



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO DE UNA MÁQUINA PARA LA
ELABORACIÓN Y COLOCACIÓN DE CONOS DE
PAPEL TIPO KRAFT EN MACETAS CON
NOCHEBUENAS**

T E S I S

Que para obtener el título de

INGENIERO MECATRÓNICO

P R E S E N T A

ALFONSO CRUZ ALFONSO

DIRECTOR DE TESIS

DR. LEOPOLDO A. GONZÁLEZ GONZÁLEZ



CIUDAD UNIVERSITARIA, CD. MX., 2017





AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Nacional Autónoma de México, por tener la dicha de formar parte de esta gran comunidad, la mejor de América Latina.

A la Facultad de Ingeniería por todo el tiempo de alojamiento y servicios brindados.

Al Doctor Leopoldo A. González González por brindarme su apoyo y confianza en este trabajo así como en el ámbito personal, por el tiempo, las palabras y su amistad.

A los sinodales, que apoyaron con sus observaciones:

Dr. Adrian Espinosa Bautista.

MI. Carlos Eduardo Hernández Valle

MI. Antonio Zepeda Sánchez

MI. Jesús Trenado Soto

A los docentes con los cuales tuve la oportunidad de tomar clases y también aquellos que me ofrecieron su amistad y apoyo sin tomar cátedra.



DEDICATORIAS

A mi abuelita Amparito pilar de la familia que es lo más valioso que tenemos. Por ser la figura de trabajo y demostrar que siempre se puede dar más de uno.

A mi padre “Chuy” que ha sido el forjador de una familia unida, amorosa, y trabajadora en todos los ámbitos en los que nos encontramos cada uno de los integrantes. Por su paciencia y palabras de aliento durante momentos de debilidad. Por tanto tiempo de trabajo desempeñado para que no nos falte nada.

A mi madre “Teresita” que con su apoyo y amor he conseguido este gran honor de llegar a culminar la carrera. Por velar por la salud de cada uno de los hermanos.

A mis hermanos Juan, Saray, Lallidua y Alejandra que han sido ejemplos a seguir, mostrando un camino de dedicación, responsabilidad, esfuerzo, trabajo e inteligencia.

En especial a mi bebé “Ellie” que acaba de nacer, que la amamos y estamos muy felices por su llegada a la familia.

A Karla que ha sido más que una pareja, ha sido esa persona que apoya en todo al igual que se opone cuando se está equivocado siempre viendo por el bien, por su amor y tiempo.

A la “fanta” por estar siempre al pendiente de uno y apoyarme.



ÍNDICE

CAPÍTULO 1.

1.1 Introducción	1
1.2 Justificación	3
1.3 Proceso actual de elaboración de conos de papel tipo kraft	5
1.4 Identificación de la necesidad	10
1.5 Definición del problema a resolver	10

CAPÍTULO 2.

2.1 Búsqueda de información	11
2.2 Máquina formadora de conos "JXG-A"	11
2.2.1 Descripción de proceso de elaboración de conos de papel de la máquina "JXG-A"	12
2.3 Máquina formadora de conos "CPC-220"	14
2.4 Máquina formadora de conos "DYK6-B"	15
2.5 Máquina formadora de vasos de papel "ZZB-120A"	16
2.6 Máquina formadora de conos de papel para uso diferente a helado	17
2.6.1 Descripción de proceso de elaboración de conos de papel de la máquina PCMM	18
2.7 Concentrado de las máquinas elaboradoras de conos de papel	21
2.8 Proceso de elaboración de conos (patentes)	22
2.8.1 Patente de elaboración de conos "US 3065676 A"	22
2.8.2 Patente de elaboración de conos "ZL 2007 2 0184219.7."	23
2.8.3 Patente de elaboración de conos "ZL 2007 2 0191331.3"	24
2.9 Resultado de la búsqueda	24

CAPÍTULO 3.

3.1 Diseño conceptual	25
3.2 Descripción de funciones	26
3.3 Requerimientos	28
3.4 Especificaciones	29
3.5 Generación de conceptos	32
3.6 Evaluación de conceptos	38
3.7 Propuestas de configuración	54



3.7.1 Propuesta de configuración 1 (Cono metálico).....	54
3.7.2 Propuesta de configuración 2 (Plegadora 1).....	56
3.7.3 Propuesta de configuración 3 (Plegadora 2).....	58
3.7.4 Evaluación de propuestas de configuración.....	60

CAPÍTULO 4.

4.1 Diseño de detalle	62
4.2 Configuración	62
4.2.1 Sistema de acondicionamiento de papel	64
4.2.2 Sistema estructural	65
4.2.3 Sistema de corte.....	66
4.2.4 Sistema de transporte	67
4.2.5 Sistema de aplicación de pegamento.....	68
4.2.6 Sistema de formado de cono	69
4.2.7 Sistema de secado	70
4.2.8 Sistema de ensamble	70
4.3 Memoria de cálculo	71
4.4 Selección de materiales	84
4.5 Fabricación y ensamble de un primer prototipo	90

CAPÍTULO 5.

5.1 Resultados y discusión	92
5.2 Conclusiones y comentarios	97
Bibliografía	98
Anexos	99
Anexo 1 Diccionario.....	100
Anexo 2 Formato de entrevista a cultivadores	101
Anexo 3 Planos de construcción	102



Lista de figuras

Figura 1.1 Formas y usos de conos de papel	5
Figura 1.2 Proceso de fabricación de conos	6
Figura 1.3 Características de los rollos de papel tipo kraft	7
Figura 1.4 Acondicionamiento de papel kraft	7
Figura 1.5 Secuencia del proceso de corte	8
Figura 1.6 Aplicación de adhesivo en el papel y apilamiento de conos	9
Figura 2.1 Máquina formadora de conos JXG-A	11
Figura 2.2 Descripción del proceso de la máquina JXG-A	13
Figura 2.3 Máquina automatizada CPC-220	14
Figura 2.4 Máquina automatizada DYK6-B	15
Figura 2.5 Máquina automatizada ZZB-120A	16
Figura 2.6 Máquina elaboradora de conos de papel	17
Figura 2.7 Descripción del proceso de fabricación de conos de la máquina PCMM	20
Figura 2.8 Concentrado de características de las máquinas en el mercado	21
Figura 2.9 Mandriles en contacto con giro contrario	22
Figura 2.10 "Cone cup making machine"	23
Figura 2.11 "Cone Water Paper Cup Making Machine"	23
Figura 2.12 "Lifeng Paper Cone Sleeve Machine"	24
Figura 3.1 Diagrama de funciones	25
Figura 3.2 Requerimientos del cliente	28
Figura 3.3 Especificaciones y métricas	29
Figura 3.4 Escala de importancia	30
Figura 3.5 Importancia relativa de las especificaciones	30
Figura 3.6 Especificaciones, métrica y unidades	31
Figura 3.7 Sistema de acondicionamiento de papel	32
Figura 3.8 Sistema de corte	33
Figura 3.9 Sistema de transporte	34



Figura 3.10 Sistema de aplicación de pegamento	35
Figura 3.11 Sistema de formado de cono	36
Figura 3.12 Sistema de secado	37
Figura 3.13 Sistema de ensamble	38
Figura 3.14 Tabla de factor de peso	39
Figura 3.15 Escala de calificaciones	40
Figura 3.16 Factor de peso para sistema de acondicionamiento de papel	40
Figura 3.17 Matriz de decisión sistema de acondicionamiento de papel	41
Figura 3.18 Factor de peso para sistema de transporte	42
Figura 3.19 Matriz de decisión de sistema de Transporte	43
Figura 3.20 Factor de peso para sistema de corte	44
Figura 3.21 Matriz de decisión de sistema de Corte	45
Figura 3.22 Factor de peso para sistema de aplicación de pegamento	46
Figura 3.23 Matriz de decisión de sistema de aplicación de pegamento	47
Figura 3.24 Factor de peso para sistema de formado de cono	48
Figura 3.25 Matriz de decisión de sistema de formado de cono	49
Figura 3.26 Factor de peso para sistema de secado	50
Figura 3.27 Matriz de decisión de sistema de secado	51
Figura 3.28 Factor de peso para sistema de ensamble	52
Figura 3.29 Matriz de decisión de sistema de ensamble	53
Figura 3.30 Propuesta de configuración 1.....	55
Figura 3.31 Propuesta de Configuración 2	57
Figura 3.32 Propuesta de configuración 3.....	59
Figura 3.33 Tabla de determinación de Factor de peso	60
Figura 3.34 Matriz de decisión de configuraciones	61
Figura 4.1 Vista general de máquina elaboradora de conos de papel tipo kraft	63
Figura 4.2 Configuración de sistema de acondicionamiento de papel	64
Figura 4.3 Configuración de sistema estructural	65



Figuras 4.4a y 4.4b Configuración de sistema de corte	66
Figuras 4.5a y 4.5b Configuración de sistema de transporte	67
Figuras 4.6a y 4.6b Configuración de sistema de aplicación de pegamento	68
Figuras 4.7a y 4.7b Configuración de sistema de formado de cono	69
Figura 4.8 Configuración de sistema de secado	70
Figura 4.9 Configuración de sistema de ensamble.....	70
Figura 4.10 Dimensiones de macetas de plástico	71
Figura 4.11 Dimensiones de maceta número 7°	72
Figura 4.12 Triángulo de análisis 1	72
Figura 4.13 Trapecio deseado en el corte	73
Figura 4.14 Triángulo de análisis 2	73
Figura 4.15 Área de trabajo de los actuadores lineales	73
Figura 4.16 Triángulo de análisis 3	74
Figura 4.17 Elementos de sistema de formado de cono	75
Figura 4.18 Esquema de sistemas	76
Figura 4.19 Dimensiones de eje de porta rollo	77
Figura 4.20 Diagrama de cuerpo libre del eje de porta rollo	78
Figura 4.21 Planos zx y yx de las fuerzas en el eje porta rollo	78
Figura 4.22 Representación del momento en el eje y	80
Figura 4.23 Representación del momento en el eje z	81
Figura 4.24 Representación del par de torsión en el eje x	81
Figura 4.25 Materiales seleccionados	84
Figura 4.26 Ensamble del prototipo del sistema plegador	89
Figura 4.27 Manufactura de rodillos	90
Figura 4.28 Estructura del sistema plegador	90
Figuras 4.29a, 4.29b y 4.29c Vistas de ensamble del sistema plegador	90
Figura 5.1 Prueba 1.....	91
Figura 5.2 Prueba 2.....	92



Figura 5.3 Prueba 3.....	93
Figura 5.4 Distancia entre placa transversal y bandeja.....	94
Figura 5.5 Prueba 4.....	95
Figura 5.6 Prueba 5.....	95



CAPÍTULO 1.

1.1 Introducción

Cuetlaxóchitl es su nombre en náhuatl, significa “flor que se marchita”; para los aztecas (especialmente preciada por Netzahualcóyotl), era símbolo de la “nueva vida” alcanzada por los guerreros muertos en batalla; renombrada *Sijoyo* en Chiapas, *Catalina* en Durango, *Poinsettia* en Estados Unidos, *Hoja encendida* en Centroamérica, *Flor de Pascua* en Europa o *Estrella federal* en Argentina, la flor de Nochebuena es quizá la flor mexicana más conocida en el mundo y no sobra añadirle el carácter de “indispensable” para la temporada navideña.

Utilizada desde aquellos días en jugo para tratar la fiebre o en fomentos contra la erisipela, ya era cultivada también con motivo ornamental, pues su belleza, detalle e inflorescencias eran apreciadas para formar parte del ornato de los jardines, templos y celebraciones.

Hoy en día, la demanda de esta flor implica que su producción y distribución genera alrededor de 13 mil empleos: aproximadamente, 3 mil 400 directos y 9 mil 600 indirectos; los cuales tienen un fuerte impacto en Estados operarios como: Morelos, Puebla, Michoacán, Estado de México y la Ciudad de México, posicionando al país como la cuarta nación a nivel mundial con superficie dedicada a su cultivo, estadísticamente se tiene un registro de 330 hectáreas de plantíos de Nochebuena en maceta concurrendo la mayoría de éstas en invernaderos (SAGARPA, 2015).

Con una producción de hasta 20.5 millones de macetas con planta de Nochebuena al año y un valor en el mercado de 420 millones de pesos, el potencial y expectativa de crecimiento para los años posteriores se vislumbra en ascenso. De tal forma que, el estado de Morelos, principal horticultor de plantas decorativas debido a su condiciones geográficas, físicas y climatológicas, se ve favorecido con una de las actividades económicas de mayor contribución al ingreso local; destacando entre su producción de mayor volumen el cultivo del crisantemo y la nochebuena, representando ésta última el 41.1% de la producción total del país (SAGARPA, 2014).



De acuerdo con la Subsecretaría de Agricultura, el padrón de productores está en actualización, no obstante, un primer estimado refiere poco más de dos mil que inician el proceso de cultivo desde el mes de febrero y hasta agosto acorde a la variedad que deseen comercializar; concentrándose en los municipios de Cuernavaca, Temixco, Xochitepec, Jiutepec, Cuautla y Yautepec donde la producción de *Nochebuena de sol* tiene una gran tradición.

Debido a que, no existen las guías tecnológicas correspondientes y recibir asesoría se hace de forma poco constante, los productores Morelenses de *Nochebuena de sol* difícilmente aplican sistemas industriales a los requerimientos del cultivo, volviendo el proceso convencional y empírico, razón por la cual, el conocimiento adquirido sobre la siembra de plantas ornamentales se ha transmitido de generación en generación transformando este proceso en una actividad de tradición familiar (Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S.C. de R.S., 2009).

En el presente trabajo, se expone una propuesta de diseño de una máquina cuyo propósito es la elaboración del cono de protección de las macetas con cultivo de *Nochebuena de sol*. Con el propósito de aumentar la eficiencia y velocidad de producción en el empaquetado de dicho producto.

La propuesta de diseño de la máquina formadora de conos de papel tipo kraft, incluye: el corte de papel de acuerdo a las dimensiones de la maceta a manejar, la aplicación del pegamento, el formado del cono y finalmente la colocación del cono en la maceta, logrando así la protección durante el traslado y comercialización en el Mercado de la *Nochebuena*.

Con lo anterior, se espera brindar al productor una forma mecanizada para agilizar el proceso de empaquetado para la protección de la planta ornamental. El proceso manual de corte y pegado del papel alcanza una producción estimada de 1,500 conos en una jornada de aproximadamente 10 horas tomando como referente el trabajo realizado por 15 personas en las áreas de corte, doblado y pegamento, con dicha propuesta se pretende disminuir el tiempo de empaquetado de macetas.



1.2 Justificación

Con el objeto de conocer la problemática que desestima las condiciones de mayor valor de la nochebuena se tiene:

- El escaso conocimiento y comprensión del ambiente único encontrado en el contenedor (maceta o bolsa), es decir, los productores deben poseer fundamentos básicos de las propiedades físicas y químicas más relevantes para el cuidado del sustrato.
- El conocimiento del cuadro básico de posibles plagas y enfermedades según el cultivo en cuestión, en otras palabras, el horticultor debe conocer cómo evitar se favorezcan los factores de invasión (hospedante, agente causal y ambiente favorable para su desarrollo) y estructurar un programa de manejo integrado para el control de daños consecuentes.
- El control ambiental (temperatura, humedad relativa, intensidad lumínica, fotoperiodo, entre otros) acorde al cultivo de laboreo. Cada hortelano diseña su invernadero conforme a lo que cultivará.
- La post-cosecha implica tareas trascendentes, específicamente: mantener su frescura (imprescindible factor o criterio de calidad), empaquetado apropiado y transporte bajo cadena de frío hasta su destino.

Este último con tendencia a ser el más desfavorable entre los agricultores, a causa de que, en el país, los productores carecen de una infraestructura adecuada y sistemas logísticos para preservar la calidad de sus productos haciendo menos eficiente y rentable la actividad. Cabe destacar que, el empaquetado es lento y costoso; el transporte ineficiente; la distribución forzada en horarios nocturnos y excedente a su capacidad de carga.



Por tal motivo y con el propósito de brindar a los pequeños y medianos operarios opciones que aumenten su productividad además de competitividad en mercados a mayores distancias, la propuesta de diseño de la máquina debe garantizar como alcances:

- El crecimiento productivo al acelerar el empaquetado de las plantas de ornamento.
- Mantener los estándares de calidad con proporción del 90% en relación al tiempo de empaquetado.
- La disminución en los costos de producción en relación con los trabajos de corte, ensamblado y empaquetado del producto.
- La reducción del esfuerzo físico y constante atención al proceso post-cosecha por parte del productor.



1.3 Proceso actual de elaboración de conos de papel tipo kraft

La elaboración de conos de papel realizada de manera artesanal varía según su aplicación tales como: decorativa para regalos, gastronómica para helados o para protección de plantas ornamentales. La forma en que se elaboran varía de acuerdo a su configuración, es decir, el corte para cono de helado es en forma o parte de un semicírculo de papel, para un cono de regalo, se hace de un cuadro o rombo. Por otra parte, en algunos casos los conos no tienen vértice por lo que poseen dos diámetros distintos. Las diferentes formas se muestran en la figura 1.1.

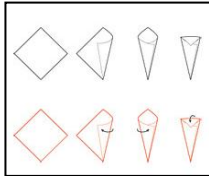





Corte en el papel	Forma	Cono finalizado
Cono para regalo	 <p>Rombo (o cuadro)</p>	
Cono para helado	 <p>Semicírculo</p>	
Cono para macetas	 <p>Trapezoido</p>	

Figura 1.1. Formas y usos de conos de papel

Los conos que se utilizan en la protección y traslado de plantas de nochebuena son de papel tipo kraft y son altamente demandados en temporadas decembrinas, ya que cumplen con características importantes como mantener la temperatura óptima que oscila entre los 20° - 30°C y 12°C como mínima que tolera la planta, humedad de la planta de nochebuena relativa



de entre 70 y 80%, cobertura altamente resistente y la forma cónica del papel ayuda a las hojas a no doblarse o fracturarse.

Para efectos de este proyecto, se realizaron entrevistas a productores de plantas de Nochebuena en invernaderos de Xochimilco en la Ciudad de México, pequeños y medianos productores que siembran alrededor de 4 mil y 100 mil unidades por temporada de esta planta ornamental, se detectó que el proceso de elaboración de conos es manual, es decir, los floricultores producen los conos para la protección de las plantas durante las jornadas de tiempo libre del transcurso del año o contratando, en algunos casos, de forma temporal a personal para cumplir con las demandas que se presenten.

En la figura 1.2, se ilustra el proceso manual de elaboración de conos de papel tipo kraft practicado por los productores.

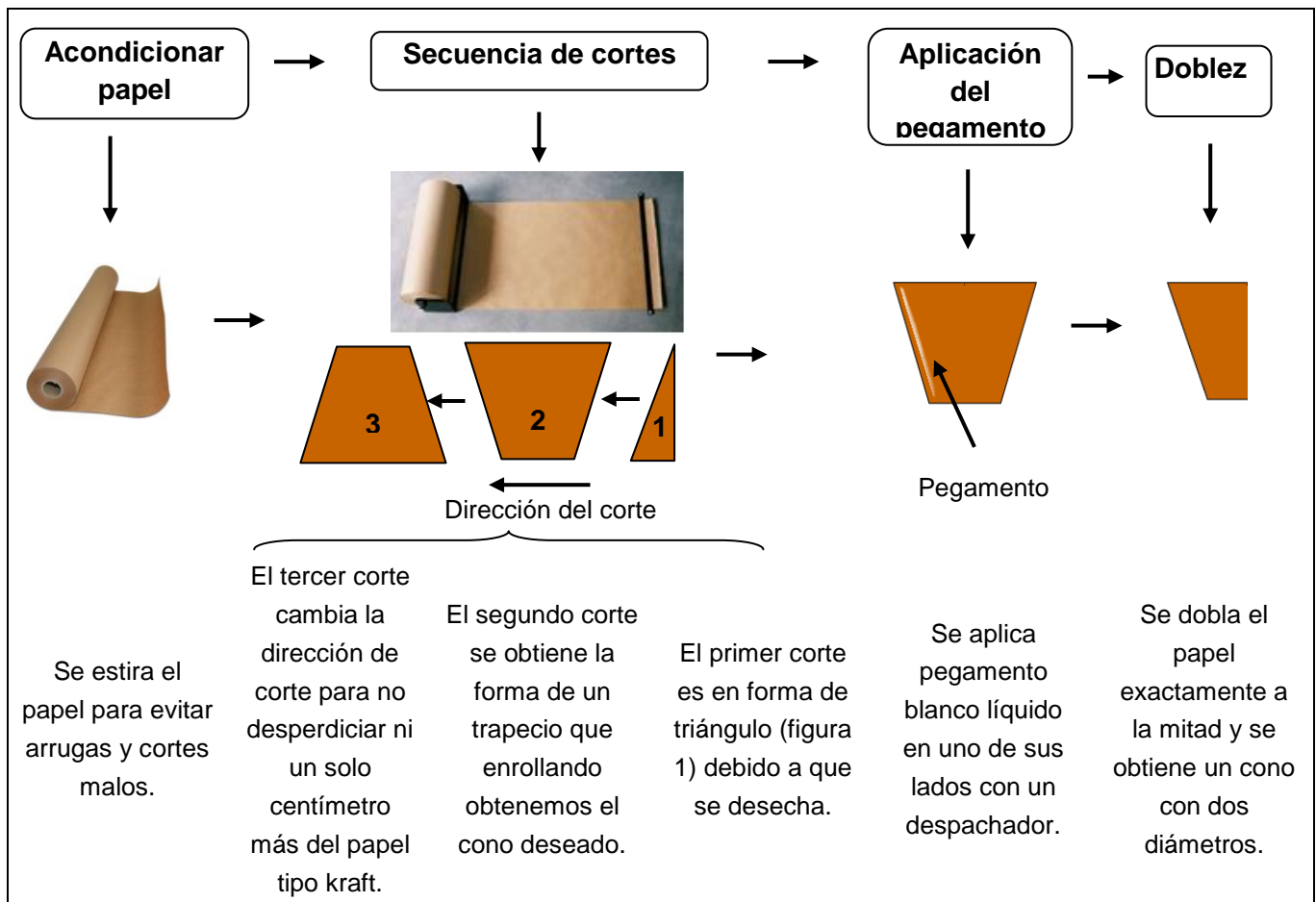


Figura 1.2. Proceso de fabricación de conos



Descripción del proceso

A continuación, se presenta una descripción de cada una de las etapas del proceso de elaboración de conos para protección de Nochebuenas.

- **Adquisición de rollos**

Se adquieren rollos de papel tipo kraft en las dimensiones indicadas en la figura 1.3. para los tres tamaños de macetas a proteger, dicho número de maceta es la medida en pulgadas del diámetro superior de los recipientes.


Rollos de papel tipo kraft	Tamaño del rollo de papel (ancho y largo)	Peso de rollo [Kg]	Número de tamaño de maceta
	40 [cm] 270[m]	12	5°
	51 [cm] 270 [m]	15	6°
	61 [cm] 270 [m]	18	7°

Figura 1.3. Características de los rollos de papel tipo kraft

- **Acondicionamiento del papel**

El rollo de papel tipo Kraft se coloca en forma horizontal sobre una mesa para desenrollarlo y estirarlo para eliminar arrugas como se muestra en la figura 1.4.

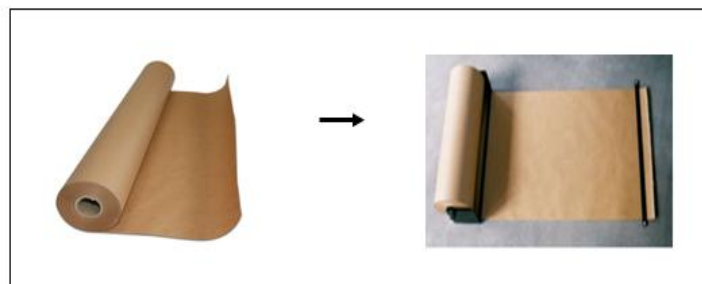


Figura 1.4. Acondicionamiento de papel tipo kraft



- **Corte**

El corte es realizado por las personas con más experiencia, utilizan moldes con las medidas ya estandarizadas de papel, primero se corta una sección de un triángulo y posteriormente los trapecios como se muestran en la figura 1.5.

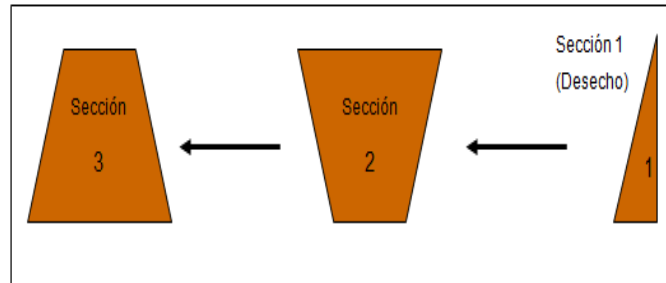


Figura 1.5. Secuencia del proceso de corte

La sección 1 de la figura 1.5 es la única parte del rollo de papel tipo kraft que se desperdicia. Los cortes 2 y 3 son aprovechados en su totalidad debido a que se cambia únicamente la posición de salida del trapecio; de forma que, el proceso se vuelve a comenzar sistemáticamente con un corte a partir de la forma ilustrada en la sección 2.

- **Doblez y Pegado**

Se realiza el doblado de la hoja de papel tipo kraft y se aplica pegamento a un costado como se muestra en la figura 1.6. y se presiona un tiempo de 5 segundos. Finalmente se apila el cono.

El pegamento se elabora con un 70% de adhesivo y 30% agua y se dosifica en botellas dispensadoras.

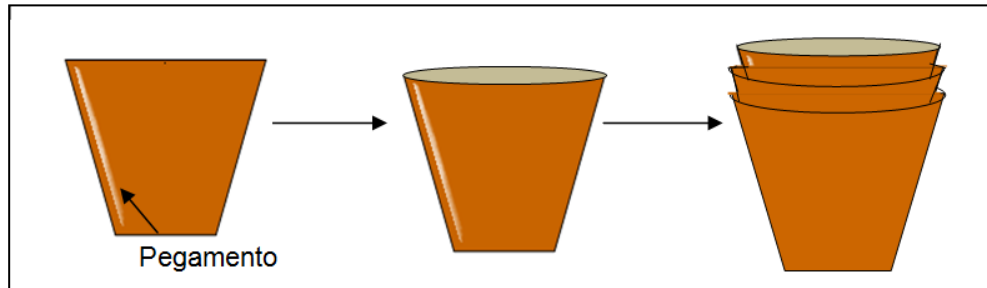


Figura 1.6. Aplicación de adhesivo en el papel y apilamiento de conos

Realizar conos de forma manual se lleva a cabo en jornadas de tiempo no definidas, por consecuencia, el número almacenado de éstos no es constante; lo cual genera como resultado la no disponibilidad de protectores de plantas para cubrir las necesidades en ocasiones de pedido. Cabe mencionar que, en los días en que se dedican únicamente a producir conos, se reporta una fabricación de hasta 300 conos por persona, lo cual para el mayor productor encuestado, representa 4 500 conos en existencia por día.

Se detectó que el elaborar conos de manera anticipada no se requiere de un proceso de secado.



1.4 Identificación de la necesidad

Se tiene un mercado importante de comercialización de plantas de ornamento por temporada que hace que muchos productores busquen alternativas viables tanto técnicas como económicas para mejorar sus procesos y ser más productivos y competitivos. Tal es el caso de los productores de nochebuena que después de realizar visitas y entrevistas con ellos, plantean que el proceso de elaboración de conos para proteger y trasladar las plantas de nochebuena es una etapa que requiere apoyo principalmente por la cantidad variable de personal utilizado para la elaboración de conos de papel tipo kraft y los costos involucrados.

Es cierto que los productores no remuneran el mismo precio tal como el que se adquiere en el mercado (planta de N° 7 en 120 pesos), y esto es a que venden en mayoreo y algunos de los cultivadores solo obtienen una ganancia de 5 pesos por planta debido a que su protección, mantenimiento, traslado y presentación llega a ser casi el mismo costo en el que se comercializa a los distribuidores, es decir, tienen que vender su producto a bajo precio a pesar de que tiene un alto costo producir este tipo de planta ornamental, por tal motivo los productores buscan como alternativa bajar los costos de producción en cada uno de los aspectos por ejemplo: en fungicidas, abonos, semillas, empaques, camiones de traslado. Es aquí donde entra el trabajo de ingeniería y se identifica que el proceso de elaboración de conos para la protección, traslado y presentación de la planta puede reducir costos en la producción de conos de papel tipo kraft.

1.5 Definición del problema a resolver

Con base en la información anterior, se fija como objetivo del presente proyecto el diseño y desarrollo de un prototipo de máquina que elabore conos de papel tipo kraft la cual ayude a los cultivadores de flor de nochebuena en realizar el proceso rápido, eficiente y consiga disminuir costos en la producción.



CAPÍTULO 2.

2.1 Búsqueda de información

En esta etapa del proceso de diseño, se busca información en bancos de patentes, así como información comercial relacionada con el desarrollo de Máquinas formadoras de conos de papel y sobre el proceso de elaboración de conos de papel.

2.2 Máquina formadora de conos “JXG-A (Wenzhou Changs Machinery Co. China)”


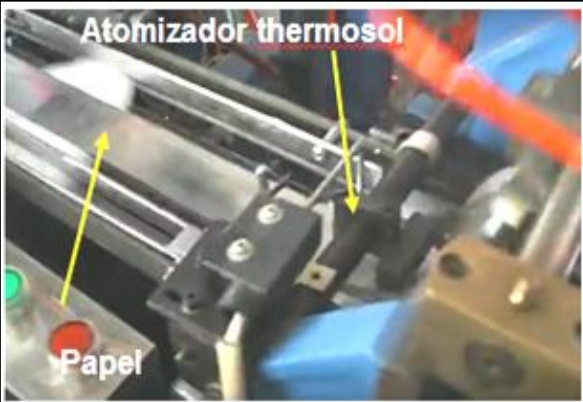

JXG-A	
	Descripción Máquina automática de origen Chino, la cual fabrica conos de papel para helado (Wenzhou Changs Machinery Co., 2016).
	Funcionamiento El proceso de elaboración de conos se describe en la siguiente figura 2.2.
	Características Requiere de un sistema neumático. Con una producción de hasta 180 piezas por minuto, la máquina JXG elabora conos de 15° a 22° de arco, un material de trabajo de máxima densidad de 100 gramos por metro cuadrado, tensión trifásica de 380V a 50Hz y una potencia de 5.5KW y dimensiones de 1.25m x 1.15m y una altura de 1.9m.
	Costo Su precio oscila entre los \$22,000 y \$30,000 dólares.

Figura 2.1. Máquina formadora de conos JXG-A



2.2.1 Descripción de proceso de elaboración de conos de papel de la máquina JXG-A.

En la figura 2.2 se presenta el funcionamiento de la máquina JXG-A, dicho proceso es bastante parecido en las demás máquinas existentes.

No. de proceso	Descripción del proceso	Diagrama
1	La máquina es alimentada con papel pre cortado en forma de arco el cual es llevado a la banda transportadora por una leva que genera presión sobre el papel.	 <p>JXG-A paper cone machine</p>
2	Una vez que se encuentra el papel en la banda transportadora, se aplica Thermosol con un atomizador.	
3	En el panel de control se programa el número de conos requeridos, y se ajusta la velocidad.	






