



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
PROGRAMA DE MAESTRÍA Y DOCTORADO EN INGENIERÍA
MECÁNICA – MECATRÓNICA

“DISEÑO CONCEPTUAL Y DE DETALLE DE UNA MÁQUINA PROCESADORA DE
MANGO”

TESIS
QUE PARA OPTAR POR EL GRADO DE:
MAESTRO EN INGENIERÍA

PRESENTA:

ING. MARIO IVÁN ALCÁNTARA MARTÍNEZ

TUTOR PRINCIPAL

DR. LEOPOLDO ADRIÁN GONZÁLEZ GONZÁLEZ

FACULTAD DE INGENIERÍA

MÉXICO, D. F. OCTUBRE DE 2015

JURADO ASIGNADO:

Presidente: Dr. Dorador González Jesús Manuel

Secretario: Dr. Espinosa Bautista Adrián

Vocal: Dr. González González Leopoldo A.

1 er. Suplente: Dr. Ramírez Reivich Alejandro C.

2 d o. Suplente: Dr. Rocha Cózatl Edmundo Gabriel

Lugar o lugares donde se realizó la tesis: Facultad de Ingeniería, Ciudad Universitaria, Distrito Federal, México.

TUTOR DE TESIS:

NOMBRE

Dr. Leopoldo Adrián González González

FIRMA

"Es preferible obtener una respuesta razonablemente aproximada pero rápida que le indique si el diseño funciona o no, que invertir más tiempo y obtener el mismo resultado sólo que con más decimales"

Robert L. Norton



Índice

Índice de figuras.....	6
Índice de tablas.....	8

Capítulo 1. Introducción

1.1. Antecedentes.....	10
1.1.1. Situación de la industria del mango en México.....	10
1.1.2. Normatividad para el procesamiento de mango en México.....	12
1.1.3. Caracterización del mango Mexicano.....	13
1.1.3.1 Caracterización del mango Manila.....	15
1.1.3.2 Caracterización del mango Ataulfo.....	16

Capítulo 2. Planteamiento del problema

2.1. Objetivo general.....	17
2.2. Objetivos específicos.....	17
2.3. Hipótesis.....	18
2.4. Justificación del problema.....	18
2.5. Alcance.....	19
2.6. Metodología.....	19

Capítulo 3. Especificaciones de diseño

3.1. Declaración de la misión.....	23
3.2. Lista de necesidades del cliente.....	24
3.3. Especificaciones preliminares.....	27
3.3.1. Especificaciones objetivo.....	27
3.3.2. Especificaciones finales.....	30

Capítulo 4. Diseño conceptual

4.1. Generación de conceptos.....	32
4.1.1. Modelo de caja negra.....	32
4.1.2. Sistemas de la MPDM.....	32
4.1.3. Diagrama de funciones.....	33
4.1.4. Búsqueda de información.....	34
4.1.4.1. Patentes.....	34
4.1.4.2. Máquinas comerciales.....	36
4.1.5. Principios de trabajo.....	41
4.1.6. Configuración de sistemas.....	46
4.1.7. Formulación de conceptos.....	47
4.2. Selección de conceptos.....	51
4.2.1. Comparativa de conceptos.....	51
4.2.2. Evaluación de conceptos.....	52
4.2.3. Combinación de conceptos.....	52
4.3. Esquema de conceptos.....	54
4.4. Construcción de modelo de pruebas.....	55
4.4.1. Propósito del modelo de pruebas.....	55
4.4.2. Nivel de aproximación del modelo de pruebas.....	56
4.4.3. Modelo conceptual.....	56
4.4.4. Modelo físico.....	58
4.4.5. Pruebas de funcionamiento.....	59

Capítulo 5. Diseño de detalle

5.1. Modelo 3D de máquina peladora y deshuesadora de mango.....	63
5.1.1. Sistema de alimentación.....	64
5.1.2. Sistema de sujeción.....	65
5.1.3. Sistema de pelado.....	66
5.1.4. Sistema de deshuesado.....	67
5.1.5. Sistema de control.....	68
5.1.6. Sistema de potencia.....	68

5.2. Componentes y dispositivos.....	68
5.2.1. Sistema de alimentación.....	69
5.2.2. Sistema de sujeción.....	69
5.2.3. Sistema de pelado.....	70
5.2.4. Sistema de deshuesado.....	71
5.2.5. Sistema de potencia.....	72
5.2.6. Sistemas complementarios.....	73
5.3. Materiales seleccionados.....	75
5.4. Memoria de cálculo.....	78
5.4.1. Cálculo de actuador para deshuesado.....	79
5.4.2. Cálculo de actuador para pelado.....	81
5.4.3. Cálculo de mecanismo para pelado.....	83
5.4.3.1. Cálculo y selección del resorte.....	83
5.4.4. Cálculo del motor para pelado.....	87
5.4.5. Cálculo de motor a pasos.....	92

Capítulo 6. Conclusiones

6.1. Resultados.....	94
6.2. Conclusiones.....	96
6.3. Trabajo futuro.....	97

Referencias.....	98
-------------------------	-----------

Apéndice.....	100
----------------------	------------

Índice de figuras

Figura 1.1 - Productos del mango.....	11
Figura 1.2 - Partes del mango.....	14
Figura 1.3 - Dimensiones principales del mango.....	15
Figura 2.1 - Metodologías de diseño.....	20
Figura 2.2 - Metodología para el diseño de la MPDM.....	21
Figura 4.1 - Modelo de caja negra para la MPDM.....	32
Figura 4.2 - Diagrama de funciones de la MPDM.....	33
Figura 4.3 - Peladora PND PL6M.....	37
Figura 4.4 - Peladora de mangos FP 20.....	38
Figura 4.5 - Peladora de frutas-descorazonadora Maxistrip.....	39
Figura 4.6 – Máquina peladora de frutas Apple-strip.....	39
Figura 4.7 - Peladora Mayjoy MJ-460.....	40
Figura 4.8 - Ingreso manual.....	41
Figura 4.9 - Sujetador automático.....	41
Figura 4.10 - Sujetadores mecánicos automáticos.....	41
Figura 4.11 - Tridentes para sujeción.....	41
Figura 4.12 - Deshuesador manual para mango.....	42
Figura 4.13 - Tridentes para sujeción.....	42
Figura 4.14 - Mecanismo manual para pelado de mango.....	43
Figura 4.15 - Método para pelado de mango	43
Figura 4.16 - Pelado de mango mediante un vaso.....	43
Figura 4.17 - Pelado de mango con navaja.....	43
Figura 4.18 - Deshuesador manual de mango.....	44
Figura 4.19 - Método para deshuesado de mango.....	44
Figura 4.20 - Tarjeta de desarrollo.....	44
Figura 4.21 - PLC.....	44
Figura 4.22 - Actuador lineal eléctrico.....	45
Figura 4.23 - Actuador lineal neumático.....	45
Figura 4.24 - Motor a pasos.....	45
Figura 4.25 - Motor DC.....	45
Figura 4.26 - Interacción de los sistemas de la MPDM.....	46
Figura 4.27 - Esquema MPDM.....	54
Figura 4.28 - Partes del modelo de pruebas.....	57
Figura 4.29 - Movimientos automáticos del modelo de pruebas.....	57
Figura 4.30 - Partes y movimientos del modelo físico.....	58
Figura 4.31 - Modelo de pruebas.....	59
Figura 4.32 - Modelo de pruebas funcionando.....	60
Figura 4.33 - Pelado de mango.....	60
Figura 4.34 - Hueso de mango.....	61
Figura 4.35 - Cáscara de mango.....	61

Índice de figuras

Figura 5.1 - Modelo CAD 3D de la MPDM.....	63
Figura 5.2 - Ciclo de trabajo de la MPDM.....	64
Figura 5.3 - Sistema de alimentación.....	65
Figura 5.4 - Sistema de sujeción.....	65
Figura 5.5 - Sistema de pelado.....	66
Figura 5.6 - Detalle del sistema de pelado.....	67
Figura 5.7 - Sistema de deshuesado.....	67
Figura 5.8 - Mecanismo para deshuesado.....	69
Figura 5.9 - Mecanismo para sujeción.....	70
Figura 5.10 - Mecanismo para pelado.....	71
Figura 5.11 - Mecanismo para deshuesado.....	72
Figura 5.12 - Elementos del sistema de potencia.....	73
Figura 5.13 - Sistema de expulsión.....	74
Figura 5.14 - Estructura.....	74
Figura 5.15 - Fuerzas.....	78
Figura 5.16 - Fuerzas de deshuesado	80
Figura 5.17 - Gráfica LA22.....	81
Figura 5.18 - Fuerzas de pelado	81
Figura 5.19 - Gráfica LA14.....	82
Figura 5.20 - DCL mecanismo MC.....	83
Figura 5.21 - DCL del eslabón con navaja.....	84
Figura 5.22 - Vista frontal.....	85
Figura 5.23 - Vista lateral.....	86
Figura 5.24 - Vista superior.....	86
Figura 5.25 - Selección de Resorte.....	87
Figura 5.26 - Transmisión de pares de fuerza en el sistema de pelado.....	88
Figura 5.27 - Características motor Baldor AP7402.....	92
Figura 5.28 - DCL Sujetador mangos.....	93
Figura 5.29 - Características de motores a pasos.....	93
Figura 6.1 - Máquina peladora y deshuesadora de mango.....	94
Figura 6.2 - Ficha técnica MPDM.....	95

Índice de tablas

Tabla 1.1 - Características generales del mango.....	14
Tabla 1.2 - Características del mango Manila.....	15
Tabla 1.3 - Características del mango Ataulfo.....	16
Tabla 3.1 - Declaración de la Misión.....	23
Tabla 3.2 - Interpretación de necesidades del cliente.....	25
Tabla 3.3 - Importancia de las necesidades.....	26
Tabla 3.4 - Importancia de las características en la MPDM.....	26
Tabla 3.5 - Lista de métricas para la MPDM.....	27
Tabla 3.6 - Información de comparaciones con la competencia.....	28
Tabla 3.7 - Especificaciones objetivo.....	29
Tabla 3.8 - Especificaciones finales.....	30
Tabla 4.1 - Sistemas de la MPDM.....	33
Tabla 4.2 - Concepto A.....	48
Tabla 4.3 - Concepto B.....	49
Tabla 4.4 - Concepto C.....	50
Tabla 4.5 - Comparativa de conceptos.....	52
Tabla 4.6 - Evaluación de conceptos.....	52
Tabla 4.7 - Concepto D.....	53
Tabla 4.8 - Sistema MPDM y modelo de pruebas.....	56
Tabla 5.1 - Selección de materiales.....	76
Tabla 5.2 - Definición de parámetros del proceso.....	79
Tabla 5.3 - Datos necesarios para cálculo de P_c	90

CAPÍTULO 1

Introducción

Uno de los problemas que se tiene actualmente en México, es la implementación de técnicas y procesos tecnológicos para generar valor agregado en los productos agrícolas. Esta situación, es una de las principales motivaciones para llevar a cabo el desarrollo de una máquina peladora y deshuesadora de mango (MPDM), puesto que este fruto se cosecha en grandes cantidades en el país, sin embargo carece de valor agregado, ya que no se procesa para realizar productos derivados y compuestos de mango, la razón principal es que en México no se cuenta con tecnologías accesibles para llevar a cabo su procesamiento.

En éste capítulo se encuentran los antecedentes que fundamentan el problema a resolver, comenzando con algunos datos interesantes a cerca de la situación de la industria del mango en México, posteriormente con la finalidad de ampliar las posibilidades de éxito del producto, se proporcionan datos con respecto a la exportación del mango mexicano, finalmente, después de estudiar el problema a resolver, se decide acotarlo y se caracterizan las especies de mango más comunes.

En el capítulo 2 se definen varios aspectos del problema, se justifica la realización del proyecto y en la parte final del capítulo se fundamenta y define la metodología empleada a lo largo de todo el texto.

En el capítulo 3 se define el proyecto mediante la declaración de la misión, es este capítulo se encuentran plasmados los resultados de diversos ejercicios que se realizaron de manera grupal con la finalidad de establecer las características principales con las que se deberá diseñar la MPDM.

En el capítulo 4 se lleva a cabo el desarrollo de la fase de diseño conceptual, a lo largo de este capítulo se han combinado distintas herramientas provenientes de diferentes metodologías de diseño. En particular en esta sección se encuentra una de las mayores aportaciones del trabajo, puesto que en él se analiza la información, se descompone el problema, se proponen y evalúan las diferentes soluciones y se obtiene un modelo conceptual en un CAD 3D.

En el capítulo 5 se presenta cuidadosamente cada detalle del diseño obtenido, es importante leer el capítulo desde el principio, ya que su estructura va de lo general a lo particular, el capítulo inicia con la descripción de cada sistema y las funciones que realiza, posteriormente detalla y explica cada componente. Finalmente define los materiales empleados y justifica la selección de algunos dispositivos mediante el cálculo. Para complementar esta sección se ha incluido un Apéndice con los dibujos de definición de cada parte de la MPDM, este se encuentra en la parte final de este trabajo.

En el capítulo 6 de este trabajo se presentan los resultados de manera explícita y se obtienen algunas conclusiones importantes con respecto al desarrollo y al resultado del trabajo, finalmente todo esto se plasma en el trabajo futuro que se deberá realizar para terminar con la construcción de esta máquina.

1.1. Antecedentes

La identificación de la necesidad es una fase de suma importancia al momento de emprender cualquier proyecto, en algunos casos desde esta fase es posible predecir el éxito del proyecto, sin embargo una vez identificada una necesidad, dependerá mucho de que los encargados de desarrollar el proyecto sean capaces de aplicar alguna metodología y desarrollar un producto que pueda satisfacer las necesidades del usuario, a continuación se muestran algunos datos de suma importancia para el desarrollo del proyecto.

1.1.1. Situación de la industria del mango en México

El mango es una de las frutas más sanas y consumidas en el mundo, se cataloga como la cuarta fruta más comercializada a nivel mundial, sin embargo no en todos los países existen las condiciones idóneas para el desarrollo del fruto. Un dato importante para esta investigación, es que solo por debajo de la India, México es el segundo productor de mango en el mundo y se posiciona como el primer exportador según datos del Comité Nacional Sistema Producto Mango A.C (CONASPROMANGO). [1]

La oferta de mango a nivel nacional es producida principalmente por 23 estados, los cuales obtienen de 1.5 a 2 millones de toneladas al año, de las cuales se exporta del 15% al 20% a Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Bélgica, España, Francia, Holanda, Australia y Nueva Zelanda. Por tales razones es importante incrementar la producción y procesamiento de dicho fruto, así como mejorar la calidad en el producto. [2]

Aunque México es uno de los principales productores y exportadores en el mundo, se debe de incrementar la producción y el procesamiento del fruto, ya que desde 2009 el mercado mundial ha crecido a una tasa de demanda de 91.7 millones de toneladas de mango y otros países exportadores están creciendo a ritmos más acelerados que México. [1]

Las principales empresas que se dedican al procesamiento del fruto son Jugos del Valle, Jumex, Mexfrut, Mexifrut, Citrofrut, Pascual Boing, Cisma, La Campiña y Empacadora de Mango del Noroeste, estas empresas procesan en total 250 mil toneladas por año, lo cual representa el 16 % de la producción del fruto. Sin embargo en el país existen 44000 productores que se dedican al cultivo del mango y en su mayoría no lo procesan, sino que lo venden directamente al comerciante, obteniendo únicamente el 12% de lo que el consumidor paga por el producto. [1] [7]

Asimismo, existen estudios para evaluar la aplicación de la cáscara y/o semilla del mango en la cosmetología, lo cual podría ser un área de oportunidad para aprovechar de una mejor manera los residuos, puesto que en la actualidad solo son utilizados como alimento para cerdos. [3]

Al analizar el mercado de este producto, es posible notar que se puede encontrar como fruta fresca o procesada en forma de jalea, conservas, salsas, ensaladas, helados, yogurts, jugos, brochetas, etc., sin embargo existe una presentación base previa a su procesamiento, esta presentación consiste en mitades de mango sin piel y sin hueso, las cuales se denominan “cachetes”, en la figura 1.1 es posible observar algunos de los productos que son elaborados a partir de cachetes de mango.



Figura 1.1. Productos del mango

También es preciso señalar que el mango representa uno de los principales cultivos en México, fuente de empleo e ingreso en el medio rural y generador de divisas; además con expectativas de mejorar sus índices de productividad, sanidad, y de elevar la calidad en sus diferentes fases y que esto conlleve a mejorar la rentabilidad. [1]

1.1.2. Normatividad para el procesamiento de mango en México

La inocuidad se refiere al control y prevención de los peligros existentes en productos destinados para la ingesta humana, tiene la finalidad de prevenir posibles daños a la salud, esto puede lograrse aplicando diversas técnicas que logren prevenir peligros biológicos (fitosanitarios, microbiológicos y zoonosarios), químicos (plaguicidas, metales pesados, hormonas) y físicos (llevados por los trabajadores, provenientes del equipo, o del material de empaque).

Sin embargo, desde hace algunos años, una gran mayoría de países desarrollados, han dejado de considerar únicamente la inocuidad alimentaria como un factor decisivo para importar o consumir alimentos, sino que también consideran la calidad alimentaria, la cual toma en cuenta atributos como tamaño, color, olor, apariencia, sabor y otros factores adicionales como aspectos nutricionales, exclusividad, integridad, autenticidad, éticos, culturales, religiosos, así como aquellos relacionados con el ambiente. Lamentablemente, para los productores mexicanos aún existen problemas con inocuidad, productividad y fitosanidad del cultivo, aunado a esto, no se ha logrado encontrar la forma de generar nuevos conceptos que permitan generar valor al producto mango.

Algo muy importante que debe llevarse a cabo para lograr la competitividad en el mercado, es el cumplimiento de las características mínimas de calidad para la comercialización del mango, a continuación se enuncian: [5]

- ✓ Enteros, con la forma característica de la variedad o especie.
- ✓ De aspecto fresco y consistencia firme.
- ✓ Sanos, libres de ataque de insectos, o enfermedades que impidan el consumo.
- ✓ Limpios, exentos de olores, sabores o materias extrañas visibles.
- ✓ Libres de magulladuras profundas, humedad exterior anormal.
- ✓ Exentos de daño causado por variaciones de temperatura.
- ✓ Exentos de daños causados por plagas.
- ✓ Si los mangos tienen pedúnculo la longitud no será superior a 1 cm.
- ✓ El grado de desarrollo y el estado del mango deben permitir el transporte y manipulación de manera que llegue satisfactoriamente al lugar de destino.

Adicionalmente a las características antes señaladas, los mangos están sujetos a diversos tratamientos de higiene y manejo previo a su empaque y transportación.

En México el Servicio Nacional de Sanidad Inocuidad y Calidad Agroalimentaria (SENASICA), es el organismo encargado de la supervisión, regulación, administración y el fomento a las actividades de sanidad, inocuidad y calidad agroalimentaria. Ésta institución es la encargada de revisar la correcta aplicación de la Ley Federal de Sanidad Vegetal y la legislación aplicable en materia fitosanitaria, lo cual constituye un condicionante básico para apoyar a los productores, empaques y exportadores a comercializar sus productos en diferentes mercados.

Para el caso del mango, es el artículo 27 de La Ley Federal de Sanidad Vegetal, quien establece los criterios y requisitos para la certificación del producto, ya que se deben de realizar muestreos, análisis y verificación de los productos vegetales de acuerdo al requisito fitosanitario aplicable.

Estados Unidos de América (EUA) es el principal importador del mango mexicano, y en los últimos años ha establecido distintas leyes que regulan la calidad de los productos alimenticios que ingresan a su territorio, en el caso del mango, el presidente Barak Obama firmó en el año 2011 la Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos de la Food and Drug Administration (FDA), la cual regula las características que debe cumplir el mango que ingresa a su mercado e involucra la creación de un nuevo sistema de inocuidad en los alimentos, entre los aspectos más importantes de esta ley, se encuentran: [6]

- ✓ Mandato amplio para la prevención y responsabilidad.
- ✓ Nuevo sistema de supervisión de importaciones.
- ✓ Enfoque en las asociaciones.
- ✓ Énfasis en responsabilidad de la finca a la mesa.
- ✓ Desarrollado por una amplia coalición.

1.1.3. Caracterización del mango Mexicano

El mango es un producto que tanto a nivel mundial como nacional juega un importante papel económico y social para diversas naciones, fundamentalmente países en desarrollo. Es el tercer fruto tropical más consumido a nivel mundial, en cuanto a su producción e importación y el quinto de todos los frutos que se comercializan a nivel mundial. Para México es una importante fuente de empleo, ingreso y generación de divisas. [1]

El fruto se desarrolla en un árbol frondoso de hasta 30[m] de altura, de copa redonda, siempre verde, con inflorescencia provista de numerosas ramas, con entre 550 hasta 4000 flores. En la tabla 1.1 se muestran las principales características físicas que comparten las especies más comunes del fruto.

Característica	Descripción
Peso	0.15 a 2 [kg]
Longitud	0.04 a 0.25 [m]
Ancho	0.015 a 0.1 [m]
Cáscara/Piel	Gruesa, color amarillo, naranja o verde con chapeos de colores que pueden oscilar de entre rojo claro y morado oscuro.
Carne/Pulpa	Es de textura blanda, color amarillo o naranja, jugosa.
Hueso/Semilla	Oblonga, alargada, está recubierta por un endocarpio grueso y leñoso con una capa fibrosa externa, que se puede extender dentro de la carne.
Pico	Es una pequeña proyección cónica desarrollada lateralmente en el extremo distal de la fruta es una de las características que distingue al mango.

Tabla 1.1- Características generales del mango

En la figura 1.2 se muestran las características descritas en la tabla 1.1, la relación en el tamaño de las partes varía según la especie del mango.

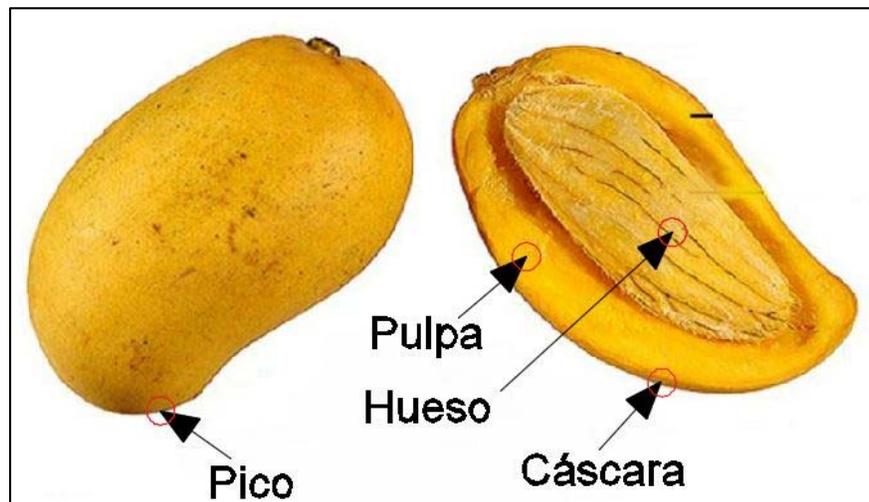


Figura 1.2. Partes del mango

En secciones posteriores del documento se mencionan algunas dimensiones de interés con respecto al mango, por tanto en la figura 1.3 se muestra la interpretación de éstas dimensiones.

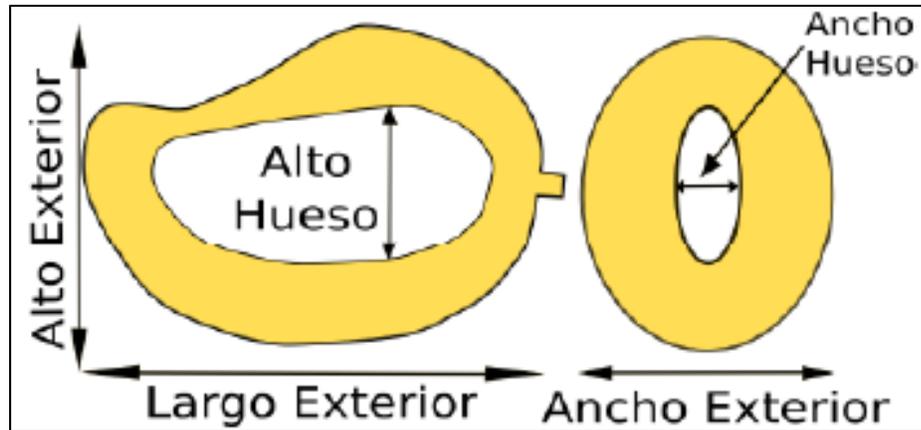


Figura 1.3. Dimensiones principales del mango

En el país se producen un gran número de variedades de mango, destacándose el 'Manila', 'Ataulfo', 'Haden', 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Keitt', 'Sensation', 'Zill' 'Irwing'. Las variedades más importantes en el mercado nacional, son el mango Manila y Ataulfo, puesto que representan el 51% del total del volumen producido en el país. Por esta razón es importante definir las características particulares de estas dos especies de mango.

1.1.3.1 Caracterización del mango Manila

El mango Manila representa el 26 % de todo el mango producido en el país, lo que lo hace una de las especies más populares y por tanto consumidas en el mercado. En la tabla 1.2 se muestran sus propiedades y características principales:

Característica	Dimensión
Largo Exterior	0.11 – 0.15 [m]
Alto Exterior	0.05 – 0.06 [m]
Ancho Exterior	0.035 – 0.045 [m]
Alto del hueso	0.045 – 0.055 [m]
Ancho del hueso	0.013 – 0.025 [m]
Espesor de cáscara	0.001 – 0.003 [m]
Peso	0.15 - 0.35 [kg]
Forma	Oblonga
Características específicas	
Las células de la pulpa son más grandes en comparación con otras especies de mango, esto da como resultado una textura con baja rigidez y con gran cantidad de jugo.	

Tabla 1.2- Características del mango Manila [8]

1.1.3.2 Caracterización del mango Ataulfo

El mango Ataulfo representa el 25 % de todo el mango producido en el país, esta especie de mango ha tenido una gran aceptación por su excelente calidad y su resistencia al manejo. Exceptuando al mango Ataulfo niño, en la tabla 1.3 se muestran las propiedades y características principales de este fruto.

	Dimensión
Largo Exterior	0.11 – 0.13 [m].
Alto Exterior	0.06 – 0.075 [m].
Ancho Exterior	0.045 – 0.05 [m].
Alto del hueso	0.045 – 0.065 [m].
Ancho del hueso	0.015 – 0.03 [m].
Espesor de cáscara	0.001 – 0.003 [m].
Peso	0.21 – 0.32 [kg].
Forma	Oblonga
Características específicas	
La fibra tiene una menor adherencia al hueso y a la cascara, lo cual permite un mejor aprovechamiento de la pulpa, tiene buena rigidez y poca cantidad jugo.	

Tabla 1.3- Características del mango Ataulfo [9]

CAPÍTULO 2

Planteamiento del problema

En esta sección se lleva cabo la definición del problema mediante el planteamiento de los objetivos de trabajo y las hipótesis consideradas, posteriormente se explican las razones que justifican el desarrollo de este proyecto y los alcances de éste, finalmente se lleva a cabo la definición de la metodología de diseño empleada.

2.1. Objetivo general

- Realizar el diseño conceptual y de detalle de una MPDM aumentando el aprovechamiento del producto y reduciendo los costos de la máquina.

2.2. Objetivos específicos

- Desarrollar el diseño de una MPDM aplicando tecnologías no térmicas para eficientar la preservación y comercialización del mango en el mercado local y de exportación.
- Diseñar y controlar los mecanismos necesarios para ingresar, sujetar, posicionar, pelar, deshuesar y expulsar hueso, cáscara y cachetes de mangos tipo Ataulfo y Manila en una MPDM.
- Realizar la evaluación de distintos modelos conceptuales de solución al problema.
- Implementar un sistema de control basado en una tarjeta de desarrollo basada en un microcontrolador.
- Identificar las oportunidades que se pueden generar en la industria del mango con el diseño de una MPDM.

2.3. Hipótesis

Es posible combinar satisfactoriamente las funciones de ingreso, sujeción, pelado, deshuesado y expulsión de productos de mango en una sola máquina, y obtener un producto que logre satisfacer las necesidades de los clientes.

2.4. Justificación del problema

Una de las principales motivaciones para realizar el diseño de una MPDM es el análisis de algunos datos que es importante reflexionar, como ejemplo es el hecho de la porción monetaria que recibe cada persona por la actividad que desarrolla. En este sentido, es importante mencionar la crisis en materia agrícola que se ha venido presentando en los últimos años en México, dicha crisis radica en que la gente que tiene la oportunidad de cultivar en sus terrenos, prefiere realizar otras actividades, debido a que las actividades agrícolas no representan una ganancia digna que permita realizarla año con año.

En cuanto a los productores de mango, se sabe que el productor recibe únicamente el 12% de lo que el consumidor paga por el fruto, aunado a este problema, el fruto generalmente se pone a la venta sin ningún tipo de procesamiento que pueda agregar valor al producto. Algo que es importante destacar, es el por qué se considera un problema poner a la venta un producto sin procesar, se sabe que México es el segundo productor de mango en el mundo, y que produce cerca de 2 millones de toneladas de mango al año, de las cuales exporta casi el 20%, entendido esto, surgen las siguientes preguntas, ¿Qué pasa cuando produces grandes cantidades de un producto? Lo que generalmente ocurre es que el producto se abarata y en ocasiones no es posible venderlo en su totalidad, y tomando en cuenta que el fruto es un producto orgánico, es cuestión de algunos días para que comience su descomposición.

Una vez que se han considerado estos datos, se deja al criterio del lector el siguiente razonamiento. ¿Qué pasaría si el productor de mango pudiera tener a su alcance las herramientas necesarias que pudieran permitirle agregar valor a su producto? Y que además le permitiera convertirse en un posible exportador del fruto, y además de eso, se pudiera llevar a cabo un plan de carácter administrativo que permitiera mejorar la logística del producto, y fuera posible proporcionarle una mejor cotización en el mercado, evitando las pérdidas generadas por los desperdicios que no se venden. Para este proyecto, son muy importantes los razonamientos planteados en esta sección, puesto que aquí se genera una necesidad importante para diseñar una MPDM.

2.5. Alcance

- Desarrollar el diseño conceptual y de detalle de una máquina procesadora de mangos desde el momento en que un operario ingresa a la máquina el fruto, hasta que se obtienen cachetes, cáscara y hueso de mango.
- Determinar los materiales para llevar a cabo su construcción, especificando las características y propiedades por las que se seleccionaron.
- Determinar el sistema de control y de potencia seleccionado, y se argumenta sobre los beneficios y desventajas que conlleva su implementación en la máquina.

2.6. Metodología

El diseño de productos generalmente involucra el manejo de una gran cantidad de información, por tal motivo es común saturar el pensamiento y perder atención en algunos puntos del proyecto, por esta razón existen múltiples metodologías que orientan al diseñador para llevar a cabo la ejecución de un análisis y desarrollo estructurado del proyecto que desea desarrollar.

Una pregunta importante que toda persona involucrada en el mundo del diseño se realiza es ¿Cuál es la metodología de diseño más acertada?, la respuesta es difícil cuando cada metodología ha demostrado resultados a lo largo de la historia, al desarrollar este proyecto se llevó a cabo una breve investigación para responder esta pregunta, y tras estudiar algunas de las principales metodologías empleadas en diseño mecánico, se concluyó con que todas cuentan con puntos certeros, sin embargo existen algunas diferencias en cuanto a la forma en que atacan los problemas y al énfasis que ponen en las etapas del proceso, de esta manera el diseñador debe poner especial atención en los puntos en donde le convendrá invertir mayores esfuerzos y de esta forma verificar la metodología que cuente con las mejores herramientas para atacar el problema, dicho todo lo anterior es preciso mencionar que desde hace siglos se identificó un método general para la resolución de problemas, el método científico establece las principales etapas para la resolución de problemas y el orden en que deben ser ejecutadas, por tal razón en la figura 2.1 se muestran algunas de las metodologías más sobresalientes en diseño mecánico a la vez que se muestra el método científico, esto con la finalidad de observar, analizar y comparar como las metodologías mencionadas muestran la misma estructura y el mismo orden que el método científico.

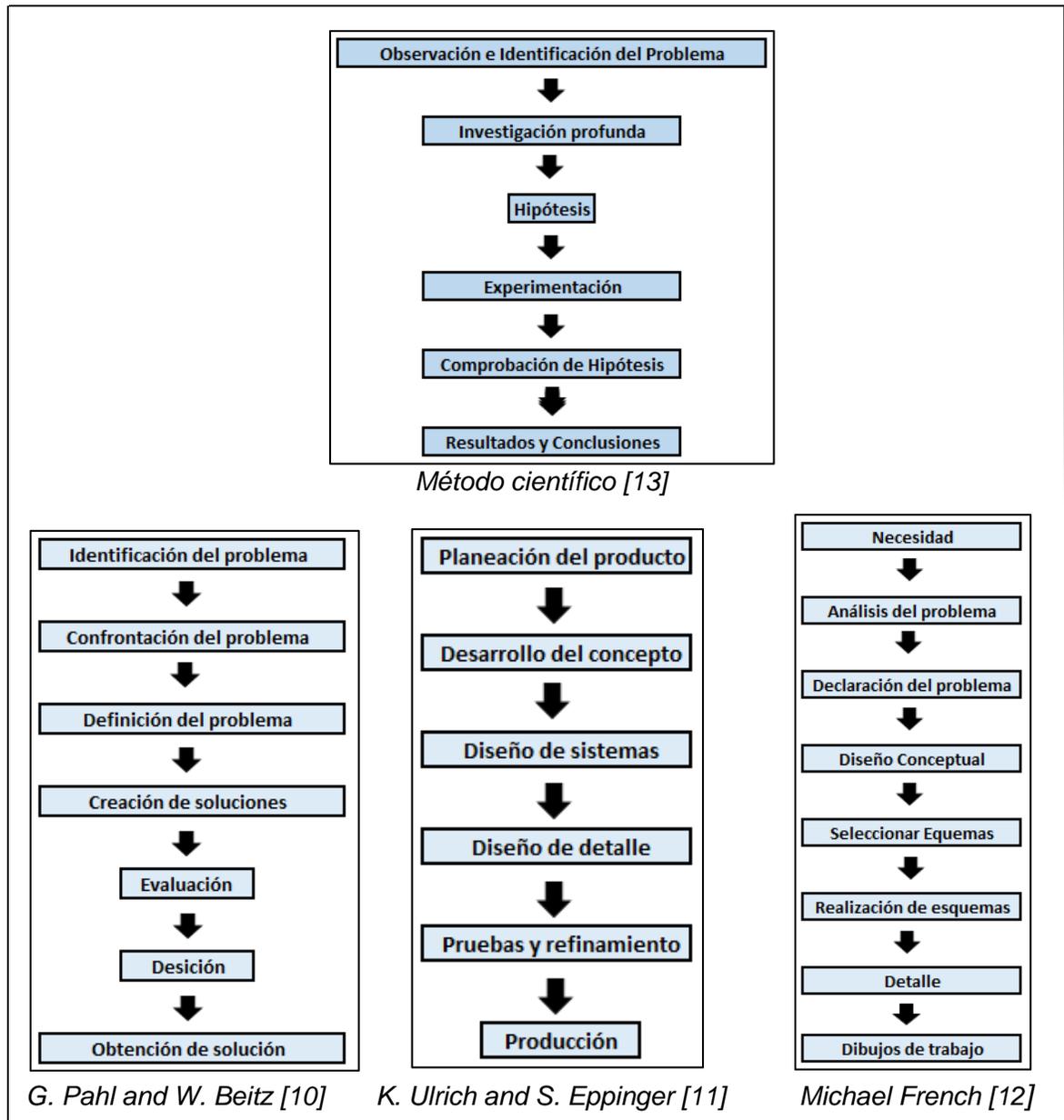


Figura 2.1- Metodologías de diseño

Después de analizar y comparar diversas metodologías para realizar diseño mecánico, es necesario definir la metodología que se considera que proporcionará una solución al diseño de la MPDM. En este caso se decidió tomar herramientas para la solución de problemas de las tres metodologías mostradas en la figura 2.1, las cuales pueden encontrarse desarrolladas a lo largo de este escrito.

La metodología que se ha utilizado para llevar a cabo el desarrollo de este trabajo de diseño se observa en la figura 2.2, al analizarla brevemente es posible percatarse que en cada etapa se comparten puntos pertenecientes a las metodologías mencionadas anteriormente. Es pertinente mencionar que la metodología que aquí se presenta es únicamente una adaptación de las metodologías estudiadas para llevar a cabo la solución particular del problema planteado en esta sección.

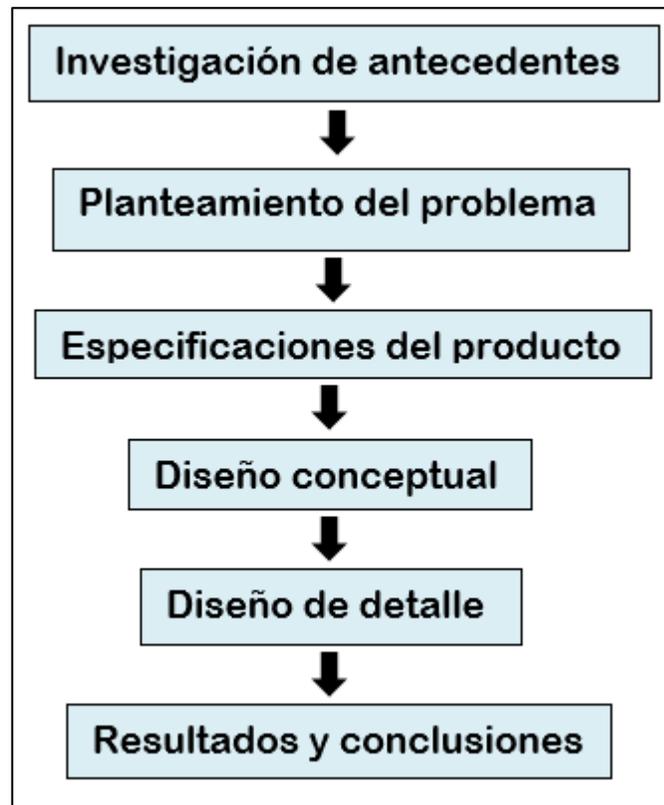


Figura 2.2- Metodología para el diseño de la MPDM

CAPÍTULO 3

Especificaciones de diseño

El proceso de diseño se inicia con una conceptualización basada en una lista de requerimientos (especificaciones de diseño). Esta lista preliminar generalmente se basa en los requisitos estipulados en la planificación de productos. Por eso es importante para los diseñadores conocer los puntos esenciales y pasos del proceso de planificación de productos. Esto ayudará a entender el origen de los requisitos y si es necesario añadirlos a la lista. Si no ha habido una fase formal de planificación de productos, los diseñadores pueden organizar los pasos pertinentes utilizando sus propios conocimientos sobre la planificación de productos, o pueden llevar a cabo esta fase utilizando procedimientos más simples. [10]

Para iniciar con la planeación del producto, en este capítulo se lleva a cabo la declaración de la misión, herramienta que permite definir puntos importantes a considerar en el proyecto. Posteriormente se realiza un análisis de las necesidades del cliente, las cuales producen como resultado las especificaciones que debe cumplir el proyecto. Finalmente se definen las especificaciones como respuesta directa a las necesidades de los clientes y tras la definición de métricas y comparaciones con productos similares en el mercado, se definen y acotan las especificaciones finales que se desean obtener en la MPDM.

El proceso de diseño se apoya de iteraciones para alcanzar las metas planteadas, como resultado de esta sección se encuentran dos listados de especificaciones, el primero corresponde a una lista de especificaciones objetivo, éstas representan las características que debería tener una MPDM en forma ideal, sin embargo este listado es la respuesta directa a las necesidades del cliente, por tanto al momento de elaborarlo no se han considerado aspectos como los recursos tecnológicos disponibles o los medios de fabricación con los que se cuenta, por tanto es necesario generar un segundo listado en donde se acota y ajusta el alcance del proyecto a un punto alcanzable, tomando en cuenta los aspectos mencionados. Algo que es importante entender en esta sección, es que las especificaciones aquí definidas representan un objetivo medible, dicho de otra manera, representan el “¿QUÉ?” del proyecto, sin embargo aún queda pendiente la tarea de averiguar el ¿CÓMO?

3.1. Declaración de la misión

La declaración de la misión es el resultado de la identificación de oportunidades de negocio, la definición de metas y la evaluación del desarrollo del proyecto, al terminar esta fase del proyecto se podrá dar respuesta a preguntas como:

- ✓ ¿Cuáles son las principales características que debe tener el producto?
- ✓ ¿Qué segmentos de mercado son considerados al diseñar el producto y desarrollar sus funciones?
- ✓ ¿Cuáles son los puntos a desarrollar para obtener ventajas en el mercado?

En la tabla 3.1 se muestra el planteamiento y la definición de los diversos puntos que conforman la misión del proyecto, se enuncian distintos puntos importantes que se deben tomar en cuenta durante el desarrollo de este proyecto, por ejemplo los mercados a los que va dirigido y las suposiciones que se toman en cuenta para poder llevar a cabo el proyecto.

Descripción del producto	<ul style="list-style-type: none">• Diseño conceptual y de detalle de una máquina para sujetar, pelar, deshuesar y expulsar mangos y desperdicios.
Propuesta de valor	<ul style="list-style-type: none">• Se reduce la intervención de la mano de obra humana en el procesamiento del fruto.• Aumenta la calidad en los cortes realizados en el fruto.• Incrementa la producción.
Metas claves del negocio	<ul style="list-style-type: none">• Integrar los sistemas de pelado y deshuesado en un solo dispositivo.• Lograr el procesamiento mínimo de 3 a 5 frutas por minuto.• Reducción de costos de producción.
Mercado primario	<ul style="list-style-type: none">• Empresas procesadoras y exportadoras de productos de mango.
Mercado secundario	<ul style="list-style-type: none">• Productores de mango.
Suposiciones	<ul style="list-style-type: none">• Las pruebas, simulaciones o cálculos realizados representan valores muy cercanos a los de la máquina a construir.• Obtención de los resultados esperados.
Involucrados	<ul style="list-style-type: none">• Diseñador.• Asesor.• Técnicos de producción.

Tabla 3.1 – Declaración de la Misión

3.2. Lista de necesidades del cliente

A lo largo de la historia han existido una gran cantidad de productos que han mostrado avances importantes en materia de desarrollo tecnológico, sin embargo no han logrado ser exitosos en el mercado, puesto que no se han preocupado por cubrir en forma adecuada las necesidades de sus clientes. Al hablar de necesidad, es importante pensar en cualquier atributo de un producto potencial que es deseado por el cliente.

En esta sección se presenta un método para identificar por completo un conjunto de necesidades del cliente, los objetivos del método son tres, el primero es garantizar que el producto se enfoque en las necesidades del cliente, esto implica generar un grupo de trabajo que analice las competencias en el mercado y que se ponga en contacto con los posibles usuarios, el segundo es garantizar que no falte o se olvide alguna necesidad crítica del cliente, para esto es importante ordenar y jerarquizar la importancia de las necesidades para intentar resolverlas en ese orden, el tercero es identificar necesidades latentes u ocultas así como necesidades explícitas, esta es una labor complementaria al primer objetivo ya que es necesario analizar a fondo las características que al cliente gustaría adquirir en el producto.

En la tabla 3.1 se muestran los resultados obtenidos después de analizar en múltiples ocasiones las necesidades del cliente al que se está dirigiendo la MPDM, sin embargo es preciso interpretar y crear enunciados que expresen la necesidad en términos de lo que el producto tiene que hacer y no en términos de cómo puede hacerlo, para ello se ha creado la tabla 3.2 en donde se puede observar como los requerimientos del cliente son traducidos a un lenguaje más técnico que comienza a caracterizar las soluciones que debe incorporar la MPDM.

