Procesamiento de una superficie**

Las operaciones de procesamiento de una superficie incluyen 1) limpieza, 2) tratamientos de una superficie, y 3) procesos de recubrimiento y deposición de una película delgada.

1. **Limpieza:** Engloba métodos tanto químicos como físicos para eliminar la suciedad, el aceite y otros elementos contaminantes de la superficie.

2. **Tratamientos de una superficie:** Contemplan labores físicas como granallado y chorro de arena, además de procedimientos físicos como difusión e implantación de iones.
3. **Recubrimiento y deposición de una película delgada:** Se aplican diferentes métodos de revestimiento para agregar una capa de material a la superficie exterior de la pieza en proceso. Estos métodos incluyen la galvanoplastia y anodización del aluminio, el recubrimiento orgánico (pintura) y el esmaltado de porcelana. Además, los procesos de deposición de películas como la deposición física y química de vapor (PVD, QVD) se emplean para crear capas extremadamente delgadas de varias sustancias.

El segundo tipo básico de operaciones de manufactura es el ensamblado:

2.3.2 Operaciones de ensamblado

El ensamblado, como otro tipo esencial de operaciones de manufactura, implica unir dos o más partes para crear una nueva entidad, ya sea de manera permanente o semipermanente. En el ámbito de la electrónica, se utilizan técnicas especiales para unir componentes como circuitos integrados en tarjetas de circuitos impresos, creando circuitos complejos para diversos productos modernos.

Para Global Trade Specialists, Inc. (2025), existen cuatro tipos de ensamblaje: ensamblaje parcial, ensamblaje de remaches, ensamblaje de soldadura y ensamble mecánico. Se menciona que el ensamblaje parcial permite a las empresas conservar parte de su producción internamente, ya que los componentes se ensamblan parcialmente y se envían por separado. La página electrónica Estampaciones (2025), menciona que el ensamblaje por remaches consiste en unir dos o más piezas mediante fijadores cilíndricos, fabricados en materiales como acero, aluminio o compuestos, según las necesidades de la aplicación. Artizono (2024), afirma que existen varias formas de realizar la unión por

soldadura, pero en términos generales la soldadura es un proceso que une piezas metálicas en una sola estructura mediante calor, presión o ambos, con o sin material de aporte. Fipo, S. A. (2024), describe que el ensamble mecánico emplea elementos como tuercas, pernos o tornillos para unir piezas, siendo especialmente útil en estructuras que requieren reemplazo o mantenimiento de componentes.

2.4 Acero inoxidable AISI 304

Para Reliance Foundry (2024), el acero inoxidable AISI 304 es muy utilizado debido a su capacidad para resistir la corrosión, gracias a su composición de cromo (entre el 16% y el 24%) y níquel (hasta un 35%). Su resistencia a los ácidos oxidantes lo hace especialmente adecuado para aplicaciones en la industria alimentaria y la cocina, ya que es fácil de limpiar y desinfectar.

La Paloma Metales S. A. de C. V. (s.f.), afirma que se trata de un tipo de acero inoxidable que no es magnético y no puede ser templado, pero que posee notables características de ductilidad y resistencia al impacto. Ofrece una alta resistencia a la corrosión en temperaturas de hasta 920 °C en uso continuo y 870 °C en uso intermitente, y su bajo nivel de carbono lo hace idóneo para trabajarse en procesos de soldadura.

Ulbrinox (2024) menciona que sus aplicaciones más comunes son en evaporadores, tanques en general, muebles de cocina y laboratorio, industrias de alimentos, láctea, farmacéutica, cosmética, instalaciones criogénicas, destilerías y otras.

Además, para hacer uso del acero inoxidable AISI 304, se debe cumplir con un diseño higiénico, tal como menciona EPROM (2021) que para que un diseño higiénico sea aprobado, debe cumplir ciertas condiciones: no presentar fisuras en las juntas, mantener esquinas de $\leq 90^\circ$, tener superficies en contacto con el producto con baja rugosidad ($\leq 0,8 \mu$) y ser de fácil desmontaje para facilitar la limpieza.

2.5 Nylamid M

En la industria actual, la selección adecuada de materiales plásticos es muy importante para garantizar la seguridad y la durabilidad de los productos manufacturados con este material.

Como menciona MCE (2025), el Nylamid pertenece a la familia de las poliamidas (PA) Nylon. Ya que, gracias a sus cualidades mecánicas, y la variedad de formatos y dimensiones en que se encuentra disponible, el Nylamid es un material idóneo para elaboración de piezas dentro de la industria.

Para trabajar alimentos, las herramientas que se utilizan deben cumplir con las normativas de sanidad, para ello, de todos los tipos de Nylamid que existen, el más apropiado es el Nylamid M, MIDSA (2013) menciona que este material sin aditivos, presenta buena resistencia mecánica y durabilidad, aprobado para aplicaciones en contacto con alimentos conforme a la norma NMX-E-202-1993-SCFI.

CAPÍTULO 3. DESARROLLO DE ACTIVIDADES

En este capítulo, se presentan las actividades desarrolladas en cada una de las etapas de la metodología de Kalpakjian y Schmid (2008), la cual se utiliza para el diseño y la manufactura de un producto. Esta metodología se ejecutó para el diseño y manufactura de un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa.

Seguidamente, se presenta la primera etapa de la metodología de Kalpakjian y Schmid (2008), correspondiente a la definición de las necesidades de los productores artesanales de chocolate.

3.1 Definición de la necesidad del producto

El proceso de identificar las necesidades del cliente es parte fundamental del proceso de diseño del producto, y está relacionado con la generación de conceptos, la selección del concepto y el establecimiento de especificaciones del producto.

3.1.1 Recopilación datos sin procesar de los clientes

A continuación, se lleva a cabo la técnica de entrevista para la recopilación de información con el fin de identificar las necesidades del usuario al que va dirigido el producto a desarrollar. Como mencionan Ulrich y Eppinger (2013), para la recopilación de información, se presenta una serie de preguntas relacionadas al proceso de formado del chocolate de mesa que se realizaron a los productores artesanales.

1. ¿Qué tipo de herramientas o métodos utiliza actualmente para el formado de su chocolate de mesa?

2. ¿Cuáles son los usos típicos que le da a la herramienta actual para el formado del chocolate?
3. ¿Cuáles son las limitaciones o desafíos que enfrenta al usar las herramientas actuales?
4. ¿Qué características busca en una herramienta de formado de chocolate ideal?
5. ¿Cómo afecta el uso de su herramienta actual al proceso de formado de chocolate en la calidad final del producto?
6. ¿En qué aspectos cree que las herramientas actuales podrían mejorar para facilitar el proceso de formado?
7. ¿Cómo influye el diseño de las herramientas en la velocidad del proceso de formado?
8. ¿Qué opinión tiene sobre la durabilidad y la vida útil de las herramientas de formado de chocolate que utiliza actualmente?
9. ¿Existen desafíos específicos relacionados con la limpieza y el mantenimiento de las herramientas de formado?
10. ¿Cuáles son las principales limitaciones que encuentra en los moldes de silicona o tapas en términos de diseño y funcionalidad?
11. ¿Ha experimentado alguna vez problemas de deformación o deterioro en los moldes de silicona o tapas durante el uso continuo?
12. ¿Cuáles son los principales obstáculos que encuentra al utilizar los moldes de silicona o tapas en su proceso de producción?
13. ¿Qué sugerencias tendría para mejorar la funcionalidad y practicidad de un herramental especializado para el formado de chocolate?
14. ¿Cuáles son las características específicas del herramental actual que utiliza para el formado de chocolate que más le agradan o encuentra útiles en su proceso de producción?
15. ¿Existe alguna función o característica en las herramientas que, si se pudiera ajustar o modificar, facilitaría considerablemente su proceso de formado de chocolate?
16. ¿Existen características específicas en los moldes de silicona o tapas que, si se mejoraran, tendrían un impacto significativo en la calidad?

17. ¿Qué característica ergonómica sugeriría para un herramental para el formado de chocolate?

Con base en las preguntas realizadas a los productores, se presenta la plantilla de datos del cliente, llenada con declaraciones de éste y necesidades interpretadas. Se realizaron las preguntas a tres productores artesanales de chocolate. A continuación, en las Tablas 2, 3 y 4, se presentan las plantillas de respuesta de los productores artesanales de chocolate.

Tabla 2

Plantilla de respuesta del cliente 1.

Cliente 1. Yamilet – Mole chocolate de Oaxaca.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Las herramientas que utilizamos son principalmente moldes de plástico y metal para hacer las barras de chocolate y las tabletas redondas.	Herramientas para el formado de bolas de chocolate de mesa.
Le gusta: herramienta actual	Con los moldes de plástico y metal, se pueden generar fácilmente las barras de chocolate, ya que solo ponemos la molienda sobre los moldes.	Variedad de formas y para mejorar la presentación y atractivo de los productos.
	Me gusta el molde que utilizamos para dar forma circular a los chocolates, porque son dos moldes que luego se juntan para formar el chocolate redondo.	Personalización en el diseño.
No le gusta: herramienta actual	Los moldes también tienen sus desventajas, porque luego se pega el chocolate al metal y hace que no quede bien la barra de chocolate.	Falta de precisión en los moldes.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Mejoras sugeridas	La limpieza de los moldes es un poco complicada porque se queda pegado el chocolate en el plástico y el metal.	Dificultad en la limpieza y mantenimiento de los moldes de madera.
	Los moldes de silicona a veces se deforman con el uso continuo.	Moldes más duraderos y resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate.
	Lo que vayamos a utilizar para darle forma a los chocolates ayude a que se despegue fácilmente la molienda.	Mayor precisión en los detalles. Facilidad en la limpieza y el mantenimiento.
	Me gustaría que los moldes fueran más resistentes.	Moldes más resistentes.
	He notado que si existiera mayor variedad de figuras del chocolate se vendería más.	Herramientas que permitan una mayor variedad de formas a los productos y que se formen con movimiento manual.
	Que tenga mayor capacidad de hacer figuras, porque si tenemos que esperar a que el chocolate se seque dentro de los moldes, y ya no los podemos utilizar para hacer más.	Herramientas que permitan una mayor capacidad en la reproducción de formas específicas.

Fuente: Propia.

Tabla 3

Plantilla de respuesta del cliente 2.

Cliente 2. Esmeralda - Pan y chocolate Esmeralda.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Lo que utilizamos son herramientas de aluminio para darle forma a nuestro producto. Las formas que más hacemos son tabletas y bolas de chocolate.	Herramientas para el formado de bolas de chocolate de mesa.
Le gusta: herramienta actual	La durabilidad de los moldes de aluminio me permite utilizarlos durante mucho tiempo.	Durabilidad y resistencia en las herramientas.
No le gusta: herramienta actual	Sí, hemos presentado que se pegue la mezcla en los moldes, pero también es porque a lo mejor no se agregaron los ingredientes en las porciones correctas.	Fácil de desmoldar el chocolate de la herramienta.
	Variedad en los diseños de los moldes de aluminio, aunque a veces las personas eligen comprar el chocolate en polvo para poder disolver más rápido.	Variedad en los productos.
Mejoras sugeridas	Como sí es un proceso que lleva tiempo, me gustaría que se pudiera producir más producto.	Aumento de la capacidad de producción
	Para hacer las bolas de chocolate tenemos un molde que está dividido por la mitad. Me gustaría que no fuera así.	Herramienta que sea fácil de utilizar.
	No se tiene una medida de porciones de chocolate para prepararlo con otros alimentos, por ejemplo, si desean	Las porciones de chocolate están medidas para el consumo.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
	hacer una jarra de leche con chocolate, no hay una medida exacta.	

Fuente: Propia.

Tabla 4

Plantilla de respuestas del cliente 3.

Cliente 3. Lic. Lorena Hernández - Productos oaxaqueños Delfinita.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
Usos típicos	Nosotros hacemos chocolate artesanal, entonces utilizamos moldes de hace muchos años que utilizaban mis abuelos. Son cuadritos para hacer el chocolate en tablilla, se mete el chocolate en los cuadritos, los moldes son de fierro, se golpean en una tabla de madera, y ya que quedan lisos se voltean y así se hacen unas barras grandes, y una vez que se hacen esas barras grandes, con el cuchillo se hacen palitos, luego ya se moldean con la mano y se hace la forma cilíndrica, a eso nosotros le llamamos tablillas. Para las demás formas que manejamos, igual utilizamos instrumentos de fierro, por ejemplo, para hacer la bola, utilizamos lo que son moldes en forma de esfera partida a la mitad, entonces tomamos el chocolate y lo metemos en las dos mitades, lo juntamos, lo pegamos en una piedra y, al separarse, ya quedan comprimidas. Nuestra panadería y chocolatería ya viene desde hace 65 años, entonces los moldes que utilizamos son de hace	Herramientas para el formado de bolas de chocolate de mesa.

Pregunta/sugerencia	Enunciado del cliente	Necesidad interpretada
	mucho tiempo y ya tienen una medida, porque seis bolitas de chocolate nos hacen medio kilo exacto. También tenemos el producto que nosotros le llamamos tejo o redondo, y a comparación de la bola, el tejo no es totalmente circular, sino es como una galleta; para este producto tenemos un molde de madera, se mete el chocolate y se juega hasta que queden totalmente lisas y se ponen a secar en una tabla con un nylon, de preferencia en el piso, porque le tiene que tocar lo frío para que no se ponga blanquizco.	
Le gusta: herramienta actual	Lo que me gusta es que no son sucios porque se lavan sin problema. Los moldes con el tiempo los hemos ido cambiando, pero no nos preocupamos mucho porque tenemos repuestos.	Fácil de limpiar y que no se requiera mantenimiento constante. El herramental debe ser material resistente.
No le gusta: herramienta actual	Lo que no me gusta es que los moldes se van abollando con el tiempo, y ya no sale el chocolate de bola con la forma deseada.	El herramental debe ser de material resistente.
Mejoras sugeridas	Entre más variedad le ofrezcas a un cliente, tiene mayores posibilidades de escoger y comprar el producto. Nos gustaría moldes que no se abollen con el uso. Al usar los moldes, sí es más laborioso el trabajo, porque, imagínate, una tanda de chocolate se hace en un día.	Variedad en los productos. Herramientales más resistentes. Herramienta que sea de fácil manejo para el operador.

Fuente: Propia.

Con base en la información que se recopiló de los productores artesanales de chocolate, se puede destacar que se encuentran limitados en sus procesos de formado de chocolate por la falta de herramental adecuado, lo que resulta en procesos ineficientes y productos finales de calidad variable. Por otro lado, la falta de maquinaria especializada para la creación de diferentes formas de chocolate, limita la variedad de productos ofrecidos por ellos en comparación con las marcas ya establecidas de chocolate en el mercado.

3.1.2 Interpretación de datos sin procesar en términos de necesidades

Las necesidades de los clientes se expresan como enunciados escritos y son el resultado de interpretar los datos sin procesar obtenidos de los usuarios.

En función de las necesidades interpretadas de la información recopilada de los productores artesanales, se seleccionan las más importantes, relevantes y que más se replican. Se expresa la necesidad en términos de lo que el producto tiene que hacer, no en términos de cómo puede hacerlo.

En la Tabla 5, se describen en forma de enunciados las necesidades o requerimientos de los productores.

Tabla 5

Necesidades de los productores.

Núm.	Necesidades
1	El herramental permite el formado del chocolate de mesa en una variedad de formas.
2	El herramental es de material que sigue las normas del manejo de alimentos.
3	El producto resuelve la falta de precisión encontrada en los moldes de madera, metal, silicona y aluminio utilizados actualmente.
4	El herramental es fácil de limpiar.
5	Las piezas del herramental son más duraderas y resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate.
6	El herramental proporciona mayor precisión en los detalles de las formas de chocolate.

Núm.	Necesidades
7	Los moldes del herramental incorporan guías para mantener la forma y tamaño deseado.
8	El herramental permite el formado con movimiento manual ejercido por el artesano.
9	El herramental permite una mayor consistencia en el proceso de formado.
10	El herramental es fácil de usar y ofrece versatilidad en su manejo, incluyendo algún tipo de agarre para facilitar su manipulación.
11	El herramental permite la formación de una mayor cantidad de chocolate en cada uso.
12	El herramental es compacto y fácil de guardar.
13	Al usar el herramental, existe una mínima cantidad de desperdicio de chocolate.
14	El herramental cuenta con piezas intercambiables de diferentes formas para dar al chocolate.
15	Facilita la producción rápida y eficiente de una mayor cantidad de bolas de chocolate.
16	Permitir una producción continua y fluida, reduciendo los tiempos de inactividad y maximizando la productividad.
17	Cuenta con agarre ergonómico que se adapta cómodamente a la mano del usuario, reduciendo la tensión muscular.
18	Puede adaptarse tanto a pequeñas producciones artesanales como a grandes.
19	El herramental es fácil de utilizar.

Fuente: Propia.

3.1.3 Organización de las necesidades en una jerarquía

Con base en las necesidades obtenidas en el apartado 3.1.2., se prosiguió a organizarlas jerárquicamente.

Para llevar a cabo esta organización, se utiliza el método Kano. Yacuzzi y Martín (2002) afirman que consiste en la conexión entre el desarrollo del producto con la satisfacción, con el propósito de clasificar los requerimientos del consumidor de acuerdo con el modelo.

Para cada requerimiento se plantean dos preguntas (funcional y disfuncional), en las cuales el cliente puede contestar en una de cinco posibles formas.

A continuación, se presentan las posibles respuestas del productor artesanal.

1 = Realmente me gusta

2 = Me gusta (debe tenerla)

3 = Neutral (no me preocupa)

4 = No me gusta (puedo vivir con ella)

5 = Realmente no me gusta (insatisfecho)

De acuerdo con sus respuestas, se clasifica la necesidad o requerimiento que está siendo expresada por el encuestado mediante la siguiente tabla que contiene los tipos de necesidades del cliente: básicas (esperadas, E), de desempeño (lineales, L), excitantes (atractivas, A), respuestas indiferentes (I), respuestas cuestionables (C) y respuestas revertidas (R).

Se clasifica cruzando los puntos de las respuestas a las preguntas funcionales y las disfuncionales (Tabla 6).

Tabla 6*Matriz de respuestas de Kano.*

Requerimientos del consumidor		Disfuncional				
		Realmente me gusta	Me gusta	Neutral	No me gusta	Realmente no me gusta
Funcional	Realmente me gusta	C	A	A	A	L
	Me gusta	R	I	I	I	E
	Neutral	R	I	I	I	E
	No me gusta	R	I	I	I	E
	Realmente no me gusta	R	R	R	R	C

L = Caract. unidimensional o lineal E = Caract. Esperada I = Respuesta Indiferente

R = Respuesta Revertida A = Caract. Atractiva C = Caract. Cuestionable

Fuente: Yacuzzi y Martín (2002).

Enseguida, en la Tabla 7, se presentan las preguntas que se realizaron a los productores artesanales con base en las necesidades identificadas en la Tabla 5. Cabe mencionar que, algunas necesidades con significado similar se integraron en un solo requerimiento (necesidades 6, 7 y 9), con el fin de representar de manera más precisa las funcionalidades esperadas.

Tabla 7*Preguntas funcionales y disfuncionales.*

Requerimiento	Pregunta funcional	Pregunta disfuncional
1	¿Cómo se siente si el herramental permite el formado del chocolate de mesa en una variedad de formas?	¿Cómo se siente si el herramental no permite el formado del chocolate de mesa en una variedad de formas?
2	¿Cómo se siente si el material del herramental cumple con las normas de manejo de alimentos?	¿Cómo se siente si el material del herramental no cumple con las normas de manejo de alimentos?

Requerimiento	Pregunta funcional	Pregunta disfuncional
3	¿Cómo se siente si el producto resuelve la falta de precisión encontrada en los moldes utilizados actualmente?	¿Cómo se siente si el producto no resuelve la falta de precisión encontrada en los moldes utilizados actualmente?
4	¿Cómo se siente si el producto es fácil de limpiar?	¿Cómo se siente si el producto no es fácil de limpiar?
5	¿Cómo se siente si las piezas del herramental son más duraderas y resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate?	¿Cómo se siente si las piezas del herramental no son más duraderas ni resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate?
6	¿Cómo se siente si los moldes del herramental incorporan guías para mantener la forma y tamaño deseado?	¿Cómo se siente si los moldes del herramental no incorporan guías para mantener la forma y tamaño deseado?
7	¿Cómo se siente si el herramental permite el formado con movimiento manual?	¿Cómo se siente si el herramental no permite el formado con movimiento manual?
8	¿Cómo se siente si el herramental es fácil de usar y ofrece versatilidad en su manejo, incluyendo algún tipo de agarre para facilitar su manipulación?	¿Cómo se siente si el herramental no es fácil de usar y no ofrece versatilidad en su manejo, ni incluye algún tipo de agarre para facilitar su manipulación?
9	¿Cómo se siente si el herramental permite la formación de una mayor cantidad de chocolate en cada uso?	¿Cómo se siente si el herramental no permite la formación de una mayor cantidad de chocolate en cada uso?
10	¿Cómo se siente si el herramental es compacto y fácil de guardar?	¿Cómo se siente si el herramental no es compacto ni fácil de guardar?
11	¿Cómo se siente si al usar el herramental existe una mínima cantidad de desperdicio de chocolate?	¿Cómo se siente si al usar el herramental existe una cantidad considerable de desperdicio de chocolate?
12	¿Cómo se siente si el herramental cuenta con piezas intercambiables	¿Cómo se siente si el herramental no cuenta con piezas intercambiables

Requerimiento	Pregunta funcional	Pregunta disfuncional
	de diferentes formas para dar al chocolate?	de diferentes formas para dar al chocolate?
13	¿Cómo se siente si el herramental facilita la producción rápida y eficiente de una mayor cantidad de bolas de chocolate?	¿Cómo se siente si el herramental no facilita la producción rápida y eficiente de una mayor cantidad de bolas de chocolate?
14	¿Cómo se siente si el herramental permite una producción continua y fluida, reduciendo los tiempos de inactividad y maximizando la productividad?	¿Cómo se siente si el herramental no permite una producción continua y fluida, aumentando los tiempos de inactividad y afectando la productividad?
15	¿Cómo se siente si el herramental cuenta con agarre ergonómico que se adapta cómodamente a la mano del usuario, reduciendo la tensión muscular?	¿Cómo se siente si el herramental no cuenta con agarre ergonómico y no se adapta cómodamente a la mano del usuario, aumentando la tensión muscular?
16	¿Cómo se siente si el herramental puede adaptarse tanto a pequeñas producciones artesanales como a grandes?	¿Cómo se siente si el herramental no puede adaptarse tanto a pequeñas producciones artesanales como a grandes?
17	¿Cómo se siente si el herramental es fácil de entender y utilizar?	¿Cómo se siente si el herramental no es fácil de entender y utilizar?

Fuente: Propia.

A continuación, en la Tabla 8, se presentan las respuestas al cuestionario Kano realizado a los productores artesanales.

Yacuzzi y Martín (2002), mencionan que las características Lineales (L) son aquellas que generan satisfacción proporcional, esto quiere decir que, si se cumple con estas características, los clientes estarán satisfechos, y si no se cumple, estarán insatisfechos. Las características Atractivas (A) son las que generan satisfacción al cliente, pero no causan insatisfacción si no están. Las características Esperadas (E) son las que el cliente asume que el producto debe incluir.

Tabla 8*Respuestas de cuestionario Kano.*

Requerimiento	A	L	E	I
Requerimiento 1	2	1		
Requerimiento 2		3		
Requerimiento 3	1	2		
Requerimiento 4		3		
Requerimiento 5		3		
Requerimiento 6		2	1	
Requerimiento 7	2	1		
Requerimiento 8		2		1
Requerimiento 9		1	2	
Requerimiento 10	1	1		1
Requerimiento 11	3			
Requerimiento 12	2	1		
Requerimiento 13	2		1	
Requerimiento 14	2	1		
Requerimiento 15	1	1	1	
Requerimiento 16	2			1
Requerimiento 17	1		2	

Fuente: Propia.

Con base en las respuestas obtenidas, el siguiente paso de la herramienta Kano es asignar importancia a cada requerimiento. A continuación, se menciona el procedimiento.