4	<p>Al final de la banda transportadora se encuentran dos mandriles cónicos metálicos. El primero que tiene orificios por donde es succionado el papel, realiza la función de enrollado. El segundo mandril aplica la presión al papel para su correcto pegado.</p>	 <p>Mandrill</p> <p>Arco de papel</p>
5	<p>Después de dos giros el primer mandril, invierte la succión, por lo que es expulsado el cono a la sección de almacenamiento.</p>	 <p>Mandrill principal</p> <p>Mandrill auxiliar</p>
6	<p>Se apilan los conos y se envuelven en una bolsa para su conservación.</p>	 <p>Acumulación de conos</p> <p>Imagen completa de la máquina JXG-A.</p>

Figura 2.2. Descripción del proceso de la máquina JXG-A



2.3 Máquina formadora de conos “CPC-220 Lifeng Machinery”

CPC-220	
	<p>Descripción</p> <p>Máquina automática diseñada para fabricar vaso cónico de papel para helado y otras mangas cónicas de papel similares (Lifeng Machinery 2016).</p>
	<p>Funcionamiento</p> <p>El proceso de fabricación es el mismo que se encuentra descrito en la anterior figura 2.2, se diferencia de pequeños cambios:</p> <ul style="list-style-type: none">• En la orientación del abastecimiento de papel como se muestra en la segunda imagen de la columna izquierda.• En la densidad de material de trabajo, esta aumenta hasta 170 gramos por centímetro cuadrado con lo que soporta estampados o un calibre mayor de papel (grueso de papel).• En el arco que forma los conos, con lo cual tiene mayor volumen para el helado.
	<p>Características</p> <p>Demanda un sistema neumático. máquina capaz de producir 190 conos por minuto, arco de cono de 15° a 28°, una densidad máxima de material de trabajo de 100 a 170 gramos por metro cuadrado, una tensión de 220V a 50Hz, una potencia de 8KW, de dimensiones 1.85m x 175m y una altura 1.8m</p>
	<p>Costo</p> <p>Su precio oscila entre los \$22,000 y \$25,000 dólares.</p>

Figura 2.3. Máquina automática CPC-220



2.4 Máquina formadora de conos “DYK6-B Shanghai Dayuan Industrial Co.”





DYK6-B	
 <p>DYK6-B</p>   	<p>Descripción</p> <p>Máquina automática programable elaboradora de conos de papel con estampado para helado “Cone cup making machine (US 3065676 A), 1962” (Shanghai Dayuan Industrial Co., 2016).</p> <p>Funcionamiento</p> <p>El proceso de elaboración de conos se basa en la descripción que se encuentra descrito en la figura 2.2, para esta máquina cambian los siguientes aspectos:</p> <ul style="list-style-type: none">• El arco de cono que se puede obtener.• La densidad de material de trabajo disminuye a 100 gramos por centímetro cuadrado. <p>Características</p> <p>Tiene una producción máxima de hasta 250 unidades por minuto, con un arco de cono de 12° a 28° y una densidad máxima de material de trabajo de 100 gramos por metro cuadrado, a una tensión 380V a 50Hz. La presión de trabajo del sistema neumático es de 0.6MPa, mide 2.5m x 2.5m.</p> <p>Costo</p> <p>Su precio oscila entre los \$23,000 y \$27,000 dólares.</p>

Figura 2.4. Máquina automatizada DYK6-B



2.5 Máquina formadora de vasos de papel “ZZB-120A”

ZZB-120A (automatic water cone cup forming machine China)	
	<p>Descripción</p> <p>Máquina automática productora de vasos desechables de papel en forma de cono (Sincere Machinery Co., 2016).</p>
	<p>Funcionamiento</p> <p>El funcionamiento se basa en el proceso de la máquina JXF-A, en esta máquina cambia el material de papel del cono y las dimensiones del vaso producto.</p>
	<p>Características</p> <p>Producción de 160 unidades por minuto, arco de cono de 28° a 50° y una densidad máxima de material de trabajo de 80 a 170 gramos por metro cuadrado, con tensión de 380V a 50Hz, y unas dimensiones de 1.88m x 1.8m y una altura de 1.8m.</p>
	<p>Costo</p> <p>Su precio oscila entre los \$27,000 y \$33,000 dólares.</p>

Figura 2.5. Máquina ZZB-120A



2.6 Máquina formadora de conos de papel para uso diferente a helado

Paper cone making machine (PCMM hebei jinguang packing machine China)



Descripción

Máquina semiautomática elaboradora de conos de papel o cartón, el producto tiene dos diámetros, este cono no tiene vértice y es de límites asimétricos (Hebei Jinguang Packing Machine Co., 2016).

Funcionamiento

El funcionamiento de esta máquina se describe en la figura 2.7, la mayor diferencia entre los procesos de las anteriores máquinas es que ésta si corta el papel lo cual vuelve a la fabricación interrumpida.

Características

Producción de 45 unidades por minuto, arco de cono de 3° a 5° y una densidad máxima de material de trabajo de 320 a 450 gramos por metro cuadrado, con una tensión 380V a 50Hz, y unas dimensiones de 14m x 6m y una altura de 2m.




Costo

Su precio oscila entre los \$45,000 y \$50,000 dólares.





Figura 2.6. Máquina elaboradora de conos de papel



2.6.1 Descripción de proceso de elaboración de conos de papel de la máquina PCMM.

No. de proceso	Descripción del proceso	Diagrama
1	El proceso inicia con la entrada del papel cartulina en forma lineal, el rollo de papel esta soportado por un porta rodillos actuado.	 <p>Porta rollo</p> <p>Rollo de papel cartulina</p>
2	Se continúa con un acondicionamiento de papel, el cual al circular por la máquina atraviesa rodillos los cuales cambian de dirección y estiran al papel.	 <p>Rodillos de acondicionamiento</p>
3	El papel una vez que es perfectamente sujetado avanza por la máquina en donde se corta un par de muescas triangulares de dos extremos del papel. El proceso se interrumpe brevemente al realizar el corte accionado por los pistones neumáticos en forma de "V" y cuchillas de guillotina.	 <p>Pistones neumáticos</p> <p>Guillotina en forma "V"</p>



4	<p>El segundo corte que realiza la máquina es en forma de "V" accionado por pistones neumáticos, al igual que en el paso anterior se interrumpe el proceso al mismo tiempo que el corte anterior, en otras palabras se ejecutan los cortes al mismo tiempo.</p>	 
5	<p>En el siguiente paso se aplica pegamento durante el traslado del papel al mandril formador de cono. Por debajo del papel se encuentra la parte humedecida de adhesivo de la máquina.</p>	
6	<p>Una vez que llega el papel al mandril formador de cono es oprimido por rodillos seguidores al movimiento del mandril el cual, se encuentra en movimiento y forma el cono en dos vueltas. En este mismo paso se encuentran dos navajas en los extremos del cono que cortan el papel dejando uniforme el vaso cono.</p>	



7	El siguiente paso y último es el conteo y empaquetado de los vasos cónicos.	
---	---	--

Figura 2.7. Descripción del proceso de fabricación de conos de la máquina PCMM



2.7 Características de las máquinas elaboradoras de conos de papel

Se muestra en la siguiente figura 2.8 el concentrado de las características principales de las máquinas formadoras de conos mencionadas en esta sección.

Característica	JXG-A	CPC-220	DYK6-B	Vaso ZZB-120 ^a	PCMM
Precio [USD]	\$22,000 A \$30,000	\$22,000 A \$25,000	\$23,000 A \$27,000	\$27,000 A \$33,000	\$45,000 A \$50,000
Ángulo del cono	15° - 22°	15° - 28°	12° - 28°	28° - 50°	3° - 5°
Tensión	380V/50HZ	220V/50HZ	380V/50HZ	380V/50HZ o 220V/50HZ	380V/50HZ
Presión del sistema neumático	*	*	0.6MPa	*	0.8MPa
Potencia	5.5KW	8KW	9KW	8KW	49.2 KW
Producción	180 unid/min	190 unid/min	250 unid/min	160 unid/min	45 unid/min
Tamaño [m]	L x W x H 1.25*1.15*1.9	L x W x H 1.85*1.75*1.8	L x W 2.5*2.5	L x W x H 1.85*1.8*1.8	L x W x H 14*6*2
Materiales de trabajo	Papel, papel aluminio y papel cera	Papel	Papel normal, aluminio y cuché	Papel normal	Papel
Densidad del material	Max. 100gr/m ²	100- 170gr/m ²	100 gr/m ²	80- 170gr/m ²	320-450 gr/m ²
Operador	1	1	1	1	2

Figura 2.8. Concentrado de características de las máquinas en el mercado



2.8 Proceso de elaboración de conos (patentes).

2.8.1 Patente de elaboración de conos “US 3065676 A”

Nombre: “Cone cup making machine”

Número: “US 3065676 A”

Autor: Raymond E. Bodendoerfer

Día, mes, año: 29 Noviembre 1962

Modelo: “JXG-A”

La investigación sobre el proceso de formación de conos de la patente no menciona el abastecimiento de papel, únicamente la formación de conos (Raymond E Bodendoerfer, 1962).

1. Al final de la banda transportadora se encuentran los mandriles, en donde se enrolla el papel y a causa de que, uno de ellos produce un vacío, el papel se enrolla en la forma del mandril (cono) apoyado por el segundo mandril que aplica presión para un correcto pegado del papel, como ya se había mencionado en el proceso de la máquina JXG-A. En la figura 2.9, se observan los orificios en los cuales se produce el vacío y cómo el otro mandril trabaja a la misma velocidad que el principal, dado que, están conectados por engranajes en dirección opuesta.

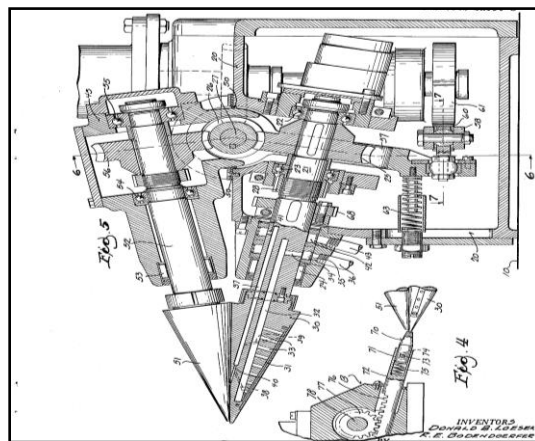


Figura 2.9. Mandriles en contacto con giro contrario



2. La expulsión de los conos se produce al realizar el efecto contrario al vacío, de forma que, el mandril auxiliar deja de hacer presión y una vez formado el cono, se inyecta aire por los orificios y se manda el papel a un apilado.

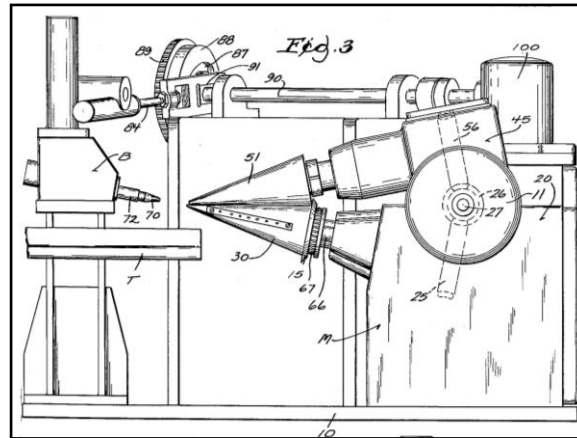


Figura 2.10. "Cone cup making machine"

2.8.2 Patente de elaboración de conos "ZL 2007 2 0184219.7."

Nombre: "Cone Water Paper Cup Making Machine"

Número: "ZL 2007 2 0184219.7."

Autor: "Lifeng Machinery"

Día, mes, año: "no indicado"

Modelo: "ZZB-120"

El proceso de esta patente es parecido al anterior, esto es por el uso de mandriles móviles con sistema de succión, los cuales forman en el papel conos de tipo vaso para tomar agua. La diferencia entre estas máquinas es el material de trabajo, la ZZB-120 puede trabajar con papel tipo kraft de color blanco.



Figura 2.11. "Cone Water Paper Cup Making Machine"



2.8.3 Patente de elaboración de conos “ZL 2007 2 0191331.3”

Nombre: “Lifeng Paper Cone Sleeve Machine”

Número: “ZL 2007 2 0191331.3”

Autor: “Lifeng Machinery”

Día, mes, año: “no indicado”

Modelo: “CPC-220”

El proceso de esta patente se basa de la “Cone cup making machine”, esto se debe a que el proceso de formado de cono es realizado de igual forma por mandriles metálicos con sistema de succión, en donde se genera un vacío y al pasar el papel por orificios se adhiere tomando la forma de cono, al mismo tiempo se sella el pegamento al estar sometido el papel a una presión extra que generada por un segundo mandril auxiliar.



Figura 2.12. “Lifeng Paper Cone Sleeve Machine”

2.9 Resultado de la búsqueda

Se encontró en esta sección diferentes máquinas comerciales que realizan un proceso de fabricación de conos de helado y otros usos. A continuación se mencionan características importantes sobre dicho proceso.

- En la mayoría de las máquinas el papel ya viene pre cortado, lo que hace que el proceso sea sin interrupciones y alcanza una alta velocidad de producción.
- Todas las máquinas usan un sistema neumático para el formado de cono, con lo que la demanda de energía es mayor, en todos los casos requiere de una conexión trifásica.



CAPÍTULO 3.

3.1 Diseño conceptual

El Diseño Conceptual comienza con la descomposición funcional, después con la traducción de las especificaciones a partir de los requerimientos del cliente, para seguir con la generación y evaluación de conceptos para cada función dando una posible respuesta al problema. Finalmente se realizan las configuraciones de solución. En la figura 3.1 se presenta el diagrama de funciones del proceso para elaborar conos de papel (objetivo del proyecto).

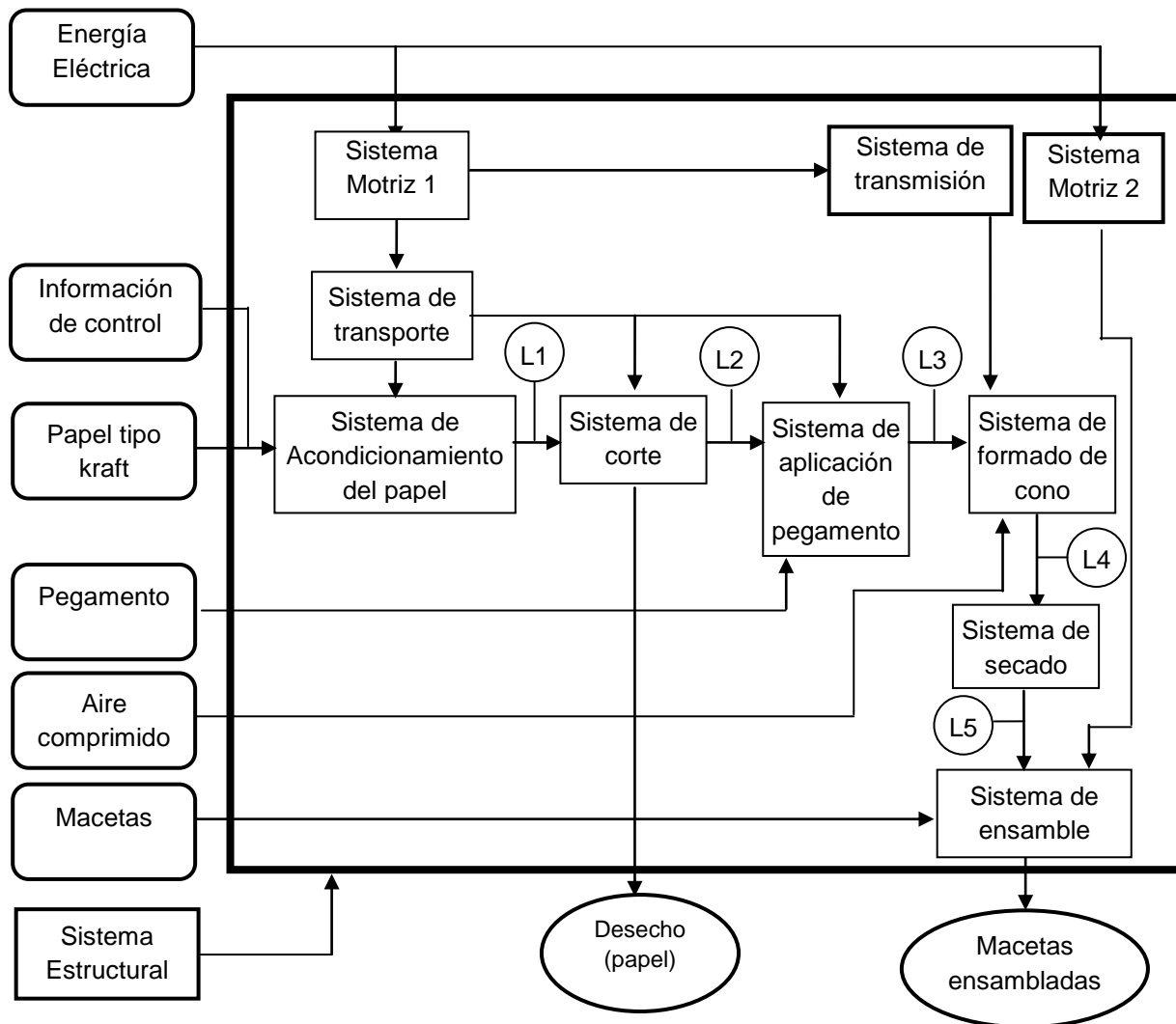
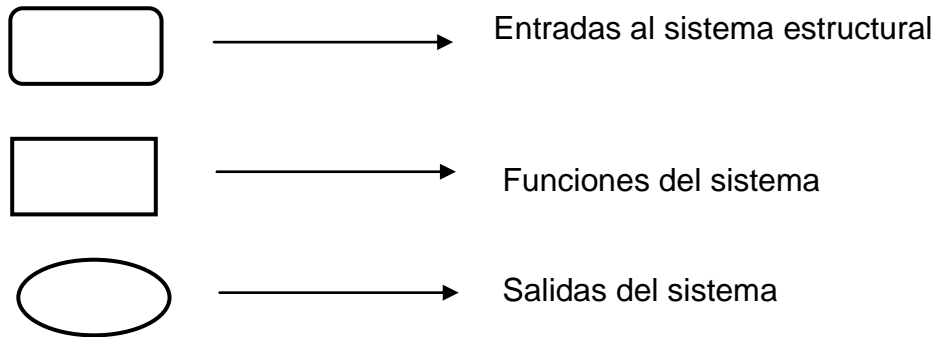


Figura 3.1. Diagrama de funciones



Simbología de Diagrama de Funciones



L1 → Papel libre de arrugas

L2 → Papel cortado

L3 → Papel con pegamento

L4 → Cono de papel

L5 → Cono de papel seco

3.2 Descripción de funciones

Sistema de acondicionamiento de papel: Sistema encargado de sujetar pliego por pliego de papel para su continuo abastecimiento y evitar arrugas o movimientos imprevistos.

Sistema de corte: Encargado de cortar secciones de papel a un tamaño determinado el cual depende del tamaño de la maceta.

Sistema de transporte: Encargado de transportar el papel a los diferentes sistemas que componen la propuesta de diseño.

Sistema de aplicación de pegamento: Encargado de aplicar y dosificar pegamento a cada una de las secciones de papel en el área correspondiente.



Sistema de formado de cono: Encargado de formar el cono de papel para posteriormente colocarlo como protección de la maceta.

Sistema de secado: Encargado de secar o retirar la humedad del papel.

Sistema de ensamble: Encargado de colocar la maceta con Nochebuena en el cono de papel.

Sistema motriz: Encargado de proveer la energía necesaria para que funcionen los diferentes sistemas de la propuesta de diseño.

Sistema de control: Encargado de sincronizar entradas, salidas y ejecutar funciones del sistema para la realización de conos de papel (controlador).

Sistema de transmisión: Encargado de transmitir la potencia mecánica a los sistemas de transporte y formado de cono.



3.3 Requerimientos

Son variables que deben incluirse en la propuesta de diseño. En la figura 3.2 se enlistan requerimientos solicitados por los clientes, en donde se presenta en la primera columna el “comentario del cliente” que se considera como la necesidad y en la segunda columna el “requerimiento”, la interpretación de los comentarios de los clientes por el diseñador.

Comentario del cliente	Requerimiento
“Necesito una máquina que pueda cortar el papel sin que lo carcoma”	Resistencia de los materiales de la máquina
“Una máquina que haga más conos que los trabajadores”	Velocidad de producción
“... que se ajuste para cortar diferentes tamaños”	Diferentes tamaños de macetas
“... pueda cortar diferentes tipos de papel”	Material de trabajo
“... tenga algún tipo de guía para usarlo o no cueste trabajo entender el manejo”	Fácil de usar
“... no se descomponga”	Mantenimiento
“... realice el funcionamiento automático”	Operación
“... tenga la capacidad de trabajar las diferentes mezclas de pegamento”	Tipo de pegamento
“... soporte estar bajo frío y calor”	Versatilidad
“... sea segura para el trabajador”	Seguro para la operación
“... que no consuma mucha energía”	Potencia de trabajo
“... que no cueste mucho”	Costo de adquisición
“... que ahorre lo mayor posible”	Costos de producción
“... que no sea muy estorbosa”	Tamaño de la máquina

Figura 3.2. Requerimientos del cliente



3.4 Especificaciones

Las especificaciones son las necesidades del cliente (requerimientos) con métrica, las cuales son utilizadas para la propuesta de diseño de la máquina formadora de conos de papel y se señalan en la figura 3.3.

Especificación	Métrica []
Resistencia de los materiales de la máquina	Aluminio 6060 $f_s=50$ N/mm ² Acero 1018 $f_s =370$ N/mm ²
Velocidad de producción	6 a 10 macetas por minuto
Diferentes tamaños de macetas	3", 5", 6" y 7"
Material de trabajo (tipos de papel)	Kraft gramaje 125 gr/m ² . Celofán
Fácil de usar	Manual de funcionamiento
Mantenimiento	Bajo / nulo [\$]
Operación	Automatizada o sin automatizar
Tipo de pegamento	Bajo costo [\$] y disponibilidad en el mercado nacional
Versatilidad	Tipos de ambientes de trabajo (húmedo, caluroso.)
Operación segura	Índices de seguridad estándar.
Potencia de trabajo	Voltaje de trabajo 110 [V] a 60 [Hz]
Costo de adquisición	Menor costo de la máquina [\$]
Costos de producción	Menor costo por cono [\$]
Tamaño de la máquina	2 metros cuadrados de área por 1 metro y medio de altura como máximo

Figura 3.3. Especificaciones y métricas



En la figura 3.4 se muestra la escala de importancia de los criterios de diseño.

Grado	1	2	3	4	5
Importancia	No importa	Poco importante	Medio	Importante	Muy importante

Figura 3.4. Escala de importancia

En la figura 3.5 se presenta la importancia relativa de las especificaciones.

Número	Especificación	Importancia
1	Resistencia de los materiales de la máquina	2
2	Velocidad de producción	5
3	Diferentes tamaños de macetas	4
4	Material de trabajo	2
5	Fácil de usar	4
6	Mantenimiento	3
7	Operación	3
8	Tipo de pegamento	1
9	Versatilidad	2
10	Operación segura	5
11	Voltaje de trabajo	4
12	Costo de adquisición	4
13	Costos de producción	5
14	Tamaño de la máquina	3

Figura 3.5. Importancia relativa de las especificaciones



En la figura 3.6 “especificaciones, métrica y unidades” se ordena las especificaciones de acuerdo a la importancia que tiene cada una.

Item	Número de especificación	Métrica	Importancia	Unidades
1	10	Índices de seguridad	5	*
2	2	Velocidad de producción	5	Unid/min
3	13	Costos de producción	5	\$
4	11	Voltaje de trabajo	4	Volts
5	12	Costo de adquisición	4	\$
6	3	Diámetro de maceta	4	pulgadas
7	5	Fácil de usar	4	Sin capacitar
8	6	Tiempo de mantenimiento Costo de mantenimiento	3	Hrs/hrs uso \$
9	7	Automatizado	3	Completo o parcial
10	14	Tamaño de la máquina	3	Metros
11	1	Resistencia de los materiales de la máquina	2	Kg
12	4	Densidad y grosor (kraft, celofán)	2	gr/m ²
13	9	Resistencia del material	2	Mpa
14	8	Viscosidad (Reynolds)	1	N*s/m ²

Figura 3.6. Especificaciones, métrica y unidades



3.5 Generación de conceptos

En este apartado se presentan diferentes alternativas conceptuales para los sistemas que integran la propuesta de diseño de la máquina formadora de conos de papel tipo kraft.

Sistema de Acondicionamiento de papel

Se hace la consideración de la forma de adquisición comercial del papel tipo kraft, que resulta más económico en forma de rollo que en pliegos de papel, por lo que se proponen conceptos para el manejo de rollos cumpliendo con las características de sujeción y alimentación continua.

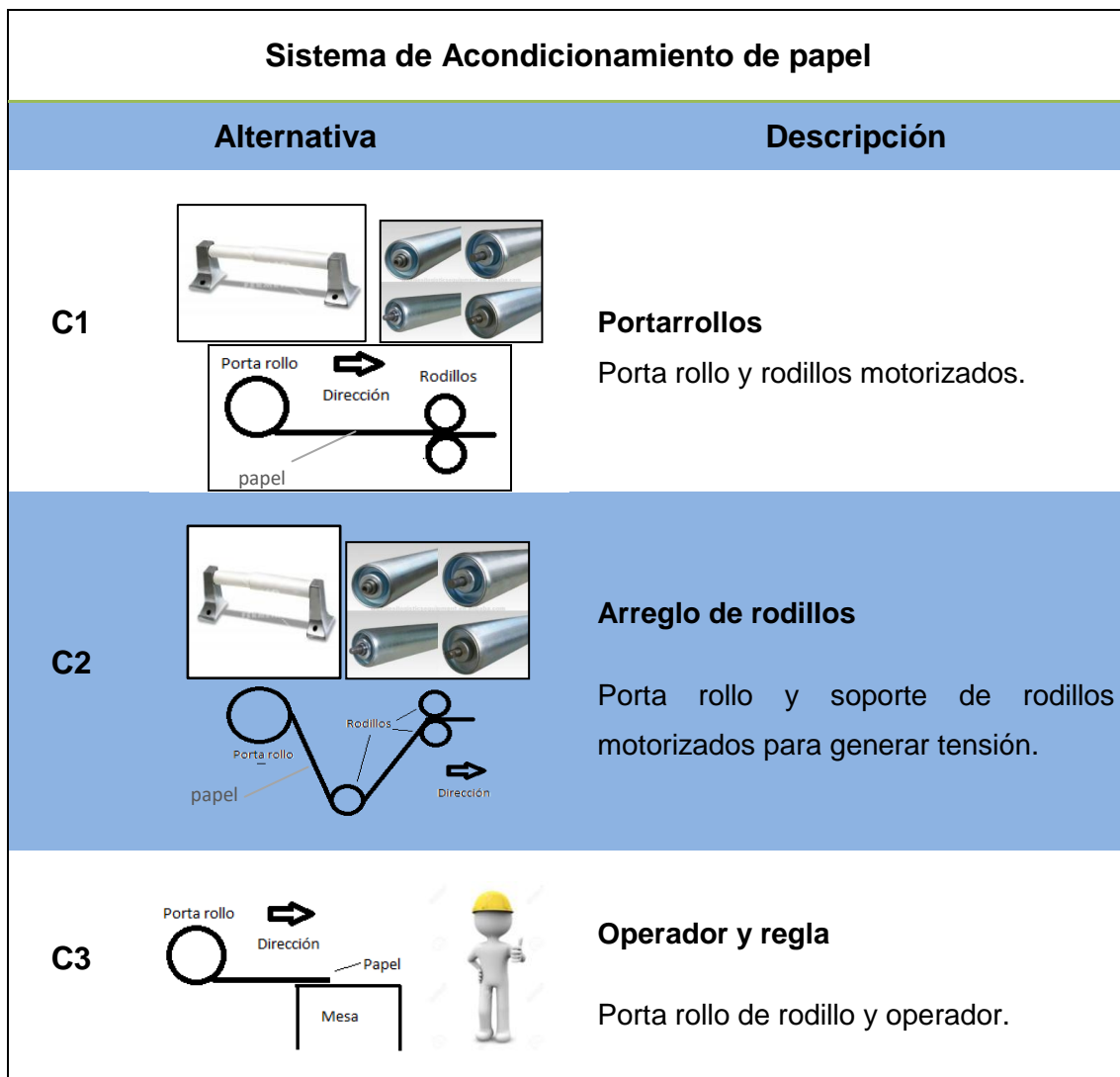


Figura 3.7. Sistema de acondicionamiento de papel



Sistema de Corte

Se requiere considerar características de velocidad de corte y calidad, a continuación se enlistan las alternativas conceptuales propuestas para el corte de papel en la figura 3.8.

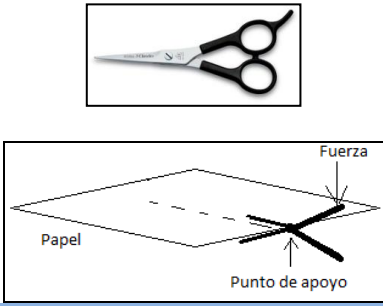
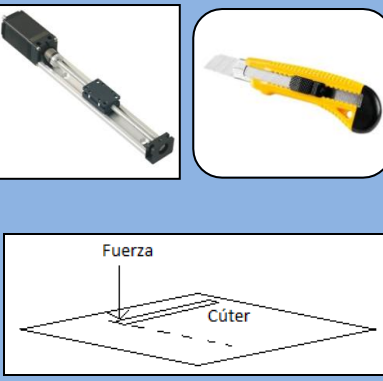
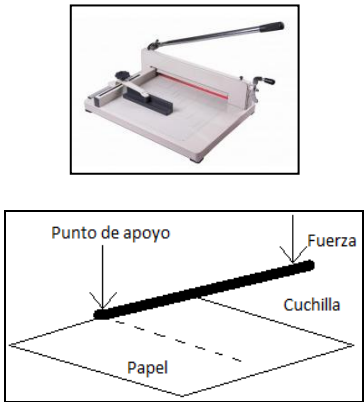
Sistema de corte	
Alternativa	Descripción
<p>C1</p> 	<p>Corte manual</p> <p>Producción discontinua, pobre en calidad de corte y costo de mantenimiento bajo</p>
<p>C2</p> 	<p>Corte lineal con navaja</p> <p>Se requiere de un actuador lineal y sistema de control.</p> <p>Buena calidad de corte</p>
<p>C3</p> 	<p>Corte con guillotina</p> <p>Sistema en sincronización con el sistema de transporte.</p> <p>Buena calidad del corte (preciso).</p>

Figura 3.8. Sistema de corte



Sistema de Transporte

En la figura 3.9 se muestran las alternativas conceptuales generales para el Sistema de Transporte del papel tipo kraft, considerando velocidad de operación y sujeción del papel.

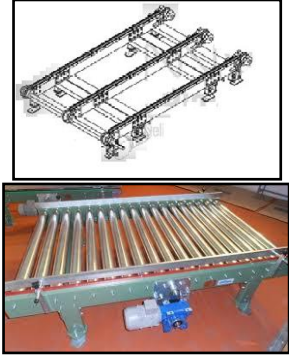
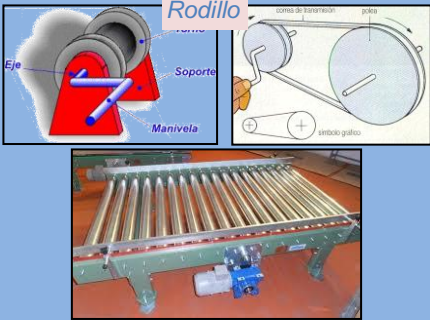
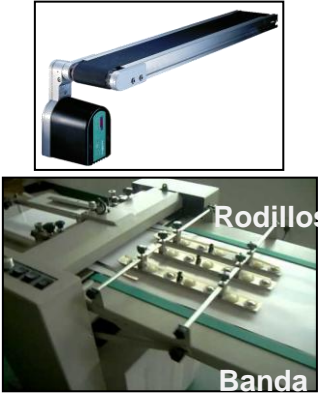
Sistema de transporte	
Alternativa	Descripción
<p>C1</p> 	<p>Transportador motorizado de rodillos</p> <p>Mantenimiento mínimo.</p>
<p>C2</p> 	<p>Transportador manual de rodillos</p> <p>Mantenimiento mínimo.</p>
<p>C3</p> 	<p>Transportador motorizado de bandas laterales</p>

Figura 3.9. Sistema de transporte



Sistema de aplicación de pegamento

El objetivo de este sistema es que sea capaz de trabajar a alta velocidad y eficiencia, a continuación en la figura 3.10 se enlistan las alternativas.




Sistema de aplicación de pegamento	
Alternativa	Descripción
C1 	Pistola Neumática <ul style="list-style-type: none">• Requiere de limpieza diaria.• Buena eficiencia en la aplicación.
C2 	Roll on <ul style="list-style-type: none">• Mantenimiento relativamente bajo.• Buena calidad de pegado.
C3 	Por goteo o con brocha <ul style="list-style-type: none">• Configuración simple.• Requiere de un sistema de inyección.• Mantenimiento mínimo.• Buena eficiencia.

Figura 3.10. Sistema de aplicación de pegamento



Sistema de formado de cono

Se requiere de un proceso con una velocidad adecuada que no permita secar el pegamento. En la figura 3.11 se presentan las ideas conceptuales para este sistema.

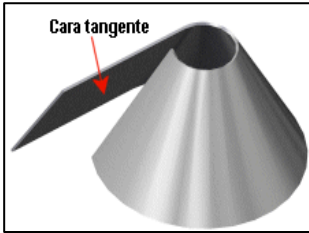
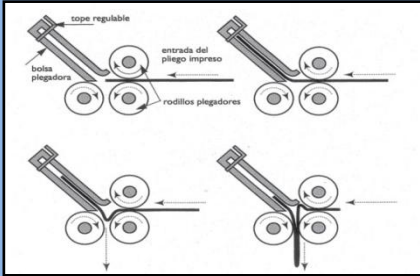

Sistema de formado de cono	
Alternativa	Descripción
C1 	Mandril cónico <ul style="list-style-type: none">El cono es formado al tocar la parte exterior del mandril metálico ya que se adhiere a este por medio de succión. Se necesita de mayor número de elementos (mandril auxiliar, compresor, tanque de almacenamiento, válvulas)Formado preciso.
C2 	Plegado <ul style="list-style-type: none">El papel entra en un arreglo de rodillos en el cual se comienza a doblar al llegar a un tope.Bajo costo.Formado del cono eficiente.
C3  Operador	Manual <ul style="list-style-type: none">El operador forma el cono doblando el papel a la mitad.Costo nulo.Calidad de formado buena.Baja velocidad de producción.