Solicitud del cliente	Interpretación de la necesidad
Necesito una máquina automática para obtener mitades de mango sin piel y sin hueso	Pelar y deshuesar mangos en forma automática
Quiero una máquina que no consuma mucha energía	Diseñar sistemas con motores de bajo consumo
Es deseable que la máquina pueda soportar largas jornadas de trabajo	Lo motores deben soportar jornadas de trabajo continuo de mínimo 8 hrs.
Sería bueno que se pudieran procesar distintos tipos de mangos en la misma máquina	Procesar al menos mangos tipo manila y ataulfo
Me gustaría que los cortes y el pelado del mango fueran uniformes	Realizar cortes y pelados uniformes para todos los mangos.

Capítulo III – Especificaciones de diseño

Es deseable no desperdiciar producto al momento de pelar el mango	El sistema para pelado debe ser un mecanismo diseñado para reducir desperdicios
La máquina debe estar hecha de materiales especiales para procesar alimentos	Construir en su mayoría con acero para alimentos (inoxidable)
Necesito generar una producción de 1 ton/ hora de mango procesado	Aumentar la producción de la máquina
Me gustaría que el mantenimiento de la máquina fuera sencillo	No se requiere mano de obra especializada para el mantenimiento de la máquina
Es deseable que la máquina sea de fácil operación	Debe poder operarla cualquier tipo de persona
Me gustaría una máquina para procesar mango a un costo accesible y rentable	Disminuir costos de producción
Quiero conseguir fácilmente las refacciones en caso de avería	Todas las partes son estandarizadas y comerciales
Necesito un máquina segura, que no represente riesgos a la salud del operario	Implementar medidas de seguridad en elementos peligrosos para el operario
El producto procesado debe estar libre de bacterias o suciedades	Eliminar contactos con agentes contaminantes

Tabla 3.2 – Interpretación de necesidades del cliente

Al observar las necesidades planteadas en la tabla 3.2, es posible percatarse de que cada una de ellas desempeña un papel importante para la aceptación de la MPDM, sin embargo éstas necesidades deben ser segmentadas o desglosadas para poder ser analizadas y establecer una jerarquía en donde sea posible observar cuales de ellas son las necesidades primarias (1) y cuales son secundarias (2), en la tabla 3.3 se observa el resultado de la evaluación y la clasificación para para cada una de ellas, esta clasificación indica el orden de importancia en el que se deben atender las necesidades en la fase de generación de conceptos.

Número	Necesidad	Jerarquía
1	Pelar y deshuesar mangos en forma automática	1
2	Disminuir costos de producción	1
3	Aumentar la producción de la máquina	1
4	Eliminar contactos con agentes contaminantes	1
5	Realizar cortes y pelados uniformes para todos los mangos.	1
6	El sistema para pelado debe ser un mecanismo diseñado para reducir desperdicios	1
7	Construir en su mayoría con acero para alimentos (inoxidable)	1
8	Procesar al menos mangos tipo manila y ataulfo	1
9	Diseñar sistemas con motores de bajo consumo	1

10	Debe poder operarla cualquier tipo de persona	2
11	Implementar medidas de seguridad en elementos peligrosos para el operario	2
12	Lo motores deben soportar jornadas de trabajo continuo de mínimo 8 hrs.	2
13	No se requiere mano de obra especializada para el mantenimiento de la máquina	2
14	Todas las partes son estandarizadas y comerciales	2

Tabla 3.3 – Importancia de las necesidades

Un problema común es la satisfacción de la totalidad de las necesidades del cliente, un ejemplo se da cuando el cliente requiere de una larga lista de necesidades y además de ello requiere de un precio bajo, dadas estas circunstancias, deben existir puntos intermedios que permitan tomar decisiones al momento de generar soluciones conceptuales, para obtener esta información, es necesario generar grupos de trabajo que definan cuáles de las funciones propuestas con base en las necesidades del cliente, podrán disminuir demasiado la expectativa del proyecto y deberán replantearse o eliminarse del producto. En la tabla 3.4 se muestran las principales características que deberá incluir la MPDM y la importancia que éstas representan para los clientes, las respuestas siguen el formato propuesto por la metodología de Ulrich.

Característica	Importancia
La máquina es automática	La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.
La máquina es de fácil operación	Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
La máquina minimiza los tiempos de producción	La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.
La máquina mejora la calidad en la producción	La función es de importancia crítica. No consideraría un producto sin esta función.
La máquina reduce los costos de producción	La función es altamente deseable, pero consideraría un producto sin ella.
La máquina tiene bajo consumo de energía	Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
La máquina tiene una vista estética	La función no es importante, pero no me importaría tenerla.
La máquina es nacional	Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.
La máquina es de fácil mantenimiento	Sería bueno tener esa función, pero no es necesaria.

Tabla 3.4 – Importancia de las características en la MPDM

3.3. Especificaciones preliminares

Las necesidades del cliente se expresan generalmente en el "lenguaje del cliente", no obstante, mientras que esas expresiones son útiles para crear un sentido claro de los problemas que son de interés para los clientes, sirven de muy poco respecto a cómo diseñar y construir el producto, por esta razón por lo general se establecen conjuntos de especificaciones que explican, con detalles precisos y medibles, lo que el producto tiene que hacer, la lista de especificaciones define las características del producto, las cuales no indican cómo se deben manejar las necesidades del cliente, pero representan una base sobre lo que se deberá hacer para satisfacer las necesidades del cliente. [11]

El proceso de iteración es clave al momento de definir las especificaciones del diseño, por tanto en el siguiente apartado se utilizarán algunas herramientas para definir las especificaciones objetivo, estas son las que se pueden determinar basándose en las necesidades del cliente, posteriormente se deben analizar las especificaciones que originalmente eran sólo objetivos expresados como amplios rangos de valores y se refinarán para hacerse más precisas, estas especificaciones serán las finales para el diseño de la MPDM.

3.3.1 Especificaciones objetivo

El primer paso para definir las especificaciones objetivo, es la elaboración de una lista de métricas, las cuales tienen como objetivo hacer medibles las características del producto, tomando en cuenta que las métricas más útiles son aquellas que reflejan en forma tan directa como es posible, el grado al cual el producto satisface las necesidades del cliente, la relación entre necesidades y métricas es esencial para todo el concepto de especificaciones. En la tabla 3.5 se observan las métricas generadas a partir de las necesidades enunciadas en la tabla 3.2.

Núm. de necesidad	Métrica	Unidad
1,3,8,12	Producción	Mangos / min
3,5,6,8	Ajuste de parámetros	Subjetivo
1,2,13	Costo	\$
13,14	Mantenimiento	\$
2,10	Dimensiones	m
1,4,11,	Seguridad	Norma-lista
12	Prueba de estándares industriales	Norma-lista
2,9,12	Alimentación a 127 v	Volts
2,7,14	Materiales	Lista
2,7	Peso	Kg

Tabla 3.5 – Lista de métricas para la MPDM

A menos que sea evidente que el producto generará un monopolio total, la relación de éste con productos similares de la competencia es de suma importancia para determinar el éxito comercial. Mientras que el proceso de desarrollo del producto se inició con alguna idea de cómo se desea competir en el mercado, las especificaciones objetivo son el lenguaje que se emplea para analizar y acordar el posicionamiento detallado del producto con respecto a productos existentes, en la tabla 3.6 es posible observar las características que comparten las máquinas que en este momento encabezan el mercado mexicano, el análisis y estudio de los valores máximos y mínimos de cada característica permiten obtener puntos de referencia respecto a los valores que se esperan obtener para las métricas definidas.

Máquina	Dimensiones LxAxH	Material	Producción	Voltaje	Sistema de potencia	Función
PND PL6M	2.1 x 1x1.7 [m]	Acero Inoxidable	35-40 mangos/min	380 v	Eléctrico Neumático	Pelar mango
Kronen FP 20	1.4 x 0.8 x 1.8 [m]	Acero Inoxidable	3-4 mangos/min	400 v	Eléctrico Neumático	Pelar mango
Durfo Maxistrip	0.7 x 0.52 x 1.2 [m]	Acero Inoxidable	3 mangos/min	220-240 v	Eléctrico	Pelar mango
Durfo Apple Strip	0.66 x 0.3 x 0.5 [m]	Acero Inoxidable	3 -5 mangos/min	220-240 v	Eléctrico	Pelar y deshuesar mango
Mayjoy MJ-460	1.1 x 0.7 x 0.9 [m]	Acero Inoxidable	25 mangos/min	380 v	Eléctrico	Pelar mango

Tabla 3.6– Información de comparaciones con la competencia

Como ya se ha mencionado, se debe definir un listado de especificaciones objetivo, las cuales están directamente relacionadas con la satisfacción de las necesidades del cliente y las características de productos similares que representan una competencia en el mercado, éstas especificaciones representan el primer boceto producido directamente por las necesidades del cliente, sin embargo habrá que analizar cada especificación y pensar en las herramientas que existen y que se encuentran disponibles para llevar a cabo el cumplimiento de cada especificación, en la tabla 3.7 se observa el listado de especificaciones objetivo propuesto, es conveniente recordar que estas especificaciones representan las características ideales que se desearían obtener en una MPDM para cumplir con la misión declarada.

Especificación	Descripción
Funciones a realizar:	Ingreso, sujeción, pelado, deshuesado, separación y expulsión de frutos, hueso y cáscara.
Funciones automatizadas:	Ingreso, sujeción, pelado, deshuesado y expulsión de frutos, hueso y cáscara.
Producción estimada:	Se deberá producir una tasa mínima de 40 mangos/min.
Materiales:	Los materiales en contacto con el fruto deben estar fabricados de acero inoxidable grado alimenticio.
Mecanismo de pelado y deshuesado:	El mecanismo de pelado debe ajustarse a múltiples tallas y geometrías de distintas especies de mango. El mecanismo de pelado debe minimizar la cantidad de pulpa adherida a sus extremidades.
Voltaje de suministro:	Los motores deben trabajar a 127v
Número de operadores:	Un operador para la supervisión del funcionamiento de la máquina.
Elementos mecánicos de riesgo:	Ninguno, los elementos mecánicos que podrían representar algún riesgo al operario deben ser cubiertos o protegidos.
Tiempo de trabajo continuo:	Jornadas de trabajo de 8 hrs continuas.
Mantenimiento:	No se requiere técnicas especiales ni experiencia para el mantenimiento, el mantenimiento se basa en la sustitución de partes.
Refacciones:	Partes comerciales disponibles en toda la república Mexicana.
Dimensiones de la máquina:	L=1.5, A=1.5, H=1 [m]
Peso de la máquina:	< 250 kg.
Potencia:	1 kW (1.3 HP) máximo
Sistemas de potencia:	Electromecánico

Tabla 3.7 – Especificaciones objetivo

3.3.2 Especificaciones finales

A partir de la lista de especificaciones objetivo propuesta, se ha realizado un análisis grupal de cada especificación, proporcionando como resultado los valores obtenidos en la tabla 3.8.

A partir de este punto, la obtención de estas especificaciones en la MPDM representan un reto y un objetivo, ya que del cumplimiento de éstas dependerá en gran medida el éxito del producto.

Tomando en cuenta los costos máximos que permiten la rentabilidad del proyecto, así como los elementos tecnológicos disponibles en el país y los medios para llevar a cabo la fabricación de la MPDM, se han propuesto las especificaciones finales, las cuales han sido consideradas realizables y además representan algunas ventajas con respecto a las competencias disponibles en el mercado.

Especificación	Descripción
Funciones automáticas:	Sujeción, pelado, deshuesado y expulsión
Producción Estimada:	Al analizar los tiempos de procesamiento, pelado y deshuesado de 15 magos/min a lo largo de 5 líneas de procesamiento
Materiales:	Acero Inoxidable grado alimenticio
Especies de mango a procesar:	Mangos tipo manila y ataulfo.
Largo del fruto:	0.15 [m]
Ancho del fruto:	0.05 [m]
Altura del fruto:	0.06 [m]
Espesor de la piel:	0.001 -0.003 [m]
Regulación de velocidad	Si
Modificación de espesor de corte:	Si
Voltaje de suministro:	127 v
Número de operadores:	1
Dimensiones:	L=1.5, A=1.5, H=1 [m]
Peso:	< 250 kg
Potencia:	0.75 HP
Sistemas de potencia:	Sistemas de potencia electromecánicos

Tabla 3.8 – Especificaciones finales

CAPÍTULO 4

Diseño Conceptual

El diseño conceptual es la parte del proceso de diseño en la que se identifican los problemas principales a través del razonamiento y la aplicación de distintas herramientas que permiten desfragmentar el problema en partes más abstractas, un concepto por lo general se expresa como un bosquejo o como un modelo tridimensional aproximado y a veces es acompañado por una breve descripción conceptual. [11]

La generación de conceptos comienza con un conjunto de necesidades del cliente y especificaciones objetivo, éstas ya han sido identificadas y planteadas en el capítulo anterior, como resultado de estas especificaciones, se proponen y seleccionan diferentes soluciones conceptuales. Para iniciar con el análisis del problema se utiliza un modelo de caja negra y un diagrama de funciones, estas herramientas tienen la finalidad de ayudar a comprender mejor el problema para posteriormente realizar una amplia búsqueda de información referente al trabajo que ha sido realizado previamente, esta información es de gran utilidad al momento de idear conceptos que puedan proporcionar una solución a los problemas planteados.

Una vez que la información es recopilada y analizada, se procede con la generación y evaluación de ideas, esta es una parte muy importante en el diseño, ya que se debe ser muy cuidadoso con la selección de los instrumentos de evaluación, de no ser así, puede seleccionarse un diseño inapropiado que no logre satisfacer las necesidades del proyecto en la forma deseada. Al término de la fase de evaluación, es preciso comenzar a generar la forma final del diseño, en este caso se realizó un bosquejo representativo de la solución conceptual del problema, este bosquejo corresponde a una representación esquemática del concepto seleccionado, una vez terminada esta fase se podrá llevar a cabo la construcción de un modelo de pruebas que permita comprobar las hipótesis y suposiciones más importantes realizadas durante el proceso de diseño.

4.1. Generación de conceptos

La generación de conceptos es una parte fundamental en el desarrollo de este trabajo, puesto que es el resultado de la investigación realizada y de la generación de ideas que puedan implementar la solución más adecuada al problema en cuestión, el resultado de esta sección debe proporcionar soluciones concretas que puedan ser evaluadas y analizadas con la finalidad de desarrollarlas en el proyecto. En resumen, en esta etapa de diseño, se debe iniciar con un análisis que permita un claro entendimiento del problema, para ello se lleva a cabo la descomposición del problema en subproblemas más simples, al finalizar este análisis se deben encontrar los principios de funcionamiento, la forma del producto y se deberá establecer una descripción aproximada de la tecnología a la que se desea llegar.

4.1.1. Modelo de caja negra

El primer paso para la generación de conceptos, es la representación del problema mediante un diagrama de caja negra, en donde se relacionan las entradas o requerimientos del producto y las salidas que se obtienen al finalizar el proceso. La caja negra representa la función general del producto, en la figura 4.1 se puede observar el modelo de caja negra para la MPDM.



Figura 4.1- Modelo de caja negra para la MPDM

4.1.2. Sistemas de la MPDM

Generalmente en los proyectos de ingeniería, para llevar a cabo el cumplimiento de la función principal, es conveniente desarrollar el diseño de los sistemas por separado, esta labor complica un poco la labor de diseño, ya que también debe asegurarse una correcta interacción de estos sistemas. Por tal razón a continuación se presenta una descomposición del problema en base a

los sistemas mínimos que deben interactuar para llevar a cabo la tarea de pelado y deshuesado de mangos. Tras definir las principales funciones que debe realizar la máquina, se ha definido un sistema exclusivo para llevar a cabo su ejecución, en la tabla 4.1 se observan las funciones y los sistemas asociados a cada una de ellas.

Sistema	Función
Sistema de alimentación	Ingresar los frutos a la máquina
Sistema de sujeción	Sujetar y posicionar los frutos para realizar el pelado y deshuesado
Sistema de pelado	Retirar la cáscara del fruto
Sistema de deshuesado	Extraer el hueso del fruto
Sistema de control	Controlar los dispositivos que permiten la automatización del proceso
Sistema de potencia	Efectuar las fuerzas necesarias para realizar las demás funciones

Tabla 4.1- Sistemas de la MPDM

4.1.3. Diagrama de funciones

Con la finalidad de realizar un análisis más detallado del problema, se debe realizar una descomposición del problema principal en subproblemas más sencillos, esto incorporará la posibilidad de proponer soluciones más sencillas y específicas a cada subproblema. En la tabla 4.1 se han definido los sistemas mínimos que deben existir para que la MPDM logre satisfacer las necesidades planteadas, a continuación se presenta un diagrama de funciones (figura 4.2) en donde se ordenan las distintas funciones de cada sistema y además se describen las funciones que deben desempeñar los distintos elementos o dispositivos que se incorporarán a la máquina, es importante realizar una descripción de funciones sin establecer ningún principio de trabajo específico.

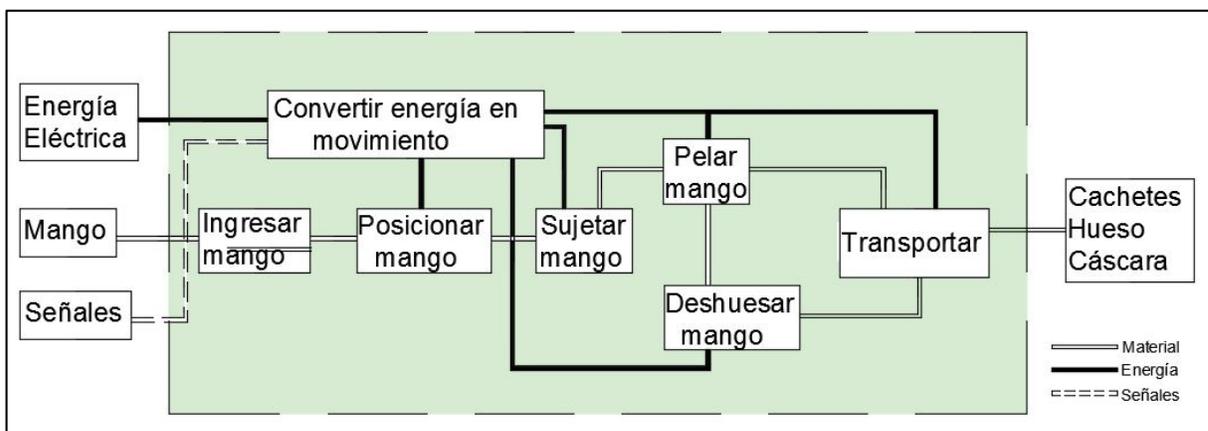


Figura 4.2- Diagrama de funciones de la MPDM

4.1.4. Búsqueda de información

En manera general, la mayor parte de los proyectos que involucran el diseño de productos, se basan en la identificación de mejoras a productos existentes en el mercado, a diferencia de ello, en este proyecto se busca identificar los principios de funcionamiento de las máquinas que se encuentran actualmente en el mercado, así como de las patentes con mayor similitud, cuyos principios puedan ser analizados y proporcionen ideas útiles para el desarrollo de las soluciones conceptuales del proyecto en cuestión.

4.1.4.1. Patentes

Nombre: “Método y máquina para deshuesado de mangos”

Número: WO 2011132090 A1 [14]

Autor: Luca Ascari, Daniela Ascari

Día, mes, año: 27 Oct 2011

Descripción

Con la finalidad de llevar a cabo la extracción del hueso de los mangos, en esta patente se describe un método de 4 etapas. En la primera etapa se lleva a cabo el ingreso de los frutos mediante la acción de un bloqueo frontal del mango, esto con la finalidad de inmovilizarlo totalmente, en la segunda y tercera etapa se realizan dos cortes en dirección paralela a la longitud del mango, estos cortes son efectuados mediante el desplazamiento de dos cuchillas afiladas.

Las cuchillas pueden entrar por cualquiera de los extremos esbeltos del mango, esto ayuda a no forzar la entrada del fruto en una posición específica. Por último, en la cuarta etapa se empuja el hueso del mango en una dirección paralela a la sección delgada del fruto, esto da como resultado la separación de la pulpa y el hueso.

En la patente también se define la implementación de una máquina para llevar a cabo la ejecución de las etapas mencionadas. La máquina incorpora una banda transportadora para transportar los frutos hasta donde el operador pueda tomarlos y posicionarlos para colocarlos en la máquina, en donde posteriormente se ejecutan las etapas dos y tres, finalmente se retira el hueso manualmente.

Características:

La máquina está compuesta de una banda transportadora, mordazas sujetadoras, navajas caracterizadas con una forma curva que se ajusta a la geometría de los huesos de los mangos.

Nombre: “Máquina para pelado de fruta, corte y eliminación de hueso” [15]

Número: CN 202890414 U

Autor: Xiao Ronghua, Ma Mingwei

Día, mes, año: 24 Abr 2013

Descripción:

La máquina es capaz de realizar el pelado, el deshuesado y el corte de varios tipos de fruta, su estructura está compuesta por un bastidor metálico, en donde se coloca un cabezal, sobre éste se encuentra un tridente en donde los frutos deben ser insertados para posteriormente hacerlo girar. A la vez que el fruto se encuentra girando se activa otro dispositivo para realizar el pelado de fruta, de esta forma se lleva a cabo el pelado. En la descripción de la patente se habla sobre el mecanismo de eliminación de hueso, sin embargo no se detalla su funcionamiento, únicamente se menciona que éste es capaz de remover el hueso de los frutos y que se encuentra montado sobre el cabezal de inserción.

Características:

La máquina consta de un bastidor metálico, un cabezal montado sobre el bastidor, un tridente donde se lleva a cabo la inserción de la fruta, un dispositivo para el pelado de fruta y un dispositivo o mecanismo para la remoción del hueso de las frutas.

Nombre: “Máquina deshuesadora automática” [16]

Número: US 7096777 B1

Autor: Daniel P. Healy

Día, mes, año: 29 Ago 2006

Descripción:

Esta invención consiste en una máquina automatizada mediante un Controlador Lógico Programable (PLC), que es capaz de descorazonar o deshuesar distintos tipos de frutos. Inicialmente se colocan los frutos en una canaleta inclinada, en donde los frutos se desplazan por acción de su propio peso hasta llegar a un mecanismo de elevación, éste sujeta y eleva el fruto para posicionarlo en el sistema de deshuesado, en esta atapa dos herramientas con sección transversal circular ovalada atraviesan el fruto y atrapan el hueso en su interior, dividiendo el fruto en dos mitades.

Características:

La máquina consiste en una canaleta, un mecanismo de elevación, sistema de pelado y un bastidor en donde se montan los elementos señalados.

Nombre: “Dispositivo para pelar frutas carnosas, con una profundidad de corte ajustable” [17]

Número: US 6966254 B2

Autor: Carlo Ascari, Luca Ascari

Día, mes, año: 22 Nov 2005

Descripción:

Este dispositivo tiene el objetivo de retirar la cáscara de frutos cuya piel tenga un grosor uniforme, se encuentra equipado con un mecanismo para hacer girar la herramienta de sujeción, la cual se encuentra unida con un eje de transmisión formado por dos semiejes conectados entre sí mediante una junta articulada. Una vez que el fruto ha sido sujetado se activa un mecanismo que mueve una herramienta cuya función es regular la distancia entre la herramienta de corte con el fruto y además variar electrónicamente la profundidad de corte de acuerdo al programa que haya sido seleccionado previamente por el usuario. Al momento que el fruto se encuentra girando, entra en contacto con el mecanismo que aproxima la navaja de corte hacia el fruto, así mismo entra en acción un tercer mecanismo que desplaza en forma orbital la herramienta de corte, permitiendo así el pelado total de las frutas.

Características:

El dispositivo cuenta con un mecanismo de sujeción que hace girar la herramienta, un mecanismo para regular la distancia entre la herramienta de corte y la fruta, este mecanismo se apoya de un transductor de distancia, un mecanismo para desplazar en forma orbital la herramienta de corte, en este mecanismo se incluye un leva que controla el movimiento orbital de la herramienta de acuerdo con diversos parámetros, como el tamaño y la forma de la fruta. Los mecanismos mencionados se controlan mediante un PLC y son impulsados por motores a pasos.

4.1.4.2. Máquinas comerciales

✓ **Máquina: Peladora PND PL6M [18]**

Descripción: La máquina peladora semiautomática PL6M se muestra en la figura 4.3, requiere de un operador que ingrese los frutos a los sujetadores, en forma automática estos posicionan el fruto y se incrustan en dos tridentes, los cuales ingresan los mangos al sistema de pelado, en donde se hace girar el mango al mismo tiempo que interviene una cuchilla que se desplaza a lo largo del fruto, cortando de esta manera la cáscara. Por último se abren los tridentes sujetadores y el mango cae libremente sobre una banda transportadora que expulsa los productos del procesamiento.

Características: La PL6M cuenta con seis cabezas de procesamiento para pelar el mango, un motor de 1.65 kW de potencia, alimentado con 380 v, requiere de una alimentación neumática de 7 bar. Está fabricado con acero inoxidable, es capaz de procesar 35 mangos/min, y tiene un peso de 650 kg.

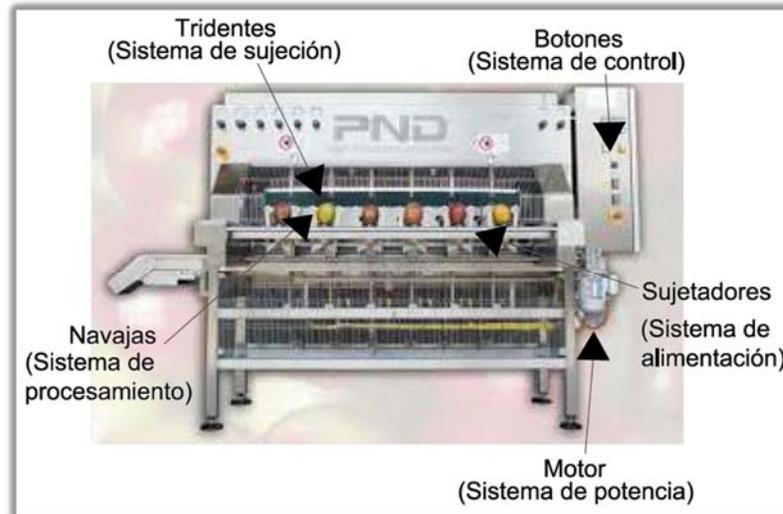


Figura 4.3- Peladora PND PL6M

✓ **Máquina: Peladora de mangos FP 20 [19]**

Descripción: El modelo FP 20 de la marca alemana Kronen es una de las máquinas para procesamiento de mango más populares en todo el mundo, ya que es muy eficiente y precisa, a continuación se explica un poco a cerca de su funcionamiento. El operario debe colocar los mangos en el soporte mostrado en la figura 4.4, inmediatamente la máquina posiciona automáticamente los frutos y los sujeta mediante 2 punzones. Posteriormente los acerca hacia una cadena de navajas giratorias y estas comienzan a retirar la cáscara cuando el motor está en marcha. Una vez que ha sido retirada la mayor parte de la cáscara, la máquina deja caer el mango pelado sobre un recipiente y es llevado a la bandeja de producto terminado. Para finalizar el procesamiento del fruto, se realizará en forma manual el deshuesado y el corte de orillas del mango.

Características: Cuenta con un motor de 1 kW de consumo, alimentado con 400 v, requiere de una alimentación neumática de 6 bar. Está fabricado con acero inoxidable, es capaz de producir de 3 a 4 mangos/min, tiene un peso de 325 kg.

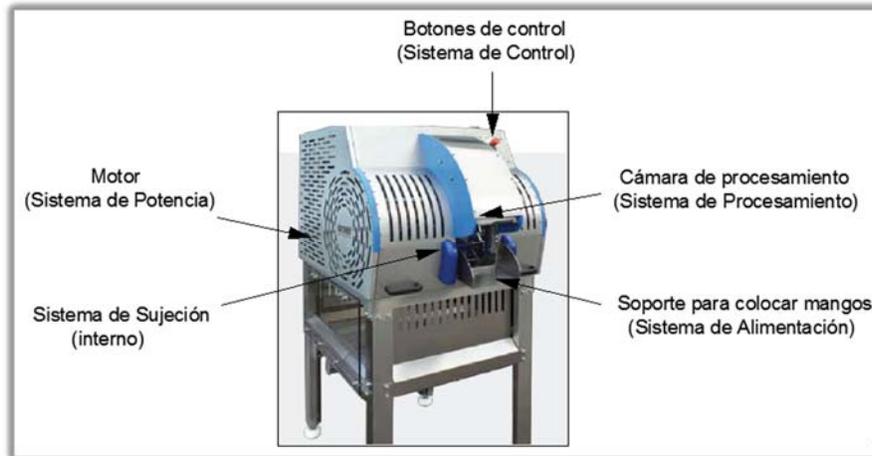


Figura 4.4- Peladora de mangos FP 20

✓ **Máquina: Peladora de frutas Durfo Maxistrip [20]**

Descripción: Máquina peladora y descorazonadora para el procesamiento de frutas de grandes dimensiones como piñas, melones, sandías, papaya, mango, aguacate, etc. Las frutas son sujetadas por un puntal de altura ajustable y un tridente inferior.

Una vez encendido el motor, el usuario debe operar el brazo con la cuchilla que retira la cáscara de la fruta, de este modo logra seguir la trayectoria de los frutos para minimizar el desperdicio.

En la figura 4.5 se muestra una imagen de la máquina, se puede observar el brazo móvil que debe ser operado por alguna persona, esta operación requiere de sentido de precisión, ya que el operario indica la profundidad en el corte al momento de retirar la cáscara.

Características:

Está conformada principalmente por un tridente de sujeción inferior, un puntal ajustable de altura, un brazo regulable en excursión, medidor de espesor para la regulación del corte montado en el brazo.

Cuenta con un motor de 0.3 kW de potencia, alimentado con 220 v, está fabricado con acero inoxidable, es capaz de producir 3 mangos/min dependiendo de la habilidad del operador.

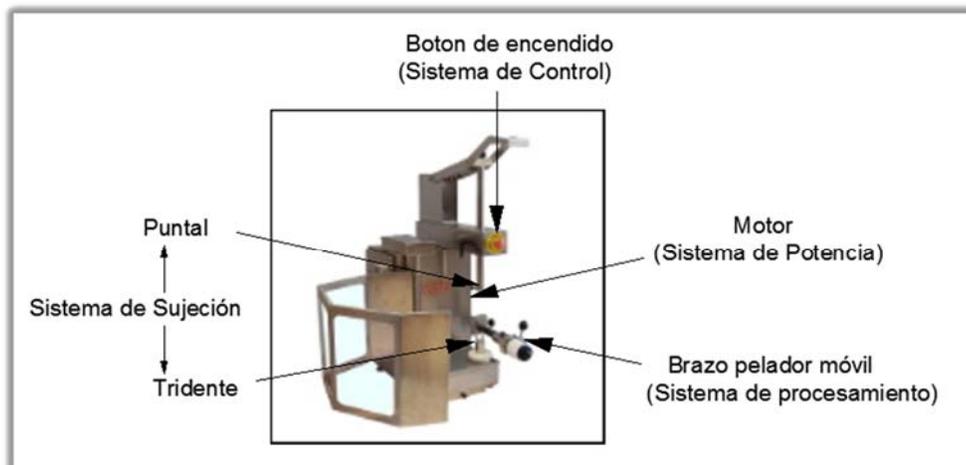


Figura 4.5- Peladora de frutas-descorazonadora Maxistrip

✓ **Máquina: Peladora de fruta- Apple-Strip [21]**

Descripción: La máquina puede efectuar en una única operación el pelado y, en opción, el descorazonado y la división de fruta en gajos. Es capaz de posicionar la fruta en sus soportes rotativos. El proceso inicia posicionando manualmente la fruta o el producto en los punzones, después la máquina realiza el pelado en forma automática y finalmente realiza el descorazonado si es que se requiere. Es posible ajustar el espesor y el número de gajos en los que se descompone la fruta. En la figura 4.6 se muestra un esquema de la máquina y sus componentes principales.

Características: Cuenta con motor de 0.20 kW, alimentado a 220 v, cuchillos de alta calidad para realizar cortes regulares en los frutos, está fabricado con acero inoxidable y es capaz de lograr una producción de 3 mangos/min.

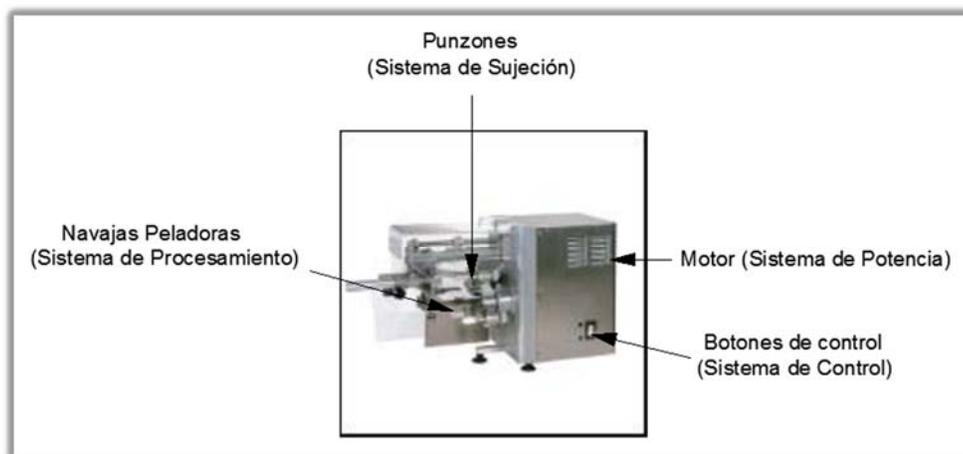


Figura 4.6- Máquina peladora de fruta Apple-Strip

✓ **Máquina: Peladora Mayjoy MJ-460 [22]**

Descripción: El modelo MJ-460 es capaz de retirar la piel de distintos frutos, entre ellos el mango, su funcionamiento es sencillo, puesto que únicamente basta con depositar los mangos dentro del depósito señalado en la figura en 4.7, una vez realizada esta acción, es necesario iniciar la marcha de la máquina, esto ocasiona que un grupo de cuchillas colocadas en la base del depósito, comiencen a rotar simultáneamente, el movimiento de estas cuchillas provoca que los mangos se desplacen de un lado hacia otro dentro del depósito, durante estos desplazamientos el mango gira varias veces dentro del depósito y pasa por encima de las cuchillas peladoras para retirar su cáscara.

Es importante mencionar, que la cáscara de los mangos no siempre es retirada en su totalidad por lo que podría ser necesario quitar la cáscara de algunas zonas. Un aspecto que es difícil dejar de notar, es que la máquina no asegura la integridad física del operario, puesto que debe meter las manos a la zona de cuchillas para extraer mango y cáscara después del procesamiento.

Características: Cuenta con un motor de 4 kW de potencia, alimentado a 380 v, cuchillos de acero inoxidable en forma circular, está fabricado con acero inoxidable y es capaz de lograr una producción de 25 mangos/min, tiene un peso de 400 kg.

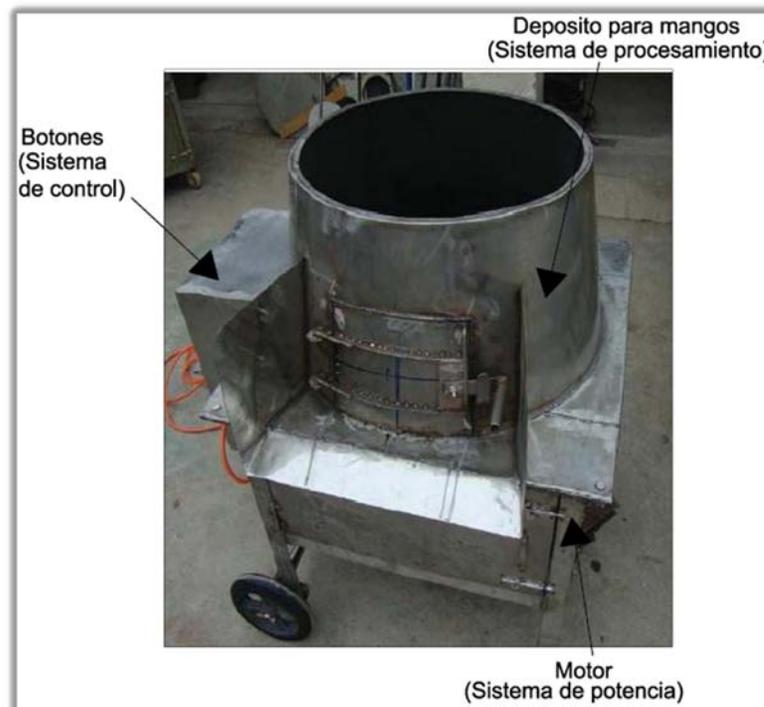


Figura 4.7. Peladora Mayjoy MJ-460

4.1.5. Principios de trabajo

Se han definido con anterioridad los sistemas mínimos que deben existir en la MPDM, así como las funciones que debe desarrollar cada uno de ellos, en esta sección se presentan los componentes y principios de funcionamiento que podrían permitir llevar a cabo la realización de la función de cada sistema.

✓ Sistema de alimentación

La función de este sistema es ingresar los frutos al sistema de sujeción de la máquina, existen diferentes formas de ingresar distintos tipos de productos a las máquinas, sin embargo aquí se ha pensado considerar el ingreso manual (figura 4.8), el ingreso mediante una pinza automatizada (figura 4.9), el ingreso mediante sujetadores mecánicos automatizados (figura 4.10), y por último mediante su inserción en un tridente (figura 4.11), cabe mencionar que en éste último caso es necesaria la inserción manual al tridente.



Figura 4.8- Ingreso manual

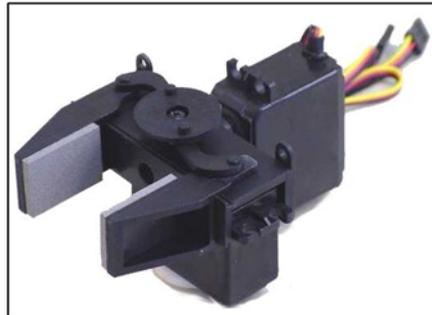


Figura 4.9- Sujetador automático



Figura 4.10- Sujetadores mecánicos automáticos



Figura 4.11- Tridentes para sujeción

✓ Sistema de Sujeción

El sistema de sujeción es el encargado de sujetar los frutos para realizar el pelado y deshuesado. Un problema que se presenta aquí, es que este sistema debe sujetar al mango ocupando la menor área de contacto, puesto que el objetivo es realizar el pelado y deshuesado en una sola operación, en la figura 4.12 y la figura 4.13 se muestran dos tipos de sujetadores aplicables para realizar este trabajo.



Figura 4.12- Deshuesador manual para mango



Figura 4.13- Tridentes para sujeción

✓ Sistema de Pelado

La función de este sistema es retirar la cáscara de los frutos, para la realización de esta operación existen varias formas ya conocidas, el problema particular con el mango, es que su pulpa suele ser muy blanda y resbaladiza, por tanto el pelado se vuelve un problema aún cuando se haga manualmente, por tal razón se han observado y analizado distintos métodos de pelado, en la figura 4.14 se muestra un pelador manual, en el cual se hace girar el mango mientras una navaja retira la cáscara mientras se desplaza longitudinalmente, en la figura 4.15 se observa el método de pelado de una patente, el cual maneja el mismo principio utilizado en la figura 4.14, solo que cambia la forma de la navaja y los sujetadores.

En la figura 4.16 se observa una técnica que parece ser uno de las formas más eficientes para el pelado manual del mango, se trata de separar la cáscara de la pulpa mediante un vaso, para realizar esta operación debe cortarse el mango con anterioridad. Finalmente, en la figura 4.17 es posible observar otro método de pelado manual, este se apoya en un cuchillo o navaja para cortar y retirar la cáscara, la desventaja de este método es que se desperdicia gran cantidad de pulpa y el operario se expone a accidentes ocasionados por la navaja.



Figura 4.14- Mecanismo manual para pelado de mango

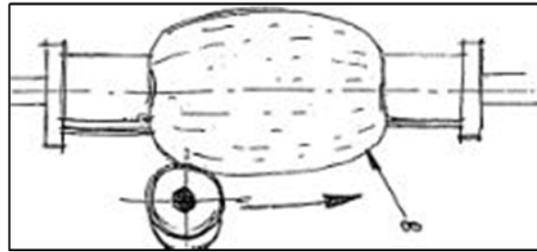


Figura 4.15- Método para pelado de mango [17]



Figura 4.16- Pelado de mango mediante un vaso



Figura 4.17. Pelado de mango con navaja

✓ Sistema de Deshuesado

El deshuesado de frutas no es una actividad muy común, puesto que la mayor parte de la gente consume la fruta y deja el hueso o la semilla, sin embargo para el procesamiento de algunos alimentos, es necesario retirar el hueso.

Después de buscar información no se encontraron muchas formas de extraer el hueso de las frutas, por tal razón se presentan las principales. En la figura 4.18 se puede observar un deshuesador de mangos manual, el cual viene con la forma de la sección transversal del hueso del mango y es capaz de cortar la pulpa y atrapar el hueso, por su parte el la figura 4.19 se muestra la metodología empleada en una patente para realizar el pelado y deshuesado automático de mangos, el principio de funcionamiento es similar, puesto que se empuja la fruta hacia una navaja que corta la pulpa y extrae el hueso, la desventaja de esta máquina es que el deshuesador es cilíndrico y el desperdicio de pulpa más elevado que en el caso anterior.



Figura 4.18- Deshuesador manual de mango

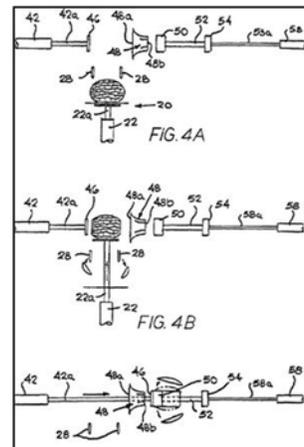


Figura 4.19 Método para deshuesado de mango[16]

✓ Sistema de Control

El control de sistemas mecánicos es un tema que suele ser muy complejo dependiendo de la aplicación, en ese sentido y visualizando el alcance de este proyecto, se puede afirmar que los dispositivos que deben controlarse para el pelado y deshuesado del mango pueden ser controlados mediante dispositivos como una tarjeta de desarrollo basada en microcontrolador (figura 4.20) o un Controlador Lógico Programable (PLC) (figura 4.21). Es un hecho que las necesidades de control en los dispositivos de potencia, definirán la implementación de algunos otros dispositivos complementarios al sistema de control, tales como resistores, transistores, circuitos integrados, sensores, etc; sin embargo el detalle de estos dispositivos queda fuera del alcance de este proyecto y quedará estipulado como trabajo futuro.

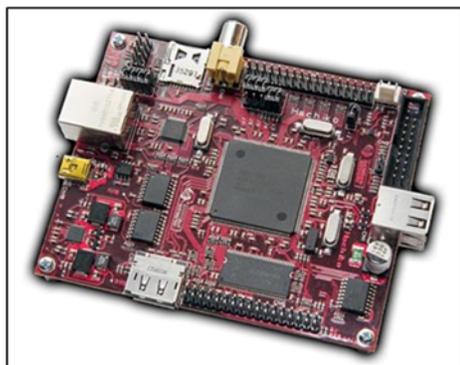


Figura 4.20- Tarjeta de desarrollo



Figura 4.21- PLC

✓ Sistema de Potencia

El sistema de potencia es el encargado de llevar a cabo la transformación de energía eléctrica en el movimiento necesario para llevar a cabo la realización de las funciones planteadas. En este momento es posible percatarse de los tipos de movimientos que deberán efectuarse para llevar a cabo la automatización de la máquina, por tal razón a continuación se proponen dispositivos comunes para la realización de estas tareas. En la figura 4.22 se muestra un actuador lineal eléctrico, tiene la ventaja de no requerir ningún fluido y de ser muy preciso en sus movimientos, en la figura 4.23 se muestra otro actuador lineal, solo que a diferencia del anterior este es un actuador neumático, tiene la ventaja de ejercer gran cantidad de fuerza.