La fórmula del coeficiente de satisfacción del cliente es la siguiente:

$$CSC = \frac{A + L}{A + L + E + I}$$

El coeficiente de insatisfacción del cliente se calcula con la siguiente fórmula:

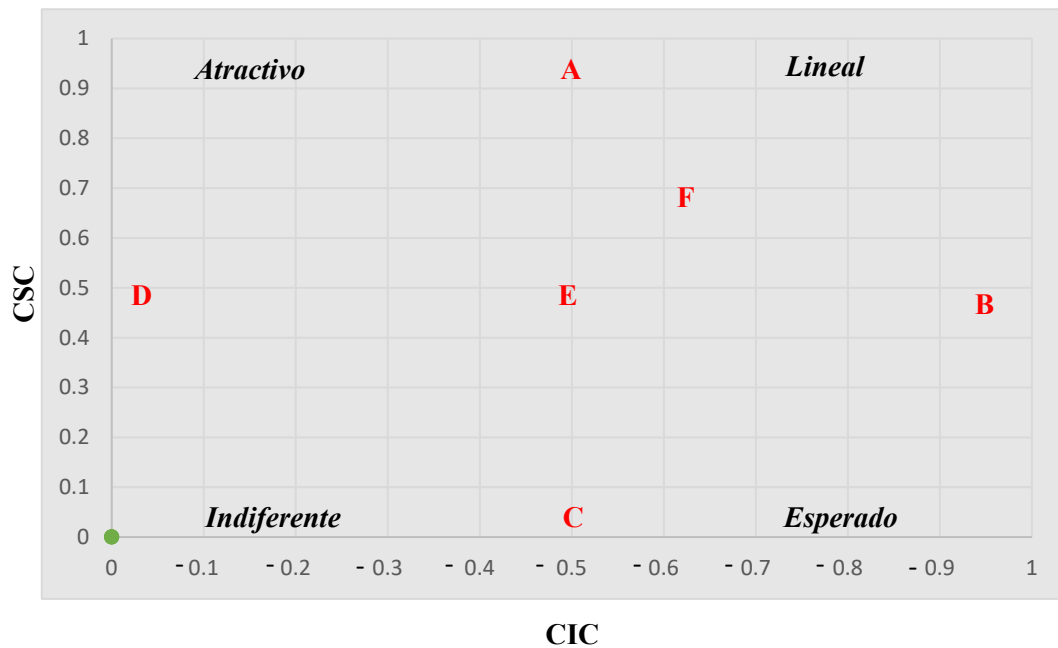
$$CIC = \frac{L + E}{A + L + E + I} (-1)$$

De acuerdo con la asignación de importancia del requerimiento del cliente, se ordenan jerárquicamente como se muestra a continuación.

Se utiliza la Figura 8, para observar en qué cuadrante se encuentra el requerimiento, con base en los resultados obtenidos al calcular el coeficiente de satisfacción y el coeficiente de insatisfacción del cliente.

Figura 8

Identificación de importancia.



Fuente: Yacuzzi y Martín (2002).

A partir de la posición del punto en el gráfico, se identifica a qué tipo de característica pertenece la necesidad. Si el punto se identifica en el cuadrante superior izquierdo, se trata de una característica Atractiva; el cuadrante superior derecho, corresponde a una característica Lineal; en el cuadrante inferior derecho, se refiere a una característica Esperada, mientras que, si está en el cuadrante inferior izquierdo, la necesidad es Indiferente.

Seguidamente, se utiliza la Tabla 9, para identificar la posición en la gráfica.

Tabla 9*Distribución de respuesta.*

Distribución de la respuesta	Par de puntos	Posición en la gráfica
Completamente Atractivo	0, 1	Esquina superior izquierda
Completamente Lineal	1, 1	Esquina superior derecha
Intermedio entre Atractivo y Lineal	0.5, 1	Centro de la orilla superior, a la mitad entre atractivo y lineal (punto A)
Completamente Esperado	1, 0	Esquina inferior derecha
Intermedio Lineal y Esperado	1, 0.5	Centro de la orilla derecha, a la mitad entre lineal y esperado (punto B)
Completamente indiferente	0, 0	Esquina inferior izquierda
Intermedio entre Esperado e Indiferente	0.5, 0	Centro de la orilla inferior, a la mitad entre esperado e indiferente (punto C)
Intermedio entre Indiferente y Atractivo	0, 0.5	Centro de la orilla izquierda, a la mitad entre indiferente y atractivo (punto D)
Intermedio entre Atractivo, Lineal, Esperado e Indiferente	0.5, 0.5	Centro exacto de la gráfica (punto E)
Intermedio entre Atractivo y Esperado	0.5, 0.5	Centro exacto de la gráfica entre atractivo y esperado, sin influencia de lineal o independiente (punto E)
Intermedio entre Atractivo, Lineal y Esperado	0.67, 0.67	Igualmente, espaciado entre atractivo y esperado, pero influenciado por lineal (punto F)

Fuente: Berger et al. (1993).

A continuación, en la Tabla 10, se presentan los resultados de los coeficientes de satisfacción e insatisfacción. De igual manera, se presenta la categoría a la que pertenece cada requerimiento.

Tabla 10*Cálculo de coeficientes.*

Requerimiento	A	L	E	I	CSC	CIC	Categoría
Requerimiento 1	2	1			1	-0.3	Atractivo
Requerimiento 2		3			1	-1	Lineal
Requerimiento 3	1	2			1	-0.6	Intermedio A y L
Requerimiento 4		3			1	-1	Lineal
Requerimiento 5		3			1	-1	Lineal
Requerimiento 6	1	2			1	-0.6	Intermedio A y L
Requerimiento 7	2	1			1	-0.3	Atractivo
Requerimiento 8		2		1	0.6	-0.6	Intermedio A y E
Requerimiento 9		1	2		0.3	-1	Esperado
Requerimiento 10	1	1		1	0.6	-0.3	Intermedio I y A
Requerimiento 11	3				1	0	Atractivo
Requerimiento 12	2	1			1	-0.3	Atractivo
Requerimiento 13	2		1		0.6	-0.3	Intermedio I y A
Requerimiento 14	2	1			1	-0.3	Atractivo
Requerimiento 15	1	1	1		0.6	-0.6	Intermedio A y E
Requerimiento 16	2			1	0.6	0	Intermedio I y A
Requerimiento 17	1		2		0.3	-0.6	Esperado

Fuente: Propia.

Con base en los resultados de la Tabla 10, y apoyándose en los parámetros presentados en la Tabla 11, en donde las categorías Lineal e Intermedio Lineal–Atractivo se consideraron con la mayor importancia (valor 1), ya que representan atributos cuyo cumplimiento incrementa la satisfacción y su falta genera insatisfacción. Las categorías Esperado e Intermedio Indiferente–Atractivo se asignaron con valores de menor importancia (4 y 5), debido a que corresponden a atributos con bajo impacto en la percepción del cliente. Se procede a realizar la asignación de importancia (Tabla 12).

Tabla 11*Parámetros de importancia.*

Categoría	Importancia
Lineal e Intermedio Lineal y Atractivo	1
Atractivo	2
Intermedio Atractivo y Esperado	3
Esperado	4
Intermedio Indiferente y Atractivo	5

Fuente: Propia.

Tabla 12*Asignación de importancia.*

Núm.	Requerimiento	Importancia
1	El herramental permite el formado del chocolate de mesa en una variedad de formas.	2
2	El herramental es de material que sigue las normas del manejo de alimentos.	1
3	El producto resuelve la falta de precisión encontrada en los moldes de madera, metal, silicona y aluminio utilizados actualmente.	1
4	El herramental es fácil de limpiar.	1
5	Las piezas del herramental son más duraderas y resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate.	1
6	Los moldes del herramental incorporan guías para mantener la forma y tamaño deseado.	1
7	El herramental permite el formado con movimiento manual ejercido por el artesano.	2
8	El herramental es fácil de usar y ofrece versatilidad en su manejo, incluyendo algún tipo de agarre para facilitar su manipulación.	3
9	El herramental permite la formación de una mayor cantidad de chocolate en cada uso.	4
10	El herramental es compacto y fácil de guardar.	5
11	Al usar el herramental existe una mínima cantidad de desperdicio de chocolate.	2

Núm.	Requerimiento	Importancia
12	El herramental cuenta con piezas intercambiables de diferentes formas para dar al chocolate.	2
13	Facilita la producción rápida y eficiente de una mayor cantidad de bolas de chocolate.	5
14	Permitir una producción continua y fluida, reduciendo los tiempos de inactividad y maximizando la productividad.	2
15	Cuenta con agarre ergonómico que se adapta cómodamente a la mano del usuario, reduciendo la tensión muscular.	3
16	Puede adaptarse tanto a pequeñas producciones artesanales como a grandes.	5
17	El herramental es fácil de utilizar.	4

Fuente: Propia.

Los resultados de esta primera etapa de la metodología de Kalpakjian y Schmid (2008) consisten en la identificación de la importancia relativa de cada requerimiento de los productores artesanales. Esta información es clave para desarrollar la segunda etapa, la cual permitirá conceptualizar el herramental, asegurando que se adecúen las necesidades al producto.

3.2 Definición conceptual, estudio de factibilidad

La segunda etapa en la metodología de Kalpakjian y Schmid (2008) corresponde a la definición conceptual y el estudio de factibilidad, una vez que las necesidades del cliente han sido identificadas y registradas, es esencial traducirlas en especificaciones del producto, también denominadas requisitos del producto, características de ingeniería o especificaciones técnicas.

3.2.1 Elaboración lista de métricas

A continuación, se presentan las métricas establecidas con base en los requerimientos expresados en la Tabla 12. Dichas métricas se plantearon suponiendo que las necesidades del cliente deben traducirse a especificaciones precisas y medibles, por lo que al cumplir con ellas se logrará la satisfacción de las necesidades del cliente.

En la Tabla 13, se presenta la asignación de métricas con base en los requerimientos.

Calloma et al. (2020) mencionan que la matriz de necesidades-métricas es una herramienta fundamental en el diseño de productos, ya que ayuda a traducir las necesidades del cliente en especificaciones técnicas claras y cuantificables.

En esta matriz se permite conectar las necesidades con las métricas (requisitos medibles que el producto debe cumplir para cumplir con la satisfacción del cliente). Se presenta la matriz de necesidades-métricas en la Tabla 14.

Tabla 13

Asignación de métricas.

Núm. Métrica	Núm. Necesidad	Métrica	Imp.	Unidades
1	1	Número de formas disponibles.	2	Cantidad.
2	2	Cumplimiento de normas alimentarias.	1	Binario (Cumple/No cumple).
3	3	Diferencia en precisión.	1	Milímetros (mm).
4	4	Tiempo de limpieza.	1	Minutos (min).
5	5	Resistencia a la deformación.	1	Micrómetro/metro ($\mu\text{m}/\text{m}$).
6	6	Precisión de las guías.	1	Desviación de la forma.
7	7	Esfuerzo requerido para el formado.	2	Escala de 1 a 10 (donde 1 es muy fácil y 10 es muy difícil).
8	8	Comodidad del agarre.	3	Escala de satisfacción del usuario de 1 a 5 (donde 1 es muy incómodo y 5 es muy cómodo).

Núm. Métrica	Núm. Necesidad	Métrica	Imp.	Unidades
9	9	Capacidad de producción.	4	Porcentaje de aumento en la cantidad de chocolate formado.
10	10	Tamaño del herramental.	5	Volumen (unidades cúbicas).
11	11	Porcentaje de desperdicio de chocolate.	2	Porcentaje del chocolate utilizado que no se convierte en producto final.
12	12	Facilidad de intercambio de piezas.	2	Tiempo requerido para cambiar las piezas intercambiables (en minutos).
13	13	Tiempo de producción por unidad.	5	Minutos por bola de chocolate producida.
14	14	Tiempo de inactividad.	2	Porcentaje de tiempo total en el que el herramental está inactivo.
15	15	Nivel de fatiga del usuario.	3	Escala de 1 a 10 (donde 1 es muy fatigado y 10 es sin fatiga).
16	13, 16	Flexibilidad de producción.	5	Escala de 1 a 5 (donde 1 es solo adecuado para pequeñas producciones y 5 es adecuado para cualquier escala de producción).
17	17	Facilidad de uso percibida.	4	Escala de satisfacción del usuario de 1 a 5 (donde 1 es muy difícil usar, y 5 es muy fácil de usar).

Fuente: Propia.

Matriz de necesidades-métricas.

45

	Número de formas disponibles.
	Cumplimiento de normas alimentarias.
	Diferencia en precisión.
	Tiempo de limpieza.
	Resistencia a la deformación.
	Precisión de las guías.
	Esfuerzo requerido para el formado.
	Comodidad del agarre.
	Capacidad de producción.
	Espacio de almacenamiento requerido.
	Porcentaje de desperdicio de chocolate.
	Facilidad de intercambio de piezas.
	Tiempo de producción por unidad.
	Tiempo de inactividad.
	Nivel de fatiga del usuario.
	Flexibilidad de producción.
	Facilidad de uso percibida.
Permite la formación de una mayor cantidad de chocolate. Es compacto y fácil de guardar. Existe una mínima cantidad de desperdicio. Cuenta con piezas intercambiables. Facilita la producción rápida y eficiente. Permitir una producción continua y fluida. Cuenta con agarre ergonómico. Pueda adaptarse a la producción. El herramental es fácil de utilizar.	• • • • • • • • • •

Fuente: Propia.

Con base en la Tabla 13, se establecieron valores objetivo-ideales y marginalmente aceptables. La métrica ideal es el mejor resultado que se puede esperar, mientras que el valor marginalmente aceptable es el que apenas haría viable el producto desde el punto de vista comercial. A continuación, se presenta en la Tabla 15, la asignación de valores.

Tabla 15

Asignación de valores objetivo y marginales.

Número de métrica	Número de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades	Valor marginal	Valor ideal
1	1	Número de formas disponibles.	2	Cantidad.	Al menos 2	3
2	2	Cumplimiento de normas alimentarias	1	Binario (Cumple/No cumple).	Cumple	Cumple
3	3	Diferencia en precisión.	1	Milímetros (mm).	<0.5	<0.1
4	4	Tiempo de limpieza.	1	Minutos (min).	<30	<15
5	5	Resistencia a la deformación.	1	Micrómetro/metro ($\mu\text{m}/\text{m}$).	<50	<20
6	6	Precisión de las guías.	1	Desviación de la forma.	0.2-0.5	0.3
7	7	Esfuerzo requerido para el formado.	2	Escala de 1 a 10 (donde 1 es muy fácil y 10 es muy difícil).	<7	<3
8	8	Comodidad del agarre.	3	Escala de satisfacción del usuario de 1 a 5 (donde 1 es muy incómodo y 5 es muy cómodo).	>2	>4
9	9	Capacidad de producción.	4	Porcentaje de aumento en la cantidad de chocolate formado.	>20%	>50%

Número de métrica	Número de necesidad	Métrica	Imp.	Unidades	Valor marginal	Valor ideal
10	10	Tamaño del herramental.	5	Volumen (unidades cúbicas)	<0.7	<0.5
11	11	Porcentaje de desperdicio de chocolate.	2	Porcentaje del chocolate utilizado que no se convierte en producto final.	<20%	<10%
12	12	Facilidad de intercambio de piezas.	2	Tiempo requerido para cambiar las piezas intercambiables (en minutos).	<4	<3
13	13	Tiempo de producción por unidad.	5	Minutos por bola de chocolate producida.	<5	<2
14	14	Tiempo de inactividad.	2	Porcentaje de tiempo total en el que el herramental está inactivo.	<30%	<10%
15	15	Nivel de fatiga del usuario.	3	Escala de 1 a 10 (donde 1 es muy fatigado y 10 es sin fatiga).	<5	<2
16	13, 16	Flexibilidad de producción.	5	Escala de 1 a 5 (donde 1 es solo adecuado para pequeñas producciones y 5 es adecuado para cualquier escala de producción).	>2	>4
17	17	Facilidad de uso percibida.	4	Escala de satisfacción del usuario de 1 a 5 (donde 1 es muy difícil usar, y 5 es muy fácil de usar).	>2	>4

Fuente: Propia.

3.2.2 Recopilación información de comparaciones con la competencia

La comparación entre los productos similares que ofrece la competencia y ver en qué medida los productos de la competencia satisfacen las necesidades detectadas, se realizó con ayuda de los productores artesanales de chocolate.

Enseguida, se muestra en la Tabla 16, la comparación del herramental con otros moldes, basada en la percepción de satisfacción de las necesidades (una mayor cantidad de puntos corresponde a una mayor percepción de satisfacción de la necesidad).

Tabla 16

Comparación de productos de la competencia.

No.	Requerimiento	Importancia	Molde de silicona	Molde de policarbonato	Molde de acrílico (plástico)
1	El herramental permite el formado del chocolate de mesa en una variedad de formas.	2	•••	•••	•••
2	El herramental es de material que sigue las normas del manejo de alimentos.	1	•	•	•
3	El producto resuelve la falta de precisión encontrada en los moldes de madera, metal, silicona y aluminio utilizados actualmente.	1	•	••	•
4	El herramental es fácil de limpiar.	1	••	•	•
5	Las piezas del herramental son más duraderas y resistentes para mantener la uniformidad en las formas del chocolate.	1	•	•	•

No.	Requerimiento	Importancia	Molde de silicona	Molde de policarbonato	Molde de acrílico (plástico)
6	Los moldes del herramental incorporan guías para mantener la forma y tamaño deseado.	1	•	••	•
7	El herramental permite el formado con movimiento manual ejercido por el artesano.	2	•	•	•
8	El herramental es fácil de usar y ofrece versatilidad en su manejo, incluyendo algún tipo de agarre para facilitar su manipulación.	3	•••	••	••
9	El herramental permite la formación de una mayor cantidad de chocolate en cada uso.	4	•	••	•
10	El herramental es compacto y fácil de guardar.	5	••••	•••	•••
11	Al usar el herramental existe una mínima cantidad de desperdicio de chocolate.	2	•	•	•
12	El herramental cuenta con piezas intercambiables de diferentes formas para dar al chocolate.	2	•	••	•
13	Facilita la producción rápida y eficiente de una mayor cantidad de bolas de chocolate.	5	•	•	•
14	Permitir una producción continua y fluida, reduciendo los tiempos de	2	•	•	•

No.	Requerimiento	Importancia	Molde de silicona	Molde de policarbonato	Molde de acrílico (plástico)
	inactividad y maximizando la productividad.				
15	Cuenta con agarre ergonómico que se adapta cómodamente a la mano del usuario, reduciendo la tensión muscular.	3	●	●	●
16	Puede adaptarse tanto a pequeñas producciones artesanales como a grandes.	5	●	●●	●●
17	El herramental es fácil de utilizar.	4	●●●●	●●●●	●●●●

Fuente: Propia.

Al analizar la información de la Tabla 16, se puede concluir que los moldes de silicona, policarbonato y acrílico cumplen con los requerimientos a diferentes niveles de efectividad, cada uno con sus ventajas y desventajas específicas.

Aunque no todos los moldes cumplen con las normas de manejo de alimentos, ninguno de los materiales sobresale considerablemente en durabilidad y resistencia. Esto puede ser una limitación importante, ya que se requiere una estructura robusta que garantice la uniformidad en la producción de chocolate y, al mismo tiempo, sea duradera.

Los moldes de silicona y acrílico presentan menores ventajas en el tema de precisión, lo cual podría ser un factor negativo en el proceso de formado uniforme para los productos artesanales.

3.2.3 Generación de conceptos del producto

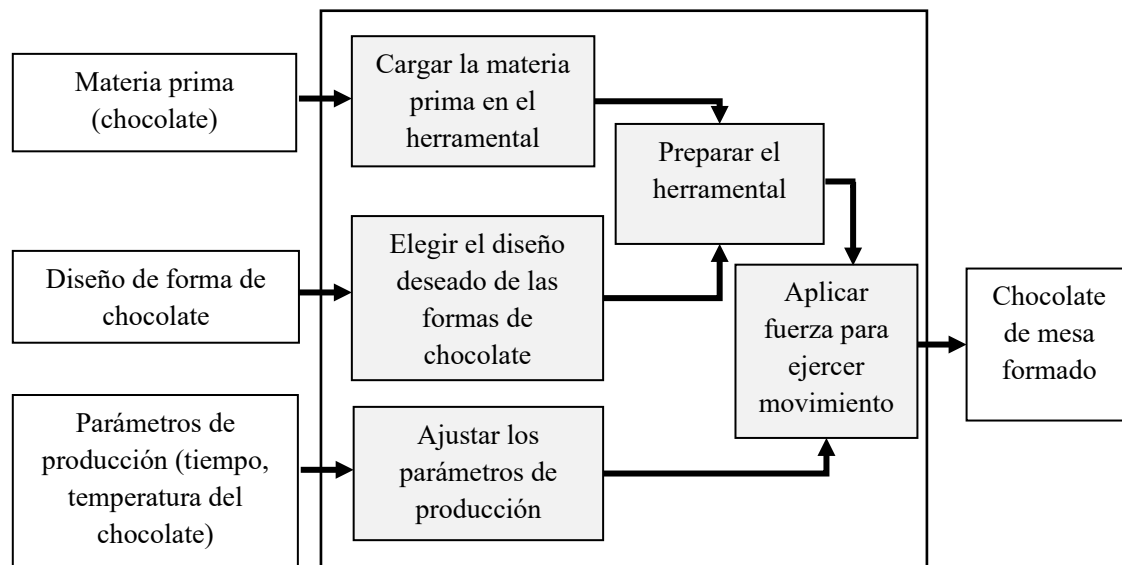
Rapid Direct (2024) menciona que la generación de conceptos de producto implica la descripción técnica de la forma y el funcionamiento del producto. Esta es una etapa crucial en el proceso de diseño de productos, ya que proporciona información clave que transforma la idea inicial del cliente sobre un producto en una representación más detallada y aproximada.

Enseguida, se presenta el diagrama funcional del herramental, que surge de una descomposición funcional (Figura 9).

Con base en la recopilación de información, no se han encontrado datos específicos sobre un "herramental para el formado de chocolate de mesa". Es importante destacar que, sí existen moldes disponibles en el mercado para dar forma al chocolate, estos suelen diseñarse para trabajar con chocolate líquido, que luego se solidifica para obtener diversas formas y figuras. Sin embargo, estos moldes no se adaptan a la particularidad del chocolate en pasta artesanal típico del estado de Oaxaca.

Figura 9

Diagrama de las partes esenciales del herramental.



Fuente: Propia.

Al realizar una visita a los puestos y negocios de los productores artesanales, se observó que la molienda tiene una consistencia más solidificada, por lo que una de las ideas que se tiene es realizar tubos en los cuales se realice fuerza para comprimir el chocolate y se obtenga la forma del molde que se desea colocar.

De igual forma, la solución para el problema del formado de chocolate de mesa, es diseñar dos placas, las cuales contarán con canales, los cuales ayudarán para obtener la forma deseada a moldear con el movimiento de sentido contrario de una de las placas.

A continuación, se presenta en la Tabla 17, la combinación de conceptos, la cual permite considerar el resultado de combinar diferentes soluciones a los subproblemas en los que se ha dividido el concepto.

Tabla 17

Combinación de conceptos.

Selección de diseño adecuado	Activación del herramental	Extracción del producto final
Cambio de boquilla para tomar formas deseadas.	Flexión y extensión	Incorporar una bandeja deslizante para facilitar la extracción de las bolas de chocolate.
Dos placas con canales para generar bolas de chocolate.	Empuje	Utilizar una cuchilla o separador para obtener el producto final con precisión.
Utilizar moldes para empujar el chocolate y darle forma.		

Fuente: Propia.

De acuerdo con la Tabla 17, se presenta una posible combinación: Dos placas con canales para generar bolas de chocolate, considerando flexión y extensión, e incorporar una bandeja deslizante.

Algunos elementos son físicos y otros solo funciones que aún no se han materializado en componentes. Enseguida, se presentan los elementos funcionales y físicos del herramental para el formado de chocolate de mesa en la Tabla 18.

Tabla 18

Identificación de elementos del producto.

