

**PROTOTIPO DE UNA MAQUINA ENVASADORA DE PINTURA PARA LA
EMPRESA BORDALÍQUIDO S.A.**

JULIAN ANDRES CHACON CUEVAS

**UNIVERSIDAD EAFIT
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2007**

**PROTOTIPO DE UNA MAQUINA ENVASADORA DE PINTURA PARA LA
EMPRESA BORDALQUIDO S.A.**

JULIAN ANDRES CHACON CUEVAS

Asesor

Sergio Aristizabal

Docente universidad EAFIT

**UNIVERSIDAD EAFIT
INGENIERIA DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLIN
2007**

CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE CUADROS	iv
LISTA DE FIGURAS	v
LISTA DE ANEXOS	viii
RESUMEN	ix
INTRODUCCION	1
1. DEFINICION DEL PROBLEMA	2
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	2
1.2. JUSTIFICACION	2
1.3. OBJETIVOS	3
1.3.1. Objetivo General	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
1.4. METODOLOGÍA	5
2. RECOLECCION DE INFORMACION	6
2.1. ANTECEDENTES	6
2.2. ANALISIS DE MAQUINAS Y SISTEMAS EXISTENTES	8
2.2.1. Envasadora con sistema "Overflow"	9
2.2.2. Envasadora con sistema de servo-bomba	11
2.2.3. Envasadoras con bomba peristáltica	13
2.2.4. Envasadoras con sistema de caída por gravedad	15
2.2.5. Envasadora con sistema de pistón	17
2.2.6. Envasadoras con sistema de medición de peso	19
3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA	21
3.1. BORDALÍQUIDO S.A.	21
3.1.1. Productos	21
3.2. PROCESO DE ENVASADO DE PINTURA	21

3.2.1	Herramientas	21
3.2.2	Almacenamiento	22
3.2.3	Envase	23
3.2.4	Envasado	24
3.2.5	Limpieza	25
3.3	EVALUACIÓN DE RENDIMIENTO	26
3.4	ANÁLISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENVASADO	27
3.4.1	Ventajas	27
3.4.2	Desventajas	27
4.	REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA	28
4.1	PDS	29
5.	DISEÑO CONCEPTUAL	32
5.1	CAJA NEGRA Y CAJA TRANSPARENTE	32
5.2	GENERACIÓN DE IDEAS PARA CADA SUBFUNCIÓN	33
5.3	EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS	36
5.3.1	Criterios de evaluación	36
5.3.2	Evaluación de cada subfunción	37
5.4	TABLAS DE RESULTADOS	42
6.	DISEÑO DE LA MAQUINA	43
6.1	PRIMER ACERCAMIENTO AL DISEÑO	43
6.1.1	Consideraciones importantes en el diseño de la maquina envasadora	44
6.2	DISEÑO LOS SUBSISTEMAS	47
6.2.1	Subsistema Almacenamiento	47
6.2.1.2	Modelación 3D Subsistema almacenamiento	53
6.2.2	Subsistema Dosificar	55
6.2.2.1	Sistema de Piñón – Cremallera	55
6.2.2.2	Sistema de leva	56
6.2.2.3	Sistema tornillo sinfín	57
6.2.3	Subsistema de envasado	60

6.2.3.1	Modelación 3D subsistema de envasado	63
6.2.4	Subsistema de integración (Chasis)	64
6.2.4.1	Modelación 3D Chasis	66
6.2.5	Subsistema de Posicionar y retirar envases	68
6.2.5.1	Modelación 3D subsistema de Posicionar y retirar envases	70
6.2.6	Subfunción de activar	73
6.2.6.1	Modelación 3D Subfunción de activar	73
6.3	Diseño de detalles	74
6.4	CALCULOS DE LOS SUBSISTEMAS	80
6.5	MODELO DEFINITIVO	84
7	CORRECCIONES	86
8	PROTOTIPO	87
9	CONCLUSIONES	88
10	BIBLIOGRAFIA	90

LISTA DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Medición de rendimiento de la jeringa de llenado	26
Tabla 2	Especificaciones de diseño de producto (PDS)	29
Tabla 3	Diagrama morfológico para las subfunciones de la envasadora	35
Tabla 4	Evaluación de alternativas para subfunción posicionar	37
Tabla 5	Evaluación de alternativas para subfunción almacenar	37
Tabla 6	Evaluación de alternativas para subfunción activar	38
Tabla 7	Evaluación de alternativas para subfunción dosificar	39
Tabla 8	Evaluación de alternativas para subfunción envasar	39
Tabla 9	Evaluación de alternativas para subfunción limpiar	40
Tabla 10	Evaluación de alternativas para subfunción integración	41
Tabla 11	Cuadro de alternativas escogidas para cada subfunción	42
Tabla 12	Cuadro comparativo de los 3 sistemas de transmisión de movimiento	58

LISTA DE FIGURAS

	Pág.	
Figura 1.	Explicación del sistema Overflow	9
Figura 2.	Envasadora automática Overflow 12 boquillas	10
Figura 3.	Envasadora overflow semi manual 2 boquillas	10
Figura 4.	Explicación sistema con Servo-bomba	11
Figura 5.	Envasadora con servo-bomba automática	12
Figura 6.	Envasadora con servo-bomba automática 1 boquilla	12
Figura 7.	Explicación sistema con bomba peristáltica	13
Figura 8.	Envasadora con bomba peristáltica automática, 6 boquillas	14
Figura 9.	Envasadora con bomba peristáltica automática, 6 boquillas	14
Figura 10.	Envasadora con bomba peristáltica semi-automática 1 boquilla	15
Figura 11.	Explicación sistema con Servo-bomba	16
Figura 12.	Envasadoras con sistema de caída por gravedad automática, 10 boquillas	16
Figura 13.	Envasadoras con sistema de caída por gravedad semi-automática 3 boquillas	17
Figura 14.	Explicación sistema de pistón	18
Figura 15.	Envasadora con sistema de pistón automática 4 boquillas	18
Figura 16.	Envasadora con sistema de pistón semi-automática 1 boquillas	19
Figura 17.	Explicación sistema medición de peso	20
Figura 18.	Envasadoras con sistema de medición de peso automática 4 boquillas	20
Figura 19.	Envasadoras con sistema de medición de peso semi-automática 4 boquillas	22
Figura 20.	Contenedores utilizados 6 y 18 kilos de capacidad	22
Figura 21.	Envase plástico (PET) de 30c.c.	23
Figura 22.	Organización de los envases	23
Figura 23.	Proceso de llenado de jeringa	24
Figura 24.	Proceso de llenado y tapado	24

Figura 25	Detalle Proceso de llenado	25
Figura 26	Detalle del proceso de limpieza de la jeringa	26
Figura 27	Diagrama de caja negra para la envasadora	32
Figura 28	Diagrama caja transparente para la envasadora	33
Figura 29	Primeras alternativas para el diseño de la envasadora	45
Figura 30	Posibles posiciones del pistón	46
Figura 31	Sistema de almacenamiento – primeras ideas	48
Figura 32	Sistema complementario – acople cilindro con boquilla	49
Figura 33	Sistema almacenamiento – diseño final	50
Figura 34	Sistema complementario – Boquillas diseño final	51
Figura 35	Sistema de almacenamiento – modelación 3D	52
Figura 36	Sistema Complementario boquillas– modelación 3D	53
Figura 37	Sistema de acople boquillas cilindro – modelación 3D	54
Figura 38	Sistema de acople boquillas cilindro – modelación 3D	54
Figura 39	Concepto sistema piñón- cremallera	55
Figura 40	Boceto posible utilización sistema piñón - cremallera	56
Figura 41	Concepto sistema leva	56
Figura 42	Boceto posible utilización sistema leva	57
Figura 43	Tipos de roscas comunes	57
Figura 44	Boceto posible utilización sistema tornillo sinfín	58
Figura 45	Boceto posibles dimensiones y acople motor del tornillo sinfín	59
Figura 46	Planteamiento del funcionamiento y acople motor con tornillo sinfín	59
Figura 47	Planteamiento de requerimientos para el diseño del pistón - embolo	60
Figura 48	Sistema de envasado – diseño final	61
Figura 49	Alternativa acople pistón-embolo con chasis	62
Figura 50	Sistema de envasado – modelación 3D	63
Figura 51	Planteamiento de requerimientos para el diseño del chasis	64
Figura 52	Chasis – diseño final	65

Figura 53	Chasis – modelación 3D	66
Figura 54	Explosión chasis – modelación 3D	67
Figura 55	Planteamiento de requerimientos para el diseño de la bandeja	68
Figura 56	Sistema de posicionar y retirar envases – diseño final	69
Figura 57	Chasis – modelación 3D	70
Figura 58	Detalle bandeja con envases – modelación 3D	70
Figura 59	Plano electrónico del sistema de activación del motor	71
Figura 60	Sistema de activación del motor – concepto seleccionado	72
Figura 61	Detalle conjunto embolo-tornillo-motor	73
Figura 62	Detalle pistón dentro del cilindro – modelación 3D	73
Figura 63	Detalle paso a paso del acople cilindro al chasis – modelación 3D	74
Figura 64	Paso a paso del acople cilindro al chasis – modelación 3D	74
Figura 65	Plano eléctrico del sistema de activación del motor	75
Figura 66	Detalle ubicación suiches – modelación 3D	75
Figura 67	Sistema de liberación de vacío – concepto seleccionado	76
Figura 68	Detalle colocación tornillo de fabricación comercial – modelación 3D	77
Figura 69	Vistas de la base deslizable – modelación 3D	77
Figura 70	Detalle de la membrana de caucho con las ranuras en la ubicación de las boquillas	79
Figura 71	Detalle del ensamble de la membrana de caucho con el cilindro – modelación 3D	79
Figura 72	Diseño final de la envasadora – modelación 3D	84
Figura 73	Vistas 3D envasadora	85
Figura 74	Correcciones sistema guías-embolo	86
Figura 75	Prototipo	87

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Planos de Taller

RESUMEN

Este proyecto describe el proceso de diseño y construcción de un prototipo de maquina envasadora de pinturas decorativas para la empresa Bordaliquido S.A.

Primero se describe el problema y luego se hace una recopilación de información en la cual se incluyen datos sobre maquinas existentes en el mercado; además de los sistemas de envasado mas empleados en la industria.

Luego se define el documento para especificaciones de diseño de producto (PDS) en el cual se recopilan todas las demandas y deseos para el diseño de la maquina, incluyendo los establecidos por la empresa Bordaliquido S.A. y los considerados pertinentes por el encargado del proyecto. Con la ayuda de la información recopilada se procede a realizar un análisis conceptual para buscar las mejores alternativas para darle forma y detalle al diseño del prototipo obteniendo como resultado el diseño final.

Después de concluido el proceso de diseño y aprobación de este por parte de la Empresa Bordaliquido S.A; se inicia la realización de planos de taller, la etapa de fabricación, acabados, ensamble y puesta a punto del prototipo

INTRODUCCION

Bordaliquido S.A. se mueve en un mercado especializado como es el de la pintura en tela, en la que poco a poco han llegado nuevos competidores tanto nacionales como del extranjero, por lo que es importante generar ventajas competitivas que tal vez las empresas mas grandes no pueden aprovechar, como es el caso de los tiempos de entrega en donde la empresa tiene un alto reconocimiento de los clientes ya que entrega pedidos el mismo día que se reciben; A diferencia de otras empresas que se demora entre 8 y 15 días.

Esto gracias a que se trabaja de manera “artesanal” o poco tecnificada, lo que permite una gran flexibilidad en la producción de la empresa pero a su vez la limita en cantidad.

Ahora, la empresa esta expandiendo el mercado de sus productos y por consiguiente surge la necesidad de aumentar su capacidad de producción por lo que se hace necesario hacer inversiones tanto de estructura como de maquinaria.

Este proyecto consiste en diseñar una máquina que satisfaga las necesidades de la empresa buscando combinar la flexibilidad de los procesos que actualmente utilizan con la capacidad de aumentar su producción, ya que debido a las características de sus productos como se verá más adelante en este trabajo la automatización en este caso no significa mas productividad.

1. DEFINICION DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe como primera instancia: el problema y la justificación del proyecto. Luego, se listan los objetivos generales y específicos y finalmente de describe y visualiza la metodología utilizada para el desarrollo del proyecto.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El proyecto consiste en diseñar una maquina envasadora de pinturas para la empresa Bordaliquido S.A. que corrija y mejore los puntos débiles que tiene el sistema de envasado que actualmente utilizan

1.2 JUSTIFICACION

Este proyecto se realizara para satisfacer la necesidad de una maquina envasadora requerida por Bordaliquido S.A. Empresa dedicada a la fabricación y comercialización de pinturas decorativas, que se encuentra en una etapa de expansión de mercados (nacional e internacional) y como busca incrementar su producción para satisfacer la demanda.