Figura 3.11. Sistema de formado de cono



Sistema de secado

En la figura 3.12 se presentan las propuestas conceptuales para el sistema de secado, etapa final del proceso de formación de conos de papel tipo kraft.




Sistema de secado	
Alternativa	Descripción
C1 	Flujo de aire forzado <ul style="list-style-type: none">• Buena calidad del secado.• Costo aceptable.• Tiempo adecuado.
C2 	Aire caliente <ul style="list-style-type: none">• Tiempo de secado menor al secado con flujo de aire forzado.• Mayor consumo de energía.
C3 	A temperatura ambiente <ul style="list-style-type: none">• Tiempo de secado mayor a los anteriores.• Calidad de secado regular.

Figura 3.12. Sistema de secado

En la figura 3.13 se propone las alternativas conceptuales para el sistema de ensamble de los conos con las macetas de nochebuena.



Sistema de ensamble	
Alternativa	Descripción
C1	 <p>Por caída libre</p> <ul style="list-style-type: none">• Bajo costo.• Mantenimiento nulo.
C2	 <p>Apilador vertical</p> <ul style="list-style-type: none">• Operación manual que requiere de un trabajador.• Mantenimiento nulo.• Bajo costo.

Figura 3.13. Sistema de ensamble

3.6 Evaluación de conceptos

En este apartado se presentan las matrices de decisión de los diferentes sistemas de la máquina formadora de conos de papel con el objeto de determinar las mejores alternativas conceptuales y desarrollarlas en la etapa de diseño de detalle.

Para realizar la evaluación en una matriz de decisiones, es necesario elaborar tablas de factores de peso para diferenciar el impacto de cada uno de los criterios de diseño de acuerdo a las necesidades y requerimientos de los clientes.

En la figura 3.14 se presenta el factor de peso de todos los criterios de diseño considerados para el proyecto.



	Velocidad de producción	Tamaños de macetas	Material de trabajo	Fácil de usar	Mantenimiento	Operación	Tipo de pegamento	Versatilidad	Seguridad	Voltaje de trabajo	Costo de adquisición	Costo de producción	Dimensiones	Total	Factor de peso
Velocidad de producción	*	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	10	0,1266
Tamaños de macetas	0	*	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	7	0,0886
Material de trabajo	0	0	*	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,0127
Fácil de usar	0	1	1	*	1	1	1	1	0	0	0	0	1	7	0,0886
Mantenimiento	0	0	1	0	*	1	1	1	0	0	0	0	1	5	0,0633
Operación	0	0	1	0	0	*	1	1	0	0	0	0	1	4	0,0506
Tipo de pegamento	0	0	0	0	0	0	*	0	0	0	0	0	1	1	0,0127
Versatilidad	0	0	1	0	0	0	1	*	0	0	0	0	0	2	0,0253
Seguridad	1	1	1	1	1	1	1	1	*	1	1	1	1	12	0,1519
Voltaje de trabajo	0	1	1	1	1	1	1	1	0	*	1	0	1	9	0,1139
Costo de adquisición	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	*	0	1	8	0,1013
Costo de producción	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	*	1	11	0,1392
Tamaño de la máquina	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	*	2	0,0253
Suma														79	1,00

Figura 3.14. Tabla de factor de peso

De igual forma es necesario establecer una escala de calificaciones para determinar el nivel de satisfacción que tiene cada una de las alternativas conceptuales propuestas en las matrices de decisión.



En la figura 3.15 se presenta la escala de calificaciones propuesta.

Calificación	1	2	3	4	5
Nivel de satisfacción	Inadecuada	Débil	Suficiente	Buena	Excelente

Figura 3.15. Escala de calificaciones

Cabe mencionar que es necesario factores de peso diferentes para cada matriz de sistema a evaluar, por lo que de la tabla de factor de peso se recalcula el peso para cada sistema a partir del factor de peso general. En la figura 3.16 se muestra el cálculo de factor de peso para el sistema de acondicionamiento de papel.

Factor de peso para sistema de corte											
	Velocidad de producción	Tamaños de macetas	Intuitivo	Mantenimiento	Versatilidad	Seguridad	Potencia de trabajo	Costo	Eficiente	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	1	1	0	1	1	0	6	0,1622
Tamaños de macetas	0	-	0	1	1	0	0	0	1	3	0,0811
Intuitivo	0	1	-	1	1	0	0	0	0	3	0,0811
Mantenimiento	0	0	0	-	1	0	0	0	0	1	0,0270
Versatilidad	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0,0000
Seguridad	1	1	1	1	1	-	1	1	1	8	0,2162
Potencia de trabajo	0	1	1	1	1	0	-	1	0	5	0,1351
Costo	0	1	1	1	1	0	0	-	0	4	0,1081
Eficiente	1	1	1	1	1	0	1	1	-	7	0,1892
Suma										37	1,00

Figura 3.16. Factor de peso para sistema de acondicionamiento de papel



En la figura 3.17 se muestra la matriz de decisión del sistema de acondicionamiento de papel.

Matriz de decisión de sistema de acondicionamiento de papel							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Porta rollos		Arreglo de rodillos		Operador y regla	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1622	5	0,8108	5	0,8108	3	0,4865
Tamaños de macetas	0,0811	3	0,2432	3	0,2432	3	0,2432
Intuitivo	0,0811	5	0,4054	5	0,4054	5	0,4054
Mantenimiento	0,0270	4	0,1081	3	0,0811	5	0,1351
Versatilidad	0,0000	4	0,0000	3	0,0000	5	0,0000
Seguridad	0,2162	5	1,0811	5	1,0811	5	1,0811
Potencia de trabajo	0,1351	4	0,5405	3	0,4054	5	0,6757
Costo	0,1081	4	0,4324	3	0,3243	5	0,5405
Eficiente	0,1892	3	0,5676	5	0,9459	3	0,5676
Total	1,00		4,1892		4,2973		4,1351

Figura 3.17. Matriz de decisión sistema de acondicionamiento de papel

En la matriz de decisión de sistema de acondicionamiento de papel se muestra como mejor opción el arreglo de rodillos con una calificación de 4.2973.

Para la matriz de decisión del sistema de transporte se calcula el factor de peso con los siguientes criterios de diseño que se muestran en la figura 3.18.



Factor de peso para sistema de corte												
	Velocidad de producción	Tamaños de macetas	Mantenimiento	Operación	versatilidad	Seguridad	Potencia de trabajo	Costo	Eficiente	Tamaño de la máquina	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7	0,1522
Tamaños de macetas	0	-	1	1	1	0	0	0	1	1	5	0,1087
Mantenimiento	0	0	-	1	1	0	0	0	0	1	3	0,0652
Operación	0	0	0	-	1	0	0	0	0	1	2	0,0435
Versatilidad	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0,0000
Seguridad	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	9	0,1957
Potencia de trabajo	0	1	1	1	1	0	-	1	0	1	6	0,1304
Costo	0	1	1	1	1	0	0	-	0	1	5	0,1087
Eficiente	1	1	1	1	1	0	1	1	-	1	8	0,1739
Tamaño de la máquina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	1	0,0217
Suma											46	1,00

Figura 3.18. Factor de peso para sistema de transporte

En la figura 3.19 se muestra la matriz de decisión del sistema de transporte.



Matriz de decisión de sistema de transporte							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Transportador motorizado		Transportador manual		Transportador de bandas laterales	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1522	4	0,6087	5	0,7609	3	0,4565
Tamaños de macetas	0,1087	3	0,3261	2	0,2174	3	0,3261
Mantenimiento	0,0652	4	0,2609	3	0,1957	5	0,3261
Operación	0,0435	4	0,1739	5	0,2174	1	0,0435
Versatilidad	0,0000	4	0,0000	3	0,0000	5	0,0000
Seguridad	0,1957	4	0,7826	4	0,7826	5	0,9783
Potencia de trabajo	0,1304	4	0,5217	3	0,3913	5	0,6522
Costo	0,1087	4	0,4348	3	0,3261	5	0,5435
Eficiente	0,1739	4	0,6957	5	0,8696	2	0,3478
Tamaño de la máquina	0,0217	4	0,0870	3	0,0652	4	0,0870
Total	1,00		3,8913		3,8261		3,7609

Figura 3.19. Matriz de decisión de sistema de Transporte

En la matriz de decisión del sistema de transporte se muestra como mejor alternativa al transportador motorizado con una calificación de 3.8913.

Para la matriz de decisión del sistema de corte se calcula el factor de peso con los siguientes criterios de diseño que se muestran en la figura 3.20.



Factor de peso para sistema de corte												
	Velocidad de producción	Tamaños de macetas	Mantenimiento	Operación	versatilidad	Seguridad	Potencia de trabajo	Costo	Eficiente	Tamaño de la máquina	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	1	1	0	1	1	0	1	7	0,1522
Tamaños de macetas	0	-	1	1	1	0	0	0	1	1	5	0,1087
Mantenimiento	0	0	-	1	1	0	0	0	0	1	3	0,0652
Operación	0	0	0	-	1	0	0	0	0	1	2	0,0435
Versatilidad	0	0	0	0	-	0	0	0	0	0	0	0,0000
Seguridad	1	1	1	1	1	-	1	1	1	1	9	0,1957
Potencia de trabajo	0	1	1	1	1	0	-	1	0	1	6	0,1304
Costo	0	1	1	1	1	0	0	-	0	1	5	0,1087
Eficiente	1	1	1	1	1	0	1	1	-	1	8	0,1739
Tamaño de la máquina	0	0	0	0	1	0	0	0	0	-	1	0,0217
Suma											46	1,00

Figura 3.20. Factor de peso para sistema de corte

En la figura 3.21 se ilustra la Matriz de decisión del Sistema de Corte.



Matriz de decisión de sistema de corte							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Corte manual		Corte lineal con navaja		Corte con guillotina	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1522	1	0,1522	3	0,4565	5	0,7609
Tamaños de macetas	0,0870	4	0,3478	4	0,3478	3	0,2609
Mantenimiento	0,0435	5	0,2174	4	0,1739	3	0,1304
Operación	0,0652	1	0,0652	3	0,1957	5	0,3261
Versatilidad	0,0435	1	0,0435	1	0,0435	1	0,0435
Seguridad	0,0217	4	0,0870	4	0,0870	2	0,0435
Potencia de trabajo	0,1957	5	0,9783	5	0,9783	3	0,5870
Costo	0,1087	5	0,5435	5	0,5435	3	0,3261
Eficiente	0,1087	1	0,1087	3	0,3261	5	0,5435
Tamaño de la máquina	0,1739	5	0,8696	5	0,8696	4	0,6957
Total	1,00		3,4130		4,0217		3,7174

Figura 3.21. Matriz de decisión de sistema de Corte

En la matriz de decisión de sistema de corte se muestra como mejor opción el corte lineal con navaja con una calificación de 4.0217.



Factor de peso para sistema de aplicación de pegamento										
	Velocidad de producción	Material de trabajo	Mantenimiento	Operación	Tipo de pegamento	Versatilidad	Costo	Eficiente	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	1	0	1	1	0	5	0,1786
Material de trabajo	0	-	0	0	1	0	0	0	1	0,0357
Mantenimiento	0	1	-	1	1	1	0	0	4	0,1429
Operación	0	1	0	-	0	1	0	0	2	0,0714
Tipo de pegamento	1	0	0	1	-	0	0	0	2	0,0714
Versatilidad	0	1	0	0	1	-	0	0	2	0,0714
Costo	0	1	1	1	1	1	-	0	5	0,1786
Eficiente	1	1	1	1	1	1	1	-	7	0,2500
Suma									28	1,00

Figura 3.22. Factor de peso para sistema de aplicación de pegamento



En la figura 3.23 se ilustra la matriz de decisión del sistema de aplicación de pegamento.

Matriz de decisión de aplicación de pegamento							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Pistola Neumática		Roll on		Brocha	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1786	4	0,7143	5	0,8929	4	0,7143
Material de trabajo	0,0357	1	0,0357	1	0,0357	1	0,0357
Mantenimiento	0,1429	1	0,1429	4	0,5714	3	0,4286
Operación	0,0714	5	0,3571	5	0,3571	5	0,3571
Tipo de pegamento	0,0714	2	0,1429	4	0,2857	4	0,2857
Versatilidad	0,0714	1	0,0714	4	0,2857	3	0,2143
Costo	0,1786	1	0,1786	4	0,7143	4	0,7143
Eficiente	0,2500	5	1,2500	4	1,0000	4	1,0000
Total	1,00		2,8929		4,1429		3,7500

Figura 3.23 Matriz de decisión de sistema de aplicación de pegamento

En la matriz de decisión de sistema de aplicación de pegamento se muestra como mejor alternativa a roll on con una calificación de 4.1429.



En la figura 3.24 se presenta el cálculo para el factor de peso para la matriz de decisión del sistema de formado de cono.

Factor de peso para sistema de formado de cono											
	Velocidad de producción	Material de trabajo	Mantenimiento	Operación	Tipo de pegamento	Versatilidad	Seguridad	Eficiente	Dimensiones	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	1	1	1	0	0	1	6	0,1667
Material de trabajo	0	-	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0278
Mantenimiento	0	1	-	1	1	1	0	0	1	5	0,1389
Operación	0	1	0	-	1	1	0	0	1	4	0,1111
Tipo de pegamento	0	0	0	0	-	0	0	0	1	1	0,0278
Versatilidad	0	1	0	0	1	-	0	0	0	2	0,0556
Seguridad	1	1	1	1	1	1	-	1	1	8	0,2222
Eficiente	1	1	1	1	1	1	0	-	1	7	0,1944
Tamaño de la máquina	0	1	0	0	0	1	0	0	-	2	0,0556
Suma										36	1,00

Figura 3.24. Factor de peso para sistema de formado de cono



En la figura 3.25 se ilustra la Matriz de decisión del sistema de formado de cono.

Matriz de decisión de sistema de formado de cono							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Mandril cónico		Plegado		Manual	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1667	5	0,8333	3	0,5000	4	0,6667
Material de trabajo	0,0278	4	0,1111	4	0,1111	5	0,1389
Mantenimiento	0,1389	4	0,5556	3	0,4167	5	0,6944
Operación	0,1111	5	0,5556	4	0,4444	2	0,2222
Tipo de pegamento	0,0278	1	0,0278	1	0,0278	1	0,0278
Versatilidad	0,0556	3	0,1667	4	0,2222	5	0,2778
Seguridad	0,2222	3	0,6667	4	0,8889	4	0,8889
Eficiente	0,1944	5	0,9722	3	0,5833	2	0,3889
Dimensiones	0,0556	4	0,2222	3	0,1667	5	0,2778
Total	1,00		4,1111		3,3611		3,5833

Figura 3.25. Matriz de decisión de sistema de formado de cono

En la matriz de decisión de sistema de formado de cono se muestra como mejor opción al mandril cónico con una calificación de 4.1111.



En la figura 3.26 se presenta el cálculo para el factor de peso para la matriz de decisión del sistema de secado.

Factor de peso para sistema de secado										
	Velocidad de producción	Material de trabajo	Mantenimiento	Tipo de pegamento	Versatilidad	Potencia de trabajo	Costo	Eficiente	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	0	1	0	1	1	1	0	4	0,1429
Material de trabajo	0	-	0	1	1	0	0	0	2	0,0714
Mantenimiento	0	1	-	0	1	0	0	0	2	0,0714
Tipo de pegamento	1	0	1	-	0	1	0	0	3	0,1071
Versatilidad	0	1	0	1	-	0	0	0	2	0,0714
Potencia de trabajo	0	1	1	0	1	-	1	0	4	0,1429
Costo	0	1	1	1	1	0	-	0	4	0,1429
Eficiente	1	1	1	1	1	1	1	-	7	0,2500
Suma									28	1,00

Figura 3.26. Factor de peso para sistema de secado



En la figura 3.27 se ilustra la Matriz de decisión del sistema de secado.

Matriz de decisión de sistema de secado							
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas					
		Flujo de aire forzado		Aire caliente		A Temperatura Ambiente	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1429	3	0,4286	5	0,7143	1	0,1429
Material de trabajo	0,0714	1	0,0714	1	0,0714	1	0,0714
Mantenimiento	0,0714	4	0,2857	3	0,2143	5	0,3571
Tipo de pegamento	0,1071	3	0,3214	4	0,4286	2	0,2143
Versatilidad	0,0714	3	0,2143	3	0,2143	5	0,3571
Potencia de trabajo	0,1429	4	0,5714	3	0,4286	5	0,7143
Costo	0,1429	4	0,5714	3	0,4286	5	0,7143
Eficiente	0,2500	4	1,0000	5	1,2500	3	0,7500
Total	1,00		3,4643		3,7500		3,3214

Figura 3.27. Matriz de decisión de sistema de secado

En la matriz de decisión de sistema de secado se muestra como mejor alternativa a aire caliente con una calificación de 3.7500.



En la figura 3.28 se presenta el cálculo para el factor de peso para la matriz de decisión del sistema de ensamble.

Factor de peso para sistema de ensamble										
	Velocidad de producción	Intuitivo	Mantenimiento	Operación	Seguridad	Potencia de trabajo	Costo	Dimensiones	Total	Factor de ponderación
Velocidad de producción	-	1	1	0	0	1	1	0	4	0,1429
Intuitivo	0	-	1	1	0	0	0	1	3	0,1071
Mantenimiento	0	0	-	1	0	0	0	1	2	0,0714
Operación	1	0	0	-	0	0	0	1	2	0,0714
Seguridad	1	1	1	1	-	0	1	1	6	0,2143
Potencia de trabajo	0	1	1	1	1	-	0	0	4	0,1429
Costo	0	1	1	1	0	1	-	0	4	0,1429
Dimensiones	1	0	0	0	0	1	1	-	3	0,1071
									28	1

Figura 3.28. Factor de peso para sistema de ensamble

En la figura 3.29 se ilustra la Matriz de decisión del sistema de ensamble.



Matriz de decisión de sistema de ensamble					
Criterios de Diseño	Factor de peso	Alternativas			
		Por caída libre		Apilador vertical	
		Calificación	Impacto	Calificación	Impacto
Velocidad de producción	0,1429	3	0,4286	4	0,5714
Intuitivo	0,1071	5	0,5357	5	0,5357
Mantenimiento	0,0714	4	0,2857	5	0,3571
Operación	0,0714	4	0,2857	3	0,2143
Seguridad	0,2143	4	0,8571	5	1,0714
Potencia de trabajo	0,1429	5	0,7143	5	0,7143
Costo	0,1429	4	0,5714	5	0,7143
Dimensiones	0,1071	3	0,3214	5	0,5357
Total	1,00		4,0000		4,7143

Figura 3.29. Matriz de decisión de sistema de ensamble

En la matriz de decisión de sistema de ensamble se muestra como mejor opción a apilador vertical con una calificación de 4.7143.



3.7 Propuestas de configuración

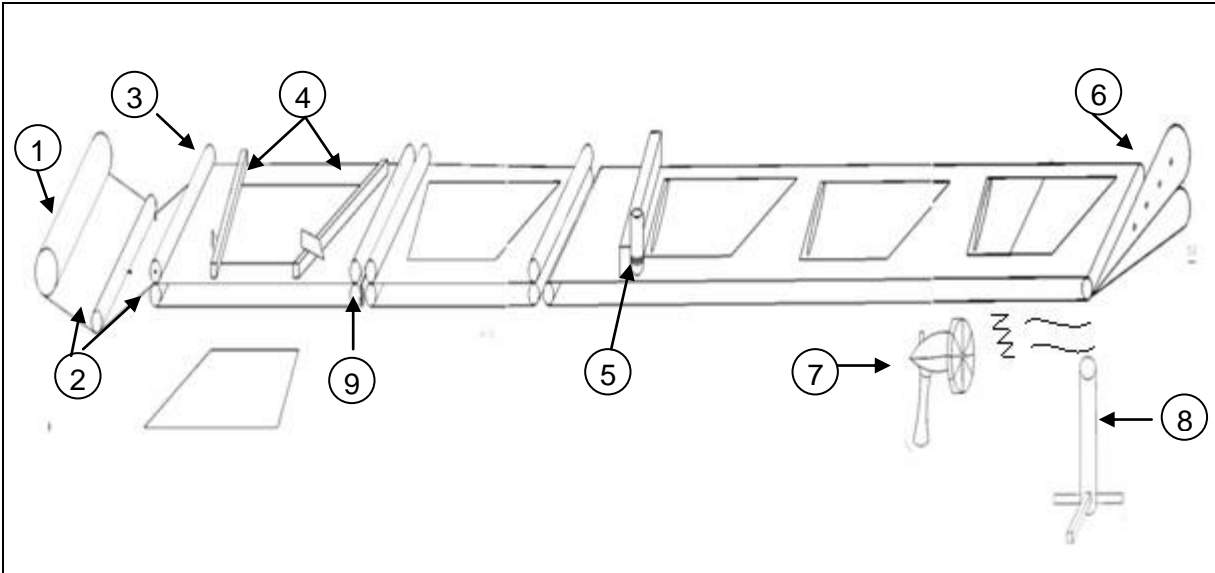
En esta sección se presentan tres propuestas de configuración para el diseño de la máquina formadora de conos de papel tipo kraft para macetas con Nochebuenas.

3.7.1 Propuesta de configuración 1 (Cono Metálico).

La primera propuesta de configuración que se presenta en la figura 3.23, se compone de los sistemas seleccionados de las matrices de decisión para cada uno de ellos y se mencionan a continuación.

Sistema	Concepto
• Acondicionamiento de papel	Arreglo de rodillos
• Transporte	Transportador motorizado
• Corte de papel	Corte lineal con navaja
• Aplicación de pegamento	Roll on
• Formado de cono	Mandril cónico
• Secado	Aire caliente
• Ensamble	Apilador vertical
• Sistema de redireccionamiento	Seleccionador de papel

Para esta configuración se requiere de un sistema neumático para la formación de conos así como de un operador para corregir la dirección de los cortes de papel que están opuestos al enrollado propuesto. La configuración permite ajustarse a diferentes tamaños de conos y la velocidad cumple con los requerimientos de producción de trabajo.



(1) Porta rollos. (2) Arreglo de rodillos. (3) Transporte motorizado. (4) Corte lineal con navaja. (5) Roll on. (6) Mandril cónico. (7) Aire caliente. (8) Apilador. (9) Seleccionador de papel.

Figura 3.30. Propuesta de configuración 1

Descripción

Se propone un porta rollos (1) el cual está integrado por un rodillo libre ajustable para diferentes medidas de ancho de papel, se continúa con un arreglo de rodillos (2) libres localizados en un plano inferior y un par de rodillos encontrados por los cuales pasa el papel con la finalidad de acondicionar el papel. Se continúa con rodillos motrices (3) que generan el traslado del papel. El sistema de corte está integrado por dos navajas las cuales realizan el corte lineal (4), son accionadas por actuadores lineales. Después del corte, se encuentra un sistema de redireccionamiento el cual es un seleccionador de papel (9) y tiene la función de apartar los cortes de papel que están opuestos al correcto formado del cono. El sistema de aplicación de pegamento es un roll on móvil (5) que se desplaza en forma lineal. El formado del cono es a través de un par de mandriles cónicos (6), dicho sistema está conformado por un mandril principal el cual tiene un sistema interno de succión lo que genera un vacío en diferentes puntos de su superficie con lo que el papel se pega transitoriamente sobre el mandril y a esto se le suma presión ejercida por el mandril auxiliar en contacto tomando la forma de cono y sellando el pegado en ambos extremos del papel. La forma de expulsar el



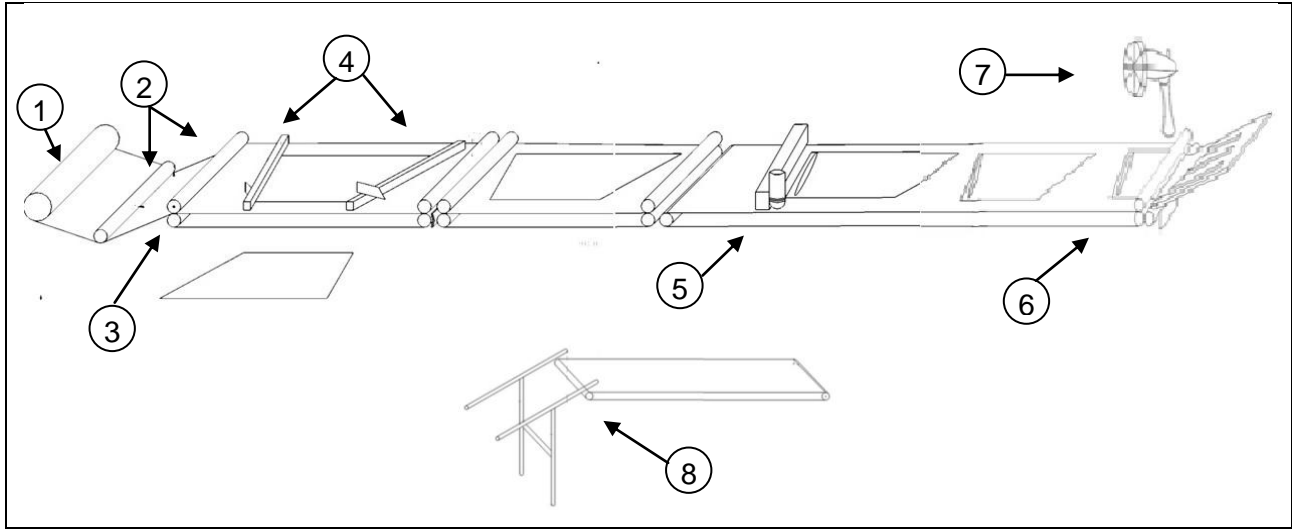
como se logra a partir de invertir la succión interna del mandril principal a una salida de aire en las mismas secciones antes mencionadas y el mandril auxiliar deja de aplicar presión. Para el secado del cono, se propone el suministro de aire caliente (7) proceso semejante al de una secadora de cabello para disminuir el tiempo de espera. Una vez que son expulsados los conos, se pretende que el ensamble con la maceta lo realice el operador de forma tal que de un lado tenga los conos en un apilador (8) en posición vertical.

3.7.2 Propuesta de configuración 2 (Plegadora 1).

Esta propuesta de configuración 2 se presenta en la figura 3.24, se compone de sistemas que tienen costos relativamente económicos y mantienen la alta eficiencia, se mencionan a continuación.

Sistema	Concepto
• Acondicionamiento de papel	Arreglo de rodillos
• Transporte	Transportador motorizado
• Corte de papel	Corte con guillotina
• Aplicación de pegamento	Roll on
• Formado de cono	Plegado
• Secado	Flujo de aire forzado
• Ensamble	Caída libre

El mayor cambio es la alternativa de plegadora que únicamente requiere de rodillos en lugar del arreglo de mandriles actuados (conos metálicos empotrados a un eje motriz) y su sistema neumático. Tiene como beneficios confiabilidad, alta eficiencia e independencia a un sistema neumático secundario.



(1) Porta rollos. (2) Arreglo de rodillos. (3) Transportador motorizado. (4) Corte lineal con navaja. (5) Roll on. (6) Plegado. (7) Flujo de aire forzado. (8) Caída libre.

Figura 3.31. Propuesta de Configuración 2

Descripción

Se presenta en un inicio un porta rollos (1) el cual está integrado por un rodillo libre que se ajusta a diferentes medidas de ancho papel. Este rodillo forma parte del acondicionamiento, el cual es complementado por un arreglo de rodillos (2) el cual consiste en un rodillo de apoyo en un plano inferior y dos rodillos encontrados en un segundo plano superior, estos últimos dos rodillos forman parte del transportador motorizado (3). El sistema de corte está integrado por dos navajas las cuales realizan el corte lineal (4), son accionadas por actuadores lineales. Después del corte se encuentra un roll on (5) que se desplaza de forma lineal. En seguida se encuentra el sistema de formado de cono el cual está integrado por un plegador (6) el cual lo componen un par de rodillos encontrados y un tope mecánico, en donde se realiza un doblez formando el cono. Inmediatamente continúa con su recorrido a un apilado de conos de papel. El sistema de secado de los conos se propone un flujo de aire forzado (7) dicho secado se logra en menor tiempo al de al de temperatura ambiente. Al final de la carrera se propone que el ensamble lo realice el operador contando con las macetas



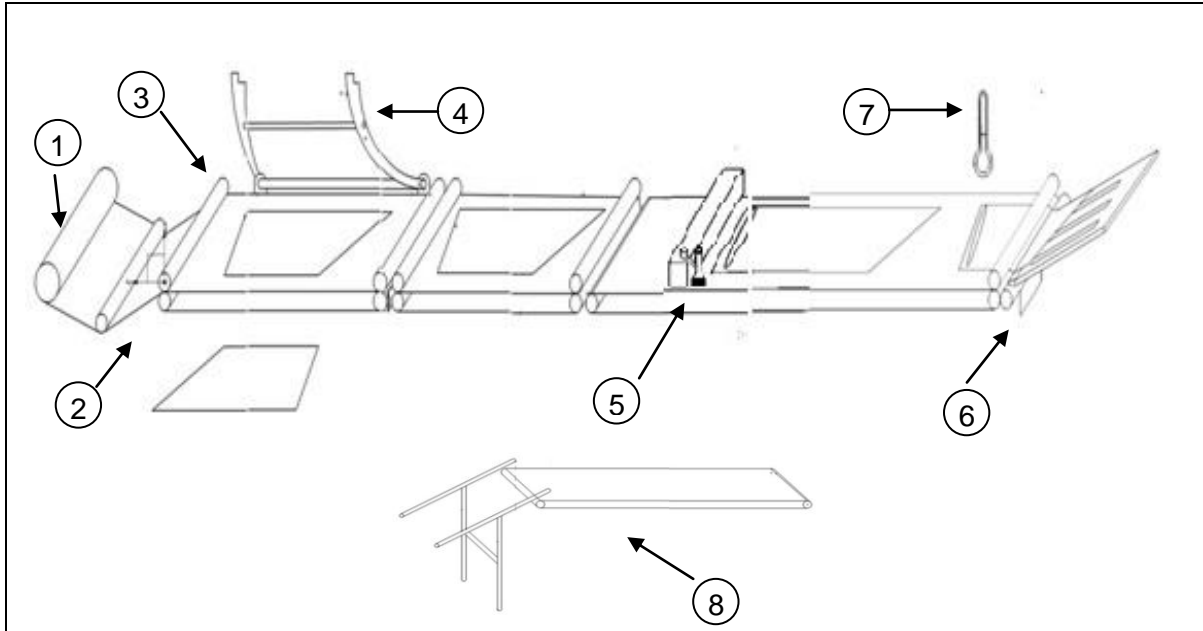
con Nochebuena controladas en número por un sistema de caída libre (8) (abastecedor de macetas).

3.7.3 Propuesta de configuración 3 (Plegadora 2).

Esta propuesta de configuración 3 se presenta en la figura 3.25, se compone de sistemas y elementos económicos para la elaboración de conos de papel, los cuales se enlistan a continuación. Es la configuración de menor costo de inversión debido a que solo requiere motores para los sistemas de transporte, plegador y de aplicación de pegamento. Al igual que las demás propuestas pasadas es un sistema eficiente y de buena calidad en el cono finalizado.

Sistema	Conceptos
• Acondicionamiento de papel	Arreglo de rodillos
• Transporte	Transportador motorizado
• Corte de papel	Corte con guillotina
• Aplicación de pegamento	Por goteo y brocha
• Formado de cono	Plegado
• Secado	Temperatura ambiente
• Ensamble	Caída libre

A diferencia de la configuración anterior esta tiene un corte rápido con la ayuda de la guillotina con dos cuchillas en forma de “V”.



(1) Porta rollos. (2) Arreglo de rodillos. (3) Transportador motorizado. (4) Corte con guillotina. (5) Por goteo y brocha. (6) Plegador. (7) Temperatura ambiente. (8) Caída libre.

Figura 3.32. Propuesta de configuración 3

Descripción

Se propone al inicio un porta rollos (1), está integrado por un rodillo libre que se ajusta a diferentes medidas de ancho papel continuando con un arreglo de rodillos (2) para el acondicionamiento de papel. Posteriormente el transportador motorizado (3) para el transporte del papel en los diferentes sistemas, consta de rodillos motorizados y transmisión entre ellos por bandas o cadenas. En el siguiente paso se plantea corte con guillotina (4) en forma de "V" formando un trapecio en el papel. Después se propone el goteo y brocha (5) para aplicación de pegamento, desplazada la brocha en forma lineal se obtiene la buena dosificación de adherente. En el sistema de formado de cono se expone plegador (6) el cual consiste en un arreglo de rodillos encontrados y un tope mecánico. En el sistema de secado se plantea que únicamente se dejen secar a temperatura ambiente (7) los conos. Finalmente una vez que se tienen elaborados los conos se puede realizar el ensamble con un sistema mecánico que controla el abastecimiento de macetas con Nochebuena caída libre (8).



3.7.4 Evaluación de propuestas de configuración

Tabla de determinación de factor de peso para la matriz de decisión de las propuestas de configuración.