ELEMENTOS	
FÍSICOS	FUNCIONALES
Placas moldeadoras	Almacenar el chocolate
Mango ergonómico	Moldear bolas de chocolate
Elemento de empuje	Empujar el chocolate
Cuchillas o mecanismo de corte	Cortar el chocolate
Piezas intercambiables	Intercambiar piezas para diversas figuras
Estructura de soporte	Operación manual
	Comodidad en el manejo

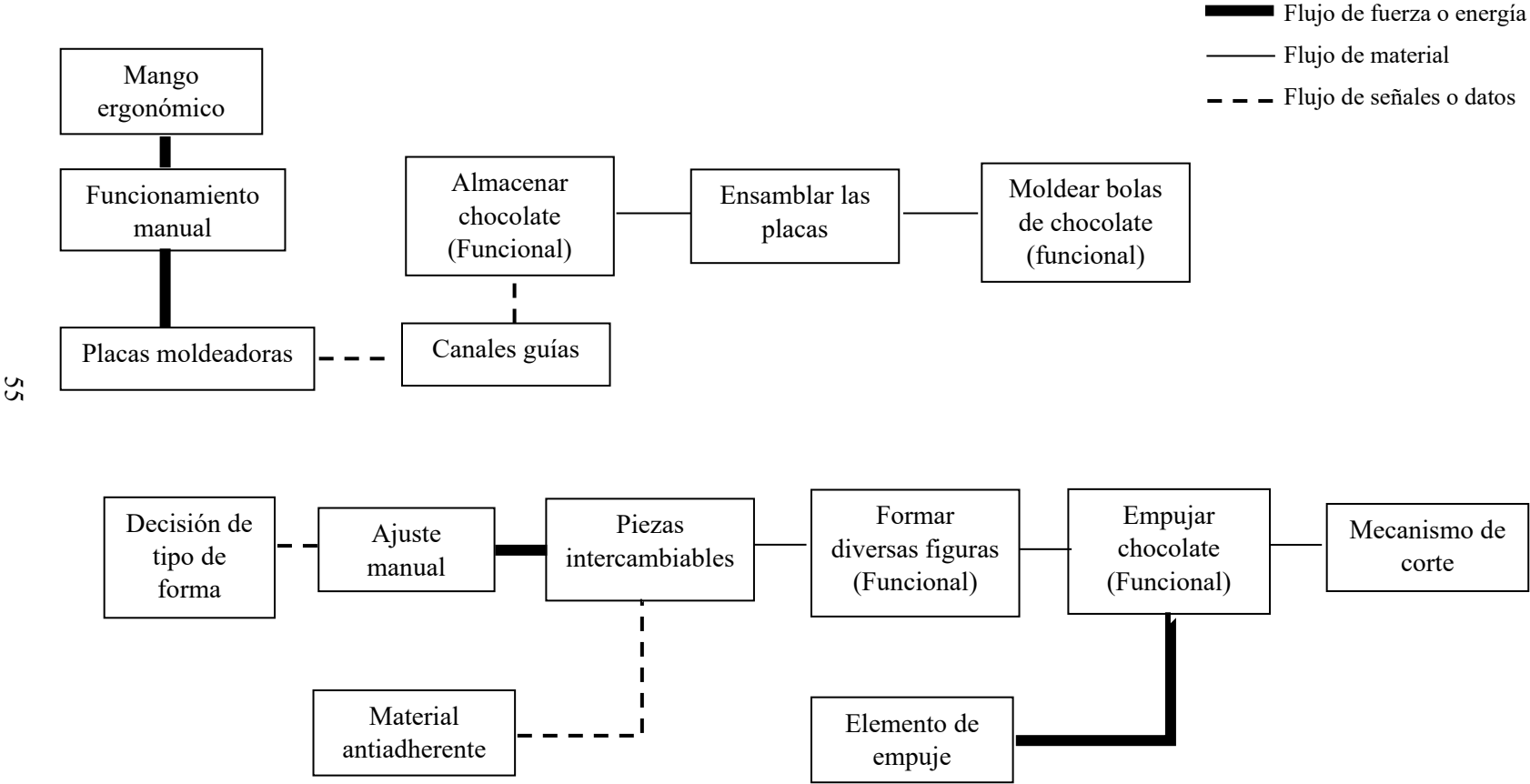
Fuente: Propia.

A continuación, se muestra en la Figura 10, el esquema del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa, que representa la idea que se tiene de los elementos constitutivos del producto. El esquema refleja la mejor idea del estado del producto.

Cada elemento físico está vinculado a una o más funciones específicas, esto indica que el diseño ha sido pensado para que cada componente físico tenga un propósito claro y definido dentro del sistema general.

Figura 10

Esquema del producto-herramental para el formado de chocolate de mesa.



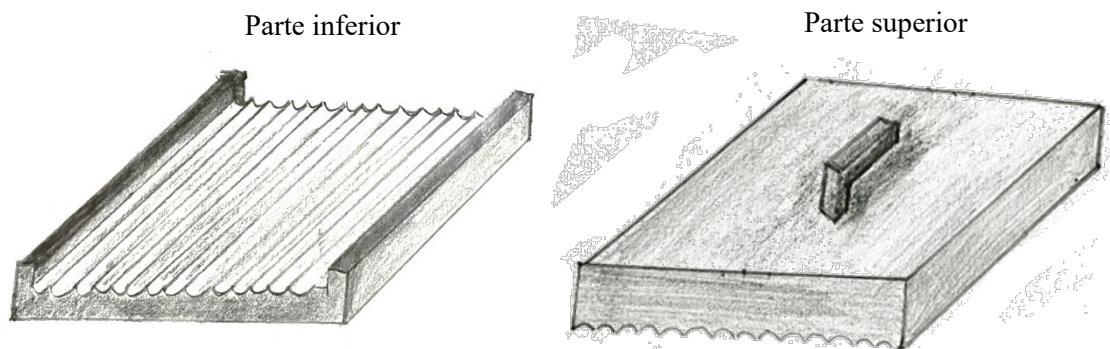
Fuente: Propia.

El esquema muestra claramente cómo los componentes físicos están organizados y cómo se interrelacionan para cumplir las funciones necesarias del herramental. Se distingue entre elementos físicos y funcionales, ayudando a comprender qué componentes realizan cada función específica.

En las Figuras 11, 12, 13 y 14, se muestran los conceptos del herramental, los cuales están representados como borrador (dibujados a mano), con el fin de tener una idea más clara de cómo podría ser su estructura.

Figura 11

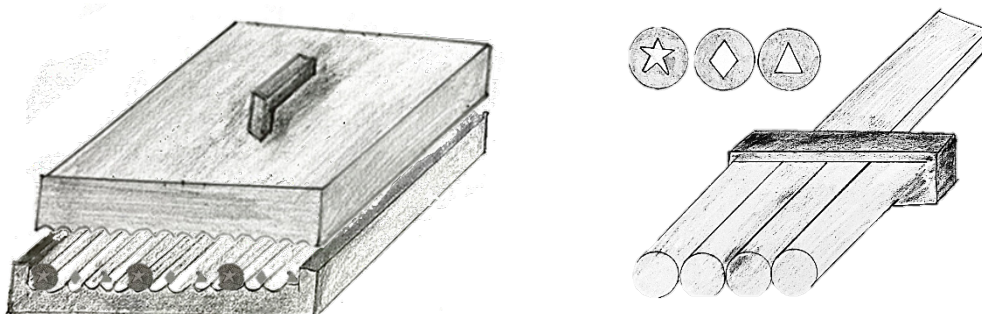
Boceto 1 del concepto del producto.



Fuente: Propia.

Figura 12

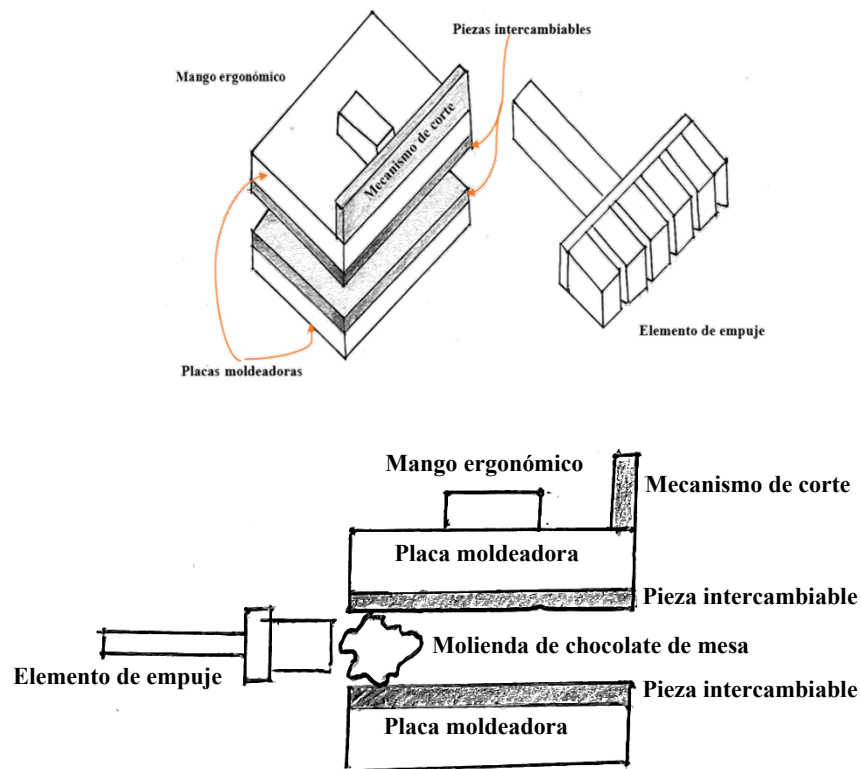
Boceto 2 del concepto del producto.



Nota. En este borrador, se muestran piezas intercambiables y un segundo elemento para empujar el material y obtener diferentes formas del chocolate. Fuente: Propia.

Figura 13

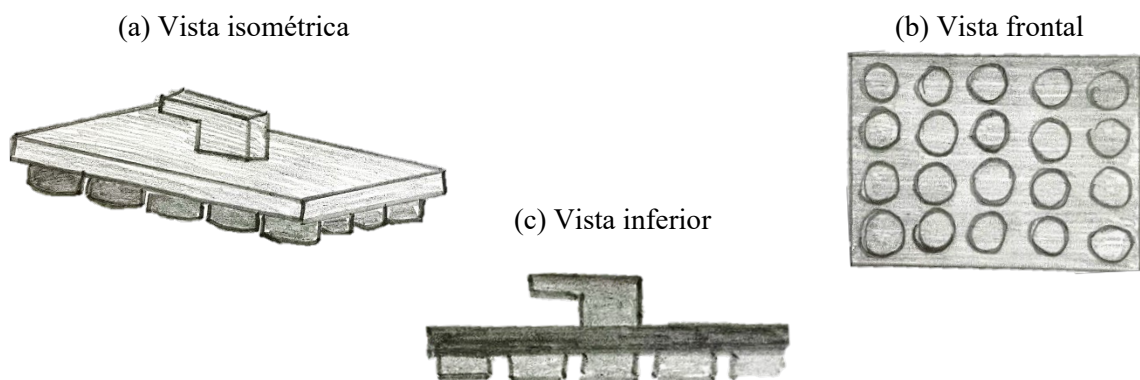
Boceto 3 del concepto del producto.



Fuente: Propia.

Figura 14

Boceto 4 del concepto del producto.



Fuente: Propia.

3.2.4 Selección de concepto del producto

Para llevar a cabo la selección del concepto del producto, se desarrolló el método de Brown y Gibson, el cual se adaptó para evaluar los diferentes conceptos, y con base en los resultados, se seleccionó el mejor concepto del producto.

Cardona (2005) menciona que, el método Brown y Gibson combina factores cuantificables (mano de obra, insumos, transporte, etc.) con una serie de factores subjetivos (cualitativos), permitiendo tomar en cuenta los elementos tangibles como los intangibles que influyen en la selección del concepto.

Los criterios que se evaluaron, basándose en la funcionalidad que se busca para el herramental y la relevancia para los productores artesanales de chocolate, son los siguientes.

Factores Objetivo (FO)

- Eficiencia en el tiempo de formado. Se mide con una escala que va del 1 al 10, donde mayor valor significa mayor eficiencia.
- Uniformidad del producto. Se mide con una escala que va del 1 al 10, donde mayor valor representa mejor uniformidad en las formas del chocolate.

Factores Subjetivos (FS)

- Versatilidad en formas. Se califica con el grado de flexibilidad para producir diferentes formas de chocolate.
- Facilidad de uso. Qué tan sencillo es el uso del herramental para los productores.
- Mantenimiento y durabilidad. Facilidad de mantenimiento.

A continuación, se presentan las etapas del método para seleccionar la mejor opción de concepto.

Etapa 1. Asignación de valor relativo a cada factor objetivo (FO) para cada concepto y se calcula utilizando la siguiente ecuación.

$$FO_i = \frac{1 / C_i}{\sum_{i=1}^n 1/C_i}$$

Donde:

C_i = Costo total de cada localización optativa

Sin embargo, el valor de C_i se sustituyó por el valor asignado para cada criterio y concepto.

En la Tabla 19, se muestran los valores para cada criterio, con base en la experiencia del formado manual que ha realizado el diseñador. Posteriormente, se realizaron los cálculos correspondientes, los cuales se registraron en la Tabla 20.

Tabla 19

Asignación valores para cada Factor Objetivo.

Concepto	Eficiencia en tiempo	Uniformidad del producto
Concepto 1	8	5
Concepto 2	7	8
Concepto 3	9	9
Concepto 4	8	7

Fuente: Propia.

Tabla 20

Resultados de Factores Objetivos.

Concepto	FO: Eficiencia en tiempo	FO: Uniformidad del producto	Total, FO
Concepto 1	0.25	0.17	0.42
Concepto 2	0.22	0.28	0.5
Concepto 3	0.27	0.31	0.58
Concepto 4	0.25	0.24	0.49

Fuente: Propia.

Etapa 2. Se estimó el valor relativo de cada factor subjetivo (FS). Y se calcula utilizando la siguiente fórmula.

$$FS_i = \sum_{j=1}^n R_{ij}W_j$$

Sin embargo, se adaptó la fórmula para poder calcularla para los conceptos, debido a que estas fórmulas son utilizadas para decidir cuál es la localización más conveniente para un proyecto.

En la Tabla 21, se muestran los valores para cada criterio. Posteriormente, se realizaron los cálculos correspondientes.

Tabla 21

Asignación de valores para cada factor subjetivo.

Concepto	Versatilidad en formas	Facilidad de uso	Mantenimiento y durabilidad
Concepto 1	7	9	8
Concepto 2	8	8	7
Concepto 3	9	6	9
Concepto 4	6	9	8

Fuente: Propia.

A continuación, se presenta en la Tabla 22, con los resultados para el Factor Subjetivo.

Tabla 22

Resultados de Factores Subjetivos.

Concepto	FS: Versatilidad en formas	FS: Facilidad de uso	FS: Facilidad de uso	Total, FS
Concepto 1	0.23	0.28	0.25	0.76
Concepto 2	0.27	0.25	0.22	0.74
Concepto 3	0.30	0.19	0.28	0.77

Concepto	FS: Versatilidad en formas	FS: Facilidad de uso	FS: Facilidad de uso	Total, FS
Concepto 4	0.20	0.28	0.25	0.73

Fuente: Propia.

Etapas 3. Se calculó la Medida de Preferencia de Localización (MPL), pero en este estudio, se realiza para conceptos.

Para ello, se utiliza la siguiente ecuación.

$$MPL_i = k(FO_i) + (1 - k)(FS_i)$$

Donde la importancia relativa que existe a su vez entre los factores objetivos y subjetivos hace necesario ponderar con un valor k a un grupo de factores y 1-k al otro grupo.

Se consideró k = 0.6 para los FO y 1-k = 0.4 para los FS.

$$MPL \text{ para Concepto 1} = (0.6 \times 0.42) + (0.4 \times 0.76) = 0.556$$

$$MPL \text{ para Concepto 2} = (0.6 \times 0.50) + (0.4 \times 0.74) = 0.596$$

$$MPL \text{ para Concepto 3} = (0.6 \times 0.58) + (0.4 \times 0.77) = 0.656$$

$$MPL \text{ para Concepto 4} = (0.6 \times 0.49) + (0.4 \times 0.73) = 0.586$$

En la Tabla 23, se presentan los resultados finales del cálculo del MPL.

Tabla 23

Resultados del MPL.

Concepto	MPL
Concepto 1	0.556
Concepto 2	0.596
Concepto 3	0.656
Concepto 4	0.586

Fuente: Propia.

Como conclusión, se tiene que, el concepto 3 tiene la MPL más alta, de 0.656, siendo la opción favorable según el método de Brown y Gibson.

3.2.5 Establecimiento de las especificaciones finales

Con base en el concepto seleccionado, en la Tabla 24, se proponen las especificaciones para el diseño y manufactura del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa.

Tabla 24

Especificaciones del concepto.

Especificación	Descripción	Material	Datos adicionales
Placas Base (2 unidades)	Placas que tienen los canales y soportan las piezas intercambiables para moldear el chocolate.	Acero inoxidable AISI 304	Debe permitir ajuste preciso de piezas intercambiables.
Piezas Intercambiables (Moldes)	Piezas con formas específicas para moldear el chocolate.	Acero inoxidable AISI 304	Diseños de moldes deben ser variados para distintas formas de chocolate; fácil intercambio de piezas.
Estructura de Tubos de Empuje	Tubos que empujan el chocolate entre las placas, permitiendo un flujo uniforme hacia los moldes.	Acero inoxidable AISI 304	Deben ser fáciles de desmontar para limpieza y mantenimiento.
Mecanismo de Cuchilla	Cuchilla que recorta el chocolate a nivel de la placa, garantizando uniformidad en las piezas.	Acero inoxidable AISI 304	Ajustable en altura para adaptarse a diferentes espesores de chocolate.
Guías de Deslizamiento	Canales en las placas que facilitan el deslizamiento controlado del chocolate al moldearse.	Acero inoxidable AISI 304	Asegurar alineación con las piezas intercambiables.

Especificación	Descripción	Material	Datos adicionales
Sistema de Sujeción de Piezas	Sistema para fijar las piezas intercambiables en las placas base.	Acero inoxidable AISI 304	Diseño de fácil ajuste manual para el cambio rápido de moldes.
Acabado Superficial	Acabado suave y pulido para todas las superficies en contacto con el chocolate.		Facilita el desprendimiento del chocolate y asegura la limpieza del equipo.
Empuñadura Ergonómica (Opcional)	Mango para facilitar la manipulación del herramental y asegurar un uso cómodo.	Plástico o acero inoxidable	Resistente a la corrosión y al desgaste; diseño ergonómico para reducir fatiga.

Fuente: Propia.

3.3 Análisis del diseño

En esta sección, se detalla el funcionamiento de los componentes para cumplir con las necesidades específicas de los productores artesanales, así como los factores de eficiencia, ergonomía y durabilidad.

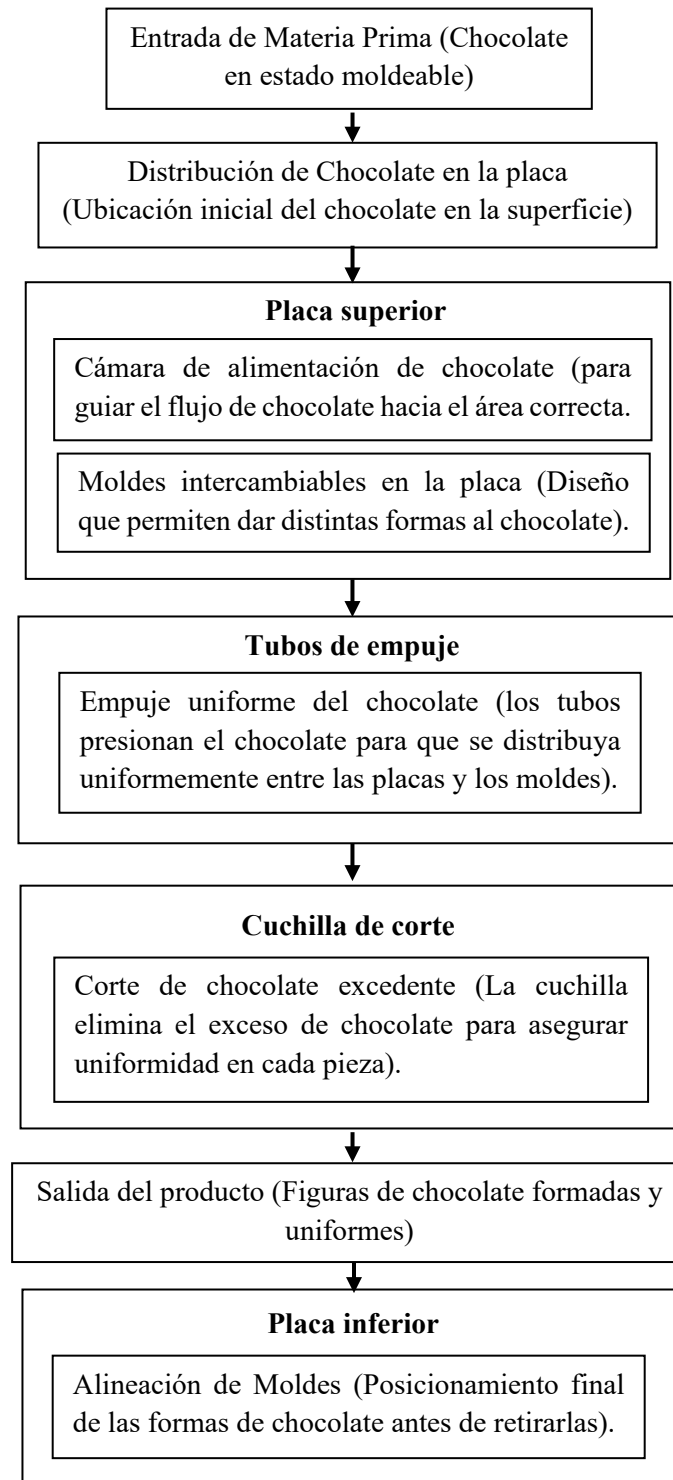
Este análisis muestra cómo cada componente del diseño se integró para crear un herramental eficiente.

3.3.1 Creación de un esquema del producto

El diagrama que se presenta en la Figura 15, detalla cada etapa del proceso de formado de chocolate utilizando el herramental, mostrando como el chocolate pasa a través de las diferentes secciones para obtener las formas deseadas con precisión y eficiencia.

Figura 15

Esquema funcionamiento del herramental.



Fuente: Propia.

3.3.2 Conceptualización del producto en un programa CAD

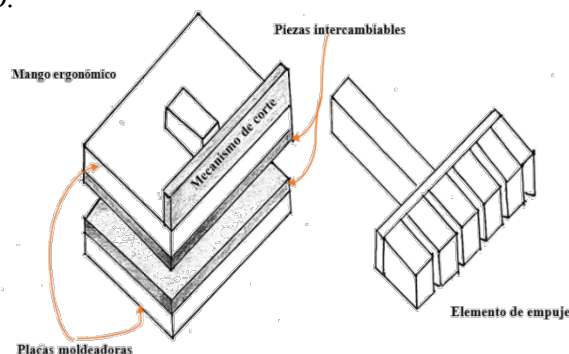
AutoDesk (2025) menciona que, el diseño asistido por computadora (CAD) es clave en diversas industrias, permitiendo crear modelos 2D y 3D, aplicar materiales, documentar diseños con cotas y anotaciones. Además, herramientas como las nubes de puntos facilitan la incorporación de contexto real y la creación de gemelos digitales o réplicas de objetos físicos. La conceptualización del producto es una etapa clave en el desarrollo del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa. Tras el análisis detallado del diseño y la selección del concepto más adecuado, es esencial realizar la idea en formato digital para su visualización precisa y desarrollo técnico.

En este caso, se utilizó el programa SolidWorks® con licencia para estudiante, una herramienta de diseño asistido por computadora (CAD) ampliamente reconocida en el ámbito industrial y académico por su capacidad de generar modelos tridimensionales detallados y ensamblajes.

En esta sección, se presenta el proceso de modelado tridimensional del herramental, destacando las principales características del diseño conceptual. A continuación, se presentan las partes fundamentales del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa, las cuales han sido diseñadas y modeladas. Este diseño se basa en el concepto número tres, seleccionado por su funcionalidad y versatilidad. En la Figura 16, se presenta el concepto que mejor se acopla a las necesidades.

Figura 16

Concepto seleccionado.



Fuente: Propia.

Para tener un orden de las piezas a maquinar, se consideró la siguiente lista de materiales representada en la Tabla 25.

Tabla 25

Lista de materiales a utilizar.