Hasta el momento el proceso de envasado se ha hecho manualmente por medio de jeringas que ellos mismos diseñaron, por lo que se a pedido diseñar y fabricar una maquina de acuerdo a sus necesidades ya que las maquinas que han visto y probado en el mercado nacional no han cumplido con sus requerimientos:

Facilidad de limpieza

Rápido montaje y desmontaje para cambio a otra referencia

La razón es que la empresa maneja una gran variedad de productos (37 referencias y mas de 500 colores) por lo que es necesario envasar diferentes referencias en un día y las maquinas que han visto en el mercado aunque

cumplen con la función, están diseñadas para grandes volúmenes de producción por lo que el tiempo requerido para su limpieza es demasiado largo y su ensamblaje es complejo, lo que hace ineficiente el cambio a otra referencia, además estas maquinas al ser importadas son caras y tienen costos de mantenimiento que no justifican la inversión.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo general

Construir un prototipo de una maquina envasadora de pinturas semiautomática para la empresa Bordaliquido S.A. que cumpla con los requerimientos de fácil limpieza y rápido montaje-desmontaje.

Nota: Semiautomática implica solo el proceso de llenado de líquido al envase

1.3.2 Objetivos específicos

- Buscar y analizar productos existentes en el mercado para obtener información sobre sistemas y mecanismos utilizados que sirvan de referencia para el diseño de la maquina envasadora.
- Establecer los requerimientos de la maquina a través de un análisis conceptual que permita definir los parámetros de funcionamiento.
- Diseñar una maquina envasadora por medio de herramientas para el desarrollo de nuevos productos que permitan definir los componentes, mecanismos y sistemas que se van a utilizar.

- Fabricar un prototipo para realizar pruebas de funcionamiento.
- Detectar posibles fallas de la maquina con base en los resultados obtenidos en las pruebas.
- Corregir fallas de diseño y funcionamiento encontradas en el prototipo
- Fabricar prototipo definitivo.

1.4 METODOLOGIA

La metodología que se utilizo en este proyecto esta basada en el método de Nigel Cross y en los procesos de desarrollo de nuevos productos utilizados en la materia Proyecto de la carrera Ingeniería de Diseño de Producto

1.4.1 Recolección de información

Análisis de maquinas existentes (Background)

Investigación de sistemas y mecanismos para el envasado

Análisis de requerimientos de la empresa

1.4.2 Conceptualizacion del diseño

Definición de especificaciones del producto (PDS)

Análisis conceptual (caja negra - transparente, diagrama funcional)

Generación de alternativas

Correcciones de las propuestas (Reunión asesor)

Selección de alternativa final

1.4.3 Diseño de la maquina

Diseño general

Diseño de detalles

Diseño propuesta final

Dimensionamiento de las partes (Software CAD)

Modelación en 3D (Software CAD)

Generación de planos de taller para su fabricación (Software CAD)

2. RECOLECCION DE INFORMACION

2.1 ANTECEDENTES

En el proceso de envasado de pinturas, como en cualquier otro proceso industrial, nos encontramos con diferentes tipos de máquinas, según sea la demanda o necesidad de producción. Estas necesidades inciden directamente sobre las máquinas, variando, principalmente, el grado de automatización de éstas.

Se pueden encontrar envasadoras automáticas y semiautomáticas. Las envasadoras semiautomáticas, se encuentra únicamente en el proceso con el llenado de los botes, siendo luego de forma manual el cerrado de éstos, mientras que en las automáticas, los botes circulan a través de una línea, durante la cual se van realizando las acciones automatizadas específicas.

Para el envasado de pinturas, la principal característica por la cual se catalogan las máquinas es el tipo de dosificación de la solución final, las cuales pueden dividirse en dos grupos principalmente:

- Llenadoras gravimétricas
- Llenadoras volumétricas

Esta primera clasificación que se da hace referencia al sistema de dosificación de la pintura, que tal como su nombre indica, en las llenadoras o dosificadoras gravimétricas, el vertido de la pintura se produce directamente por el peso o caída del líquido, controlando la cantidad de pintura vertida con una balanza, mientras que en las dosificadoras volumétricas, el vertido se controla mediante un émbolo,

controlando el vertido por volumen. Las dosificadoras gravimétricas nos proporcionan un gran control de la cantidad vertida, mientras que las volumétricas, presentan una velocidad mayor, sin renunciar por ello a un buen control de la cantidad final, sin llegar a la precisión de las gravimétricas.

Las dosificadoras volumétricas, como se ha comentado antes, llegan a tener hoy en día un nivel de tolerancia más que aceptable, siendo de esta forma las más utilizadas actualmente para procesos industriales, ya que, sin perder control de la cantidad vertido, se aumenta la velocidad de producción.

Las dosificadores de pintura volumétricas, según este nivel de tolerancia, puede verse que están catalogadas según rangos de dosificación. Éstas suelen clasificarse entre

Dosificadoras de entre 100cm³ y 5000cm³ y otras con unos rangos de dosificación de entre 5dm³ y 20 dm³. Estos rangos hacen referencia a la capacidad de embolada, de manera, que las máquinas de rango superior, existe la posibilidad de realizar una doble embolada, de manera que puede llegar a envasar botes de hasta 40dm³.

En las máquinas envasadoras de pintura, según el grado de automatización que se desee, se encuentran diferentes tipos de acciones, controladas normalmente por sistemas automáticos neumáticos. Este tipo de acciones, son por ejemplo:

- Dispensador de botes
- Detector de fugas en los botes
- Llenado o dosificación de botes
- Dispensado de tapas
- Cerrado de tapas
- Marcado de fondos

- Comprobación cerrado de tapas

Estos sistemas son independientes entre si, y actúan por un sistema lógico, que va en relación con el sistema de transporte de los envases

2.2 ANALISIS DE MAQUINAS Y SISTEMAS EXISTENTES

Se analizaran 3 puntos:

- Sistemas y mecanismos empleados
- Capacidad de producción
- Niveles de automatización

Las maquinas envasadoras de líquidos aquí analizadas son utilizadas por una gran variedad de industrias: farmacéutico, alimentos, bebidas, productos químicos, cosmético y generalmente trabajan a velocidades inferiores a 200 envases por minuto

Teniendo en cuenta que no existe una maquina que pueda llenar todos los tipos de líquidos que se manejan en la industria, Por ejemplo, una máquina que llena agua en botella no puede llenar una crema fría cosmética debida en gran medida por la diferencia de viscosidad, de temperatura, compatibilidad química, tamaño de partículas y otras características propias de cada liquido, por lo tanto aunque hay diversos tipos de tecnología para el llenado, estas pueden ser poco practicas si se utilizan con el liquido equivocado.

2.2.1 Envasadora con sistema “Overflow”

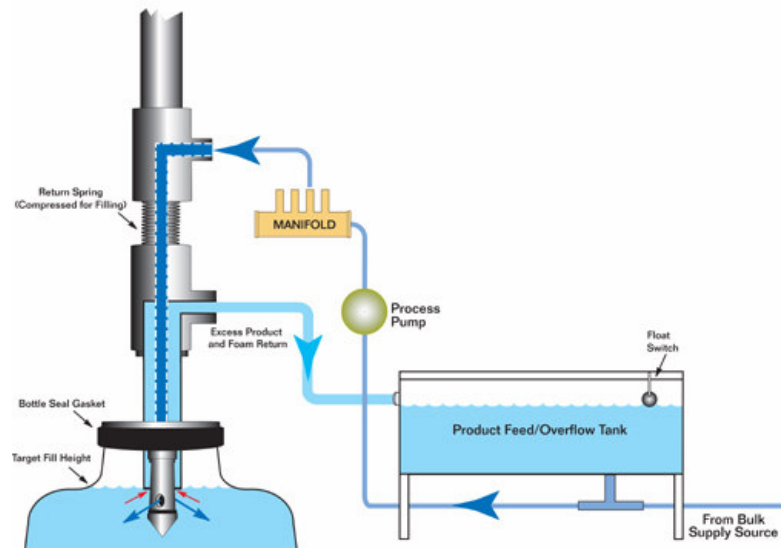


Figura 1. Explicación del sistema Overflow

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

El inyector cuenta con 2 boquillas, una superior que permite bombear el producto al envase (azul oscuro) y la segunda absorbe el exceso de líquido y lo devuelve al tanque (azul claro).

Este tipo de llenador es adecuado para líquidos con medio y bajo punto de viscosidad. Es un sistema muy utilizado en máquinas envasadoras de productos espumosos: Jarabes, geles y champúes ligeros, salsas, productos químicos espumosos, agua, lácteos y otras bebidas acuosas no gasificadas.



Figura 2. Envasadora automática Overflow, 12 boquillas, producción de 60.000 envases día

Fuente: www.liquidfillingmachines.com



Figura 3. Envasadora overflow semi-manual 2 boquillas, producción de 1000 envases por día

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

2.2.2 Envasadora con sistema de servo-bomba

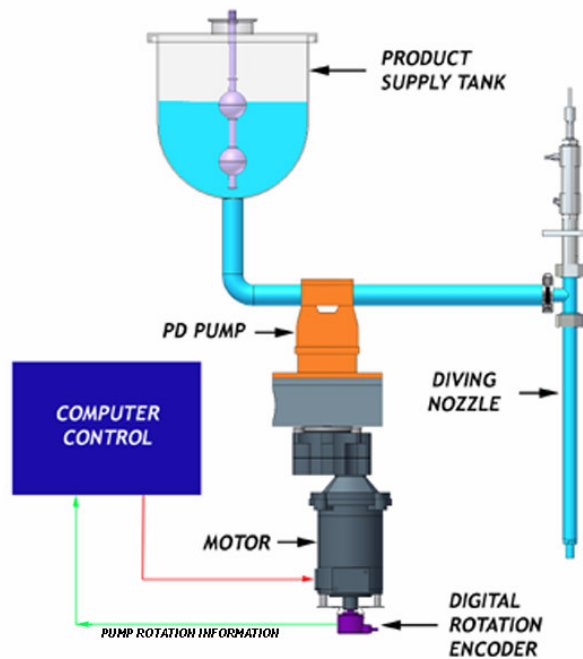


Figura 4. Explicación sistema con Servo-bomba

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

Cada inyector tiene una bomba con servo mando manejado por computador que permite con gran precisión entregar líquidos de alta, media y baja viscosidad acorde a la cantidad programada, siendo este uno de los sistemas más versátiles, se utiliza generalmente para líquidos con alta viscosidad en la industria de los alimentos y los cosméticos. Su única desventaja es el alto costo de inversión

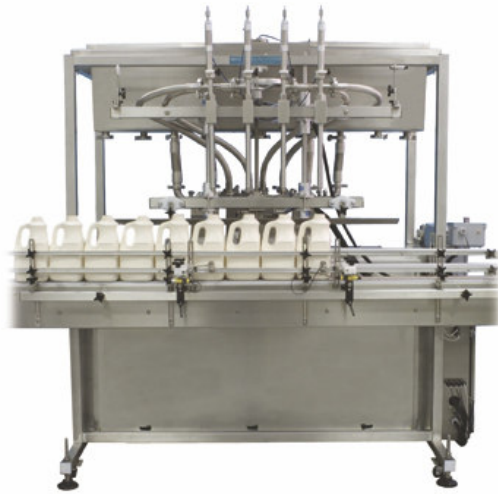


Figura 5. Envasadora con servo-bomba automática, 4 boquillas, producción de 10.000 envases diarios Fuente: www.liquidfillingmachines.com



Figura 6. Envasadora con servo-bomba automática 1 boquilla, producción de 3000 envases diarios Fuente: www.liquidfillingmachines.com

2.2.3 Envasadoras con bomba peristáltica

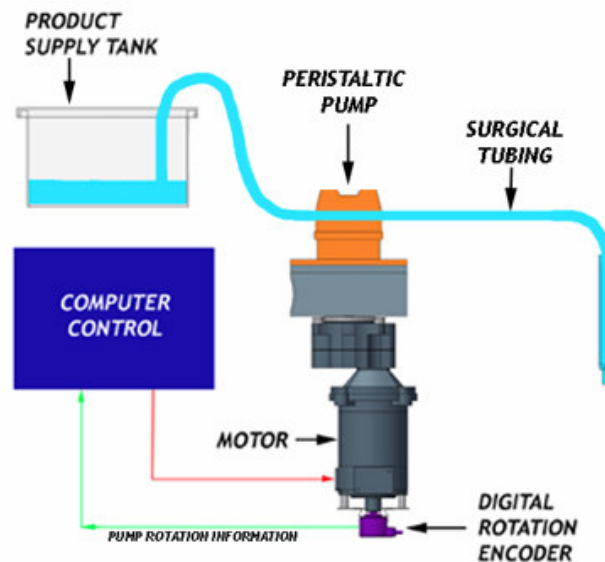


Figura 7. Explicación sistema con bomba peristáltica

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

Muy similar al sistema de servo bomba, este cuenta con una bomba peristáltica que le permite cortar el flujo de líquido de manera que no gotee sin importar su viscosidad, por lo que su precisión es aun mayor que la servo bomba, es utilizado en preparaciones farmacéuticas, fragancias, aceites esenciales, reactivo, tintas, tintes, y productos químicos especializados.