	Velocidad de producción	Tamaños de macetas	No. De Elementos	Intuitivo	Mantenimiento	Automatizado	Versatilidad	Seguridad	Potencia de trabajo	Costo	Eficiente	Suma	%
Velocidad de producción	*	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	10	0,182
Tamaños de macetas	0	*	0	1	1	1	1	0	0	1	0	5	0,091
No. De Elementos	0	1	*	1	1	1	1	1	1	1	0	8	0,145
Intuitivo	0	0	0	*	0	0	1	0	0	0	0	1	0,018
Mantenimiento	0	0	0	1	*	1	1	0	0	0	0	3	0,055
Automatizado	0	0	0	1	0	*	1	0	0	0	0	2	0,036
Versatilidad	0	0	0	0	0	0	*	1	0	0	0	1	0,018
Seguridad	0	1	0	1	1	1	0	*	1	1	0	6	0,109
Potencia de trabajo	0	1	0	1	1	1	1	0	*	0	0	5	0,091
Costo	0	0	0	1	1	1	1	0	1	*	0	5	0,091
Eficiente	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	*	9	0,164
Total												55	1,00

Figura 3.33. Tabla de determinación de factor de peso



En la figura 3.27 se presenta la Matriz de decisión de las propuestas de configuración.

Criterios	Factor de peso	Alternativas de configuración					
		Cono Metálico	Plegadora 1	Plegadora 2			
Velocidad de producción	0,182	4	0,727	4	0,727	3	0,545
Tamaños de macetas	0,091	4	0,364	4	0,364	2	0,182
No. De Elementos	0,145	1	0,145	3	0,436	4	0,582
Intuitivo	0,018	3	0,055	3	0,055	2	0,036
Mantenimiento	0,055	1	0,055	3	0,164	4	0,218
Automatizado	0,036	4	0,145	4	0,145	2	0,073
Versatilidad	0,018	1	0,018	2	0,036	3	0,055
Seguridad	0,109	2	0,218	3	0,327	4	0,436
Potencia de trabajo	0,091	1	0,091	2	0,182	3	0,273
Costo	0,091	1	0,091	2	0,182	4	0,364
Eficiente	0,164	4	0,655	4	0,655	3	0,491
Total	1,00		2,564		3,273		3,255

Figura 3.34. Matriz de decisión de configuraciones

Se obtiene en la propuesta 2 el mayor puntaje de calificación.

Por lo tanto, se continúa con el diseño de detalle de la propuesta “plegadora 1” la cual obtuvo mayor puntaje en la matriz de decisión de configuraciones figura 3.27.



CAPÍTULO 4.

4.1 Diseño de detalle

En esta etapa del proceso se determinan las dimensiones y materiales de los componentes y/o sistemas que integran el prototipo, también se realiza la selección de elementos comerciales que cumplen con las especificaciones técnicas y funcionales para el correcto funcionamiento del prototipo.

En esta etapa se considera la funcionalidad, calidad y costos, así como los procesos de manufactura y ensamble.

A continuación se presenta la configuración “Plegadora 1” que obtuvo la mayor calificación en la matriz de decisión presentada en la figura 3.27 del capítulo anterior.

4.2 Configuración

En la figura 4.1 se presenta el modelo CAD 3D de la configuración “Plegadora 1”, y se muestran los siguientes sistemas.

Letra del sistema	Nombre del sistema
A	Sistema Acondicionamiento de papel
B	Sistema de Transporte
C	Sistema de Corte
D	Sistema de Aplicación de pegamento
E	Sistema de formado de cono
F	Sistema Estructural

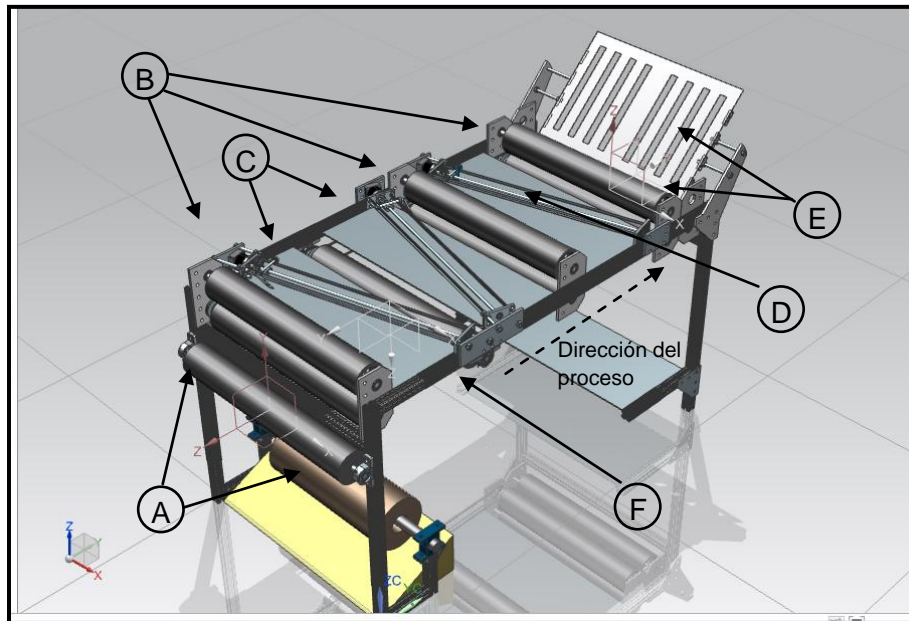


Figura 4.1. Vista general de la máquina elaboradora de conos de papel tipo kraft

La configuración “Plegadora 1” está conformada por ocho sistemas los cuales están diseñados para desempeñar su función de una forma rápida y eficiente. Se inicia el proceso por el sistema de acondicionamiento de papel (A), se traslada el papel por medio del sistema de transporte (B), posteriormente llega el papel al sistema de corte (C) en forma de “V”, se continúa con la trayectoria hasta llegar al sistema de aplicación de pegamento (D), una vez realizada dicha función pasa al sistema de formado de cono (E) donde el papel con pegamento en forma de trapecio choca con un tope mecánico y se dobla el papel formando el cono de papel. Después de la elaboración de cono cae a una charola recolectora en donde son depositados los productos y ahí se encuentra un sistema de secado (ventilador) el cual es aire de flujo forzado. Finalmente la configuración contempla a un octavo sistema de ensamble (caída libre), en donde son transportadas las macetas con nochebuena para su empaque con el cono, cabe mencionar que este sistema es extra.



4.2.1 Sistema de acondicionamiento de papel

En la figura 4.2 se presenta un acercamiento del sistema de acondicionamiento en el cual se aprecian los componentes que forman parte del sistema.

No. de parte	Nombre del componente
1	Porta rollos (eje)
2	Soportes triangulares
3	Rodillo seguidor
4	Rodamiento y chumacera
5	Base escalón
6	Rollo de papel kraft
7	Rodillo Motorizado

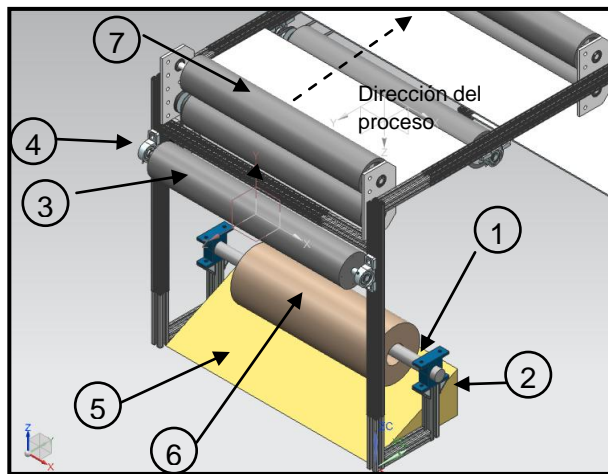


Figura 4.2. Sistema de acondicionamiento de papel

El proceso inicia al colocar el rollo de papel tipo kraft (6) en la base escalón (5), una vez que llega a la altura indicada, se introduce el porta rollos (1) por el rollo de papel, con lo cual se cumple que sea fácil de montar el papel al sistema. Se coloca manualmente el papel a la entrada del primer rodillo motorizado (7) haciéndolo pasar por el rodillo seguidor (3) soportado por rodamientos y chumaceras (4) y estos a su vez soportados por el sistema estructural (explicado más adelante).



4.2.2 Sistema estructural

En la figura 4.3 se muestra únicamente el Sistema Estructural compuesto por perfiles cuadrados y placas los cuales brindan soporte y estabilidad a todo conjunto.

No. de parte	Nombre del componente
7	Poste Base (4)
8	Poste distanciador (2)
9	Poste transversal (2)
10	Poste recolector
11	Poste porta rollo (4)
12	Placa 200 (4)

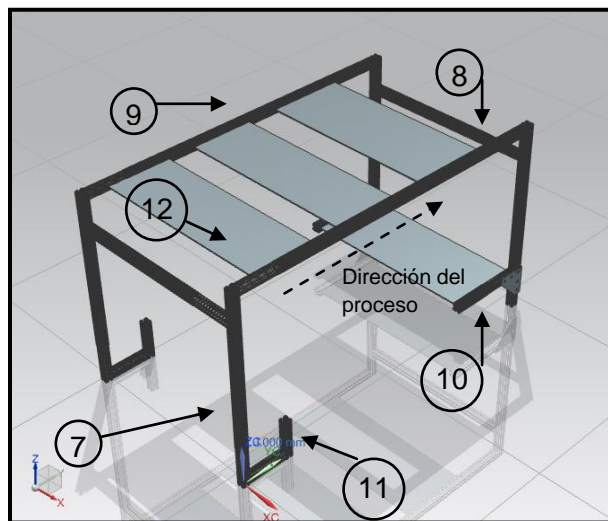


Figura 4.3. Configuración de Sistema Estructural

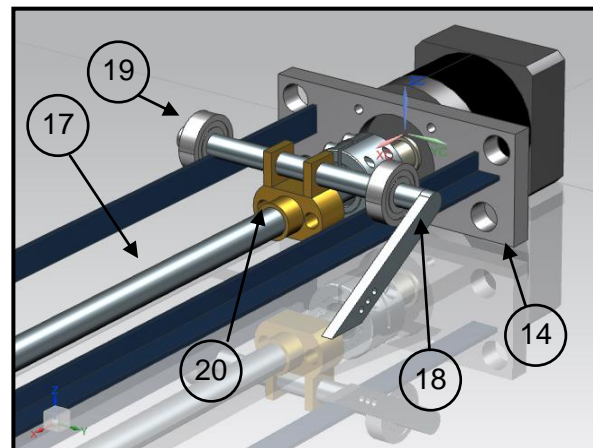
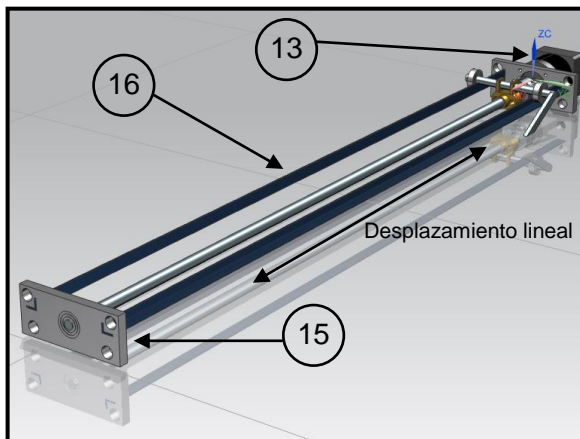
La mesa (Sistema Estructural), tiene dimensiones de 1.70 m de longitud por 1.00 m de altura y 0.94 m de ancho. Además de los tornillos fijadores de cada poste se refuerza la firmeza con soportes triangulares haciéndola una base altamente estable, este sistema está hecho con el perfil Bosch Series-40 T-Slotted Profile que es una estructura prefabricada. Por otro, lado las placas tienen dimensiones de 0.90 m de ancho por 0.30 m con un espesor de 5 mm (Alemexa, 2017).



4.2.3 Sistema de corte

En las figuras 4.4a y 4.4b se muestra el Sistema de Corte un acercamiento del mismo, cabe mencionar que el esquema que se presenta a continuación es únicamente del lado derecho, la máquina cuenta con dos cortadores.

No. de parte	Nombre del componente
13	Motor DC 24 [V]
14	Base motor
15	Base del eje
16	Guía lineal (2)
17	Eje
18	Eje cortador
19	Rodamiento (3)
20	Tuerca de porta eje



Figuras 4.4a y 4.4b Configuración de Sistema de Corte

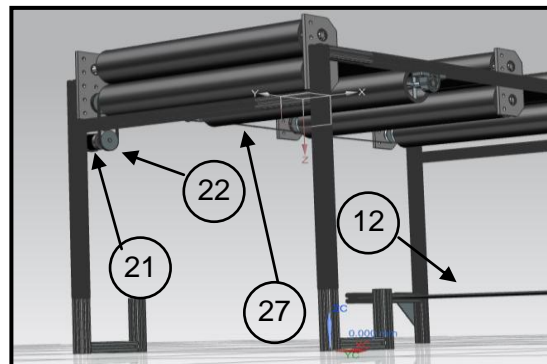
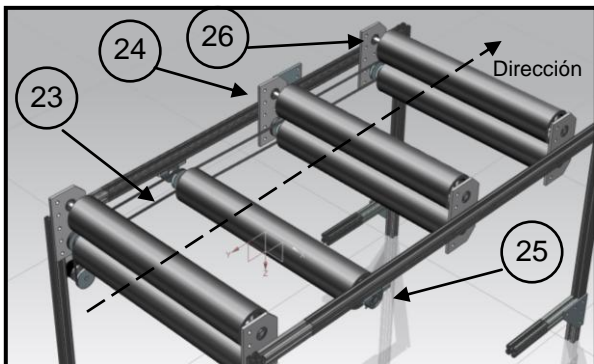
El motor (13) está fijado en la Base Motor (14) la cual se ajusta al Sistema Estructural por medio de tornillos que fijan su inclinación necesaria para el corte en forma de V. La navaja cúter se fija por medio de pernos al eje cortador (18), el cual tiene desplazamiento lineal por medio del tornillo de bola (20) que se traslada a partir del movimiento del motor.



4.2.4 Sistema de transporte

En las figuras 4.5a y 4.5b se muestran dos vistas del Sistema de Transporte para apreciar mejor los componentes de este sistema.

No. de parte	Nombre del componente
21	Motor DC 24 [V]
22	Polea (8)
23	Banda de transmisión (4)
24	Base de rodamiento (6)
25	Chumacera (2)
26	Rodamiento (14)
27	Rodillo (7)
12	Placa 200 (4)



Figuras 4.5a y 4.5b Configuración de Sistema de Transporte

El Sistema de Transporte está compuesto por bandas de transmisión, rodillos y un motor (21) que proporciona el desplazamiento para toda la máquina, a su vez las placas (12) aportan a este sistema soporte al papel y es su medio donde se desplaza el mismo.

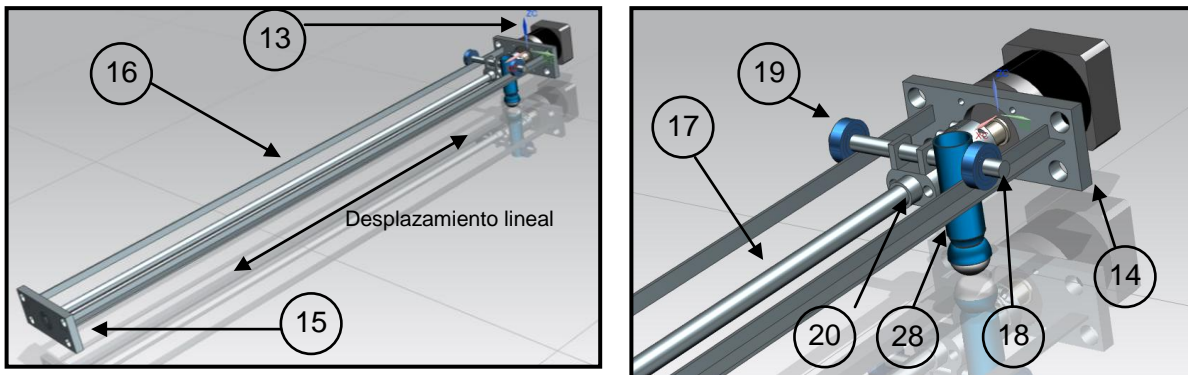
El desplazamiento es transmitido por las bandas (23) que están conectadas a las poleas (22) y éstas a los ejes de los rodillos (27). Los rodillos superiores se encuentran en contacto con los inferiores de tal modo que así obtienen su rotación.



4.2.5 Sistema de aplicación de pegamento

En las figuras 4.6a y 4.6b se presentan la configuración del Sistema de Aplicación de Pegamento y un acercamiento para lograr visualizar sus componentes.

No. de parte	Nombre del componente
13	Motor DC 24 [V]
14	Base del motor
15	Base eje
16	Guía lineal (2)
17	Eje
18	Eje del cortador
19	Rodamiento (3)
20	Tuerca de porta eje
28	Roll On



Figuras 4.6a y 4.6b Configuración de Sistema de Aplicación de Pegamento

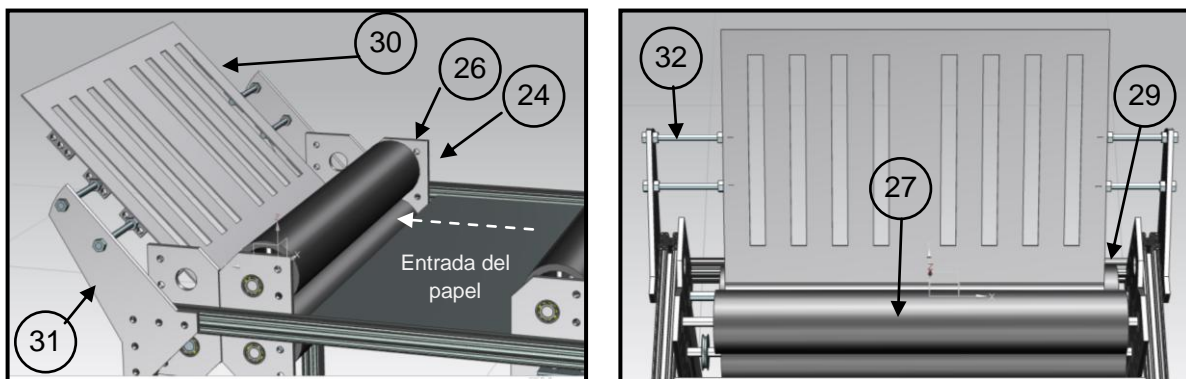
Al igual que el sistema de corte, este sistema tiene exactamente los mismos elementos con la única diferencia que el eje del cortador se intercambia por el roll on (28) empotrado en este eje cumpliendo la función de aplicar y dosificar de pegamento al papel tipo kraft pre cortado, en la tabla de la figura 4.12 se presentan los elementos que componen a este sistema.



4.2.6 Sistema de formado de cono

En las figuras 4.7a y 4.7b se presentan dos vistas del sistema de formado de cono siendo este un sistema plegador de papel.

No. de parte	Nombre del componente
29	Rodillo C
30	Tope papel
31	Base de tope
32	Tornillo (4)
24	Base rodamiento
26	Rodamiento (6)
27	Rodillo (2)



Figuras 4.7a y 4.7b Configuración de Sistema de Formado de Cono

A la entrada del papel con pegamento por los rodillos (27) sube éste al tope papel (30) y al encontrar un tope, el papel tipo kraft baja a los rodillos encontrados inferiores C (29) con lo que el papel se dobla exactamente a la mitad, formando el cono.



4.2.7 Sistema de secado

En la figura 4.8 se muestra únicamente la charola recolectora en donde serán depositados los conos acabados de hacer, que aun tienen humedad y se propone la utilización de un ventilador (33).

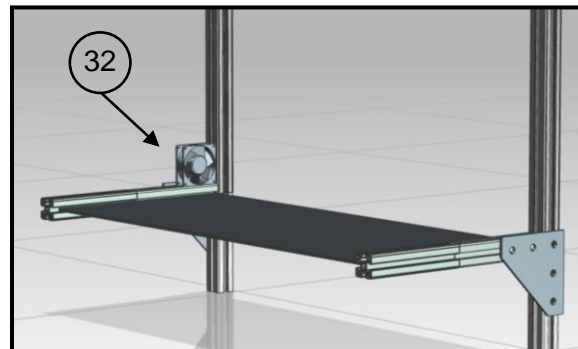


Figura 4.8. Configuración de Sistema de Secado

Este Sistema de Secado es complementario a la máquina haciendo que el proceso sea aún más rápido y se puedan usar los conos en menor tiempo de espera.

4.2.8 Sistema de ensamble

Al igual que el sistema de secado el sistema de ensamble es complementario a la máquina formadora de conos de papel tipo kraft figura 4.9.

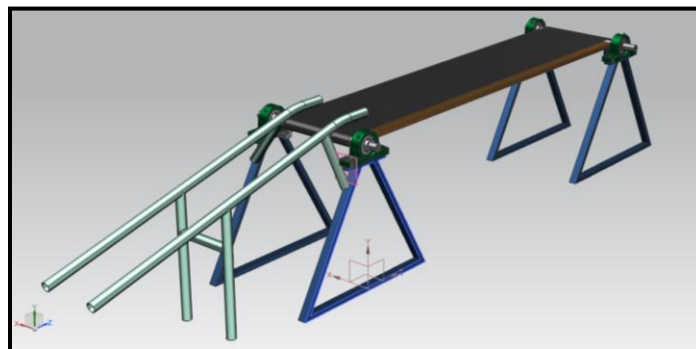


Figura 4.9. Sistema Ensamble

En la imagen anterior se muestra una banda transportadora y unos rieles que conforman al concepto de caída controlada.



4.3 Memoria de cálculo

En este apartado se presenta la determinación de las dimensiones y características de los diferentes componentes y sistemas que integran la propuesta de diseño.

Cálculo de dimensiones de área de trabajo (mesa)

Se realiza el siguiente análisis en cada sistema para determinar las dimensiones que componen al conjunto (mesa).

- Cálculo de área de corte de papel kraft

Para el dimensionamiento del área de corte es necesario saber qué dimensiones son necesarias para el formado del cono de papel tipo kraft. En la tabla de la figura 4.10 se muestran los datos de las macetas más utilizadas en flor Nochebuena.

Macetas	4°	5°	6°	7°
Base	7.5cm	7.75.cm	8cm	9.5cm
Altura	10cm	11.5cm	13cm	15cm
Diámetro	10cm	12.5cm	15cm	17.5cm
Material	Plástico	Plástico	Plástico	Plástico
Color	Café	Café	Café	Café
Acabado	Terracraft	Terra	Terra nb	Terra nb

.Figura 4.10. Dimensiones de macetas de plástico

El cálculo se realiza con base a la maceta de Número 7° en promedio más vendida, en la figura 4.11 se muestra esquemáticamente las dimensiones.

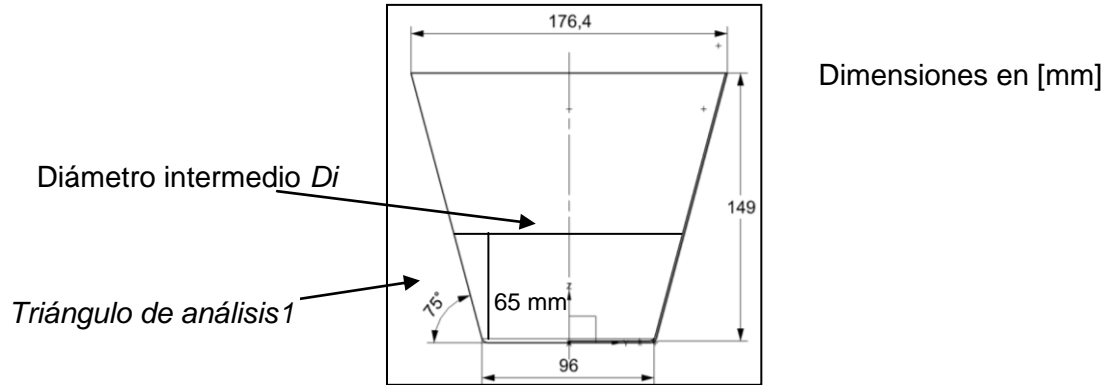


Figura 4.11. Dimensiones de maceta número 7°

Las macetas se cubren con conos de papel tipo kraft a partir de la mitad superior, por lo que se busca el perímetro de la base intermedia (p_{bi}) la cual será la base inferior del trapecio que se debe cortar en la máquina más un centímetro que está diseñado para la aplicación del pegamento.

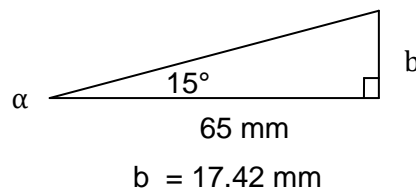


Figura 4.12. triángulo de análisis 1

Por lo que el diámetro intermedio de la maceta es $2b + 80\text{mm} + 10\text{ mm}$, por lo que:

$$D_i = 124.84 \text{ [mm]}$$

$$p_{bi} = \pi * D$$

$$p_{bi} = 392.2 \text{ [mm]}$$

De donde:

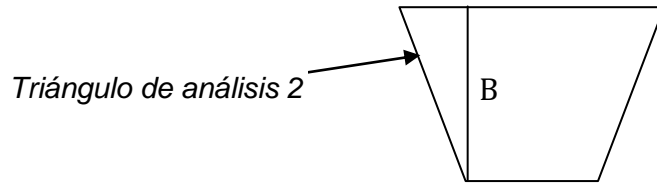
D_i: diametro intermedio

p_{bi}: perimetro base intermedia

P_s: Perímetro de trapecio superior

B: ancho de rollo de papel kraft

Para el perímetro superior del trapecio se calcula nuevamente con un triángulo de análisis que se muestra en la figura 4.13.



De donde:

Ps: Perímetro superior

B: ancho de papel tipo kraft

pbi: Perímetro de base inferior

Figura 4.13. Trapecio deseado en el corte

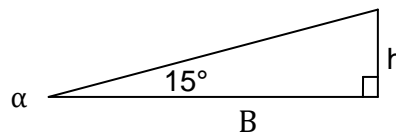


Figura 4.14. Triángulo de análisis 2

El ancho del rollo de papel es de 61 cm (figura 1.3) por lo que la altura h buscada se calcula de la siguiente manera:

$$h = B * 10 * \tan(15^\circ) [mm]$$

Sustituyendo valores:

$$h = (61) * (10) * \tan(15^\circ)$$

$$h = 610 * \tan(15^\circ) = 163.45 [mm]$$

Por lo que el perímetro superior es:

$$Ps = 2 * h + pbi [mm]$$

$$Ps = 719.1 [mm]$$

Al igual que el cálculo del área del trapecio se necesita el área de trabajo de los actuadores lineales.

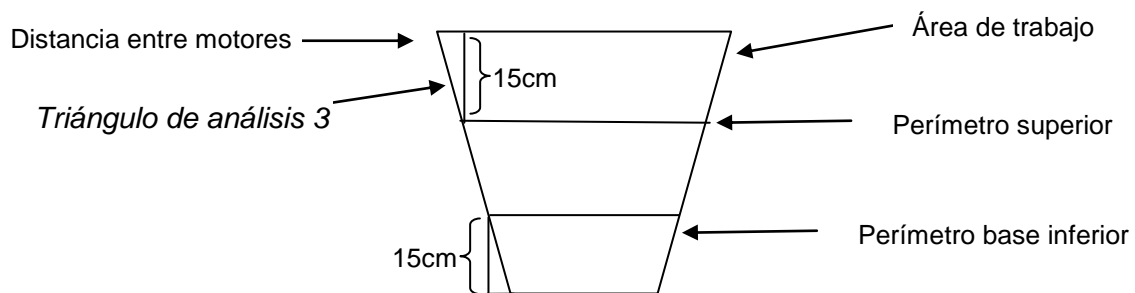


Figura 4.15. Área de trabajo de los actuadores lineales



El cálculo de la distancia entre los motores se determina igual que los perímetros antes calculados como se muestra en la figura 4.16 triángulo de análisis 3.

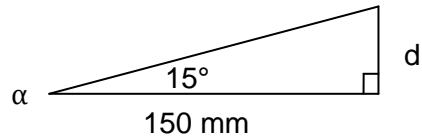


Figura 4.16. Triángulo de análisis 3

$$d = 150 * \tan(15^\circ) = 40.19[mm]$$

Sustituyendo valores:

$$D = 2d + Ps$$

$$D = 2 * (40.19) + (719.1) = 799.5[mm]$$

Por lo que la distancia entre los motores para el área de corte es de 0.80 metros por 0.90 metros.

- Cálculo de área de trabajo para la aplicación de pegamento en el papel kraft.

El área de trabajo necesaria para la aplicación de pegamento es la mitad del área de corte, esto es porque la dosificación de adhesivo se propone que sea en la misma orientación al corte y un actuador lineal idéntico al sistema anterior.

$$DTP = \frac{D}{2}$$

Sustituyendo valores:

$$DTP = \frac{0.8}{2}$$

$$\underline{DTP = 0.4 \text{ metros}}$$

De donde:

D: Distancia entre los motores para el área de corte

DTP: Distancia de trabajo de pegamento

El área de trabajo de aplicación de pegamento es 0.4 metros por 0.9 metros.



- Cálculo de área ocupada en el sistema plegador

En la figura 4.17 se muestra el doblado de papel en donde se utiliza únicamente rodillos encontrados y una charola a 45° que toma en primera instancia al papel hasta que toca con un tope lo cual produce que el papel busque otra salida, la cual la encuentra en la parte inferior donde se localizan dos rodillos en contacto.

Considerando que el diámetro de rodillo es de 3 pulgadas y el tamaño de papel perímetro superior PS = 720 [mm].

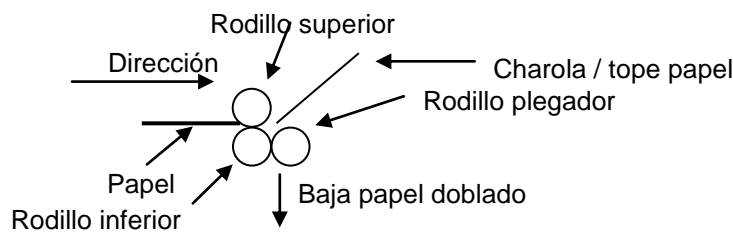


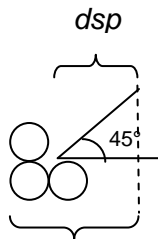
Figura 4.17. Elementos de sistema de formado de cono

$$p = \frac{D}{2} * \sin(45^\circ)$$

De donde:

p: distancia de plegador

D: distancia entre motores



$$dsp = p + \frac{5dr}{4}$$

De donde:

dr: diametro rodillo

dsp: distancia de sistema plegador

Se tiene:

$$\underline{dsp = 0.2828[m] + 0.0953[m] = 0.38[m]}$$



- Cálculo final de área de la estructura

El cálculo final de la estructura abarca los sistemas de transporte, corte, de aplicación de pegamento y plegador.

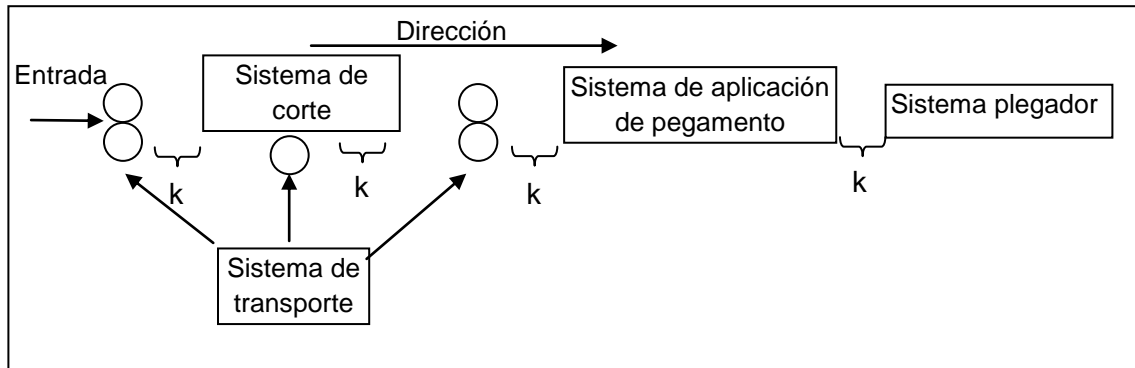


Figura 4.18. Esquema de sistemas

La distancia completa de la estructura es la sumatoria de las distancias que ocupan los sistemas como se muestra en el esquema de sistemas figura 4.18. Por lo que queda de la siguiente manera.

$$DFE = 2 * dr + 4 * k + D + DTP + dsp$$

$$DFE = 2(0.0762) + 4(0.02) + 0.8 + 0.4 + 0.38 [m]$$

$$\underline{DFE \cong 1.94 [m]}$$

De donde:

DFE: Distancia final de la estructura

dr: diametro rodillo

k: distancia de separación entre sistemas

D: distancia entre motores

DTP: distancia de trabajo de pegamento

dsp: distancia de sistema plegador

Cálculo del diámetro del eje recto del porta rollo

La masa del rollo de papel requerido para la maceta número 7° es de 18 kilogramos según la figura 1.3 de la página 7, por lo que este es el valor promedio al cual está diseñado el eje recto del porta rollo.