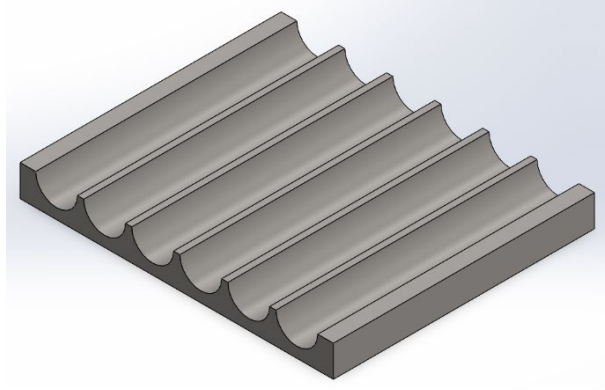
NO.	PIEZA	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
01	Placa Base	Acero inoxidable AISI 304	Placa que tiene canales y soportan las piezas intercambiables para moldear el chocolate.	1
02	Placa Superior	Acero inoxidable AISI 304	Placa con canales para moldear el chocolate, ayuda a la Placa Base para formar la figura deseada.	1
03	Empuñadura Ergonómica	Plástico o acero inoxidable	Mango para facilitar la manipulación del herramental y asegurar un uso cómodo.	1
04	Estructura de Tubos de Empuje	Acero inoxidable AISI 304	Tubos que empujan el chocolate entre las placas, permitiendo un flujo uniforme hacia los moldes.	1
05	Piezas de Formado Intercambiables	Acero inoxidable AISI 304	Piezas con formas específicas para moldear el chocolate.	2

Fuente: Propia.

La Placa Base, se presentada en la Figura 17.

Figura 17

Pieza 1- Placa base.

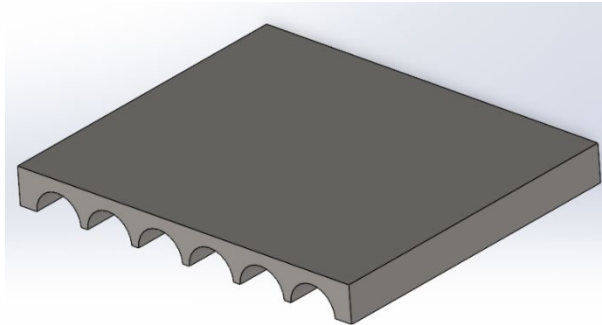


Fuente: Propia.

La segunda pieza desarrollada corresponde a la Placa Superior (Figura 18).

Figura 18

Pieza 2- Placa superior.

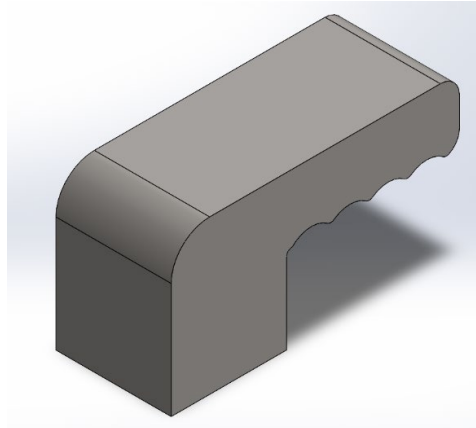


Fuente: Propia.

La Figura 19, muestra la pieza correspondiente a la Empuñadura Ergonómica, la cual va ensamblada en la Placa Superior.

Figura 19

Pieza 3- Empuñadura.

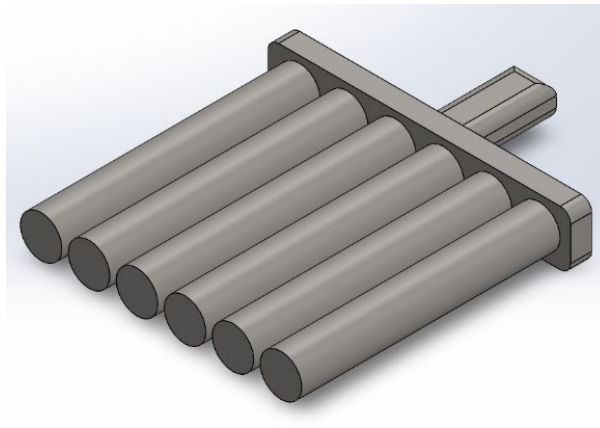


Fuente: Propia.

La cuarta pieza mostrada en la Figura 20, fue la Estructura de Tubos de Empuje.

Figura 20

Pieza 4- Tubos de empuje.

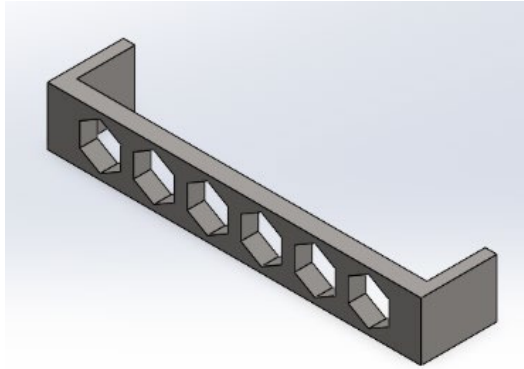


Fuente: Propia.

Enseguida se presenta la quinta pieza correspondiente a la Placa Intercambiable (Figura 21).

Figura 21

Pieza 5- Placa intercambiable.



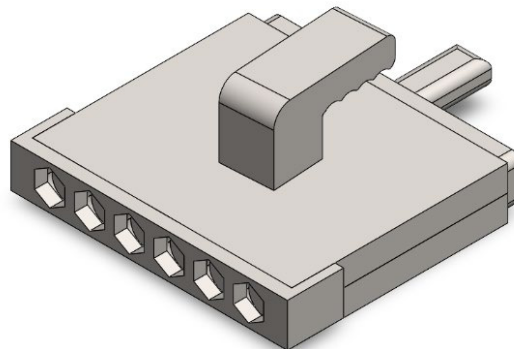
Fuente: Propia.

La cuchilla fue omitida en el diseño en el programa CAD, debido a que se consideró como una pieza comprada para ensamblar. Otro punto que tomar en cuenta es que no se consideraron tolerancias, debido a que se diseñó para realizarlo como prototipado.

El ensamble final muestra la integración de todas las piezas diseñadas previamente. Este ensamble representa el funcionamiento completo del herramental. A continuación, se presenta el ensamble del herramental mostrado en la Figura 22.

Figura 22

Ensamble del herramental.

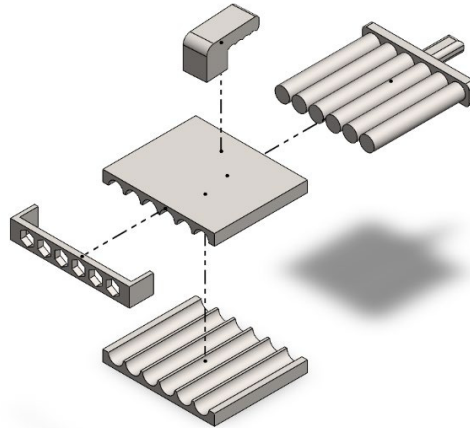


Fuente: Propia.

En la Figura 23, se muestra la vista explosionada del ensamble.

Figura 23

Vista explosionada del ensamble.



Fuente: Propia.

El ensamble desarrollado, permite verificar el funcionamiento del diseño del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa. Este proceso de integración de diseño en un programa CAD garantiza que todas las piezas diseñadas cumplan con los requisitos operativos.

3.4 Producción de prototipo: prueba y evaluación

El prototipado se refiere a una técnica en donde se crea un modelo, tomando como base el diseño de un producto, con el propósito de analizar su funcionalidad y comprobar su viabilidad, esto se realiza antes de manufacturar el producto final. Es un método utilizado por empresas que planean lanzar al mercado un nuevo artículo.

Digital Promise (2025), menciona que la importancia de realizar un prototipado es el permitir hacer cambios cuando todavía se está empezando, lo que resulta mucho más barato. También, si se plantea bien esta etapa, se puede ahorrar tiempo al quitar cosas que no funcionan y se puede enfocar en mejorar el diseño final. Otra ventaja del prototipo es

que se tiene una visión más clara de cómo será el producto final y entender mejor para qué se está creando.

3.4.1 Selección del proceso para realizar el prototipo

En la Tabla 26, se presenta una comparación entre dos procesos de prototipado seleccionados por ser los más conocidos, accesibles y fáciles de implementar. Esta evaluación permitió identificar cuál de estos es el más adecuado, considerando su disponibilidad y la facilidad para llevarlos a cabo. Se busca enfocarse en opciones prácticas, asegurando una selección eficiente. Tal como menciona Dassault Systemes (2025), se presentan características de cada proceso.

Tabla 26

Procesos para realizar un prototipado.

Criterio	Corte Láser	Impresión 3D
Materiales Compatibles	Trabaja principalmente con materiales planos como madera, acrílico o metal delgado.	Compatible con una amplia variedad de materiales, como plásticos, resinas y metales.
Facilidad de Uso	Requiere experiencia en configuración de parámetros como velocidad y potencia.	Interfaces más amigables y automatización que simplifican el proceso.
Versatilidad	Ideal para piezas planas, recortes y grabados simples.	Puede producir prototipos funcionales, piezas complejas y modelos en 3D.
Velocidad de Producción	Alta velocidad para cortes y grabados simples.	Velocidad moderada, pero adecuada para piezas detalladas y funcionales.
Costo de Operación	Más económico para grandes volúmenes de piezas simples.	Ideal para prototipos únicos o de bajo volumen por su costo ajustado.
Mantenimiento de Equipo	Requiere limpieza frecuente de lentes y ajustes mecánicos.	Menor mantenimiento regular, dependiendo de la impresora.

Acabado Final	Acabados nítidos en cortes, pero limitado en formas tridimensionales.	Acabados personalizables, con opciones para postprocesado que mejoran la estética.
----------------------	---	--

Fuente: Propia.

Con base en los criterios evaluados, la impresión 3D se posiciona como la mejor opción entre las dos tecnologías analizadas. Aunque el corte láser es eficiente para cortes simples y piezas planas, la impresión 3D ofrece una mayor versatilidad al permitir la creación de piezas tridimensionales complejas y funcionales. Además de ser ideal para prototipos únicos o de bajo volumen.

El proceso más común utilizado por las empresas es el uso de impresoras 3D, para plasmar de forma física el artículo. Para Formlabs (2025), la impresión 3D permite a ingenieros y diseñadores acelerar el proceso de ajuste entre modelos digitales y prototipos físicos, facilitando así una transición más ágil hacia la etapa de producción.

3.4.2 Selección de material a utilizar

Para realizar la selección de material, en la Tabla 27, se presentan los diferentes tipos de materiales que se utilizan en la impresión 3D FDM (Modelado por deposición fundida), ya que este tipo de impresión es el más común, ya que consiste en crear objetos físicos acumulando capas de material termoplástico extruido.

Tabla 27

Materiales utilizados para impresión 3D.

Material	Características	Aplicaciones
ABS (acrilonitrilo butadieno estireno)	Es un material fuerte y resistente, con buena tolerancia a impactos y altas temperaturas.	Prototipos funcionales

Material	Características	Aplicaciones
	Requiere una cama caliente para su impresión y debe utilizarse en un entorno bien ventilado	
PLA (ácido poliláctico)	Los materiales de modelado por deposición fundida que ofrecen mayor facilidad de impresión son rígidos y resistentes. Tienen menor tolerancia al calor y a los agentes químicos.	Modelos conceptuales Prototipos estéticos
PETG (tereftalato de polietileno glicolizado)	Adecuado para impresiones a temperaturas más bajas, lo que permite una producción más rápida. Ofrece resistencia frente a la humedad y a los agentes químicos.	Aplicaciones impermeables Componentes de fijación mediante presilla
Nylon	Es un material fuerte, duradero y liviano, con una combinación de rigidez y cierta flexibilidad. Posee alta resistencia al calor y a los impactos, aunque resulta extremadamente desafiante de trabajar en impresoras FDM.	Prototipos funcionales Piezas resistentes al desgaste
TPU (Poliuretano termoplástico)	Es un material flexible y elástico, con buena resistencia a impactos y capacidad sobresaliente para absorber vibraciones.	Prototipos flexibles
PVA (alcohol polivinílico)	Material de soporte que se puede desintegrar al sumergirse en agua.	Material para soportes
HIPS (poliestireno de alto impacto)	Material de soporte soluble, comúnmente empleado junto con ABS, que se disuelve al entrar en contacto con limoneno químico.	Material para soportes

Nota. Elaborado con datos de Formlabs. Fuente: Formlabs Latam (2025).

El material que más conviene para este proyecto es el PLA (ácido poliláctico), ya que combina facilidad de uso y accesibilidad. Este material es biodegradable, seguro y compatible con la mayoría de las impresoras 3D, lo que lo hace ideal. El PLA es menos

propenso a deformarse durante la impresión y no requiere condiciones específicas como altas temperaturas o camas calientes.

3.4.3 Selección de herramientas y maquinaria

Las herramientas y maquinarias necesarias para realizar el prototipado dependerán del método elegido, pero considerando la impresión 3D como la tecnología seleccionada, los equipos y herramientas principales son los siguientes:

- **Impresora 3D FDM**

Este es el equipo principal para fabricar el prototipo. Se requiere una impresora 3D compatible con el material seleccionado (PLA) y con las especificaciones adecuadas para el tamaño de la pieza.

- **Programa de diseño CAD**

Para crear o modificar el modelo 3D digital del prototipo. La herramienta utilizada fue SolidWorks®.

- **Programa de slicing**

Se convierte el modelo CAD en un archivo compatible con la impresora 3D, para su división en capas.

- **Material de impresión**

El filamento de PLA es el material a utilizar para el prototipado, asegurando que sea compatible con la impresora 3D.

- **Herramientas para postproceso**

Cuchillas de precisión o espátulas para retirar la pieza de la cama de impresión sin dañarla.

Lijas para suavizar superficies o eliminar imperfecciones.

- **Equipos de mantenimiento**

Cepillos suaves y alcohol isopropílico para limpiar la cama de impresión y asegurar la adherencia del filamento.

3.4.4 Realización de prototipo y evaluación

El siguiente punto corresponde a la realización del prototipado del herramental especializado para el formado de chocolate de mesa. Para ello, se utilizó la impresora 3D disponible en el Instituto de Electrónica y Mecatrónica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, junto con los filamentos necesarios para la impresión. La impresora empleada fue una MakerBot®, para la cual fue indispensable instalar en la computadora el programa MakerBot Print® en su versión 4.10.1. Este paso permitió materializar el diseño del concepto seleccionado. A continuación, se presenta el primer prototipo desarrollado.

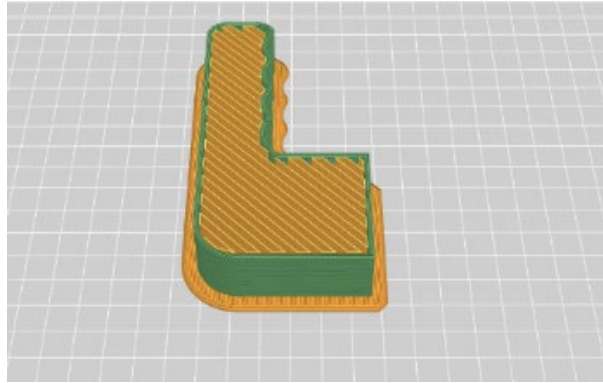
Prototipo 1

Debido a que las dimensiones de la cama de la impresora MakerBot® son de 29 x 19 cm, fue necesario realizar las piezas del prototipado a escala. Para ello, se utilizó una escala de 0.7:1, lo que permitió ajustar las dimensiones del diseño original para que se adaptaran al espacio disponible en la impresora. Las partes que se imprimieron fueron el mango y las dos placas destinadas al formado del chocolate.

El proceso comenzó con el diseño de las piezas en SolidWorks®, las cuales se exportaron en formato STL, compatible con el programa MakerBot Print®. Una vez cargadas las piezas en MakerBot Print®, se configuraron las especificaciones necesarias para la impresión, asegurando que las dimensiones, la calidad de impresión y los materiales fueran óptimos para obtener un prototipo funcional del diseño final. En la Figura 24 y Figura 25, se observa la interfaz del programa MakerBot Print®.

Figura 24

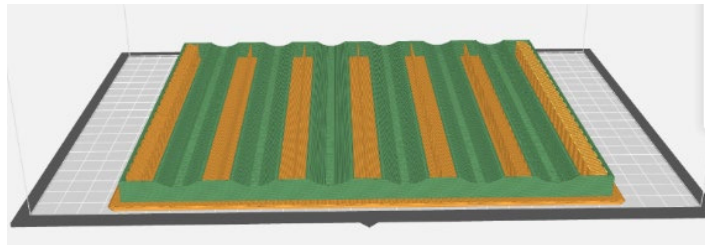
Vista del mango en el programa MakerBot Print®.



Fuente: Propia.

Figura 25

Vista de las placas en el programa MakerBot Print®.



Fuente: Propia.

En la Figura 26, se presenta la impresora realizando el prototipado.

Figura 26

Impresión 3D del mango.



Fuente: Propia.

A continuación, se presenta el mango y las placas impresas. El prototipo se limpió completamente, eliminando todas las rebabas de filamento generadas durante el proceso de impresión, lo que garantiza una superficie uniforme y un acabado adecuado para su manipulación, mostradas en las Figuras 27, 28 y 29.

Figura 27

Prototipo del mango.



Fuente: Propia.

Figura 28

Prototipo de la placa inferior.



Fuente: Propia.

Figura 29

Prototipo de la placa superior.



Fuente: Propia.

Evaluación prototipo 1

Con el prototipo ya impreso y físicamente, se procedió a realizar la prueba correspondiente para verificar su funcionamiento. Sin embargo, no fue posible completar la prueba debido a un movimiento excesivo de la placa superior durante el proceso de formado. Esta inestabilidad se debió a la falta de guías que permitieran mantener ambas placas alineadas, lo que imposibilitó obtener las formas circulares.

Enseguida, se presenta el rediseño y evaluación del segundo prototipo.

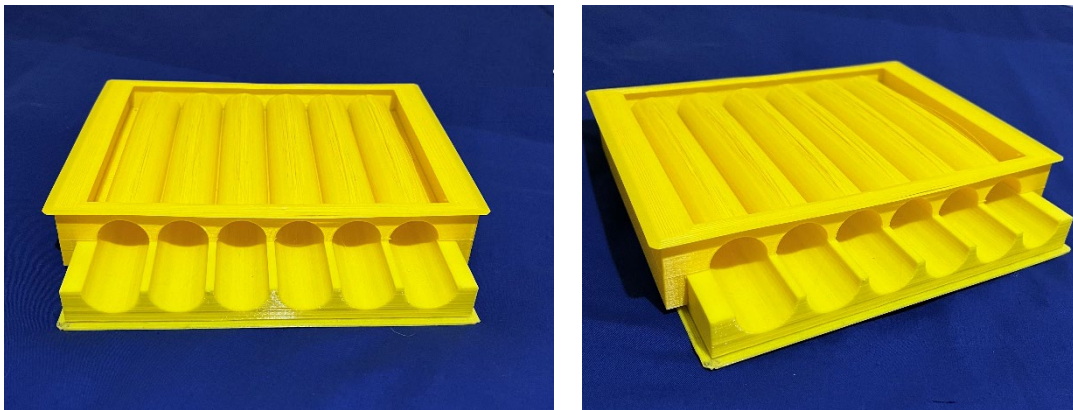
Prototipo 2

Ante el problema presentado con el primer prototipo, fue necesario rediseñar la placa superior, agregándole guías de alineación que aseguren un acoplamiento con la placa inferior y eliminen el movimiento no deseado durante el uso del herramental.

A continuación, en la Figura 30, se presenta el segundo prototipo de la placa superior ya impreso y acoplado con la placa inferior.

Figura 30

Prototipo 2.



Fuente: Propia.

Evaluación prototipo 2

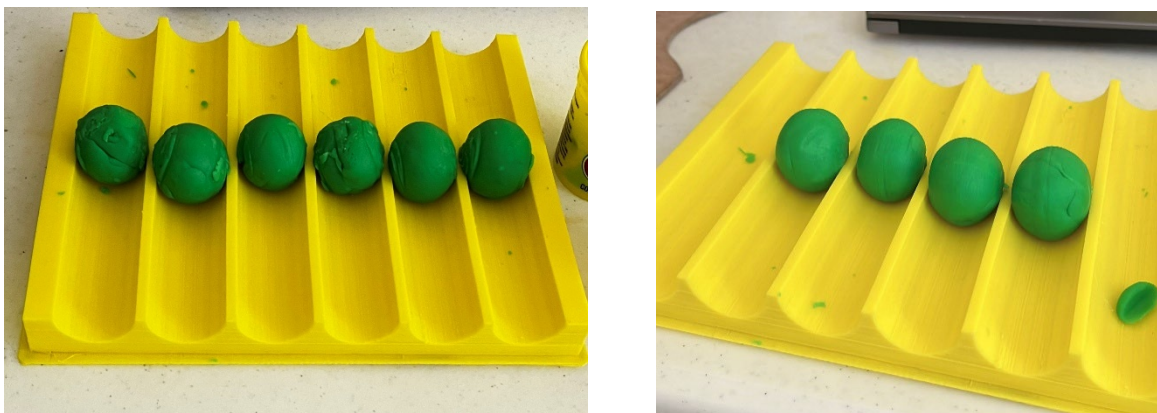
La evaluación del prototipo 2 se llevó a cabo utilizando masa de trigo como material de prueba, con el objetivo de simular el comportamiento del chocolate durante el proceso de formado. Se introdujo una barra de masa entre las placas del herramental, sin embargo, al intentar ensamblar la placa superior con la inferior, no fue posible el acoplamiento. Esto se atribuye al diseño del herramental, el cual presenta áreas planas entre cada canal de formado. Estas superficies planas provocan que el material quede atorado en esas zonas, impidiendo el cierre correcto del herramental. Además, se observó que este problema también dificultaba la manipulación del herramental, afectando negativamente su

funcionalidad. Otro aspecto relevante identificado durante la prueba fue el desperdicio de masa, ya que parte del material se acumulaba en las zonas no funcionales del diseño.

Otro aspecto a considerar, es que, con el problema del acoplamiento de las placas, el producto final no fue el esperado, ya que se presentaron formas irregulares. En la Figura 31, se presentan las bolas formadas con el prototipo 2.

Figura 31

Evaluación del prototipo 2.



Fuente: Propia.

Se concluye que el prototipo requiere un rediseño enfocado en eliminar las áreas planas innecesarias, con el fin de permitir un acoplamiento eficiente entre las placas, facilitar su operación manual y reducir el desperdicio de material durante el proceso.

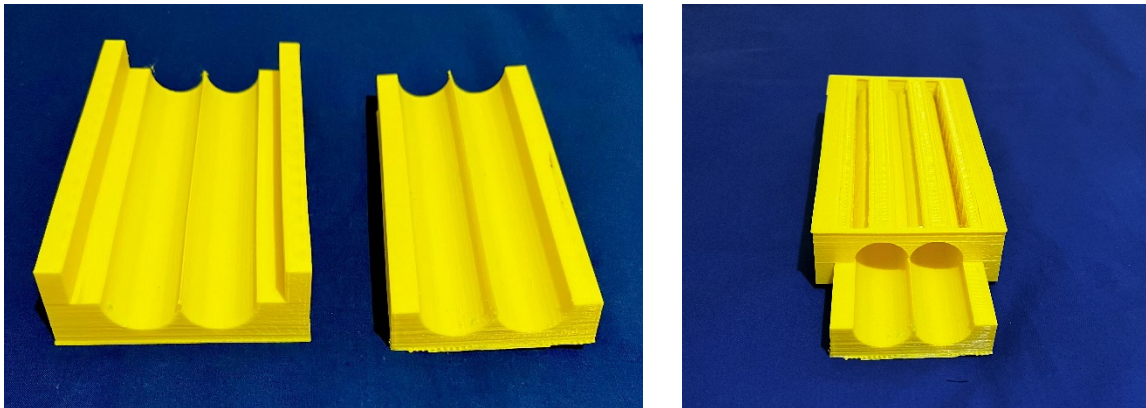
Prototipo 3

Para el prototipo 3 se realizó un rediseño, uno de los principales cambios consistió en la modificación de la separación entre los canales, eliminando las áreas planas que existían entre ellos. De esta manera, el espacio entre canales se volvió continuo, lo que permitió obtener una superficie de formado sin interrupciones.

Además, se redujo el número de canales con el propósito de facilitar la evaluación del herramental, permitiendo una mejor visualización del comportamiento del material durante las pruebas. A continuación, se presenta el rediseño del herramental (Figura 32).

Figura 32

Prototipo 3.



Fuente: Propia.