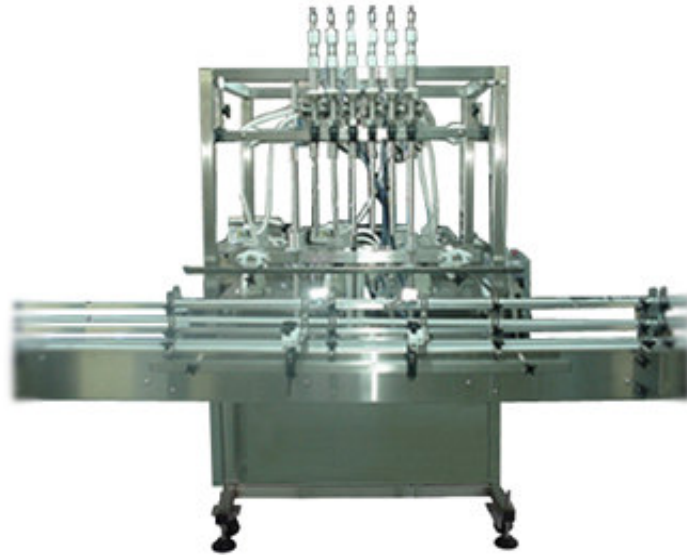


Figura 8. Envasadora con bomba peristáltica automática, 6 boquillas, 10.000 envases por día

Fuente: www.liquidfillingmachines.com



Figura 9. Envasadora con bomba peristáltica semi-automática 1 boquilla, 3000 envases por día

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

2.2.4 Envasadoras con sistema de caída por gravedad

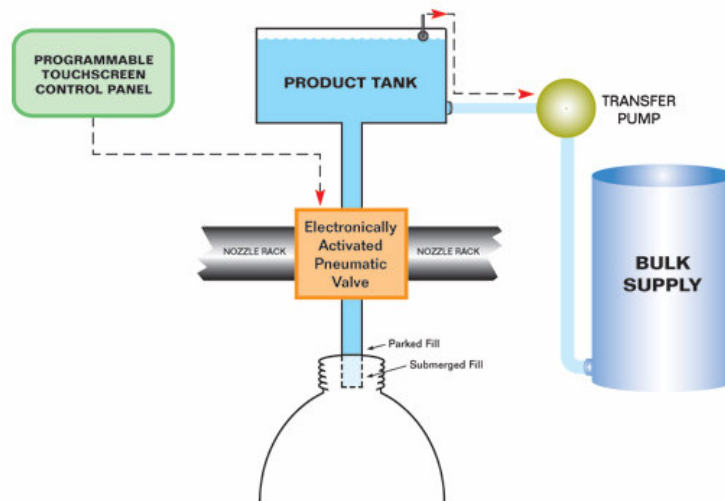


Figura 10. Explicación sistema con Servo-bomba

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

La cantidad de líquido que atraviesa una trayectoria fluida será siempre igual para una cantidad de tiempo fija.

El sistema funciona de la siguiente manera: el tanque de almacenamiento bombea el producto a un tanque que se encuentra encima de un sistema de válvulas neumáticas que controlan el flujo de líquidos que baja por efecto de la gravedad y que luego del tiempo calculado se cierran automáticamente. Este sistema es recomendado para líquidos de baja viscosidad como: Agua, solventes, alcohol, productos químicos, pintura, tintas, etc.



Figura11. Envasadoras con sistema de caída por gravedad automática, 10 boquillas, producción de 10.000 envases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com



Figura 12. Envasadoras con sistema de caída por gravedad semi-automática 3 boquillas, producción de 3000 envases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com

2.2.5 Envasadora con sistema de pistón

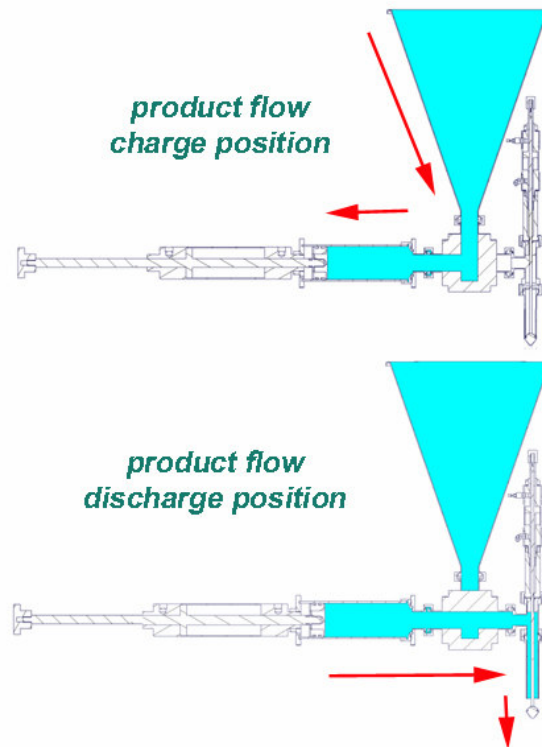


Figura 13. Explicación sistema de pistón

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

El llenador con pistón es uno de los más antiguos y más confiables tipos de llenadores usados en la industria del envasado. El sistema consiste en una tolva que alimenta una cavidad en la que se encuentra un pistón que al ser accionado, empuja el líquido hacia la boquilla, la cantidad de líquido vertida se calcula por medio del recorrido del pistón.

Este sistema es recomendable para productos viscosos y de grandes partículas como salsas, champús, geles, ceras, pegamentos, aceites, etc.



Figura 14. Envasadora con sistema de pistón automática 4 boquillas, producción de 6000 envases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com



Figura 15. Envasadora con sistema de pistón semi-automática 1 boquillas, producción de 3000 embases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com

2.2.6 Envasadoras con sistema de medición de peso

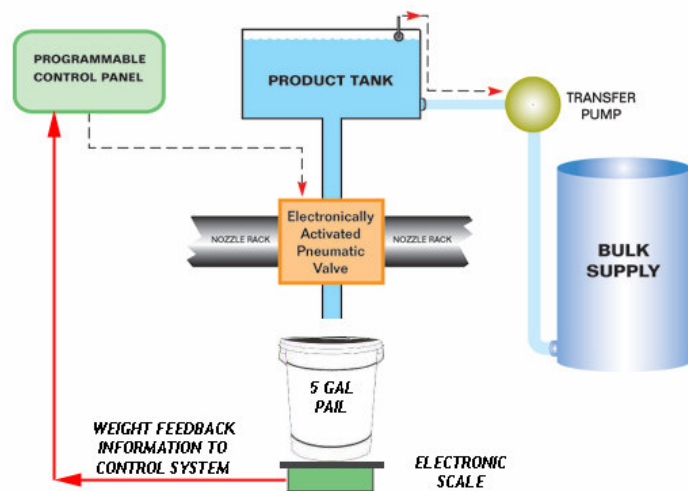


Figura 16. Explicación sistema medición de peso

Fuente: www.liquidfillingmachines.com

Muy similar al sistema de caída por gravedad, una válvula deja fluir el líquido por medio de la gravedad hacia el envase que se encuentra encima de una balanza electrónica, que le permite medir el peso exacto que debe tener el producto, una vez medido, la balanza manda una señal electrónica que cierra la válvula. Este sistema es recomendado para productos envasados en recipientes grandes, o en productos que se venden por peso, utilizado generalmente en la industria química.



Figura 17. Envasadoras con sistema de medición de peso automática 4 boquillas, producción de 2000 envases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com

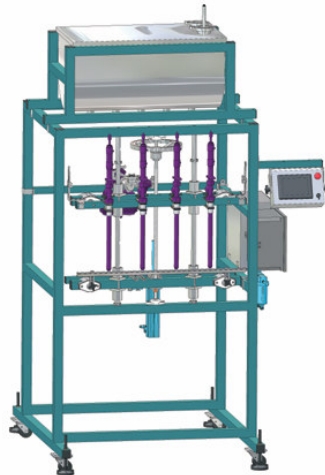


Figura 18. Envasadoras con sistema de medición de peso semi-automática 4 boquillas, producción de 1000 envases por día Fuente: www.liquidfillingmachines.com

3. ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA

En esta etapa se analizará las necesidades de la empresa, partiendo desde la información general de la empresa hasta el tipo de pintura que fabrican y el Sistema que actualmente utilizan para envasar la pintura.

3.1 BORDALÍQUIDO S.A.

Es una empresa ubicada en la ciudad Medellín dedicada a la fabricación y comercialización de pintura para tela, que gradualmente se ha expandido sus mercados a varias regiones del país y otros países latinoamericanos, como consecuencia, la actual demanda de productos ha obligado a la empresa a mejorar y agilizar sus procesos productivos, por lo tanto es necesidad de la empresa mejorar el sistema que actualmente usan para envasar los productos.

3.1.1 Productos

Los productos fabricados en la empresa son pinturas acrílicas a base de agua y pigmentos naturales, cuya principal característica es su alta viscosidad (cremosa); El producto es empacado en envases de 30 c.c. y actualmente cuentan con más de 15 referencias que se diferencian por los efectos y texturas que se logran al aplicarlos a la tela, entre todas estas referencias se suman más de 300 colores diferentes. (Ver Anexo 1)

3.2 PROCESO DE ENVASADO DE PINTURA

2.2.1 Herramientas

Jeringa de llenado: es una herramienta sencilla, con pocas piezas que la hacen fácil de utilizar y Limpiar



Figura 19. Herramienta de llenado utilizada actualmente, detalle de forma y componentes

Fuente: Elaboración propia

3.2.2 Almacenamiento

Se utilizan 2 tipos de contenedores plásticos dependiendo de la cantidad de pintura que se necesite:



Figura 20. Contenedores utilizados 6 y 18 kilos de capacidad

Fuente: Elaboración propia

3.2.3 Envase

Este envase es estándar y se consigue comercialmente



Figura 21. Envase plástico (PET) de 30c.c.

Fuente: Elaboración propia

3.2.4 Envasado

El sistema utilizado es enteramente manual:

1. se organizan manualmente los envases sobre una mesa en forma de hileras.



Figura 22. Organización de los envases

Fuente: Elaboración propia

2. el operario utiliza una jeringa gigante que se carga de pintura por medio de un balde, una vez llena, se le coloca una boquilla plástica.



Figura 23. Proceso de llenado de jeringa

Fuente: Elaboración propia

3. se procede a llenar cada envase, presionando el embolo de la jeringa y calculando la dosificación de manera manual, mientras tanto una persona es encargada de tapar los envases.



Figura 24. Proceso de llenado y tapado

Fuente: Elaboración propia

4. el operario se moviliza a lo largo de la mesa hasta terminar la carga, una vez termina se procede a repetir el paso 1, hasta que todos los envases sean llenados.



Figura 25. Detalle proceso de llenado

Fuente: Elaboración propia

3.2.5 Limpieza

Esta jeringa consta de pocas piezas, por lo que su lavado es muy sencillo, para esto solo se desensambla y se limpia con agua y jabón, para las partes estrechas se usa un cepillo de dientes.

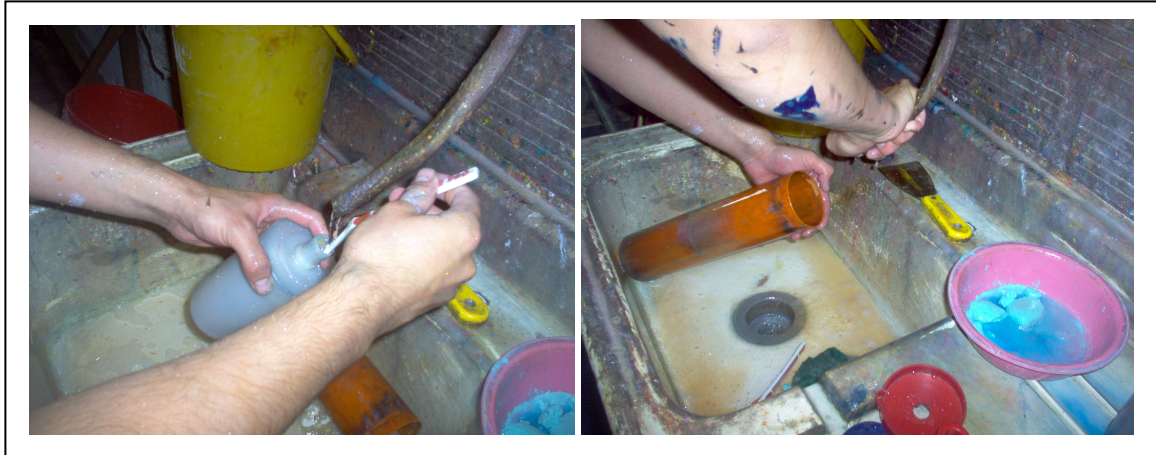


Figura 26. Detalle del proceso de limpieza de la jeringa

Fuente: Elaboración propia

3.3 Evaluación de Rendimiento

- Cada jeringa tiene una capacidad de 1.5 litros de la que salen por turno 42 envases de pintura en promedio.