Por último se muestran 2 motores para generar movimientos angulares, el primero es un motor a pasos que permite definir el ángulo de giro de cada desplazamiento (figura 4.24) y el segundo es un motor de Corriente Directa (DC) que solo permite encender y apagar el movimiento (figura 4.25), la ventaja de este motor es la facilidad para variar su velocidad.



Figura 4.22- Actuador lineal eléctrico



Figura 4.23- Actuador lineal neumático

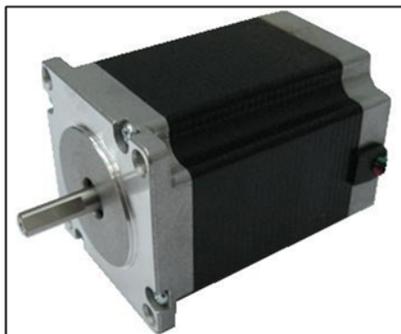


Figura 4.24- Motor a pasos



Figura 4.25- Motor DC

4.1.6. Configuración de sistemas

Se han presentado y definido los principales dispositivos y partes que representan una posible solución al problema, la primera actividad a realizar en esta sección, es comenzar con la definición conceptual de la interacción de los sistemas definidos, de esta forma es posible visualizar en forma general la dependencia de los sistemas entre sí y también definir el orden en que deben ser diseñados. En la figura 4.26 se propone la interacción de los sistemas de la MPDM, se ha tomado como referencia el funcionamiento de otras máquinas y en la lógica del proceso, también se han tomado en cuenta acciones como las instrucciones del operador o la obtención de los productos del proceso, estas acciones, que aunque no contemplan un sistema en específico para ser ejecutadas, son muy importantes en el proceso de pelado y deshuesado de mango.

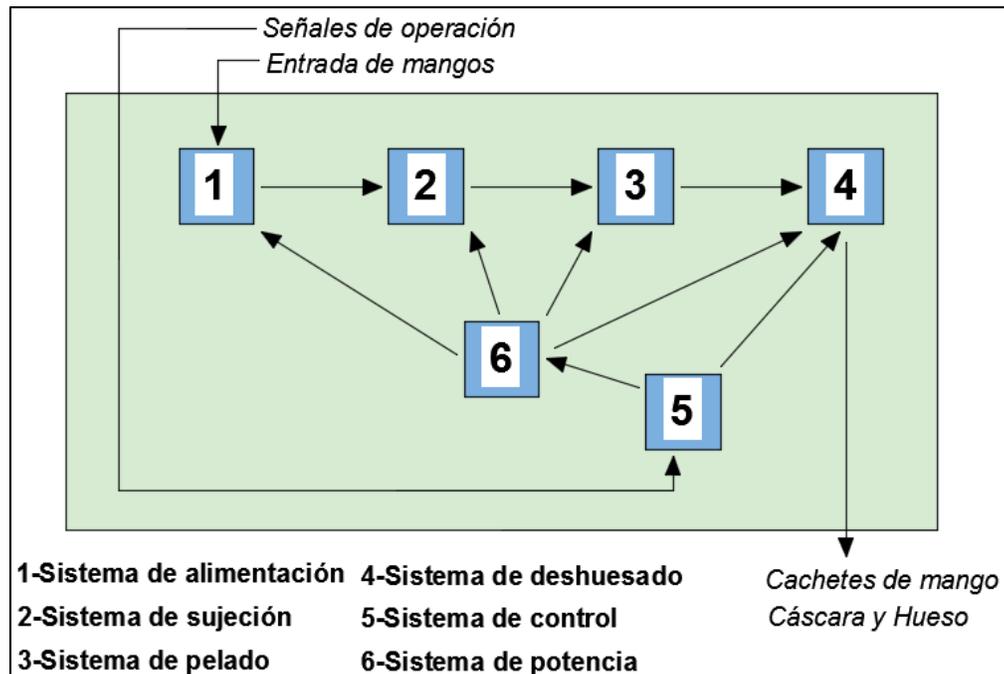


Figura 4.26- Interacción de los sistemas de la MPDM

Desde el momento en que se definieron las funciones y los sistemas de la MPDM, se ha manejado un número para cada una de ellas que podría considerarse como el orden de realización de funciones en el proceso, sin embargo la literatura indica que al realizar el desarrollo del diseño conceptual de un proyecto, no debe establecerse ninguna idea ni principio de trabajo, sino que deben realizarse la mayor cantidad de iteraciones posibles que aseguren la mejor solución.

Dada esta situación, el orden de realización de funciones esta dado considerando la manera más sencilla que logre cumplir adecuadamente la función principal, por tanto al realizar un análisis sobre el objetivo general de la máquina y al observar el diagrama de interacción de sistemas, es posible percatarse de que los sistemas principales son los de pelado y deshuesado, puesto que de ellos depende la forma de sujeción y de ingreso a la máquina, y por ende los dispositivos de potencia y de control que utiliza la máquina, por tal razón es conveniente iniciar con la definición de estos sistemas.

Al analizar la interacción propuesta de los sistemas de la MPDM, es inevitable observar que todos los sistemas están relacionados con el sistema de control a través del sistema de potencia, por tanto es fácil pensar en que los sistemas de potencia y control deberán incluir subsistemas que ayuden a proporcionar el control y la potencia adecuada para que los sistemas dependientes realicen sus funciones de manera adecuada, es imprescindible no pensar en las consecuencias que ocasionarían las fallas en la calibración del sistema de pelado y deshuesado al momento de obtener los productos del procesamiento.

4.1.7. Formulación de conceptos

Se ha realizado un estudio y análisis de principios de trabajo para llevar a cabo la realización de las funciones de la MPDM, así mismo se ha visualizado y planteado una posible configuración de los sistemas que deberán interactuar en la máquina. Con la definición de los puntos mencionados, es posible llevar a cabo la formulación de las primeras soluciones conceptuales, el objetivo de plantear estas soluciones, es el de analizar sus ventajas y desventajas mediante una evaluación basada en la satisfacción de las necesidades del cliente para posteriormente llevar a cabo la selección y desarrollo de alguna de ellas.

En las tablas 4.2, 4.3 y 4.4, es posible encontrar la definición de 3 conceptos que se han generado en base al análisis realizado hasta el momento, nótese que para cada una de ellas se incluyen bocetos, en color negro es posible observar los distintos elementos que se presentan en las tareas de pelado y deshuesado, en color rojo se han indicado los movimientos que se presentan en cada procesamiento y en color azul los nombres de cada elemento presente en las distintas soluciones. Así mismo en cada tabla se explica el funcionamiento de cada solución conceptual y la secuencia del proceso.

Concepto A: Peladora CNC	
Sistemas	
Sistema de alimentación:	Pinzas electromecánicas
Sistema de sujeción:	Tridente sujetador
Sistema de pelado:	Mediante cuchilla automatizada
Sistema de deshuesado:	Deshuesador con forma de hueso del mango
Sistema de control:	PLC
Sistema de potencia:	Motores a pasos y actuador eléctrico
*Sistemas auxiliares:	Sistema de visión basado en cámaras
<p style="text-align: center;">Descripción de funcionamiento:</p> <p>Las pinzas electromecánicas deberán colocar el mango en el sitio en donde pueda ser sujetado por dos tridentes sujetadores, éstos sujetan el fruto y posteriormente lo hacen girar lentamente. Mientras el mango se encuentra girando, una cámara de video mapea la forma de su superficie y envía la información para procesarla y generar las instrucciones que deberá llevar a cabo la navaja para el corte de la cáscara del mango considerando las variaciones en su superficie. Una vez que el mango ha sido pelado en su totalidad, los tridentes sujetadores se juntan hasta separar el hueso de la pulpa, con esto finaliza el proceso.</p>	
<p style="text-align: center;">Boceto:</p>	

Tabla 4.2- Concepto A

Concepto B: Deshuesadora con Procesamiento Digital de Imagen en tiempo real	
Sistemas	
Sistema de alimentación:	Pinzas electromecánicas
Sistema de sujeción:	Tridente sujetador
Sistema de pelado:	Navaja con ajuste mecánico
Sistema de deshuesado:	Dos navajas con curvatura
Sistema de control:	PLC
Sistema de potencia:	Motores a pasos y actuador eléctrico
*Sistemas auxiliares:	Sistema de visión basado en cámara para ultrasonido endoscópico
Descripción de funcionamiento:	
<p>Las pinzas electromecánicas ingresan el mango hasta donde es sujetado por los tridentes sujetadores, posteriormente, los tridentes comienzan a girar junto con el mango, a su vez, una navaja ajustada mediante un resorte comienza a desplazarse a lo largo del mango, gracias a la elasticidad del resorte, la cuchilla logra ajustarse a los cambios en la superficie del mango, arrancando de esta manera la cáscara. Posteriormente se enciende un cámara que visualiza el hueso en el interior del cuerpo del mango, ésta cámara mapea tamaño y forma del hueso y envía la información para desplazar dos navajas con curvatura que modificarán su inclinación con la finalidad de separar la pulpa del hueso, maximizando así el aprovechamiento de la pulpa del fruto.</p>	
Boceto:	
<p>El diagrama muestra un mango central con un hueso en su interior. Alrededor del mango hay dos tridentes sujetadores. En la parte superior hay pinzas electromecánicas. En la parte inferior hay una cámara y una navaja con un resorte. A los lados del mango hay dos navajas deshuesadoras con curvatura.</p>	

Tabla 4.3- Concepto B

Concepto C: Peladora Mecánica	
Sistemas	
Sistema de alimentación:	Pinzas electromecánicas
Sistema de sujeción:	Tridente sujetador
Sistema de pelado:	Navaja con ajuste mecánico
Sistema de deshuesado:	Deshuesador con forma de hueso del mango
Sistema de control:	Tarjeta de desarrollo basada en un microcontrolador
Sistema de potencia:	Motores a pasos y actuador eléctrico
*Sistemas auxiliares:	Ninguno
Descripción de funcionamiento:	
<p>Las pinzas electromecánicas ingresan el mango hasta el sitio donde es sujetado por los tridentes sujetadores, una vez realizada esta acción, los tridentes comienzan a girar junto con el mango, a su vez, una navaja ajustada mediante un resorte comienza a desplazarse a lo largo del mango, gracias a la elasticidad del resorte, la cuchilla logra ajustarse a los cambios en la superficie del mango, arrancando de esta manera la cáscara. La tarea de deshuesado se realiza al juntar los sujetadores hasta separar el mango de la pulpa, una vez realizada esta acción podrá repetirse el ciclo.</p>	
Boceto:	
<p>El boceto ilustra los componentes principales de la máquina: un mango central con un hueso en su interior, dos tridentes sujetadores conectados al mango, una navaja con un resorte montada en el mango para pelarlo, y las pinzas electromecánicas que sujetan el mango.</p>	

Tabla 4.4- Concepto C

4.2. Selección de conceptos

La selección del concepto es el proceso para evaluar las posibles soluciones tomando en cuenta las necesidades del cliente y definiendo los criterios necesarios para llevar a cabo dicho proceso de evaluación, es muy importante comparar los puntos fuertes y débiles de cada solución, y llevar a cabo la selección de uno o más conceptos para su posterior investigación, prueba o desarrollo, la selección de conceptos es un proceso convergente en donde es muy importante practicar iteraciones para llegar a producir y seleccionar el concepto que mejor satisfaga las necesidades identificadas.

Hasta este punto del proyecto se han ideado tres formas distintas de resolver el problema del pelado y deshuesado de la máquina, estas soluciones conceptuales se proponen y describen en las tablas 4.2, 4.3 y 4.4. Estos conceptos representan tres distintas formas de realizar las funciones identificadas inicialmente, sin embargo es preciso averiguar cuál de ellas es más conveniente implementar, para ello a continuación se lleva a cabo una comparativa entre los conceptos desarrollados y posteriormente una evaluación de ellos, estas actividades se han realizado con la ayuda de un equipo de trabajo y tienen la finalidad de identificar las principales ventajas y desventajas que conlleva la implementación de cada uno.

4.2.1. Comparativa de conceptos

En la tabla 4.5 se muestra la comparativa de los conceptos, es posible visualizar cada concepto en la primer fila de la tabla, por su parte en la primer columna podemos localizar los criterios de selección, los cuales fueron seleccionados en base a las necesidades del cliente. En cuanto a la comparativa, se tomó el concepto C como referencia y se comparó contra el concepto A y B, indicando únicamente si es mejor (+), peor (-) o igual (=).

Criterios de selección	Concepto A	Concepto B	Concepto C (Referencia)
Nivel de automatización	+	+	0
Consumo energético	-	-	0
Procesa más variedades de mango	+	+	0
Calidad de procesamiento	=	+	0
Reducción de desperdicios	+	+	0
Producción pzas/min	=	=	0

Mantenimiento	-	-	0
Facilidad de operación	-	-	0
Costo de construcción	-	-	0
Partes comerciales	-	-	0
Seguridad al operario	-	-	0

Tabla 4.5- Comparativa de conceptos

4.2.2. Evaluación de conceptos

La comparativa de conceptos permite obtener información muy certera en base a la satisfacción de las necesidades que logra cada concepto, en este punto se realiza un conteo de esta información con la finalidad de obtener parámetros numéricos que puedan ser interpretados y ayuden a tomar decisiones sobre cuál de los conceptos emplear, o en algunos casos, que puntos de cada concepto deben usarse para intentar generar un nuevo concepto. En la tabla 4.6 se muestra el conteo realizado tomando como referencia el concepto C.

Criterios de selección	Concepto A	Concepto B	Concepto C
Suma mejor (+)	3	4	0
Suma igual (=)	2	1	0
Suma menor (-)	6	6	0
Evaluación Neta	-3	-2	0

Tabla 4.6- Evaluación de conceptos

4.2.3. Combinación de conceptos

El proceso de evaluación de conceptos permite evaluar las ventajas y desventajas de un grupo de ideas frente a una de referencia, sin embargo el resultado no implica que el concepto con mayor valor neto, es el concepto que debe seleccionarse, sin embargo es conveniente tomarlo como referencia para combinarlo con las características positivas (+) de los demás conceptos, definiendo así un nuevo concepto, en la tabla 4.7 es posible visualizar el concepto D, el cual es una combinación del concepto C con las características aplicables de los conceptos A y B.

Concepto D: Peladora mecánica autoajustable	
Sistemas	
Sistema de alimentación:	Manual
Sistema de sujeción:	Deshuesador con forma de hueso del mango
Sistema de pelado:	Navaja con ajuste mecánico
Sistema de deshuesado:	Deshuesador con forma de hueso del mango
Sistema de control:	Tarjeta de desarrollo basada en un microcontrolador
Sistema de potencia:	Motores a pasos y actuador eléctrico
*Sistemas auxiliares:	Sistema complementario para alimentación Sistema de expulsión
<p style="text-align: center;">Descripción de funcionamiento:</p> <p>Dado el costo que implica el posicionamiento automático, se decidió que este puede ser realizado en forma manual sin afectar el producto esperado. Inicialmente el mango es insertado en los sujetadores con la forma del hueso del mango, una vez terminado esta etapa, el operador debe presionar un botón para girar los sujetadores y posicionarlos para comenzar con la fase de pelado, en ese momento los tridentes comienzan a girar junto con el mango, mientras que la navaja ajustada mediante un resorte comienza a desplazarse a lo largo del mango, gracias a la elasticidad del resorte, la cuchilla logra ajustarse a los cambios en la superficie del mango, arrancando de esta manera la cáscara. La tarea de deshuesado se realiza al juntar los sujetadores hasta separar el mango de la pulpa. Desde el momento en que inicia el proceso de pelado, una banda transportadora es activada para desplazar la cáscara, posteriormente el hueso y al final las mitades de pulpa, mientras ocurren las fases de pelado y deshuesado, el operario habrá insertado de nuevo los mangos para iniciar nuevamente con el ciclo.</p>	
<p style="text-align: center;">Boceto:</p> <p>El diagrama de boceto ilustra los componentes principales de la peladora. En el centro se encuentra un mango con un hueso (representado como un círculo amarillo con un núcleo gris) insertado en su interior. A ambos lados del mango están montados dos tridentes, que son piezas con forma de U que sujetan el mango. Abajo del mango se muestra una navaja (cuchilla) montada sobre un resorte helicoidal, lo que permite que la navaja se ajuste automáticamente a la superficie del mango durante el proceso de pelado.</p>	

Tabla 4.7- Concepto D

El concepto D es el resultado del proceso de selección de conceptos, es de notar que las características no deseadas en los conceptos A y B, no generan problemas en el nuevo concepto D.

4.3. Esquema de concepto

El resultado de la generación de conceptos proporcionó la definición del Concepto D, el cual es un concepto desarrollado desde múltiples puntos de vista, el siguiente paso es llevar este concepto a un modelo tridimensional que permita visualizar la forma final del producto.

Deben incorporar ciertas características que se plantearon al inicio del proyecto, como qué debe ser una máquina compuesta por elementos comerciales, por tal razón es momento de idear una geometría que permita la correcta interacción física de estos elementos, por tal razón en este apartado se inicia con una propuesta esquemática que define una primera visión del diseño conceptual de la MPDM a partir de bloques representativos, en la figura 4.27 es posible visualizar el esquema.

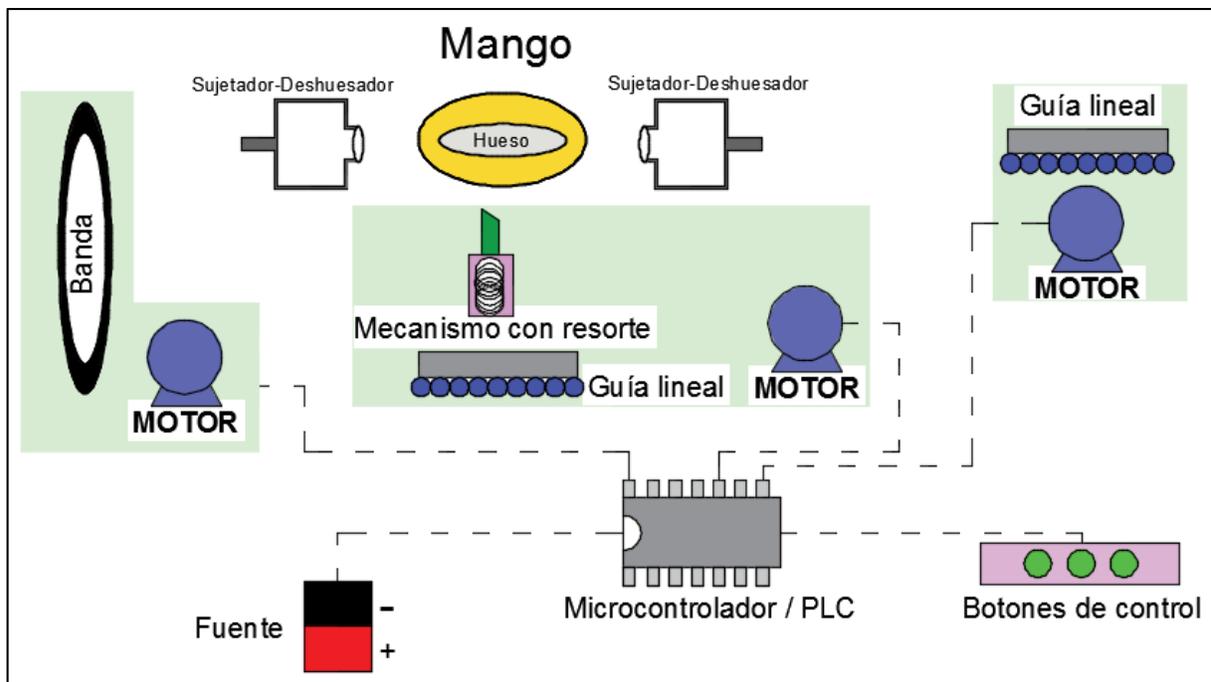


Figura 4.27- Esquema MPDM

4.4. Construcción de modelo de pruebas

El alcance de este proyecto queda concluido con un el diseño y el conjunto de especificaciones necesarias para llevar a cabo la construcción de la máquina, sin embargo existen algunas preguntas relacionadas con la fase de diseño conceptual, las cuales están relacionadas al cumplimiento de las suposiciones planteadas, por esta y otras razones, es conveniente llevar a cabo la construcción de un modelo de pruebas en donde se puedan observar y estudiar las funciones principales de la máquina. En la sección Apéndice se ha incluido la portada con los datos del artículo en donde se detalla el proceso de diseño desarrollado para la construcción del modelo de pruebas.

La formulación de la solución a un problema es una tarea que frecuentemente se obtiene de las primeras ideas que genera el cerebro, puesto que comúnmente tenemos un conjunto de posibles soluciones como producto de la experiencia de cada ser humano, sin embargo el problema inicia cuando la tarea a resolver se torna compleja y el diseñador implementa soluciones sin analizarlas de manera profunda, ya que puede no estar considerando algunas posibilidades que podrían generar problemas, por tanto además de analizar a fondo las soluciones propuesta, es conveniente realizar experimentos físicos que prueben la funcionalidad de las soluciones propuestas, generalmente está es una cualidad que el diseñador adquiere mediante la experiencia práctica.

4.4.1. Propósito del modelo de pruebas

De acuerdo al contexto y la metodología empleada en este trabajo, un modelo de pruebas se define como una aproximación al producto en una o más dimensiones de interés, por tanto en este apartado se define de manera específica cual es el propósito general y los objetivos principales que deben cumplir con la ayuda del modelo de pruebas. El propósito general del modelo de pruebas es construir un instrumento físico en donde se pueda observar y estudiar el proceso de pelado y deshuesado de mangos, de esta forma es posible comprender los procesos físicos de una mejor manera, los objetivos principales son los siguientes:

- ✓ *Comprobar el correcto funcionamiento de los sistemas de pelado y deshuesado.*
- ✓ *Definición de los tiempos de trabajo.*
- ✓ *Desarrollo e implementación de los sistemas de potencia y de control necesarios para llevar a cabo el pelado y el deshuesado en forma automática.*
- ✓ *Realización de pruebas con mangos de distintas especies y grados de madurez.*

4.4.2. Nivel de aproximación del modelo de pruebas

El modelo de pruebas desarrollado para este proyecto es necesario para la observación y el análisis de las funciones de pelado y deshuesado fundamentalmente, la razón principal es que la interacción e implementación de estos dos sistemas en un mismo dispositivo es una de las mayores aportaciones de este proyecto, por tal razón se decidió modificar algunos sistemas con respecto a la MPDM, con la finalidad de enfocarse a estos problemas en específico. En la tabla 4.8 se observa la forma en que son implementados los sistemas en la MPDM y en el modelo de pruebas, además de que se señalan las diferencias principales entre ambos.

Sistemas	Máquina	Modelo de pruebas
Alimentación	El operario inserta manualmente el mango	El operario coloca manualmente el mango
Sujeción	Sujetadores con forma del hueso del mango	Sujetadores con forma del hueso del mango
Pelado	Mediante navaja ajustada mecánicamente	Mediante navaja ajustada mecánicamente
Deshuesado	Mediante el cierre de los sujetadores con la forma del hueso del mango	Mediante el cierre de los sujetadores con la forma del hueso del mango
Control	Tarjeta de desarrollo basada en microcontrolador	Tarjeta de desarrollo basada en microcontrolador
Potencia	Motores a pasos y actuadores eléctricos	Motores a pasos
<p>Diferencias: Las principales diferencias entre la MPDM y el modelo de pruebas se encuentran relacionadas con la producción que genera cada dispositivo, mientras que la máquina debe cumplir con una producción competitiva con la competencia, el modelo de pruebas debe variar los tiempos de producción, con la finalidad de encontrar la mejor relación de tiempo durante el proceso de trabajo. Otro cambio importante, se encuentra en el sistema de alimentación, puesto que en la MPDM deben alimentarse varios mangos en forma simultánea, y en el modelo de pruebas solo se procesa un mango a la vez, por tanto estos sistemas se vuelven manuales en el modelo de pruebas.</p>		

Tabla 4.8- Sistema MPDM y modelo de pruebas

4.4.3. Modelo conceptual

Para llevar a cabo el desarrollo del diseño conceptual del modelo de pruebas, se planteó la misma metodología que se ha venido desarrollando hasta este punto, por tanto el modelo de pruebas ha sido diseñado tomando en cuenta los componentes y dispositivos disponibles en la ciudad de México y los medios y técnicas de fabricación con los que se cuenta.

El resultado obtenido posterior a la fase de diseño conceptual se puede observar en la imagen 4.28, en donde se observan las partes principales, la geometría desarrollada y la configuración de los dispositivos y mecanismos que componen los sistemas que se desean observar y analizar.

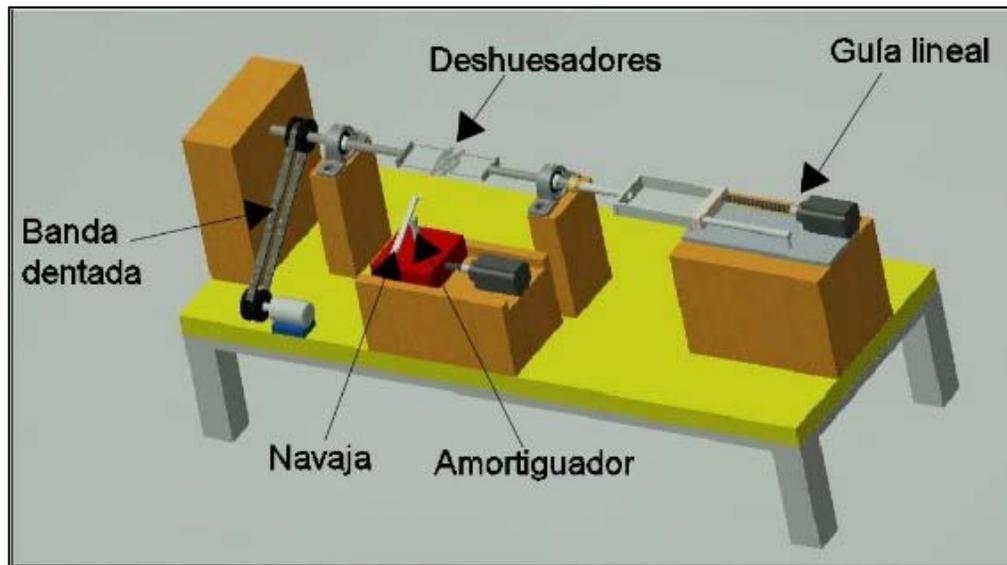


Figura 4.28- Partes del modelo de pruebas

En la figura 4.29 se muestra una vista más detallada del modelo conceptual, en donde es posible analizar mejor los componentes y los mecanismos del modelo de pruebas, también es posible observar los movimientos que se presentan y que su vez han sido automatizados mediante guías lineales y motores eléctricos.

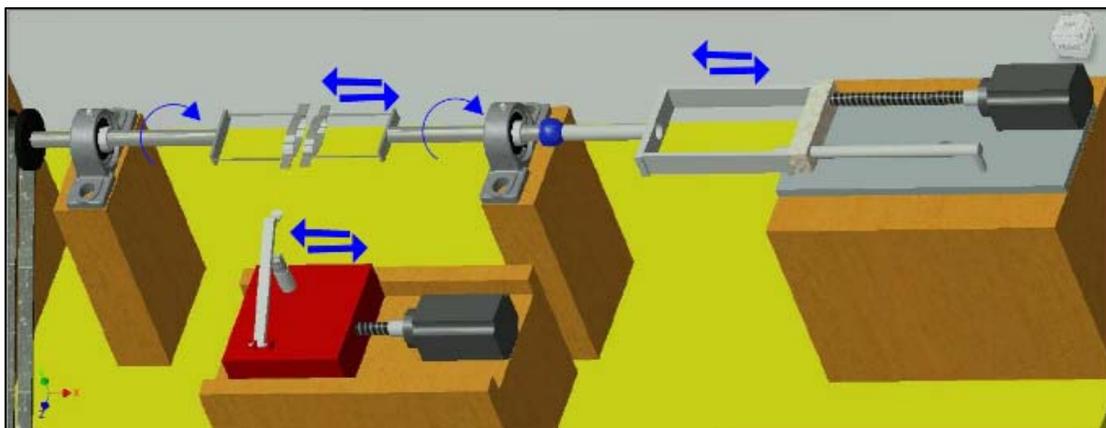


Figura 4.29- Movimientos automáticos del modelo de pruebas

4.4.4. Modelo físico

Una vez terminada la fase de diseño conceptual, se llevó a cabo la construcción del modelo físico, el cual se encuentra ilustrado en la figura 4.30, es posible observar la semejanza con el modelo de diseño conceptual y se pueden visualizar los elementos y sistemas que componen el modelo, así como los movimientos que se han automatizado.

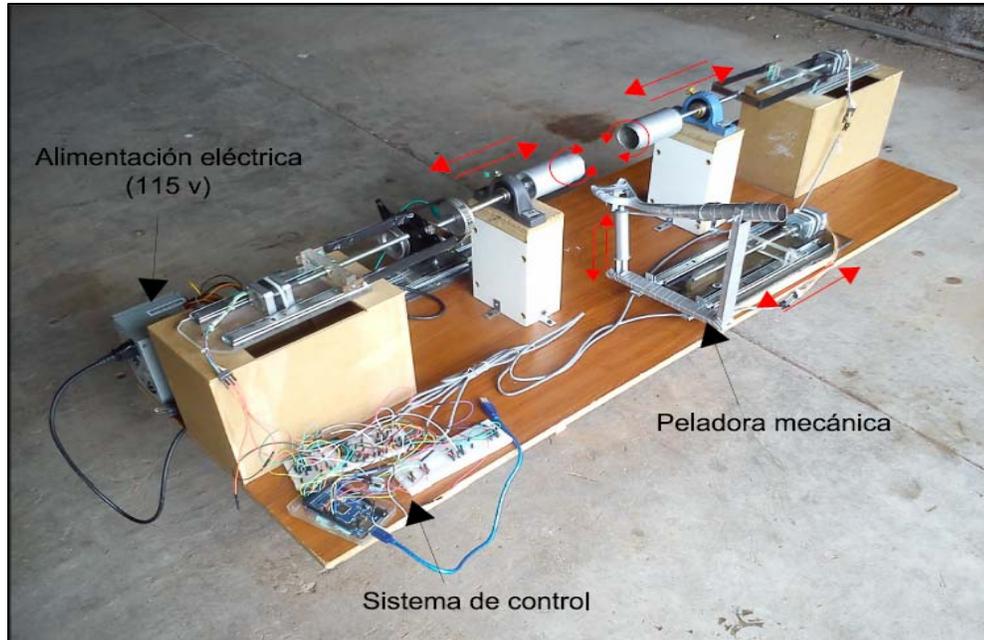


Figura 4.30- Partes y movimientos del modelo físico

El funcionamiento del modelo es el siguiente, inicialmente se coloca en forma manual un mango entre los sujetadores y se activa el motor de la guía lineal que aparece a la derecha de la figura 4.30 hasta penetrar el pico del mango y tocar el hueso, posteriormente se activa el motor que hace girar la polea mediante una banda y esto hace que el mango comience a girar como lo hacen las piezas mecánicas en un torno, una vez que se tiene el mango sujeto y girando sobre su eje transversal, se activa el motor que desplaza la navaja y el mecanismo MC, esto provoca que la navaja entre en contacto con el mango y comience a desprender la cáscara, el mecanismo MC de la peladora mecánica contiene un resorte calibrado para mantener a la navaja en contacto con la superficie del mango sin importar los cambios de sección, por último, al finalizar el desplazamiento de la navaja, se ha terminado de pelar el mango, una vez hecho esto, se vuelve a activar la guía lineal y provoca el cierre de los deshuesadores, estos cortan la pulpa del mango en dos mitades a las que se ha definido como “cachetes” y extraen el hueso del fruto, una vez hecho esto, los mecanismos regresan a su estado inicial y el ciclo comienza nuevamente.

En la imagen 4.31 se muestra otra vista del modelo de pruebas para pelado y deshuesado de mango, es importante mencionar que dado el objetivo planteado para el modelo de pruebas, se llevó a cabo la construcción de éste con materiales para prototipado rápido, tales como madera, acrílico y elementos mecánicos comerciales, está controlado mediante una tarjeta de desarrollo tipo Arduino, e incorpora motores a pasos para la realización de pruebas.



Figura 4.31- Modelo de pruebas

4.4.5. Pruebas de funcionamiento

La correcta interacción de las partes que conforman una máquina, da como resultado la realización de un trabajo exitoso, sin embargo en la primera versión de una máquina es común que aparezcan errores no contemplados durante la fase de diseño conceptual, en este caso se cometió un abuso en la implementación de materiales de prototipado rápido y esto provocó que se produjera demasiado juego mecánico en la estructura, por tal razón el modelo de pruebas no logró el pelado y el deshuesado del mango en la forma deseada, sin embargo esto ayudó bastante en la consideración de aspectos en el diseño de la MPDM.

Los deshuesadores de mango manuales son elementos muy sencillos, sin embargo no son comerciales en México y esto generó un problema, puesto que se importaron de China y el paquete tardó 2.5 meses en llegar, por lo tal razón se tuvo que improvisar sustituyendo este componente con otro que pudiese realizar la misma función, sin embargo el funcionamiento fue muy diferente al esperado, en la fase de diseño conceptual se planeó que los deshuesadores también deben realizar el papel de sujetadores, sin embargo en este caso los

sujetadores implementados no lograron contactar y utilizar el hueso del mango como punto de apoyo para llevar a cabo la sujeción al momento de girar el fruto, por tanto se generó deslizamiento entre estos y el giro no fue constante, en la figura 4.32 se muestra el mango montado entre los sujetadores listo para ser procesado.

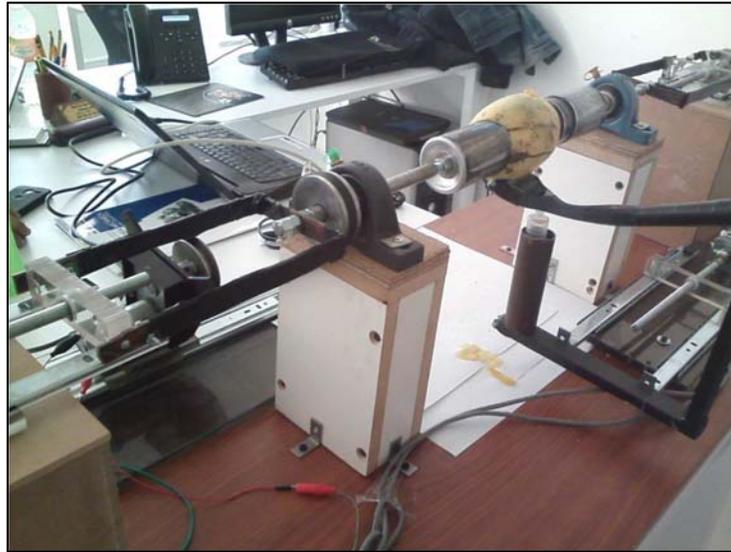


Figura 4.32- Modelo de pruebas funcionando

Como ya se ha mencionado, el pelado del mango no resultó en la forma esperada, sin embargo se pudieron observar distintos problemas que se presentaron al momento realizar la prueba de pelado, en la parte final de esta sección se presentan las conclusiones que se obtuvieron, en la figura 4.33 se muestra la forma en que se llevó a cabo el pelado del mango.



Figura 4.33- Pelado de mango

Una vez finalizadas las pruebas de procesamiento se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- ✓ *La sujeción de los mangos debe recaer en el hueso, sin ello sería como sujetar una gelatina.*
- ✓ *6 segundos es un tiempo promedio para que le mecanismo pelador recorra el mango y corte la cáscara.*
- ✓ *8 segundos es un tiempo promedio para que los dispositivos deshuesen un mango y regresen a su posición de origen.*
- ✓ *No es necesario emplear un motor de CA para hacer girar los mangos, el par y la velocidad que realmente se requiere es bastante inferior a la de los motores monofásicos más pequeños.*
- ✓ *La cuchilla y el mecanismo de pelado son elementos clave, su cálculo y calibración debe realizarse a detalle.*

Todos estos son puntos de apoyo para la toma de decisiones al momento de definir el diseño de la MPDM, por último en la figura 4.34 se muestra el hueso del mango obtenido con el primer modelo de pruebas, así mismo en la figura 4.35 se muestra la cáscara de mango, en la imagen es fácil notar la total irregularidad en los cortes realizados, será un punto clave a mejorar en la segunda versión del modelo de pruebas.

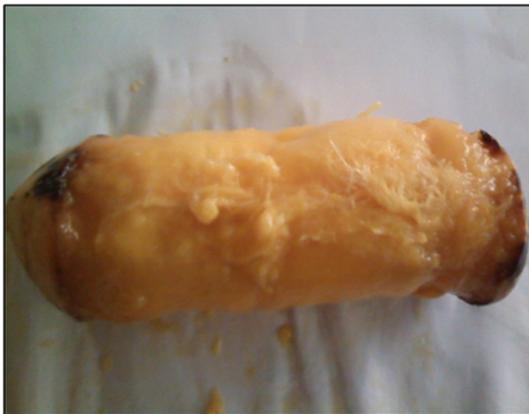


Figura 4.34- Hueso de mango



Figura 4.35- Cáscara de mango

CAPÍTULO 5

Diseño de Detalle

Diseño de detalle es la parte del proceso de diseño que complementa el proceso de desarrollo de productos con instrucciones finales acerca de las formas, dimensiones y propiedades de la superficie de todos los componentes que conforman el producto, así mismo comprende la selección definitiva de material y un escrutinio final de los métodos de producción, de funcionamiento, procedimientos y costos.

Uno de los aspectos más importantes de la fase de diseño de detalle es la elaboración de documentos para la fabricación, incluyendo los planos detallados de componentes, planos de montaje, y listas de piezas correspondientes. De manera general estas actividades se llevan a cabo a través del uso de un software CAD, en este caso se utilizó el software AutoDesk Inventor Professional 2015, la razón por la que se ha elegido esta herramienta es porque actualmente la mayor parte del software de la compañía AutoDesk permite su uso por medio de una licencia estudiantil, la cual debe ser tramitada en su sitio Web.

En el desarrollo de este capítulo se encuentra la ingeniería de detalle de la máquina que se obtuvo después de aplicar la metodología de diseño, la información aquí planteada se encuentra estructurada con la finalidad de presentar el modelo de la MPDM desde un punto de vista general, pero con el objetivo de profundizar en las características de los distintos elementos que la conforman. A partir de una descripción general y de la explicación del funcionamiento, se detalla la mecánica de cada sistema, y se describe cada uno de los componentes y dispositivos que los conforman, posteriormente se lleva a cabo la selección de los materiales de cada elemento y en la parte final del capítulo se lleva a cabo el cálculo de los dispositivos de potencia que se sugiere emplear una vez que se lleve a cabo la construcción del primer prototipo de la máquina, pensando en esto, se han buscado componentes y dispositivos que se puedan conseguir con facilidad en México, además de que se ha intentado emplear el mayor número de dimensiones estandarizadas y de uso general, dejando a los posibles cambios a consideración abierta.

5.1. Modelo 3D de máquina peladora y deshuesadora de mango

En la figura 5.1 se presenta el modelo geométrico obtenido para la MPDM al finalizar la aplicación de la metodología de diseño, en ella se puede apreciar una vista general de la máquina al concluir con la elaboración de los dibujos en el software AutoDesk Inventor Professional 2015. En el diseño que se presenta en esta sección, han sido considerados e implementados todos los aspectos y puntos de mejora obtenidos mediante el modelo de pruebas presentado en el capítulo 4, así como la retroalimentación aportada por compañeros estudiantes y profesores del área de diseño mecánico y mecatrónica, de esta manera es posible pensar en que en caso de llevar a cabo la construcción de esta máquina, los resultados serían ser favorables

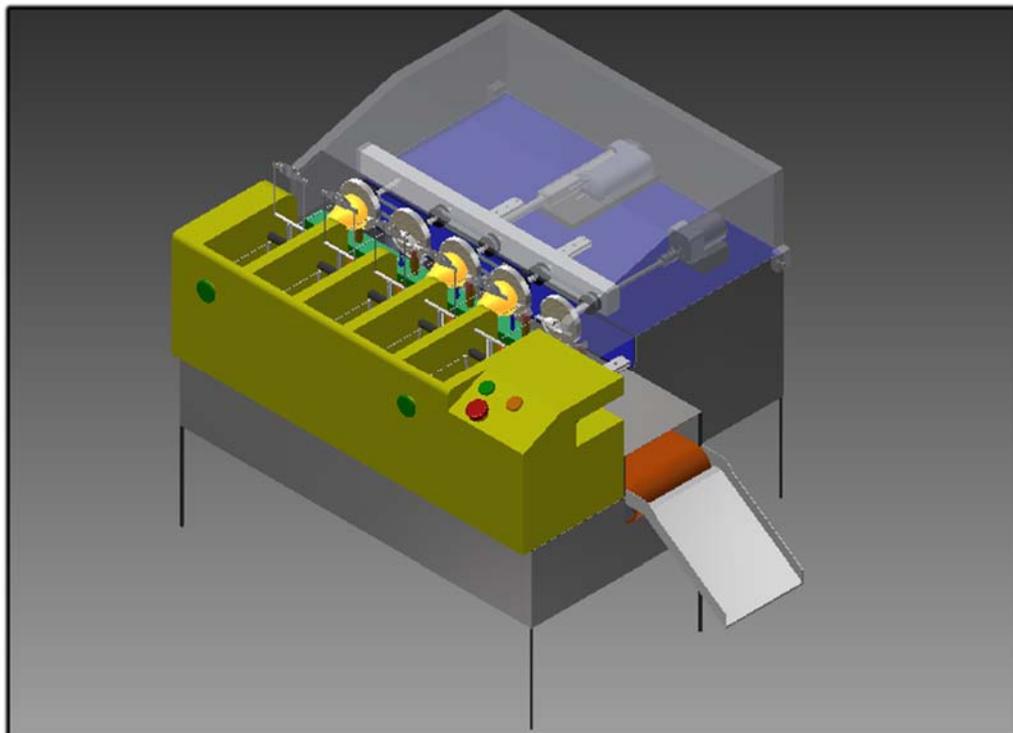


Figura 5.1- Modelo CAD 3D de la MPDM

El funcionamiento de operación de la máquina se explicará paso a paso en los siguientes apartados, siguiendo los pasos enunciados en el diagrama mostrado en la figura 5.2, el cual describe el proceso y el orden en que se ejecutan, en el diagrama se han señalado en un recuadro en color azul las funciones en las que debe intervenir el operador y en otro recuadro en color rojo las funciones que la máquina realiza en forma automática.

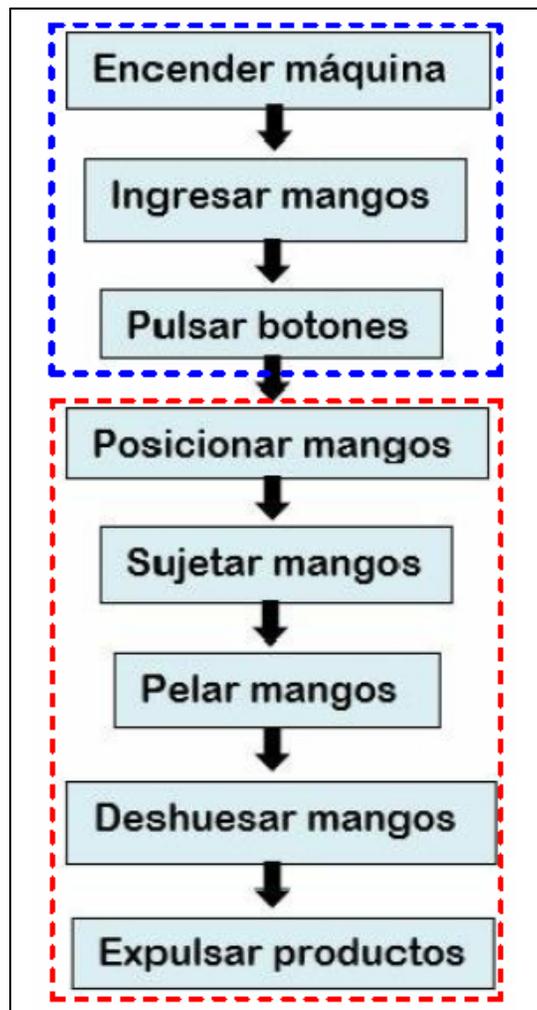


Figura 5.2- Ciclo de trabajo de la MPDM

5.1.1. Sistema de alimentación

La alimentación en la MPDM se efectúa en forma manual, para llevar a cabo esta acción el operador debe insertar el pico de los mangos en los sujetadores deshuesadores que se encuentran posicionados en forma vertical, al terminar de posicionar el quinto mango deberán quedar como se muestra en la figura 5.3, posteriormente el operador deberá pulsar los botones colocados en la parte frontal de la máquina, los cuales se pueden observar en la figura 5.1, para realizar esta acción el operador deberá ocupar ambas manos, lo que garantizará que no se verá afectado con el movimiento de los sujetadores. Al pulsar ambos botones, los sujetadores girarán 90° gracias al accionamiento de un motor a pasos, lo que dará como resultado que los sujetadores pasen de posición vertical a horizontal y un nuevo grupo de sujetadores vacíos quede disponible en forma vertical para que el operador aproveche el tiempo de procesamiento y vuelva a insertar 5 mangos más.