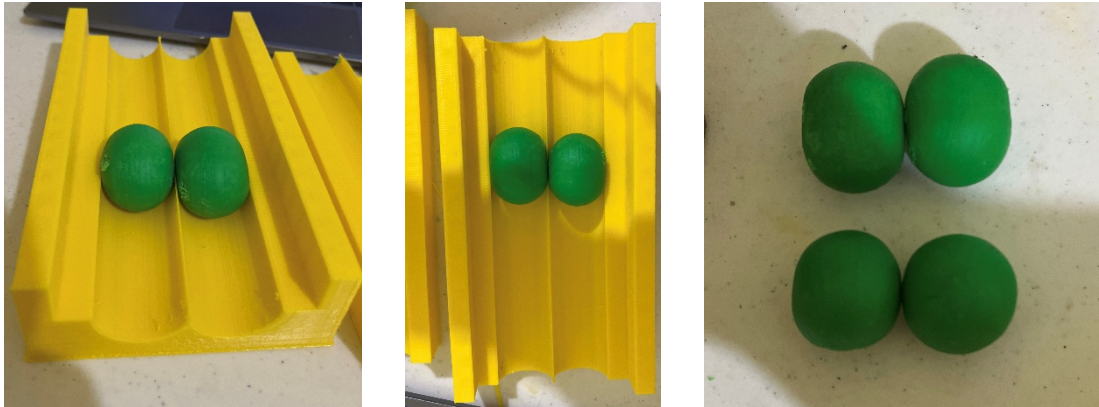
Evaluación prototipo 3

Con las modificaciones en el prototipo, se logró una notable reducción en el desperdicio de material durante el proceso de formado. Asimismo, las esferas obtenidas presentaron una mayor uniformidad en su forma y acabado, lo cual representa una mejora significativa en comparación con los prototipos anteriores. Otro aspecto relevante fue la mejora en la manipulación del herramental, ya que el rediseño facilitó su uso, permitiendo obtener el producto final de manera más fácil.

A continuación, se presentan en la Figura 33, las esferas de masa de harina obtenidas con el prototipo 3, en las cuales se puede observar una forma más uniforme en comparación con las generadas por el prototipo 2.

Figura 33

Evaluación del prototipo 3.



Fuente: Propia.

En función de los resultados obtenidos durante las pruebas realizadas, se concluye que el prototipo 3 representa la mejor opción de diseño entre las alternativas evaluadas.

3.5 Planos de producción

En esta etapa de la metodología de Kalpakjian y Schmid (2008), se validan las dimensiones, verificando que cumplan con los requerimientos; a continuación, se crean los planos en el programa CAD, los cuales servirán como guía para la manufactura del herramental; finalmente, se elaboran diagramas de ensamblaje y guías paso a paso, documentando el proceso para facilitar su fabricación.

Cada una de estas actividades es clave para asegurar que el herramental pueda fabricarse de manera eficiente.

3.5.1 Validación de dimensiones

Una vez realizados los ajustes al prototipo, es fundamental verificar que las dimensiones cumplan con los requerimientos del diseño, para ello se presentan en la Tabla 28. Esta etapa asegura que cada pieza tenga las medidas adecuadas para el ensamblaje y funcionamiento, evitando problemas en la fabricación del herramental.

Tabla 28

Dimensiones para cada elemento.

Especificación	Descripción	Dimensiones / Tolerancias	Datos adicionales
Placas Base (2 unidades)	Placas que tienen canales y soportan las piezas intercambiables para moldear el chocolate.	180 mm x 80.65 mm x 22 mm	Debe permitir ajuste preciso de piezas intercambiables.
Guías de Deslizamiento	Canales en las placas que facilitan el deslizamiento controlado del chocolate al moldearse.	Diámetro: 29.33 mm	Asegurar alineación con las piezas intercambiables.
Sistema de Sujeción de Piezas	Sistema para fijar las piezas intercambiables en las placas base.	Tornillos M4 con arandelas de presión	Diseño de fácil ajuste manual para el cambio rápido de moldes.
Empuñadura Ergonómica	Mango para facilitar la manipulación del herramental y asegurar un uso cómodo.	Longitud: 140 mm; Dimensiones base: 45 x 50 mm	Resistente a la corrosión y al desgaste; diseño ergonómico para reducir fatiga.

Fuente: Propia.

3.5.2 Creación de planos en un programa CAD

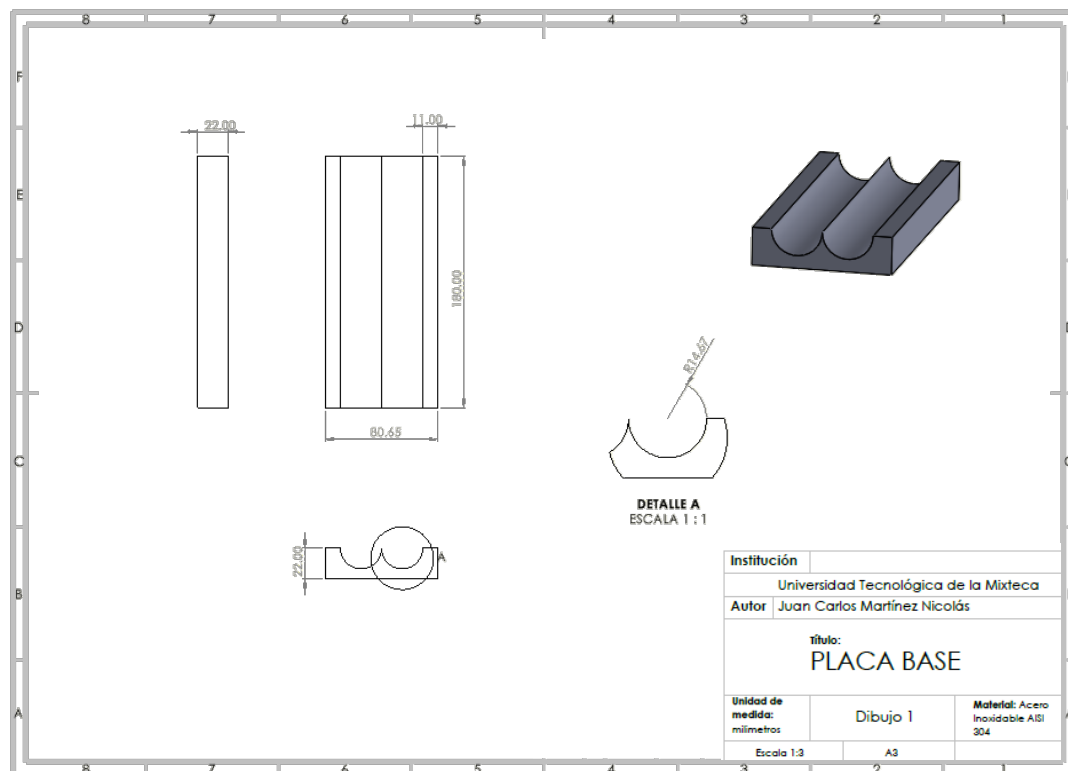
Para documentar con precisión el diseño del prototipo y facilitar su fabricación, se crearon los planos utilizando en el programa SolidWorks®. Este programa permitió representar cada componente con detalle, incluyendo las dimensiones.

Se generaron dibujos técnicos en los que se plasmaron las vistas principales y detalles necesarios para la fabricación. Estos planos son fundamentales para optimizar la fabricación del herramental y garantizar que cumpla con los requerimientos establecidos.

A continuación, se presenta los planos en las Figuras 34, 35 y 36.

Figura 34

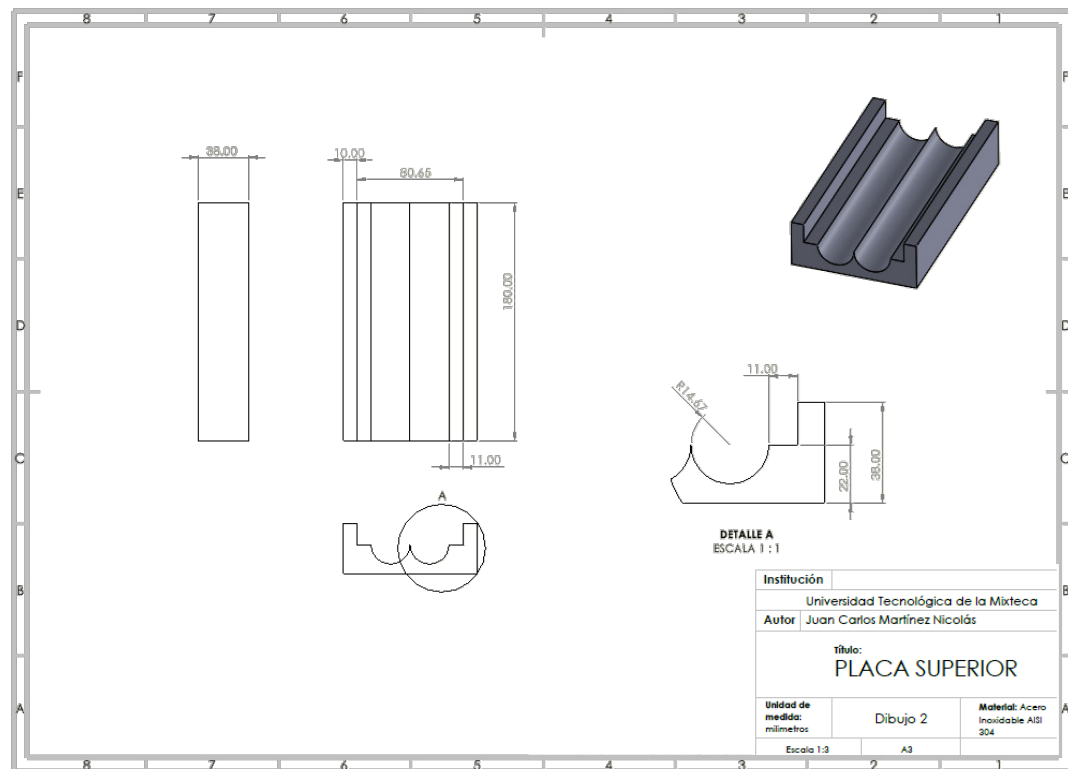
Plano de la Placa Base.



Fuente: Propia.

Figura 35

Plano de la Placa Superior.

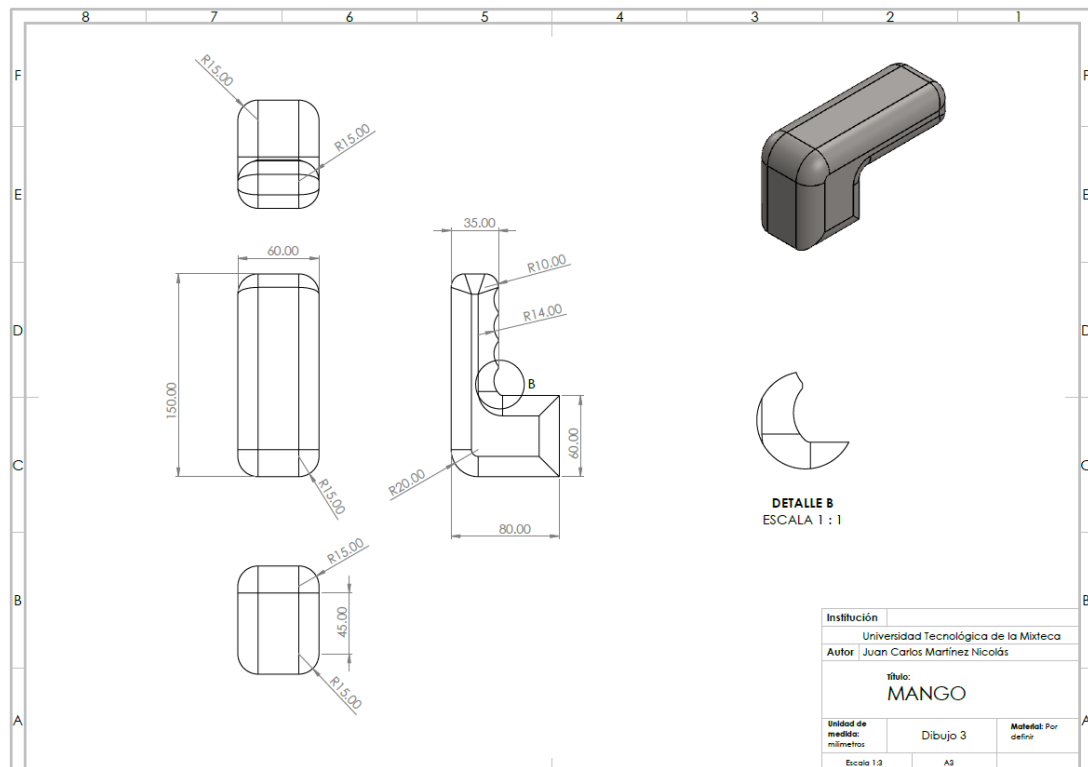


Fuente: Propia.

Gracias a esta representación gráfica, se garantiza que cada componente cumpla con las especificaciones requeridas. Con la elaboración de estos planos, se cuenta con una documentación técnica precisa que permitirá la correcta fabricación.

Figura 36

Plano del Mango.



Fuente: Propia.

3.6 Selección de procesos, especificación de materiales y equipos

Durante el desarrollo del herramiental especializado para el formado de chocolate de mesa, se realizó un rediseño del prototipo, el cual fue impreso nuevamente para evaluar su funcionalidad y posibles áreas de mejora. A partir de esta evaluación, se identificaron limitaciones relacionadas con el proceso de manufactura en bloque sólido de acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio, entre ellas el alto tiempo de maquinado, la complejidad en el trabajo con fresadora CNC y el incremento en los costos de producción.

3.6.1 Identificación de procesos más adecuados según el diseño

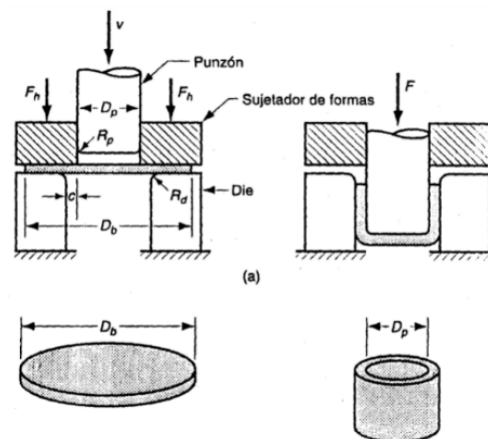
Estas observaciones llevaron a plantear la estrategia de fabricación, optando por una solución más eficiente y viable: el proceso de prensado. Este método permite trabajar directamente con láminas de acero inoxidable AISI 304, lo cual reduce los tiempos de manufactura y el consumo de recursos.

Como menciona Dassault Systèmes (2025), el prensado es un proceso de conformado en el que una lámina metálica es deformada mediante una prensa, una herramienta y un troquel, adoptando una forma específica al pasar por una matriz. El metal, introducido en un contenedor, es empujado con un punzón a través del orificio de la matriz, lo que permite obtener perfiles sólidos o huecos.

Dentro del proceso de prensado, se optó por emplear la técnica de embutido. Gallardo (2017) menciona que, el embutido es una técnica de conformado en frío utilizada para transformar discos o piezas metálicas planas en cuerpos huecos. También permite prolongar piezas ya embutidas, reduciendo su diámetro y aumentando su altura, manteniendo las propiedades del material sin aplicar calor. En la Figura 37, se muestra el proceso de embutido.

Figura 37

Proceso de embutido.

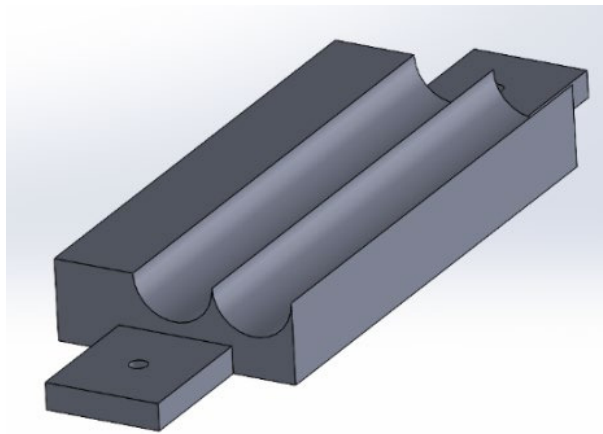


Fuente: Fabricación de troqueles (Tandem, progresivos) para la industria automotriz (2017).

Dicha técnica permite dar forma tridimensional al acero inoxidable por medio del uso de una matriz y un punzón. Para ello, se ha decidido manufacturar la matriz y el punzón utilizando aluminio 7075, debido a que este material es más fácil de maquinar con el proceso de fresado y permite una fabricación más rápida en comparación con el acero inoxidable. A continuación, en la Figura 38 y Figura 39, se presenta el diseño correspondiente de la matriz y el punzón, los cuales serán utilizados para conformar la lámina de acero inoxidable mediante embutido en prensa.

Figura 38

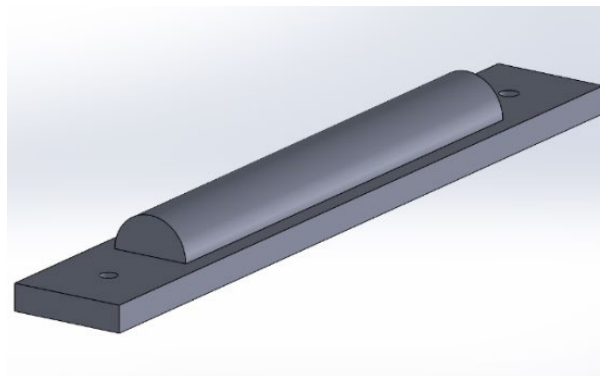
Diseño de la matriz para el proceso de prensado.



Fuente: Propia.

Figura 39

Diseño del punzón para el proceso de prensado.



Fuente: Propia.

3.6.2 Análisis de materiales disponibles

Fue necesario realizar un análisis de materiales disponibles que permitían el desarrollo del producto final, así como la durabilidad y facilidad de manufactura del dispositivo. En particular, el acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio fue identificado como una opción óptima.

Como menciona Meituo Steel (2025), el acero inoxidable AISI 304 es una aleación austenítica compuesta principalmente por hierro, cromo (18-20%) y níquel (8-10.5%), lo que le confiere una excelente resistencia a la corrosión, especialmente frente a ácidos oxidantes y ambientes húmedos. Esta propiedad lo hace ideal para aplicaciones en la industria alimentaria, donde la higiene y la durabilidad son esenciales.

Ready Packers (2024), menciona que además de su resistencia a la corrosión, el acero inoxidable AISI 304 es conocido por su facilidad de limpieza y mantenimiento, lo que garantiza la seguridad alimentaria al evitar la acumulación de bacterias y contaminantes. Su superficie lisa y no porosa es especialmente adecuada para equipos y superficies en contacto directo con alimentos.

En términos de propiedades mecánicas, Ulbrinox (2024) afirma que el acero inoxidable AISI 304 ofrece una alta resistencia a la tracción y al rendimiento, siendo fácilmente formable y soldable. Estas características permiten su uso en una amplia gama de procesos de producción, como la conformación en frío, la soldadura y el mecanizado, lo que lo convierte en una opción versátil para la fabricación de herramientas.

Para la fabricación de un herramental para el formado de chocolate de mesa, el acero inoxidable AISI 304 grado alimenticio cumple con los requisitos de resistencia a la corrosión, higiene, durabilidad y facilidad de manufactura.

Además, se verificó que el acero inoxidable AISI 304 pueda ser adquirido en diversas formas comerciales (placas, tubos, barras) en proveedores nacionales.

A continuación, en la Tabla 29, se presentan los proveedores nacionales de acero inoxidable AISI 304.

Tabla 29

Proveedores de acero inoxidable AISI 304.

Proveedor	Descripción	Productos
La Paloma Metales	Empresa mexicana con amplia experiencia en la comercialización de aceros inoxidables, incluyendo el AISI 304. (La Paloma, s.f.).	Ofrecen láminas, placas, barras y tubos de acero inoxidable AISI 304.
Integrinox Monterrey	Distribuidor especializado en acero inoxidable, con presencia en Monterrey y otras ciudades de México. (Integrinox Monterrey, s.f.).	Proveen láminas, placas, tubos y otros productos en acero inoxidable AISI 304 y 304L.
Aceros Levinson	Empresa con presencia nacional, ofreciendo una amplia gama de aceros, incluyendo inoxidables. (Aceros Levinson, 2025).	Distribuyen acero inoxidable AISI 304L, entre otros.
TS Inoxmetal	Distribuidora mexicana establecida en Querétaro, con presencia en varias regiones del país. (TSInoxmetal, s.f.).	Ofrecen láminas, tuberías, perfilería y otros productos en acero inoxidable.

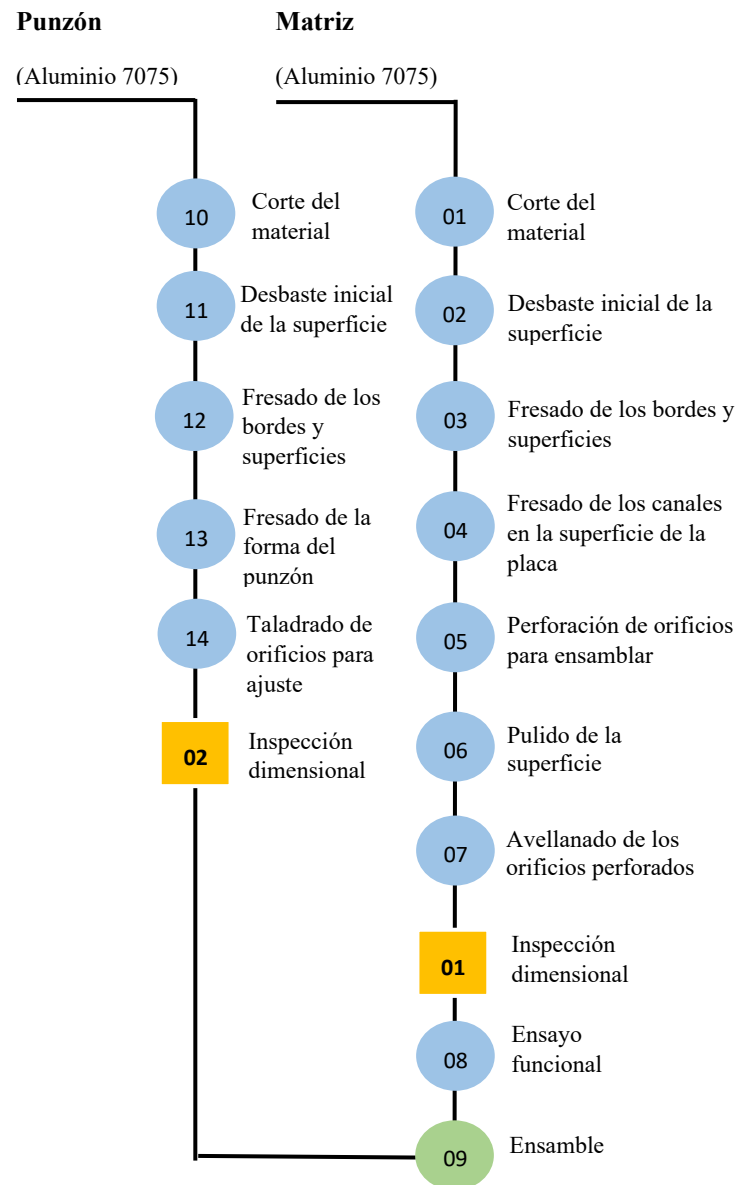
Fuente: Propia.

3.6.3 Elaboración de diagramas de flujo de trabajo

Según Niebel y Freivalds (2009), el Diagrama de Proceso Operativo (DOP) representa de manera cronológica todas las operaciones, inspecciones y materiales utilizados en un proceso. A continuación, en la Figura 40, se presenta el DOP para la matriz y punzón.

Figura 40

Diagrama de Proceso Operativo.



Fuente: Propia.

3.6.4 Planeación de procesos

A continuación, se llevó a cabo la planeación de procesos para la fabricación de la matriz y el punzón. Para ello, se elaboraron hojas de ruta que corresponden a cada uno de los elementos que lo componen, como se muestran en la Tabla 30 y Tabla 31. Estas permiten observar el proceso de manufactura, definiendo en cada etapa las operaciones específicas necesarias para transformar la materia prima, tal como la velocidad de corte (V_c), diámetro del cortador (D), velocidad del husillo (n), avance por diente (f_z), avance por minuto (V_f), así como la máquina a utilizar.

Tabla 30

Hoja de ruta 1 para la matriz.