El diámetro mínimo del eje de porta rollo se determina por torsión como se muestra en la ecuación 4.1. El material del eje es un acero A36 el cual tiene un esfuerzo cortante permisible de 400 MPa, y las dimensiones del rollo de papel son: diámetro exterior de 8.5 pulgadas, diámetro de núcleo 3 pulgadas y una pulgada para su soporte.

$$\frac{J}{C} = \frac{\sqrt{M_z^2 + M_y^2 + \tau^2}}{\tau_{adm}} \rightarrow ec. 4.1$$

Donde:

J : Momento polar de inercia

C : Diámetro del eje

M_z : Momento en el plano z

M_y : Momento en el plano y

τ : esfuerzo cortante

τ_{adm} : esfuerzo cortante admisible

En la figura 4.19 se presenta la longitud del eje requerido para la máquina formadora de conos de papel tipo kraft.

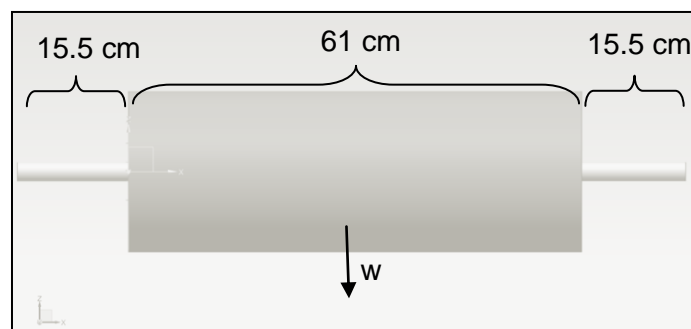


Figura 4.19. Dimensiones de eje de porta rollo

Las dimensiones que se presentan están en Sistema Internacional (centímetros) y los diámetros del rollo de papel en sistema inglés (pulgadas), por lo que se convertirá a sistema internacional.



En la figura 4.20 se muestra el diagrama de cuerpo libre del eje de porta rollo, en el cual se presenta las fuerzas, reacciones y momentos que se ejercen en el elemento mecánico. Se puede ver que en los apoyos se encuentran momentos en los apoyos para que el sistema de sumatoria de momentos sea cero.

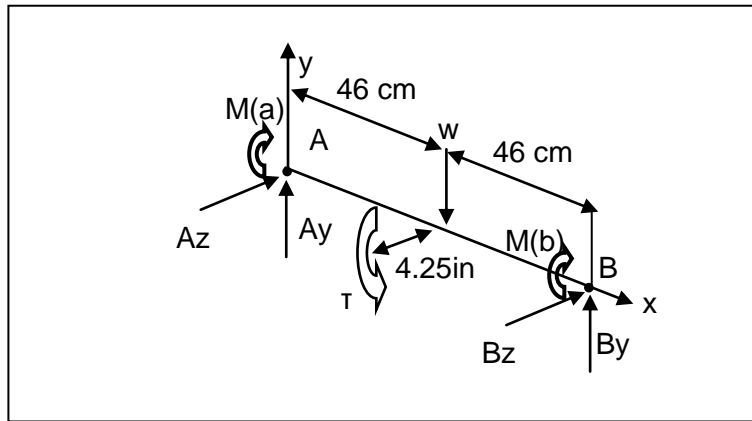


Figura 4.20. Diagrama de cuerpo libre del eje de porta rollo

El par de torsión “T” es considerado a partir del valor máximo de masa de arrastre (masa del rollo) por lo que tiene la misma dirección del desenrollo.

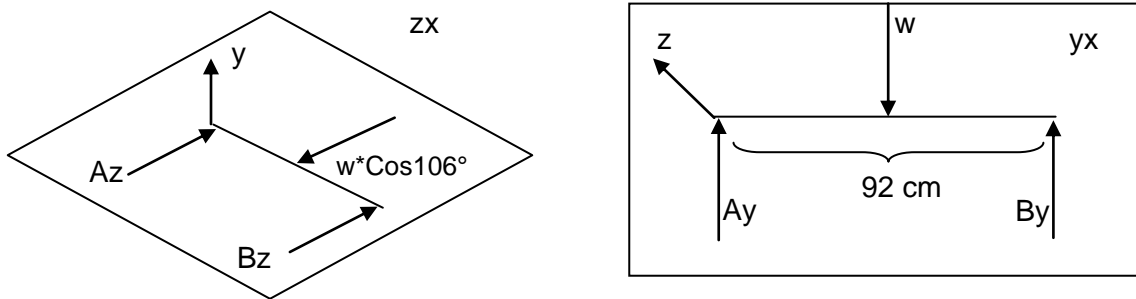


Figura 4.21. Planos zx y yx de las fuerzas en el eje porta rollo

Considerando:

$$Ma = 18 [kg]$$

$$g = 9.81 [m/s^2]$$



Utilizando el radio para el valor máximo del par de torsión.

$$\phi_{ext} = 8.5 [in] \rightarrow 21.6 [cm]$$

$$r_{ext} = \frac{\phi_{ext}}{2} \rightarrow 10.8cm$$

El peso del rollo es:

$$w = 18 [kg] * 9.81 \left[\frac{m}{s^2} \right] = 176.58 [N]$$

Y el par de torsión es:

$$\tau = w * r_{ext}$$

$$\tau = 176.58 * 10.8cm/100 = 19.06 [N.m]$$

Haciendo la sumatoria de fuerzas en el plano y:

$$\sum F(y) = 0$$

$$Ay + By - w = 0 \text{ ec. 1}$$

Haciendo la sumatoria de fuerzas en el plano z:

$$\sum F(z) = 0$$

$$Az + Bz - w * \cos(106^\circ) = 0 \text{ ec. 2}$$

Haciendo la sumatoria de momentos en el eje x:

$$\sum M(x) = 0$$

$$\tau - M(a) - M(b) = 0 \text{ ec. 3}$$

Al estar la carga centrada se distribuye las reacciones equitativamente y los momentos.

Por lo que en la ec.1 queda de la siguiente manera:

$$Az = Bz = w * \cos(106^\circ) / 2 = 24.33 [N]$$

Del mismo modo en la ec.2 queda de la siguiente manera:

$$Ay = By = \frac{w}{2} = 88.29 [N]$$



Y finalmente la ec.3 queda de la siguiente manera:

$$M(a) = M(b) = \frac{\tau}{2} \rightarrow 9.53 \text{ [N.m]}$$

Diagramas de momentos de los planos zx y yx.

Momento en el eje y, se utiliza los datos del plano zx en donde:

$$M(y) = -w * \text{Cos}(106^\circ) * 0.46 + Bz * 0.92 = 0$$

Y se representa en la figura 4.22.

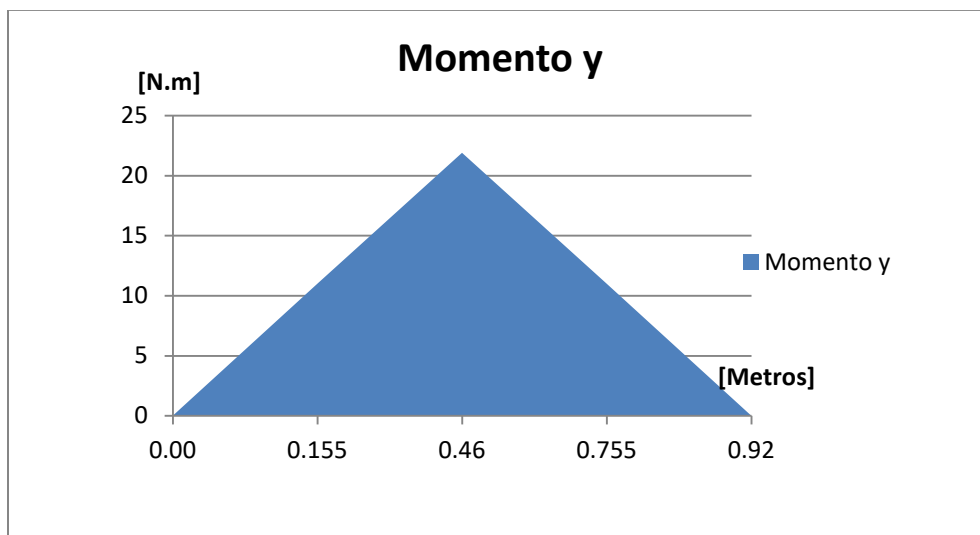


Figura 4.22. Representación del momento en el eje y.

Momento en el eje z, se utiliza los datos del plano yx en donde:

$$M(z) = -w * 0.46 + By * 0.92 = 0$$

Y se representa en la figura 4.23.

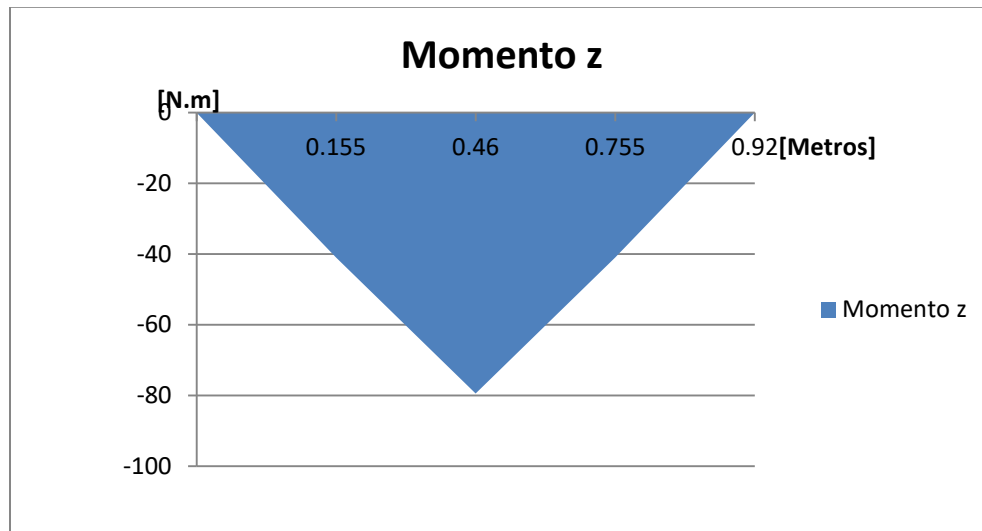


Figura 4.23. Representación del momento en el eje z.

Y finalmente el diagrama de par de torsión en el eje x, se muestra en la figura 4.24.

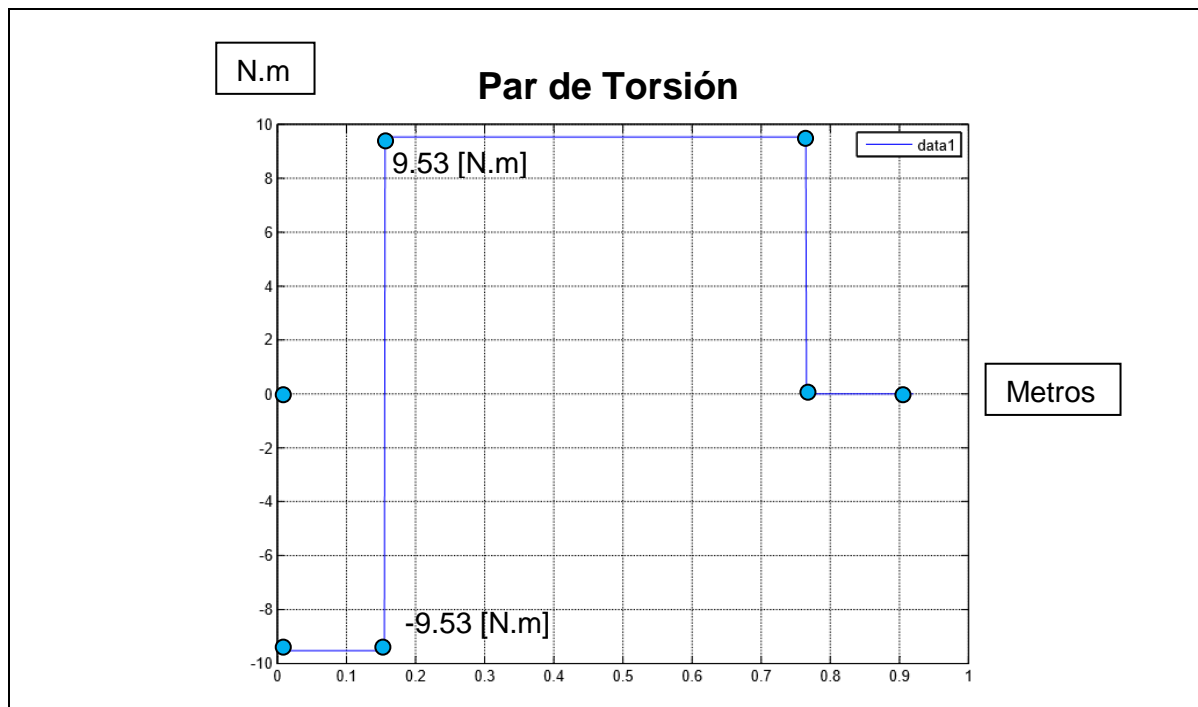


Figura 4.24. Representación del par de torsión en el eje x

Una vez obtenidos los valores máximos de par de torsión y momentos se sustituyen en la ecuación 3.1 teniendo:



$$\frac{J}{C} = \frac{\sqrt{M_z^2 + M_y^2 + \tau^2}}{\tau_{adm}}$$

De donde:

$$J = \frac{\pi}{2} * C^4;$$

C : diámetro de eje

τ_{adm} : esfuerzo cortante permisible

Realizando el despeje y sustituyendo los valores máximos, se tiene:

$$\frac{\pi C^3}{2} = \frac{\sqrt{M_z^2 + M_y^2 + \tau^2}}{\tau_{adm}}$$

$$\frac{\pi C^3}{2} = \frac{\sqrt{(-79.46)^2 + (21.9)^2 + (9.53)^2}}{400 \times 10^6}$$

$$C = \sqrt[3]{\left(\frac{2 \sqrt{(-79.46)^2 + (21.9)^2 + (9.53)^2}}{\pi \cdot 400 \times 10^6}\right)}$$

$$C = 5.09 \times 10^{-3} [m]$$

Por lo que el diámetro del eje para porta rollo necesario es de 5 mm del material acero A36.

Cálculo de potencia requerida en el motor de transporte

Para el cálculo de la potencia se considera una velocidad de 8 conos por minuto por lo que es una distancia de 1.9 metros de traslado por cono más el tiempo en que se interrumpe el proceso para corte y aplicación de pegamento, por lo que:

$$\text{Tiempo por cono} = \frac{60}{8} = 7.5 [s]$$

De estos 7.5 segundos se repartirá el tiempo en 3:



- Tiempo de traslado del papel (t_{sp}).
- Tiempo de corte (t_c).
- Tiempo de aplicación de pegamento (t_{ap}).

$$\text{Tiempo por cono} = t_{sp} + t_c + t_{ap} = 7.5 \text{ [s]}$$

Asignando valores a los tiempos para cada acción, quedan de la siguiente manera:

$$t_{sp} = 3.5 \text{ [s]}$$

$$t_c = 2 \text{ [s]}$$

$$t_{ap} = 2 \text{ [s]}$$

Por lo que la velocidad interrumpida promedio del motor es:

$$v_m = \frac{1.9}{3.5} \left[\frac{m}{s} \right] = 0.571 \left[\frac{m}{s} \right]$$

La fuerza máxima necesaria que desplazara el motor es:

$$F_{max} = 18 * 9.81 \left[Kg \cdot \frac{m}{s^2} \right] = 176.58 \text{ [N]}$$

Es así como la potencia máxima del motor es:


$$P_{max} = F_{max} * v_m \left[N \cdot \frac{m}{s} \right]$$

$$\underline{P_{max} = 176.58 * 0.571 = 100 \text{ [W]}}$$



4.4 Selección de materiales

En esta sección se presenta la selección de los materiales parte primordial de la propuesta de diseño de la máquina formadora de conos de papel tipo kraft, en donde se tiene como objetivo un alto rendimiento en los componentes y materiales en los diferentes sistemas, tomando en cuenta propiedades mecánicas, costo, características físicas y de producción según corresponda para cada elemento seleccionado.

Elemento	Posibles materiales	Material seleccionado
Perfil para estructura	<ul style="list-style-type: none">• Perfil Bosch Series-40 T Slotted3• Perfil Minitec 45 X 45 F 20.1033/0• Perfil en ángulo Acero A36	 <p>Perfil Minitec 45 X 45 F 20.1033/0</p>
Placa estructural	<ul style="list-style-type: none">• Lámina placa de aluminio• Lámina placa de acero 304• Lámina placa de acero 316• Lámina placa de acero 201	 <p>Lámina en placa de acero 304</p>
Material de rodillos	<ul style="list-style-type: none">• Barra de acero 1018• Barra de acero A36• Tubo de acero 1518	 <p>Barra de acero 1018</p>
Rodamientos	<ul style="list-style-type: none">• Rodamiento rígido de bolas• Rodamiento de rodillos cilíndricos	 <p>Rodamiento rígido de bolas</p>



Material de bases de porta rodamientos	<ul style="list-style-type: none">• Placas de aluminio• Placa de acero 1018• Lámina-Hoja de aluminio (ajustable)	 <p>Lámina-Hoja de aluminio</p>
Charola de tope papel	<ul style="list-style-type: none">• Placa de nylon• Placa de aluminio	 <p>Placa de nylon</p>
Motor de transporte	<ul style="list-style-type: none">• Motor AC ¼ hp• Motor DC ¼ hp• Servomotor	 <p>Motor DC ¼ hp</p>
Motores de corte y aplicación de pegamento	<ul style="list-style-type: none">• Motor AC• Motor DC• Servomotor	 <p>Motor DC</p>

Figura 4.25 Materiales seleccionados

Perfil seleccionado en la estructura

Para el perfil de la estructura se requieren las siguientes características:

- Estabilidad.
- Resistencia mecánica.
- Baja densidad.
- Portabilidad.



El perfil de aluminio es altamente resistente, ligero y práctico. Al mismo tiempo brinda gran estabilidad a la estructura y con sus elementos de unión (ángulos, conectores, placas de fijación etc.) lo convierte en una opción idónea para el ensamble fácil y rápido.

Dentro de las opciones se encuentran los perfiles de Bosch y Minitec de los cuales la selección es a favor del *perfil Minitec 45 x 45 F* debido a que su costo es menor al perfil Bosch. Está disponible en longitudes de 6 metros de una pieza hasta seis por pedido.

Placa seleccionada en la estructura

Para la placa se requieren las siguientes características:

- Soportar el papel durante las funciones de corte y aplicación de pegamento.
- Dureza del material.
- Espesor mínimo deseado.

La placa al estar inmersa en la función de corte como base, es importante la dureza del material, ya que el cortador “cúter” puede ocasionar rayados no deseados. Cumpliendo con lo anterior, no se requiere de un espesor y se debe a que no carga nada más que papel.

La placa seleccionada es la *lámina en placa de acero 304*, debido a su alto rango de dureza que ofrece a comparación de la baja dureza del aluminio. Para el proyecto es requerida una placa de espesor mínimo y dimensiones de 1 metro por un 1 metro.

Material de rodillos

Para los rodillos se requiere:

- Acero de bajo carbono.
- Fácil maquinado.

El ajuste de los diámetros de los rodillos requiere de tiempo de maquinado por lo que es importante que el material permita que este proceso sea rápido y reducir horas de trabajo.

Se selecciona un *acero 1018*.



Rodamientos

Para los rodamientos se requiere:

- Soporte cargas axiales.

Los rodamientos tienen la función de soportar a los rodillos y mantener el ajuste durante el proceso de traslado del papel y los rodillos a su vez no tienen carga extra a su peso.

Los *rodamientos* seleccionados son *rígidos de bolas* ya que cumplen perfectamente con la carga axial.

Material de bases de porta rodamientos

Para el material de las bases de porta rodamientos se requieren las siguientes características:

- Rigidez mínima igual al material de la estructura.
- Fácil de maquinar

El material de las bases (porta rodamientos) debe cumplir con al menos la misma dureza del material de la estructura para su ensamble y de fácil maquinado.

El material seleccionado para las bases es la *lámina-hoja aluminio* y a esto se le suma que se encuentra en disponibilidad las dimensiones que sean requeridas y no se desperdicia material ni recursos.

Charola de tope papel

En la charola de tope papel se requieren las siguientes características:

- Resisten a la corrosión.
- Bajo en densidad.

Es necesario que sea resistente a la corrosión ya que la máquina puede estar sujeta a diferentes tipos de ambientes, al mismo tiempo se requiere que sea de baja densidad debido



a que el ajuste y ensamble es en cantiléver y a que no estará sometido a cargas más que servir de guiar el papel.

El material seleccionado para la charola de tope papel es *placa de nylon* debido a su bajo costo y fácil manufactura así como su portabilidad.

Motor de transporte

Motor principal para el accionamiento de transporte en toda la máquina, se requiere de motor capaz de trabajar con encendido y apagado continuo debido a que el proceso es interrumpido, también se necesita de al menos una potencia de 100 watts que se cálculo previamente.

El motor seleccionado para esta función es *motor dc ¼ de hp* el cual sobrepasa la potencia máxima para el funcionamiento de la máquina elaboradora de conos de papel, también este tipo de motor ofrece la oportunidad de ser automatizado.

Motores de corte y aplicación de pegamento

Motores cuya función es un desplazamiento lineal de cortador o de roll on, por lo que demandan baja corriente y su alimentación es suficiente con 12 o 24 volts dependiendo del motor.

Motor seleccionado para estas aplicaciones es *motor dc*.



4.5 Fabricación y ensamble de un primer prototipo

En este apartado se muestra la construcción de un prototipo de prueba, el cual tiene como objetivo comprobar el funcionamiento del sistema de formado de conos de la propuesta de diseño.

MODELO 3D DEL SISTEMA FORMADOR DE CONOS (PLEGADOR)

Se inició con el desarrollo de CAD a escala del plegador de papel, a continuación se muestra el ensamble del prototipo en la figura 4.26 y sus componentes.

No. de parte	Nombre del componente	Cantidad
1	Pared	2
2	Porta papel	1
3	Bandeja	1
4	Contenedor de papel	1
5	Rodillo abastecedor	1
6	Rodillo plegador	2
7	Tuercas	16
8	Espárrago	4
9	Bujes	6

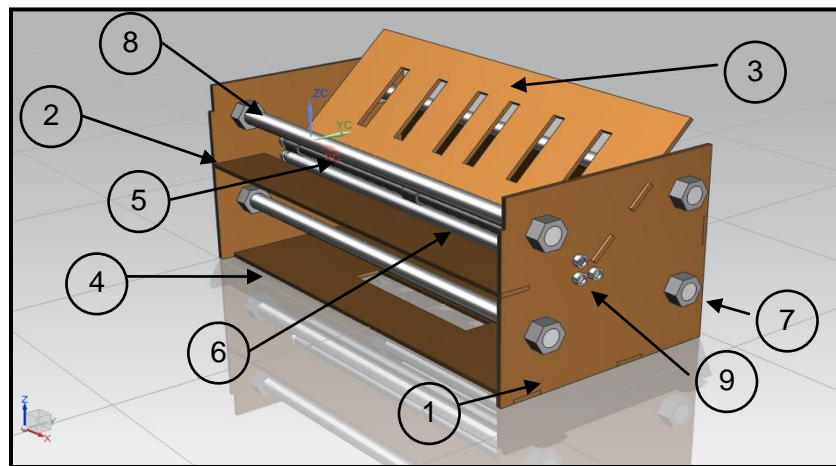


Figura 4.26 Ensamble de prototipo de sistema plegador

Posteriormente se continuó con el desarrollo de las piezas principales como los rodillos. En la figura 4.27 se muestra la manufactura de los rodillos.

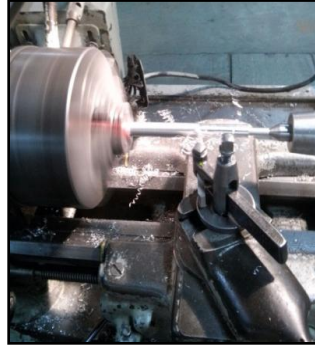


Figura 4.27. Manufactura de rodillos

Después se realizó el corte láser de las paredes de soporte del sistema plegador, los cuales se muestran en la figura 4.28 y los componentes que la conforman y un tope del papel (10).

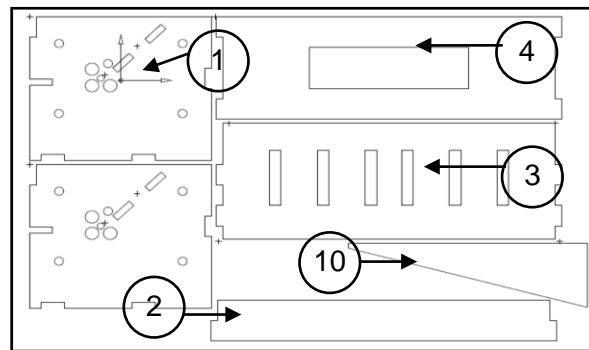
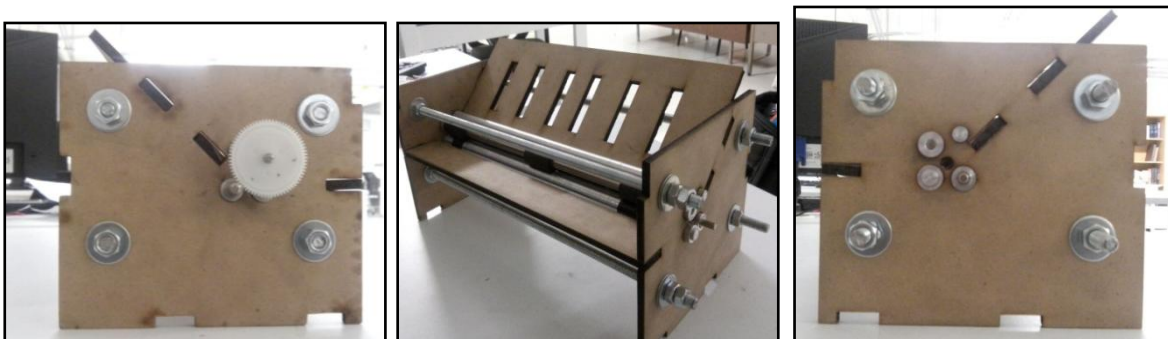


Figura 4.28. Estructura del sistema plegador

Finalmente se realizó el ensamble del sistema plegador ajustando a la medida deseada. Se muestra en la figura 4.29 el prototipo finalizado.



Figuras 4.29a, 4.29b y 4.29c. Vistas de ensamble del sistema plegador



CAPÍTULO 5

5.1 RESULTADOS DE LAS PRUEBAS Y DISCUSIÓN

En esta sección se analizan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas al prototipo del sistema formador de conos, con el propósito de:

- Demostrar si el sistema propuesto es capaz de doblar correctamente el papel a las dimensiones necesarias.
- Determinar si la calidad de pegado del cono del papel es la adecuada para su funcionamiento de protección y traslado de las macetas de nochebuena.

Prueba 1

En la primera prueba se detectó que al entrar el papel, los rodillos inferior y plegador dejan de rotar y el papel choca con la bandeja (3) como se muestra en la figura 5.1, con lo que no se logra el desplazamiento conecto del papel tipo kraft.

Además, los rodillos no están realizando correctamente el desplazamiento de traslación del papel.

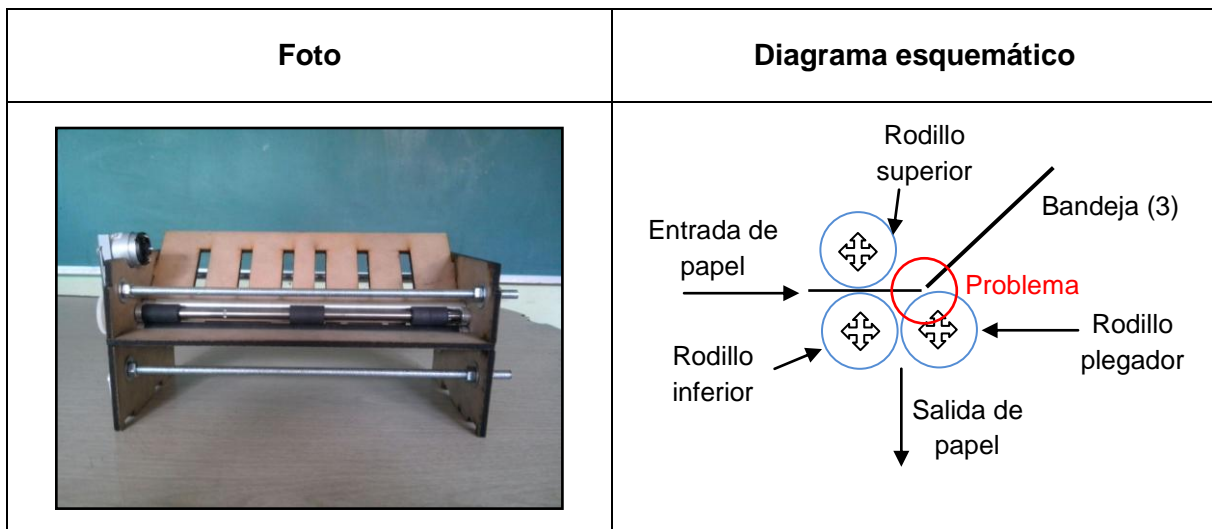


Figura 5.1. Prueba 1



Recomendaciones:

1. Desplazar un milímetro de altura a la bandeja (3), para que suba el papel y cumpla su funcionamiento.
2. Disminuir el diámetro de los rodillos y cambiar el material con un coeficiente de fricción mayor.

Prueba 2

Considerando las recomendaciones anteriores, se realizó la segunda prueba en donde se observó que el papel al entrar al sistema sube por la bandeja (3) y al chocar con el tope, se deforma como se muestra en la figura 5.2 y el rodillo auxiliar (10) no es suficiente para mantener el papel en la forma correcta.

Del mismo modo se nota que aumentó la demanda de potencia requerida para el motor ya que existe una presión mayor durante el paso del papel.

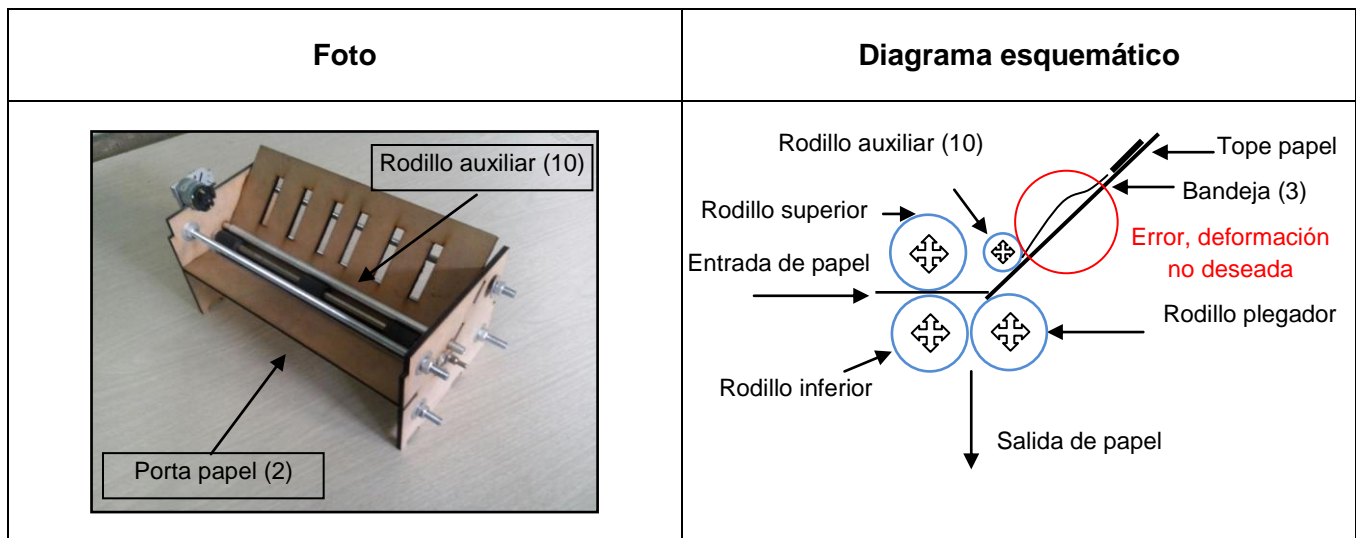


Figura 5.2. Prueba 2.

En la figura 5.2 se muestra en el diagrama esquemático la deformación no deseada, lo cual provoca un atascamiento de papel en el sistema y aumento de la demanda de potencia del motor, por lo que se tienen las siguientes recomendaciones:



1. En el porta papel (2) se recomienda colocar un par de guías para el desplazamiento correcto del papel.
2. Para la deformación no deseada, se considera que la bandeja contenga mayor número de elementos los cuales aporten una única dirección en el desplazamiento del papel y un par de placas laterales (11) que se opongan a la deformación.
3. Finalmente se sugiere un reajuste en la posición de las gomas con respecto a su eje con el objetivo de tener mayor área de contacto con el papel.