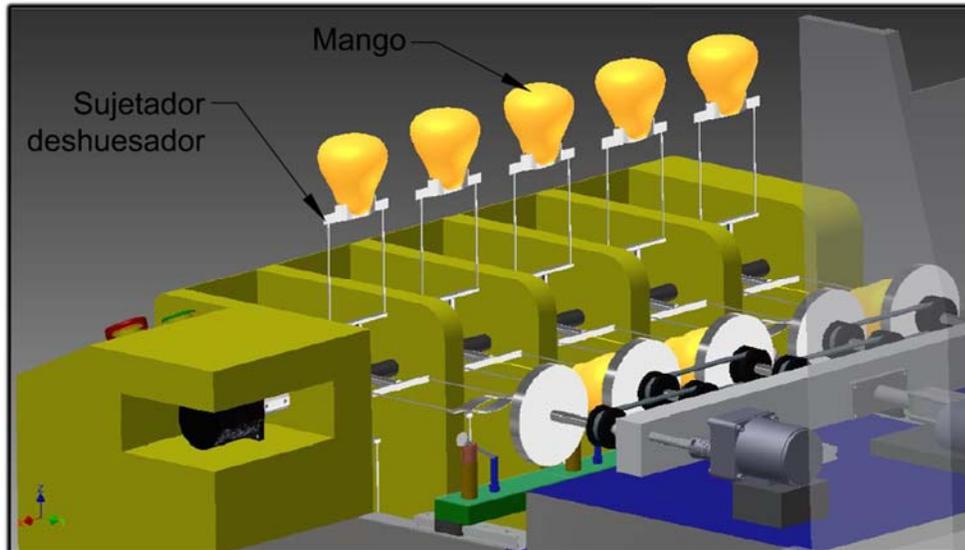


Figura 5.3- Sistema de alimentación

5.1.2. Sistema de sujeción

Tras la ejecución del sistema de alimentación, habrá 5 mangos en posición horizontal, enclavados en sujetadores con sección transversal similar a la forma del hueso de un mango, en este momento el actuador lineal eléctrico que se observa en la figura 5.4, se desplazará cierta distancia, hasta insertar sus tridentes en la base del mango, sujetando al mango entre el sujetador donde fue insertado por el operador y entre los tridentes de los sujetadores con forma redonda.

Los sujetadores circulares, son elementos de acero inoxidable que cuentan con una base de goma y en el centro cuentan con tres pequeños tridentes con punta, estos están conectados a un bloque que a su vez está fijo al vástago del actuador lineal eléctrico.

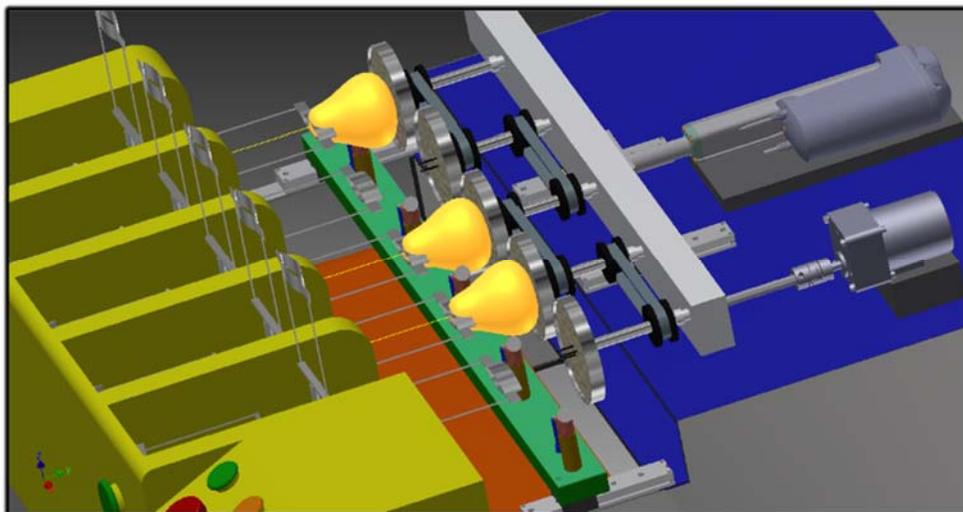


Figura 5.4- Sistema de sujeción

5.1.3. Sistema de pelado

El sistema de pelado implica la intervención de algunos otros elementos, tales como poleas adheridas al eje de los sujetadores circulares y un eje estriado conectado a un motor de CA. La finalidad de estos elementos es transmitir el par del motor a cada uno de los ejes de los sujetadores, con el objetivo de hacer girar el mango en torno a su eje transversal, de esta forma debe obtenerse el mango girando como si fuera una pieza en un torno. Una vez que el mango fue sujetado y se activa el motor de CA, el mango comienza a girar, en este momento el bloque de acero mostrado en color verde en la figura 5.5 es desplazado por la acción de un segundo actuador lineal eléctrico, mientras esto ocurre, un mecanismo de manivela corredera (MC) ajusta un resorte situado en la base del cilindro de color café, de tal forma que una navaja situada en el eslabón de color gris, pueda ajustarse a la superficie del mango cortar-arrancar la cáscara mientras el mango se encuentra girando, al final de la carrera del actuador, el mango habrá sido pelado y el mecanismo MC volverá a su posición inicial.

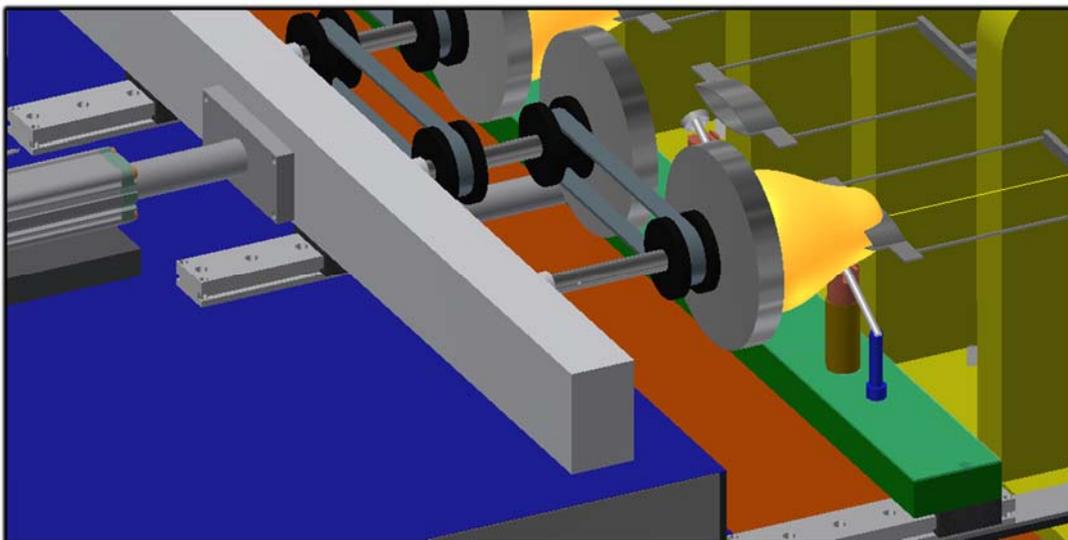


Figura 5.5- Sistema de pelado

En la figura 5.6 se observa una imagen con el detalle del mecanismo MC que realiza la labor de pelado, se observa como están situados los mecanismos a lo largo de la barra de color verde, la cual a su vez está unida al vástago del actuador lineal eléctrico mostrado en la figura 5.6. La distancia que recorren los peladores, debe ser una distancia programada, ya que de no respetar los límites de carrera, podría existir contacto o rozamiento entre los sujetadores y los peladores, por tal razón es importante programar adecuadamente ambos actuadores eléctricos.

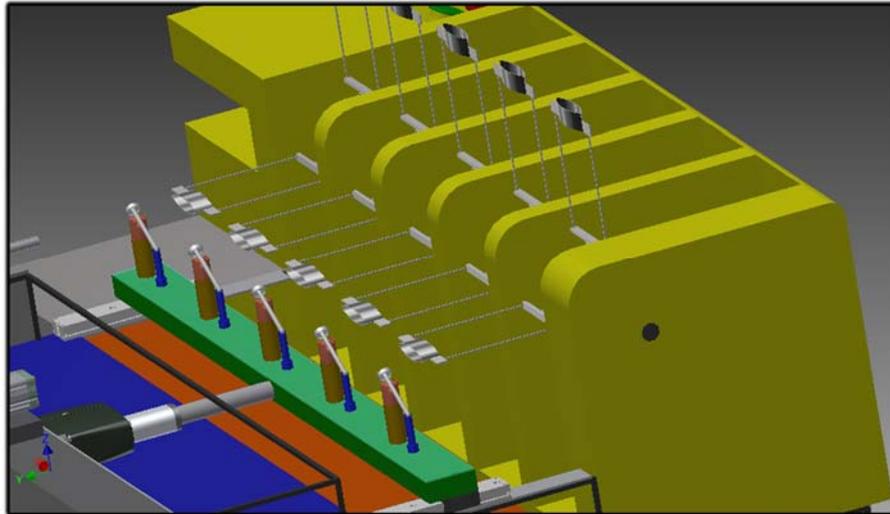


Figura 5.6- Detalle del sistema de pelado

5.1.4. Sistema de deshuesado

La fase final del procesamiento del mango, es la fase de deshuesado, en esta se encuentra el mango totalmente pelado tras la acción del sistema anterior, por lo que para realizar el deshuesado se llevará a cabo la extensión total del vástago del actuador lineal eléctrico que se encuentra conectado a los sujetadores circulares, esto provocará que el mango comience a desplazarse y confinarse hacia el sujetador donde fue ingresado al inicio del proceso, provocando el corte y la separación de la pulpa y el hueso, al final del proceso, los sujetadores circulares asegurarán el corte total del fruto, puesto que cuenta con una base de goma que permite confinar el fruto hasta separarlo totalmente, permitiendo que caigan libremente dos mitades de mango sin hueso y sin cáscara y el hueso del mango, en ese momento la banda transportadora se encargará de expulsar estos productos hacia cualquier recipiente que el operador elija, obteniendo de esta manera los productos requeridos al inicio del proyecto.

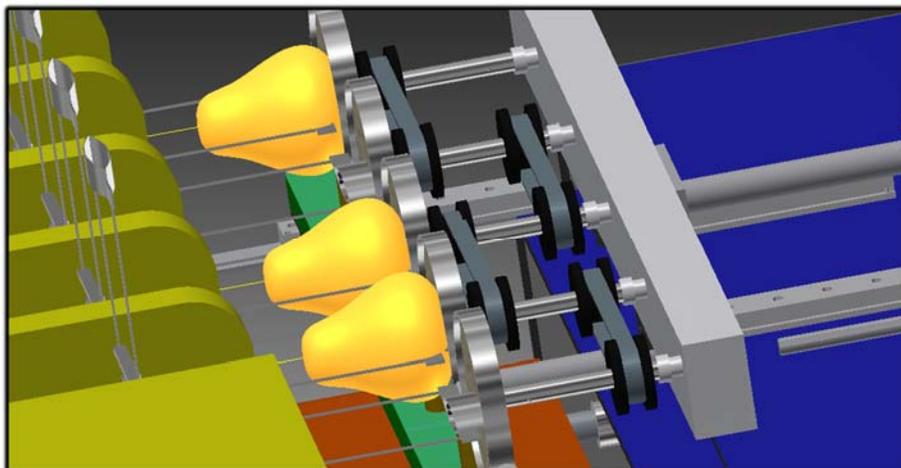


Figura 5.7- Sistema de deshuesado

5.1.5. Sistema de control

El diseño de un sistema de control para los dispositivos que conforman esta máquina queda fuera de los alcances de este proyecto, sin embargo es posible enunciar los requerimientos que el sistema necesita para lograr efectuar las operaciones mencionadas en el diagrama de la figura 5.2.

Para comenzar es imprescindible contar con la acción de un microcontrolador o de un PLC, dado que se requiere programar la secuencia de funcionamiento de cada uno de los motores y el desplazamiento de los actuadores eléctricos, para estos además, es necesario colocar sensores de final de carrera, ya que con ellos se podrán programar las distancias que deberá recorrer cada vástago, además de lo ya mencionado, se necesitan controladores para el motor a pasos y para los actuadores lineales.

Para que exista un control adecuado sobre los dispositivos que se emplean en el proceso, se deberán agregar algunos otros componentes que permitan aplicar técnicas de control y programación, componentes como: transistores, resistores, diodos, botones, cables, conectores, etc.

5.1.6. Sistema de potencia

El sistema de potencia es el encargado de integrar el movimiento y la fuerza necesaria para llevar a cabo los procesos mencionados con anterioridad, por tanto es muy importante seleccionarlos de la manera más adecuada, al igual que para todos los dispositivos y elementos mencionados, los dispositivos que conforman el sistema de potencia serán detallados en la siguiente sección, por tanto en esta sección solo se adelantará que el diseño contempla el uso de 2 actuadores lineales eléctricos, uno para desplazar el bloque con los deshuesadores circulares y otro para desplazar el bloque con el mecanismo de pelado.

También se ha decidido emplear un motor a pasos para hacer girar el eje con los sujetadores deshuesadores, un motor de CD y otro de CA, uno para el movimiento de las poleas en el ciclo de pelado y otro para activar la banda transportadora al momento de dar salida a los productos del procesamiento.

5.2. Componentes y dispositivos

De la misma manera que se ha presentado de forma general el funcionamiento del diseño propuesto, en esta sección se presentan los componentes que conforman cada sistema, esto con la finalidad de resolver las dudas generadas en la sección anterior, las dimensiones de cada elemento presentado en esta sección podrá consultarse en la sección Apéndice.

5.2.1. Sistema de alimentación

Ya se ha explicado sobre la función y la operación de este sistema, sin embargo no se ha hablado acerca de los elementos que permiten que este sistema realice su función adecuadamente. El sistema de alimentación es uno de los sistemas con los que se deben de tomar más precauciones, puesto que en este caso es el punto de contacto con el operador y por tanto debe asegurarse la integridad física de éste. En la figura 5.8 se puede observar el mecanismo que permite ingresar los mangos a la máquina y posteriormente ser procesados con ayuda de los demás sistemas, se trata de un eje barrenado con sección transversal circular, el cual contiene 20 piezas sujetadoras, las cuales tienen la forma de la sección transversal del mango, estos son desplazados angularmente 90° cada vez que el operario ingresa una carga nueva de mangos.

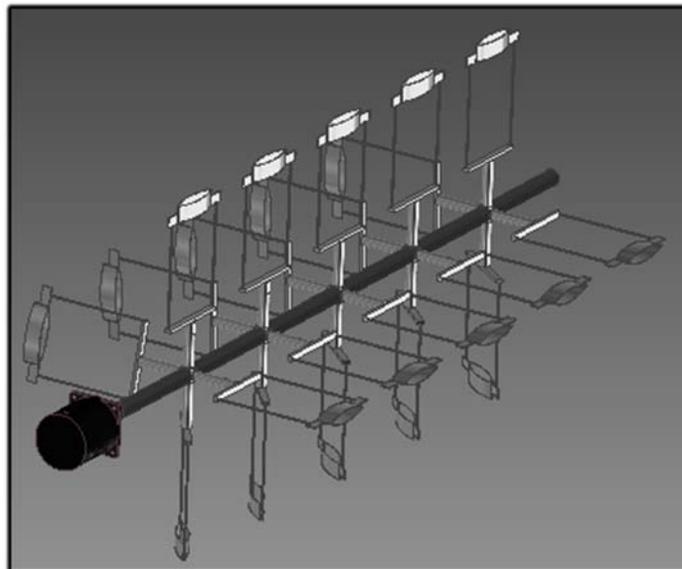


Figura 5.8- Mecanismo para deshuesado

5.2.2. Sistema de sujeción

Sujetar un mango es una tarea complicada por naturaleza, incluso sujetarlo con las manos mientras lo consumes es complicado, para lograr procesarlo sin que logre resbalarse, se tiene que realizar el paso previo en el que se inserta en el sujetador de tal forma que éste toque el hueso del mango, sin embargo aún falta sujetarlo del extremo contrario, aquí es el momento en que se deben tomar decisiones, puesto que se requiere sujetar el mango para girarlo y poder pelarlo, siendo así, basta con enclavar tridentes que toquen el hueso y sometan el cuerpo del mango a compresión, esto nos da como resultado el mecanismo mostrado en la figura 5.9, en donde se puede apreciar a los sujetadores circulares con tridentes en su parte central, los cuales a su vez están conectados a un bloque el cual es desplazado por el vástago del actuador lineal eléctrico mostrado en la misma figura.

El bloque que conecta al actuador con los sujetadores se soporta sobre guías lineales para contrarrestar el peso de los elementos mencionados, el largo de los tridentes esta dado en función de la separación de la base del mango al punto en donde se ubica la parte robusta del hueso, la función de los tridentes es sujetar un extremo del mango y proporcionar un punto de apoyo para transmitir el movimiento angular, por tanto a través de la caracterización de los mangos manila y ataulfo y algunas mediciones en ejemplares promedio, se ha concluido que una longitud de tridente de 27 mm es un valor que asegura la penetración hasta contactar con el hueso.

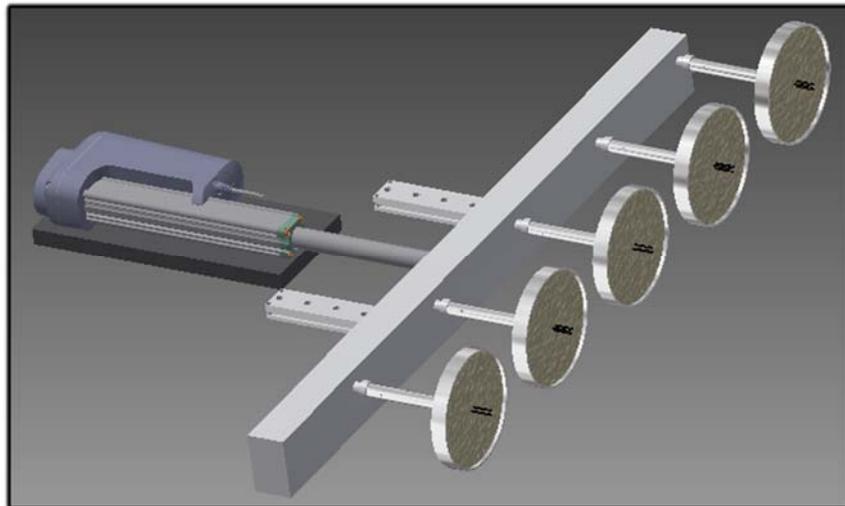


Figura 5.9- Mecanismo para sujeción

5.2.3. Sistema de pelado

Una de las aportaciones más significativas y claras de este proyecto, fue la integración del sistema de pelado y deshuesado en un solo dispositivo, cuando se realizó la búsqueda de información se encontró que ya existían máquinas y herramientas que podían realizar estas operaciones por separado, sin embargo ninguna integraba las dos funciones en una sola máquina o dispositivo, por tanto el mecanismo de pelado que se presenta en la figura 5.10 presenta la peculiaridad de ser compatible y no interferir con el mecanismo de deshuesado y además permite hacer ambas actividades de manera secuencial.

Se han presentado diferentes máquinas, métodos y elementos para retirar la cáscara de los mangos, sin embargo tras evaluarlas como parte de cada concepto, se optó por hacerlo girar mientras una navaja o cuchilla arrancaba la cáscara de manera gradual y uniforme, para lo que fue necesario pensar en un dispositivo o mecanismo que pudiese adecuarse a los cambios de forma en la superficie del mango.

Para realizar esta acción se seleccionó un mecanismo MC debido a la geometría que éste conlleva, sin embargo se tuvo que adecuar uno de los eslabones para que en la corredera existiese movimiento amortiguado, de esta manera puede calibrarse el amortiguador en tal forma que la navaja colocada en el eslabón de salida pueda adaptarse a los cambios de superficie del mango. De esta forma se obtiene un mecanismo seguidor, el cual se desplaza mediante el accionamiento de un actuador eléctrico conectado a la base de los mecanismos (bloque color verde).

Los últimos componentes de este sistema, son un conjunto de poleas colocadas en los ejes de los sujetadores circulares, estas poleas permiten transmitir el movimiento del motor eléctrico de CA que se observa en color gris oscuro en la imagen, la unión del eje de este motor con el bloque deshuesador tiene un principio interesante, puesto que permite que el bloque se desplace linealmente para ejecutar los otros procesos, pero además permite transmitir su torque y hacer girar la polea a la que se encuentra conectada directamente, la cual a su vez por medio de bandas transmite su movimiento a las otras poleas. Para lograr realizar esta función, se utilizó una combinación de ejes estriados hembra macho que permiten el desplazamiento lineal pero transmiten el desplazamiento angular, de este modo es posible cumplir con el objetivo de este sistema.

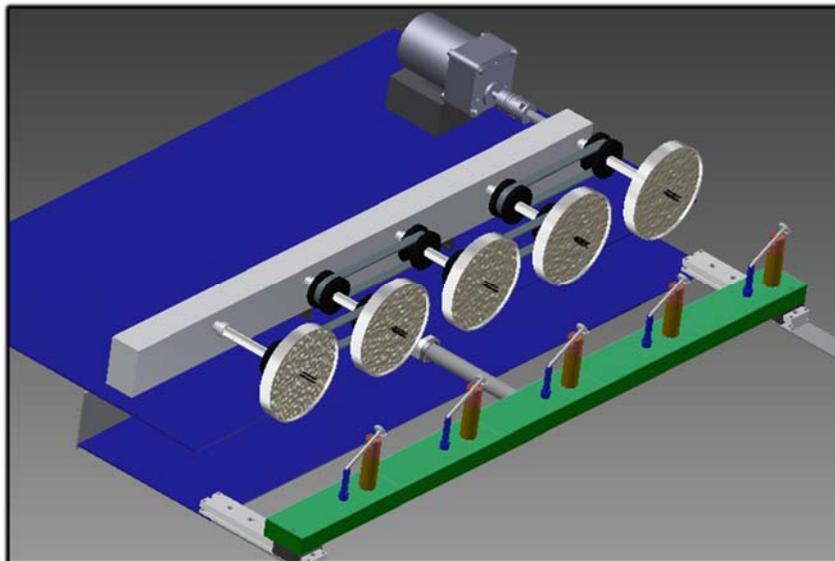


Figura 5.10- Mecanismo para pelado

5.2.4. Sistema de deshuesado

El deshuesado del mango es una actividad casi tan retadora como el pelado, durante esta investigación se logró observar e indagar que para llevar a cabo un deshuesado de alta precisión, es necesario implementar sistemas que elevarían demasiado el costo de la máquina y no permitirían que ésta fuera rentable para el consumidor.

Por tanto se tuvo que acotar el proyecto de tal manera que la máquina logró extraer el hueso, aunque para realizar esta labor deba cortar un poco de la pulpa del mango, si bien esta pudiese ser una desventaja, esa pulpa puede ser aprovechada si los huesos de mango se ingresan a una máquina despulpadora y se retira la pulpa para elaborar productos derivados de ésta, tales como jugos, saborizantes, etc.

Al observar el mecanismo que se diseñó para efectuar el deshuesado mostrado en la figura 5.11, es posible observar los mangos sujetos entre los elementos previamente mencionados, es necesario recordar que el operador de la máquina insertó los mangos desde su pico, esto con la finalidad de orientar el hueso de tal forma que quedará alineado con el orificio del sujetador deshuesador, por tanto basta con empujar el mango hacia el deshuesador para que éste lo corte y separe el hueso de la pulpa, esta labor la realizan los sujetares circulares, ya que al finalizar la etapa de pelado el actuador eléctrico que previamente se desplazó para únicamente sujetar los mangos, concluirá con su movimiento de extensión hasta confinar los sujetadores circulares hacia los deshuesadores, llevando a cabo así el deshuesado simultáneo de los 5 mangos.

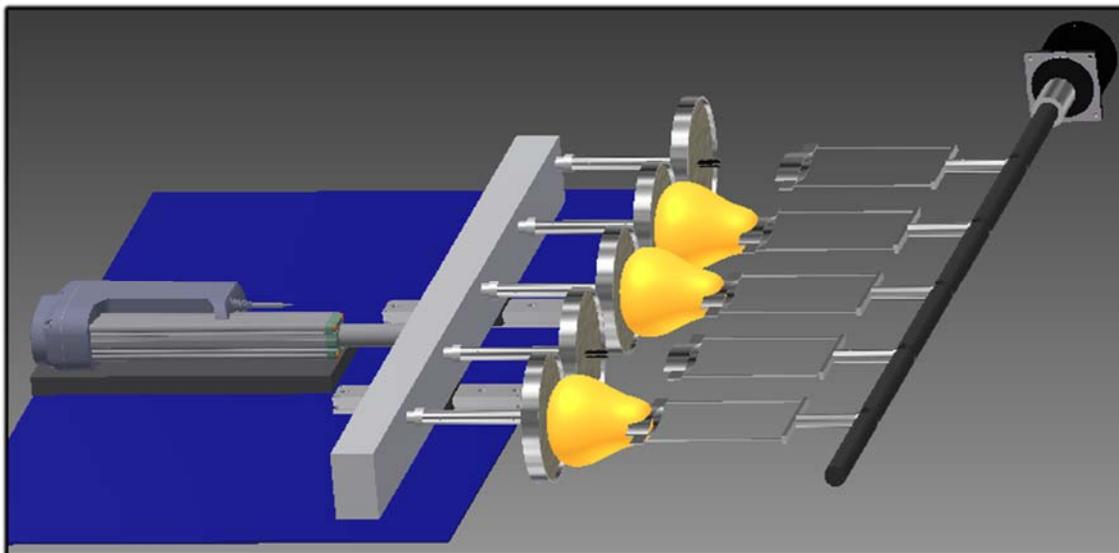


Figura 5.11- Mecanismo para deshuesado

5.2.5. Sistema de potencia

Actualmente se han desarrollado y puesto a la venta una infinidad de motores, actuadores y dispositivos capaces de transmitir potencia para desarrollar cualquier tipo de trabajo, por lo que el papel del diseñador se ve resumido a calcular la potencia que deben suministrar estos elementos e identificar las características que deben integrar, esto con la finalidad de obtener los resultados más favorables.

El sistema de potencia que se definió para este proyecto, se calculará en base a los datos definidos por las necesidades del proyecto y que se encontraron en la literatura, estos cálculos podrán encontrarse en la siguiente sección de este capítulo, el objetivo principal de esta sección es mostrar la configuración de los dispositivos de potencia que se emplearon, así como los elementos a los que va conectado cada uno, esto con la finalidad de resolver las dudas que posiblemente se han generado en secciones anteriores, los motores y actuadores seleccionados para la MPDM se pueden observar resaltados en color azul en la figura 5.12.

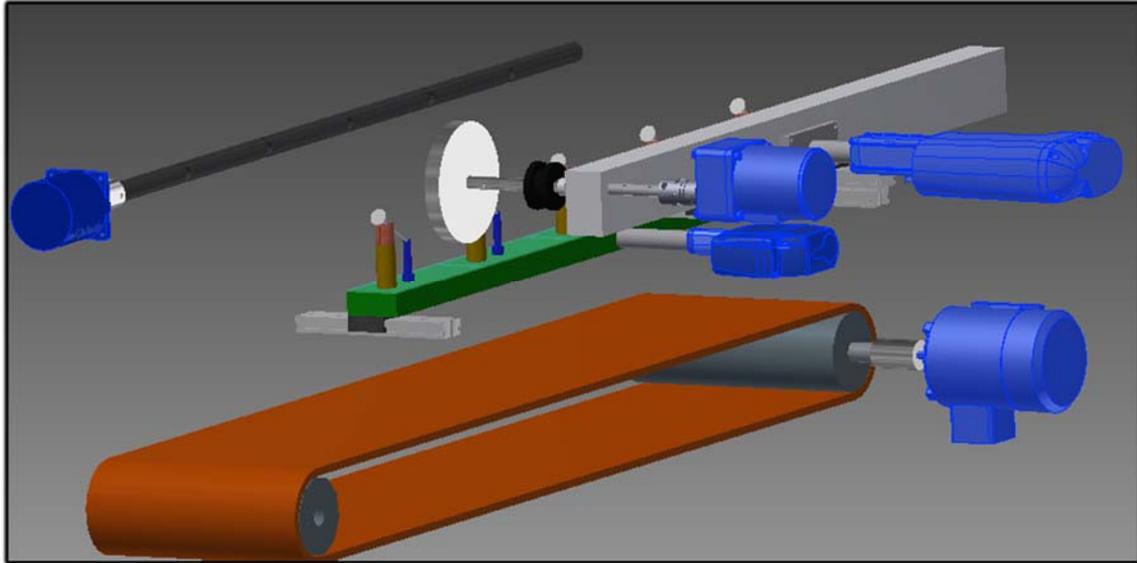


Figura 5.12- Elementos del sistema de potencia

5.2.6. Sistemas complementarios

Al momento de elaborar el diagrama de sistemas se mencionó que los sistemas de la figura 4.25 son los sistemas mínimos necesarios para llevar a cabo el cumplimiento de los objetivos planteados, sin embargo es común que al momento de desarrollar el diseño surjan nuevas alternativas e ideas que pueden agregar valor al diseño original, en este caso la implementación de un sistema de expulsión de producto proporciona un gran beneficio sin la necesidad de invertir demasiado ni afectar ninguno de los otros sistemas, por tal razón se decidió implementar la banda transportadora mostrada en la figura 5.13, la cual realiza la función de desplazar la cáscara de los mangos, el hueso y los cachetes obtenidos después del procesamiento hasta la canaleta de salida ubicada en la parte izquierda de la figura, al final de la canaleta el operador deberá colocar algún contenedor para almacenar los productos del procesamiento.

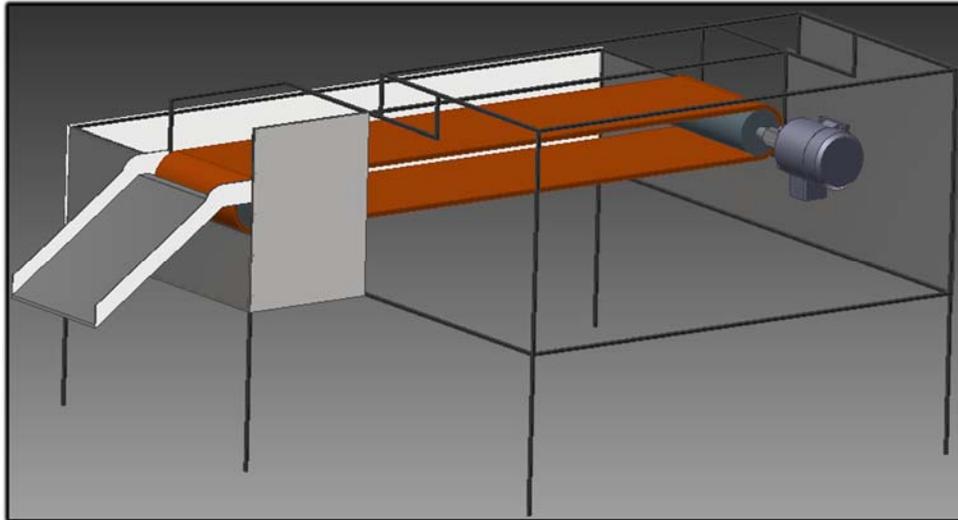


Figura 5.13- Sistema de expulsión

Si bien no todas las máquinas cuentan con este sistema, parece prudente agregarlo ya con él se solucionan problemas relacionados con producción y aumenta la seguridad del operario, puesto que evitará que el usuario tenga que introducir sus manos para retirar los productos del procesamiento.

Finalmente en la figura 5.14 se muestra la estructura base de la máquina, el diseño de esta estructura permite colocar todos los dispositivos antes mencionados y economiza bastante la producción, puesto que ha sido diseñada para economizar en materiales e infraestructuras innecesarias, permitiendo así una construcción bastante sencilla, puesto que se trata de una estructura de PTR soldada, en la siguiente sección se detallarán los materiales que se sugieren para llevar a cabo la construcción, finalmente en la sección Apéndice se detallará el plano de la estructura con todas las dimensiones.

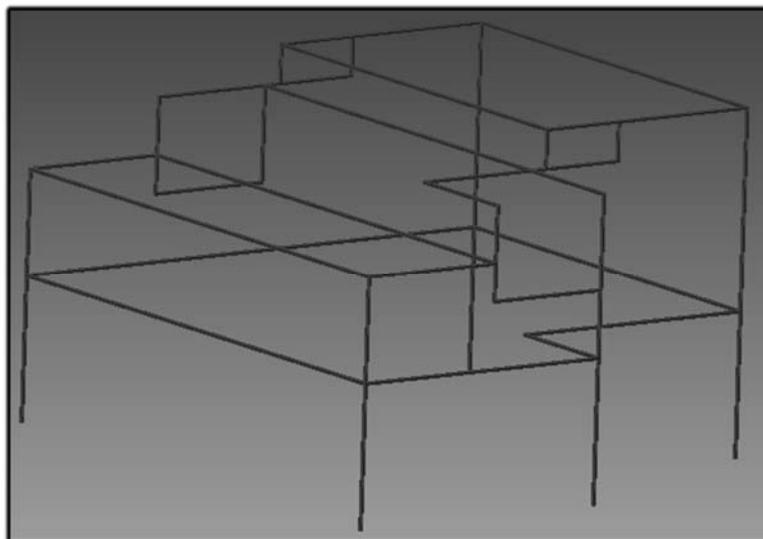


Figura 5.14- Estructura

5.3. Materiales seleccionados

Los materiales son un tema muy relevante cuando se realiza diseño mecánico, ya que estos pueden determinar la diferencia buscada en el diseño, la razón radica en que hoy en día la tecnología de materiales ha permitido estudiar y manipular sus propiedades, logrando así características especiales en los productos que se elaboran con ellos.

En el caso del diseño de máquinas, las propiedades de los materiales quedan definidas por las funciones que se desean realizar, así como por las características adicionales que son requeridas directamente por la necesidad que se desea resolver, por tanto es preciso recordar que en el capítulo 3 se han establecido las especificaciones finales del producto, las cuales representan un punto de partida para esta sección.

Uno de los objetivos principales de este proyecto es diseñar una máquina que sirva como herramienta para agregar valor al mango, esta es una tarea difícil, sin embargo aquí se propone que el primer paso para lograr esta meta, sea llevar a cabo un pelado y deshuesado libre de bacterias, ya que teniendo una presentación “base” bien procesada, será posible pensar en la elaboración de productos derivados.

Existen muchas normas que se deben cumplir para poder procesar y comercializar productos alimenticios, en relación con esta sección es importante saber que todos los materiales y objetos destinados a entrar en contacto con alimentos, en las condiciones normales o previsibles de empleo, no deben transferir sus componentes a los alimentos en cantidades que puedan:

- Representar un peligro para la salud humana.
- Provocar una modificación inaceptable de la composición de los alimentos.
- Provocar una alteración de las características organolépticas de éstos.

Para asegurar la elección correcta de los materiales más adecuados para construir la MPDM, se ha investigado a cerca de las propiedades de diversos materiales que son empleados para el procesamiento de alimentos, por tanto en la tabla 5.1 se señalan los diversos componentes de la máquina y para cada uno se proponen los posibles materiales con los que podría ser construida cada parte, tomando en cuenta las propiedades estudiadas, las funciones de cada parte y el costo de algunos materiales, se ha seleccionado un material para llevar a cabo la construcción. Con respecto a los componentes comerciales, se han investigado las diferentes opciones que ofrece el mercado.

Posterior a la tabla 5.1 se proporcionan las principales características de los materiales seleccionados y se argumenta sobre las principales razones por las que se ha decidido proponer estos materiales para llevar a cabo la construcción de la MPDM.

Elemento	Posibles materiales	Material seleccionado
Estructura	<ul style="list-style-type: none"> • PTR (Acero A36) • Perfil en ángulo (Acero A36) • Perfil C (Acero A36) 	PTR (Acero A36) (2.5 x 2.5 in)
Placa para paredes	<ul style="list-style-type: none"> • Lámina en placa de acero inoxidable 304 • Lámina en placa de acero inoxidable 316 • Lámina en placa de acero inoxidable 430 • Lámina placa de aluminio 	Lámina en placa de acero inoxidable 316
Cuerpo Base	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 316
Banda transportadora	<ul style="list-style-type: none"> • Goma silicona • Acero inoxidable • Caucho nitrilo (NBR) 	Goma silicona
Deshuesadores	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 316 	Acero inoxidable tipo 316
Deshuesadores circulares	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 316
Mecanismo MC	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 316
Navajas de corte	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 316
Bloque soporte para deshuesadores circulares	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 • PTR 	Acero inoxidable tipo 316
Bloque base para mecanismo de pelado	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 • PTR 	Acero inoxidable tipo 316
Guías lineales	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 316
Poleas para banda	<ul style="list-style-type: none"> • Acero inoxidable tipo 304 • Acero inoxidable tipo 316 • Acero inoxidable tipo 430 	Acero inoxidable tipo 304
Bandas	<ul style="list-style-type: none"> • Goma silicona • Banda con cuerpo de Neopreno y recubrimiento de Nylon. 	Banda con cuerpo de Neopreno y recubrimiento de Nylon.
Tapa de protección	<ul style="list-style-type: none"> • Acrílico antiestático • Acrílico cristal matte 	Acrílico cristal matte

Tabla 5.1 – Selección de materiales

PTR de acero A 36

El acero A 36 se utilizado para aplicaciones estructurales, puesto que ofrece una excelente resistencia y fuerza, en este caso es utilizado para la construcción de la estructura de la máquina, esto debido a su facilidad al momento de cortar y soldar y a que no es una parte que deba tener contacto con el fruto.

Acero inoxidable 316.

Dentro del grupo de los aceros inoxidables, se ha seleccionado el tipo 316, el cual se encuentra aleado con Níquel (Ni) y Cromo (Cr) con la finalidad de obtener una mayor resistencia a la corrosión, el 316 también cuenta con buena resistencia a los impactos, en este caso se ha utilizado en todos los elementos que se encuentran en contacto directo con los frutos.

Goma silicona.

La goma de silicona es un elastómero (material similar a la goma), es un polímero combinado con carbono, hidrógeno y oxígeno, el cual se encuentra presente en una gran gama de productos, entre ellos los de cocina, puesto que es capaz de conservar sus propiedades bajo diversas circunstancias, tiene la ventaja de no ser reactivo y es resistente a diversos entornos. En este caso se ha utilizado para la base de los deshuesadores circulares y para las bandas de transmisión.

Acero inoxidable 304.

Para los elementos mecánicos que no se encuentran en contacto directo con el fruto, se propone emplear acero inoxidable serie 304, el cual es un acero ampliamente utilizado en electrodomésticos y elementos empleados para el procesamiento de bebidas y alimentos, uno de sus principales usos es para proporcionar la estructura.

Neopreno y nylon.

Con respecto a las bandas, se recomienda emplear bandas de neopreno con recubrimiento de nylon, puesto que son flexibles, resistentes, duraderas, el cuerpo de neopreno provee protección contra la mugre, grasa y humedad.

Acrílico cristal matte.

Se sugiere emplear lámina de acrílico cristal transparente para construir la tapa de la máquina, su efecto matte elimina parte de los brillos de las luces y reflectores y permite ver lo que sucede en el interior de la máquina, su facilidad para corte y ensamble proporcionan una excelente opción para construir esta pieza.

5.4. Memoria de cálculo

En esta sección se presenta un análisis del proceso de pelado y deshuesado de mango, y se incluye la definición de los valores promedio de las fuerzas necesarias para llevar a cabo los cálculos necesarios, es importante tener en cuenta que estos son valores promedio, ya que el mango es una fruta que puede cambiar considerablemente sus propiedades dependiendo de su grado de madurez y de la especie a la que pertenece, por tanto únicamente representan un punto de referencia para realizar los cálculos necesarios para dimensionar el sistema de potencia.

El primer paso para resolver este problema es identificar las principales fuerzas que se presentan al momento de llevar a cabo el procesamiento del fruto, para entender mejor esta parte se presenta la figura 5.15, en donde se pueden observar las fuerzas y los pares que se transmiten al mango al momento de ser procesado, en la figura también se muestran los elementos que se encargan de efectuar éstas fuerzas y pares.

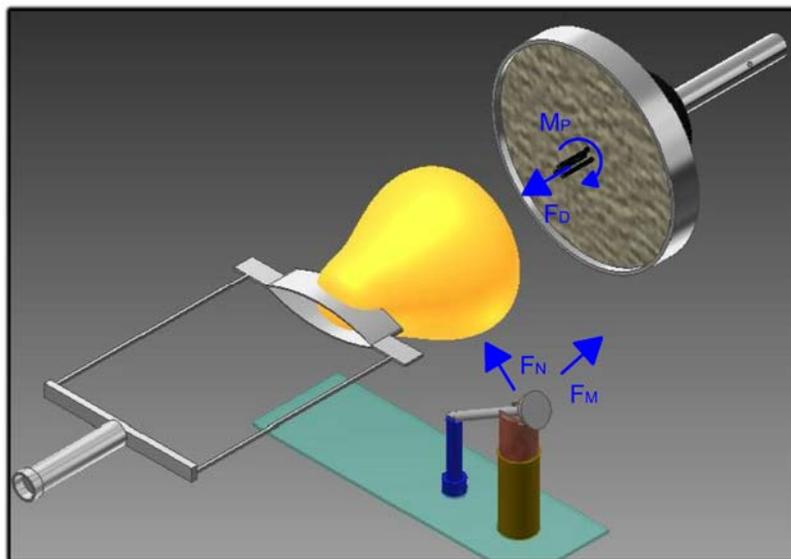


Figura 5.15- Fuerzas

La fuerza F_D que se presenta en la figura 5.15 es la fuerza que se ejerce cuando el sujetador circular se desplaza para deshuesar el mango, la fuerza F_N es la que ejerce la navaja como resultado de la acción del resorte comprimido en el mecanismo MC, al entrar en contacto con el mango esta fuerza permite penetrar sobre la superficie del mango para comenzar el ciclo de pelado, la fuerza F_M es la fuerza que se presenta cuando el mecanismo MC es desplazado para pelar por completo la superficie del mango. Por último el par de fuerzas M_P es aquel que se transmite por medio de poleas y que es ejecutado por el sujetador circular descrito en secciones anteriores.

Determinar los valores adecuados y el equilibrio de estas fuerzas es muy importante, ya que de ello depende la obtención de resultados certeros, en la literatura se han encontrado algunas pruebas y experimentos en donde se han determinado valores promedio para estos parámetros, los valores que se han considerado para el desarrollo de este proyecto se pueden observar en la tabla 5.2.