Tabla 1. Medición de rendimiento de la jeringa de llenado

Fuente: Elaboración propia

Cantidad pintura (Kg.)	Envases llenados promedio	Tiempo de envasado promedio (min.)	Tiempo de limpieza de jeringa promedio (min.)
5	140	7:50	2:10
15	480	24:30	
18	520	30: 15	

3.4 ANALISIS DEL SISTEMA ACTUAL DE ENVASADO

3.4.1 Ventajas:

Una de las principales características es la sencillez del diseño de la jeringa, que le permite cargarla de pintura rápidamente y limpiarla fácilmente, además es muy versátil ya que el operario la puede movilizar con facilidad y utilizarla sin importar la organización de los envases u otras variables como la altura de la mesa o su posición.

Es muy práctica y rápida para llenar producciones a baja escala

3.4.2 Desventajas

La dosificación al ser calculada visualmente no es exacta, por lo que algunos envases quedan más llenos que otros.

El operario tiene que sostenerla durante todo el proceso, lo que implica un esfuerzo constante de ciertas partes del brazo, que luego de varias horas de utilización genera molestias musculares, además la postura utilizada también genera molestias en la espalda.

Es poco práctica para llenar producciones de media escala.

4. REQUERIMIENTOS DE LA EMPRESA

En esta sección, se describen las especificaciones de diseño de producto o PDS (Product Design Specifications según la sigla en inglés) las cuales son necesarias para clarificar y orientar el proceso de diseño del equipo. Dichas declaraciones, son base de partida, creando límites de diseño para que pueda desarrollarse un producto basado en estos parámetros y cumpla lo que se plantea inicialmente. Los requerimientos, se definen a partir de las demandas y deseos de la empresa:

- Rendimiento: 3000 envases por día
- Precisión de llenado
- Facilidad de limpieza ya que se envasa entre 10 y 15 colores diariamente
- Confiabilidad: ciclo de vida de los mecanismos alto
- Seguridad: que cumpla con los estándares
- Bajo costo: materiales y mecanismos comerciales
- Ergonomía: fácil de usar y manipular

4.1 PDS

Tabla 2. Especificaciones de diseño de producto

Fuente: Elaboración propia

ELEMENTO	ÍTEM	DEMANDA	DESEO	ESPECIF.
Almacenamiento de material	Tanque de almacenamiento	Que tenga buena capacidad para almacenar.	Que el acceso para el llenado sea amplio	Tanque de almacenamiento de 6000 c.c.
Llenado	Sistema de dosificación	Que sea un sistema que dosifique la cantidad exacta	Que sea fácil de operar	Sistema controlado electrónicamente

	Boquillas de llenado	Que sean múltiples Boquillas	Que no goteen, desperdiciando material	Que tenga hasta 15 boquillas de llenado
Transporte de envases	Sistema de posición de envases	Que sea sencillo y fácil de usar	Que permita llenar múltiples envases	
Rendimiento	Cantidad de envases llenados	Que tenga su rendimiento sea mucho mayor que el sistema actual	Que permita envasar bajos rangos de producción	capacidad para llenar entre 3000 y 5000 envases por día
Limpieza	Tanque de almacenamiento	Que se pueda desensamblar fácilmente	Que no contenga esquinas o partes estrechas que dificulten la limpieza	Utilización de sistemas de ensamble de un solo paso como sistema macho – hembra y guías de encaje
	Boquillas llenadoras	Que se pueda desensamblar fácilmente	Que no contenga esquinas o partes estrechas que dificulten la limpieza	sistemas de ensamble de un solo paso como sistema macho – hembra y guías de encaje
	Sistema de dosificación	Que se pueda desensamblar fácilmente	Que no contenga esquinas o partes estrechas que dificulten la limpieza	sistemas de ensamble de un solo paso como sistema macho – hembra y guías de encaje
Materiales de	Estructura	Que los	Materiales	Utilización de

fabricación		materiales utilizados sean aptos para la función	accesibles en el mercado local	acero inoxidable y aluminio
	componentes	Materiales resistentes a los componentes químicos de la pintura	Materiales accesibles en el mercado local	
Ciclo de vida	Mantenimiento	Que sus sistemas principales funcionen sin fallas	Sistemas sencillos de fácil reparación	Vida útil de 5 años
	Repuestos	Que sean fáciles de conseguir en el mercado local	Que sean económicos	Mecanismos estándar
Ergonomía	Controles	Que sean de fácil acceso	Que sean de fácil uso	Utilización de suiches
	Postura del operario	Que la ubicación de sus componentes cumplan con los estándares ergonómicos	Que no obligue al operario a realizar esfuerzos innecesarios	Cumplimiento de los estándares de ergonomía
Seguridad	Normas de seguridad	Que cumpla con los estándares de seguridad		

		aplicados a este tipo de maquinas		
Entorno	Ruido	Mecanismos que operen a bajos decibeles	Que el ruido no desconcentre a los empleados de las otras áreas	
Costos	Costos de fabricación	Realizar su fabricación con materiales y componentes comerciales en el mercado local	Minimizar los costos por medio de mecanismos simples	

5. DISEÑO CONCEPTUAL

En esta fase, el problema principal se divide en problemas secundarios; se encuentran soluciones secundarias apropiadas y estas se combinan en una solución general. Así mismo, las soluciones secundarias se evalúan y se seleccionan según el PDS

5.1 CAJA NEGRA Y CAJA TRANSPARENTE



Figura 27. Diagrama de caja negra para la envasadora

Fuente: Elaboración propia

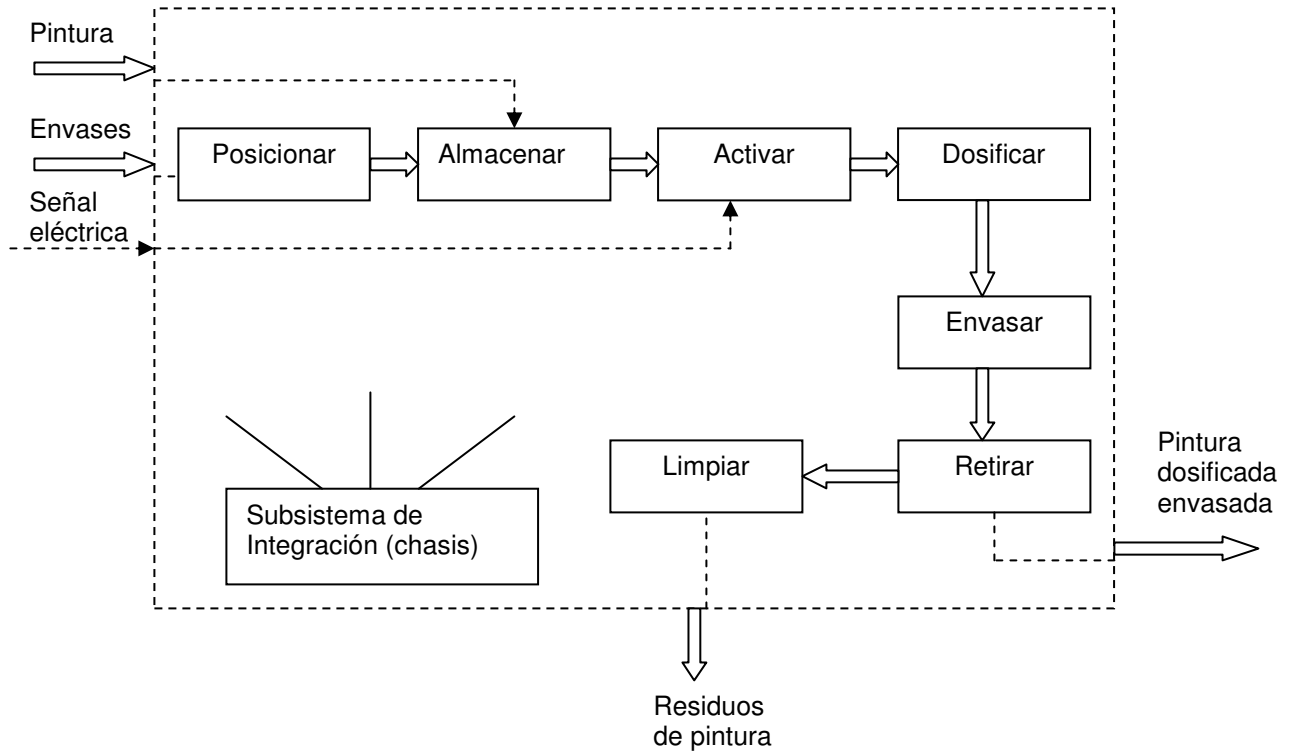


Figura 28. Diagrama caja transparente para la envasadora
Fuente: Elaboración propia

5.2 GENERACIÓN DE IDEAS PARA CADA SUBFUNCIÓN

Después de analizado el estado del arte y el proceso de envasado en la empresa Bordaliquido S.A. se han reconocido 5 funciones esenciales:

Posicionar:

En esta etapa se ubican los envases debajo del sistema de llenado para realizar el proceso

Almacenar

En esta etapa se procede a colocar en la maquina la pintura que se va a verter en los envases

Activar:

En esta etapa se da la orden de comenzar con el proceso de llenado de los envases, por lo tanto un mecanismo debe realizar la acción

Dosificar:

En esta etapa se procede a tomar la cantidad de pintura que se necesita para verterla en el envase

Envasar:

En esta etapa un mecanismo procede a “empujar” la pintura dosificada hacia los envases

Retirar:

En esta etapa los envases que ya esta llenos de pintura se retiran para dar paso a los vacíos y así repetir el proceso, por lo tanto esta subfuncion esta estrechamente relaciona con la primer subfuncion “Posicionar”

Limpiar:

Una vez terminado el proceso de envasado se procede a limpiar los componentes que estuvieron en contacto con la pintura

Subsistema de integración:

Chasis de la maquina

Tabla 3. Diagrama morfológico para las subfunciones de la envasadora

Fuente: Elaboración propia

Función	Alternativa A	Alternativa B	Alternativa C	Alternativa D
Posicionar / Retirar	Banda transportadora automática	Banda rotatoria Automática	Bandeja transportadora	Manualmente
Almacenar	Tanque abastecido manualmente	Tanque abastecido por Motobomba	Tanque abastecido por Compresor	Tanque por medio de la gravedad
Activar	Activación Electrónica	Activación Eléctrica	Activación Análoga	Activación Manual
Dosificar	Cilindro neumático	Motobomba	Motor- reductor	Sensor Gravedad
Llenar	Sistema pistón	Sistema control de peso	Sistema overflow	Sistema Válvula neumática
Limpiar	Manualmente	Sistema de limpieza interno integrado		

Chasis	Estructura en hierro (cuadrada, redonda, en "L")	Estructura en madera	Estructura en plástico	Estructura en lamina
---------------	---	----------------------	------------------------	----------------------

5.3 EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS

5.3.1 Criterios de evaluación

Para seleccionar la alternativa mas adecuada, se han tomado 7 criterios tomados del PDS y de los requerimientos principales de la empresa.