Prueba 3

Se le agregó al prototipo guías lineales (12) del mismo material, las cuales permiten solo una dirección en la entrada del papel y además unas pequeñas placas laterales (11) con dos centímetros que se oponen a la deformación no deseada en la primer sección del trapecio que sube por la bandeja (3) como se muestra en la figura 5.3.

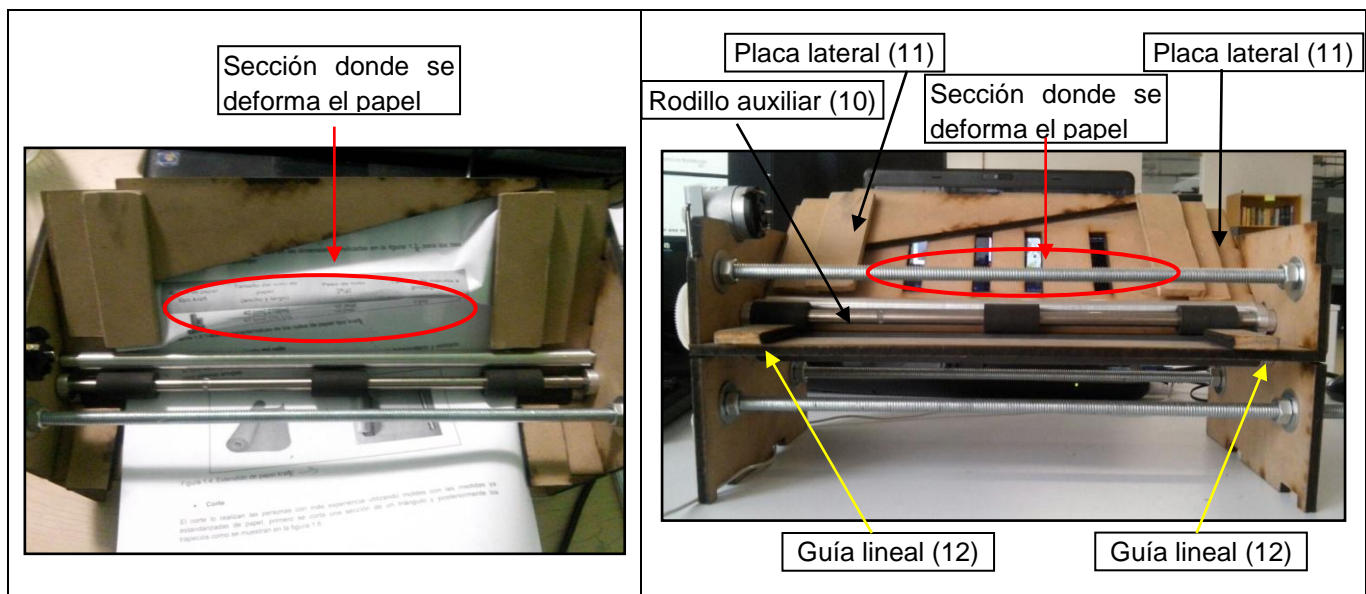


Figura 5.3. Prueba 3.

En esta prueba se corrigió la entrada del papel y la sujeción, aunque las placas laterales y el rodillo auxiliar (10) no son suficientes para la corrección total de la deformación del papel.

Se tienen las siguientes propuestas para evitar el problema de la deformación no deseada del papel:



1. Sustituir las placas laterales de la bandeja por placas transversales.
2. Disminuir la distancia de la bandeja con respecto a dichas placas transversales como se muestra en la figura 5.4.

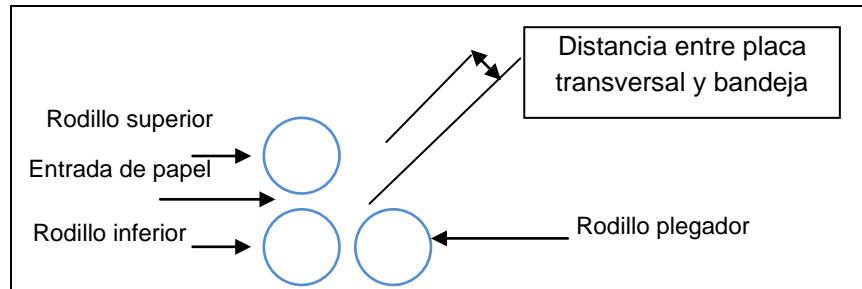


Figura 5.4. Distancia entre placa transversal y bandeja.

Prueba 4

Se realizó el cambio de las placas laterales (11) de la bandeja (3) por placas transversales (13) y se disminuyó la distancia entre dichas placas y la bandeja (3).

Para esta prueba, la entrada de papel es correcta y sube por la bandeja sin ningún problema, choca con el tope y las placas transversales le impiden la deformación con lo que la única salida del papel es por en medio de los rodillos inferior y plegador, pero después se presenta un atascamiento ya que no se toma uniformemente al papel, es decir, en un primer instante toma a una sección del trapecio y posteriormente toda la hoja y se pierde movimiento en el sistema.

Además, el papel tiene el doble de espesor ya que ahora viene con su doblez por lo que el sistema se trava y demanda mayor par de torsión.

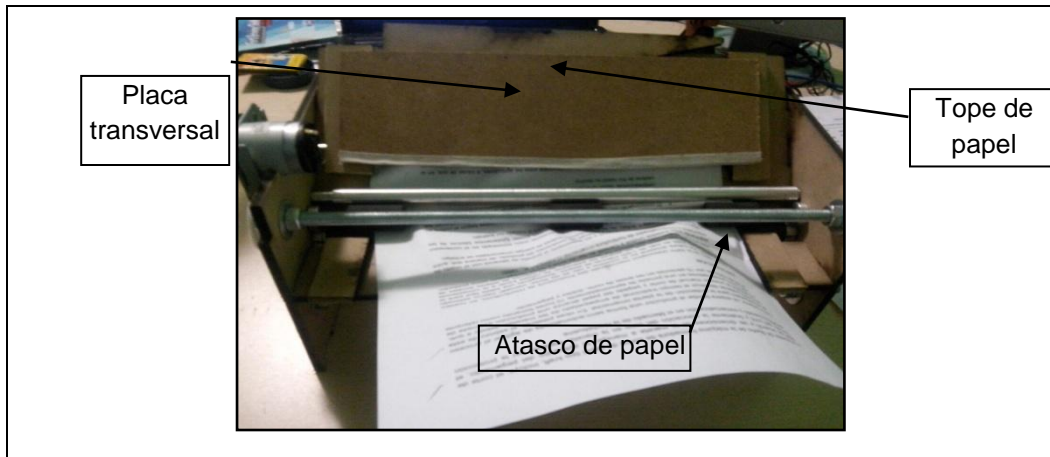


Figura 5.5. Prueba 4.

Recomendaciones:

1. Reducir el diámetro del rodillo plegador para corregir cualquier pequeña inclinación y revestirlo para aumentar el coeficiente de fricción.

Prueba 5

Se realizó la prueba con un rodillo de menor masa con gomas supliendo al rodillo plegador y se consiguió un mejor desplazamiento.

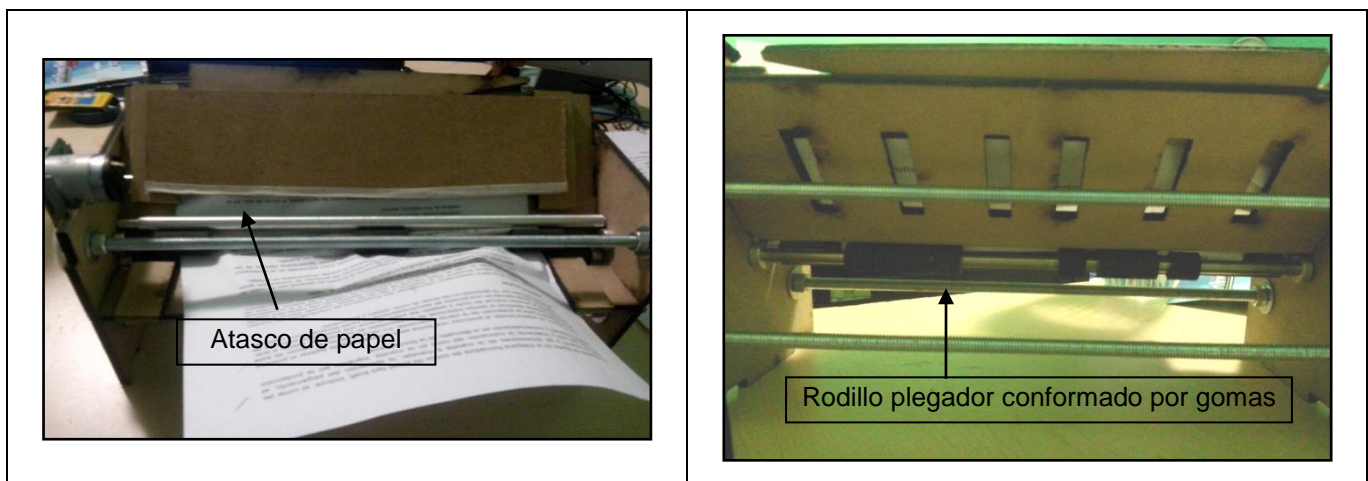


Figura 5.6. Prueba 5.

El papel se sigue trabando a la entrada de los rodillos inferior y plegador, se muestra en la siguiente figura 5.6 el atasco que realiza el prototipo.



El atascamiento del papel sigue sucediendo en el contacto entre los rodillos inferior y plegador, aunque se haya sustituido el rodillo plegador por otro, papel se trava. Por lo que se tienen las siguientes recomendaciones:

1. Los rodillos deben contar con un acabado rectificado.
2. Reajustar la distancia entre los rodillos inferior y plegador de forma tal que sujete con firmeza al papel y lo doble.
3. Ajustar los tornillos transversales.
4. Incrementar la potencia al motor.



5.2 CONCLUSIONES Y COMENTARIOS

Las pruebas realizadas con el prototipo demostraron que el sistema plegador propuesto en este trabajo tiene la capacidad de doblar de forma eficiente en las dimensiones indicadas para formar el cono de papel.

Pero existen oportunidades para mejorar el diseño propuesto de tal forma que en un futuro el prototipo obtenga mayor eficiencia a la versión presentada.

El modelo alcanza una productividad calculada de ocho conos por minuto, para aumentarla se propone que el proceso sea continuo separando el corte del sistema de formación de conos.

A continuación se mencionan las ventajas de la propuesta de diseño:

- La propuesta de la máquina elaboradora de conos de papel tipo kraft está dirigida a la elaboración de empaques para macetas de nochebuena con la ventaja de que puede realizar conos de diferentes dimensiones.
- También la máquina propuesta puede trabajar con diferentes tipos de papel.
- La propuesta de diseño no requiere de un sistema de succión como las máquinas comerciales lo que hace que requiera de menor mantenimiento y de menor costo.

Durante el desarrollo de este proyecto se demostraron los diferentes procesos que se llevan a cabo en el diseño de máquinas para la industria, desde identificar una necesidad, desarrollarla, hasta encontrar un mercado.

El proceso de diseño es fundamental para la elaboración de máquinas, ya que en cada paso existe una retroalimentación que indica una mejor opción.

En lo personal el proyecto tiene mucho campo de trabajo y proyección a futuro, puesto que mejorando y realizando más pruebas de funcionamiento en condiciones reales con floriculturistas, el modelo tendría la oportunidad de ingresar al mercado de floricultores de nochebuena.



BIBLIOGRAFÍA

1. CABRERA R., I. (1999). Propiedades, uso y manejo de sustratos de cultivo para producción de plantas en maceta. *Revista Chapingo Serie Horticultura* , Vol. 5 No.1.
2. Floricultores y Servicios Ornamentales el Organal, S.C. de R.S. (2009). *La infraestructura y sistemas requeridos para el desarrollo de clústeres de horticultura ornamental orientados a la exportación de productos de valor agregado a los Estados Unidos y Canadá*. México: FIRCO.
3. Hebei Jinguang Packing Machine Co., L. (2016). Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de Paper Cone Making Machine: <http://jgcartonmachine.com/13-paper-cone-making-machine/226713>
4. J. Cabrera, F. Morán, R. Torres, A. Pellón, L. Granada. (Diciembre de 2006). Recuperado el Agosto de 2016, de Biblioteca del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias: http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/2912/PRODUCCN_OCHBUENA.pdf?sequence=1
5. Lifeng Machinery 2016. (s.f.). Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de Lifeng Machinery máquina para fabricar manga del vaso cónico de papel para helados: <http://sinceremachinery.es/1-3-cone-sleeve-making-machine.html>
6. Raymond E Bodendoerfer, D. B. (27 de Noviembre de 1962). Recuperado el 30 de Agosto de 2016, de Patents Cone cup making machine US 3065676 A: <https://www.google.com/patents/US3065676>
7. SAGARPA. (10 de septiembre de 2014). Recuperado el 12 de agosto de 2016, de <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/infografias/Paginas/nochebuena.aspx>
8. SAGARPA. (29 de noviembre de 2015). SAGARPA. Recuperado el 11 de agosto de 2016, de <http://www.sagarpa.gob.mx/saladeprensa/2012/Paginas/2015B823.aspx>
9. Shanghai Dayuan Industrial Co., L. (2016). Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de DYK6-B Standard model Ice-Cream Cone Sleeve: <http://www.dayuanshanghai.com/dyk6b.html>



10. Sincere Machinery Co., L. (2016). Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de sinceremachine: <http://sinceremachine.en.hisupplier.com/product-312811-automatic-water-cone-cup-forming-machine.html>
11. Wenzhou Changs Machinery Co., L. (2016). *JXG-A máquina formadora de conos de helado*. Recuperado el 29 de Agosto de 2016, de <http://www.printingmachinecn.es/6-1-ice-cream-cone-forming-machine.html>
12. Alemexa. (05 de Enero de 2017). *Laminados de aluminio en Hispanoamérica*. Recuperado el 05 de Enero de 2017, de <http://www.almexa.com.mx/productos-de-aluminio/lamina-de-aluminio/>



Anexos



DICCIONARIO

Horticultura: Cultivo de plantas de huerta con regadío.

Ornamental: Decorativa.

Hortelano: Persona que tiene por oficio cultivar y cuidar una huerta.

Labranza (labrar): Trazar surcos más o menos profundos en la tierra con una herramienta de mano o con un arado.

Suculento: Jugoso(a), permite almacenamiento de agua en cantidades mayores que otras plantas.

Lanceolada: Forma de punta de lanza de la hoja de una planta.

Pandurada: Forma de una hoja de una planta.

Hoja Lobulada: Hoja que está dividida en lóbulos.

Estípite: Tronco de la planta, se le llama así cuando no da ramas laterales.

Bráctea: Estructura laminar situada en la base de la inflorescencia; normalmente menores y más sencillas que las normales.

Escarlata: Color rojo muy intenso, entre el carmesí y el grana.

Caducifolio: Caduco/Pierde sus hojas cada año.

Matorral xerófilo: Tipo de clima (semidesértico) en el cual pueden crecer las plantas Nochebuena.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Centro de Ingeniería Avanzada



N° de Entrevista:

Fecha:

Nombre del entrevistado:

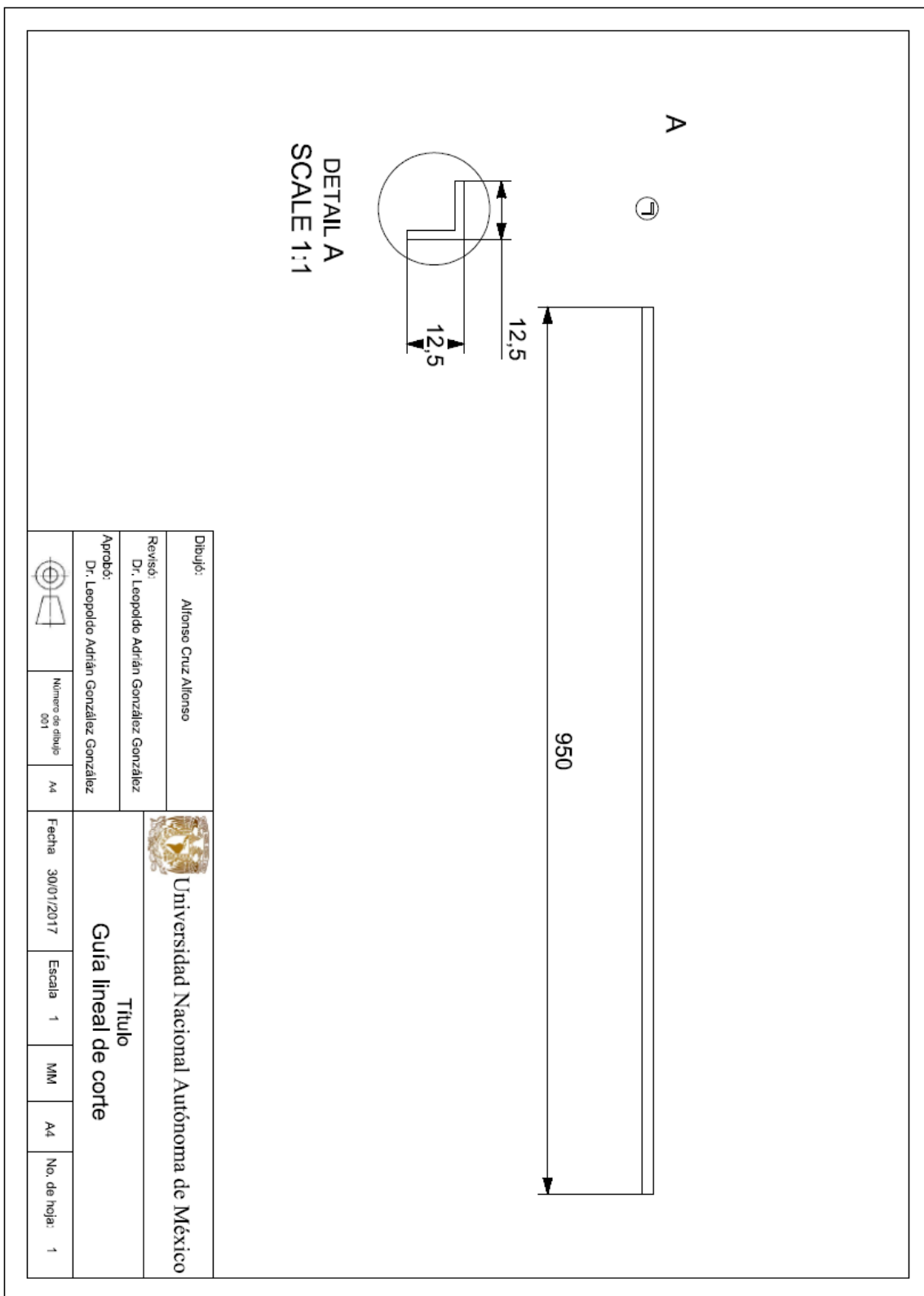
Edad:



1. ¿Cuántas plantas de Nochebuenas produce por temporada?
2. ¿De qué tamaño es la maceta más vendida o qué genera?
3. ¿Cuántos trabajadores tiene?
4. ¿Tiene como clientes personas foráneas? Si la respuesta es afirmativa ¿Qué cuidados se les da a la planta? Y ¿Qué tan lejos se pueden llegar a transportar?
5. ¿De qué material están hechos los conos para proteger la planta?
6. ¿El proceso de creación de conos es manual?
7. ¿Cuántas personas intervienen en este proceso?
8. ¿El proceso es en equipo, o todos realizan todas las actividades (cortar, pegar, etc.)?
9. ¿Cuántas personas se dedican a cortar, hacer el doblado, aplicar el pegamento?
10. ¿Con qué objeto corta el papel (cuchillo, guillotina, tijeras, regla)?
11. ¿Qué pegamento o forma de unir utilizan (engrudo, pegamento blanco, grapas)?
12. ¿Cuántos conos en promedio pueden realizar en un día?
13. ¿Qué costo promedio del cono?
14. ¿Costo promedio si adquiere el cono por fuera?
15. ¿Ha llegado a no darse abasto y adquirir conos ya hechos?
16. ¿Desearía contar con una máquina que le genere 360 conos en una hora?

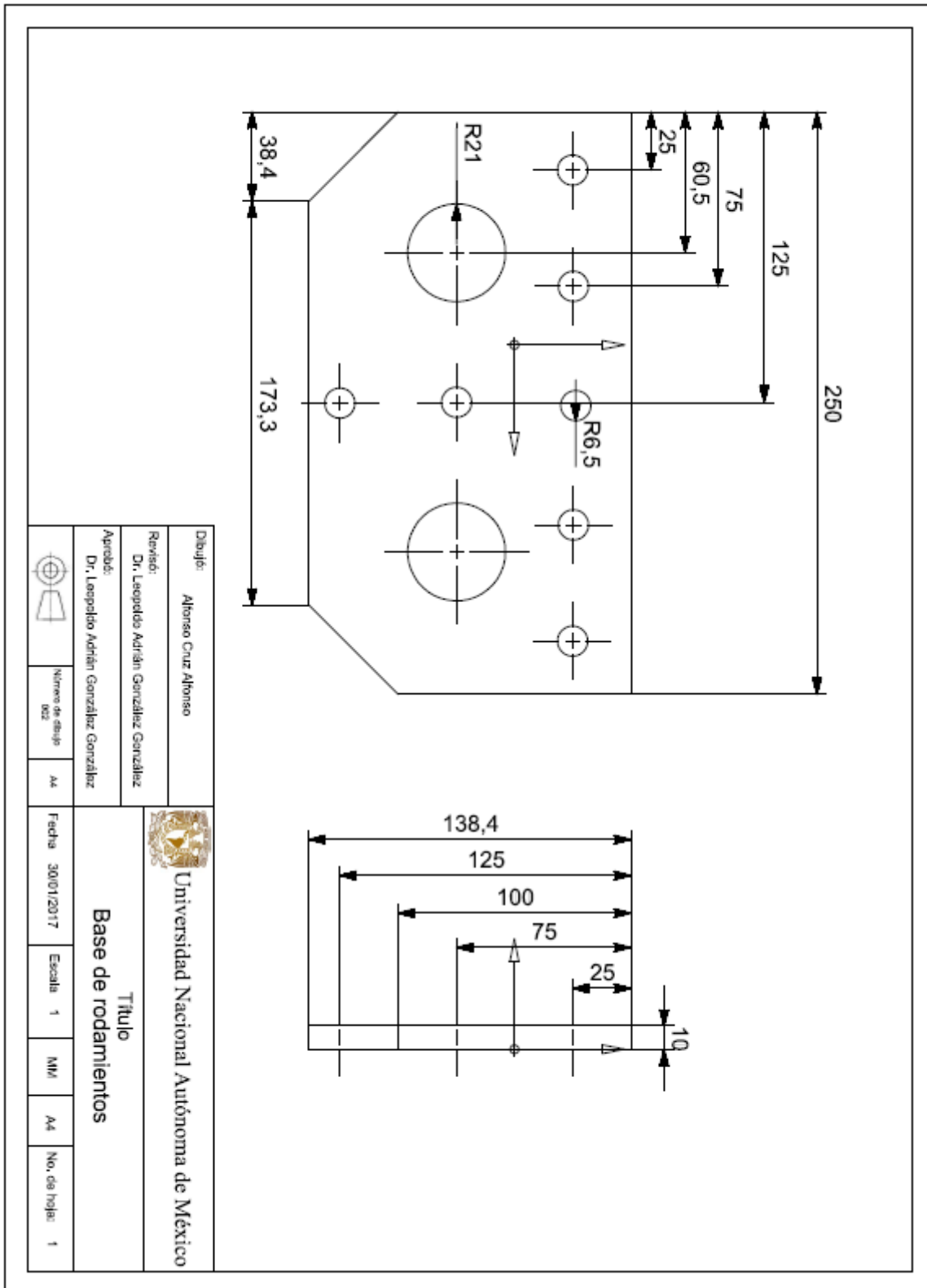
Notas:

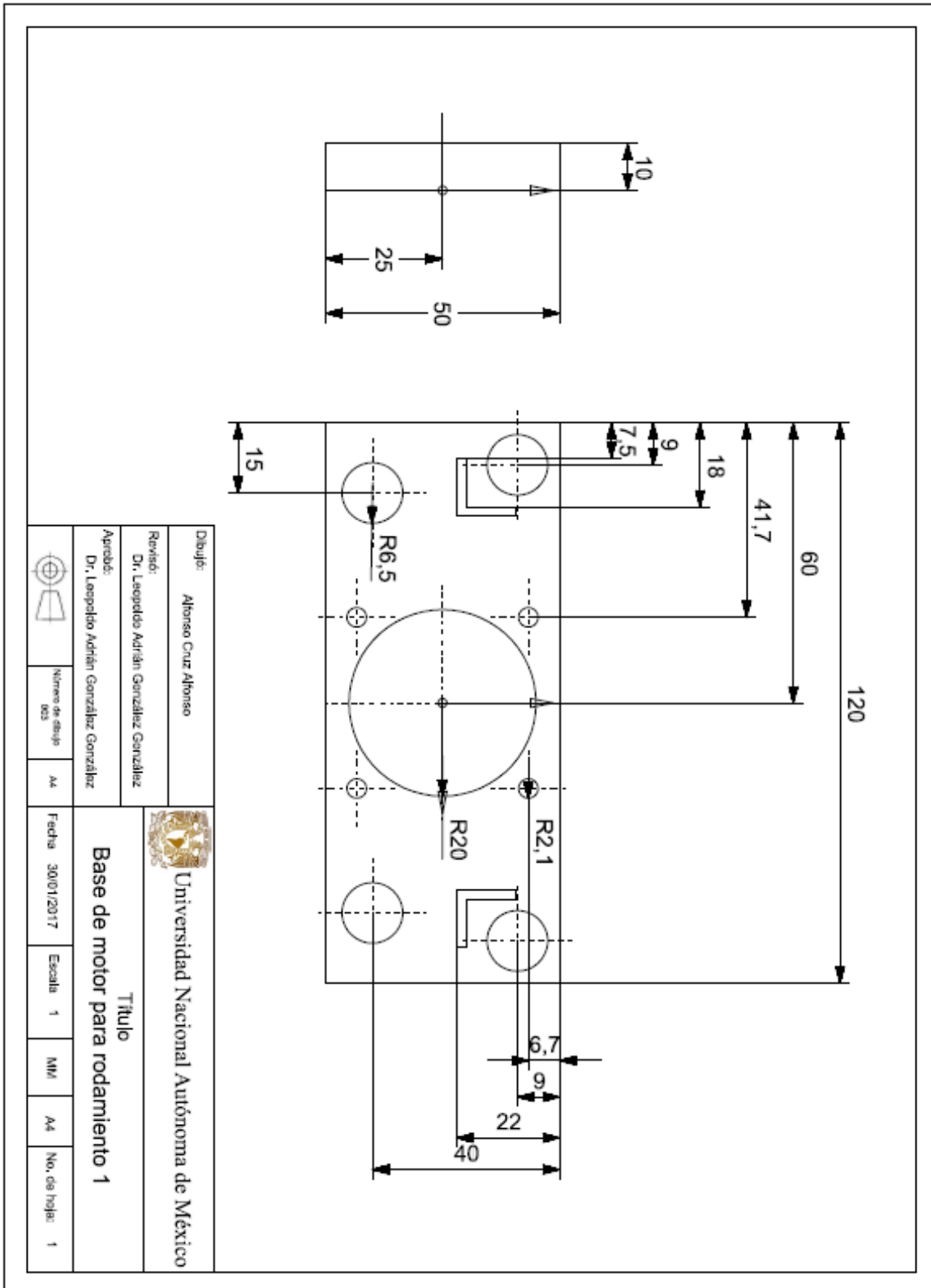


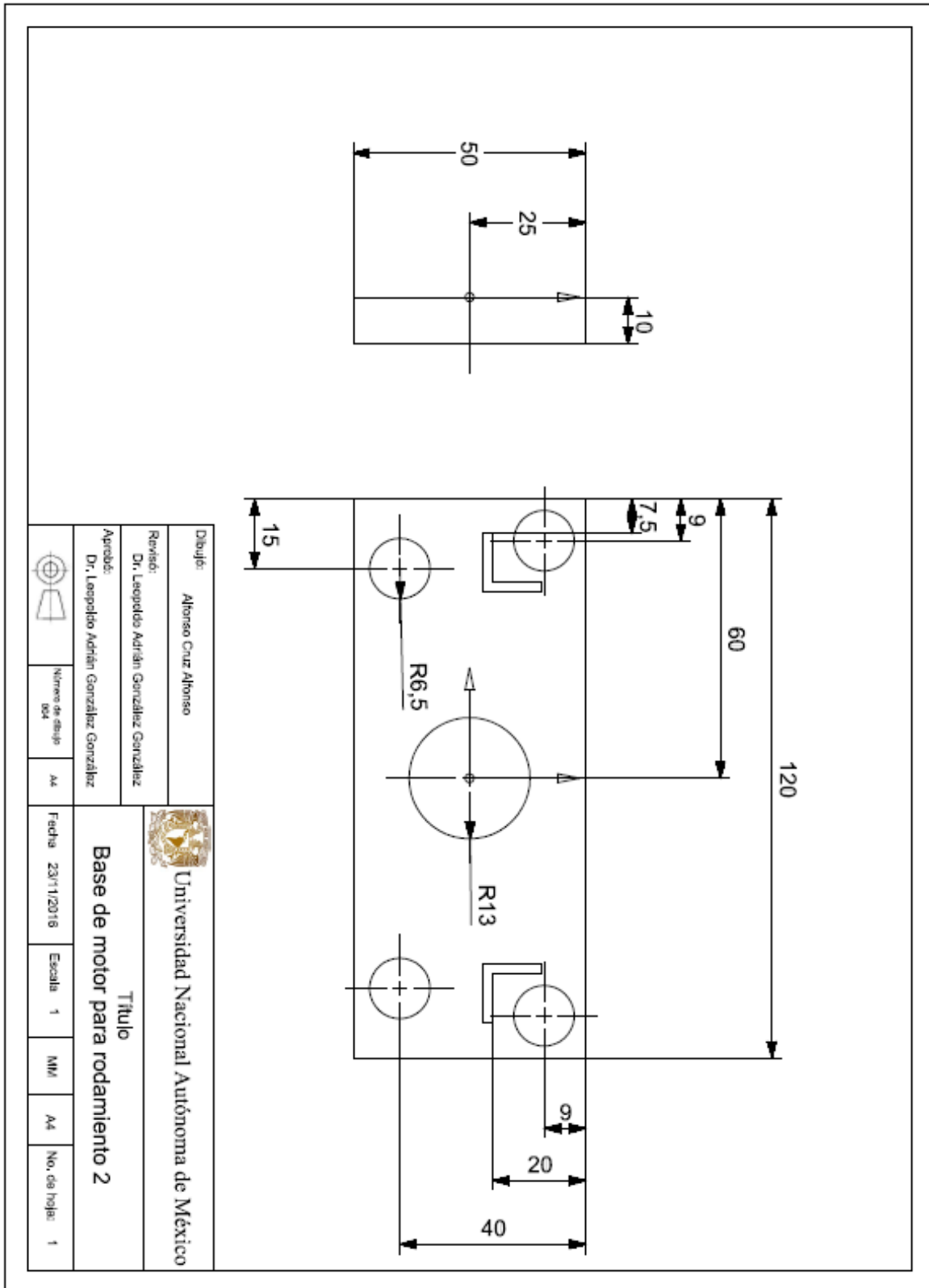
PLANOS

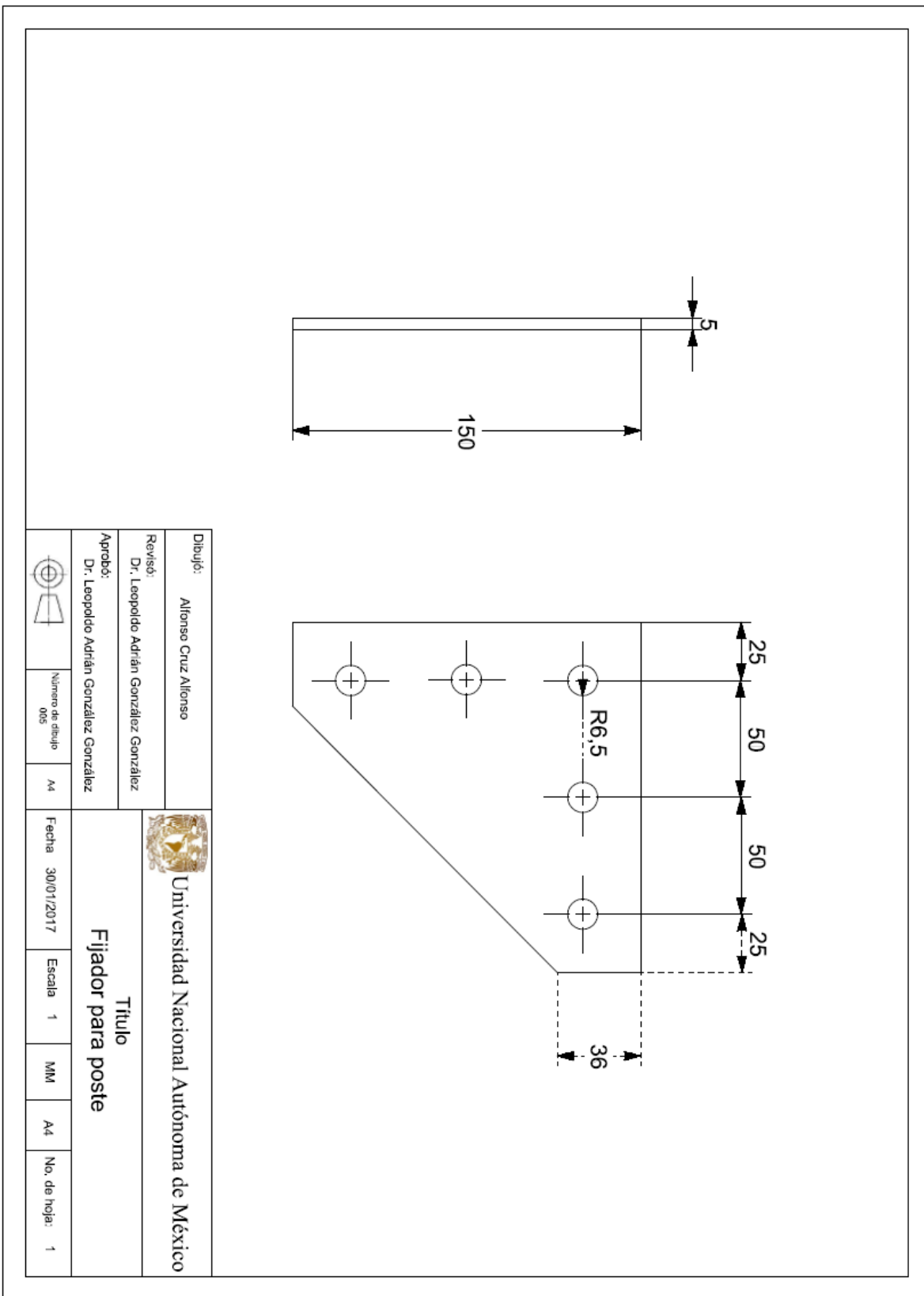


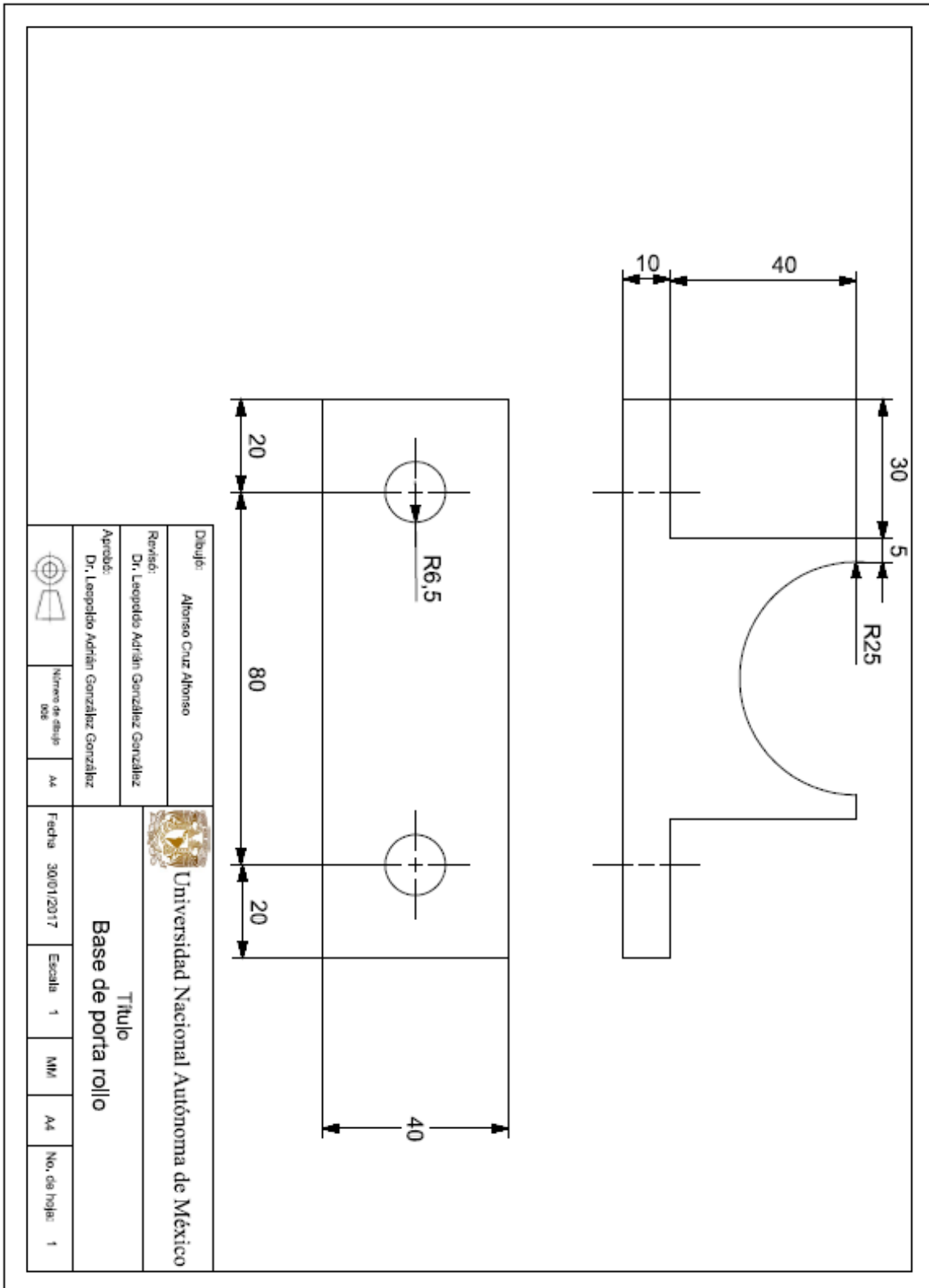
Dibujó: Alfonso Cruz Alfonso		 Universidad Nacional Autónoma de México					
Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González							
Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González		Título Guía lineal de corte					
							
Número de dibujo 001	A4			Fecha 30/01/2017	Escala 1	MM A4	No. de hoja: 1

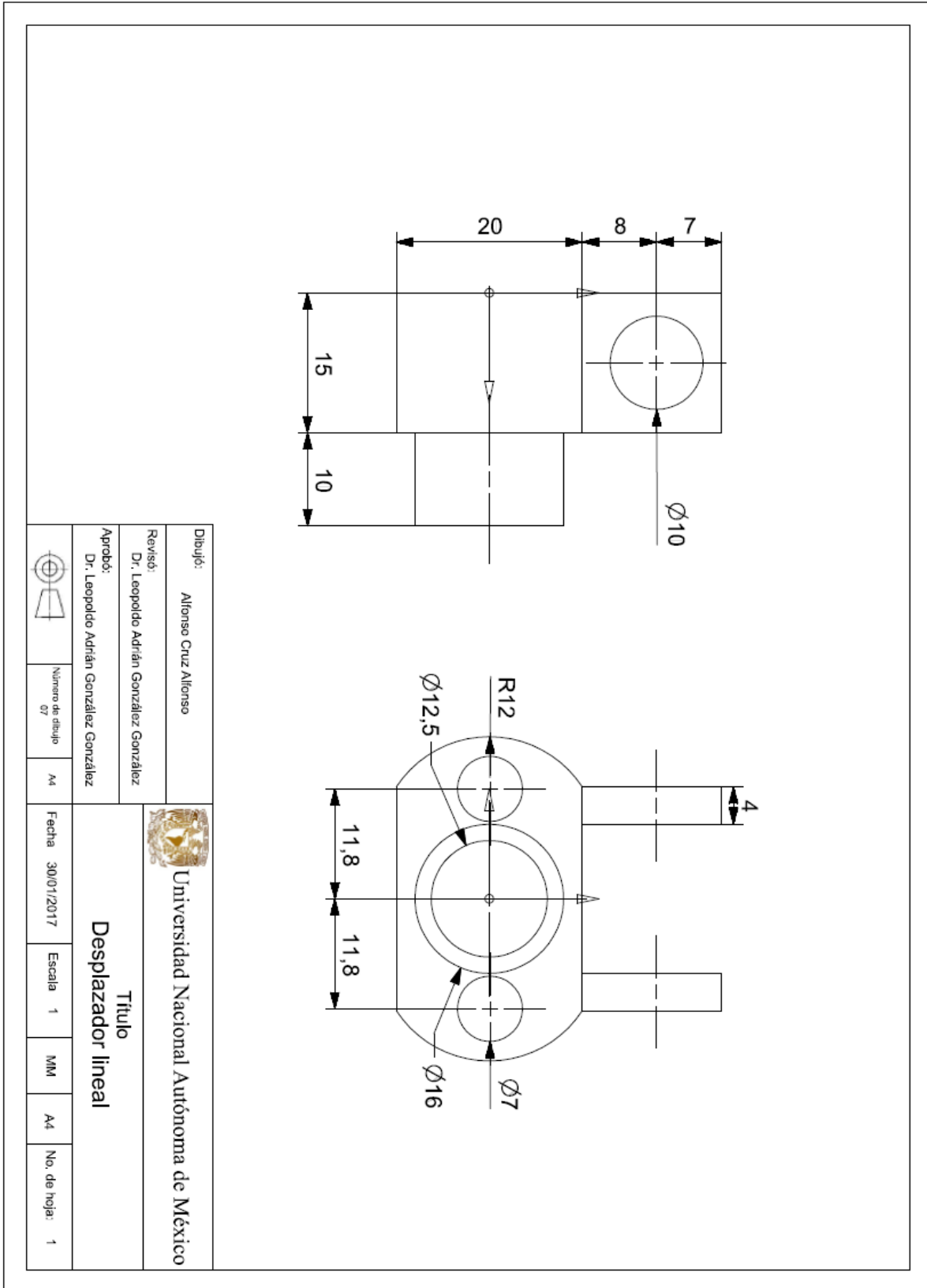


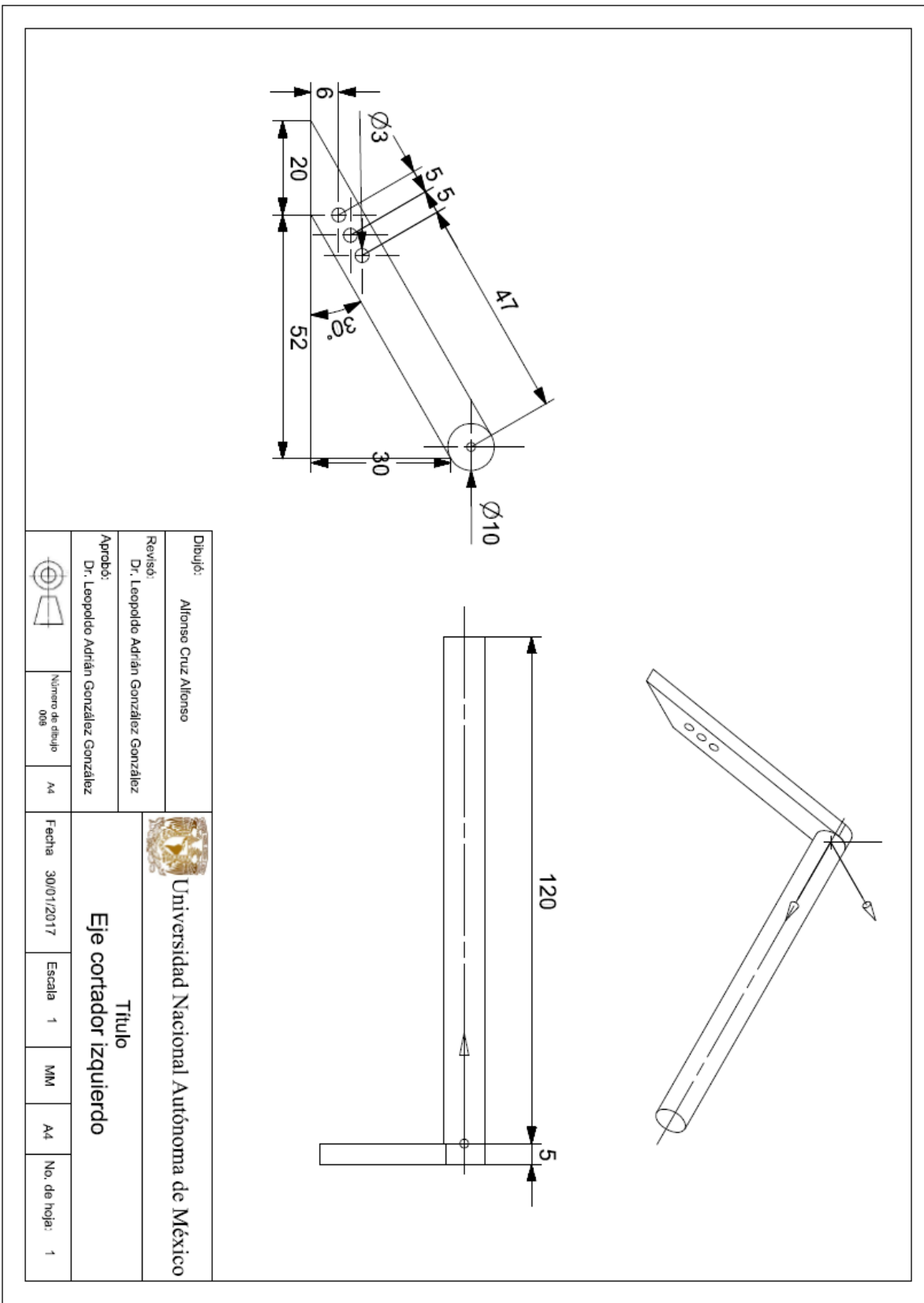


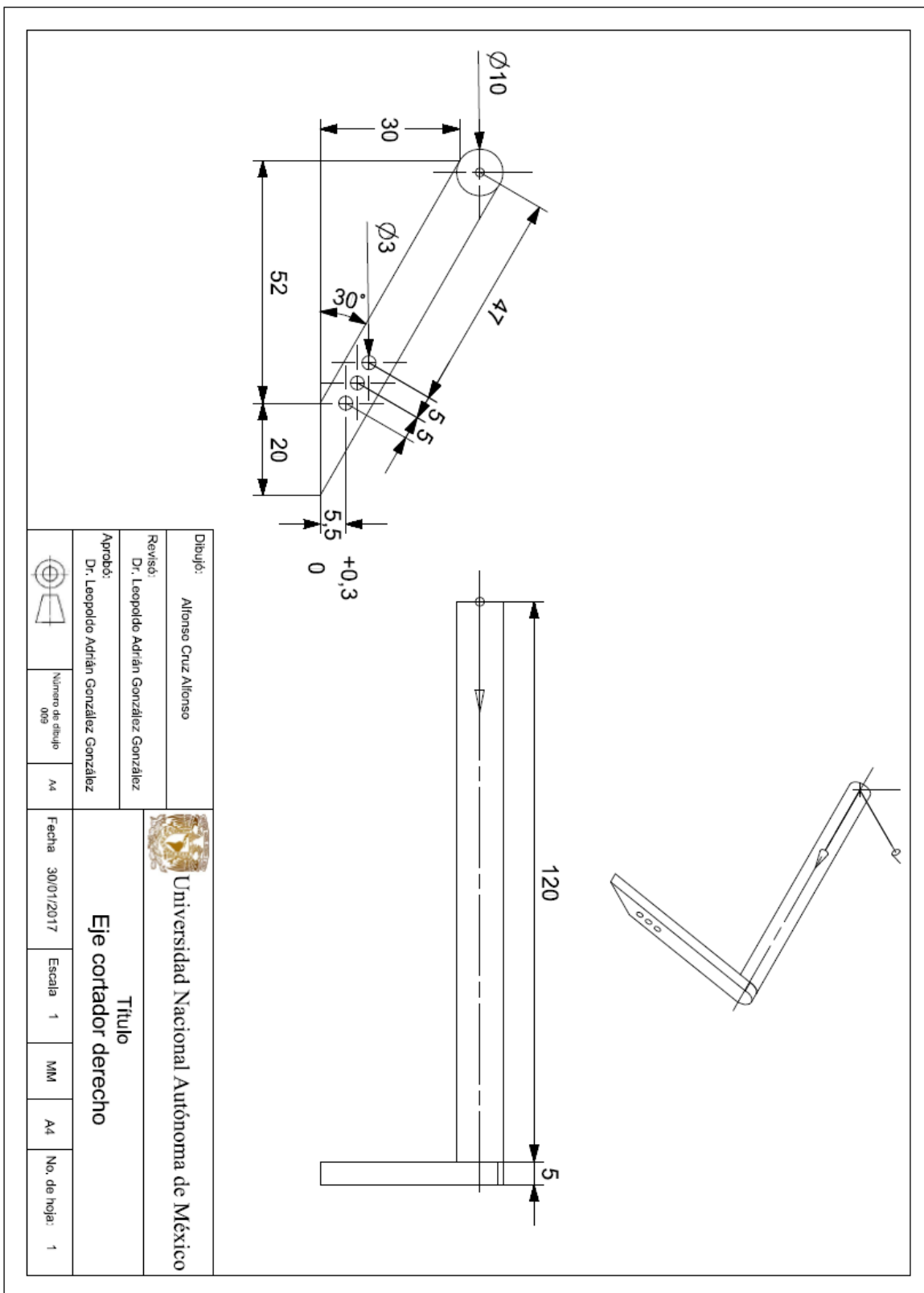


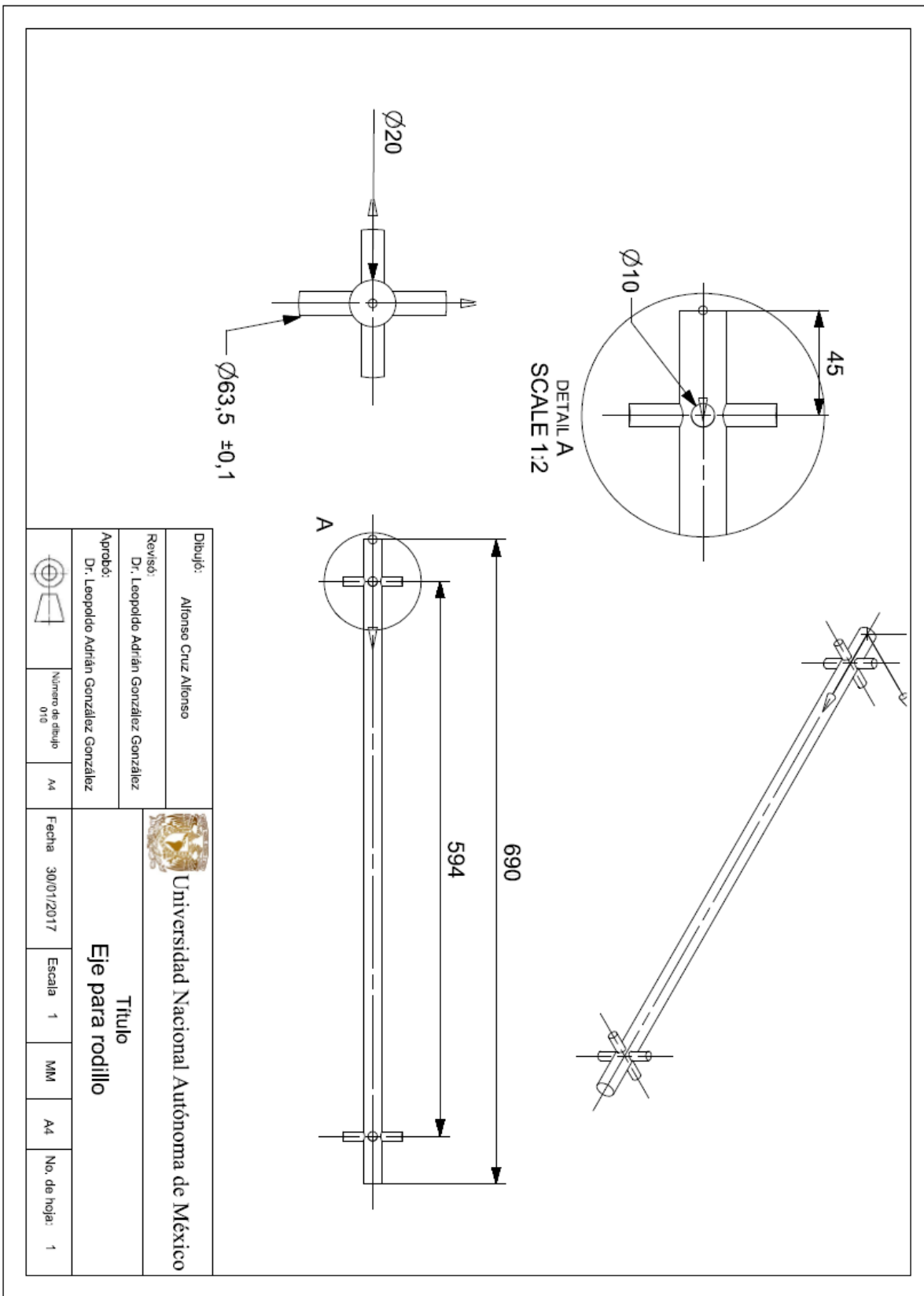









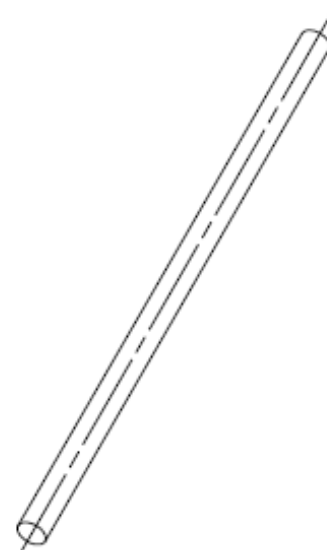
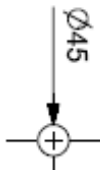








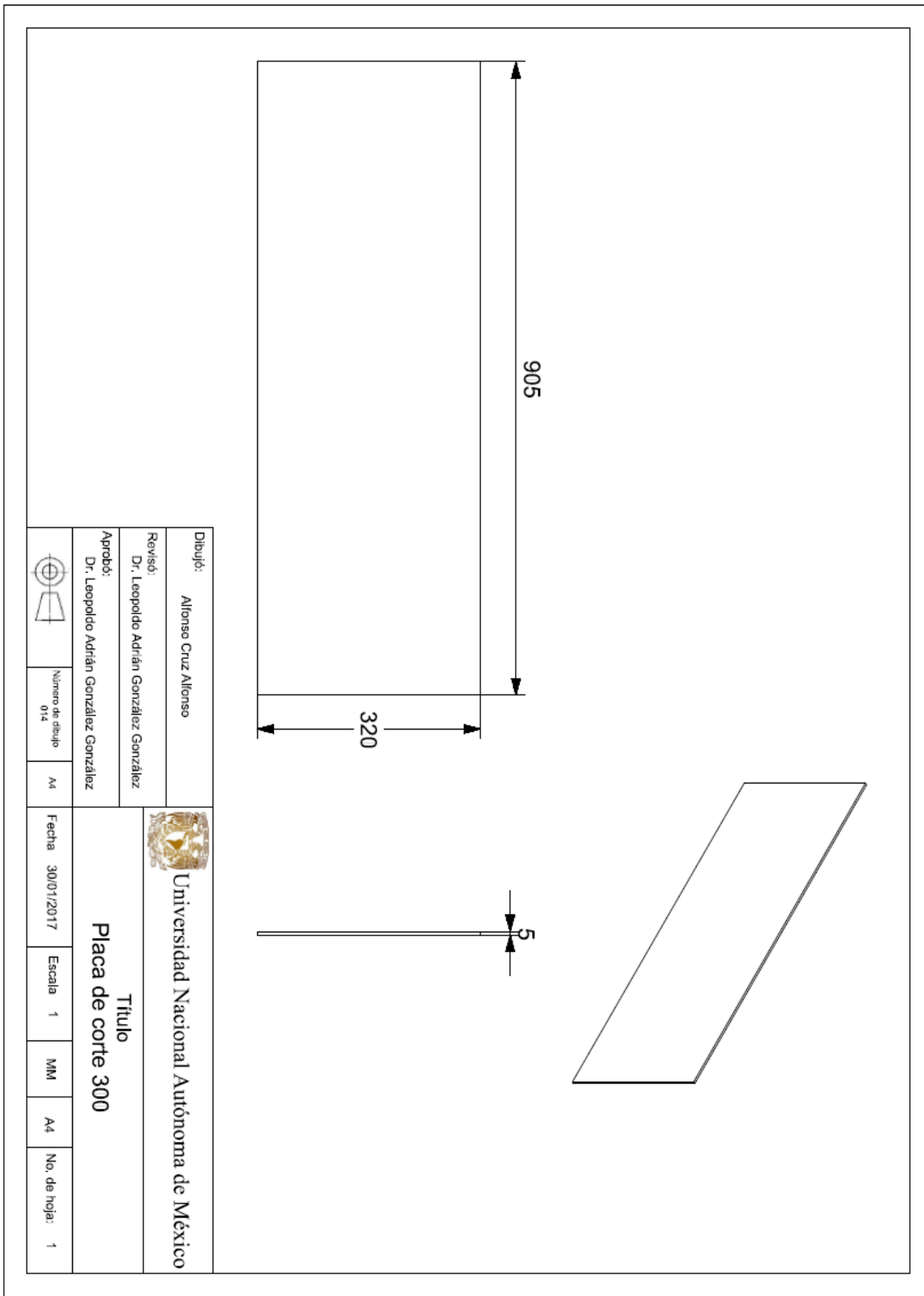
Dibujó:	Alfonso Cruz Alfonso		Universidad Nacional Autónoma de México				
Revisó:	Dr. Leopoldo Adrián González González		Título				
Aprobó:	Dr. Leopoldo Adrián González González		Eje de aplicación de pegamento				
	Número de dibujo 011	A4	Fecha 30/01/2017	Escala 1	MM	A4	No. de hojas: 1

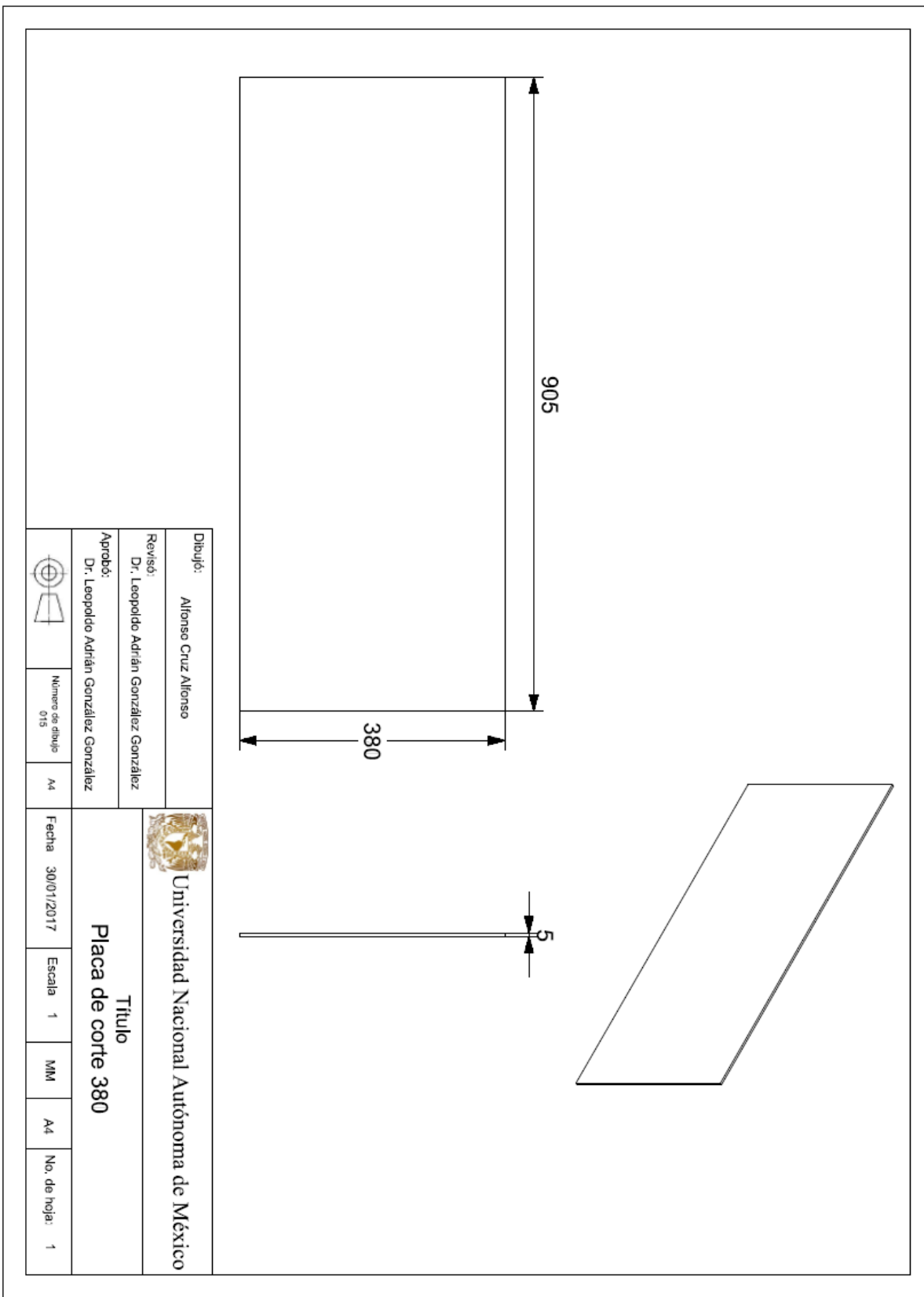


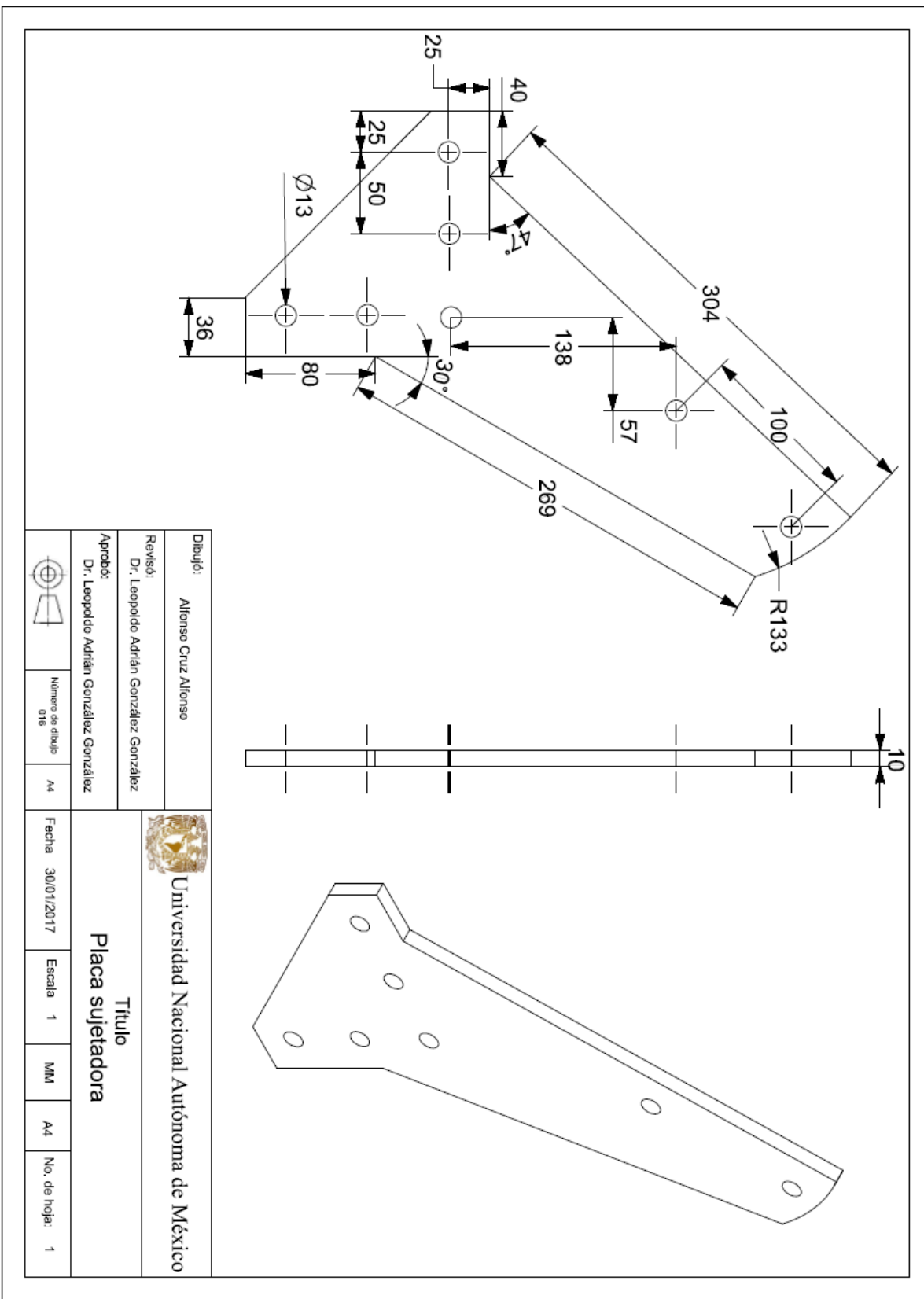
	
	
	