Parámetros	Descripción	Valor
Fuerza de Deshuesado (F_D)	Fuerza necesaria para cortar la pulpa del mango.	39 N
Fuerza de Navaja (F_N)	Fuerza necesaria para penetrar y cortar la cáscara del mango.	9 N
Fuerza Móvil (F_M)	Es la fuerza necesaria para desplazar los mecanismos de pelado a velocidad constante.	Desconocido
Par de Fuerzas (M_P)	Es el par de fuerzas necesario para ejecutar exitosamente la fase de pelado de mango.	Desconocido

Tabla 5.2 – Definición de parámetros del proceso [7]

Los valores definidos para estas fuerzas son valores aproximados que se determinaron de manera experimental, actualmente no se han encontrado estudios publicados que definan algún modelo matemático relacionado con este proceso o bien con las propiedades específicas del mango, por tanto se han utilizado los valores definidos en la tabla 5.2 para realizar los cálculos del mecanismo MC, de los actuadores lineales y del motor que alimenta las poleas para el pelado del mango.

5.4.1. Cálculo de actuador para deshuesado

El actuador que se empleará para llevar a cabo la tarea de deshuesado deberá cumplir con ciertas características, las más importantes se enfocan en que deberá desarrollar la fuerza necesaria para llevar a cabo el deshuesado de 5 mangos en forma simultánea, además es importante recordar que también es el encargado de llevar a cabo la sujeción de los frutos, por tanto deberá permitir controlar la distancia que se desplaza el vástago.

Una solución bastante factible se ha encontrado en los actuadores eléctricos, ya que estos dispositivos permiten programar el desplazamiento de su vástago con bastante precisión y además no requieren de dispositivos como compresores o bombas para poder desarrollar sus funciones, por tanto su implementación representa una mejora con respecto a otras máquinas de éste tipo, puesto que representan un ahorro de tipo económico, de espacio y de requerimientos.

En la figura 5.16 se muestra la imagen del actuador para deshuesado conectado a los sujetadores circulares, también se observan las fuerzas de deshuesado que el actuador debe desarrollar en su movimiento de extensión, se han tomado estas fuerzas como valor objetivo puesto que en la etapa de sujeción la fuerza requerida es menor, por tanto se tomara la fuerza de deshuesado como valor máximo.

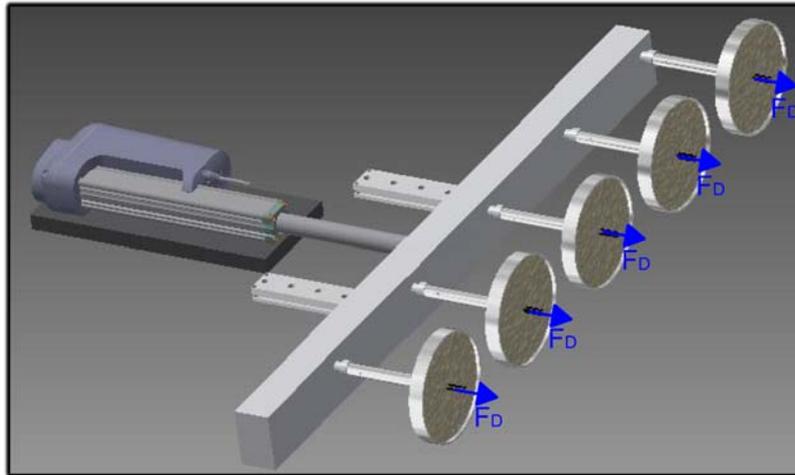


Figura 5.16- Fuerzas de deshuesado

La fuerza F_{DT} que el actuador deberá desarrollar en su etapa de extensión es la suma de las fuerzas requeridas para deshuesar cada mango.

$$F_{DT} = F_{D1} + F_{D2} + F_{D3} + F_{D4} + F_{D5}$$

$$F_{DT} = 39N + 39N + 39N + 39N + 39N$$

$$F_{DT} = 195 N$$

Ahora que se tienen todas las características que se requieren en el actuador, es posible seleccionar alguno en el mercado tras buscar distintas marcas y productos se ha seleccionado el actuador LA22 de la marca Linak, el cual es un actuador que se comercializa en toda la república Mexicana y que será descrito más fondo en la sección Apéndice. Una acción importante es analizar la gráfica de carga desarrollada con respecto a la velocidad del vástago (Figura 5.17), puesto que hay que considerar que se deben deshuesar mangos de 15 cm en 8 segundos para lograr las metas de producción.

$$V_{Deshuesado} = \frac{150 \text{ mm}}{8 \text{ s}} = 18.75 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

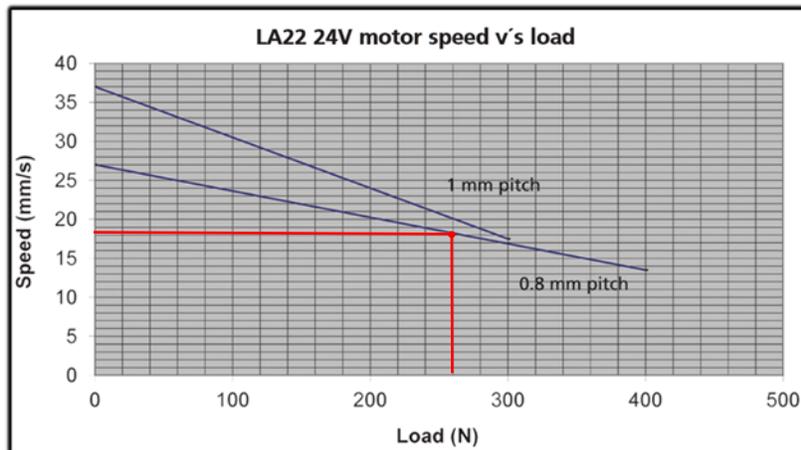


Figura 5.17- Gráfica LA22

Como resultado del análisis de la gráfica, se puede observar que para la velocidad del vástago, la fuerza supera los 200 N, lo cual supera la carga calculada para el deshuesado de las 5 unidades de mango.

5.4.2. Cálculo de actuador para pelado

En el caso de la fuerza F_M que debe desarrollar el actuador para llevar a cabo el pelado del mango, el requerimiento de fuerza es menor al resultado del cálculo realizado para el proceso de deshuesado, puesto que no se requiere cortar la pulpa, si no únicamente asegurar el desplazamiento constante del mecanismo pelador. Esta acción conlleva a definir un valor de la fuerza F_M entre 9 y 39 N, puesto que la fuerza mínima requerida es la necesaria para cortar la cáscara del mango, además de esto se debe garantizar que el mecanismo se desplace de manera constante durante su recorrido, por esta razón se debe considerar como valor máximo la fuerza necesaria para cortar la pulpa del mango, para entender un poco mejor este proceso se muestra la figura 5.18, en donde se puede observar el papel que desempeña la fuerza F_M durante el proceso de pelado.

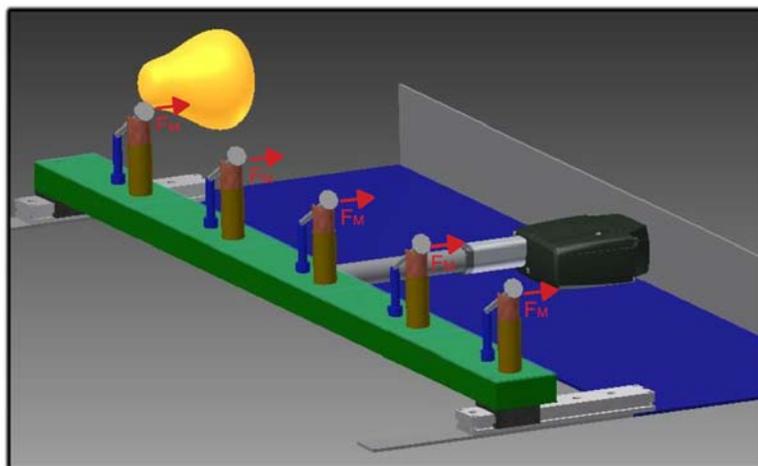


Figura 5.18- Fuerzas de pelado

La fuerza F_{MT} que el actuador deberá desarrollar en su etapa de retracción es una fuerza cuyo valor debe oscilar entre un valor mínimo equivalente a la sumatoria de las fuerzas necesarias para cortar la cáscara y un valor máximo equivalente a la sumatoria de las fuerzas para cortar la pulpa de los mangos, a continuación se definen ambas cantidades.

$$F_{MT_{mínima}} = 45 \text{ N}$$

$$F_{MT_{máxima}} = 195 \text{ N}$$

Un aspecto de suma importancia es lograr el desplazamiento constante del mecanismo de pelado, puesto que si este llega a detenerse provocará que la navaja realice cortes en el mismo sitio durante varios giros del mango, lo que provocará pérdida de pulpa y un pelado no homogéneo, es importante mencionar que para cumplir con las metas de producción el mecanismo pelador deberá pelar un mango de 15 cm en 8 segundos, con estos datos es posible calcular la velocidad de pelado.

$$V_{Pelado} = \frac{150 \text{ mm}}{8 \text{ s}} = 18.75 \frac{\text{mm}}{\text{s}}$$

En la figura 5.19 se muestra la gráfica de fuerza de empuje con respecto a la velocidad de vástago, al observarla es posible notar que si la velocidad del mecanismo de pelado llega a disminuir por efectos de resistencia del mango, la fuerza se verá incrementada y permitirá que el mecanismo pelador no detenga su recorrido.

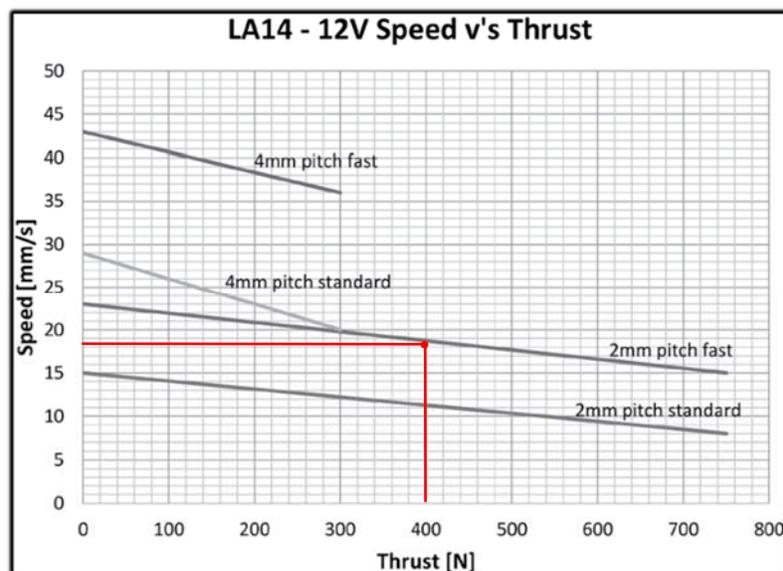


Figura 5.19- Gráfica LA14

5.4.3. Cálculo de mecanismo para pelado

El mecanismo de pelado es un elemento clave para lograr el correcto funcionamiento de la máquina, sus dimensiones deben ser las adecuadas para obtener una correcta interacción entre la navaja y el mango, además debe incluir un resorte que proporcione la fuerza necesaria para penetrar en la superficie del mango y mantener el contacto con él durante todo el proceso. En la figura 5.20 se muestra el mecanismo de pelado, en donde se ha dado la propiedad de transparencia al material del cilindro base con la finalidad de apreciar la posición y función del resorte.

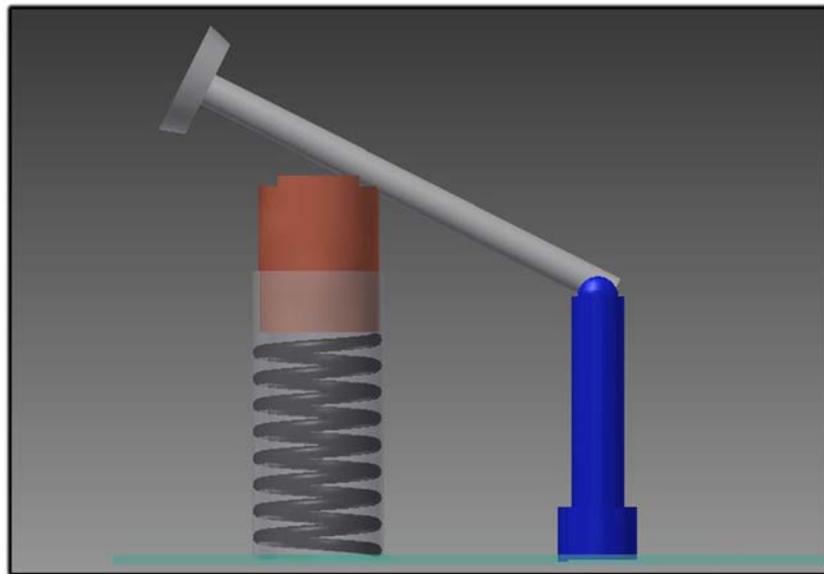


Figura 5.20- DCL mecanismo MC

5.4.3.1. Cálculo y selección del resorte

Una de las incógnitas más inquietantes del proyecto es la fuerza que debe desarrollar el resorte para lograr los efectos y las suposiciones mencionadas, por tanto es necesario realizar un proceso iterativo de cálculo y selección para poder garantizar que el resorte seleccionado cumplirá adecuadamente con las funciones requeridas, en la figura 5.21 se presenta un diagrama de cuerpo libre del mecanismo MC con los datos necesarios para llevar a cabo el cálculo de la fuerza del resorte F_R . Es importante notar y tener en cuenta que pese al resultado que se obtenga en esta sección, es probable que se deban realizar pruebas tomando como base los valores obtenidos en los siguientes cálculos y posteriormente se deberán realizar calibraciones en el mecanismo.

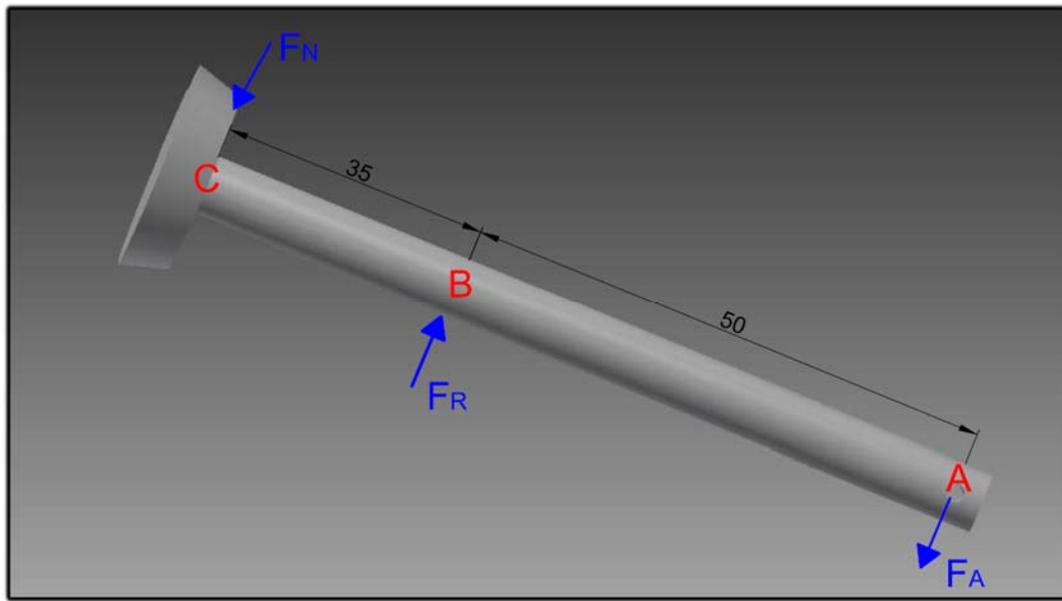


Figura 5.21- DCL del eslabón con navaja

Se desea conocer la fuerza que debe desarrollar el resorte F_R y son conocidas las distancias y el valor de la fuerza de la navaja F_N por tanto a partir de la figura 5.21:

$$\sum M_A = (F_R) (d_1) - (F_N) (d_2) = 0$$

$$\sum M_A = (F_R) (50\text{mm}) - (9\text{N})(85\text{mm}) = 0$$

$$F_R = \frac{(9\text{N})(85\text{mm})}{(50\text{mm})} = 15.3 \text{ N}$$

Las compañías fabricantes de resortes cuentan con una gran gama de productos prefabricados, de los cuales se puede elegir el que más se acomode a las necesidades del proyecto, en este caso se requiere un resorte de compresión que sea capaz de mantener su rigidez al momento de cortar cascara del mango, pero además debe adecuarse al cambio de forma del mango sin maltratar el fruto, por tanto es importante conocer la variación de la fuerza del resorte en función de la longitud (Ley de Hooke).

Al consultar catálogos de resortes, es posible observar algunos parámetros que el diseñador requiere conocer previo a la selección de éste, parámetros como dimensiones generales y las fuerzas deseadas. En este caso se conoce la fuerza F_R , sin embargo también se debe conocer la constante elástica k , la cual puede ser obtenida a partir de la Ley de Hooke, la cual se ilustra a continuación:

$$F_R = -kx$$

Donde:

$k =$ Constante elastica del resorte

$x =$ Elongación del resorte

La elongación permitida para este resorte tiene que ver con la excentricidad de la sección transversal del mango, en geometría la excentricidad es un parámetro que determina el grado de desviación de una sección cónica con respecto a una circunferencia, en el proceso de pelado esto representa el rango de valores en los que el resorte puede deformarse, para esto se ha intentado determinar un valor para la excentricidad que pueda ser tomado como el valor x de la elongación del resorte.

El mango posee una forma irregular visto desde cualquier plano, sin embargo para determinar el valor máximo de la deformación del resorte, se medirá la distancia entre la circunferencia más pequeña que se forma al hacer girar el mango y la que se genera desde el punto más alejado del centro. El objetivo de esta medición es encontrar un valor de referencia para la elongación del resorte, por tanto es suficiente con tomar un mango manila de tamaño promedio para encontrar un valor aceptable para este parámetro. Para llevar a cabo estas mediciones se ha utilizado una técnica de procesamiento digital de imagen para escalar las fotografías a su tamaño real y poder realizar las mediciones de manera más precisa, en la figura 5.22, 5.23 y 5.24 se muestran las vistas frontal, lateral y superior respectivamente y los valores obtenidos para cada una de ellas.

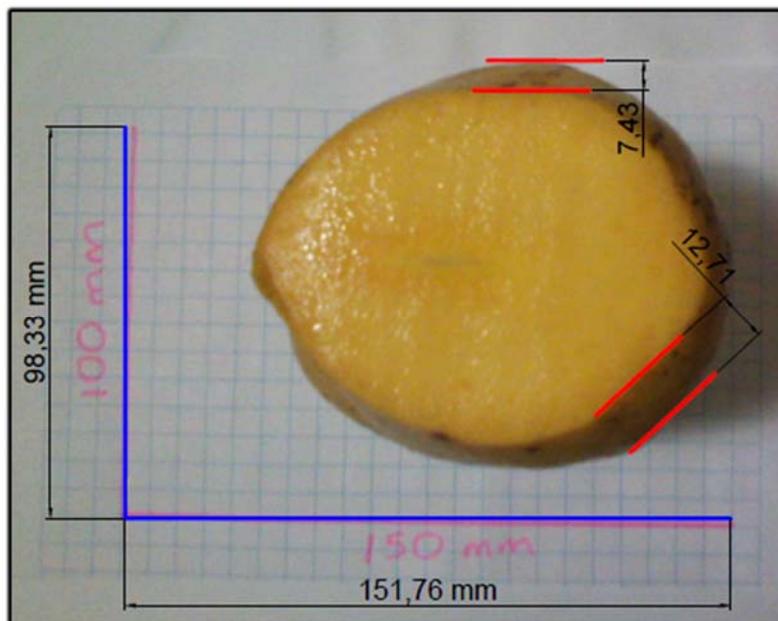


Figura 5.22- Vista frontal

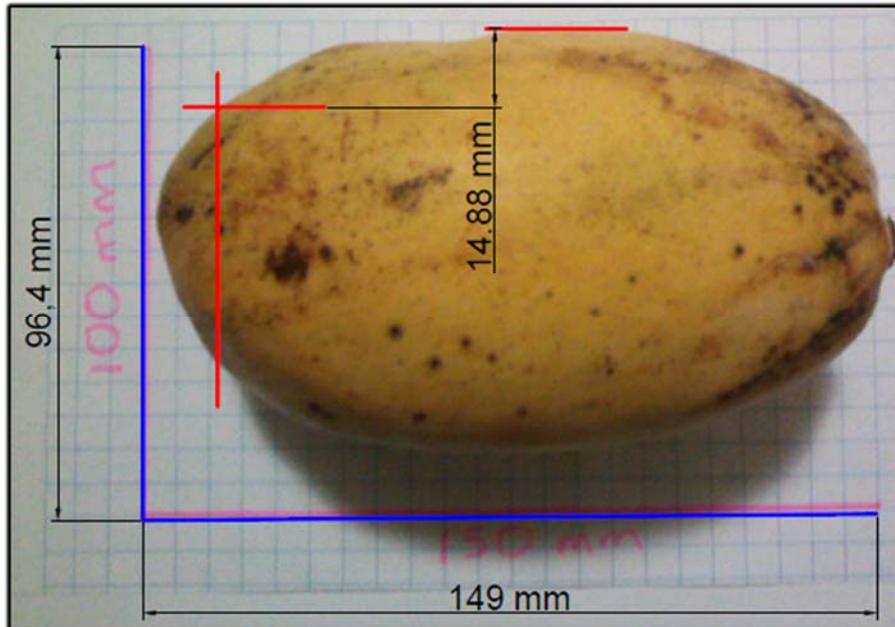


Figura 5.23- Vista lateral

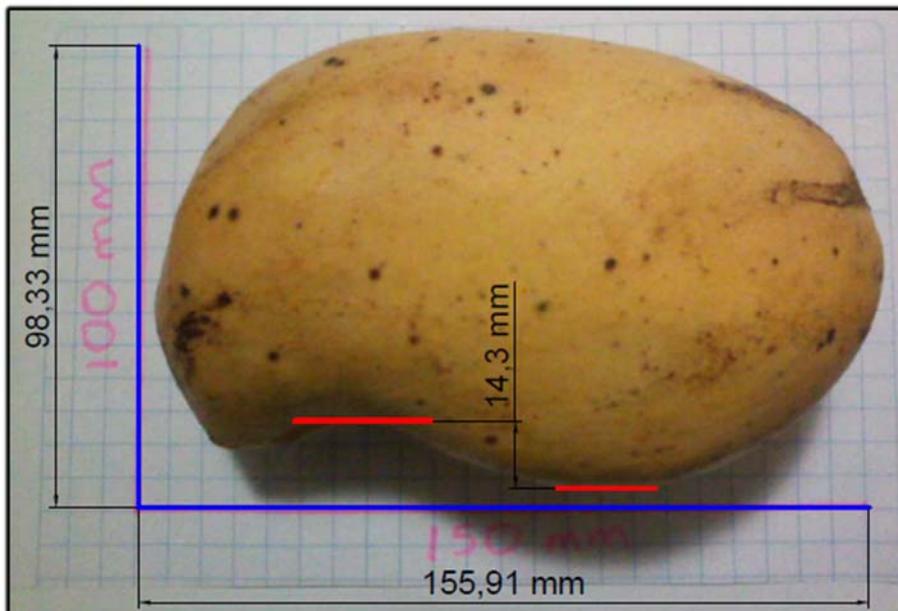


Figura 5.24- Vista superior

A partir de las imágenes se puede observar que el valor promedio entre los puntos más separados al centro del mango y los más lejanos, no sobrepasan los 15 mm, por tanto se tomará este valor como el valor máximo que el resorte deberá deformarse.

Capítulo V – Diseño de detalle

Con el valor obtenido en este análisis, es posible evaluar la ecuación que describe la Ley de Hooke y calcular la constante de elástica.

$$k = -\frac{F_R}{x} = \frac{15.3 \text{ N}}{15 \text{ mm}} = 1.02 \frac{\text{N}}{\text{mm}} = 5.88 \frac{\text{lb}}{\text{in}}$$

Con la definición de estos valores y sabiendo que el cilindro en donde se piensa integrar el resorte tiene una longitud de 2 pulgadas y un radio interno de 1 pulgada, se presenta la figura 5.25, en donde se muestra la página del catálogo en donde se ha encontrado un resorte con valores muy cercanos a lo deseado, también es importante mencionar que las empresas dedicadas a la construcción de resortes cuentan con el servicio de modificación de parámetros, fabricando de esta manera un resorte con características muy específicas, esto es de gran ayuda cuando se requiere un resorte muy específico.

NUMERO DE PARTE	DIAMETRO EXTERIOR		AGUJERO DE TRABAJO		DIAMETRO DE POSTE		DIAMETRO DE ALAMBRE		PRESION @ 80% DEFLEXION		CARGA A ALTURA SOLIDA		LONGITUD SIN CARGA		CONSTANTE		ALTURA SOLIDA		GRUPO PRECIO
	PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM	PULG.	MM	PSI	KPa	LBS.	KG	PULG.	MM	LBS/PULG.	KG/MM	PULG.	MM	
LP 042R 01													1.250	31.75	1.055	0.019	0.320	8.12	AE
LP 042R 02													1.500	38.10	0.863	0.015	0.363	9.22	AE
LP 042R 03	.970	24.64	1.000	25.40	.844	21.43	.042	1.07	1	7	.982	.445	1.750	44.45	0.730	0.013	0.406	10.31	AE
LP 042R 04													2.000	50.80	0.633	0.011	0.449	11.40	AE
LP 042R 05													2.250	57.15	0.558	0.010	0.492	12.50	AG
LP 042R 06													2.500	63.50	0.500	0.009	0.535	13.59	AJ
LP 045R 01													1.250	31.75	2.022	0.036	0.279	7.09	AE
LP 045R 02													1.500	38.10	1.652	0.029	0.311	7.91	AE
LP 045R 03	.970	24.64	1.000	25.40	.844	21.43	.045	1.14	2	14	1.963	.890	1.750	44.45	1.396	0.025	0.344	8.73	AE
LP 045R 04													2.000	50.80	1.209	0.022	0.376	9.55	AE
LP 045R 05													2.250	57.15	1.066	0.019	0.408	10.37	AG
LP 045R 06													2.500	63.50	0.953	0.017	0.441	11.19	AJ
LP 049R 01													1.250	31.75	3.080	0.055	0.294	7.46	AE
LP 049R 02													1.500	38.10	2.511	0.045	0.327	8.31	AE
LP 049R 03	.970	24.64	1.000	25.40	.813	20.64	.049	1.24	3	21	2.945	1.336	1.750	44.45	2.119	0.038	0.360	9.15	AE
LP 049R 04													2.000	50.80	1.833	0.033	0.394	10.00	AE
LP 049R 05													2.250	57.15	1.615	0.029	0.427	10.84	AG
LP 049R 06													2.500	63.50	1.444	0.026	0.460	11.69	AJ
LP 055R 01													1.250	31.75	4.376	0.078	0.353	8.96	AE
LP 055R 02													1.500	38.10	3.557	0.064	0.396	10.06	AE
LP 055R 03	.970	24.64	1.000	25.40	.813	20.64	.055	1.40	4	28	3.927	1.781	1.750	44.45	2.996	0.053	0.439	11.15	AE
LP 055R 04													2.000	50.80	2.588	0.046	0.482	12.25	AE
LP 055R 05													2.250	57.15	2.277	0.041	0.526	13.35	AG
LP 055R 06													2.500	63.50	2.033	0.036	0.569	14.45	AJ

Figura 5.25- Selección de Resorte

5.4.4. Cálculo del motor para pelado

El motor para pelado es el motor que debe tener mayor rendimiento, puesto que es el que trabaja la mayor parte del tiempo, es preciso recordar y analizar la función de este motor, por tanto en la figura 5.26 se presenta el mecanismo completo de pelado y los pares de fuerza que debe transmitir este motor.

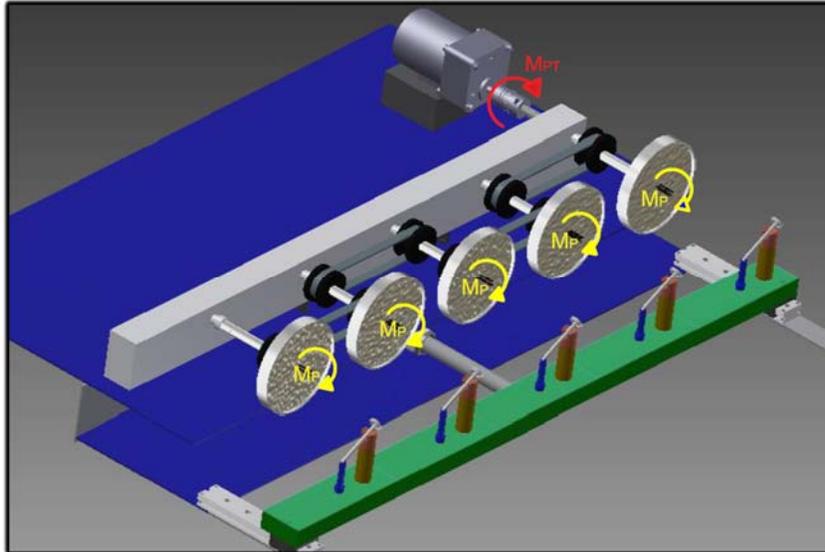


Figura 5.26- Transmisión de pares de fuerza en el sistema de pelado

El par de fuerzas M_{PT} deberá mantener girando 5 mangos durante todo el ciclo de pelado, hay que recordar que este proceso es similar al proceso industrial de torneado, por tanto en este caso la potencia se denomina potencia de corte (P_C) y considerar distintas variables que se presentan en el proceso general de corte.

La expresión para calcular la potencia de corte es: [23]

$$P_C = \frac{(K_S)(a)(s)(V_C)}{(1000)(60)(Ef)}$$

Donde:

P_C = *Potencia de corte*

K_S = *Esfuerzo específico de corte*

a = *Espesor de la viruta*

s = *Ancho de la viruta (avance)*

V_C = *Velocidad de corte*

Ef = *Eficiencia de transmisión*

Para efectuar el cálculo del esfuerzo específico de corte se tiene la siguiente expresión:

$$K_S = \frac{F_c}{q}$$

Donde:

F_c = Fuerza de corte

q = Área de la sección transversal de la viruta

$$q = (s)(a)$$

Donde:

a = Espesor de la viruta

s = Ancho de la viruta (avance)

Y para calcular la velocidad de corte tenemos la siguiente expresión:

$$V_C = \frac{(\pi)(d)(n)}{1000}$$

Donde:

V_C = Velocidad de corte

d = Diámetro de la pieza

n = Velocidad angular de la pieza

En la tabla 5.3 se definen los datos necesarios para llevar a cabo la evaluación de la expresión de potencia de corte.

Dato	Valor
a	3 mm
s	6.35 mm
Ef	75 %
F_c	9 N
d	50 mm
$*n$	177 rpm

Tabla 5.3 – Datos necesarios para cálculo de P_C

*** n**

Para realizar el cálculo de la velocidad angular del mango es preciso mencionar que en cada revolución del mango se avanza 6.3 mm de cascara, y el ciclo de pelado dura 8 segundos, con estos datos:

$$\frac{150 \text{ mm}}{6.35 \frac{\text{mm}}{\text{rev}}} = 23.6 \text{ rev}$$

$$\frac{23.6 \text{ rev}}{8 \text{ s}} = 2.95 \frac{\text{rev}}{\text{s}} = \mathbf{177 \text{ rpm}}$$

Antes de evaluar la expresión de determina la Potencia de corte (P_C), es necesario conocer la velocidad de corte (V_C), el Área de la sección transversal de la viruta (q) y el Esfuerzo específico de corte (K_S).

$$V_C = \frac{(\pi)(50 \text{ mm})(177 \frac{\text{rev}}{\text{min}})}{1000 \frac{\text{mm}}{\text{min}}} = 27.8 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

$$q = (6.35 \text{ mm})(3 \text{ mm}) = 19.05 \text{ mm}^2$$

$$K_S = \frac{9 \text{ N}}{19.05 \text{ mm}^2} = 0.47 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$P_C = \frac{(0.47 \frac{N}{mm^2})(3 \text{ mm})(6.35 \text{ mm})(27803 \frac{mm}{min})}{(1000)(60)(0.75)}$$

$$P_C = 5.53 \text{ W}$$

El valor obtenido representa la potencia necesaria para pelar un mango, para poder mover los 5 sujetadores, se requiere una Potencia total de corte (P_{CT}):

$$P_{CT} = (5.53 \text{ W})(5) = 27.65 \text{ W}$$

$$P_{CT} = 27.65 \text{ W} = 0.04 \text{ HP}$$

El último dato necesario para llevar a cabo la selección del motor es la obtención del Par que éste requiere para llevar a cabo el pelado de los 5 mangos, para ello basta con evaluar la siguiente expresión:

$$M_{PT} = \frac{(6300)(P_C)}{V_C}$$
$$M_{PT} = \frac{(6300)(0.04 \text{ HP})}{177 \frac{rev}{min}} = 13.16 \text{ lb in} = 1.4 \text{ Nm}$$

Con los datos obtenidos se ha llevado a cabo la búsqueda de un motor que cumpla con las características especificadas, sin embargo en los cálculos realizados se puede observar que la tarea de pelado de mango no demanda un par de fuerza considerable ni tampoco demasiada potencia y además debe ser ejecutada a bajas revoluciones por minuto, por tanto se ha decidido emplear un motor de corriente directa, puesto que algunos de éstos vienen con un controlador de velocidad, lo cual proporciona otra ventaja en el caso de que se requiriese ajustar la velocidad de corte.

El motor eléctrico con número de parte “AP7402” de la marca Baldor cumple con las características requeridas en el proyecto, se ha decidido emplear este motor con 0.25 HP, ya que de esta manera el diseño se protege de factores no considerados en los cálculos, en la figura 5.27 se muestran las principales características del modelo mencionado.

Es importante mencionar que aunque la velocidad nominal de salida es mucho mayor a la requerida, existen diferentes controladores de velocidad que permiten ajustar la velocidad de salida a cualquier valor deseado.

Armature Voltage	90 V
Base Speed	3,450 rpm
Enclosure	TENV
Frame Material	Steel
Output Power	0.25 hp
Brand	Baldor-Reliance
Agency Approvals	CE UR
Ambient Temperature	40 °C
Armature Current	2.5 A

Figura 5.27- Características motor Baldor AP7402

5.4.5. Cálculo de motor a pasos

Para finalizar esta sección se presenta el cálculo del motor a pasos que se emplea para ingresar los mangos al sistema de procesamiento, una característica importante de este motor es que además de proporcionar el par de fuerzas necesario para desplazar 5 mangos y el peso de los sujetadores, también debe proporcionar la precisión necesaria para mantener el eje de los deshuesadores únicamente en posiciones verticales y horizontales, puesto que un error en el posicionamiento inicial del mango puede provocar graves fallas en el procesamiento del producto.

Es preciso aclarar que se ha contemplado emplear un motor a pasos en vez de un servomotor, debido a la precisión que se puede obtener con un motor a pasos bipolar y el precio que se debe pagar por uno de estos con respecto a un servomotor, esta afirmación ya se ha comprobado en el modelo de pruebas.

En la figura 5.28 se presenta el DCL del sujetador con el mango, éste es el par de fuerzas máximo que el motor a pasos deberá vencer para poder desplazar los 5 mangos con un peso máximo de 400 gr, el peso de los sujetadores se ha estimado en 0.5 kg, aunque pueden existir variaciones con respecto a los datos del cálculo, el valor obtenido representa únicamente una referencia del valor mínimo que se debe considerar al momento de seleccionar el motor a pasos para el sistema de posicionamiento.

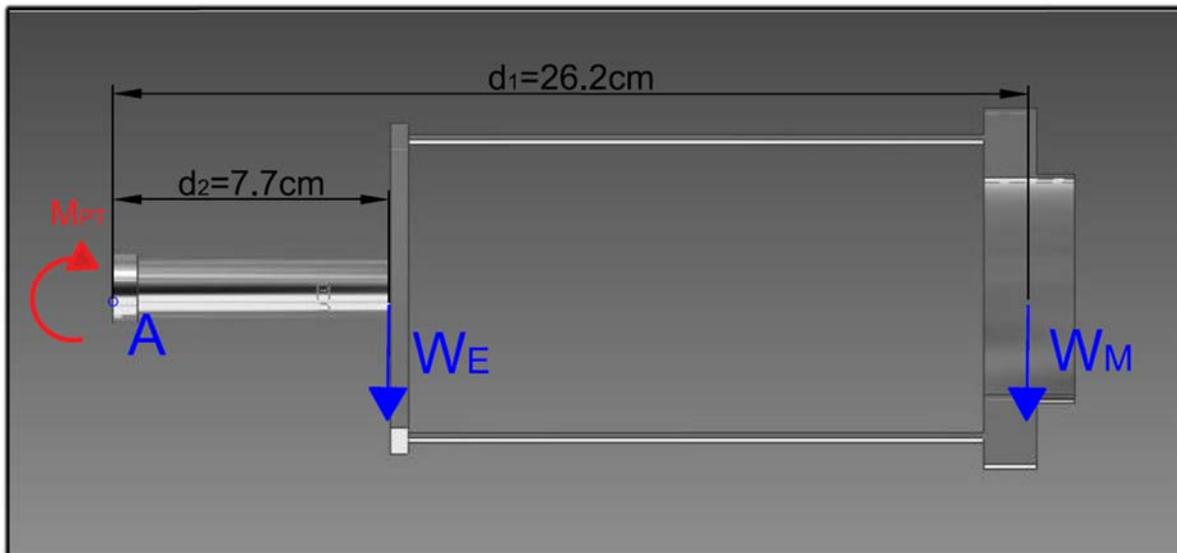


Figura 5.28- DCL Sujetador mangos

A continuación se presenta el cálculo del par de fuerzas total del motor (M_{PT}) tomando en cuenta los datos mostrados en la figura 5.16.

$$\sum M_A = W_M(d_1) + W_E(d_2) - M_P = 0$$

$$M_P = (0.4 \text{ kg})(.262 \text{ m}) + (0.5 \text{ kg})(0.077 \text{ m}) = 0.14 \text{ kg m}$$

$$M_P = 1.4 \text{ N m}$$

$$M_{PT} = (1.4 \text{ N m})(5) = 7 \text{ N m}$$

A partir del par de fuerzas total M_{PT} que se necesita para desplazar los 5 mangos, se han encontrado los motores mostrados en la figura 5.29, los cuales son comercializados por la empresa Stepper Systems.

Typical Leadwire Motor Model Number	Connection ^①			Holding Torque ^② (2 phases on) oz-in (N-m) ±10%	Rated Current/Phase ^③ (amps DC)	Phase Resistance (ohms) ±10%	Phase Inductance ^④ (mH) Typical
	Parallel	Series	Unipolar				
K SERIES - SIGMAX® 1 ROTOR STACK							
K41HRFM-LNK-NS-00	●			2135 (15.07)	10.7	0.16	2.2
K41HRFM-LNK-NS-00		●		2135 (15.07)	5.3	0.63	8.7
K41HRFM-LNK-NS-00			●	1510 (10.66)	7.5	0.31	2.2
K41HRFL-LNK-NS-00	●			2090 (14.75)	8.7	0.23	3.1
K41HRFL-LNK-NS-00		●		2090 (14.75)	4.4	0.93	12.3
K41HRFL-LNK-NS-00			●	1480 (10.45)	6.2	0.47	3.1

Figura 5.29- Características de motores a pasos

CAPÍTULO 6

Resultados y conclusiones

6.1. Resultados

En el capítulo anterior se detalló el funcionamiento del modelo conceptual que se obtuvo como resultado de la aplicación de la metodología de diseño, sin embargo no se han presentado explícitamente las principales características técnicas que se han obtenido en el diseño de la MPDM, en este capítulo se presenta el diseño conceptual que se obtuvo y las características técnicas de la máquina. Es importante mencionar que los dibujos de definición de las diferentes partes y dispositivos de la máquina se encuentran situados en la parte final de éste documento, en la sección Apéndice.

En la figura 6.1 se presenta una vista isométrica de la Máquina Peladora y Deshuesadora de Mango, en esta vista es posible observar la mayor parte de los componentes y la interacción que guardan entre ellos.

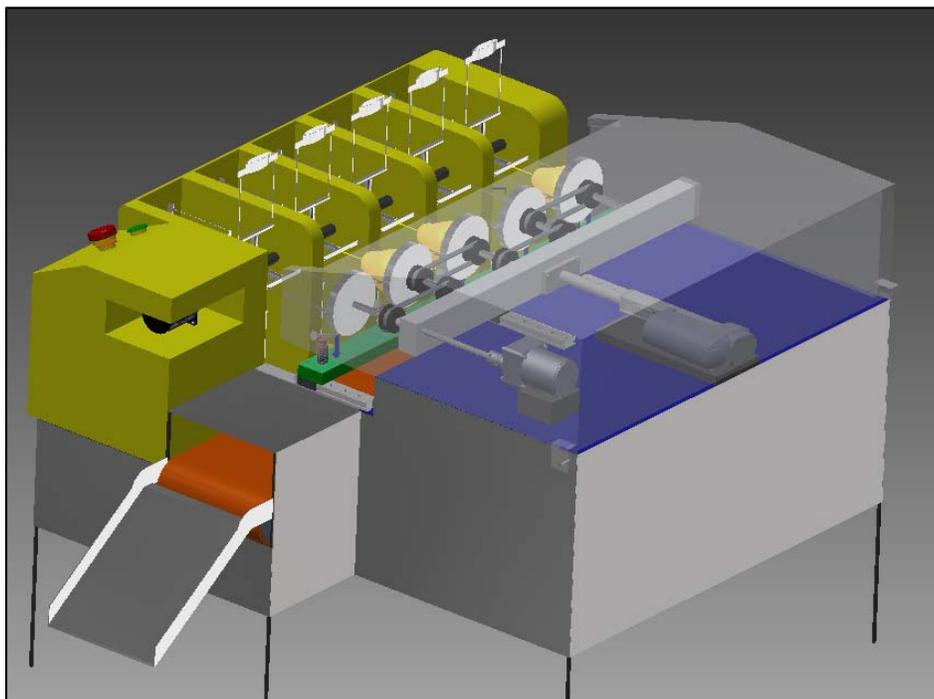


Figura 6.1- Máquina peladora y deshuesadora de mango

Otro aspecto de gran importancia es definir las principales características técnicas que se han logrado obtener para la máquina, este es un aspecto muy importante ya que es la carta de presentación al momento de introducir el producto en el mercado, en la figura 6.2 se muestra la ficha técnica en donde se resumen las principales características que incorpora la MPDM, esta ficha proporciona un punto de comparación con las máquinas que se encuentran en el mercado y ayudan al consumidor a tomar la decisión de adquisición.

Máquina Peladora y Deshuesadora de Mango	
<i>Producción</i>	$300 \frac{kg}{hr}$
<i>Voltaje de suministro</i>	127 v
<i>Alto</i>	1.2 m
<i>Ancho</i>	1.4 m
<i>Ancho con canaleta de salida</i>	1.8 m
<i>Largo</i>	1.3 m
<i>Material</i>	Acero Inoxidable
<i>Díámetro de mangos</i>	0.045 – 0.075 [m]
<i>Longitud de mangos</i>	0.11 – 0.15 [m]
Funciones automáticas	<ul style="list-style-type: none">• Sujeción• Pelado• Deshuesado• Expulsión

Figura 6.2- Ficha técnica MPDM

Al retomar los primeros capítulos del proyecto, en especial la parte de los antecedentes, es preciso notar los logros y aportaciones que se han obtenido en este proyecto, comenzando con el hecho de que se encontró la manera de combinar y automatizar el pelado y deshuesado de mango en una sola máquina, sin perder de vista que se ha pensado en que la construcción de la máquina pueda convertirse en un negocio rentable tanto para el fabricante como para el operario. Como estos existen varios puntos que es importante notar, sin embargo uno de los que se considera sumamente importante es que la realización de proyectos de este tipo puede proveer nuevas formas de trabajo y bienestar para la sociedad, lo cual justifica los recursos y el tiempo invertido en su desarrollo.