Valoración de cada Criterio

Para evaluar cada alternativa se procede a darle un valor de 1 a 5 a cada criterio dependiendo de su importancia (5: Muy importante - 1: poco importante)

- Rendimiento: 5
- Facilidad de limpieza: 5
- Costo: 4
- Fiabilidad: 4
- Mantenimiento y repuestos : 4
- Practicidad:4
- Ergonomía: 3

En esta etapa se evalúa cada alternativa dándole una calificación de 1 a 5 dependiendo de su desempeño (5: excelente – 1: malo)

5.3.2 Evaluación de cada subfunción

Tabla 4. Evaluación de alternativas para subfunción posicionar

Fuente: Elaboración propia

POSICIONAR	Alternativas			
	A. Banda transportadora automática	B. Banda rotatoria Automática	C. Bandeja transportadora	D. Manualmente
Rendimiento (5) x	5 = 25	4 = 20	4 = 20	2 = 10
Limpieza (5) x	4 = 20	4 = 20	4 = 20	5 = 25
Costo (4) x	2 = 8	2 = 8	5 = 20	5 = 20
Fiabilidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	3 = 12
Mantenimiento (4) x	3 = 12	3 = 12	5 = 20	5 = 20
Practicidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	3 = 12
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15	4 = 12	5 = 15
Total	112	107	124	114

Se ha escogido la alternativa **C. bandeja transportadora** por cumplir mejor con los criterios listados

Tabla 5. Evaluación de alternativas para subfunción almacenar

Fuente: Elaboración propia

ALMACENAR	Alternativas			
	A. Tanque abastecido manualmente	B. Motobomba	C. Compresor	D. Tanque por medio de la gravedad
Criterio/ Valoración				

Rendimiento (5) x	4 = 20	5 = 25	4 = 20	3 = 15
Limpieza (5) x	5 = 25	3 = 15	3 = 15	3 = 15
Costo (4) x	5 = 20	2 = 8	2 = 8	4 = 16
Fiabilidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	5 = 20
Mantenimiento (4) x	5 = 20	4 = 16	4 = 16	5 = 20
Practicidad (4) x	5 = 20	3 = 12	3 = 12	3 = 12
Ergonomía (3) x	3 = 9	5 = 15	5 = 15	5 = 15
Total	130	107	102	113

Se ha escogido la alternativa **A. Tanque abastecido manualmente con un balde** por cumplir mejor con los criterios listados.

Tabla 6. Evaluación de alternativas para subfunción activar

Fuente: Elaboración propia

ACTIVAR	Alternativas			
Criterio/ Valoración	A. Activación Electrónica (Microcontrolador)	B. Activación Eléctrica (suiches)	C. Activación Análoga (palancas)	D. Activación Manual
Rendimiento (5) x	5 = 25	4 = 20	4 = 20	3 = 15
Precisión (5) x	5 = 25	3 = 15	4 = 20	2 = 10
costo (4) x	3 = 12	4 = 16	4 = 16	5 = 20
Fiabilidad (4) x	5 = 20	5 = 20	4 = 16	3 = 12
Mantenimiento (4) x	4 = 16	4 = 16	3 = 12	5 = 20
Practicidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	3 = 12
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15	3 = 9	3 = 9
Total	129	118	109	98

Para esta subfuncion aplica otro criterio importante: “Precisión” que tiene una valoración de 5 y se retira “Limpieza” ya que no aplica

Se ha escogido la alternativa **A. Activación Electrónica (Microcontrolador)** por cumplir mejor con los criterios listados.

Tabla 7. Evaluación de alternativas para subfuncion dosificar
Fuente: Elaboración propia

DOSIFICAR	Alternativas			
Criterio/ Valoración	A. Cilindro neumático	B. Motobomba	C. Motor- reductor	D. Compresor
Rendimiento (5) x	5 = 25	4 = 20	4 = 20	4 = 20
Limpieza (5) x	4 = 20	3 = 15	4 = 20	4 = 20
Costo (4) x	2 = 8	2 = 8	3 = 12	3 = 13
Fiabilidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	4 = 16
Mantenimiento (4) x	3 = 12	3 = 12	4 = 16	4 = 16
Practicidad (4) x	3 = 12	4 = 16	4 = 16	4 = 12
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15	5 = 15	5 = 15
Total	108	102	115	110

Se ha escogido la alternativa **C. Motor- reductor** por cumplir mejor con los criterios listados, además es importante decir que otra de las consideraciones para elegirlo es que ya se cuenta con un motor con esta característica por lo que se ahorra dinero utilizándolo

Tabla 8. Evaluación de alternativas para subfunción envasar

Fuente: Elaboración propia

ENVASAR	Alternativas			
Criterio / Valoración	A. Sistema pistón	B. Sistema control de peso	C. Sistema overflow	D. Sistema Válvula contenedora
Rendimiento (5) x	5 = 25	4 = 20	4 = 20	3 = 15
Limpieza (5) x	4 = 20	4 = 20	3 = 15	3 = 15
Costo (4) x	4 = 16	2 = 8	2 = 8	4 = 16
Fiabilidad (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	5 = 20
Mantenimiento (4) x	4 = 16	4 = 16	4 = 16	5 = 20
Practicidad (4) x	5 = 20	3 = 12	3 = 12	4 = 16
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15	5 = 15	5 = 15
Total	128	107	102	117

Se ha escogido la alternativa **A. Sistema pistón** por cumplir mejor con los criterios listados.

Tabla9. Evaluación de alternativas para subfunción limpiar

Fuente: Elaboración propia

LIMPIAR	Alternativas	
Criterio / Valoración	A. Manualmente	B. Sistema de limpieza interno integrado
Rendimiento (5) x	4 = 20	4 = 20

Costo (4) x	5 = 20	3 = 12
Fiabilidad (4) x	5 = 20	5 = 20
Mantenimiento (4) x	5 = 20	4 = 16
Practicidad (4) x	4 = 16	4 = 16
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15
Total	111	99

Para esta subfunción no aplica el criterio “Limpieza” ya que esta subfunción es la encargada

Se ha escogido la alternativa **A. Manualmente** por cumplir mejor con los criterios listados.

Tabla 10. Evaluación de alternativas para subfunción integración

Fuente: Elaboración propia

CHASIS	Alternativas			
Criterio / Valoración	A. Estructura en hierro (cuadrada, redonda, en “L”)	B. Estructura en madera	C. Estructura en plástico	D. Estructura en lamina
Rendimiento (5) x	5 = 25	4 = 20	4 = 20	4 = 20
Limpieza (5) x	4 = 20	4 = 20	4 = 20	4 = 20
Costo (4) x	3 = 12	5 = 20	3 = 12	4 = 16
Fiabilidad (4) x	5 = 20	4 = 16	4 = 16	3 = 12
Mantenimiento (4) x	5 = 20	4 = 16	4 = 16	4 = 16
Practicidad (4) x	5 = 20	3 = 12	3 = 12	4 = 16
Ergonomía (3) x	5 = 15	5 = 15	5 = 15	5 = 15
Total	132	119	111	115

Se ha escogido la alternativa **A. Estructura en hierro** por cumplir mejor con los criterios listados.

5.4 TABLAS DE RESULTADOS

Luego de evaluados cada sistema secundario, se ha llegado a escoger la solución apropiada para cada uno, en la siguiente tabla se presentan los resultados

Tabla 11. Cuadro de alternativas escogidas para cada subfunción
Fuente: Elaboración propia

Subfuncion	Descripción	Idea seleccionada
Posicionar	Ubicación en el punto de llenado	Bandeja transportadora
Almacenar	Almacenar pintura que se va a envasar	Tanque abastecido manualmente
Activar	Calcular y dar la orden de dosificar	Activación Electrónica (Microcontrolador)
Dosificar	Tomar la cantidad de pintura que se necesita	Motor- reductor
Envasar	Verter la pintura dosificada en el envase	Sistema pistón
Limpiar	Remover los residuos de pintura de los componentes	Manualmente

Subsistema de Integración (Chasis)	Unir todos los componentes para su adecuado funcionamiento	Estructura en hierro (cuadrada, redonda, en "L")

6. DISEÑO DE LA MAQUINA

En esta etapa se hace una especificación concreta de la forma, dimensiones y tolerancias de cada uno de los componentes del producto, comenzando con un diseño general de las partes hasta concretar todos los subsistemas y detalles de cada componente.

6.1 PRIMER ACERCAMIENTO AL DISEÑO

Para tener un mejor entendimiento del producto como un todo, el primer acercamiento se desarrolla con el fin de obtener una forma general del chasis y del producto en general. De esta manera, se podrán responder ciertas preguntas básicas que se tenían al iniciar el proyecto: ¿Cómo están distribuidos espacialmente los componentes del producto en general? ¿Qué necesito mover y como es físicamente?

6.1.1 Consideraciones importantes en el diseño de la maquina envasadora

Gracias al PDS y al diagrama morfológico ya tenemos ciertos parámetros para el diseño de la maquina haciendo que las alternativas estén mas cercanas a lo que se desea diseñar, es importante decir en este momento que la maquina envasadora que se va a diseñar tiene como gran referente la jeringa que actualmente se utiliza para realizar el trabajo de envasado, ya que cuenta con características muy importantes como son:

- La fácil y rápida limpieza ya que sus partes se desensamblan fácilmente
- La sencillez de su sistema de llenado, que es muy efectivo y tiene un bajo costo
- La facilidad de utilización la hace mucho mas apropiada para bajas producciones (1000 envases por día).

Estas características se buscan implementar y optimizar en el diseño de la maquina, a su vez corregir y mejorar los puntos débiles de la jeringa utilizada actualmente:

- La postura del operario al utilizar la jeringa durante tiempos prolongados genera fatiga en los brazos y dolores de espalda (ver figura 25)
- No es muy efectiva para producciones de mas de 1000 envases por día
- La dosificación de pintura no es uniforme ya que el operario calcula “a ojo” la cantidad

Por lo tanto se puede decir que la nueva maquina seria un rediseño de la jeringa que se utiliza actualmente.

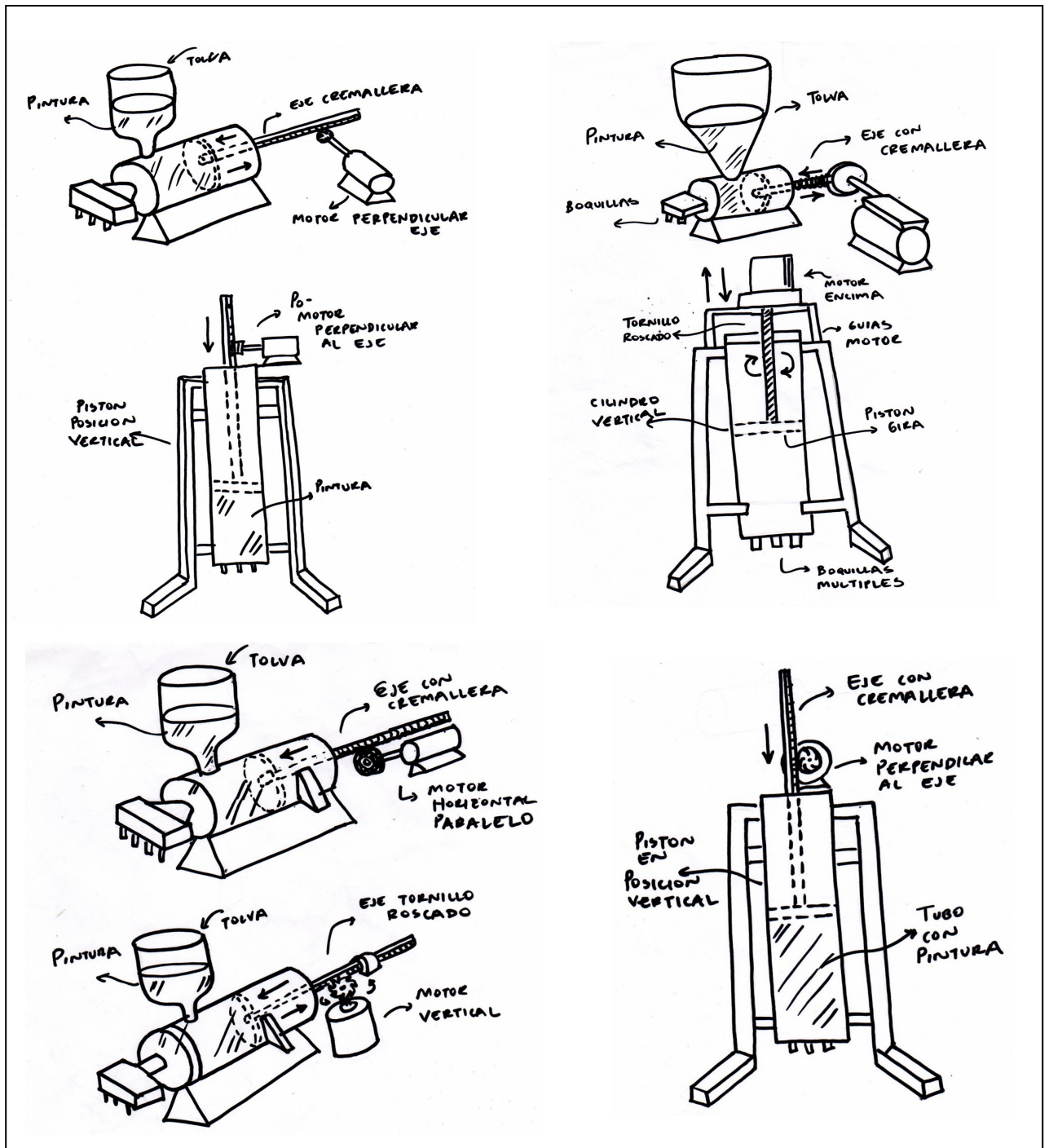


Figura 29. Primeras alternativas para el diseño de la envasadora

Fuente: Elaboración propia

Los bocetos presentados en la Figura 29, muestra distintas configuraciones de lo que podemos hacer con el sistema de motor-reductor y el sistema de pistón, de estos bocetos surge una pregunta muy importante que definirá el rumbo del diseño definitivo.