Nombre de la parte:	Matriz	Fecha:	16/06/2025
Número de ensamble	MTAM01	Expedido por:	MTAM
Número de parte:	01		

Operación	Descripción	Herramienta/equipo	Parámetros
1	Corte del material en dimensiones aproximadas según especificaciones del diseño (placa de aluminio 7075).	Sierra cinta.	
2	Desbaste inicial de la superficie para eliminar imperfecciones y preparar el material para el fresado.	Fresadora CNC, mordaza de banco, lubricante para maquinado, cortador de 1/2" (12.7 mm).	V_c : 2300 mm/min, D : 16 mm, n : 5600 rpm
3	Fresado de los bordes y superficies para alcanzar las dimensiones finales con precisión.	Fresadora CNC, cortador de 1/2", lubricante, mordaza.	f_z : 0.10 mm/diente,
4	Fresado de los canales en la superficie de la placa, asegurando la profundidad y geometría requeridas.	Fresadora CNC, cortador de 3/8" tipo bola (9.525 mm), lubricante, mordaza.	V_f : 2300 mm/min,

Operación	Descripción	Herramienta/equipo	Parámetros
5	Perforación de orificios para ensamblar la matriz con el punzón.	Taladro de pedestal, brocas HSS, lubricante, mordaza.	
6	Avellanado de los orificios perforados para permitir el ajuste de tornillos de cabeza plana.	Fresadora CNC, herramienta de avellanado, mordaza, lubricante.	
7	Pulido de la superficie para eliminar rebabas.	Esmeriladora de banco, cepillo de alambre, lija fina.	
8	Inspección dimensional para verificar geometría y alineación de los canales.	Calibrador vernier.	
9	Ensayo funcional para verificar que la pieza se ajusta correctamente.	Pruebas manuales.	

Fuente: Propia.

Tabla 31

Hoja de ruta 2 para el punzón.

Nombre de la parte:	Punzón	Fecha:	16/06/2025
Número de ensamble	MTAM01	Expedido por:	MTAM
Número de parte:	02		

Operación	Descripción	Herramienta/equipo	Parámetros
1	Corte del material en dimensiones aproximadas según especificaciones del diseño (placa de aluminio 7075).	Sierra cinta.	
2	Desbaste inicial de la superficie para eliminar imperfecciones y preparar el material para el fresado.	Fresadora CNC, mordaza de banco, cortador de 1/2", lubricante.	Vc: 2300 m/min, D: 16 mm, n: 5600 rpm

Operación	Descripción	Herramienta/equipo	Parámetros
3	Fresado de los bordes y superficies para alcanzar las dimensiones.	Fresadora CNC, cortador de 3/8", lubricante, mordaza.	fz: 0.10 mm/diente,
4	Fresado de la forma del punzón en la superficie de la placa.	Fresadora CNC, cortador de 3/8", lubricante, mordaza.	Vf: 1592 mm/min,
5	Taladrado de orificios para ajuste o ensamblaje con la matriz.	Taladro de pedestal, brocas HSS, lubricante, mordaza.	
6	Inspección dimensional y acabado de la pieza.	Calibrador vernier, micrómetro.	

Fuente: Propia.

Según datos de Ceratizit (2025), para el fresado de aluminio se recomienda una velocidad de corte (V_c) en el rango de 100 m/min a 500 m/min, dependiendo del diámetro de la herramienta y del tipo de aluminio (suave o duro).

De acuerdo con Xavier (2024), los rangos típicos con fresas de carburo son entre 400 y 500 m/min cuando se usan cortadores de 10 mm en aluminio duro. En función de esta información, se optó por un valor intermedio de 400 m/min para la velocidad de corte.

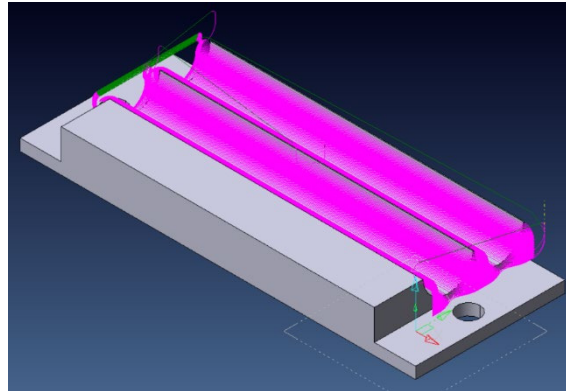
3.6.5 Simulación de maquinado

A continuación, en la Figura 41 y Figura 42, se presenta la simulación del proceso de maquinado de los componentes principales del sistema de embutido: la matriz y el punzón. Esta simulación tiene como objetivo definir la estrategia de maquinado más adecuada para la manufactura de ambas piezas, considerando las características geométricas. Se destaca que ambos componentes fueron diseñados para ser fabricados en placas de aluminio 7075.

La simulación se llevó a cabo utilizando el programa VISI® con licencia educacional, una herramienta especializada en diseño y manufactura asistidos por computadora, que permite visualizar y planificar cada operación del mecanizado. Gracias a la simulación, es posible identificar la trayectoria de corte, los tipos de herramientas necesarias y los parámetros para obtener un acabado preciso y funcional en las piezas. Este análisis resulta fundamental para asegurar la eficiencia del proceso y reducir posibles errores durante la manufactura.

Figura 41

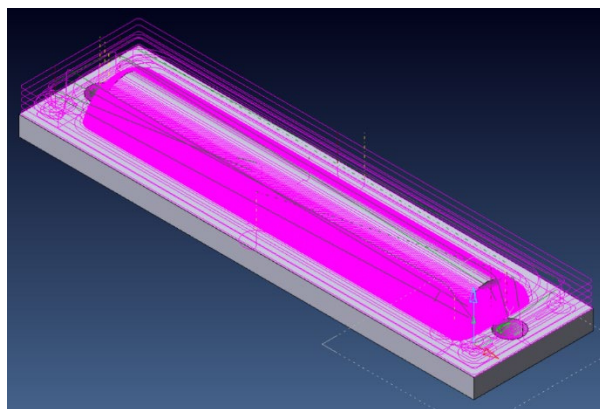
Simulación de la matriz.



Fuente: Propia.

Figura 42

Simulación del punzón.



Fuente: Propia.

3.7 Manufactura del prototipo del herramental

En esta etapa de la metodología, se llevó a cabo la manufactura piloto del herramental, la cual consiste en la fabricación de un prototipo funcional, utilizando el material y los procesos previamente seleccionados. Cada una de estas actividades permitió obtener como resultado el herramental.

A continuación, se describe de manera detallada cada una de las etapas que conformaron la manufactura del prototipo, explicando los procesos utilizados.

3.7.1 Corte inicial del material

El primer punto dentro de la manufactura del herramental consistió en obtener las piezas con las dimensiones necesarias para la fabricación de la matriz y el punzón. Para ello se empleó la sierra cinta (Figura 43), ubicada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura (LTAM) de la Universidad Tecnológica de la Mixteca.

Figura 43

Sierra cinta.



Fuente: Propia.

En este equipo se procedió a cortar una placa de aluminio 7075 de una pulgada de espesor, tal como se muestra en la Figura 44, con el objetivo de obtener bloques de material con las medidas requeridas para los siguientes procesos de maquinado.

Figura 44

Corte de la placa de aluminio 7075.



Fuente: Propia.

Esta actividad resultó fundamental, ya que permitió transformar la materia prima en piezas con dimensiones más cercanas a las esperadas, lo cual facilitó el trabajo posterior de rectificación y maquinado en la fresadora CNC. Gracias a este primer corte fue posible preparar adecuadamente el material para continuar con la manufactura del herramental.

3.7.2 Rectificado en fresadora convencional

La siguiente actividad consistió en el rectificado de las dos piezas obtenidas en el proceso de corte anterior. Esto se debió a que la sierra cinta no garantiza cortes

perfectamente precisos ni superficies totalmente planas, por lo que fue necesario llevar a cabo un maquinado adicional para corregir las imperfecciones y ajustar las dimensiones de las piezas.

Para este proceso se utilizó la fresadora universal convencional (Figura 45), ubicada en el Laboratorio de Tecnología Avanzada de Manufactura.

En esta máquina se colocaron las piezas previamente cortadas, sujetándolas de manera adecuada para asegurar estabilidad durante el maquinado, tal como se muestra en la Figura 46. Se empleó un cortador vertical plano de 1" de diámetro, herramienta que permitió eliminar el exceso de material en la superficie y lograr un acabado más uniforme.

Figura 45

Fresadora universal convencional.



Fuente: Propia.

Figura 46

Sujeción de la pieza a rectificar.



Fuente: Propia.

Posteriormente, se realizó el rectificado de las superficies hasta obtener las dimensiones correctas de las placas (Figura 47), lo que fue necesario para continuar con el proceso de manufactura en la fresadora CNC.

Figura 47

Rectificado de pieza.



Fuente: Propia.

Rectificar las piezas fue importante, ya que aseguró la precisión en las siguientes actividades.

3.7.3 Maquinado CNC de la matriz

El siguiente paso dentro de la producción piloto fue el maquinado de la matriz utilizando la fresadora CNC disponible en el LTAM (Figura 48).

Figura 48

Fresadora CNC.



Fuente: Propia.

Para llevar a cabo este proceso, se montó la prensa en el área de trabajo de la fresadora y se realizó la alineación mediante el uso de un indicador de carátula (Figura 49). Esto garantizó que la pieza estuviera posicionada correctamente.

Figura 49

Alineación de la prensa.



Fuente: Propia.

Se procedió a cargar el código generado en el programa VISI®, el cual contenía las trayectorias de corte para manufacturar la matriz. Durante este proceso se implementaron dos estrategias de maquinado:

- Se utilizó un cortador plano de 3/8" de diámetro, con una velocidad de husillo de 5600 rpm y una velocidad de avance de 2300 mm/min. Esta estrategia realizó el desbaste inicial de la pieza, eliminando la mayor cantidad de material.
- En esta segunda estrategia se empleó un cortador de bola de 1/2" de diámetro, con parámetros de velocidad de husillo de 4200 rpm y velocidad de avance de 2500 mm/min. Esta estrategia se aplicó para dar un acabado a la superficie.

El maquinado inició con un careado de la superficie de la pieza (Figura 50), con el fin de tener una base plana. Posteriormente, se procedió a maquinar la matriz siguiendo las trayectorias establecidas en el programa (Figura 51).

Figura 50

Careado de la pieza-matriz.



Fuente: Propia.

Figura 51

Maquinado de la matriz.

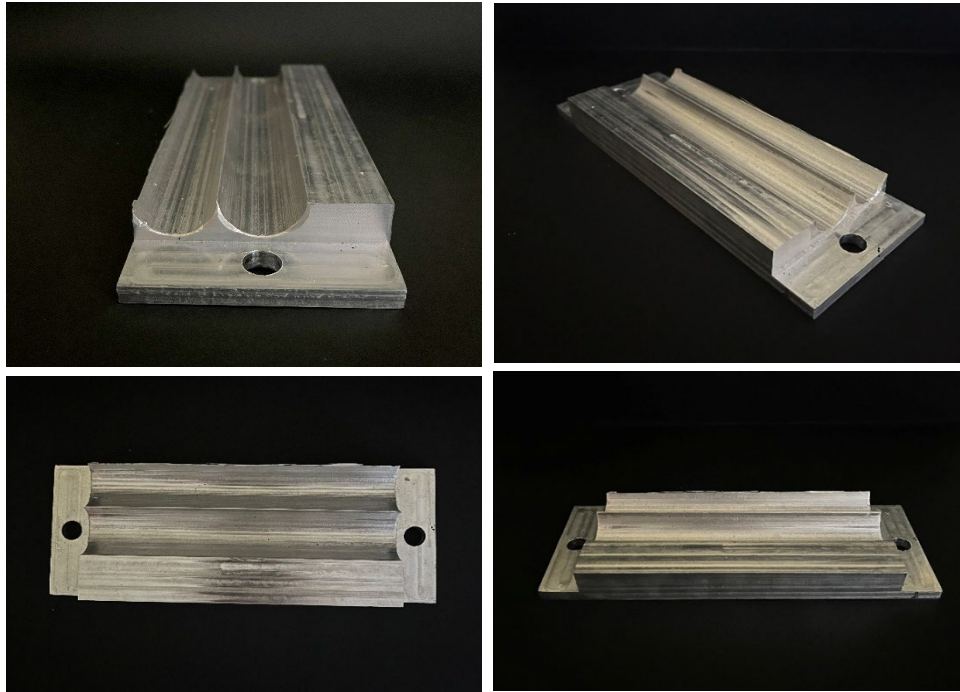


Fuente: Propia.

Finalmente, una vez completado el proceso, se obtuvo la matriz terminada para su uso en el proceso de prensado (Figura 52).

Figura 52

Acabado final de la matriz.



Fuente: Propia.

3.7.4 Maquinado CNC del punzón

Posteriormente, se realizó el maquinado del punzón, este proceso igualmente se realizó en la fresadora CNC mostrada en la Figura 48. De manera similar que, con la matriz, el primer paso fue realizar un careado de la superficie de la pieza.

En este caso, como el punzón presenta una geometría redonda, se aplicó un mayor número de estrategias de maquinado, con el fin de obtener un mejor acabado. En total, se especificaron cinco estrategias, y se utilizaron los mismos parámetros que se presentaron para el maquinado de la matriz, debido a que estos se relacionan al diámetro del cortador a utilizar.

- Se utilizó un cortador plano de 1/2" de diámetro.
- Se empleó un cortador de bola de 1/2" de diámetro, para dar forma a la superficie curva.
- En la tercera estrategia se utilizó un cortador plano de 3/8" de diámetro.
- Nuevamente con un cortador plano de 3/8" de diámetro, para continuar con la remoción de material.
- Se repitió la estrategia anterior con el mismo cortador plano de 3/8", para realizar los barrenos.

En la Figura 53, se observa el inicio del maquinado del punzón, mientras que en la Figura 54, se muestra el avance a la mitad del proceso.

Figura 53

Inicio de maquinado del punzón.



Fuente: Propia.

Figura 54

Avance de maquinado del punzón.

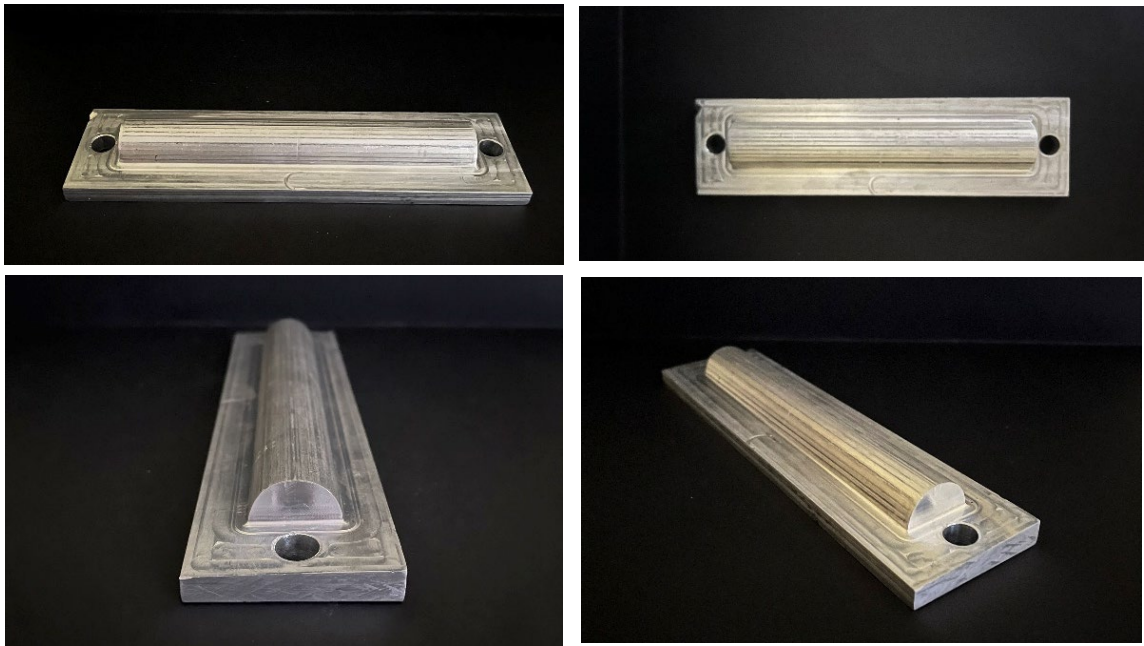


Fuente: Propia.

Finalmente, en la Figura 55, se presenta el resultado final, donde se aprecia el punzón con el acabado deseado.

Figura 55

Acabado final del punzón.



Fuente: Propia.

Como último paso de esta etapa, la matriz y el punzón fueron limados y lijados, tal como se muestra en la Figura 56, con el fin de eliminar rebabas y mejorar el acabado superficial de ambas piezas, para proceder al proceso de prensado con la lámina de acero inoxidable.

Figura 56

Matriz y punzón.



Fuente: Propia.

3.7.5 Corte de lámina de acero inoxidable AISI 304

Una vez finalizado el maquinado de la matriz y el punzón, el siguiente paso fue la preparación de la lámina de acero inoxidable AISI 304 que se utilizó para las pruebas de prensado y una tira más de acero inoxidable para realizar el herramental.

Se cortaron las láminas para que estas se ajustaran a las medidas especificadas en los planos del herramental. Para llevar a cabo este procedimiento se utilizó la cizalla hidráulica ubicada en el Taller de Metalmecánica de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (Figura 57). Este equipo permitió realizar cortes precisos en el material.

Figura 57

Cizalla hidráulica.



Fuente: Propia.

En esta etapa se realizó el corte de una tira larga de la lámina, la cual fue destinada a la ejecución de las pruebas con la matriz y el punzón (Figura 58).

Figura 58

Lámina de acero inoxidable AISI 304.



Fuente: Propia.

3.7.6 Operación en prensa hidráulica

La siguiente etapa dentro de la manufactura del prototipo del herramental fue la utilización de la prensa hidráulica ubicada en el Taller de Vidrios de la Universidad Tecnológica de la Mixteca (Figura 59).

Figura 59

Prensa hidráulica.



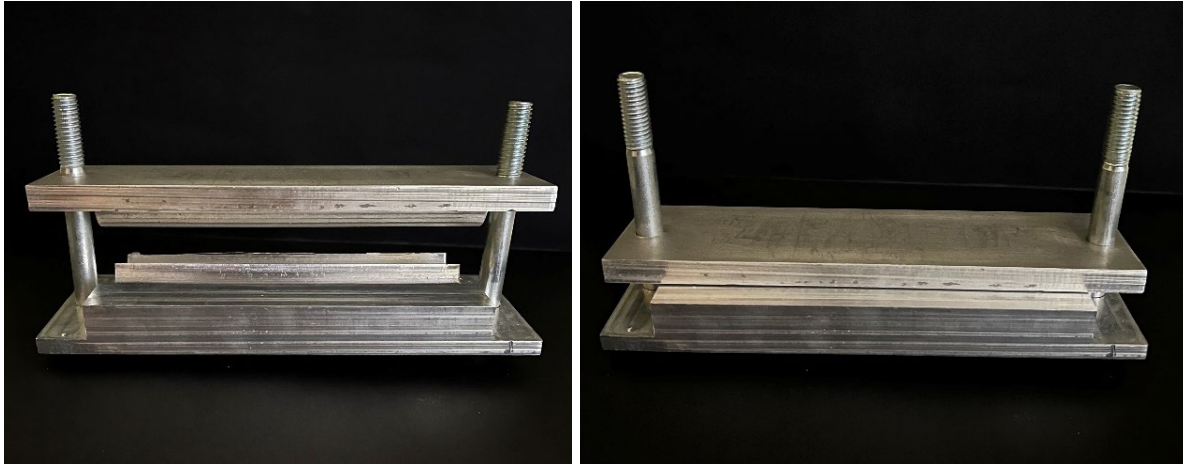
Fuente: Propia.

En esta operación se empleó la matriz junto con el punzón, al igual que se utilizaron dos pernos de $\frac{1}{2}$ " de diámetro, los cuales funcionaron como guías al momento de realizar el prensado. Estos pernos resultaron indispensables, ya que permitieron que se redujera el movimiento del punzón y aseguraron que la lámina de acero inoxidable no se deformara de manera inadecuada.

Cabe destacar que la matriz fue diseñada con dos canales, con la finalidad de que, al momento de prensar el primer canal, la lámina pudiera avanzar hacia el siguiente y así se mantuviera la geometría deseada. Este segundo canal actuó como una guía. En la Figura 60, se muestra el ensamblaje de la matriz, el punzón y los pernos guía.

Figura 60

Ensamble de la matriz, el punzón y los pernos.

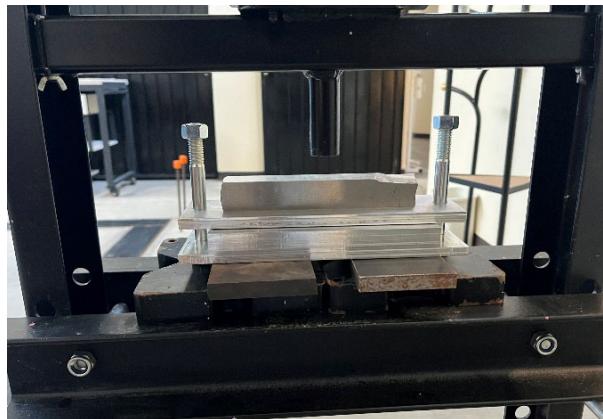


Fuente: Propia.

Una vez ensamblada la matriz y el punzón, se colocaron en el área de trabajo de la prensa hidráulica (Figura 61). Posteriormente, se colocó la primera tira de acero inoxidable dentro de la matriz y, al estar ya alineada correctamente, se procedió a bajar el punzón hasta alcanzar una presión de 10 toneladas, tal como se muestra en la Figura 62.

Figura 61

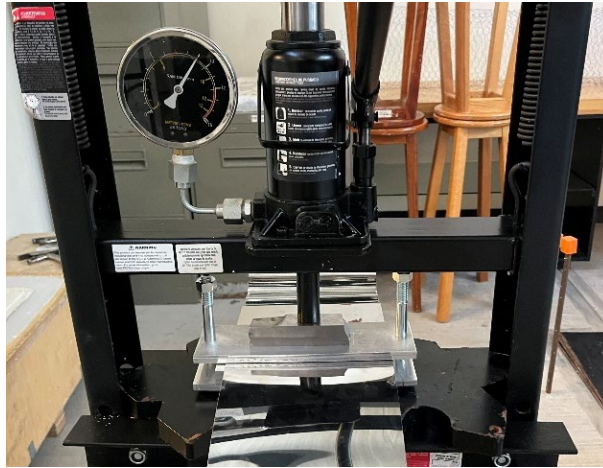
Colocación de la matriz y punzón en la prensa hidráulica.



Fuente: Propia.

Figura 62

Ejecución de la prensa hidráulica.



Fuente: Propia.

Con este procedimiento se obtuvo el primer canal en la lámina, el cual fue desplazado a la guía siguiente para repetir la operación. El mismo proceso se realizó hasta conseguir el número de canales requeridos en la lámina. Es importante mencionar que se dejó un espacio entre cada conjunto de tres canales, lo cual se consideró para facilitar el corte de la lámina en la siguiente operación.

3.7.7 Corte y doblado del herramental

Una vez obtenida la lámina de acero inoxidable con los canales deseados a través del proceso de prensado, se procedió a realizar el corte de las placas que conforman el herramental. Para esta etapa se trabajó en el Taller de Metalmecánica, utilizando tijeras manuales de corte. Los cortes se hicieron con esta herramienta ya que al usar la cizalla los canales solían doblarse y deformarse, lo cual afectaba en la calidad y funcionalidad del herramental.

Con el uso de las tijeras se realizaron los cortes correspondientes, dividiendo la lámina en cuatro placas. De este modo, se conformaron dos juegos de herramental, dos

placas de tres canales y dos placas de dos canales. Esta decisión se tomó con el objetivo de obtener dos herramientas funcionales. El herramental de tres canales se empleará para el formado de esferas de chocolate de mesa, mientras que el herramental de dos canales se destinó a un proceso de embutido del mismo producto, utilizando placas intercambiables para su operación. En la Figura 63, se presentan las cuatro placas obtenidas después del proceso de corte.

Figura 63

Par de placas de tres canales y dos canales.



Fuente: Propia.

Posteriormente, se llevó a cabo el doblado de una de las placas de cada herramental, con el fin de dar mayor soporte estructural y facilitar el movimiento durante su uso. Para esta etapa se utilizó la dobladora convencional disponible en el Taller de Metalmecánica (Figura 64). El procedimiento consistió en introducir únicamente las pestañas sobrantes de cada placa, para lograr así el doblado, como se aprecia en la Figura 65.