6.2. Conclusiones

El desarrollo de la metodología de diseño ha permitido analizar el problema desde distintos puntos de vista, así mismo pensar y proponer diversos tipos de soluciones, al analizar brevemente el resultado obtenido, se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- ✓ En el intento de encontrar la mejor metodología de diseño para llevar a cabo el desarrollo de la máquina, se comprendió que cada proyecto requiere de diferentes herramientas para lograr satisfacer sus necesidades específicas, por tanto el diseñador deberá haber consultado distintas metodologías y deberá saber aplicarlas según el tipo de proyecto.
- ✓ La desfragmentación de los problemas en problemas más simples, es una herramienta que ayuda a resolver cualquier tipo de problema, sin embargo es sumamente importante no perder la relación que guarda cada parte individual del problema, de lo contrario surgirán problemas no previstos.
- ✓ Uno de los aspectos más importantes al momento de tomar decisiones, es la evaluación de propuestas de solución, por tanto los parámetros de evaluación deben diseñarse con extremo cuidado, considerando las necesidades que deberán satisfacerse, de lo contrario podría seleccionarse una solución no adecuada.
- ✓ Pese a que actualmente existen muchos modelos y medios para simular sistemas físicos, la mejor forma de comprender fenómenos o procesos es la experimentación, por tanto es de gran utilidad llevar a cabo la construcción de modelos o prototipos.
- ✓ En todos los procesos existen elementos y parámetros de función crítica, se debe poner especial atención en éstos, ya que si alguno de estos llega a presentar errores o fallas, la probabilidad de éxito del proceso se reducirá en forma considerable, por tanto se debe poner especial atención en estos elementos, en el caso del mango, se trata de los sujetadores y la navaja de pelado, ya que ellos son quienes presentan el contacto con la frontera del mango.
- ✓ La combinación de mecanismos y dispositivos empleados para procesar mango, pueden ser empleados para procesar varios tipos de fruta con propiedades semejantes, únicamente se tendrían que intercambiar las herramientas de sujeción y cambiar la programación de los dispositivos móviles.

- ✓ La implementación de metodologías de diseño para el desarrollo y mejora de productos agrícolas es una labor que ayuda al desarrollo humano, económico y social sin la necesidad o tentativa de dañar al planeta o al ser humano.

Como conclusión final es importante mencionar que la metodología aplicada ha permitido llevar a cabo el cumplimiento satisfactorio de los objetivos planteados, así como el estudio y análisis de las distintas variables a controlar en el proceso de pelado y deshuesado de mango.

6.3. Trabajo futuro

Tomando en cuenta las conclusiones y el alcance que se planeó para este proyecto, es necesario plantear las áreas en las que éste trabajo puede seguir desarrollándose.

El primer punto que sin duda ayudará a asegurar el éxito de los resultados, es emplear la metodología que se presenta en este trabajo para realizar una segunda iteración de diseño, la cual tendría como objetivo la proposición y evaluación de más soluciones conceptuales y buscar reducir los costos de fabricación de la máquina.

Con la finalidad de observar más a fondo el proceso, se debe mejorar la infraestructura mecánica del modelo de pruebas, ya que con esto se pueden determinar y ajustar algunos de parámetros de calibración de la MPDM.

Antes de llevar a cabo la construcción del primer prototipo, será necesario evaluar la opción de implementar herramientas de procesamiento intercambiables que permitan llevar a cabo el pelado y deshuesado de frutas como manzana, durazno, pera, etc.

Finalmente se debe llevar a cabo la etapa de construcción del primer prototipo de la MPDM, posteriormente se deberán realizar pruebas para comprobar el funcionamiento y en caso necesario ajustar los parámetros de calibración para obtener la calidad requerida en los productos.

Referencias

- [1] CONASPROMANGO, *“Plan Rector Anual del Sistema Producto Mango 2012”*.
- [2] Boletines de prensa SAGARPA, *“México, el mayor exportador de mango”*, 16 de abril de 2014.
- [3] Empaque de Mangos del C.I.P., S.P.R. de R.L. de C.V., *“Identificación de las necesidades logísticas para la comercialización del sistema producto Mango en la Región Noroeste.”*, Noviembre de 2013.
- [4] Red para el Desarrollo Sostenible de México A. C., *“Cadena Agroalimentaria del mango”*.
- [5] *“Estándares de calidad del mango”*, Mango.org, 2015.
- http://www.mango.org/sites/default/files/download/estandares_de_calidad_de_mango_resumen_ejecutivo.pdf
- [6] Ana L. Sandoval Sanchez, *“Breve reseña sobre la Ley de Modernización de la Inocuidad de Alimentos de la FDA”*, Agosto de 2012.
- [7] Paulín Quezada Alan (et-al), *“Parametrización industrial para el pelado, corte y deshuesado del mango”*, Memorias del XVII Congreso Internacional Anual de la SOMIM, Septiembre de 2011.
- [8] Dr. Edmundo Mercado Silva, *“Manejo poscosecha de mango Manila y propuestas de mejora”*, Departamento de Investigación y Posgrado en Alimentos, Universidad Autónoma de Querétaro, 2012.
- [9] Dr. Alfredo Sandoval Esquivel, *“Desarrollo de nuevas variedades de mango”*, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), 2012.
- [10] Pahl, G., Beitz, T., et-al, *“Engineering Design, A Systematic Approach”*, 3ra edición, Springer (2007).
- [11] Ulrich, Karl T., Eppinger, Steven D., *“Diseño y desarrollo de productos”*, 4ta edición, Ed. Mc Graw Hill, (2008).
- [12] French, Michael, *“Conceptual Design for Engineers”*, 3ra edición, Springer, 1999.
- [13]https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%A9todo_de_dise%C3%B1o
- [14] Luca Ascari, Daniela Ascari, *“Método y máquina para deshuesado de mangos”*, WO 2011132090 A1, Octubre, 27, 2011.
- [15] Xiao Ronghua, Ma Mingwei, *“Máquina para pelado de fruta, corte y eliminación de hueso”*, CN 202890414 U, Abril, 24, 2013

-
-
- [16] Daniel P. Healy, “*Máquina deshuesadora automática*”, US 7096777 B1, Agosto, 29, 2006
- [17] Carlo Ascari, Luca Ascari, “*Dispositivo para pelar frutas carnosas, con una profundidad de corte ajustable*”, US 6966254 B2, Noviembre, 22, 2005
- [18] http://www.pndsr.it/scheda_tecnica.php?lang=es&&sgl_mc=PL6M
- [19] <http://www.kronen.eu/es/maschinen/fp20>
- [20] http://www.durfo.com/eng/durfo_maxistrip_eng.asp
- [21] http://www.durfo.com/eng/apple_strip_eng.asp
- [22] http://mayjoy.en.alibaba.com/product/970620628218876506/automatic_durable_high_quality_mango_hulling_machine_mango_peeler_machine.html
- [23] Groover, Mikell P., “*Fundamentals of modern manufacturing: materials and systems*”, 2ª Edición, Editorial Wiley, 2002.
- [24] Pérez Moreno, Romy, “*Normas oficiales Mexicanas, Dibujo Técnico*”, material para la asignatura Dibujo Mecánico Asistido por Computadora, UAM, 2011.
- [25] Shyam Narayan Jha (et-al), “*Textural properties of mango cultivars during ripening*”, J Food Sci Technol, Springer, 2011.

Catálogos consultados

- “*Resortes de catálogo y hechos a la medida*”, Lee Spring, p. 47. [www.leespring.com]
- “*Product Data Sheet*”, Actuator LA14, LINAK. [www.linak.com/products]
- “*Product Data Sheet*”, Actuator LA22, LINAK. [www.linak.com/products]
- “*Linear Guide*”, LW Series, NSK, p. A235. [www.nskamericas.com]
- “*Product Information Packet*”, AP7402, Baldor. [www.baldor.com/catalog]
- “*Data Sheet, Nema 42 Step Motor*”, N&K. [www.kollmorgen.com]
- “*Ficha Técnica, Acero Inoxidable 316*”, Ulvrinox. [www.ulvrinox.com.mx]
- “*Ficha de datos del producto, Goma Silicona FAB-5ER-10*”, Habasit. [www.habasit.com]
- “*Catálogo de productos de acero inoxidable, Lámina*”, Metales Díaz. [www.metalesdiaz.com]
- “*Catálogo de producto de perfiles comerciales, PTR*”, Gpo. Collado. [www.gcollado.com.mx/ptr]

Apéndice A

En esta sección complementaria se presentan distintos aspectos que no han sido detallados en el documento principal, iniciando con la presentación de la portada de un artículo publicado en el XXI Congreso Internacional Anual de la SOMIM, el cual es un trabajo derivado de este proyecto y detalla el diseño del prototipo para pruebas de funcionamiento.

En la parte restante del apéndice se presentan algunos dibujos de ensamble de la MPDM y los planos normalizados en donde se detallan las dimensiones de las piezas. Adicionalmente se anexan las hojas de especificación de los dispositivos de potencia y de algunos elementos comerciales que se han calculado en este proyecto y que se sugiere emplear al llevar a cabo la construcción de la MPDM.

Diseño Mecánico

“Diseño conceptual y construcción de un prototipo de máquina para pelado y deshuesado de mango”

Mario Iván Alcántara Martínez^a, Leopoldo Adrián González González^b

^aUniversidad Nacional Autónoma de México, Programa de Maestría en Ingeniería Mecánica, Circuito Escolar s/n, Ciudad Universitaria, México D.F. Delegación Coyoacán, CP 04510.

ivan.alc@hotmail.com^a
pologlez@unam.mx^b

RESUMEN

Uno de los problemas que se tiene actualmente en México, es la implementación de técnicas y procesos tecnológicos para generar valor agregado en los productos agrícolas. Esta situación, es una de las principales motivaciones para llevar a cabo el desarrollo de una máquina peladora y deshuesadora de mango, puesto que este fruto se cosecha en grandes cantidades en el país, sin embargo carece de valor agregado, ya que no se procesa para realizar otros productos derivados y compuestos del mango, la razón principal es que en México no se cuenta con tecnologías accesibles para llevar a cabo su procesamiento. En el desarrollo de este artículo se fundamenta la necesidad del diseño de la máquina, y se encuentra el desarrollo de una metodología de diseño que muestra paso por paso la generación de un modelo conceptual del prototipo de la máquina, y que concluye con la construcción de éste.

Palabras Clave: Peladora, Deshuesadora, Diseño conceptual, Prototipo

ABSTRACT

One of the problems that has currently in Mexico is the implementation of technical and technological processes to generate value-added agricultural products. This situation is one of the main motivations to carry out the development of a mango peeling and stoner machine, since in the country the harvest of this fruit is in large quantities, but it don't offers added value because it is not processed for other products derivatives and compounds of mango, the main reason is that in Mexico do not have accessible technologies to carry out processing. In the development of this article establishes the need machine design, and develops a design methodology that shows step by step the generation of a conceptual model of the prototype machine, and ending with the construction of it.

Keywords: Peeler, Stoner, Conceptual Design, Prototype

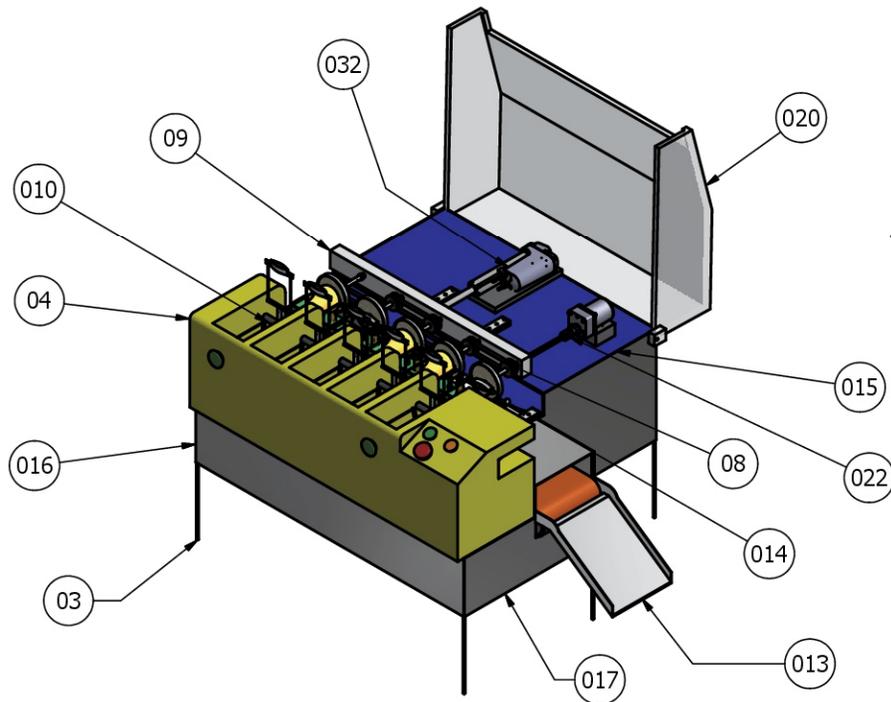
1. Introducción

El fortalecimiento en el sector agropecuario es una estrategia clave para el desarrollo de nuestro país, por tal razón es necesario invertir en la modernización y desarrollo de los procesos empleados en el campo mexicano. En el desarrollo de esta sección se presenta un análisis de la industria local, una breve descripción de las necesidades que existen en la actualidad para poder exportar el producto y una caracterización general del mango.

1.1. Situación de la industria del mango en México

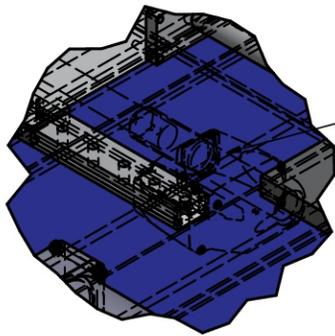
El mango es una de las frutas más sanas y consumidas en el mundo, se cataloga como la cuarta fruta más comercializada a nivel mundial, sin embargo no en todos los países existen las condiciones para el desarrollo del fruto. Solo por debajo de la India, México es el segundo productor de mango en el mundo y se posiciona como el primer exportador. La oferta de mango a nivel nacional, es producida principalmente por 23 estados, los cuales obtienen de 1.5 a 2 millones de toneladas al año, de las cuales se exporta del 15% al 20% a Estados Unidos, Canadá, Japón, Alemania, Bélgica, España, Francia, Holanda, Australia y Nueva Zelanda. [1]

LISTA DE PARTES		
NÚM DE DIBUJO	CANTIDAD	PARTE
03	1	Estructura base
04	1	Cuerpo base
08	8	Polea
09	1	Base para sujetadores
010	1	Eje de sujetadores
013	1	Canaleta
014	1	Placa base inferior
015	1	Placa base superior
016	1	Placa frontal
017	1	Placa lateral
020	1	Tapa de protección
022	1	Acoplador para barra estriada
032	1	Actuador LA22

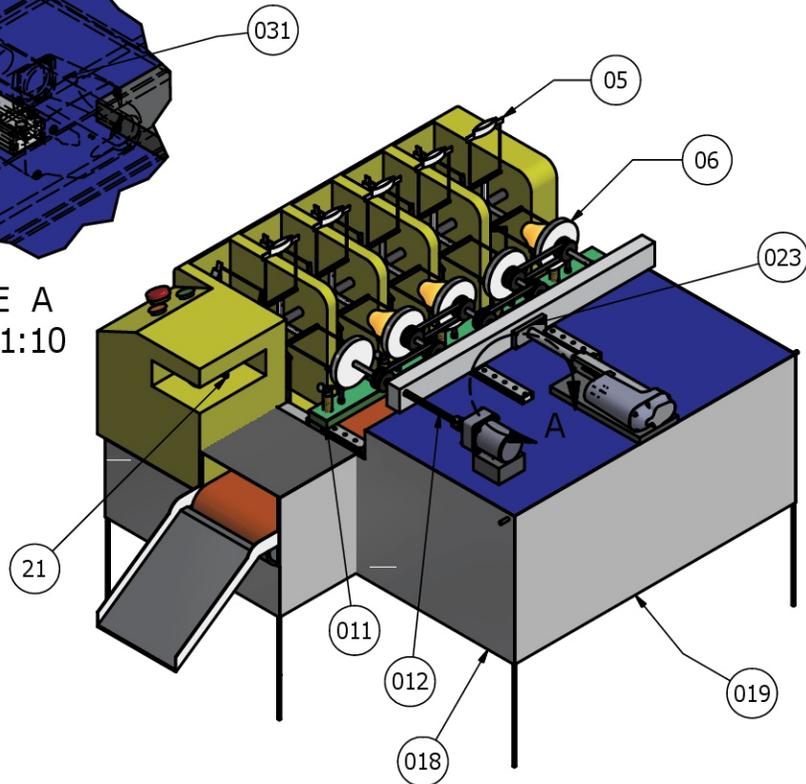


Dibujó: Ing. Mario Iván Alcántara Martínez		UNAM  UNAM	Título del dibujo: Ensamble MPDM frontal		
Revisó: Dr. Leopoldo González González					
Aprobó: Dr. Leopoldo González González					
	14-11-2015				
Número de dibujo: 01		Escala 1:20	mm	A4	1/1

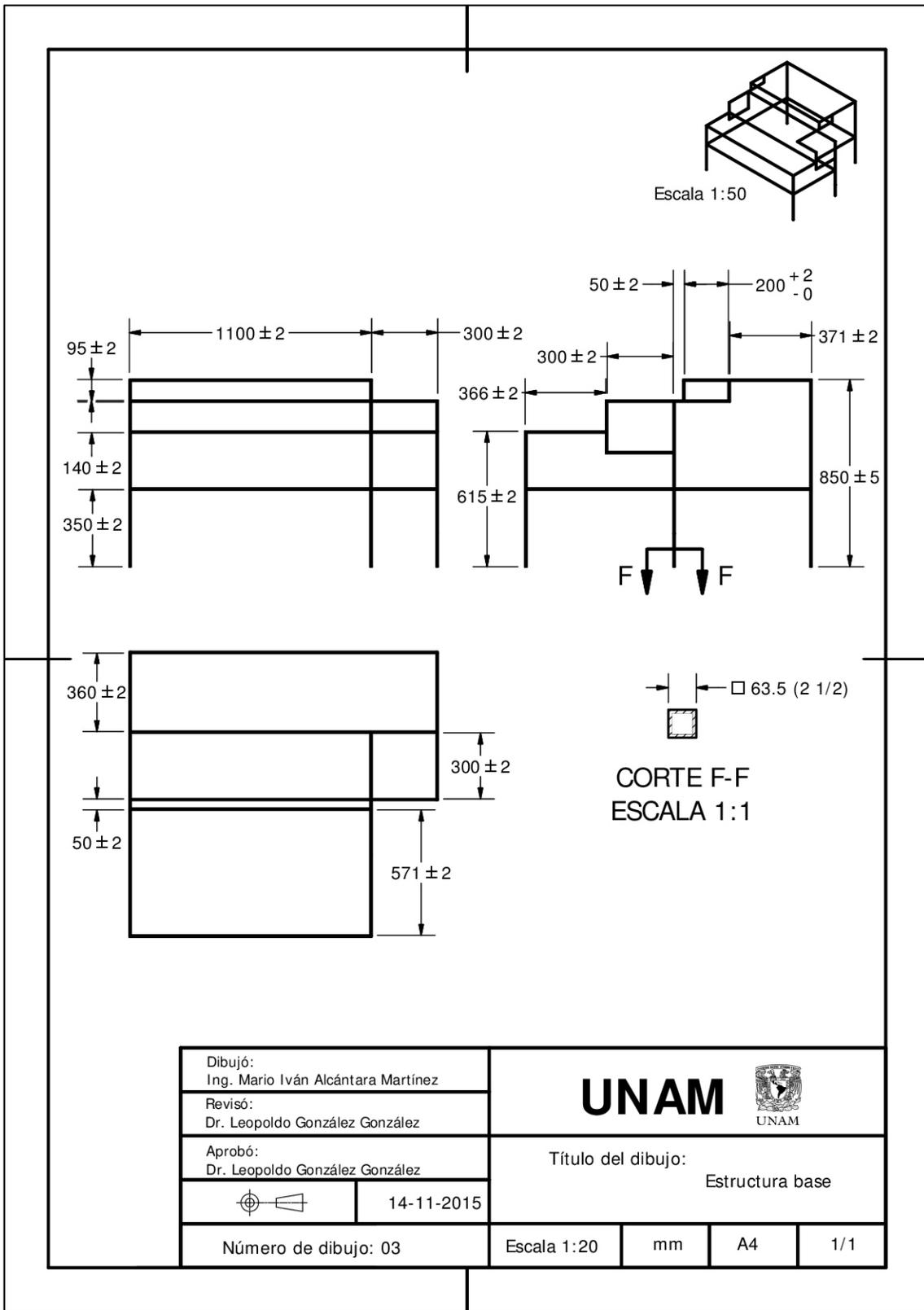
LISTA DE PARTES		
NÚM DE DIBUJO	CANTIDAD	PORTE
05	20	Sujetador-deshuesador
06	5	Sujetador para pelado
011	1	Bloque base
012	1	Barra estriada
018	1	Placa lateral trasera
019	1	Placa trasera
021	1	Acoplador de ejes
023	1	Placa de conexión
031	1	Actuador LA14

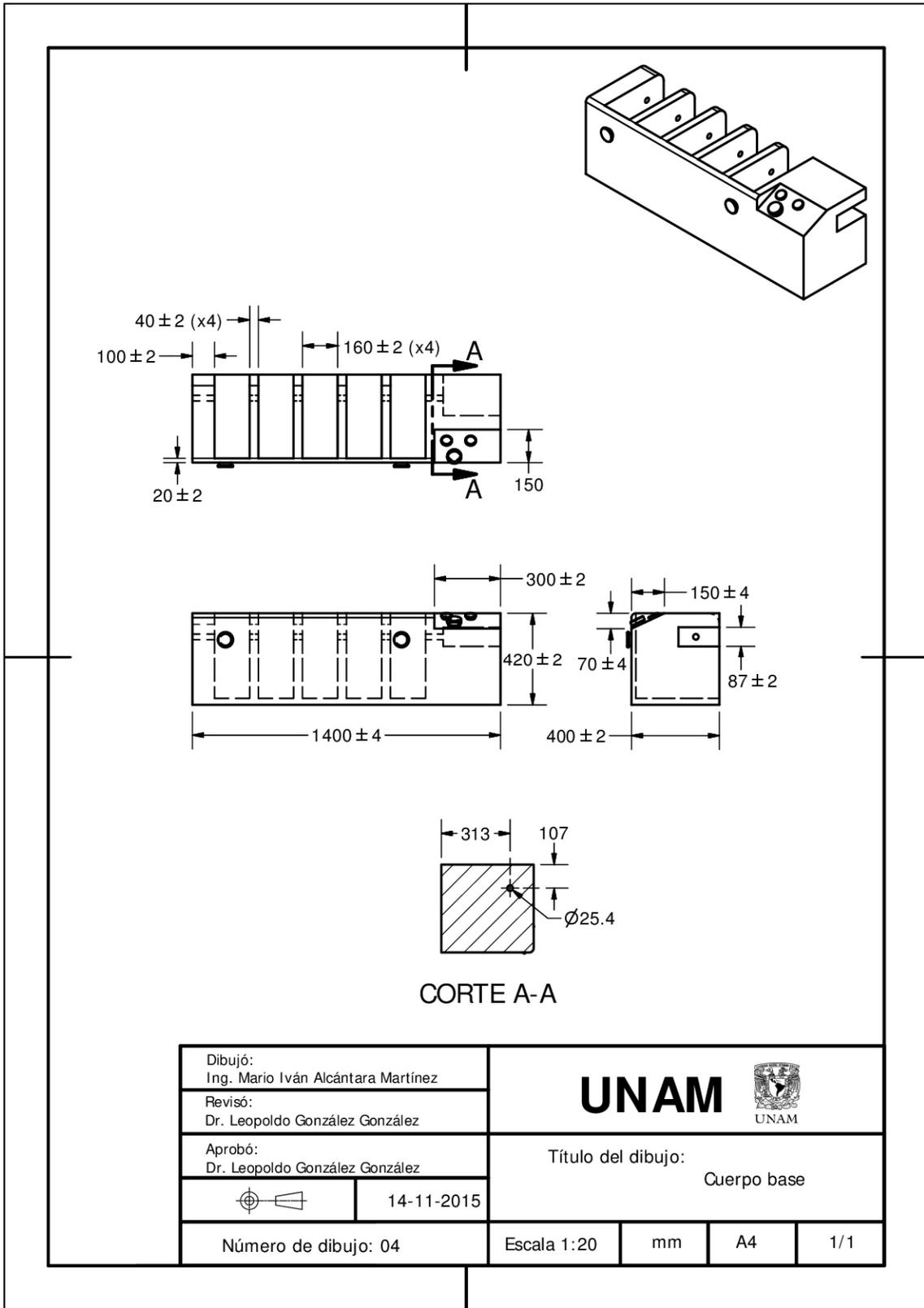


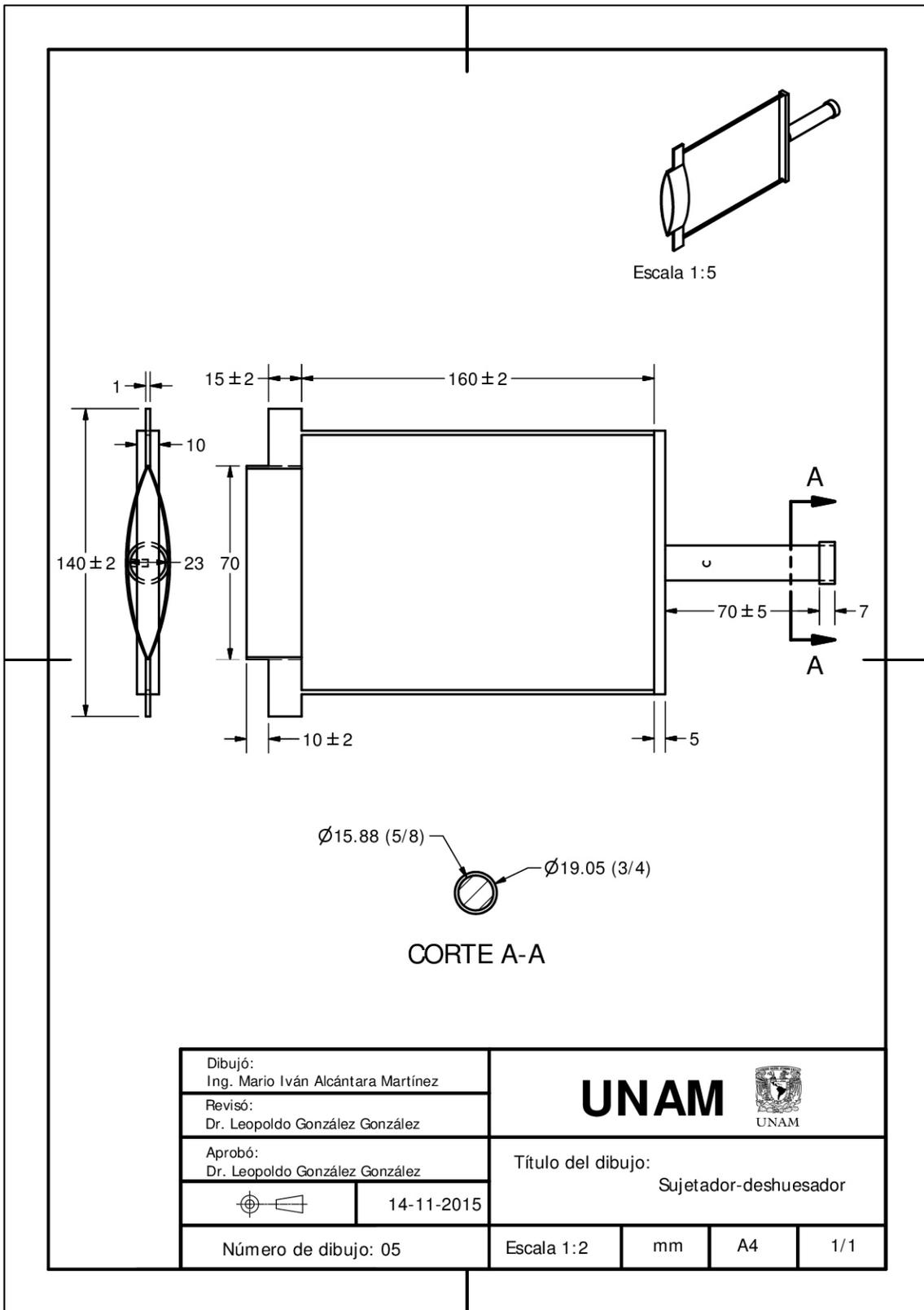
DETALLE A
ESCALA 1:10

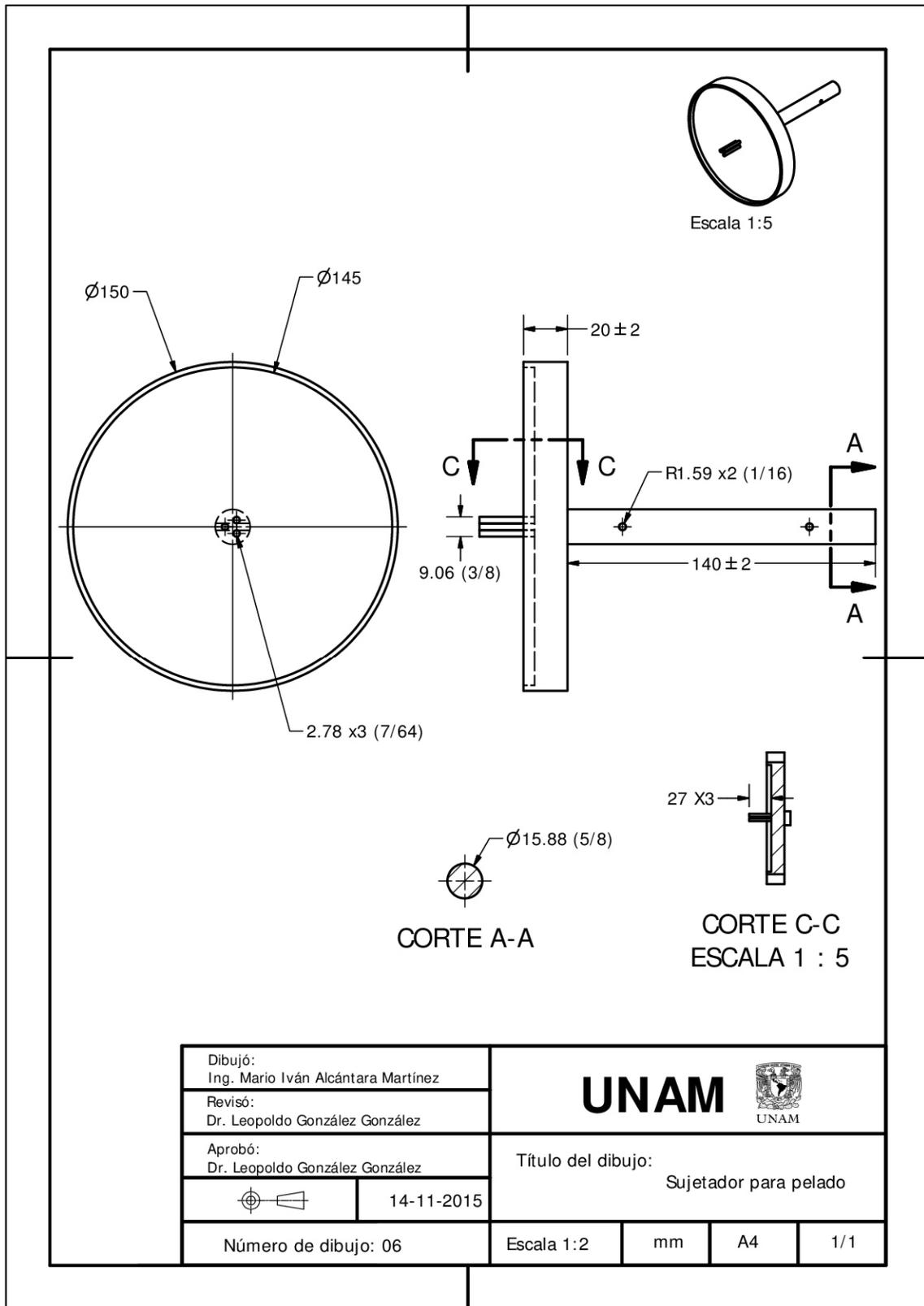


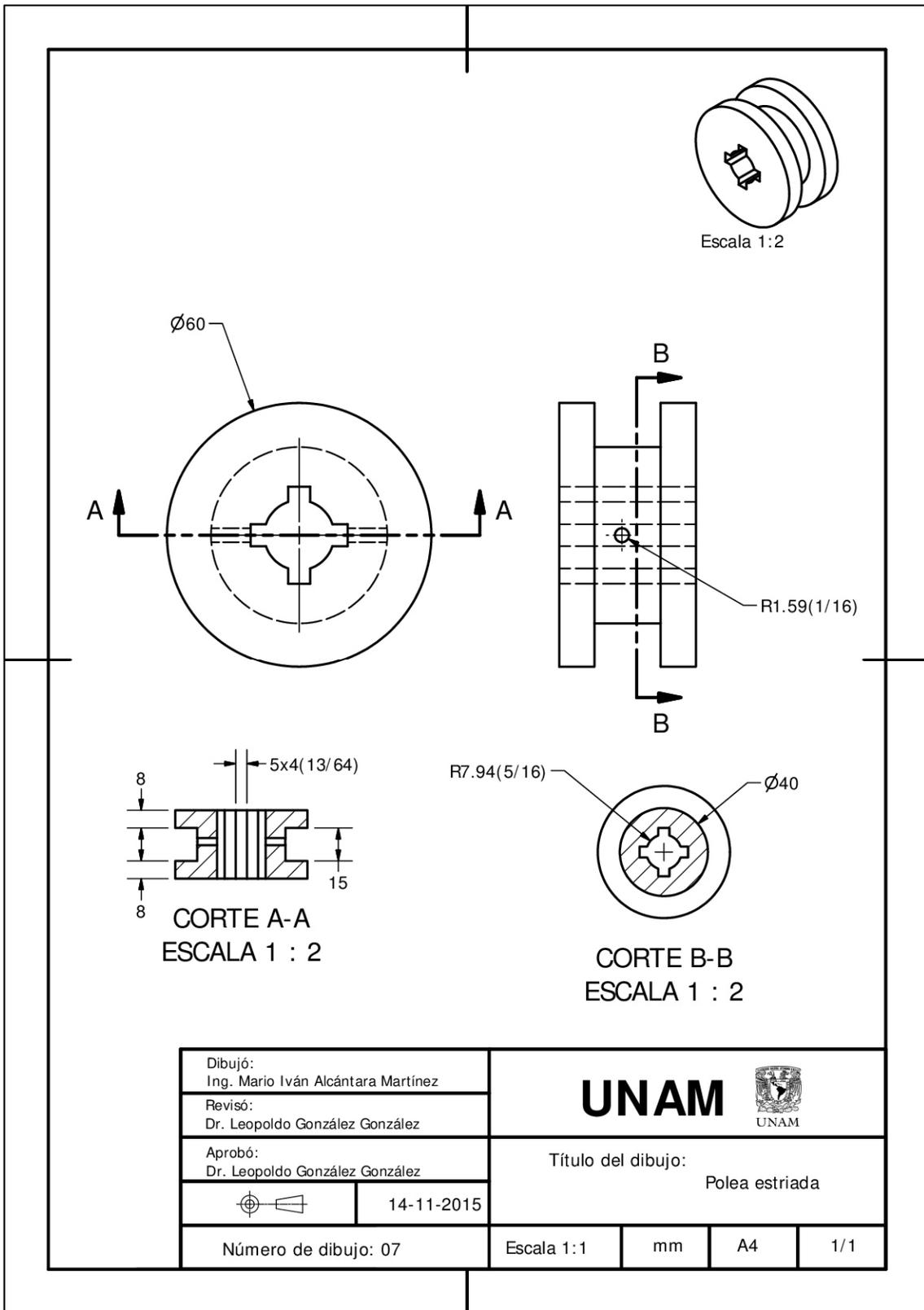
Dibujó: Ing. Mario Iván Alcántara Martínez		 UNAM	
Revisó: Dr. Leopoldo González González			
Aprobó: Dr. Leopoldo González González		Título del dibujo: Ensamble MPDM lateral	
	14-11-2015		
Número de dibujo: 02	Escala 1:20	mm	A4 1/1