En que posición de colocara el pistón?

Las 2 opciones más razonables son vertical ú horizontal

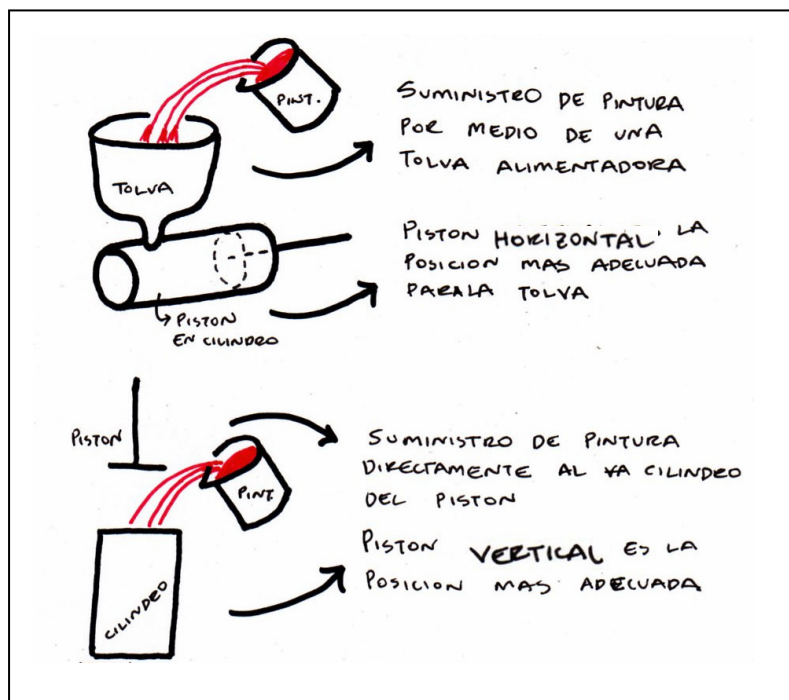


Figura 30. Posibles posiciones del pistón

Fuente: Elaboración propia

Si se opta por un pistón horizontal, la alimentación necesitara de un embudo o tolva para introducir la pintura en el cilindro del pistón. Dentro de las ventajas de este sistema esta el hecho de que se puede abastecer la pintura constantemente y

de una manera mas fácil que si fuera vertical, pero hay en esta posición al llenar el cilindro se generan burbujas que son difíciles de eliminar lo que produce irregularidades en la dosificación de pintura, además la limpieza se dificulta ya que hay que limpiar un elemento extra que seria el embudo ó tolva.

Si se opta por la posición vertical se haría necesario extraer el embolo para poder abastecer de pintura al cilindro. Dentro de las ventajas esta la facilidad de eliminar las burbujas ya que pueden salir fácilmente por arriba, además es posible aprovechar esta posición para colocar muchas mas boquillas alimentadoras, ya que se pueden ubicar dentro del perímetro del cilindro. **Por esta razón se ha optado por utilizar el pistón en posición vertical**

6.2 DISEÑO LOS SUBSISTEMAS

6.2.1 Subsistema Almacenamiento

Este subsistema esta encargado que contener la pintura dentro de la maquina para luego ser envasada, para cumplir con los requerimientos descritos en el PDS (ver tabla 2) se han tomados las consideraciones que se muestran en la siguiente figura

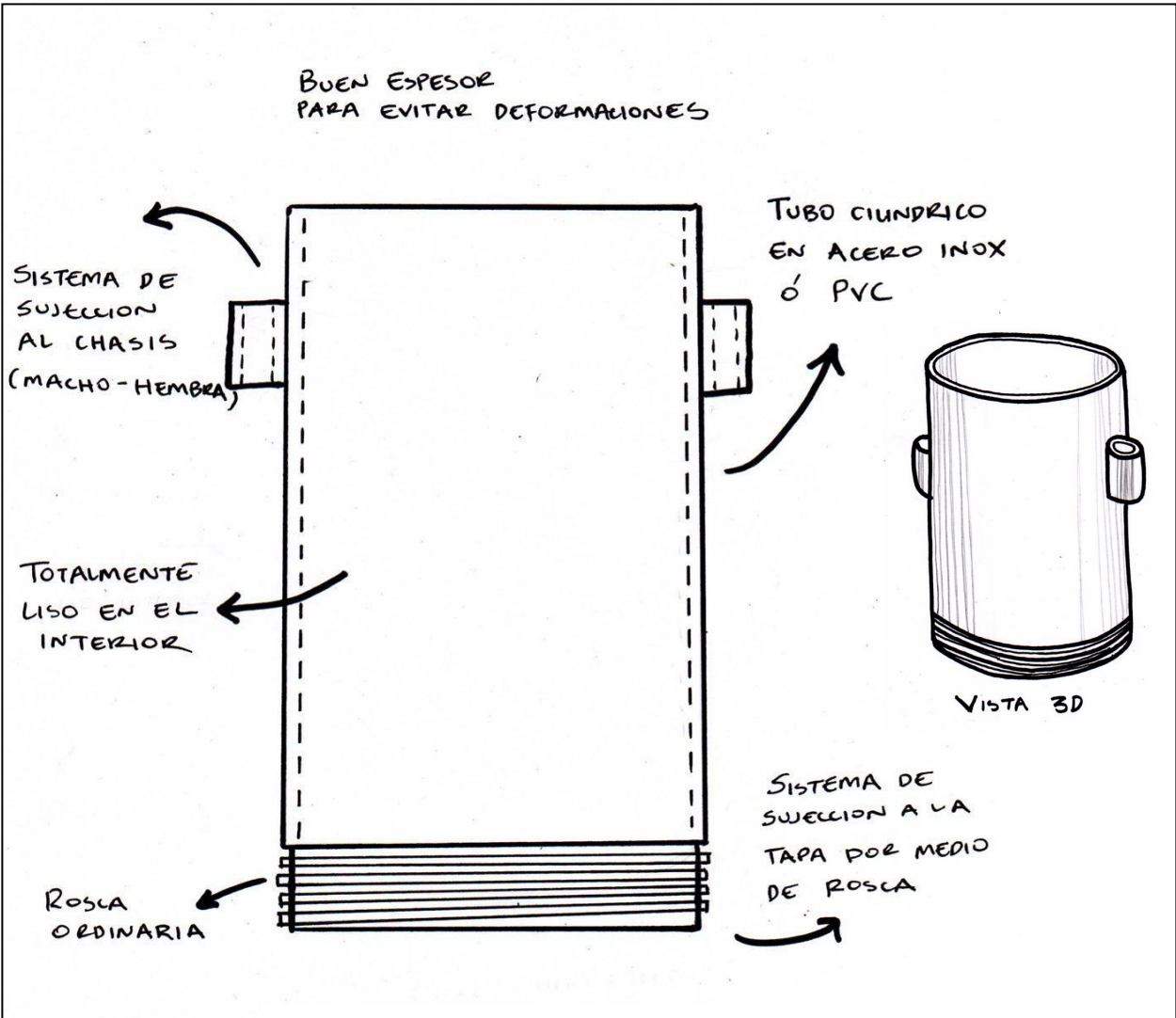


Figura 31. Sistema de almacenamiento – primeras ideas
 Fuente: Elaboración propia

Se a aprovechado la posición vertical del cilindro para ubicar las boquillas de alimentación dentro del perímetro del cilindro, por lo tanto el cilindro del pistón estará conectado directamente con las boquillas dentro de una sola pieza.

El diseño del tanque afectara directamente el numero de boquillas, ya que entre mas grande sea el diámetro del cilindro mas boquillas pueden colocarse

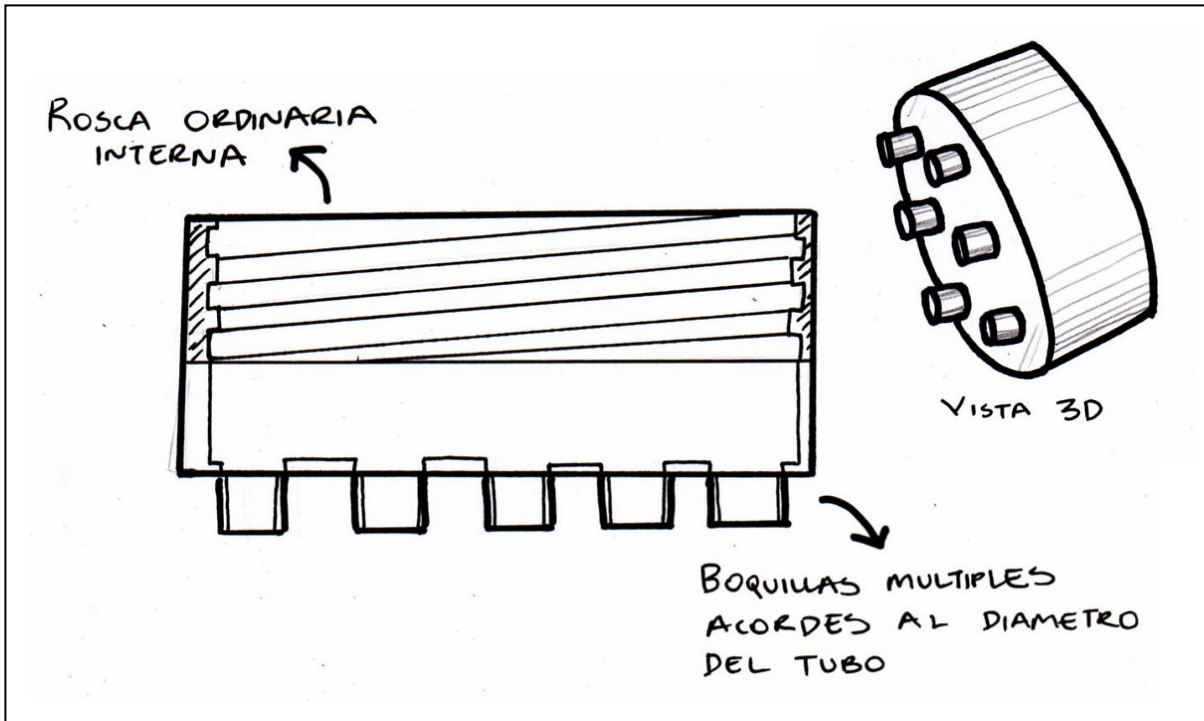


Figura 32. Sistema complementario – Boquillas

Fuente: Elaboración propia

Se debe diseñar un sistema que una la boquillas y el cilindro de manera hermética, ya que la presión ejercida por el pistón puede hacer que la pintura se filtre por la superficie de unión.

Inicialmente se había pensado en un sistema de rosca como se ve en las figuras 31 y 32, pero se ha desechado ya que es muy difícil y costoso maquinar cilindros de gran tamaño lo que limitaría el diámetro final de este, además si la rosca se desgasta mucho se hace necesario reemplazar toda la pieza.