Figura 64

Dobladora convencional.



Fuente: Propia.

Figura 65

Doblado de placa de tres canales.

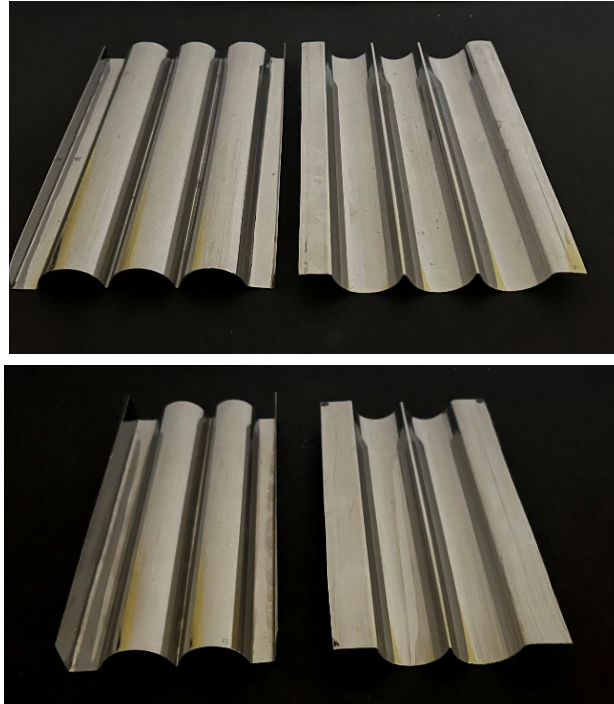


Fuente: Propia.

Finalmente, como resultado de esta etapa, se obtuvieron las placas cortadas y, una de ellas con doblez, en la Figura 66, se muestran las placas finales, que se utilizaron para formar los herramentales.

Figura 66

Placas a utilizar para formar el herramental de tres y dos canales.



Fuente: Propia.

3.7.8 Construcción de estructura de soporte

En esta etapa del proceso de manufactura del herramental se llevó a cabo la construcción de la estructura de soporte, la cual tiene como finalidad proporcionar estabilidad, rigidez y facilidad de uso para el prototipo. Es importante aclarar que, debido a que se trata de un prototipo experimental, se optó por fabricar la estructura en madera, por practicidad y facilidad de trabajar dentro de los talleres de la universidad. Sin embargo, cuando se realice una producción real del herramental, esta estructura deberá ser sustituida por Nylamid M, tal como menciona Aceros Levinson (2024) es el polímero más empleado en la industria, ofrece gran variedad de dimensiones para la fabricación de piezas y está autorizado para su uso en contacto con alimentos. Se debe mencionar también que, en el

prototipo, la estructura de madera no entra en contacto directo con el alimento en ninguna etapa del proceso, por lo que no representa un riesgo durante el manejo del alimento con el herramental.

La construcción de la estructura se llevó a cabo en el Taller de Maderas de la Universidad Tecnológica de la Mixteca, utilizando la sierra ingletadora (Figura 67), la cual permitió realizar cortes en las piezas de madera que conforman la estructura.

Figura 67

Sierra ingletadora.



Fuente: Propia.

Se consideró que la estructura debe ser desmontable, con el objetivo de facilitar la colocación y retiro de la placa del herramental, así como su mantenimiento o sustitución. Por este motivo, se decidió que la placa inferior quede fija dentro de la estructura, ya que esta no presenta dobleces, lo que facilita que pueda deslizarse dentro de la ranura guía fabricado en la madera.

Para lograr que la placa quede sujeta dentro de la estructura, se planeó que esta tuviera ranuras, las cuales deben tener la medida del espesor de la placa. El espesor de la lámina utilizada para el herramental fue de 0.45 mm, sin embargo, los discos de corte

disponibles para trabajar la madera tienen un grosor mayor a 5 mm, lo cual no era factible para realizar las ranuras. Como solución, se optó por un corte escalonado, primero se rebajó la madera a la medida del ancho de la placa, y posteriormente se pegó otra pieza de madera sobre lo rebajado, utilizando pegamento blanco, con lo que se conformó un canal a medida del espesor de la placa. Este procedimiento se aplicó en dos piezas de madera que funcionan como guías laterales, para que la placa pueda insertarse con facilidad.

Con el objetivo de garantizar una mayor rigidez estructural y evitar deformaciones durante el uso, a la estructura se le añadió tres costillas de refuerzo, para distribuir mejor los esfuerzos generados al momento de usar el herramental. En la Figura 68, se muestra la estructura terminada para el herramental de tres canales, donde pueden observarse las ranuras guía, así como las costillas de soporte.

Figura 68

Construcción de estructura de soporte para herramental de tres canales.



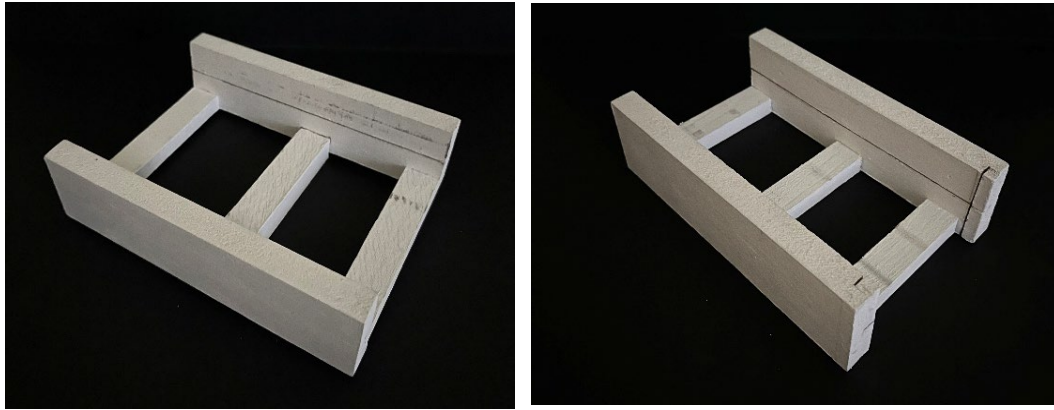
Fuente: Propia.

En total se construyeron dos estructuras de soporte, una destinada al herramental de tres canales y otra al de dos canales. La estructura diseñada para el herramental de dos

canales incluyó una ranura horizontal, para la colocación de placas intercambiables. Dichas placas intercambiables permiten la creación de diferentes figuras de chocolate de mesa a partir de un mismo herramental. En la Figura 69, se observan las dos estructuras construidas para el montaje de los herramentales correspondientes.

Figura 69

Estructura terminada para herramental de tres y dos canales.



Fuente: Propia.

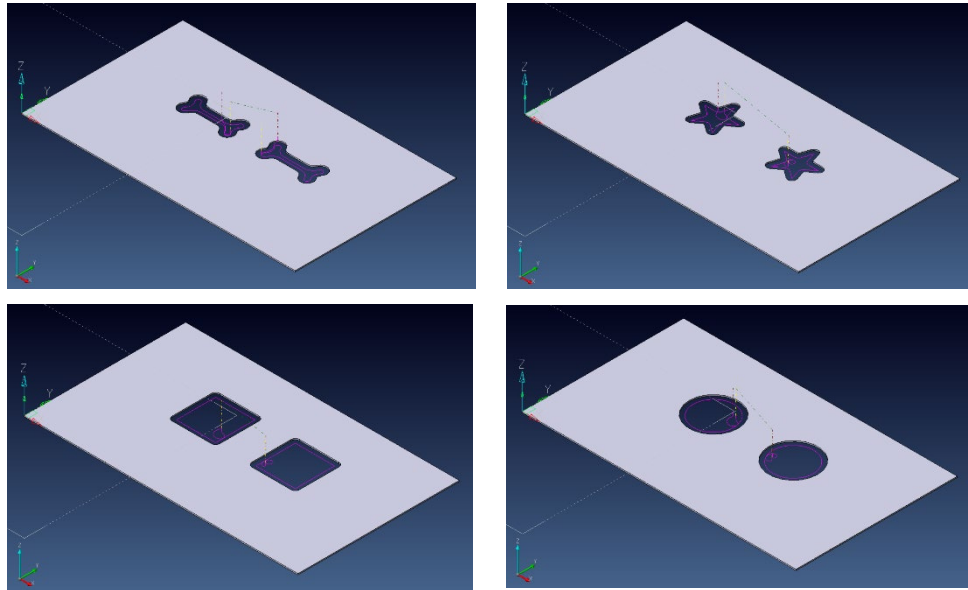
3.7.9 Manufactura de las placas con perfiles intercambiables

La intención de generar piezas de chocolate de perfiles variados otorga un valor agregado al prototipo desarrollado.

El primer paso fue la selección de los diseños de los perfiles. Se decidió trabajar con cuatro modelos distintos, una estrella, un hueso, una pastilla circular y un diseño cuadrado. Una vez definidos, se procedió a diseñarlos en el programa VISI® (Figura 70), la estrategia de maquinado seleccionada fue únicamente el perfilado.

Figura 70

Diseño de las placas intercambiables en el programa VISI®.



Fuente: Propia.

Posteriormente, los diseños fueron llevados a la fresadora CNC de la universidad. Durante la operación, se cargó cada programa correspondiente a los perfiles diseñados y se procedió al maquinado de las placas. En la Figura 71, se muestra el proceso de corte de los perfiles en la máquina CNC.

Figura 71

Maquinado de las placas intercambiables.

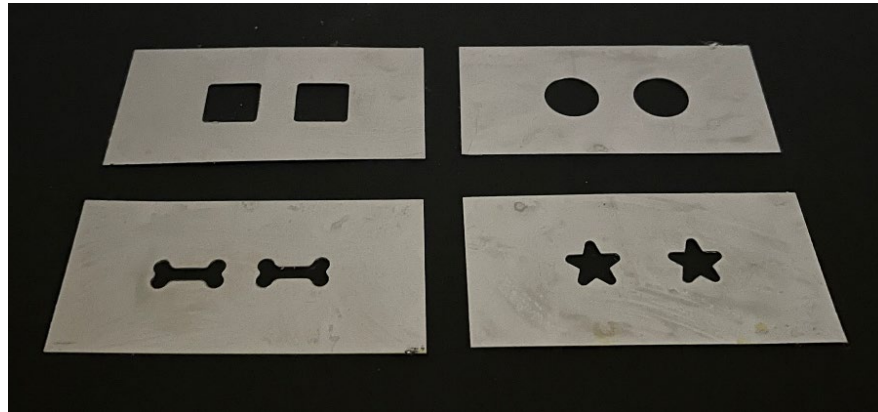


Fuente: Propia.

Una vez concluido el maquinado de todas las piezas, se limaron y lijaron los bordes, con el objetivo de eliminar rebabas. Finalmente, en la Figura 72, se presentan las placas terminadas con los diferentes perfiles diseñados.

Figura 72

Acabado final de placas con perfiles.



Fuente: Propia.

3.7.10 Construcción de émbolos y espátula de corte

Como parte complementaria del desarrollo del herramental, fue necesario fabricar dos émbolos de empuje y una espátula de corte. Ambos elementos cumplen funciones dentro del proceso de moldeo del chocolate.

En el caso de los émbolos, se realizaron dos unidades utilizando Nylamid, material seguro para contacto con alimentos. El proceso inició con el corte de las puntas circulares mediante un sacabocado de 3 cm de diámetro en el taladro de banco (Figura 73).

Figura 73

Taladro de banco.



Fuente: Propia.

Posteriormente, las piezas fueron lijadas para eliminar rebabas y se les realizó una perforación con una broca de $13/64''$ de diámetro, para después realizarles cuerdas internas con un machuelo de $1/4''$ de diámetro (Figura 74), para poder colocarle un espárrago del mismo diámetro. En la Figura 75, se muestra el resultado de esta etapa.

Figura 74

Realización de cuerdas internas a la punta del émbolo.



Fuente: Propia.

Figura 75

Puntas terminadas.



Fuente: Propia.

Para los mangos, se cortaron trozos de madera, que también fueron perforados y roscados (Figura 76) para permitir el ensamble. Finalmente, los mangos fueron pintados (Figuras 77) y ensamblados con las puntas, obteniendo los émbolos completos, tal como se muestran en la Figura 78.

Figura 76

Realización de cuerdas al mango del émbolo.



Fuente: Propia.

Figura 77

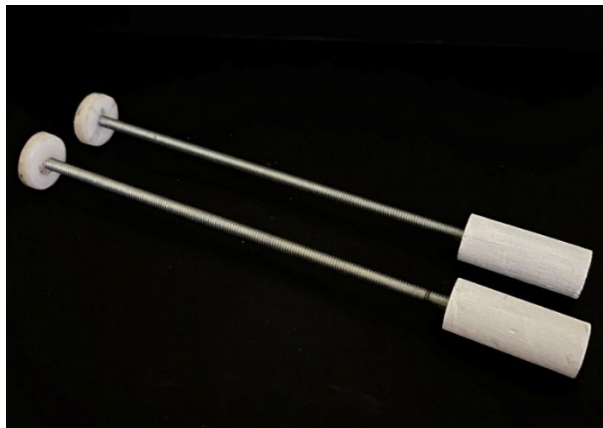
Mangos terminados.



Fuente: Propia.

Figura 78

Presentación de émbolos terminados.



Fuente: Propia.

Por otra parte, la espátula de corte se fabricó a partir de un rectángulo de lámina de acero inoxidable, ya que como menciona Abreu (2022), su elevada capacidad para eliminar bacterias durante la limpieza lo posiciona como uno de los materiales más destacados para aplicaciones en la industria alimentaria. Por lo tanto, se cortó a la medida de las placas intercambiables. A este se le colocó un mango de madera con ranura para que se pudiera sujetar, logrando que sea práctico y funcional (Figura 79).

Figura 79

Espátula de corte final.



Fuente: Propia.

De esta manera, los émbolos de empuje y la espátula complementan el prototipo y permiten un mejor desempeño en el proceso de moldeo del chocolate.

Una vez concluidas todas las etapas del proceso de manufactura, se obtuvieron los dos herramientas funcionales diseñados para el formado de chocolate de mesa.

Primero se encuentra el herramental de tres canales, cuyo propósito principal es el formado de esferas de chocolate. Este herramental se muestra en la Figura 80, donde se observa completamente ensamblado y listo para su uso. Su construcción permite que cada canal mantenga la forma adecuada para generar esferas uniformes.

Figura 80

Herramental terminado para el formado de esferas de chocolate de mesa.



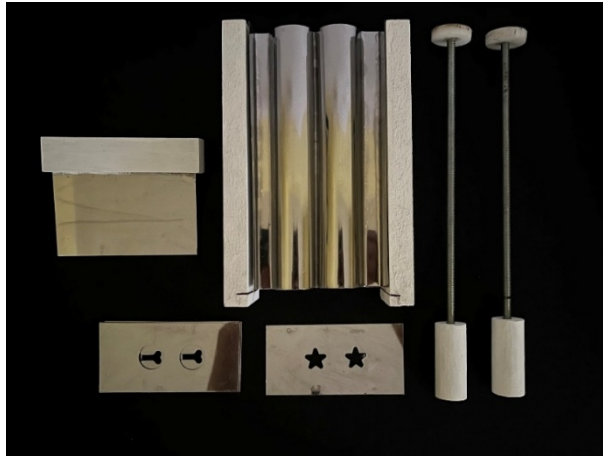
Fuente: Propia.

De igual manera, se desarrolló el herramental de dos canales, para realizar un proceso de embutido del chocolate mediante el uso de émbolos, para que el chocolate salga por las placas con perfiles intercambiables, esto genera valor agregado al herramental, como menciona Polanco (2024), se refiere a las características que mejoran la calidad, la experiencia del usuario y la satisfacción de necesidades que los productos o servicios de la competencia no cubren.

En la Figura 81, se presentan todos los elementos que conforman este herramental: las placas moldeadoras, las placas intercambiables, los émbolos de empuje y la espátula de corte. Posteriormente, en la Figura 82, se muestra el conjunto ya ensamblado.

Figura 81

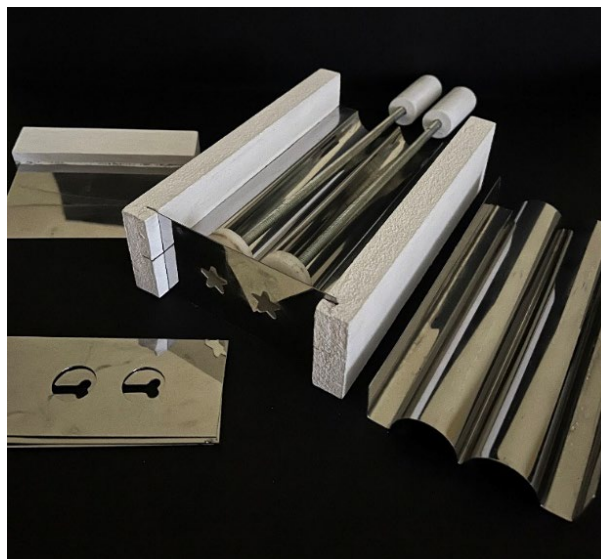
Elementos que conforman el herramental de dos canales.



Fuente: Propia.

Figura 82

Herramental de dos canales para el formado de perfiles de chocolate.



Fuente: Propia.

De esta manera, se concluye que ambos herramientas cumplen con las especificaciones y necesidades, además se permite disponer de dos alternativas de producción, una enfocada en la generación de esferas de chocolate y otra orientada a la generación de diversidad de perfiles de chocolate, mediante el sistema de placas.

CAPÍTULO 4. RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados y conclusiones del trabajo de tesis, por lo tanto, se procedió a realizar la evaluación funcional de los herramentales desarrollados, con el propósito de validar su desempeño y comprobar el cumplimiento del objetivo planteado.

Se analizaron los resultados obtenidos a partir del uso de los dos herramentales propuestos: el herramental de tres canales, destinado al formado de esferas de chocolate de mesa, y el herramental de dos canales, diseñado para obtener perfiles distintos de chocolate.

Para cada herramental se realizaron pruebas experimentales, donde se observaron aspectos como la facilidad de uso, el número de piezas que se pueden formar en un tiempo determinado, y la uniformidad de las piezas pesando cada una de ellas.

4.1 Evaluación del herramental de tres canales

Este herramental fue diseñado para obtener piezas con una forma uniforme, asegurando además la facilidad de operación y repetitividad del proceso.

4.1.1 Procedimiento

Para llevar a cabo la evaluación del herramental, se tuvo que conseguir la molienda de chocolate de mesa, tal como se muestra en la Figura 83.

Figura 83

Herramental y chocolate de mesa.



Fuente: Propia.

El siguiente paso fue llenar manualmente las cavidades del herramental (Figura 84) mediante el uso de una cuchara.

Figura 84

Llenado del herramental de tres canales.



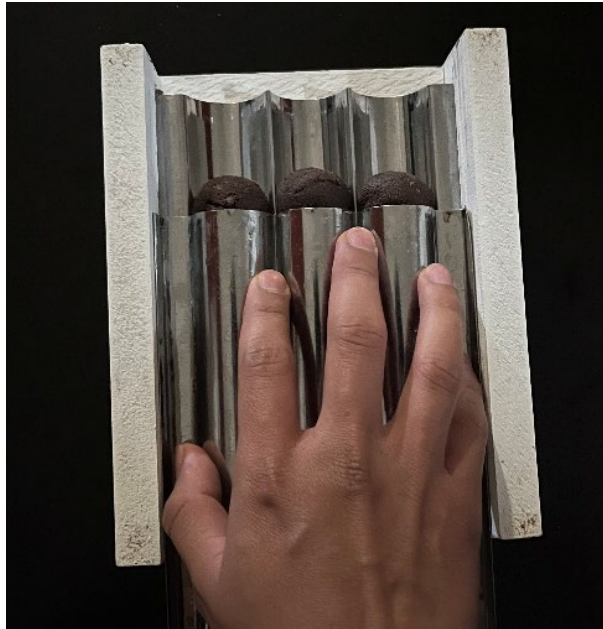
Fuente: Propia.

Una vez que las cavidades del herramental de tres canales fueron llenadas con chocolate, se procedió a deslizar las placas (Figura 85). Para ello, se desplazó

cuidadosamente la placa superior sobre la inferior, con el fin de que el chocolate dentro de los canales comenzara a girar y adquiriera la forma esférica deseada.

Figura 85

Movimiento entre las placas.



Fuente: Propia.

Este procedimiento se repitió siete veces de manera continua durante un tiempo total de 4 minutos, el llenado de las placas, movimiento y obtención de las esferas duro en promedio 31.7 segundos (s). Al finalizar este proceso, se obtuvo un total de 21 esferas de chocolate, tal como se muestra en la Figura 86.

Figura 86

Formado final de esferas de chocolate de mesa.

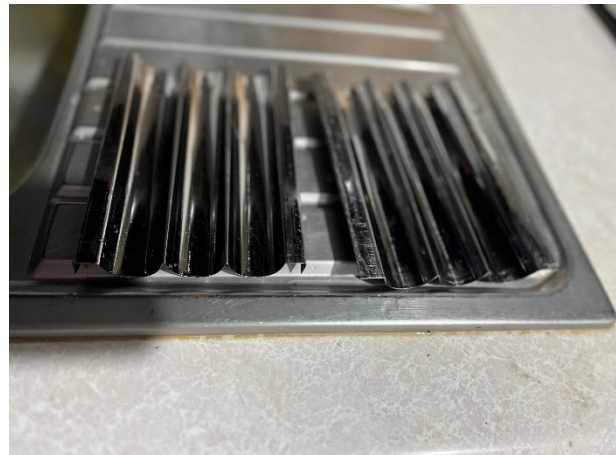


Fuente: Propia.

Concluida la formación de las esferas, se procedió a desmontar las placas de la estructura de soporte. Posteriormente, se realizó la limpieza y lavado de las placas, asegurando que quedaran libres de residuos de chocolate, así como se muestra en la Figura 87.

Figura 87

Lavado del herramental.



Fuente: Propia.

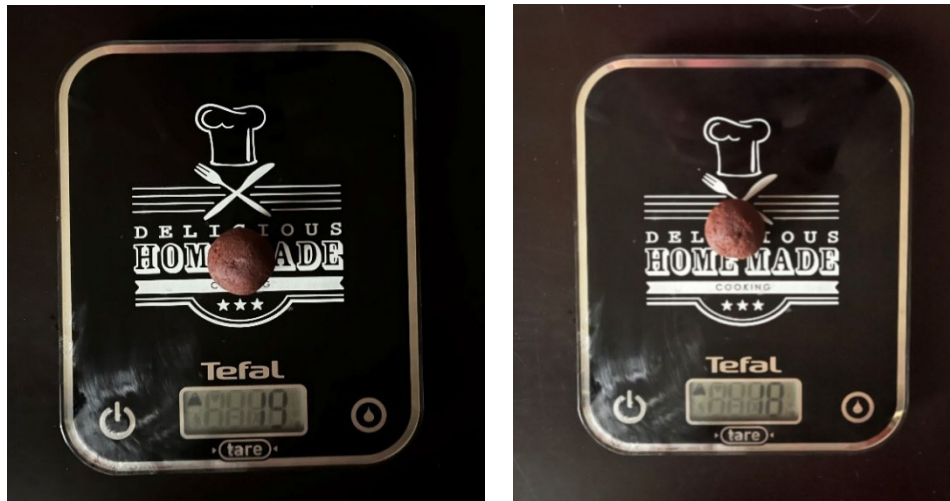
4.1.2 Métricas y mediciones

Para cuantificar la uniformidad y la calidad de las esferas se registraron las siguientes variables:

- Peso (g) — medido con balanza analítica (Figura 88)

Figura 88

Toma de peso de dos esferas de chocolate de mesa.



Fuente: Propia.

- Apariencia superficial: Se realizó una evaluación visual de cada esfera, clasificándola según la calidad de su superficie (escala: Excelente / Aceptable / Defecto).
- Tiempo de ciclo (s): Se registró el tiempo requerido para formar un conjunto de tres esferas, permitiendo estimar la eficiencia operativa del herramental.

4.1.3 Resultados

Se obtuvieron un total de 21 esferas de chocolate mediante el herramental de tres canales. A continuación, se presentan los resultados obtenidos (Tabla 32).

Tabla 32

Datos individuales de las esferas de chocolate obtenidas.