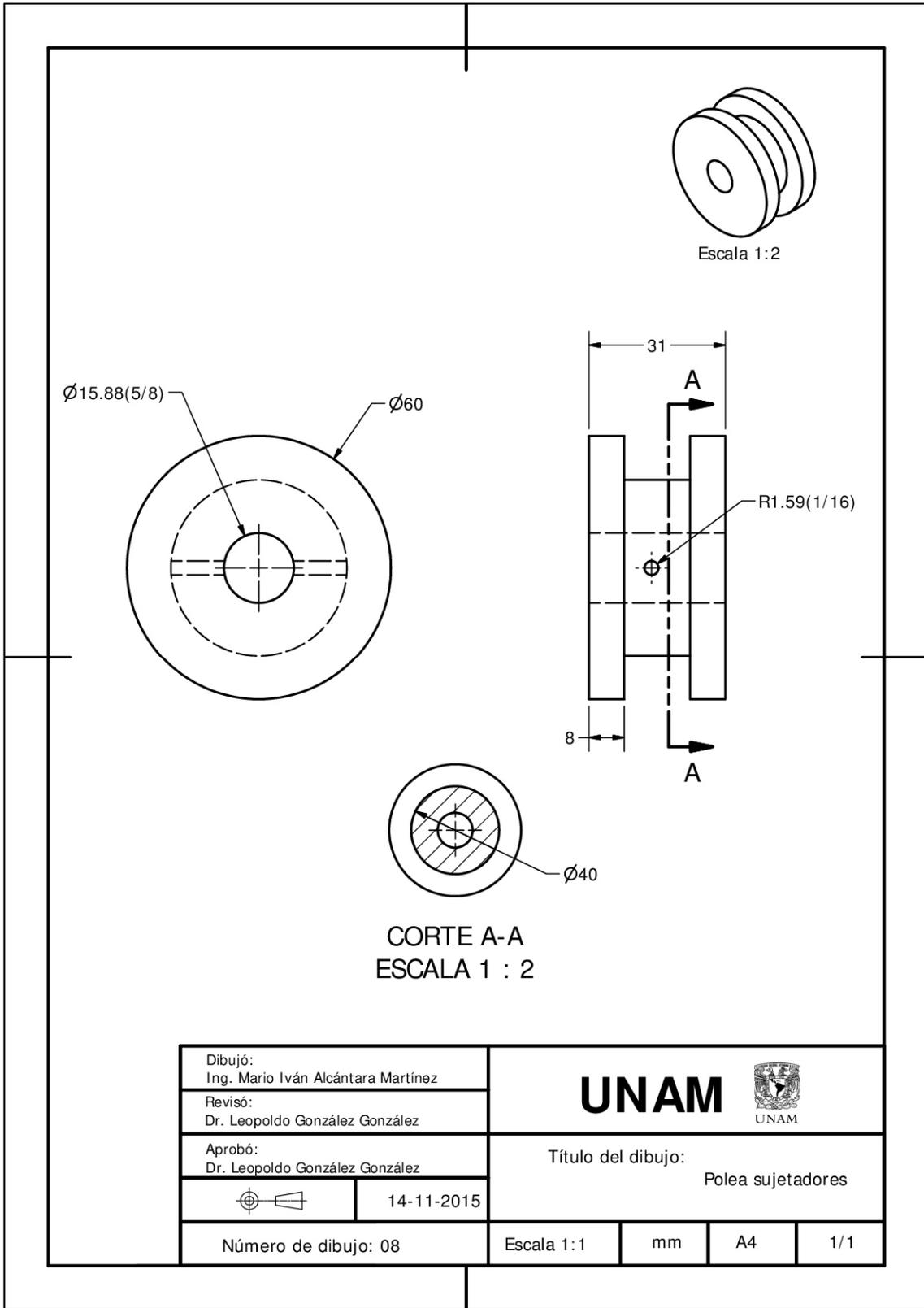


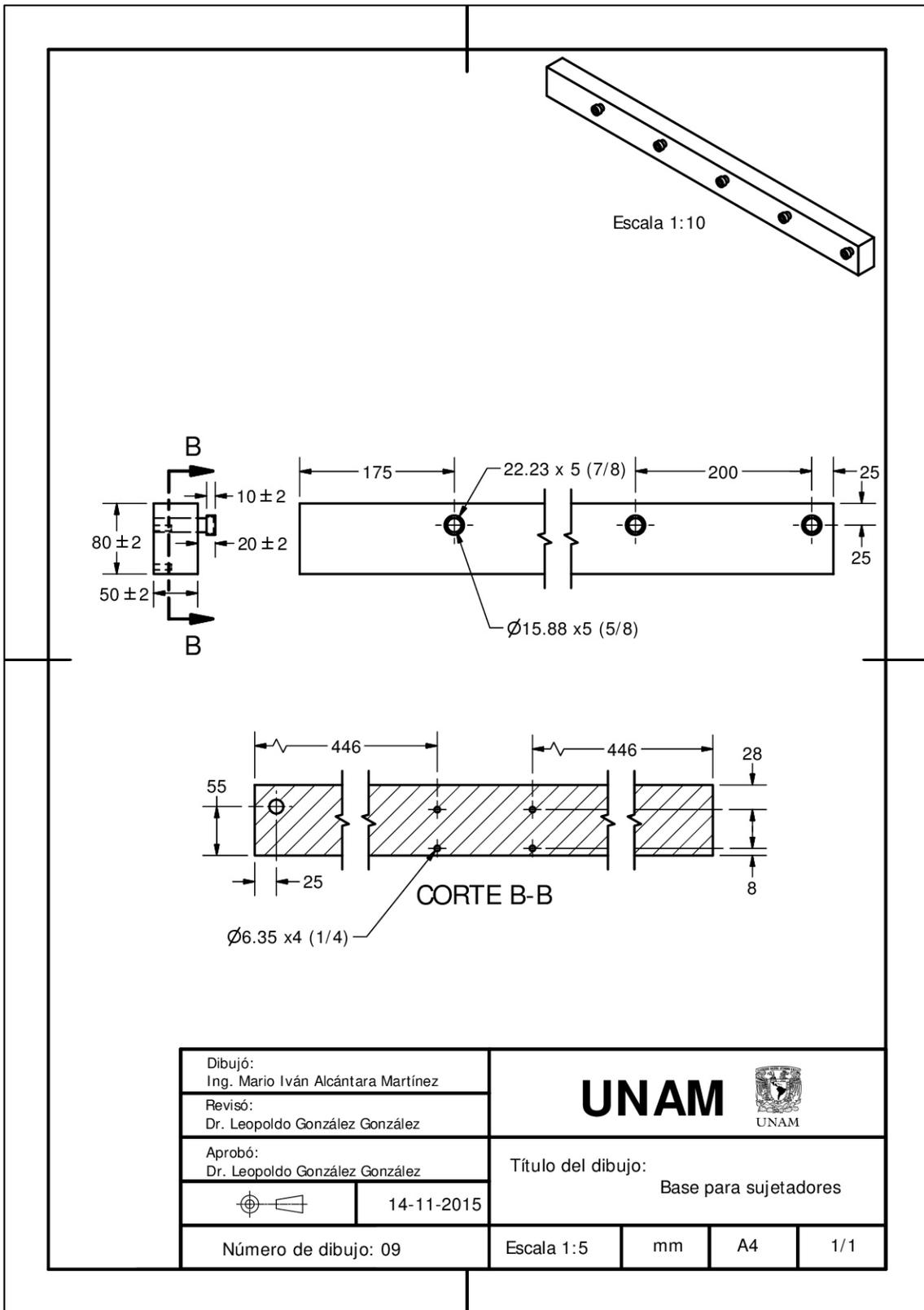




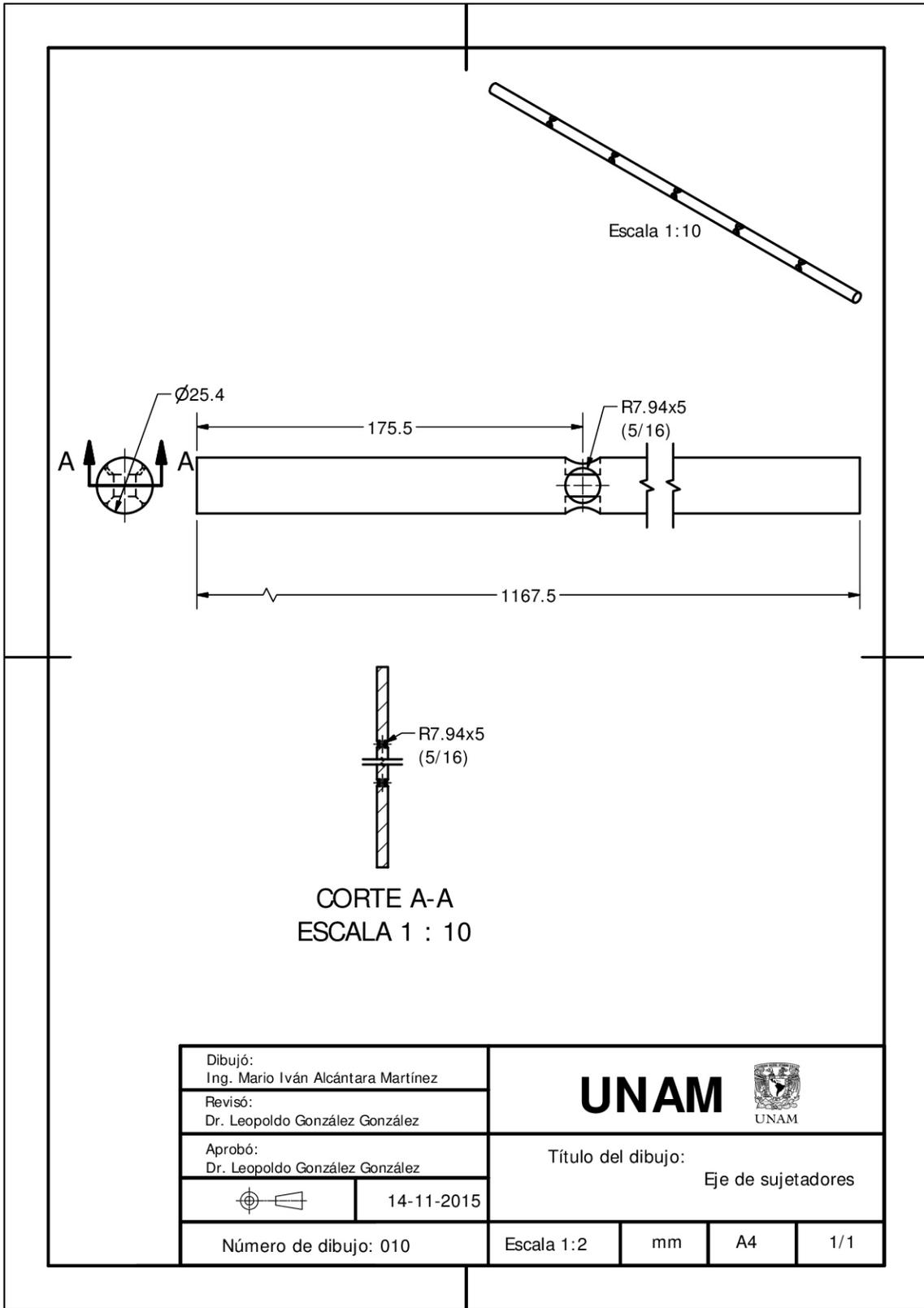


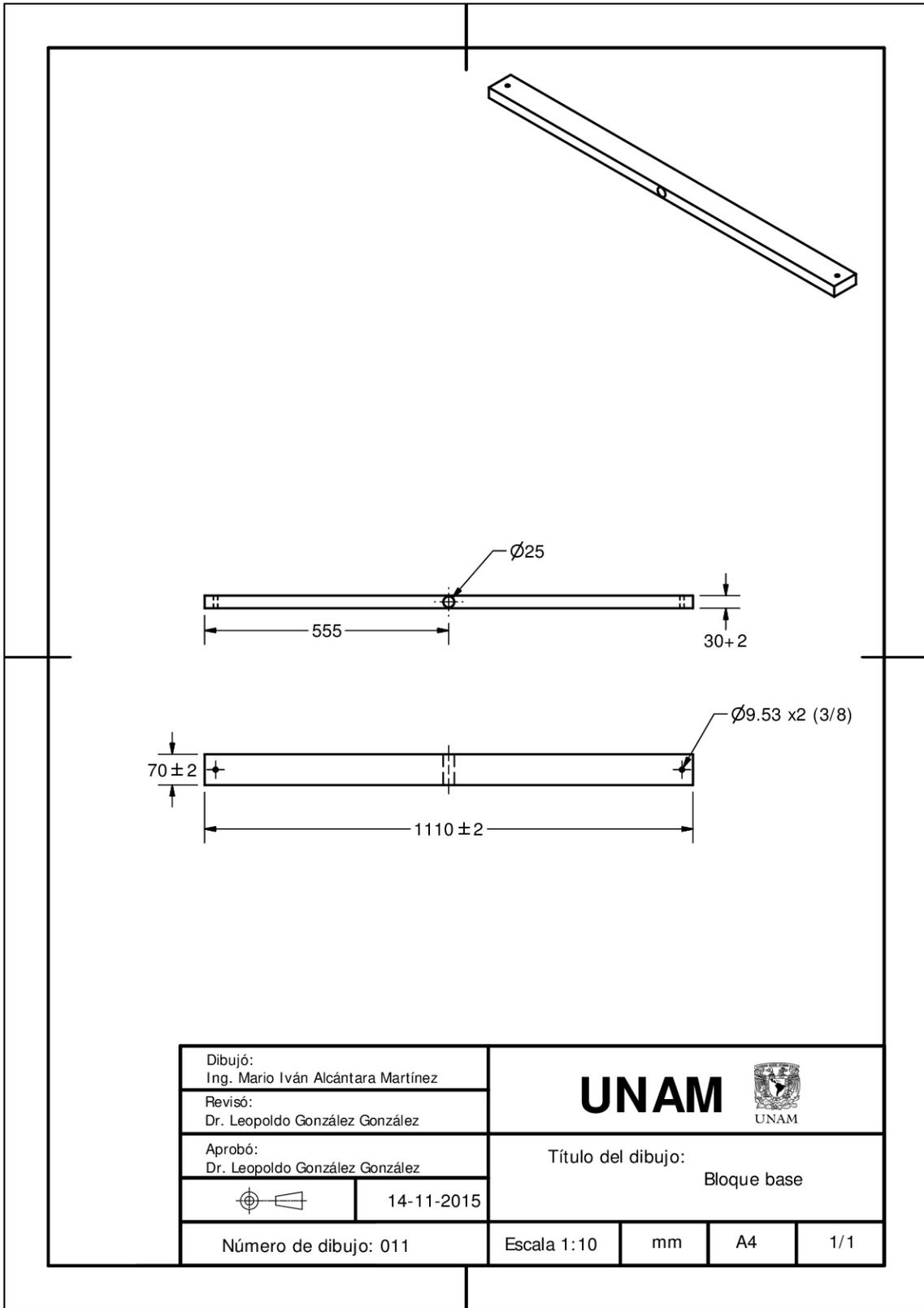


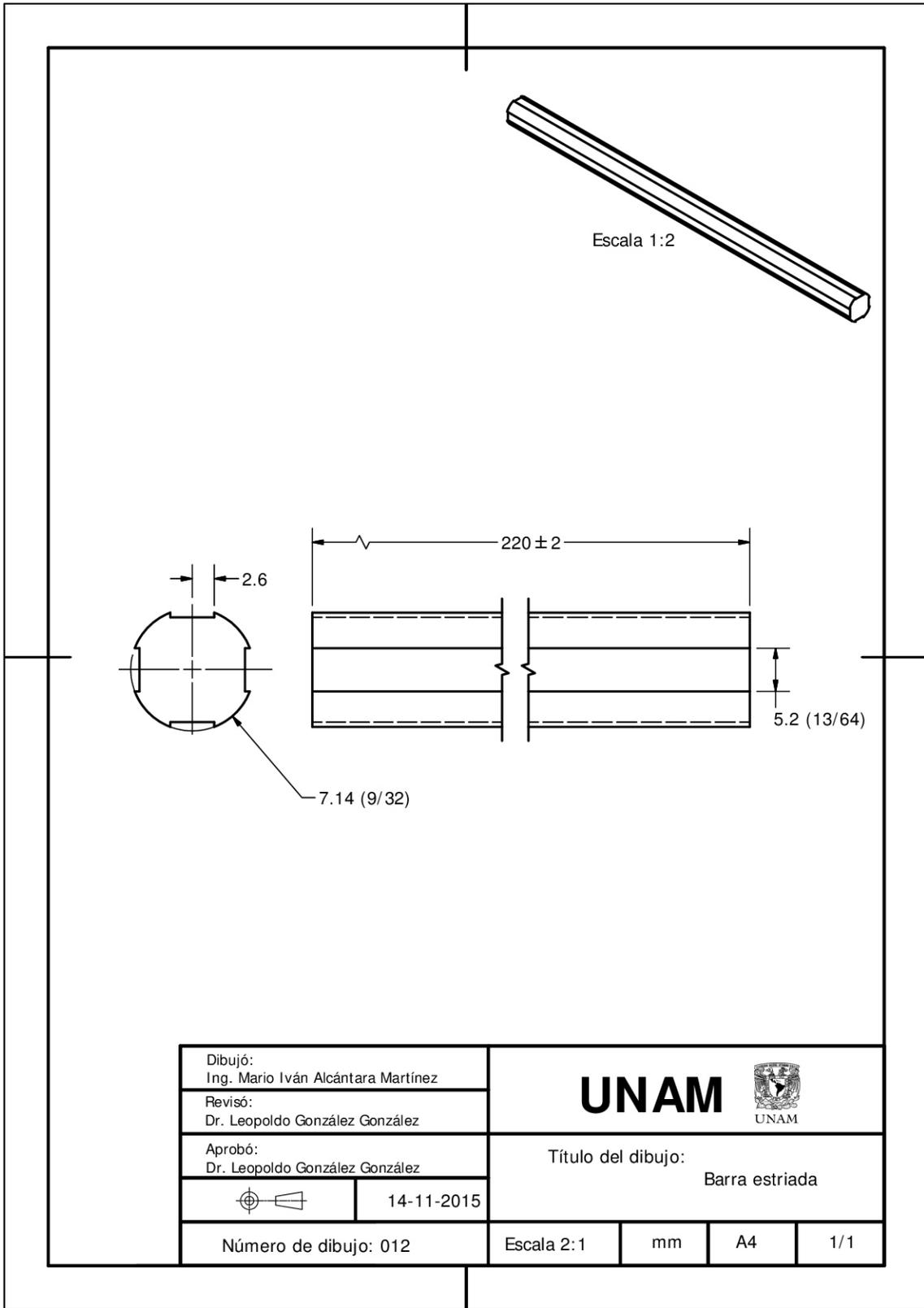


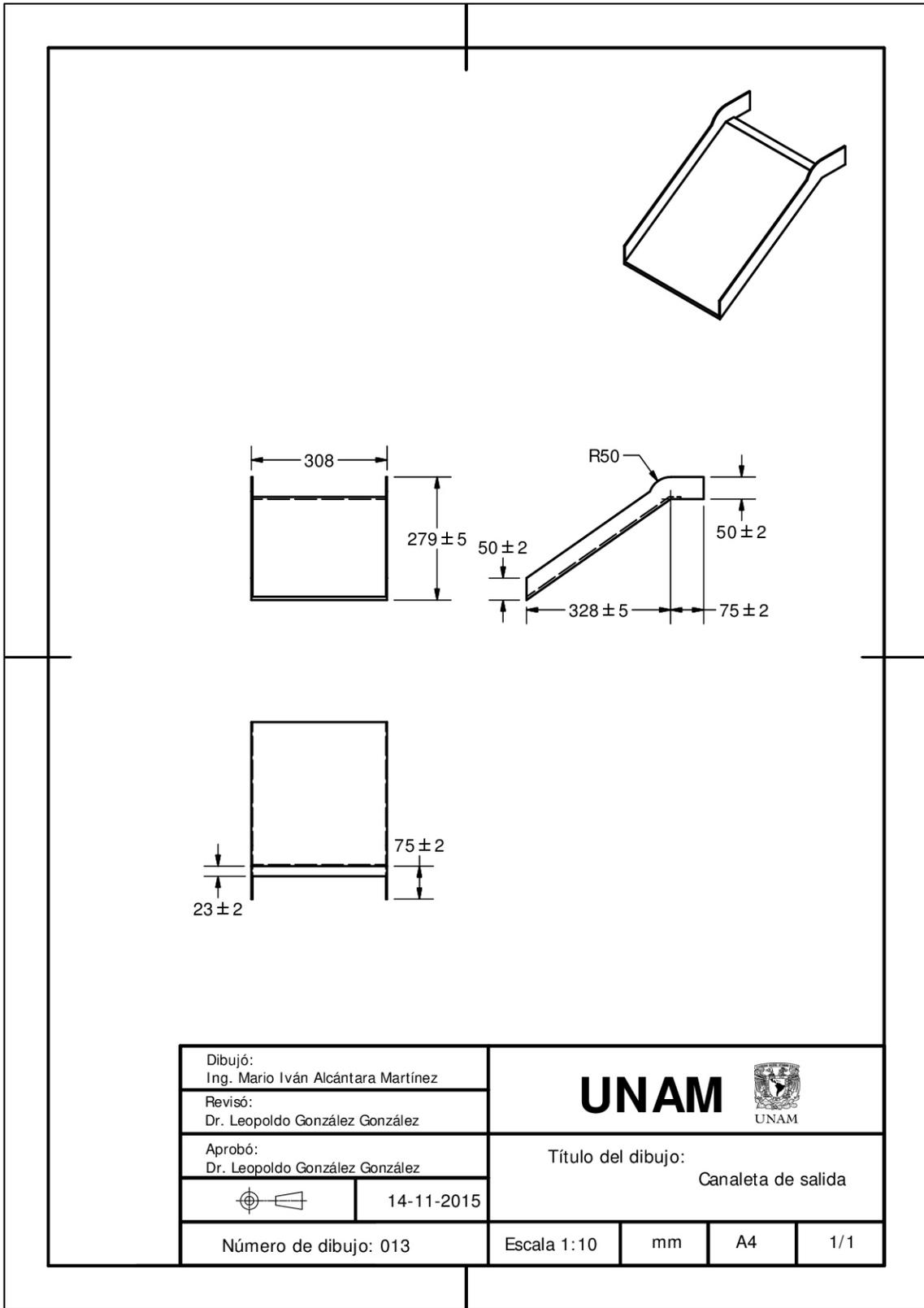


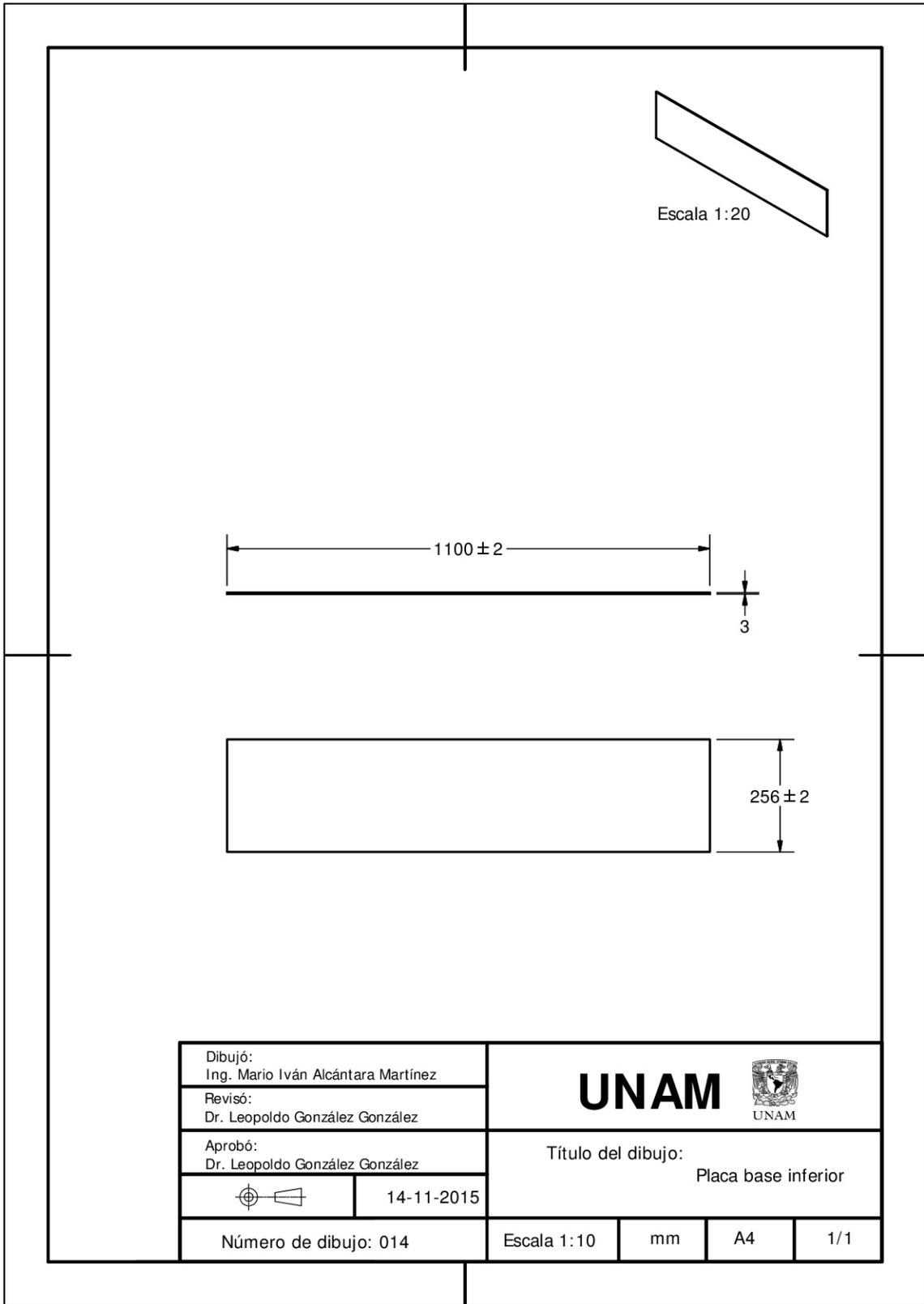
Dibujó: Ing. Mario Iván Alcántara Martínez		UNAM  UNAM			
Revisó: Dr. Leopoldo González González					
Aprobó: Dr. Leopoldo González González		Título del dibujo: Base para sujetadores			
	14-11-2015				
Número de dibujo: 09		Escala 1:5	mm	A4	1/1