<p>Dibujó: Alfonso Cruz Alfonso</p> <p>Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González</p> <p>Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González</p>	
 <p>Universidad Nacional Autónoma de México</p>	
<p>Título</p> <p>Barra de porta rollo</p>	
	Número de dibujo 012
A4	Fecha 30/01/2017
MM	Escala 1
A4	No. de hojas 1

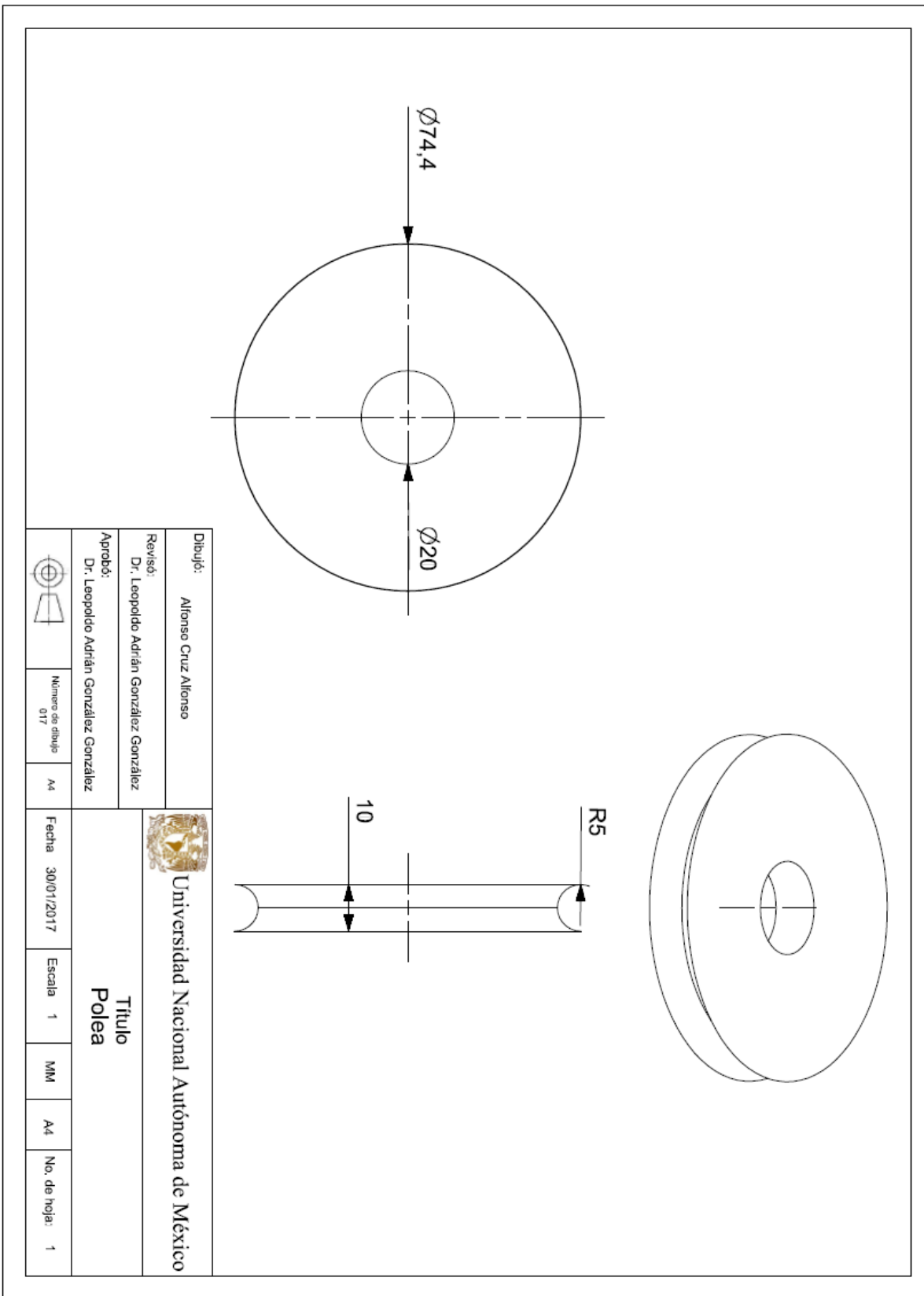


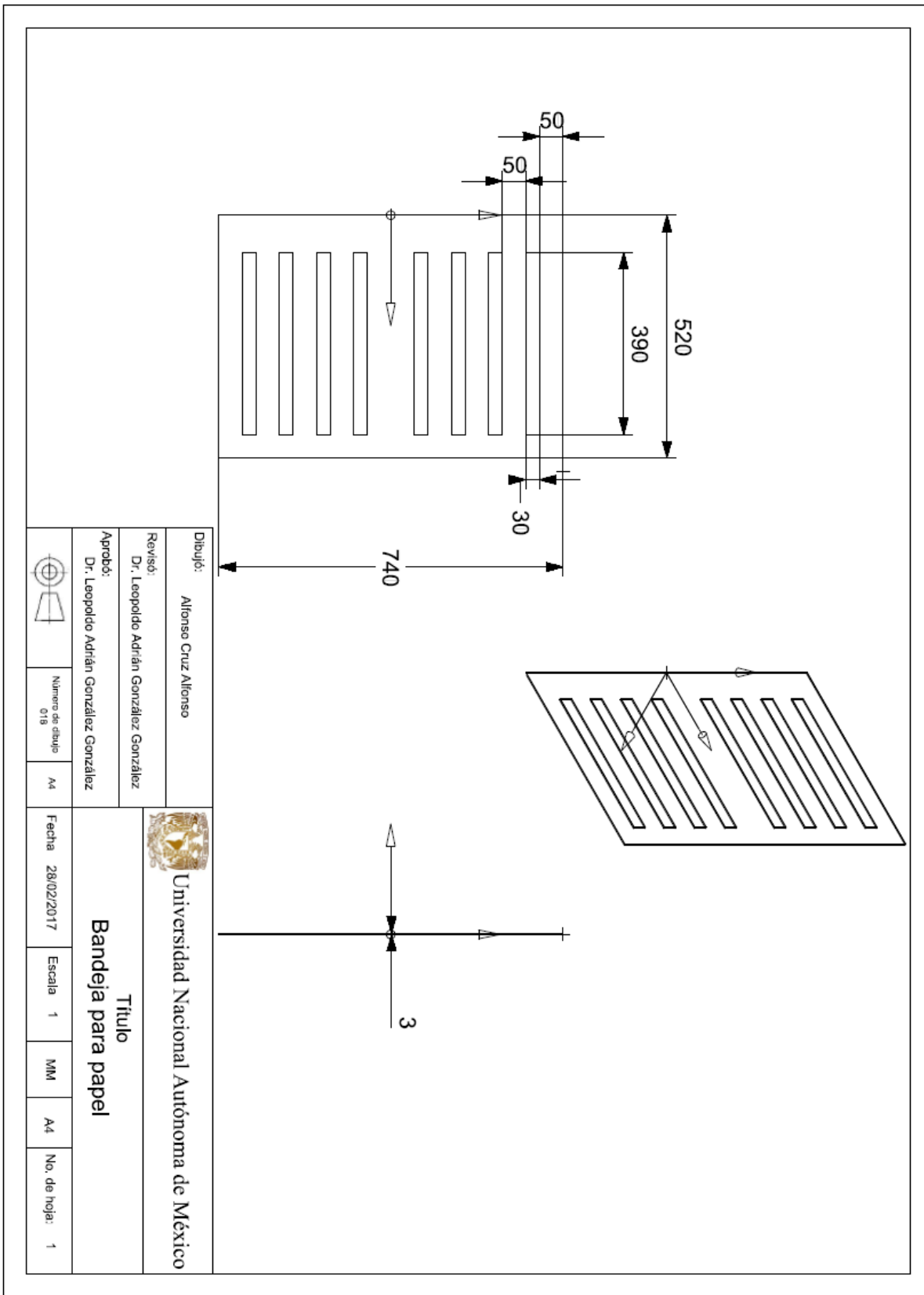
Dibujó:		Alfonso Cruz Alfonso													
Revisó:		Dr. Leopoldo Adrián González González													
Aprobó:		Dr. Leopoldo Adrián González González													
		Número de dibujo		A4											
		013													
Fecha		28/02/2017		Escala		1		MM		A4		No. de hojas		1	
Título		Base porta motor													
		Universidad Nacional Autónoma de México													

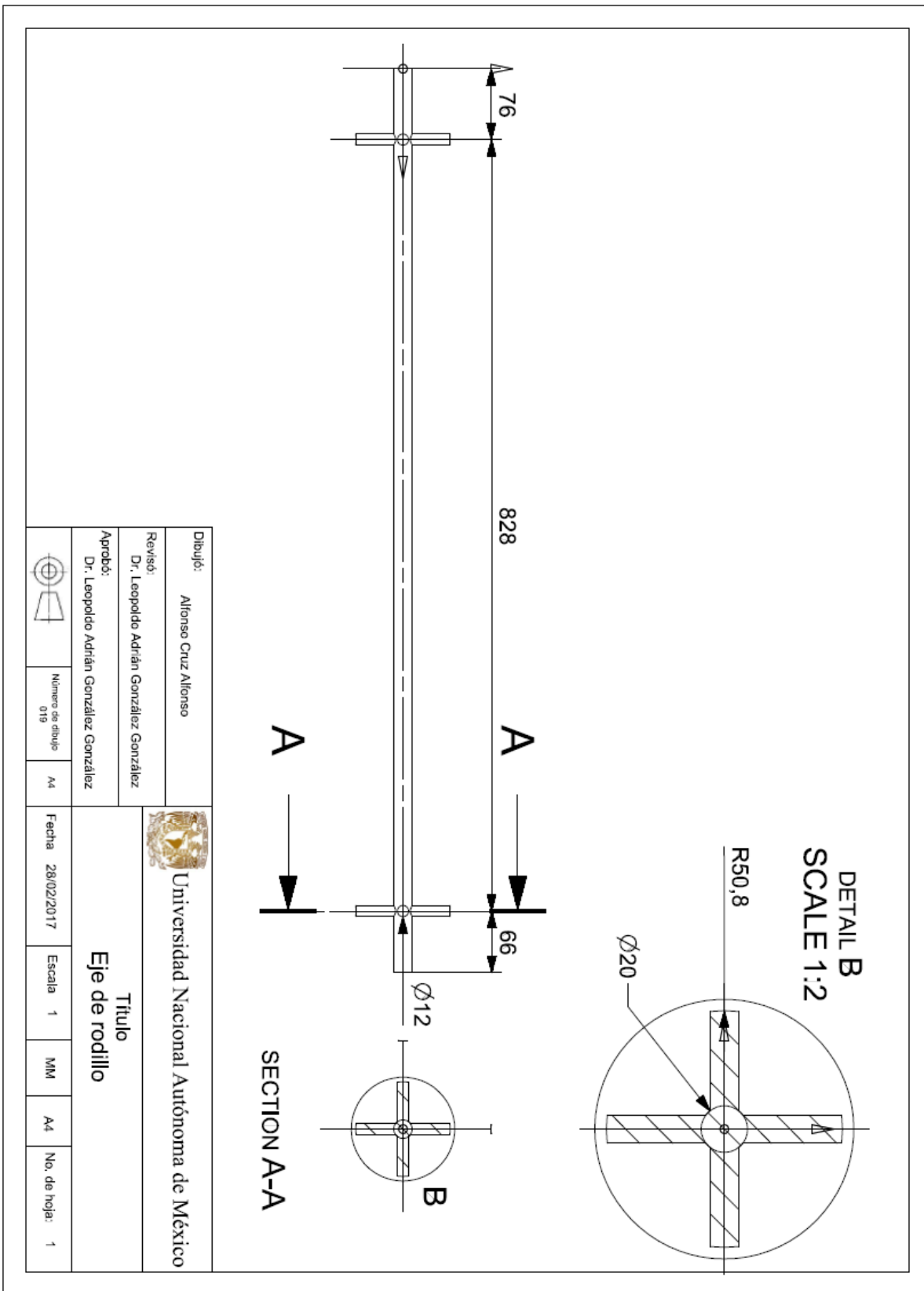


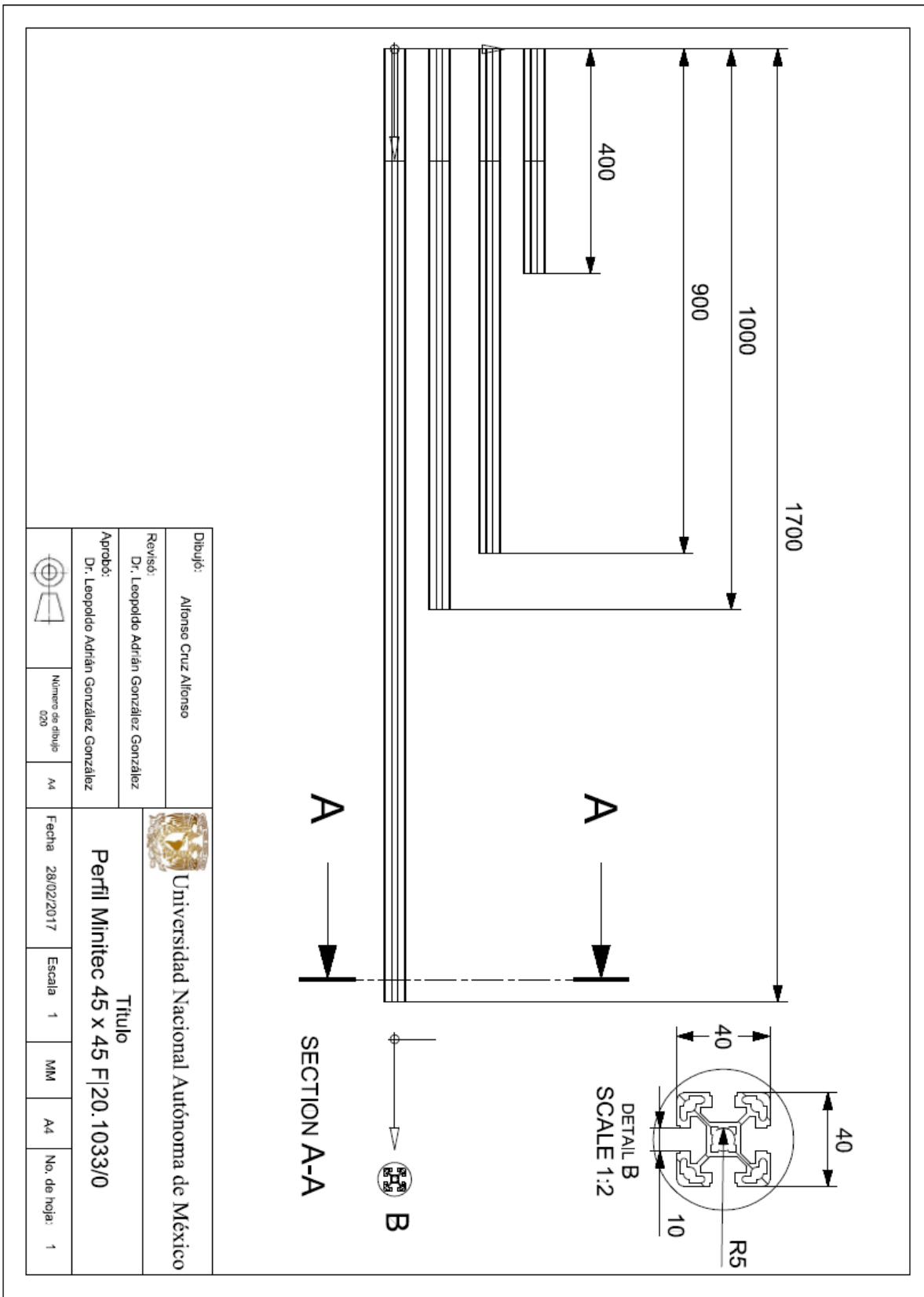


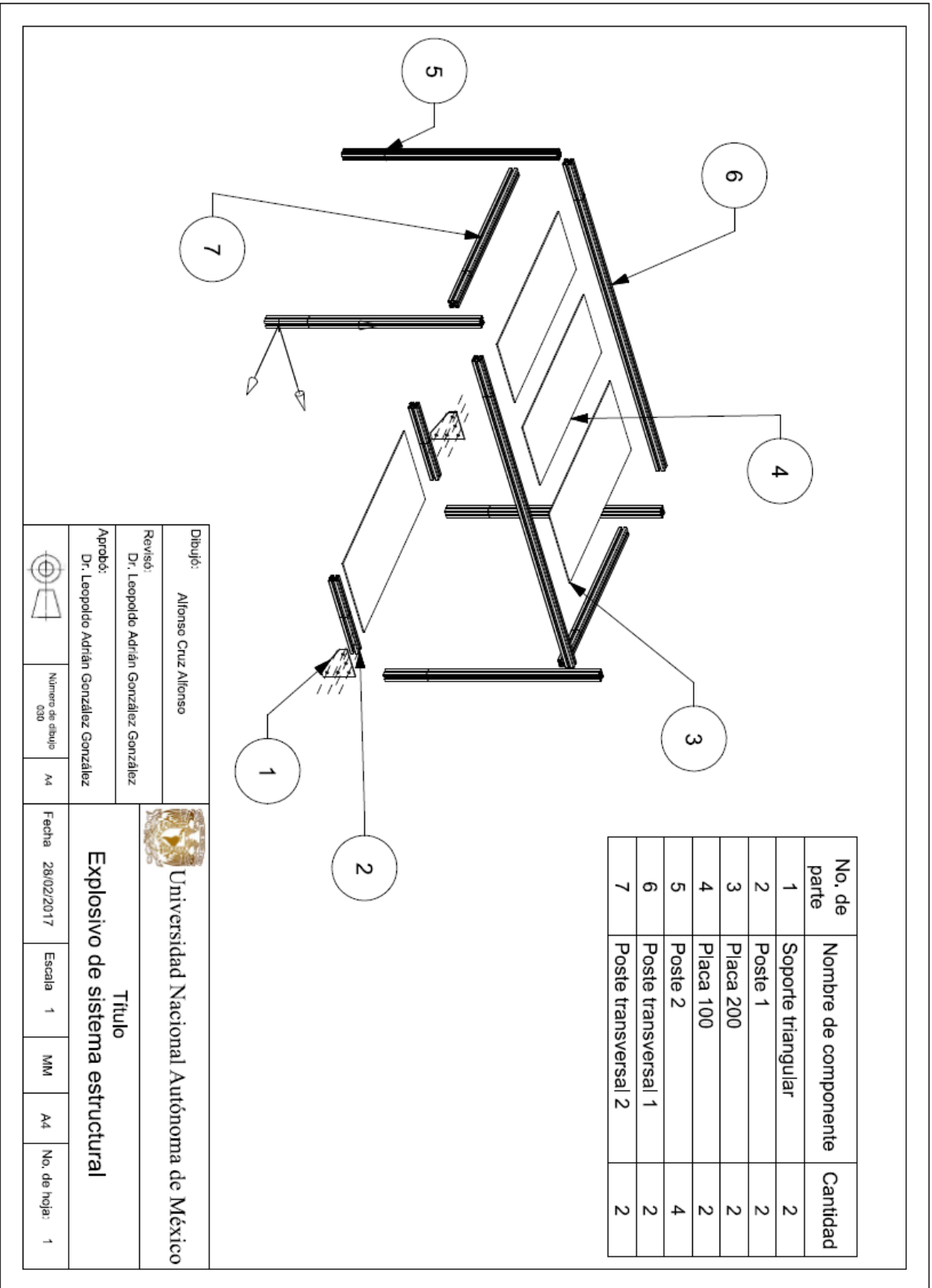






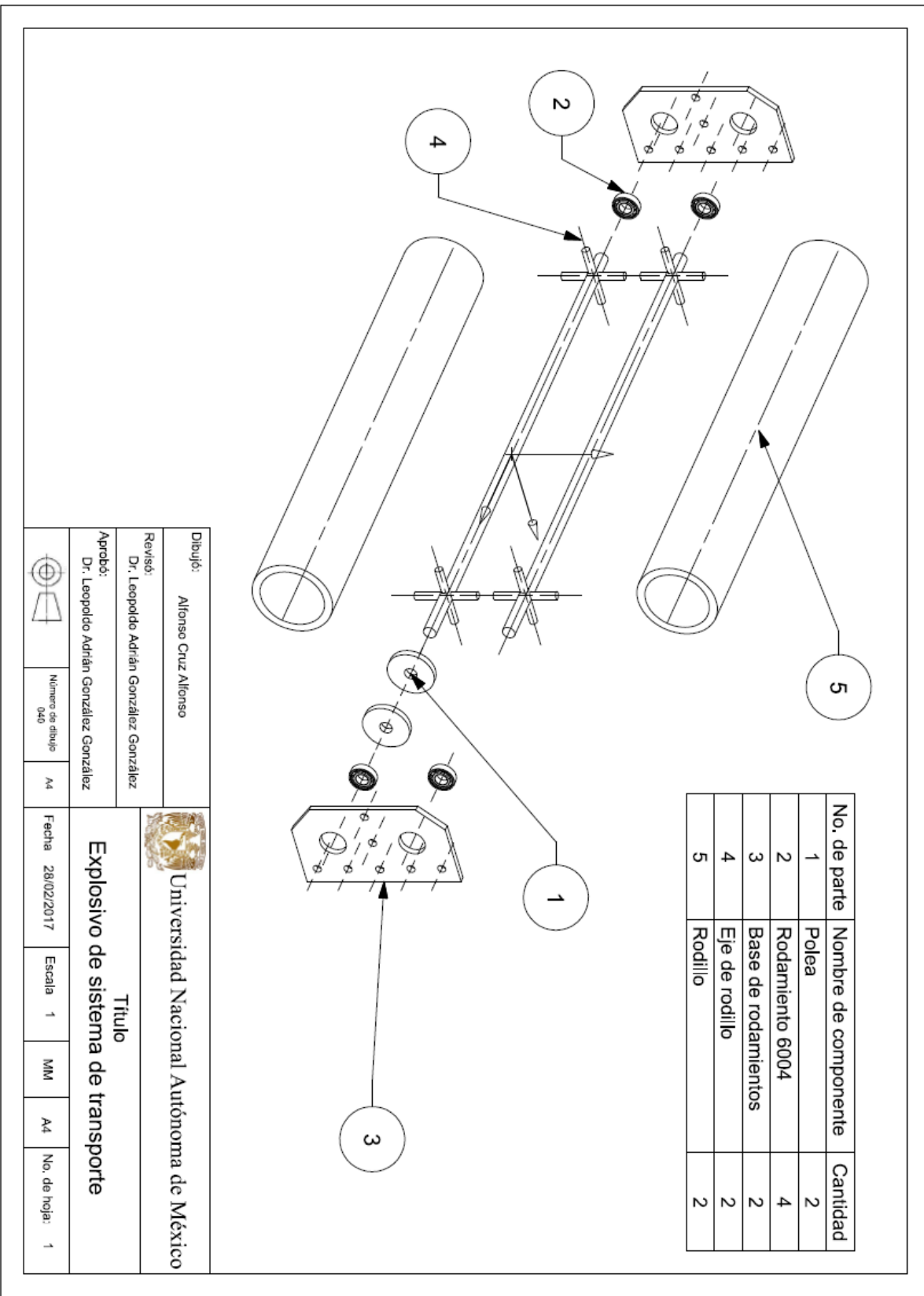




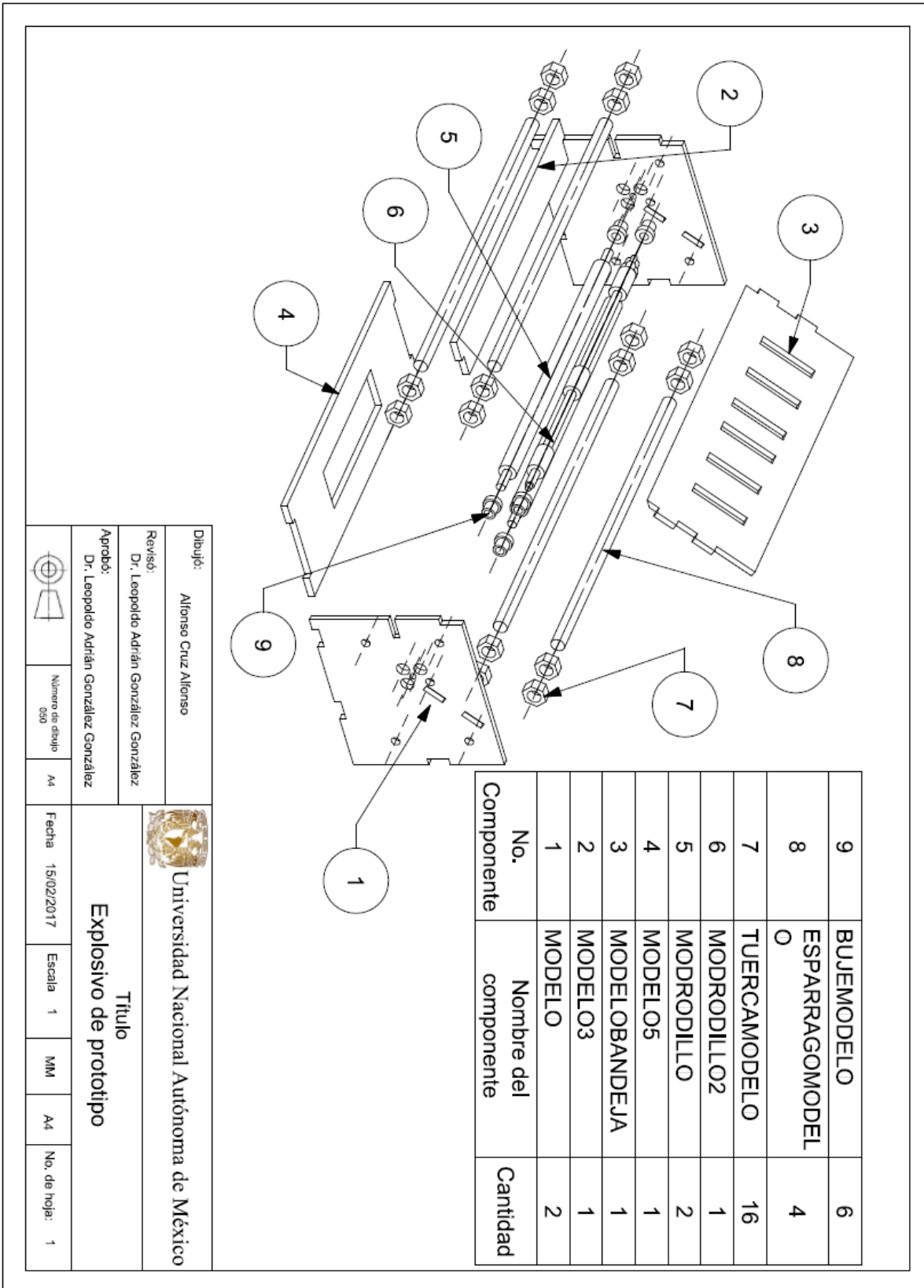


No. de parte	Nombre de componente	Cantidad
1	SopORTE triangular	2
2	Poste 1	2
3	Placa 200	2
4	Placa 100	2
5	Poste 2	4
6	Poste transversal 1	2
7	Poste transversal 2	2

Dibuñó: Alfonso Cruz Alfonso		 Universidad Nacional Autónoma de México
Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González		
Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González		
Título Explosivo de sistema estructural		
	Número de dibujo 030	Fecha 28/02/2017
A4	Escala 1	MM
	A4	No. de hojas: 1



Dibujo: Alfonso Cruz Alfonso		 Universidad Nacional Autónoma de México
Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González		
Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González		
Trifido Explosivo de sistema de transporte		
 Número de dibujo 040	A4	Fecha 28/02/2017
Escala 1	MM	A4
		No. de hoja: 1



Dibujó: Alfonso Cruz Alfonso
 Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González
 Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González



Número de dibujo
030

A4

Fecha 15/02/2017

Escala 1

MM

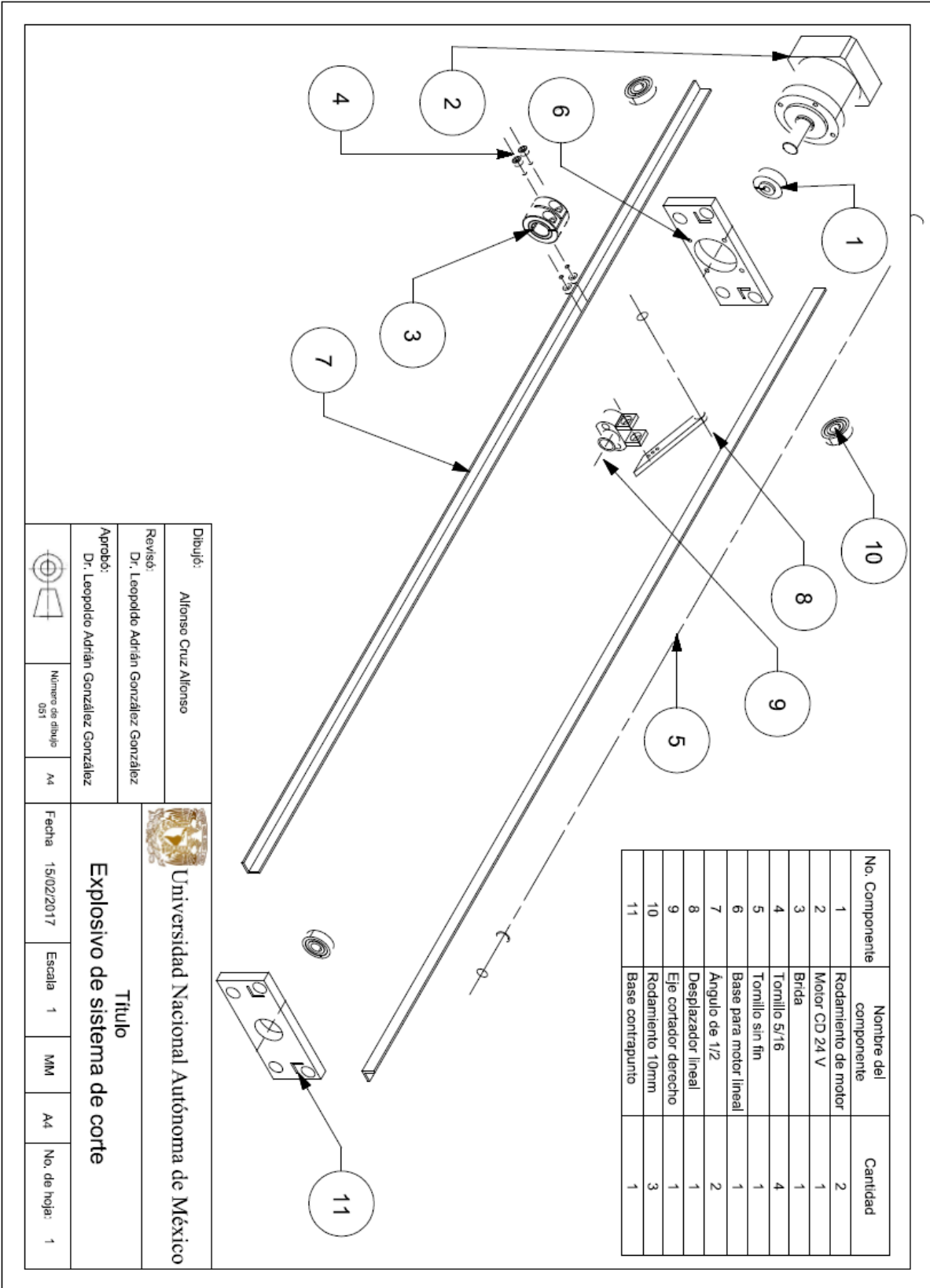
A4

No. de hoja: 1



Universidad Nacional Autónoma de México

Titulo
Explosivo de prototipo



No. Componente	Nombre del componente	Cantidad
1	Motor CD 24 V	2
2	Brida	1
3	Tornillo 5/16	4
4	Tornillo sin fin	1
5	Base para motor lineal	1
6	Angulo de 1/2	2
7	Desplazador lineal	1
8	Eje cortador derecho	1
9	Redamiento 10mm	3
10	Base contrapunto	1

Dibujó: Alfonso Cruz Alfonso			
Revisó: Dr. Leopoldo Adrián González González		Universidad Nacional Autónoma de México	
Aprobó: Dr. Leopoldo Adrián González González		Título Explosivo de sistema de corte	
	Número de dibujo 051	Fecha 15/02/2017	Escala 1
A4	MM	A4	No. de hoja: 1