Se ha optado por utilizar un aro alrededor del cilindro que tendrá unidos 4 tornillos de los cuales 2 sujetaran las boquillas y los otros 2 sujetaran el cilindro al chasis

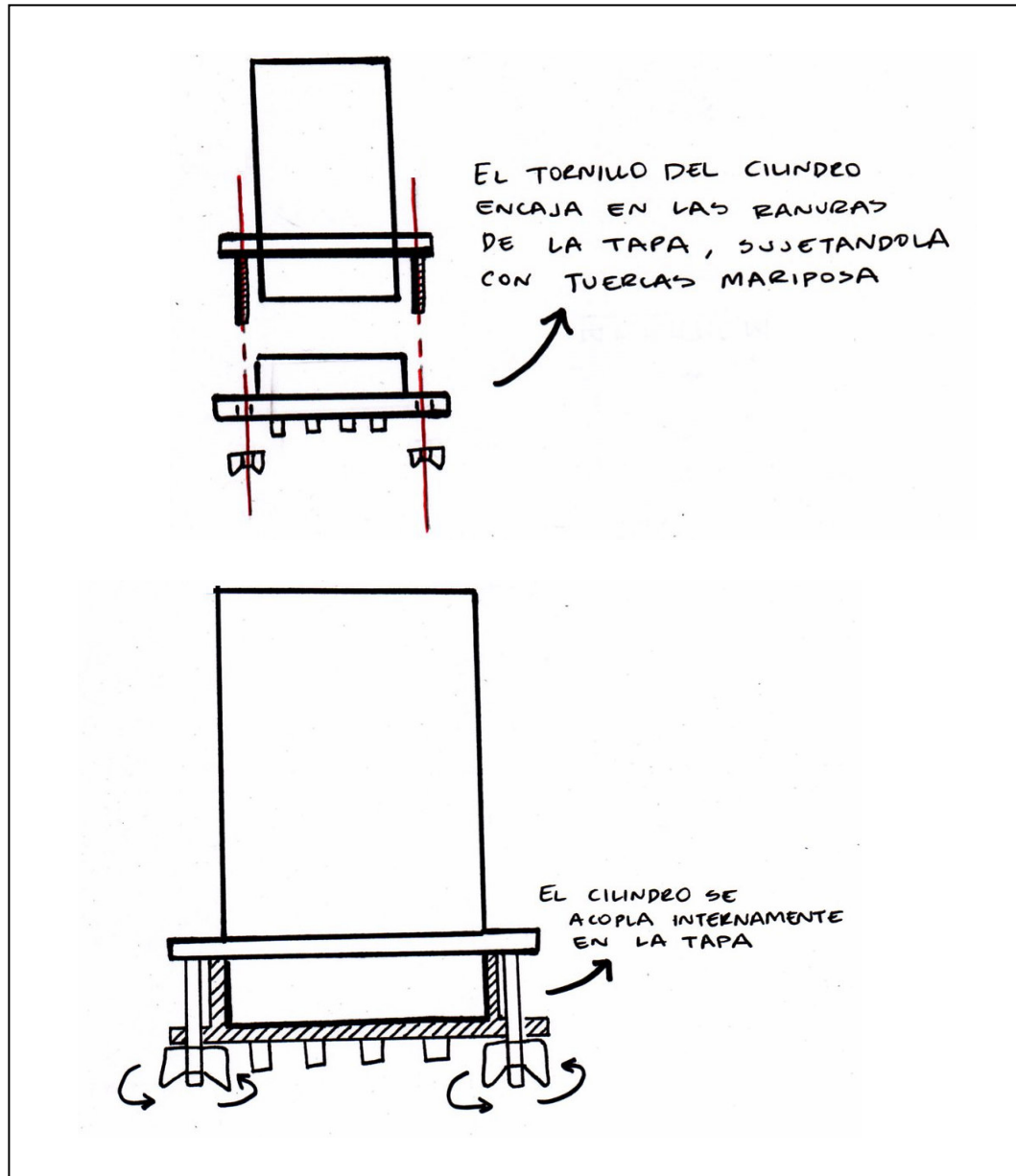


Figura 33. Sistema complementario – acople cilindro con boquilla

Fuente: Elaboración propia

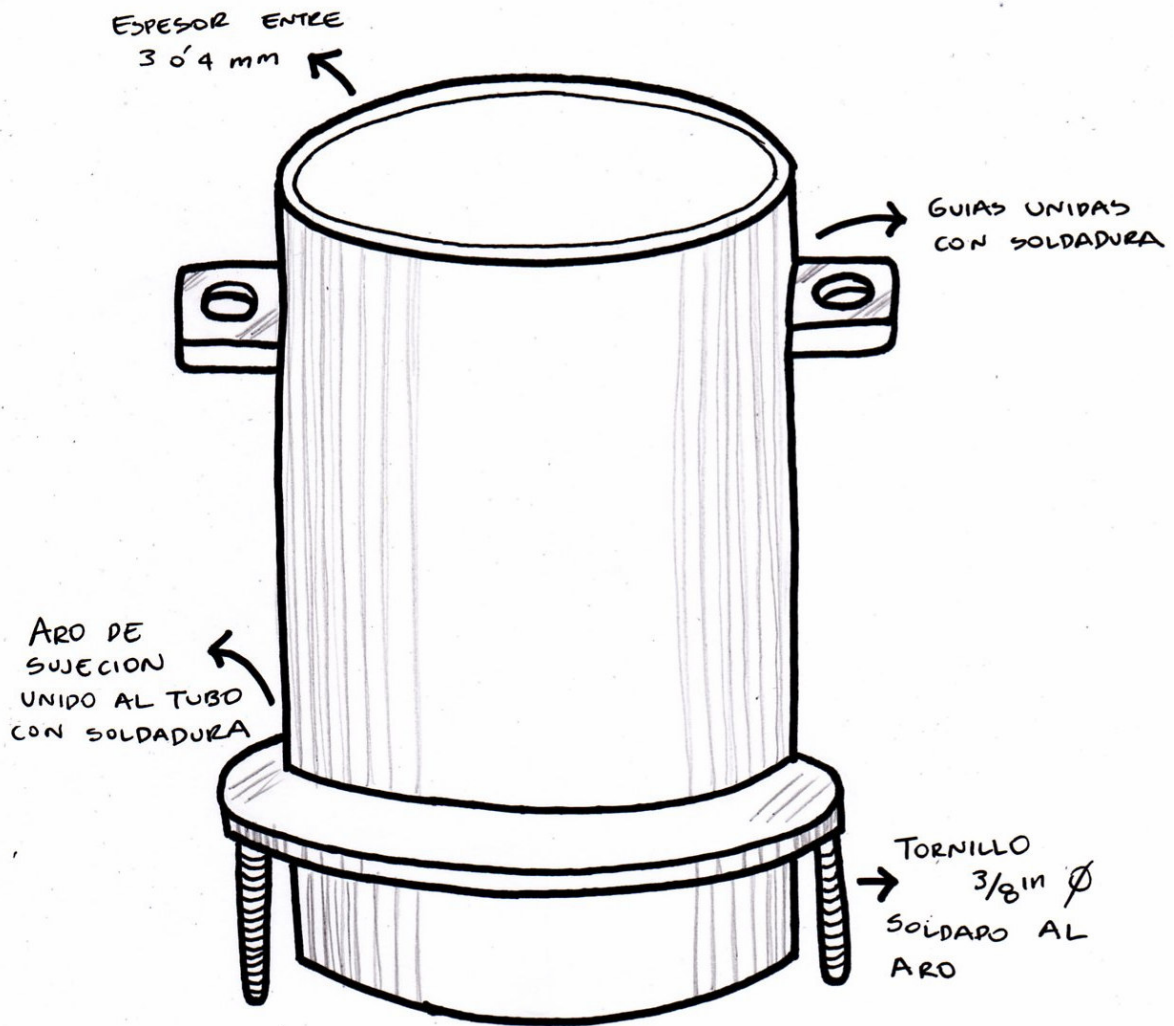


Figura 34. Sistema almacenamiento – diseño final
Fuente: Elaboración propia

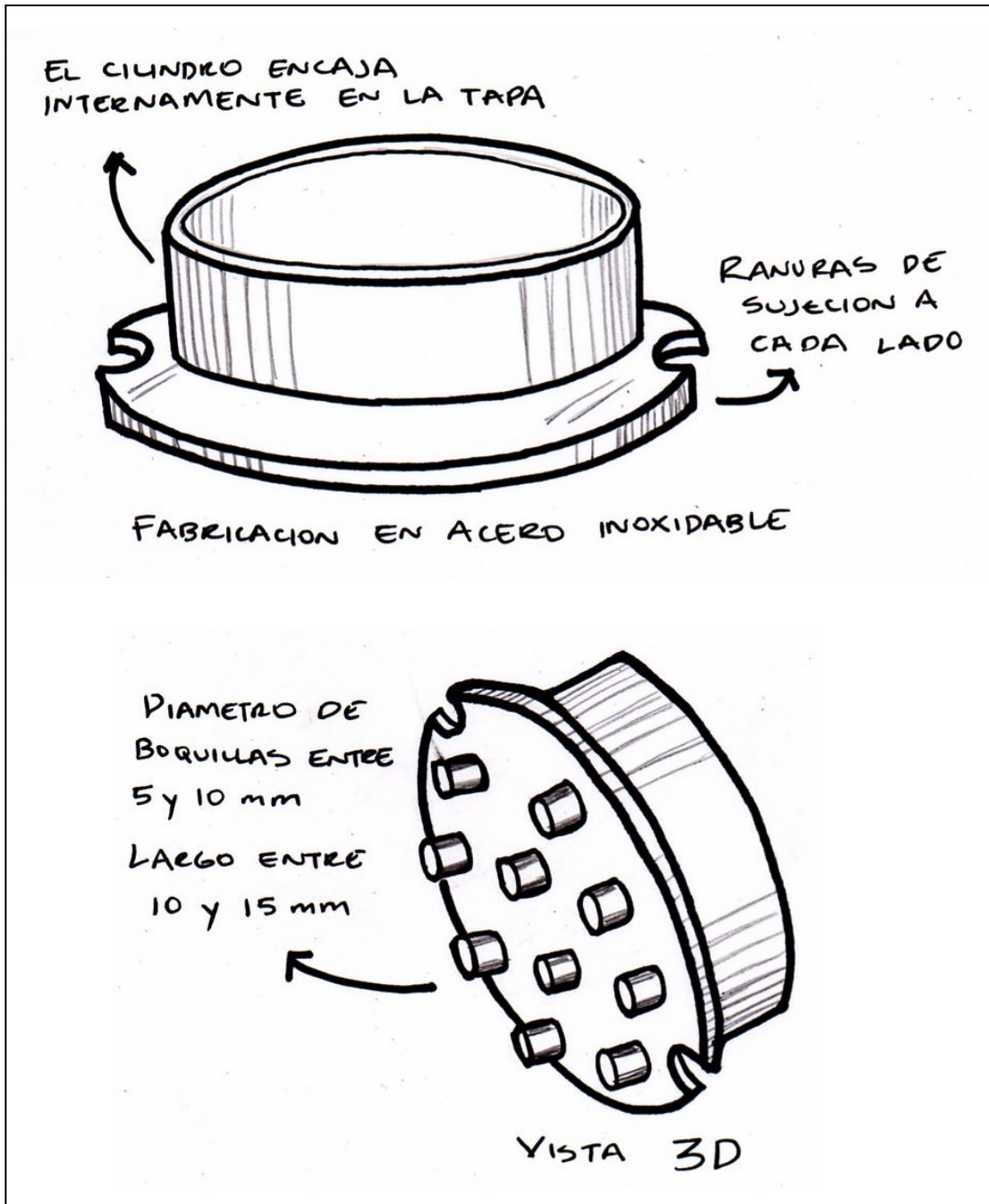


Figura 35. Sistema complementario – Boquillas diseño final

Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2 Modelación 3D

Se utilizo PRO/ ENGINEER como software de modelación 3D para el diseño de detalle y verificación de medidas

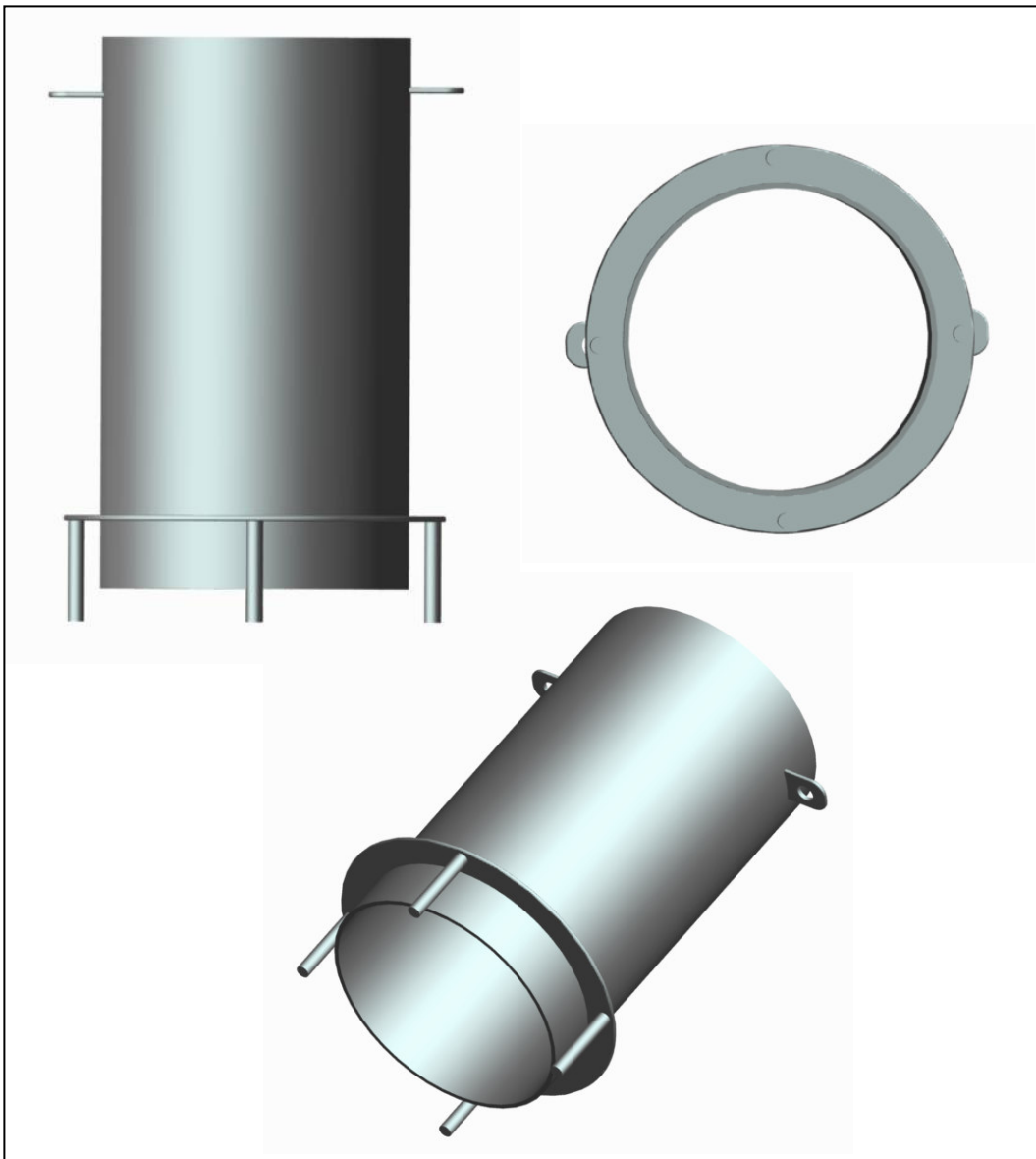


Figura 36. Sistema de almacenamiento – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