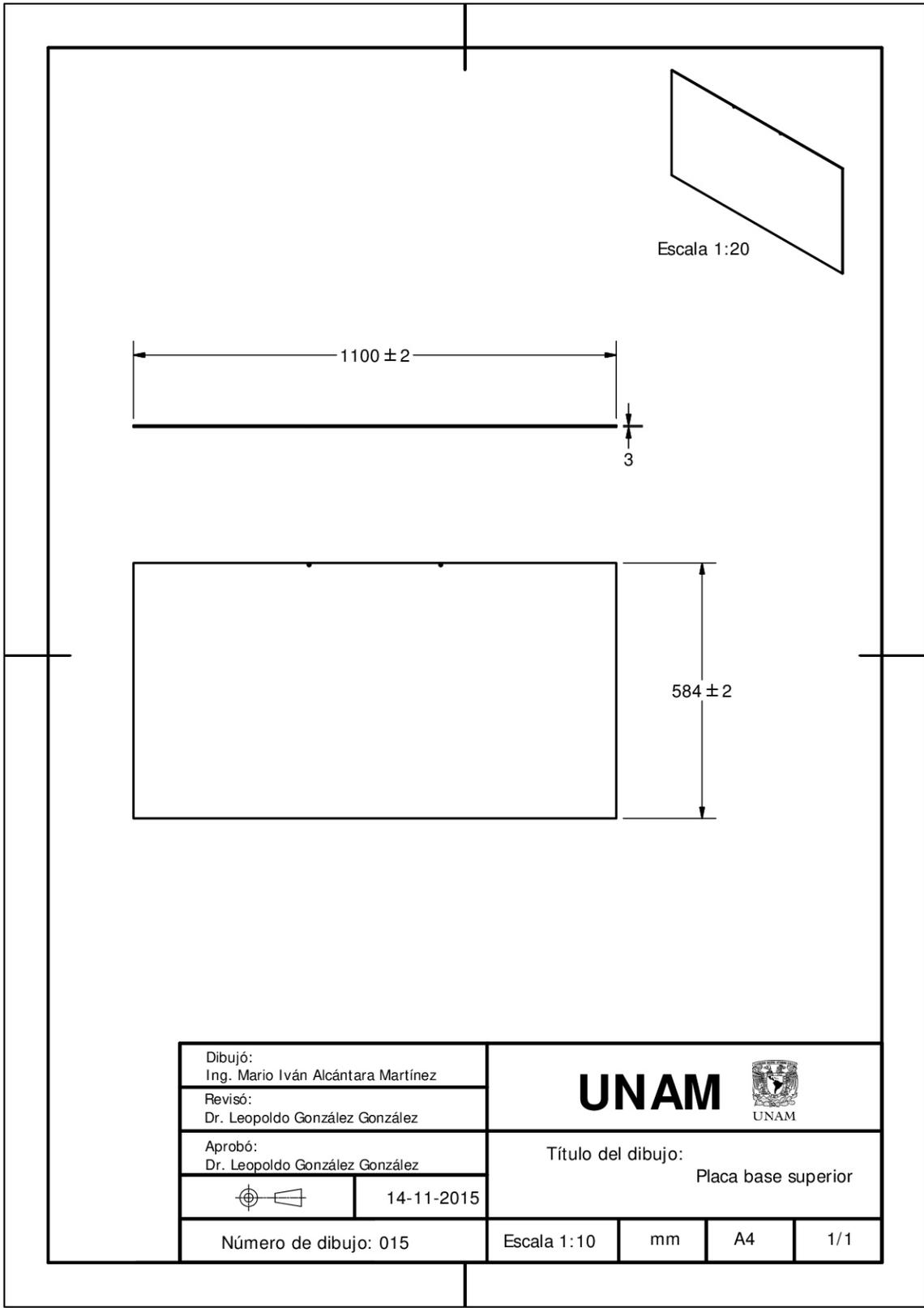


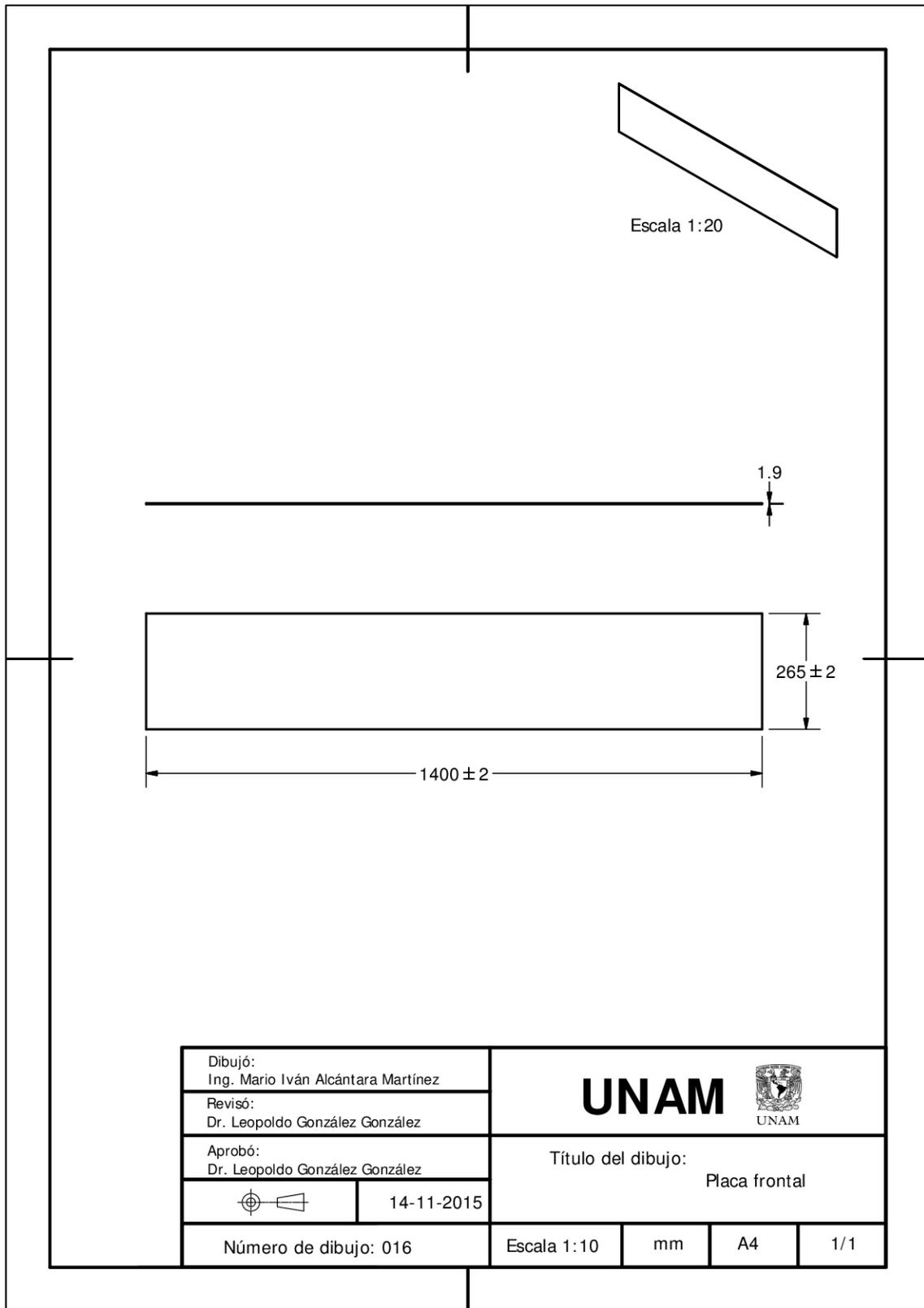


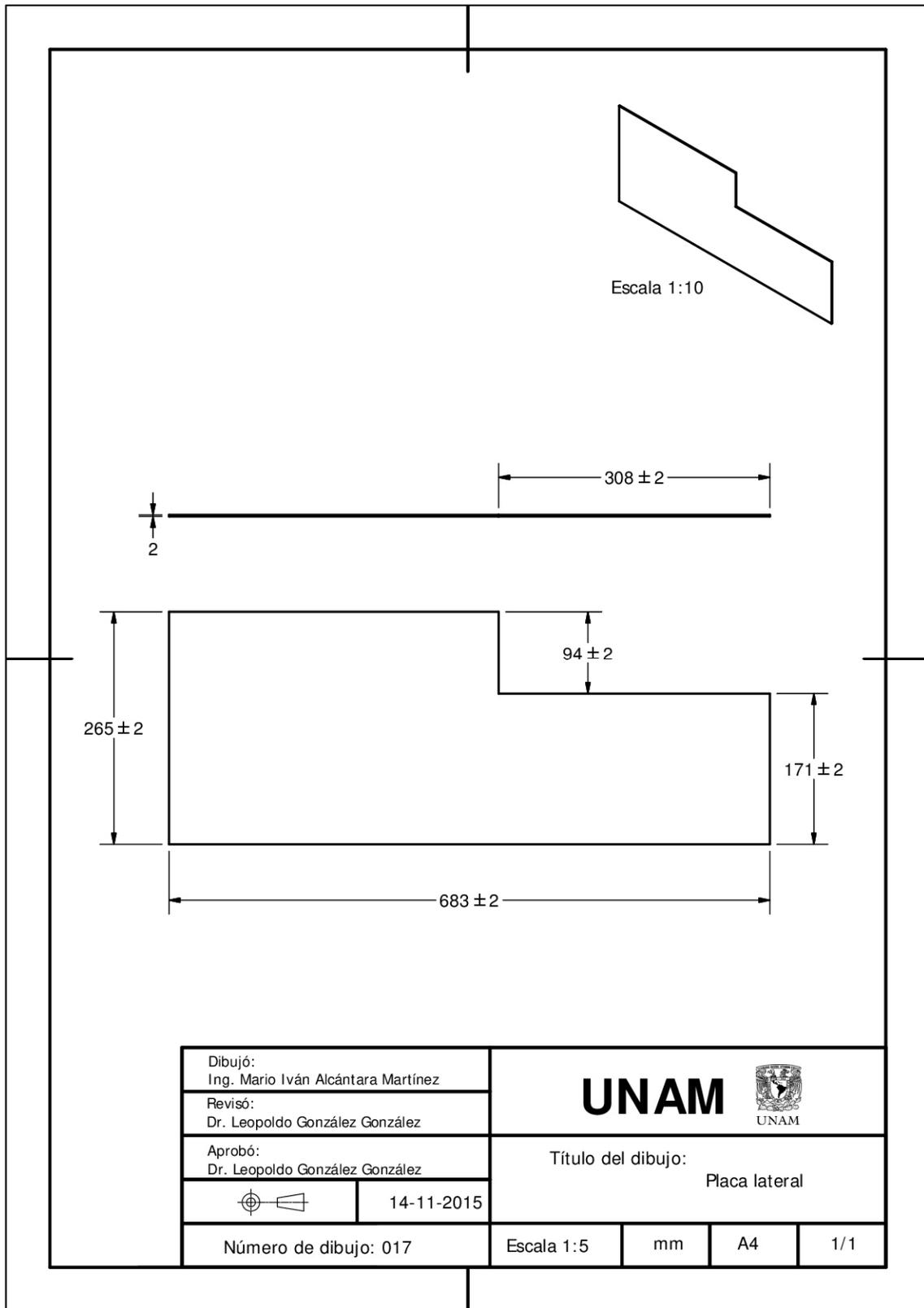


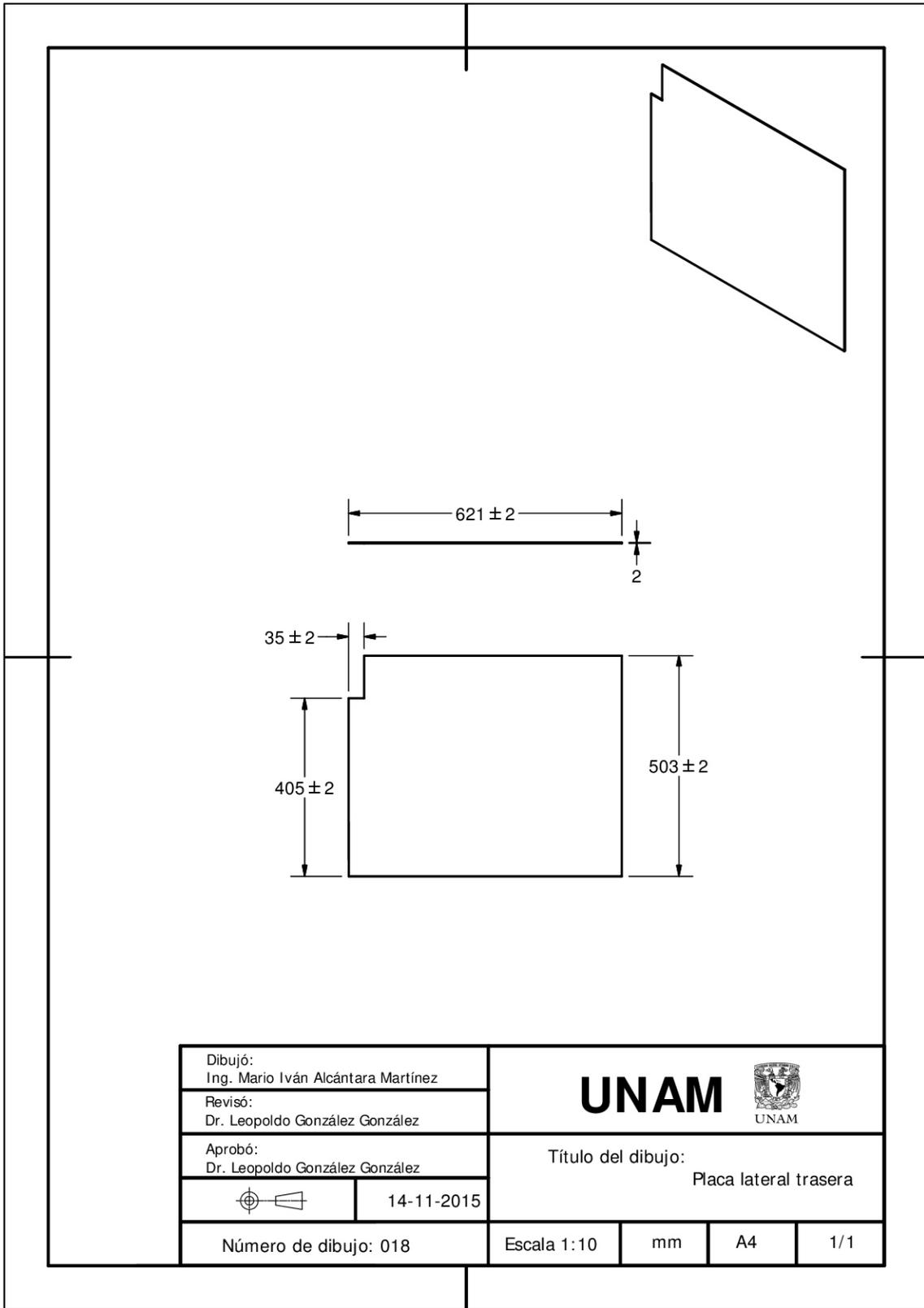


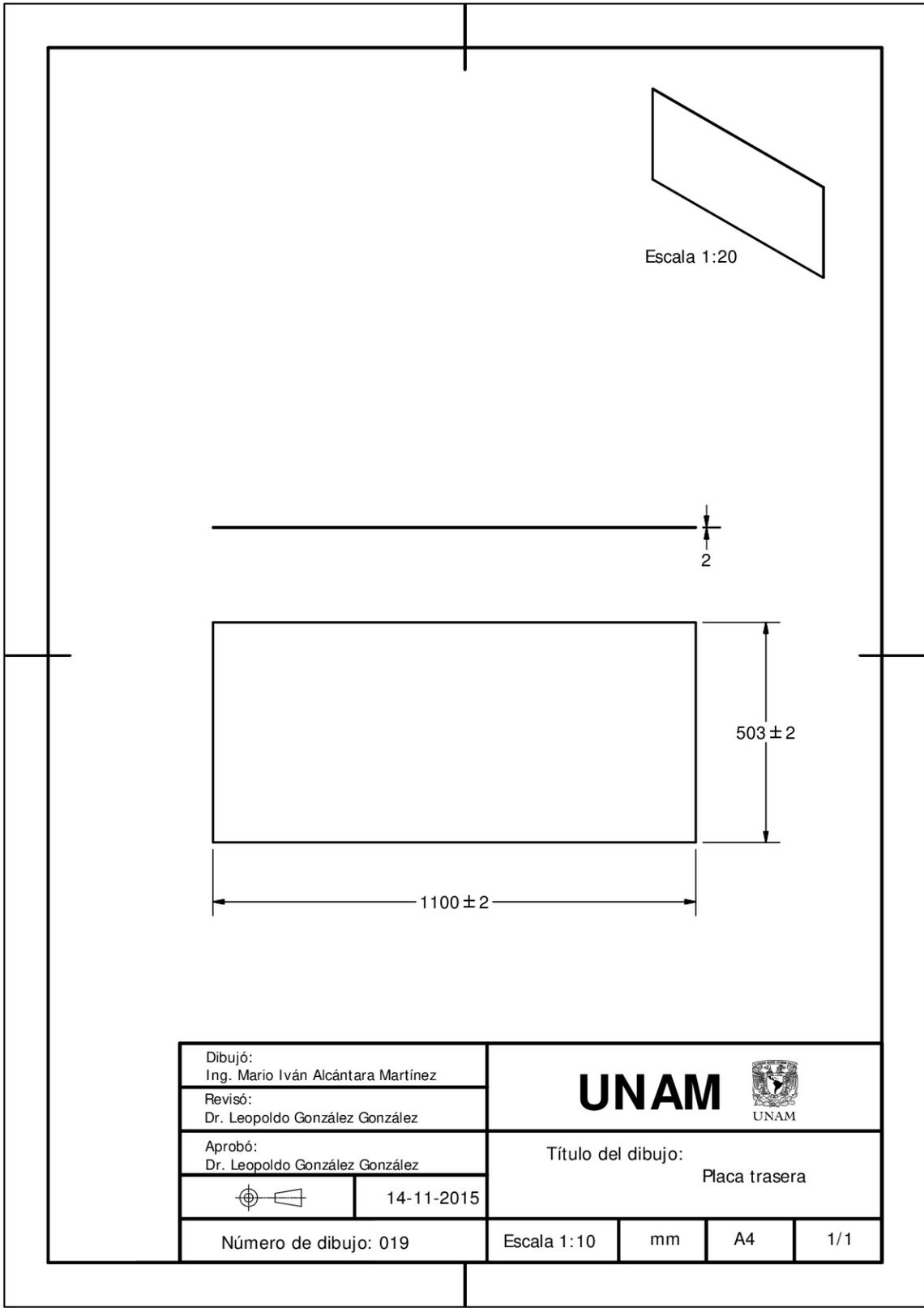


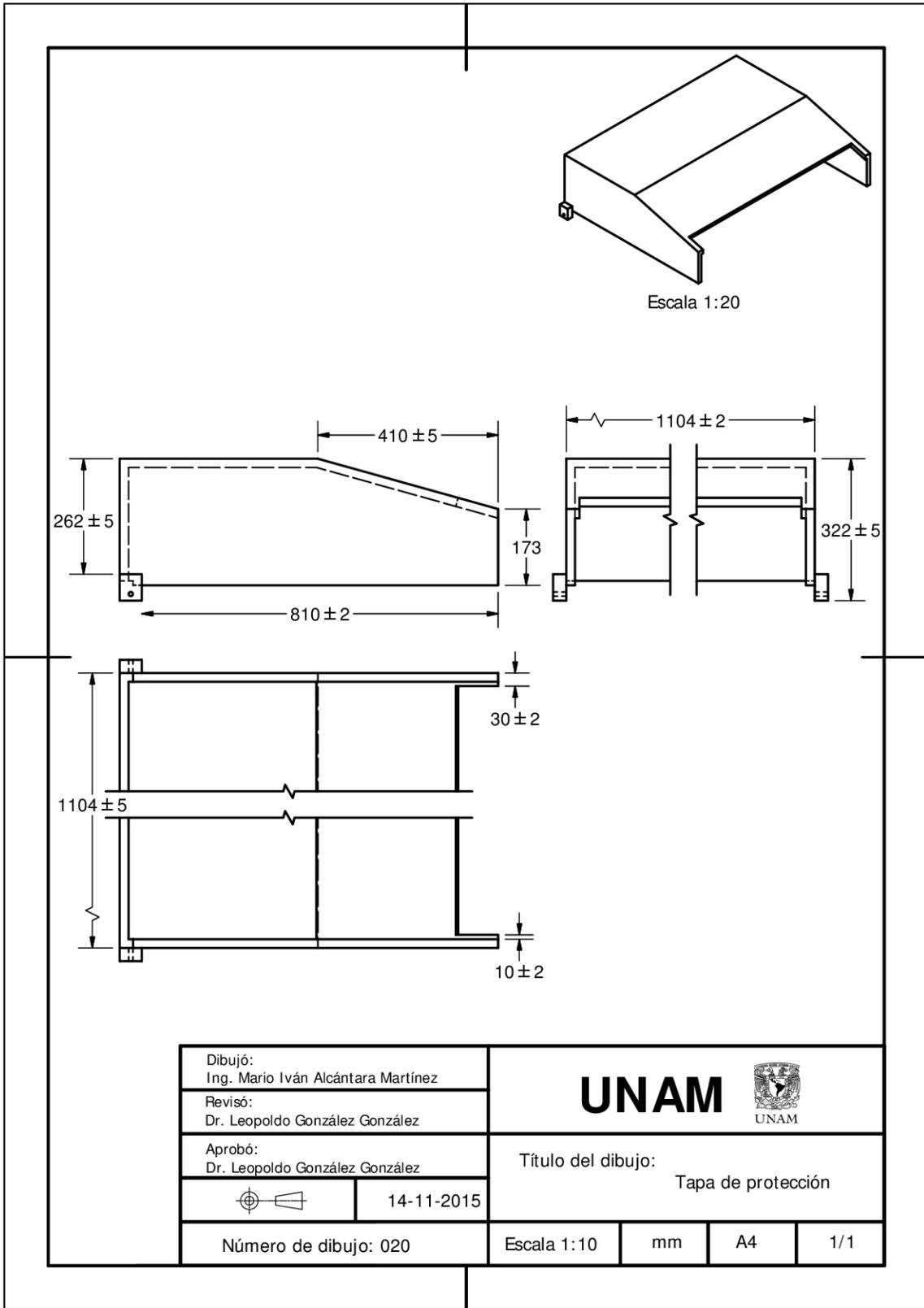


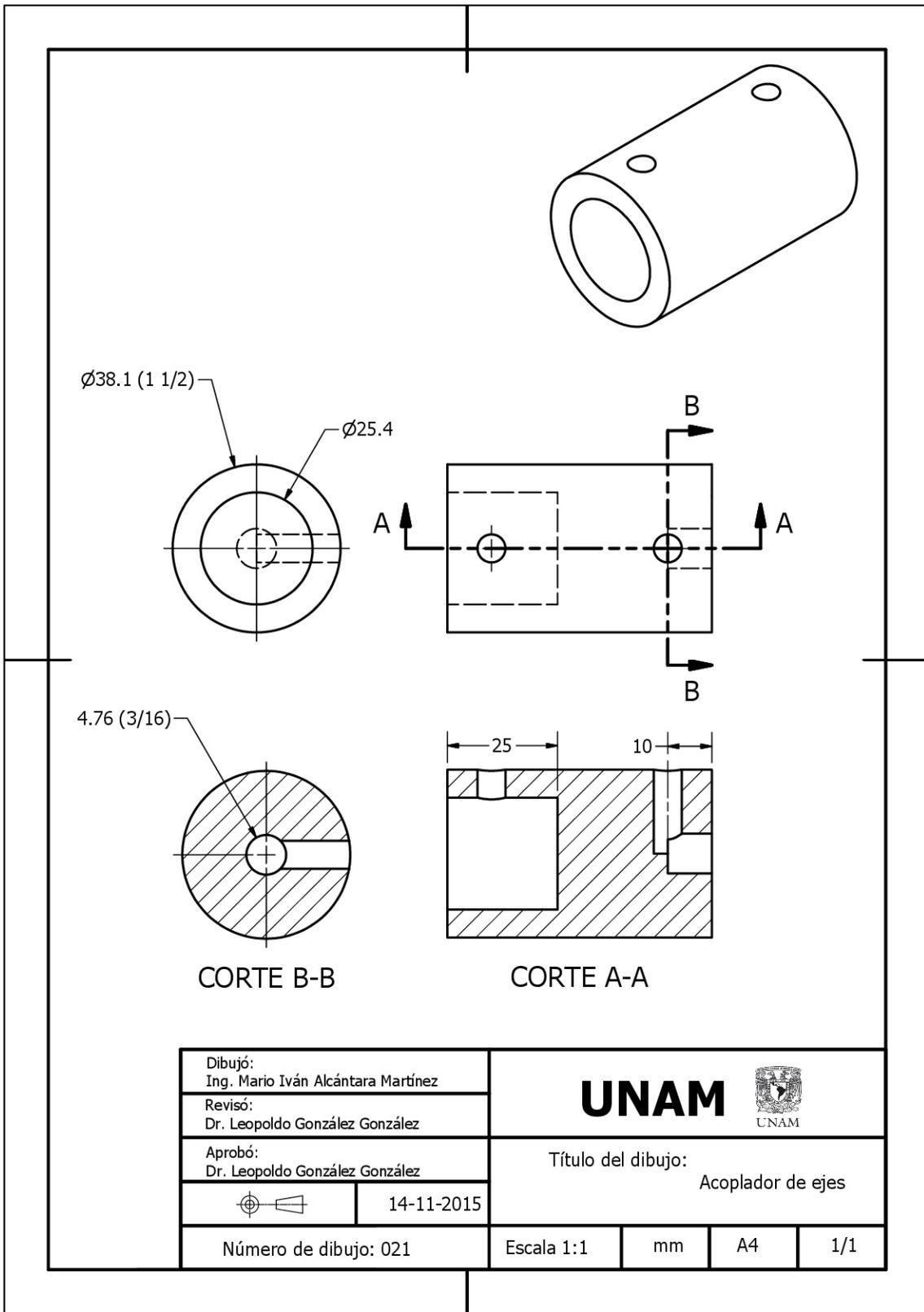


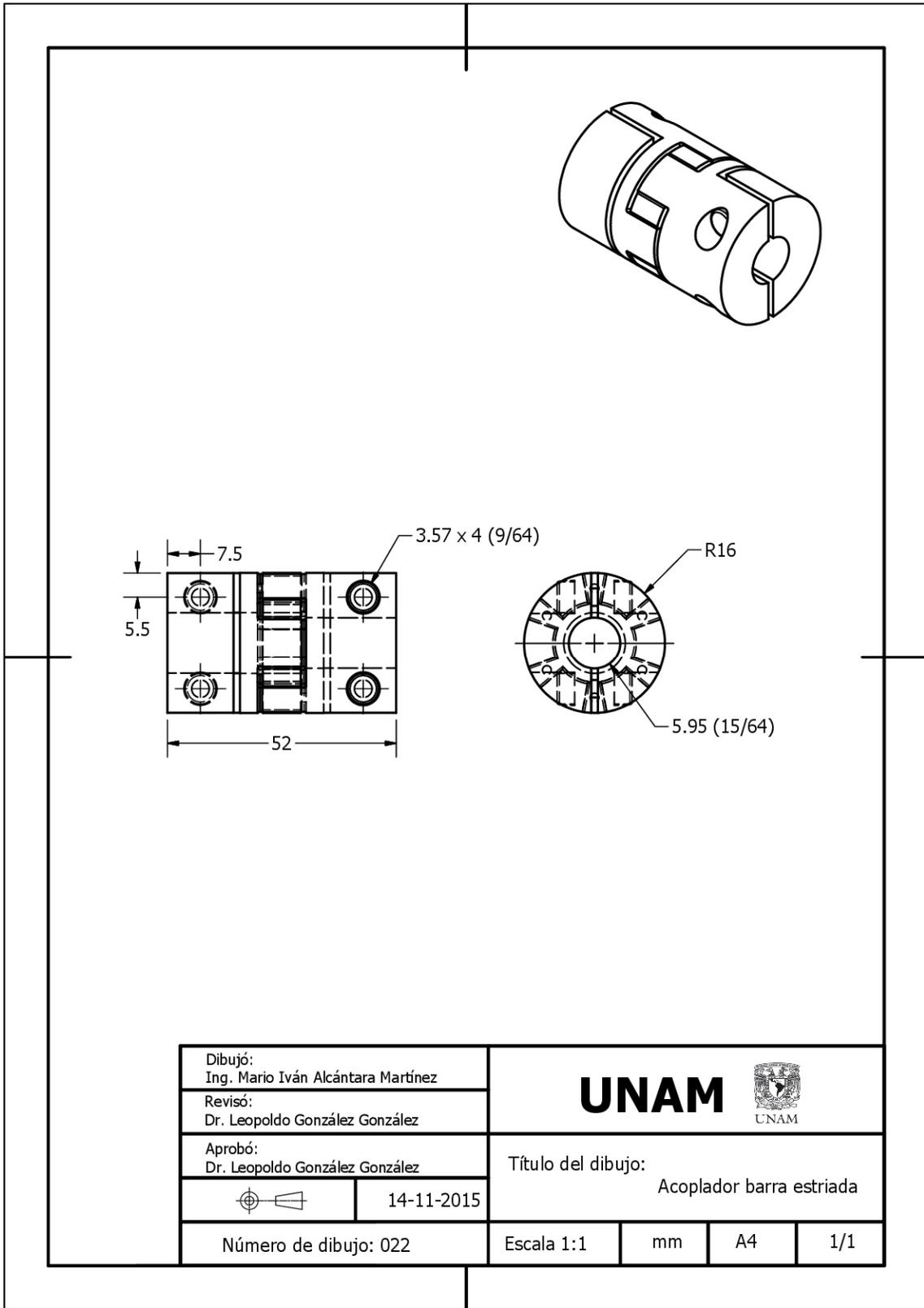


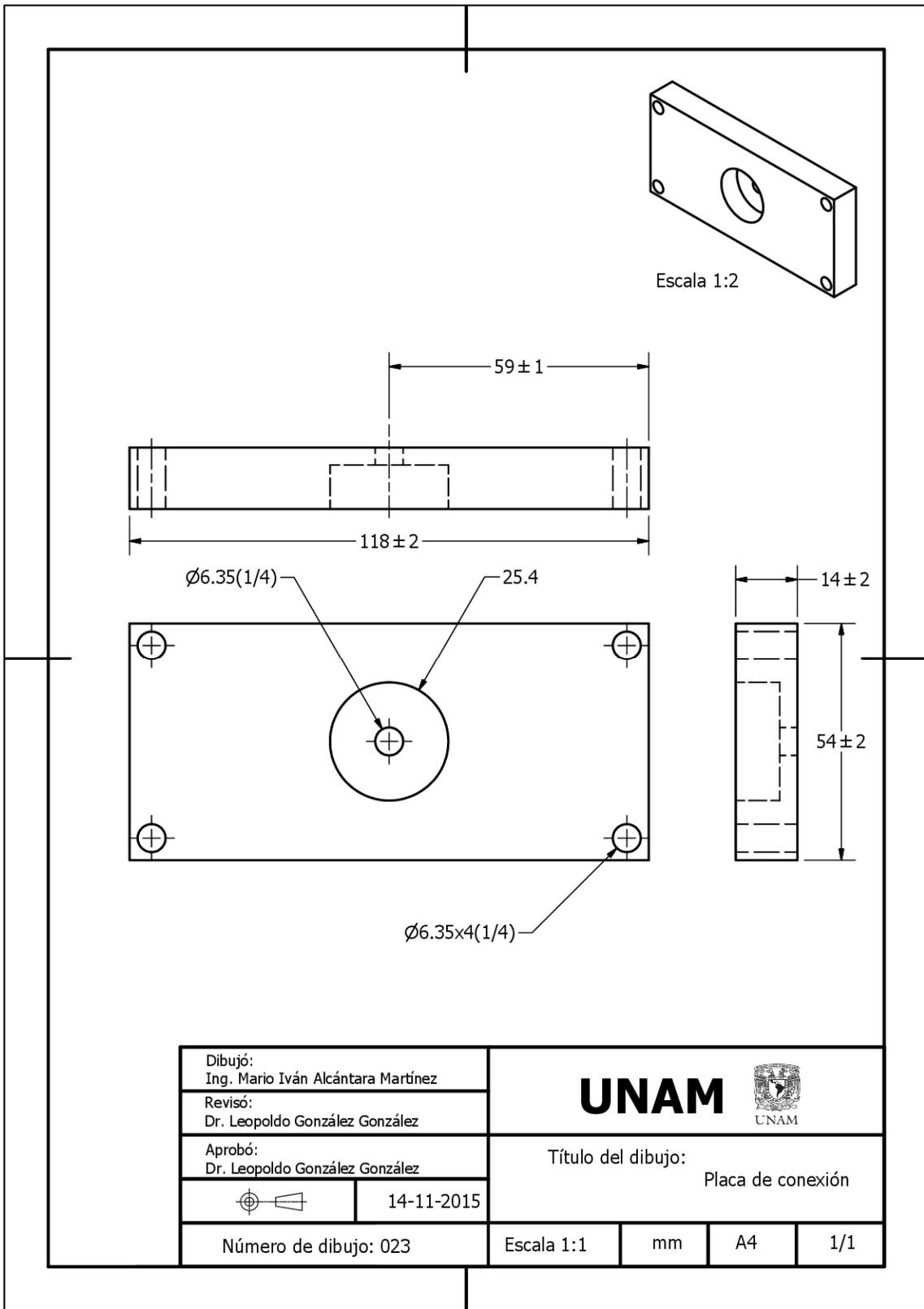




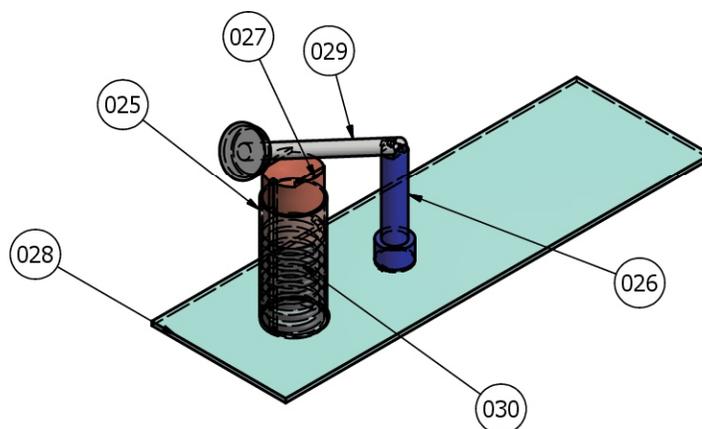




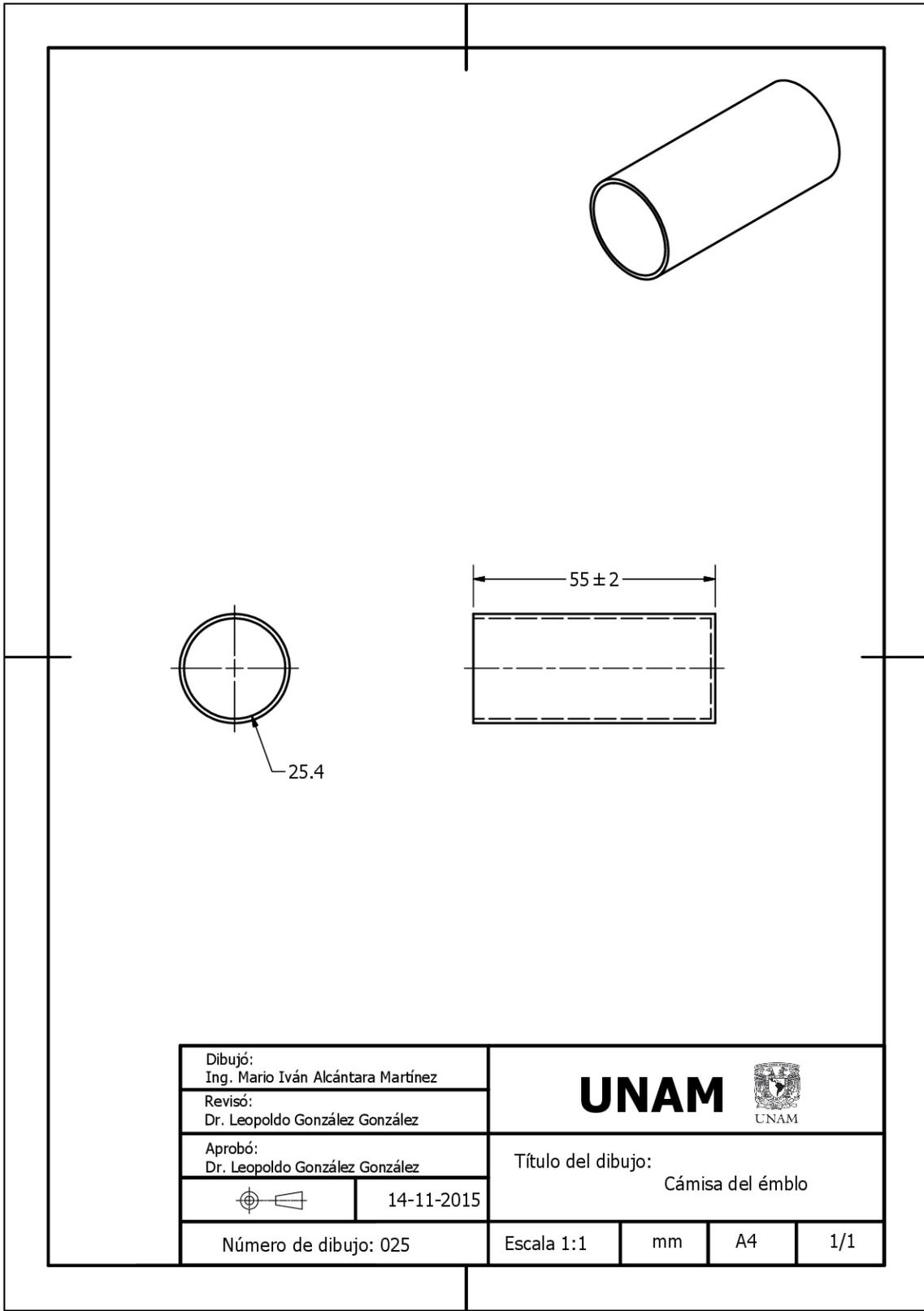


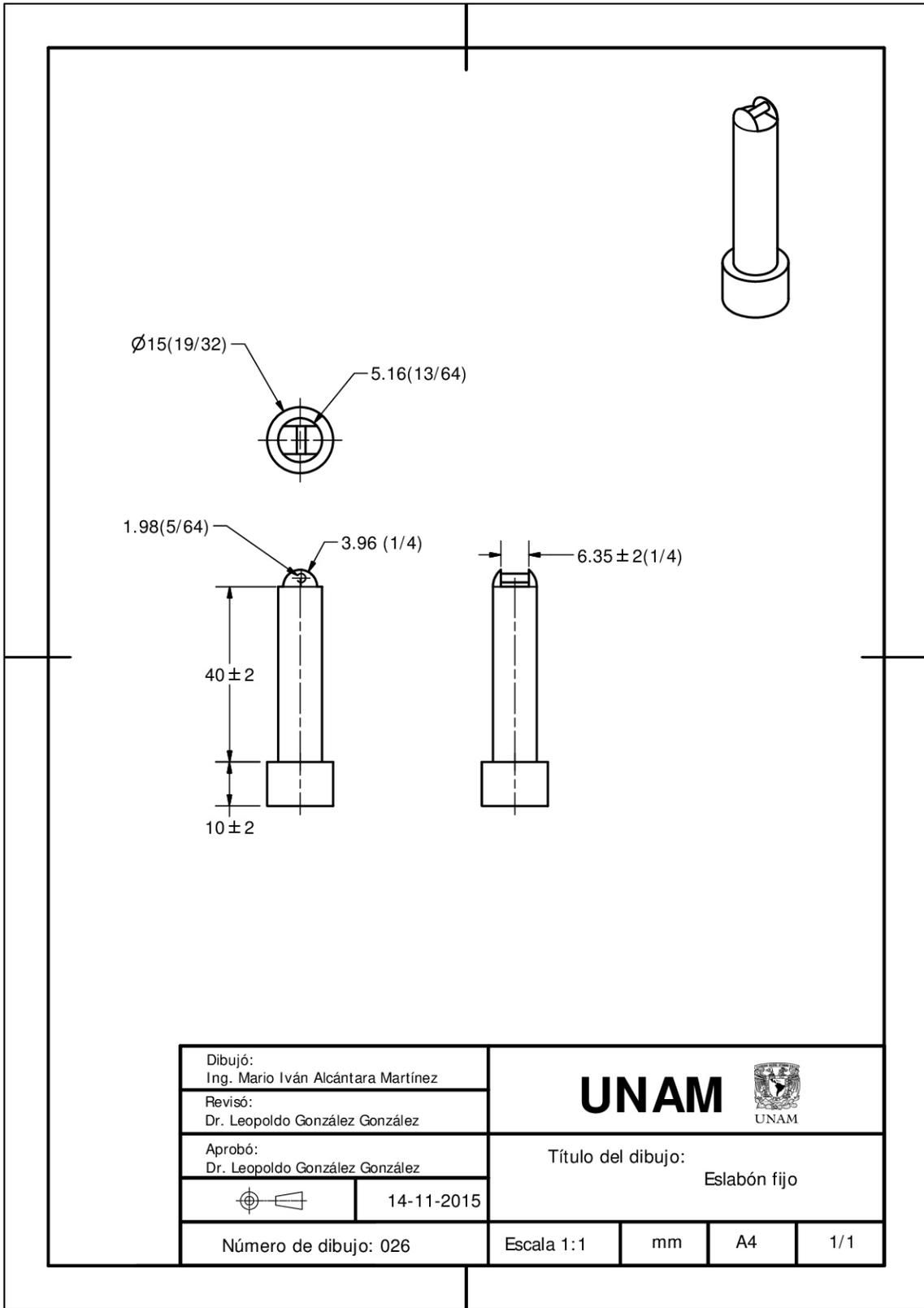


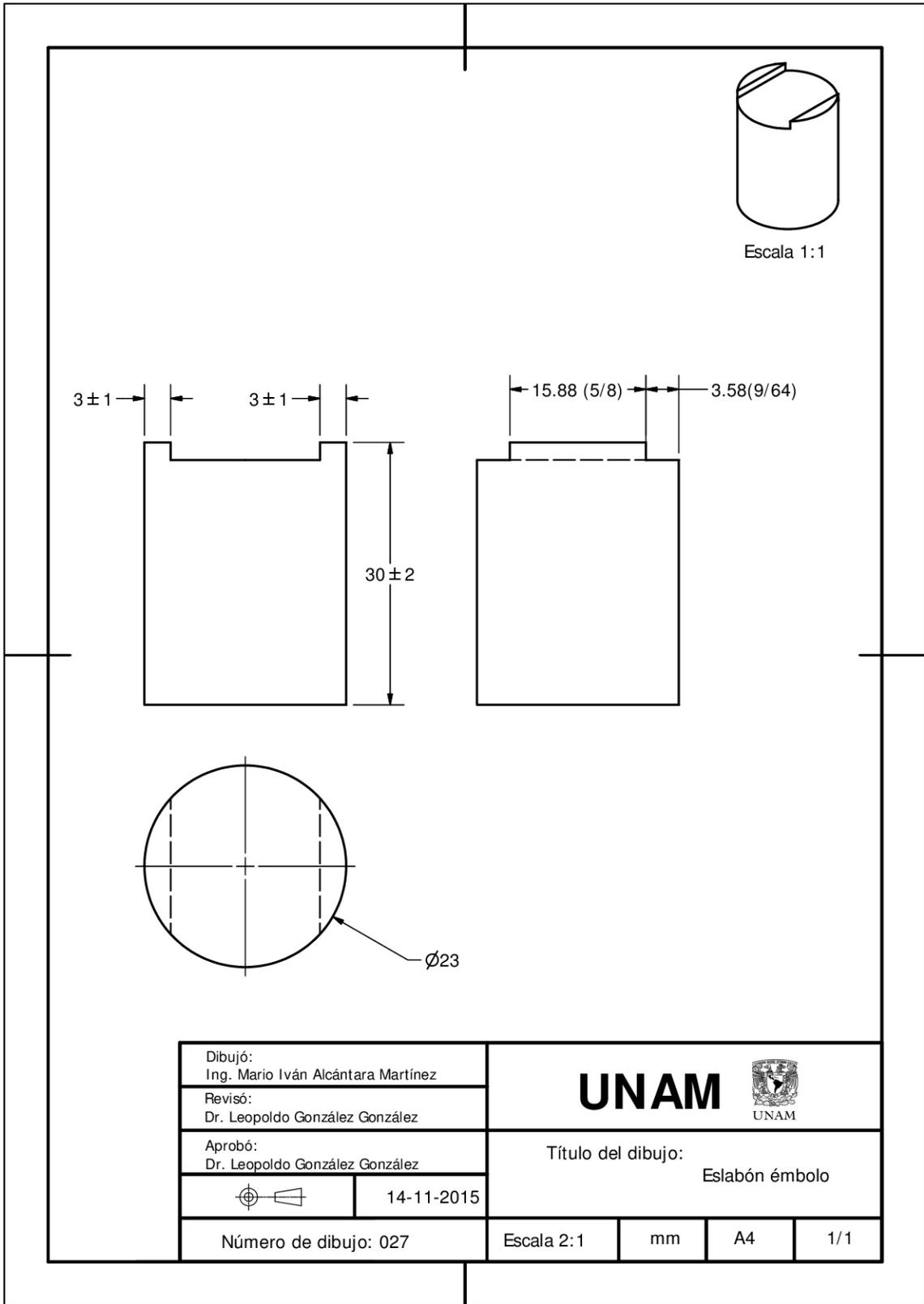
LISTA DE PARTES		
NÚM DE DIBUJO	CANTIDAD	PARTE
025	1	Cámara del émbolo
026	1	Eslabón fijo
027	1	Eslabón émbolo
028	1	Base del mecanismo
029	1	Eslabón de salida
030	1	Resorte

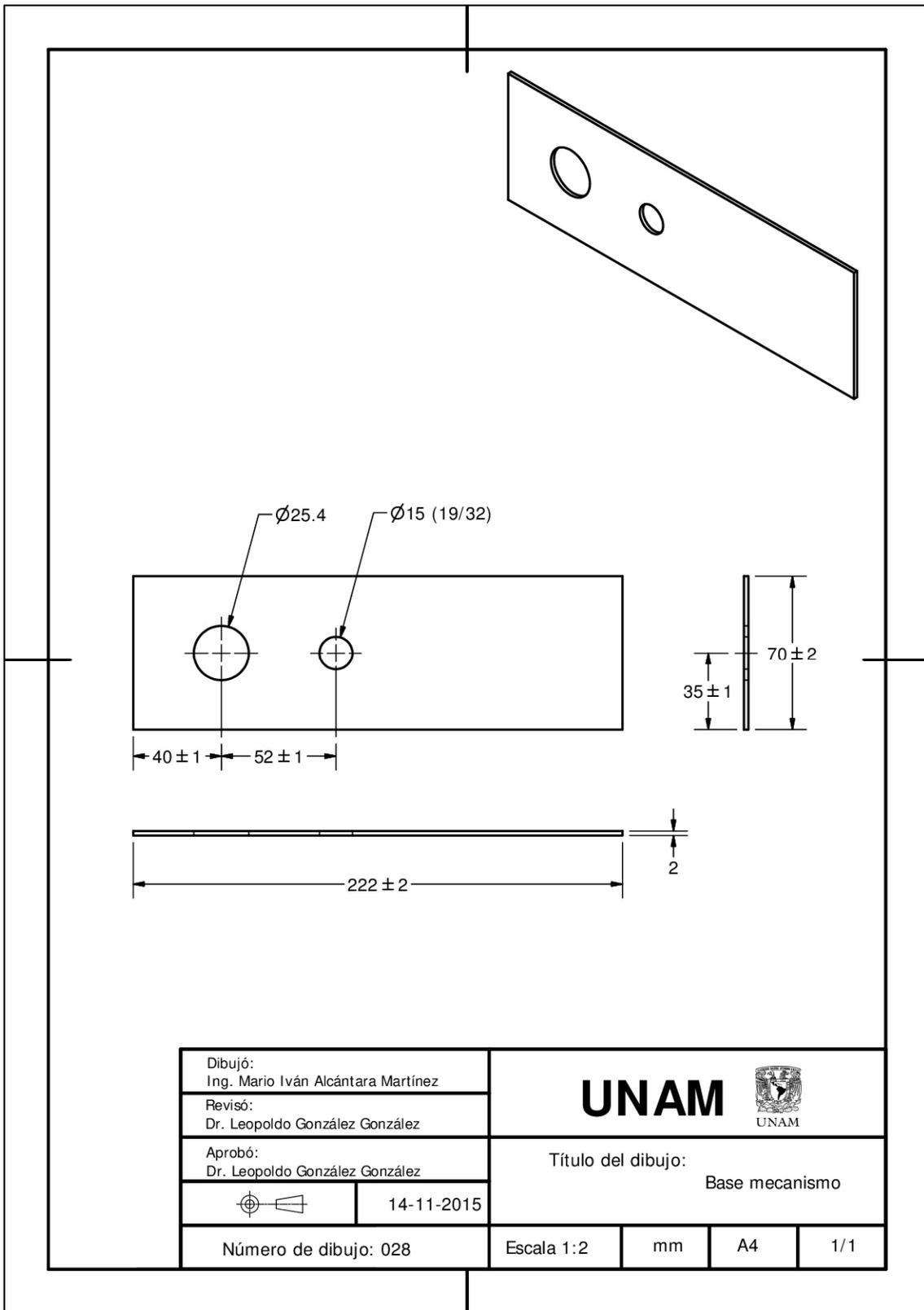


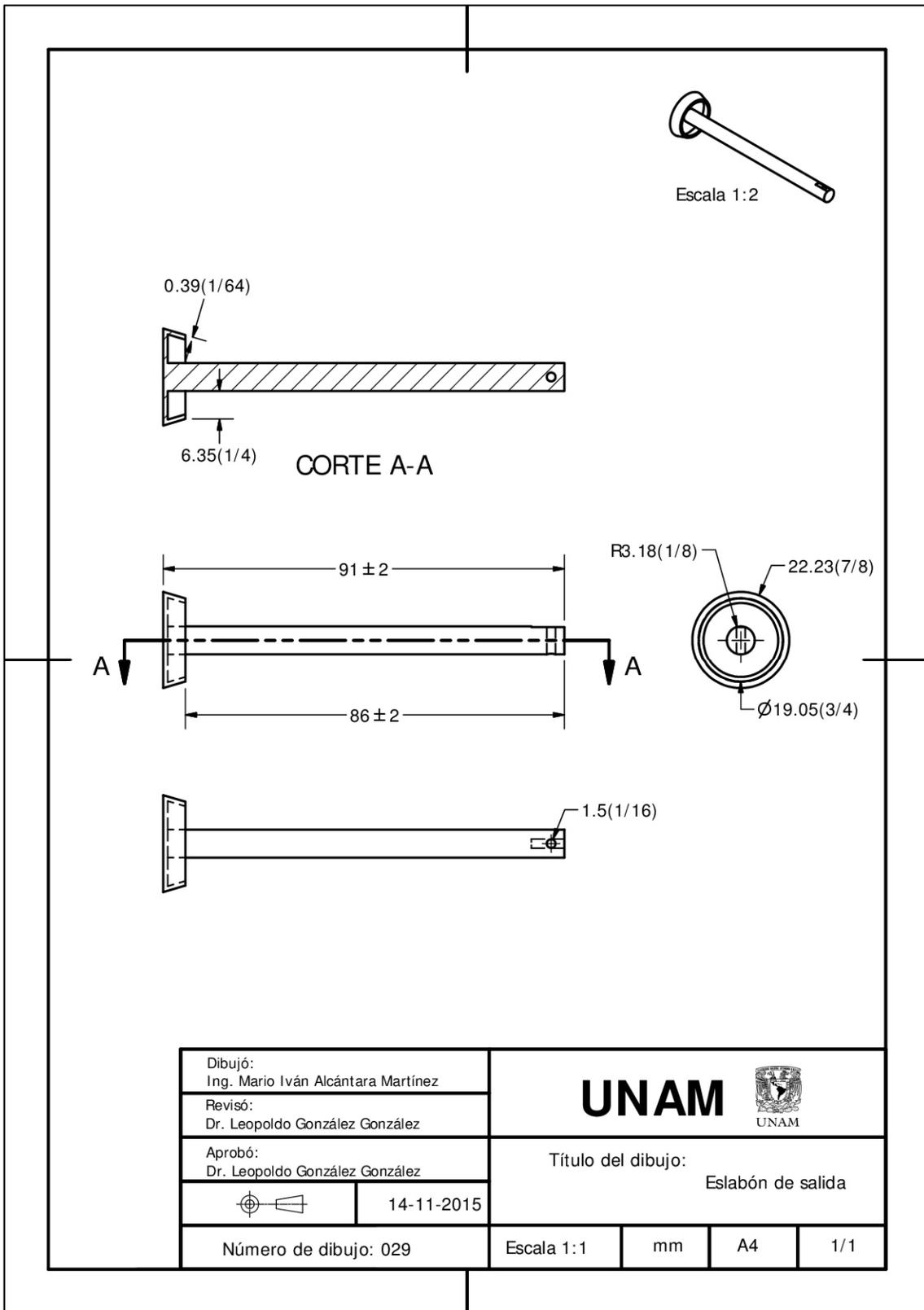
Dibujó: Ing. Mario Iván Alcántara Martínez		UNAM 	
Revisó: Dr. Leopoldo González González			
Aprobó: Dr. Leopoldo González González		Título del dibujo:	
		14-11-2015	
Número de dibujo: 024		Escala 1:2	mm
		A4	1/1



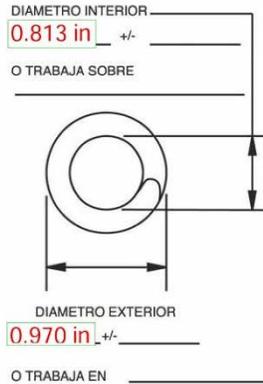
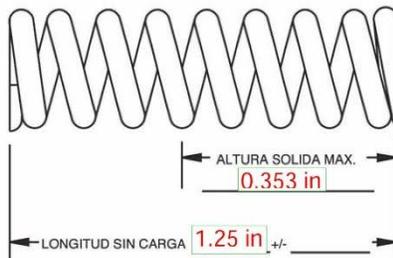








Número de dibujo: 030



INDICAR LAS UNIDADES DE MEDIDA (PULG. & LBS.), (MM & KG)

1. MATERIAL _____
2. DIAMETRO DEL ALAMBRE _____
3. DIRECCION DE ENROLLADO OPT LH RH
4. ESTILO DE EXTREMOSI II III IV
5. CUADRATURA _____
6. CONSTANTE _____ +/- _____ ENTRE _ &
7. CARGA 1 _____ +/- _____ @ _____
8. CARGA 2 _____ +/- _____ @ _____
9. CANTIDAD DE ESPIRAS ACTIVAS _____
10. CANTIDAD TOTAL DE ESPIRAS _____
11. ACABADO _____
12. FRECUENCIA DE COMPRESION
 _____ CICLOS/SEG. & RANGO DE OPERACION
 _____ PULG. A _____ PULG. DE LONGITUD
13. TEMP. DE OPERACION _____ °F
14. OTROS: _____

COMPANIA: _____

DIRECCION: _____

CIUDAD: _____

ESTADO: _____ C.P.: _____

R.F.C. _____

CONTACTO: _____

TELEFONO: _____

FAX: _____

EMAIL: _____

CANTIDAD A COTIZAR: _____

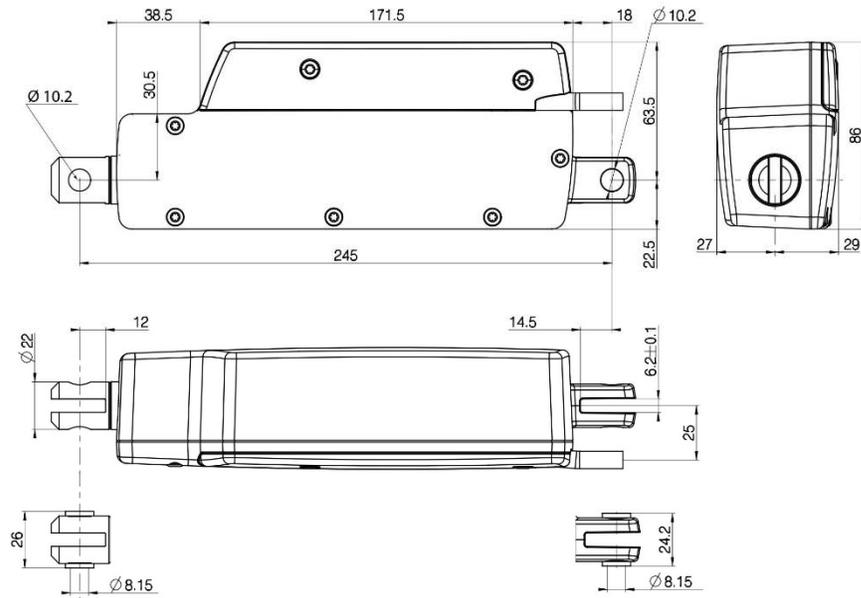
USO FINAL O APLICACION: _____

RESORTES A TUS MEDIDAS

Número de dibujo: 031

ACTUATOR LA14

LA14 Dimensions:



Back fixture orientation:



Número de dibujo: 032

ACTUATOR LA22

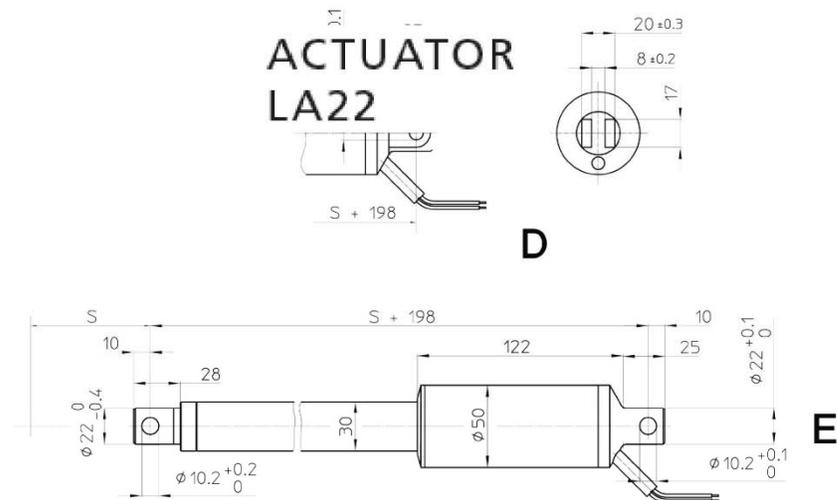
Technical specifications:

Type	Thrust max. Push	Self-lock max. Push	Thrust max. Pull	Self-lock max. Pull	Typical speed (mm/s) 0/full load*		Stroke length (mm)				Duty cycle (%)	Typical amp. at full load (A)	
	(N)	(N)	(N)	(N)	37	17.5	50	100	150	200		10	12V
1 mm pitch	300	300	-	-	37	17.5	50	100	150	200	10	4.5	2.1
0,8 mm pitch	400	400	-	-	27	13.5	50	100	150	200	10	-	2.5
0,8 mm pitch	300	300	-	-	27	17	50	100	150	200	10	4.5	-

* The speed values for both the 12V and 24V motor are the same.

- LINAK control boxes are designed so that they will short-circuit the motor terminals (poles) of the actuator(s), when the actuator(s) are not running. This solution give the actuator(s) a higher self-locking ability. If the actuator(s) are not connected to a LINAK control box, the terminals of the motor must be short-circuited to give a higher selflocking ability.
- The above figures are with an ambient temperature of 20°C.
- There is no "pull" test data available at the present time, for more information please contact LINAK AIS.

Dimensions:



(9) Dimensions
LW-EL

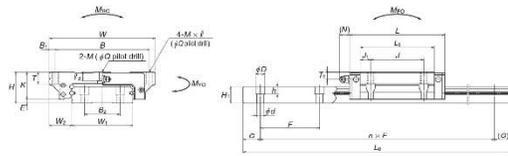
LW 35 1000 EL C2 - PC Z**

Series name
Size
Rail length (mm)
Ball slide shape code (See page A235)
Material/surface treatment code (See Table 18.1)
© Special high carbon steel (SKS standard)

Preload code (See page A237.)
Accuracy code (See Table 18.1)
Design serial number
Number of ball slides per rail

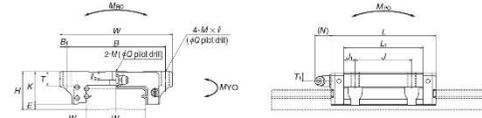
Front view

Side view



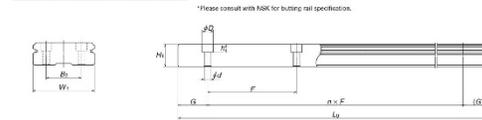
Reference number for ball slide of random-matching type
LAW 35 EL Z -K

Reference number for ball slide of random-matching type
Option code
Preload code
Accuracy code
Design serial number
Material/surface treatment code



Reference number for rail of random-matching type
L1W35 1000 LCN - PC Z**

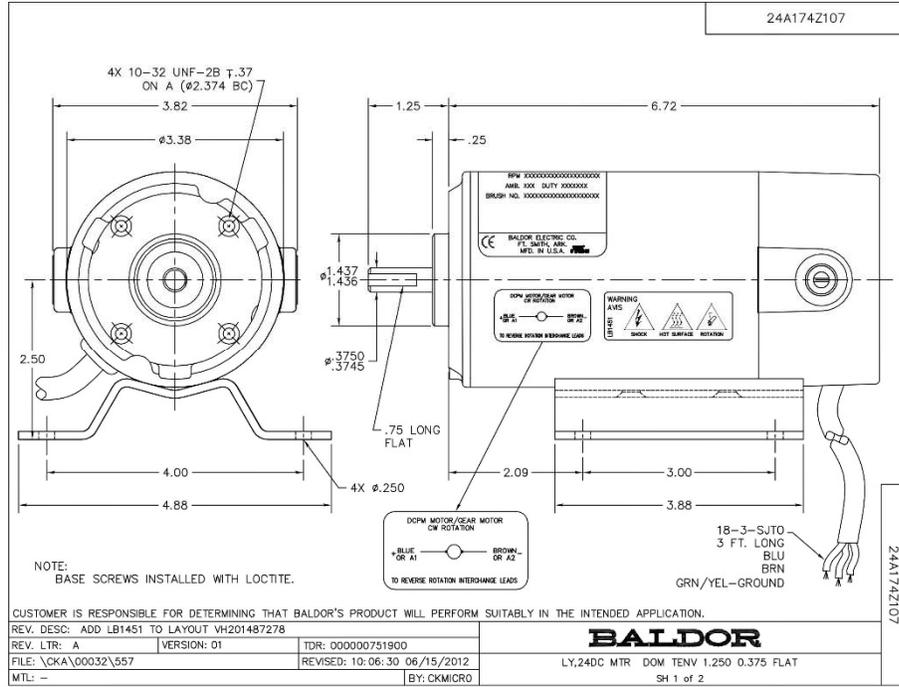
Reference number for rail of random-matching type
Option code
Preload code
Accuracy code
Design serial number
Material/surface treatment code



Model No.	Assembly		Ball slide											Grease fitting				
	No.	Ingrt	Width		Length		Mounting hole					Ball slide				Hole size	T ₁	T ₂
			H	F	W ₁	W ₂	l	B	J	M x pitch x L	ε ₂	Q	R	L ₁	L ₂			
LW17EL	17	2.5	13.5	60	51.4	53	26	M4×0.7×8	3.2	3.3	3.5	35	4.5	14.5	6	φ3	4	3
LW21EL	21	3	15.5	68	58.8	60	29	M5×0.8×8	3.7	4.4	4	41	6	18	8	M6×0.75	4.5	11
LW27EL	27	4	19	80	74	70	40	M6×1×10	6	5.3	5	56	9	23	10	M6×0.75	6	11
LW35EL	35	4	25.5	120	108	107	60	M8×1.25×14	9	6.8	6.5	84	12	31	14	M6×0.75	8	11
LW50EL	50	4.5	36	162	140.6	144	80	M10×1.5×18	14	8.6	9	108	14	45.5	18	Rc1/8	14	14

Width	Height	Pitch	Mounting bolt hole of x D x h	G	Minimum length	Dynamic C _d (N)	Static C _s (N)	Basic load rating				Weight		
								Static moment (N·m)						
								M ₀	M ₁	M ₂	M ₃			
33	8.7	18	4.5×7.5×5.3	15	1 000	5 600	11 300	135	44	288	37	242	0.2	2.1
37	10.5	22	5.0×7.5×5.3	15	1 600	6 450	13 900	185	65.5	400	55	335	0.3	2.9
42	15	24	6.0×7.5×5.3	20	2 000	12 800	26 900	400	171	970	143	815	0.5	4.7
69	19	40	7×11×9	20	2 000	33 000	66 500	1 690	645	3 550	545	2 990	1.5	9.6
90	24	60	9×14×12	20	2 000	61 500	117 000	3 900	1 530	8 200	1 280	6 900	4.0	15.8

Note: Basic dynamic load rating is a load that allows for a 50-km rating fatigue life. We and is a vertical and constant load on the ball slide mounting surface.
To convert C to C₁₀ for a 100-km rating fatigue life, divide C by 1.26.



PACIFIC SCIENTIFIC N&K-SERIES NEMA 42 HIGH TORQUE MOTORS

Número de dibujo: 035



Features

With holding torques to 5700 oz-in (356 lb-in), the N and K Series provide the highest torques per frame size in the industry—more than 3 and 5 phase designs.

Improved torque linearity (above rated current) provides high peak torque capability (duty cycle dependent, contact factory)

High torque at moderate speeds

Low detent torque harmonic

K Series uses patented Sigmax® technology to develop 25% more torque than N Series

Runs cooler than comparable steppers using identical drive parameters

Special rotor design for high acceleration

Rugged "housingless" square frame

Sealed per IP65

Outer bearing races won't turn—front locked (in steel insert) and rear held by O-ring

Extensive selection of shaft configurations, terminations, standard and special windings

Two phase design

Optional encoder mounting provisions

Benefits

Optimized magnetics provide maximum performance in small envelope, reducing space required for the motor.

Acceleration boost to move loads even faster. Provides more torque for intermittent duty applications.

Cost effective alternative to servo motors

Provides smoother microstepping performance

Select from broad performance range to meet your requirement

Longer, more reliable motor life—backed by a two year warranty

Move/position loads fast

Efficient use of volume for optimal magnetic circuit

For splashproof requirements

Long life bearings—also prevents axial shaft movement for encoder applications

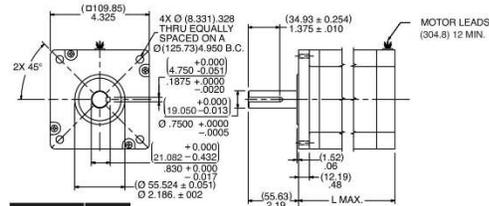
Match your requirements

Compatible with most drivers, smoother microstepping, and lower input power required vs. three phase for same torque

Optimizes control scheme

LEADWIRE HOOKUP MODELS

(mm) in

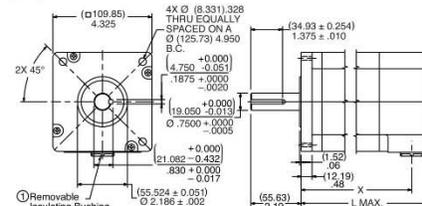


Motor	L MAX
41xx	(98.81) 3.89
42xx	(150.11) 5.91
43xx	(201.17) 7.92

Motor leads 12.0 Min.

SPLASHPROOF CONSTRUCTION-TERMINAL BOARD CONNECTIONS

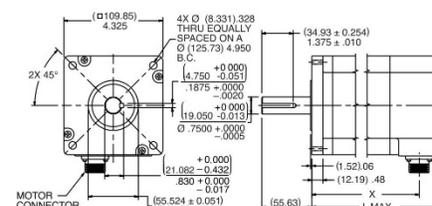
(mm) in



Motor	X	L MAX
41xx	(113.28) 4.46	(132.08) 5.20
42xx	(164.59) 6.48	(183.39) 7.22
43xx	(215.65) 8.49	(234.44) 9.23

SPLASHPROOF CONSTRUCTION-MS CONNECTOR(S)

(mm) in



Motor	X	L MAX
41xx	(109.73) 4.32	(132.08) 5.20
42xx	(160.78) 6.33	(183.39) 7.22
43xx	(212.09) 8.35	(234.44) 9.23

www.DanaherMotion.com • 815-226-2222