No. de muestra	Peso (g)	Tiempo de ciclo (s)	Apariencia superficial
1	20	33	Excelente
2	19		Excelente
3	18		Aceptable
4	20	32	Excelente
5	19		Excelente
6	18		Aceptable
7	19	32	Aceptable
8	19		Excelente
9	18		Aceptable
10	20	31	Excelente
11	19		Excelente
12	18		Aceptable
13	19	31	Excelente
14	20		Excelente
15	19		Medio
16	18	30	Aceptable
17	19		Excelente
18	20		Excelente
19	18	33	Aceptable
20	19		Medio
21	20		Excelente

Fuente: Propia.

En la Tabla 33, se presenta los resultados estadísticos y porcentaje de piezas aceptables. Esta tabla se realizó con el fin de armar una conclusión del funcionamiento del herramental de tres canales.

Tabla 33

Resumen estadístico de los resultados del herramental de tres canales.

Métrica	Media	Desviación estándar	Observaciones de la evaluación
Peso (g)	19	0.77	Los valores van entre 18 y 20 g
Tiempo (s)	31.7	1.1	Entre 30 s y 33 s por hacer 3 esferas
Piezas aceptables (%)	100	-	Apariencia Excelente/Aceptable

Fuente: Propia.

4.1.4 Conclusión sobre el herramental de tres canales.

Los resultados obtenidos en la evaluación del herramental de tres canales muestran que este cumple con su función de formar esferas de chocolate de mesa de manera uniforme y en un tiempo de ciclo corto. En total se produjeron 21 esferas con un peso promedio de 19 g y una desviación estándar de 0.77 g, lo que significa que existe baja variabilidad en el peso de las esferas y las porciones son las adecuadas.

El tiempo de ciclo promedio para el formado de tres esferas fue aproximadamente de 31 segundos, lo cual muestra una reducción del tiempo de producción en comparación con los métodos tradicionales. De acuerdo con los productores artesanales, la fabricación manual mediante moldes puede requerir hasta una hora para obtener cerca de 200 esferas, ya que el chocolate debe colocarse y enfriarse dentro del molde. En cambio, el herramental permite formar hasta 348 esferas de chocolate, sin necesidad de tiempos de espera de desmoldeo, lo que demuestra su eficiencia y practicidad.

Con respecto a la apariencia, las esferas obtenidas presentaron una calidad entre excelente y aceptable, con un acabado homogéneo. Además, el diseño del herramental facilita la limpieza de este, ya que la placa puede desmontarse y lavarse sin problema alguno.

Estos resultados demuestran que el herramental de tres canales es funcional y eficiente, cumpliendo con las expectativas planteadas en la hipótesis y aportando una mejora en la uniformidad y productividad del proceso de formado de chocolate de mesa.

Algunas oportunidades de mejora en el herramental podrían ser que la placa inferior quede fija con la estructura de soporte, con el fin de facilitar la limpieza integral del herramental, así como la variación en los tamaños de los canales para obtener esferas de diferentes dimensiones, ampliando así la versatilidad del sistema.

4.2 Evaluación del herramental de dos canales

La evaluación del segundo herramental de dos canales, tuvo como propósito analizar la capacidad para generar diferentes figuras de chocolate de mesa mediante el uso de placas intercambiables. el enfoque de la prueba fue ver su potencial para incrementar la variedad y presentación del chocolate de mesa.

Este herramental se compone de dos canales y un sistema de empuje que está formado por dos émbolos, además, se pueden colocar diferentes placas con cavidades de distintas formas, permitiendo obtener figuras con diseños.

4.2.1 Procedimiento

Para llevar a cabo la evaluación, se utilizaron las placas intercambiables fabricadas, correspondientes a los cuatro perfiles: estrella, hueso, pastilla circular y cuadrado (Figura 72).

El procedimiento consistió en colocar una de las placas en el canal horizontal del herramental. Posteriormente, se colocó el chocolate en los canales (Figura 89) y se hizo uso de los émbolos de empuje (Figura 90) y la espátula de corte para obtener los perfiles de chocolate y retirar el exceso de chocolate.

Figura 89

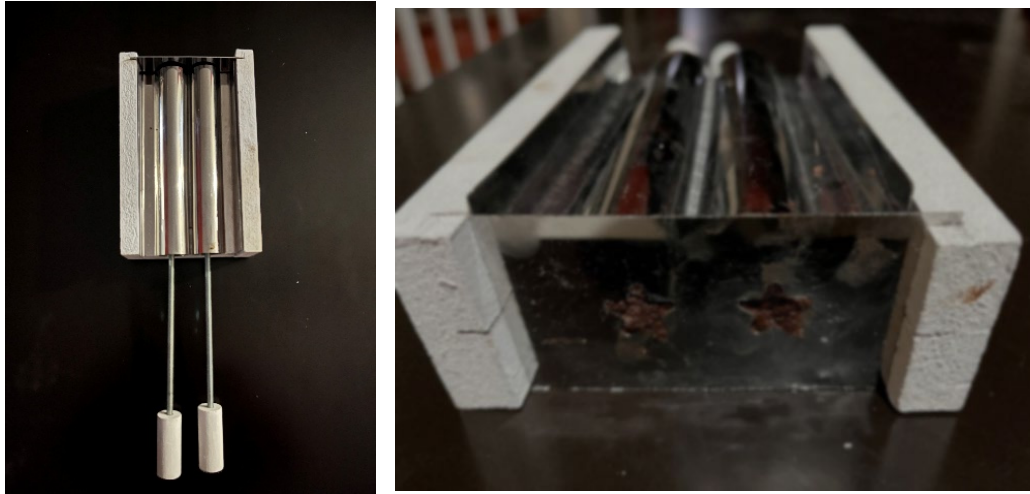
Colocación de chocolate en el herramental de dos canales.



Fuente: Propia.

Figura 90

Uso de los émbolos de empuje.



Fuente: Propia.

Finalmente, se desmontaron las placas del herramental y se extrajeron los perfiles formados de chocolate de mesa, obteniendo resultados satisfactorios en las cuatro formas, tal como se muestra en la Figura 91.

Figura 91

Diversidad de figuras de chocolate de mesa.



Fuente: Propia.

4.2.2 Métricas de evaluación

Dado que se buscó evaluar la diversidad de perfiles y la facilidad de uso del herramental, las métricas fueron cualitativas, considerando los siguientes aspectos:

- Definición de forma: la precisión con que cada figura se formó.
- Facilidad de intercambio de placas: Se observó el tiempo y esfuerzo requerido para cambiar de un perfil a otro.
- Apariencia superficial del chocolate: Se evaluó visualmente la calidad de la superficie, considerando textura y forma.

4.2.3 Resultados

Como se menciona, son métricas cualitativas, por lo que se pueden asignar valores numéricos de escala que van del 1 al 5.

- Definición de forma: 1 = muy bajo, 5 = excelente
- Facilidad de intercambio de placas: 1 = muy difícil, 5 = muy fácil
- Apariencia superficial: 1 = muy mala, 5 = excelente

Los resultados finales se muestran en la Tabla 34.

Tabla 34

Resultados de la evaluación del herramental de dos canales.

Número de muestra	Figura	Definición de forma (1–5)	Facilidad de intercambio (1–5)	Tiempo de intercambio (seg)	Apariencia superficial (1–5)
1	Estrella	4	5	15	4
2	Hueso	5	5	16	5
3	Pastilla	5	5	15	4
4	Cuadrado	4	5	17	4

Fuente: Propia.

4.2.4 Conclusión sobre el herramental de dos canales

La evaluación del herramental de dos canales afirma que su diseño cumple con su función principal de producir variedad de perfiles de chocolate de mesa mediante el uso de placas intercambiables. Durante la prueba se obtuvieron cuatro perfiles distintos (estrella, hueso, pastilla y cuadrado) con una apariencia superficial buena, demostrando que las cavidades de las placas moldeadoras permiten reproducir los diseños.

Otro punto importante es la facilidad de intercambio de las placas, ya que fue muy sencillo de cambiar y con un tiempo promedio de reemplazo de 15 segundos, lo que confirma que es práctico, para variar los perfiles sin necesidad de herramientas adicionales.

Además, las placas intercambiables son fáciles de limpiar, lo que garantiza que se pueda manipular de forma segura el chocolate durante el proceso de formado, cumpliendo con los estándares necesarios de manejo de alimentos.

Estos resultados muestran que el herramental de dos canales es funcional y se adapta para producir esferas y diferentes perfiles de chocolate, permitiendo incrementar la diversidad y presentación del chocolate de mesa. La evaluación demuestra que este herramental cumple con los puntos planteados en la hipótesis, ya que, el chocolate empleado alcanza su endurecimiento en un tiempo corto, lo que el herramental facilita su manipulación y reduce los tiempos de su formado.

Una mejora recomendada para el herramental de dos canales es implementar émbolos graduables, que permita controlar con precisión la proporción de material para cada figura.

4.3 Conclusión general

El proyecto inició con la búsqueda y análisis de información sobre el tema de producción y formado del chocolate de mesa, con el fin de obtener un panorama más amplio y actualizado sobre el tema de investigación.

La segunda etapa fue la identificación del problema y la determinación de las necesidades de los productores artesanales, quienes requieren herramientas que les permitan aumentar la diversidad de presentación del chocolate de mesa, optimizando tiempo y manteniendo la calidad del producto. A partir de esta etapa, se realizaron bocetos de posibles herramentales, que sirvieron como base para la selección de los diseños más adecuados.

Posteriormente, el boceto adecuado fue diseñado en el programa SolidWorks®, a partir de las especificaciones de este. Se fabricaron prototipos mediante impresión 3D, los cuales se evaluaron para identificar posibles mejoras y ajustar detalles antes de pasar a la manufactura final.

Una vez definido el prototipo final, se seleccionaron los procesos de manufactura más adecuados, optando por prensado en lámina de acero inoxidable AISI 304 para formar la base del herramental, y fresado CNC en aluminio 7075 para la manufactura de la matriz y el punzón. Luego se llevaron a cabo todas las etapas de manufactura, dando como resultado dos herramentales funcionales: uno de tres canales para la formación de esferas de chocolate y otro de dos canales para la creación de figuras distintas mediante placas intercambiables.

La evaluación de los herramentales permitió comprobar su funcionalidad. El herramental de tres canales demostró alta eficiencia en la producción de esferas de chocolate, con un tiempo de ciclo reducido, un peso uniforme de las piezas, buena apariencia de las esferas y facilidad de limpieza del herramental, mostrando una mejora sobre los moldes y herramientas utilizadas para el formado de chocolate. Por otra parte, el herramental de dos canales mostró lograr reproducir cuatro perfiles distintos con buen

aspecto e intercambio de placas, afirmando su potencial para incrementar la diversidad en presentaciones de chocolate de mesa.

Con base en los resultados obtenidos en el presente proyecto de tesis se concluye lo siguiente:

- Se revisó el estado del arte mediante la búsqueda y análisis de información sobre el tema de investigación, con el fin de obtener un panorama completo y actualizado.
- Se investigaron las limitaciones específicas en el proceso de formado de chocolate de mesa enfrentadas por los productores artesanales y su impacto en la eficiencia y calidad del producto final.
- Se analizaron las necesidades de los consumidores con relación al formado manual de chocolate de mesa, identificando los desafíos y dificultades experimentadas en su manipulación.
- Se diseñó un herramental especializado para el formado de chocolate de mesa que satisface las necesidades y requerimientos específicos de los productores artesanales y consumidores, tomando en cuenta la normativa para el manejo de alimentos, las limitaciones de recursos y la variedad de productos.
- Se fabricaron prototipos funcionales del herramental, mediante la aplicación de procesos de manufactura, para evaluar su desempeño y facilidad de uso.

Por lo tanto, se cumplió el objetivo general de este proyecto de tesis: Diseñar y manufacturar un prototipo de herramental especializado en acero inoxidable AISI 304 para el formado de chocolate de mesa, mediante el método de desarrollo de productos que permita mayor variedad y uniformidad del producto final.

REFERENCIAS

- Abreu. (2025, 01 de octubre). *El uso del Acero Inoxidable en la Industria Alimenticia*.
<https://abreu.com.ar/desarrollo-filtros/2022/10/25/el-uso-del-acero-inoxidable-en-la-industria-alimenticia/>
- Aceros Levinson. (2025, 19 de junio). *Acero inoxidable - Aceros Levinson*.
<https://aceroslevinson.com/acero-inoxidable/>
- Aceros Levinson. (2025, 28 de septiembre). Nylamid.
<https://aceroslevinson.com/nylamid/#:~:text=Descripci%C3%B3n,en%20contacto%20directo%20con%20alimentos.>
- Artizono. (2025, 17 de febrero). *Guía definitiva de soldadura: Técnicas y Tipos Explicados*. <https://artizono.com/es/guia-de-soldadura/>
- AutoDesk,. (2025, 27 junio) *SOFTWARE DE DISEÑO ASISTIDO POR COMPUTADORA Diseño CAD*. AUTODESK. <https://www.autodesk.com/mx/solutions/cad-design>
- Berger, C., Blauth, R., Boger, D., Bolster, C., Burchill, G., DuMouchel, W., Pouliot, F., Richter, R., Rubinoff, A., Shen, D., Timko, M. & Walden, D. (1993) Kano's Methods for Understanding Customer-defined Quality. *Center for Quality Management Journal*, 4, 3-36.
https://www.academia.edu/29830721/Kano_s_method_for_understanding_customer_defined_quality
- Calloma, V. F., Chirinos, O. O., Hoyos, A. L., Vallejos, R. G. y Villegas, C. D., (2020). *Taller-elaboración de lista de métricas*. Universidad Católica Santo Toribio Mogrovejo.
<https://es.slideshare.net/slideshow/elaboracin-de-listas-de-mtricas/234066186>
- Cardona, G. (2025, 22 de junio) *Decisiones Financieras en el sector forestal-Aplicaciones prácticas*.
<https://fcf.unse.edu.ar/archivos/series-didacticas/SD-14-Decisiones-financieras-CARDONA.pdf>

- Ceratizit. (2025, 15 agosto). *Machining aluminium intelligently: 8 keys to success when milling aluminium*. Ceratizit Cutting Tools.
<https://cuttingtools.ceratizit.com/ie/en/machining-knowhow/milling/advisor/machining-aluminium.html>
- Chocolate Dos Hermanos S.A. de C. V. (2025, 14 de febrero). *Chocolate de mesa*.
<https://www.doshermanos.com.mx/infoChocoMesa.html>
- Codex Alimentarius. (1981). Norma para la manteca de cacao. *Codex Stan 86-1981*.
 Disponible en:
https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B86-1981%252FCXS_086s.pdf
- Codex Alimentarius. (1983). Norma para el cacao en pasta (Licor de cacao/chocolate) y torta de cacao. *Codex Stan 141-1983*. Disponible en: https://www.fao.org/fao-who-codexalimentarius/sh-proxy/en/?lnk=1&url=https%253A%252F%252Fworkspace.fao.org%252Fsites%252Fcodex%252Fstandards%252FCXS%2B141-1983%252FCXS_141s.pdf
- Córdova, C. E., Jaramillo, J. L., Córdova, V. y Carranza, I. (2018). Chocolate casero tradicional en la región de la Chontalpa Tabasco, México: actores y saberes locales. *Revista de alimentación contemporánea y desarrollo regional*, 28(52).
https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2395-91692018000100005
- Dassault Systèmes. (2025, 01 de julio). Estampación - Prensado. 3DEXPERIENCE Make.
<https://www.3ds.com/es/make/guide/process/stamping-pressing>
- Digital Promise. (2025, 29 de junio). *What is Prototyping? – Digital Promise*.
https://digitalpromise-org.translate.goog/initiative/360-story-lab/360-production-guide/investigate/augmented-reality/pre-production/what-is-prototyping/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=%C

2%BFQu%C3%A9%20es%20la%20creaci%C3%B3n%20de, o%20un%20aspecto%20del%20dise%C3%B1o.

- EPROM. (2025, 26 de febrero). *Acero inoxidable en la industria alimentaria: las claves para una aleación perfecta*. <https://www.epromsa.com/acero-inoxidable-en-la-industria-alimentaria-las-claves-para-una-aleacion-perfecta/>
- Estampaciones. (2025, 15 de febrero). *Ensamblaje por remache y soldadura ¿cuáles son las diferencias? - EISA*. <https://www.estampaciones.com/ensamblaje-por-remache-y-soldadura-cuales-son-las-diferencias/>
- Fipo, S.A., (2025, 17 de febrero). *Técnicas de ensamblaje más populares*. <https://fiposa.com/tecnicas-de-ensamblaje-mas-populares/>
- Formlabs. (2025, 01 de julio). *Guía de materiales de impresión 3D: Tipos, aplicaciones y propiedades*. <https://formlabs.com/latam/blog/materiales-impresion-3d/>
- Formlabs. (2025, 01 de julio). *Guía definitiva sobre la creación rápida de prototipos para el desarrollo de productos*. <https://formlabs.com/latam/blog/guia-definitiva-creacion-rapida-prototipos/>
- Gallardo Jara, G. (2017). *Fabricación de troqueles (Tándem, progresivos) para la industria automotriz* (Tesis de ingeniería, Instituto Tecnológico de Pabellón de Arteaga). <https://pabellon.tecnm.mx/CENTRODEINFORMACION/app/files/121050122.pdf>
- Global Trade Specialists, Inc. (2025, 15 de febrero). *Producción de productos: comprensión de la fabricación y el ensamblaje de piezas*. <https://www.mgtrading.com/es/produccion-de-productos-compension-de-la-fabricacion-y-el-ensamblaje-de-piezas/>
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna* (C. R. Cordero., J. E. Brito. y J. E. Murrieta, Trad.; 3a ed.). McGraw-Hill Interamericana.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía. (2025, 12 de febrero). Conociendo la industria del chocolate y la confitería. *Colección de estudios sectoriales y regionales*. ASCHOCO.

- https://www.inegi.org.mx/contenidos/productos/prod_serv/contenidos/espanol/bvini/inegi/productos/nueva_estruc/889463902409.pdf
- Integrinox Monterrey. (2025, 19 de junio). *Acero Inoxidable AISI 304*. <https://integrinox.com/tipos-de-acero/aisi304.php>
- Kalpakjian, S. y Schmid, S. R. (2008). *Manufactura. Ingeniería y tecnología* (J. E. Limón, Trad.; 5a ed.). PEARSON Educación.
- La Paloma Metales. (2025, 22 de febrero). *Acero Inoxidable (AISI 303, 304, 310, 316, 416, 430)*. https://lapaloma.com.mx/lapaloma_metales/aceroinoxidable.html
- Leroy Merlin España S.L.U (2025, 25 de junio). *Cómo elegir arandelas*. Leroy Merlin. <https://www.leroymerlin.es/ideas-y-consejos/como-elegir/como-elegir-arandelas.html#:~:text=B%C3%A1sicamente%20tienen%20la%20funci%C3%B3n%20de,la%20tuerca%2C%20si%20la%20lleve>
- MCE. (2025, 27 de febrero). *Plásticos de ingeniería*. https://www.mcemty.com/articulo.php?a_id=8
- Meituo Steel. (2025, 03 de agosto). Acero inoxidable AISI 304: Propiedades, usos y aplicaciones. SS Metales. <https://ss-met.com/es/acero-inoxidable-aisi-304-202406181/>
- MIDSA. (2025, 27 de febrero). *Nylamid, Nylon 6/6, M, SL, XL, GSM, NSM, 901 en Lamina, Hoja o Placa y Barra*. <https://www.midsa.com.mx/nylamid.php>
- Nestle®. (2025, 14 de febrero). *Cómo se fabrica el chocolate*. <https://nestlefamilyclub.es/articulo/como-se-fabrica-el-chocolate#>
- Niebel, B. W. y Freivalds, A. (2009) *Ingeniería industrial: métodos, estándares y diseño del trabajo* (12ª ed.) McGraw-Hill Education
- Polanco, K. (2024). *Valor agregado de un producto: ¿qué es y qué beneficios aporta?* <https://www.tiendanube.com/blog/valor-agregado-de-un-producto/>

- Procuraduría Federal del Consumidor. (PREFECO, 2018). *El chocolate. Alimento de los dioses*. gob.mx. <https://www.gob.mx/profeco/documentos/el-chocolate-alimento-de-los-dioses?state=published>
- PROFECO. (2022). *Chocolate para mesa y polvos para preparar bebidas sabor chocolate*. Revista del Consumidor. https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/690892/ESTUDIO_CALIDAD_CHOCOLATE.pdf
- Rapid Direct. (2025, 12 de mayo). *Generación de conceptos de productos: desarrolle su producto de manera científica*. <https://www.rapiddirect.com/es/blog/generate-product-concept/#:~:text=La%20generaci%C3%B3n%20de%20conceptos%20es%20una%20descripci%C3%B3n%20t%C3%A9cnica%20de%20la,mecanismos%20de%20un%20producto%20real>.
- Ready Packers. (2025, 03 de agosto). El acero inoxidable 304: El aliado indispensable en la industria alimentaria. ReadyPackers. <https://www.readypackers.com/post/el-acero-inoxidable-304-el-aliado-indispensable-en-la-industria-alimentaria>
- Reliance Foundry. (2025, 20 de febrero). Acero Inoxidable 304 Versus Acero Inoxidable 316. <https://www.reliance-foundry.com/blog/acero-inoxidable-304-vs-316-es>
- Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (2021). *Cacao, riqueza del campo mexicano*. <https://www.gob.mx/agricultura/articulos/cacao-riqueza-del-campo-mexicano>
- Secretaría de Salud. (1994, noviembre 14). NORMA Oficial Mexicana NOM-002-SSA1-1993. Salud ambiental. Bienes y servicios. Envases metálicos para alimentos y bebidas. Especificaciones de la costura. Requisitos sanitarios. Diario Oficial de la Federación. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4762687&fecha=14/11/1994#gs.tab=0
- Secretaría de Salud. (1995, agosto 28). NORMA Oficial Mexicana NOM-120-SSA1-1994, Bienes y servicios. Prácticas de higiene y sanidad para el proceso de alimentos,

bebidas no alcohólicas y alcohólicas. Diario Oficial de la Federación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4880184&fecha=28/08/1995#gs.tab=0

Secretaría de Salud. (2014, febrero 17). NORMA Oficial Mexicana NOM-186-SSA1/SCFI-2013, Cacao, chocolate y productos similares, y derivados del cacao. Especificaciones sanitarias. Denominación comercial. Métodos de prueba. Diario Oficial de la Federación.
https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5332832&fecha=17/02/2014#gs.tab=0

Secretaría de Salud. (2021, junio 17). NORMA Oficial Mexicana NOM-251-SSA1-2009, Prácticas de higiene para el proceso de alimentos, bebidas o suplementos alimenticios. Diario Oficial de la Federación.
<https://www.dof.gob.mx/normasOficiales/3980/salud/salud.htm>

Systèmes, D. (2023). *Corte por láser: Ventajas e inconvenientes*. Dassault Systèmes.
<https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/laser-cutting-advantages-inconvenients>

Systèmes, D. (2023). *Ventajas e inconvenientes de la impresión 3D*. Dassault Systèmes.
<https://www.3ds.com/es/make/solutions/blog/pros-and-cons-3d-printing>

TsInoxmetal. (2025, 19 de junio). <https://www.tsinoxmetal.com/>

Ulbrinox. (2025, 26 de febrero). *Propiedades y aplicaciones del acero inoxidable 304*.
<https://www.ulbrinox.com.mx/blog/propiedades-y-aplicaciones-del-acero-inoxidable-304>

Ulrich, K. T. y Eppinger, S. D. (2013) *Diseño y desarrollo de productos* (J. H. R. Muñoz.; 5a ed.). Mc Graw Hill Education.

Xavier Parts. (2025, 16 de agosto). Best feeds and speeds for milling aluminum: optimising processing efficiency and quality. Xavier. Recuperado de <https://www.xavier-parts.com/best-feeds-and-speeds-for-milling-aluminum/>

Xometry Pro. (2025, 26 de junio). *Selección de la rugosidad superficial adecuada para el mecanizado CNC*. Xometry. https://xometry-pro.translate.google.com/en/articles/cnc-machining-surface-roughness/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=es&_x_tr_hl=es&_x_tr_pto=sge#:~:text=of%20the%20part.,0.8%20%CE%BCm%20Ra,can%20be%20used%20for%20bearing

Yacuzzi, E. y Martín, F. (2002). Aplicación del método de Kano en el diseño de un producto farmacéutico. *CEMA Working Papers: Serie Documentos de Trabajo*. 224, Universidad del CEMA. <https://ucema.edu.ar/publicaciones/download/documentos/224.pdf>