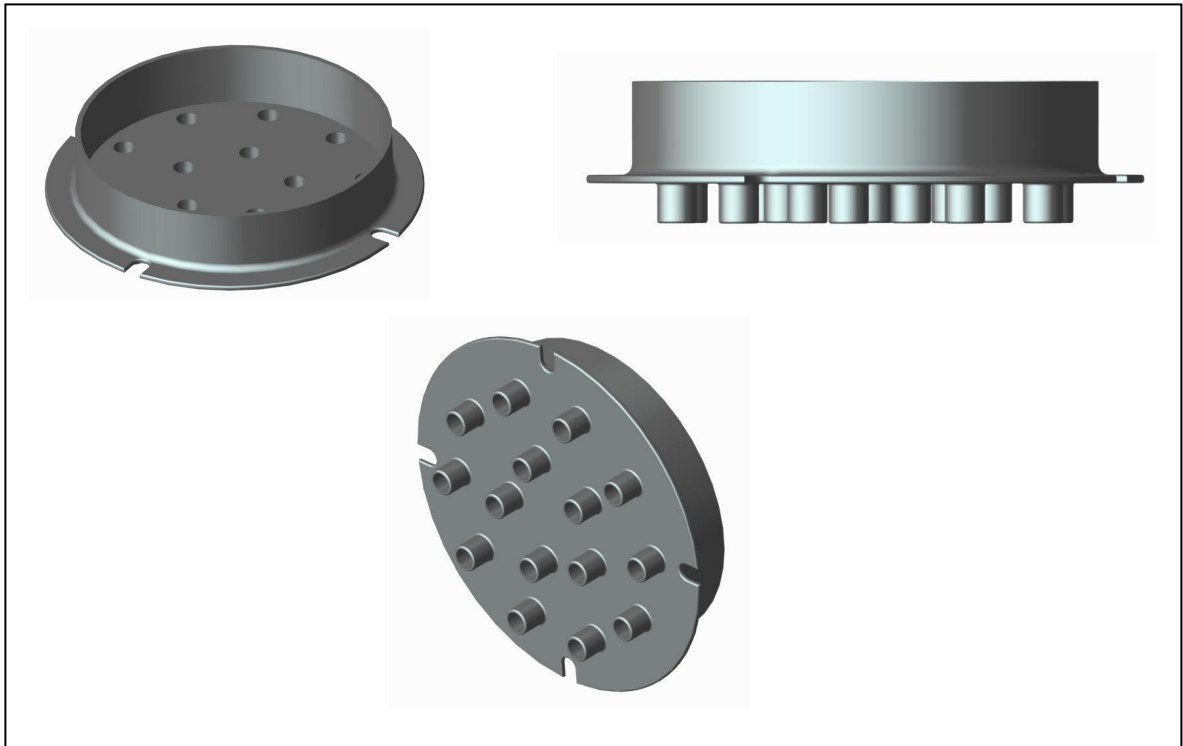


Figura 37. Sistema Complementario boquillas– modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

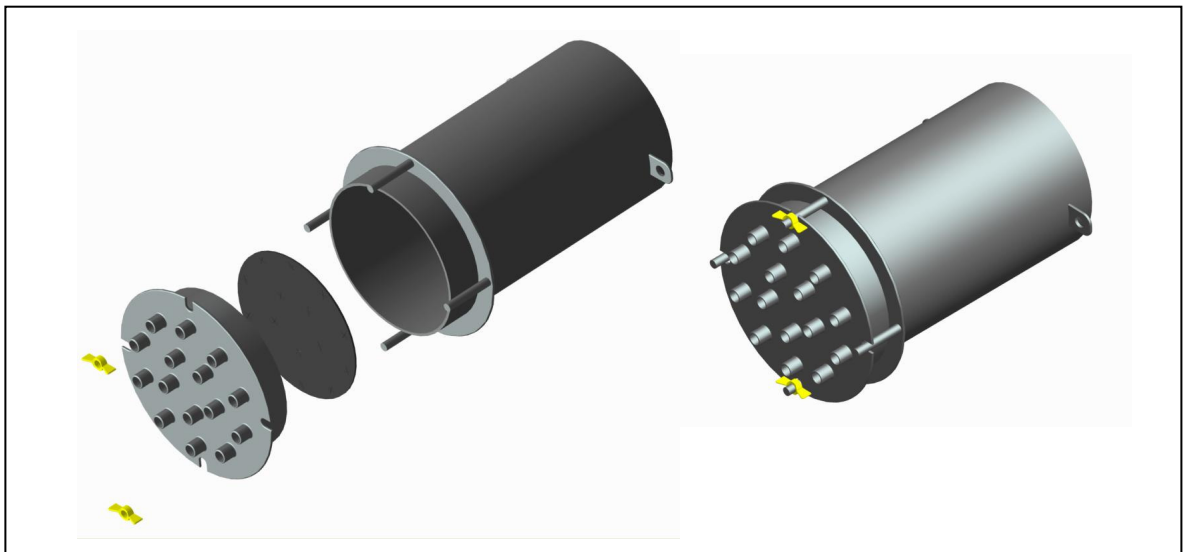


Figura 38. Sistema de acople boquillas cilindro – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.2.2 Subsistema Dosificar

Este subsistema es el encargado de separar o seleccionar la cantidad de pintura necesaria para llenar los envases, en este caso se utilizara un motor reductor de corriente directa (DC) que permite girar en las 2 direcciones, este tendrá como función mover hacia delante y atrás el pistón que envasara la pintura, por lo tanto es necesario diseñar un mecanismo que aproveche la rotación del motor para mover el pistón, dentro de la investigación se encontraron las siguientes alternativas.

6.2.2.1 Sistema de Piñón – Cremallera

El sistema está formado por un piñón (rueda dentada) que engrana perfectamente en una cremallera.

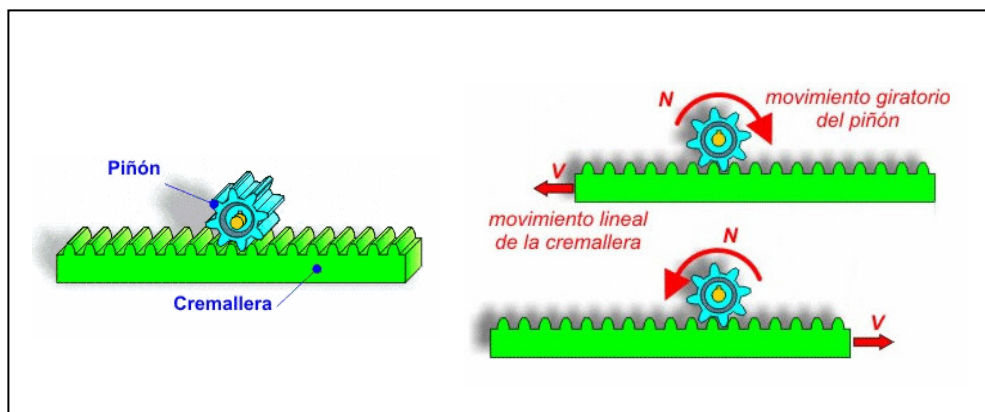


Figura 39. Concepto sistema piñón- cremallera

Fuente: www.iesmarenostrium.com

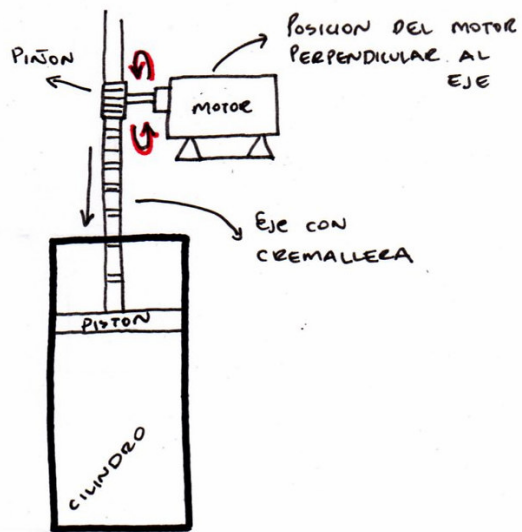


Figura 40. Boceto posible utilización sistema piñón - cremallera
 Fuente: Elaboración propia

6.2.2.2 Sistema de leva

Este sistema permite obtener un movimiento lineal alternativo, o uno oscilante, a partir de uno giratorio

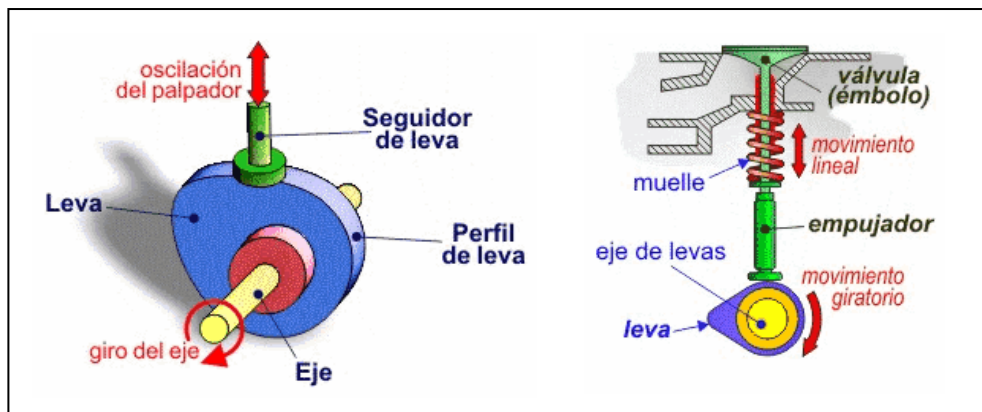


Figura 41. Concepto sistema leva
 Fuente: www.iesmarenostrum.com

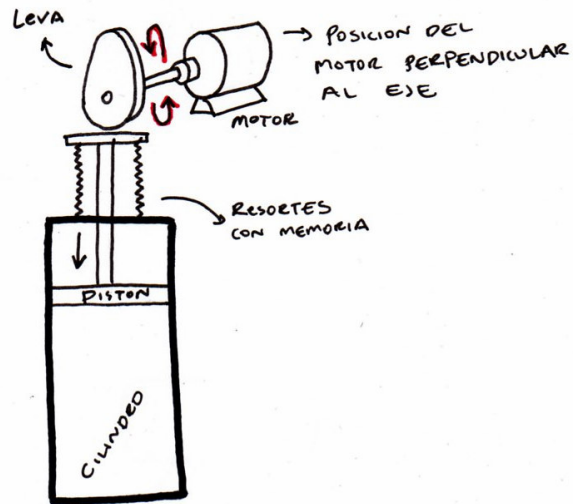


Figura 42. Boceto posible utilización sistema leva
 Fuente: Elaboración propia

6.2.2.3 Sistema tornillo sinfín

Este sistema utiliza un tornillo asociado a una superficie ú orificio roscado para transmitir el movimiento

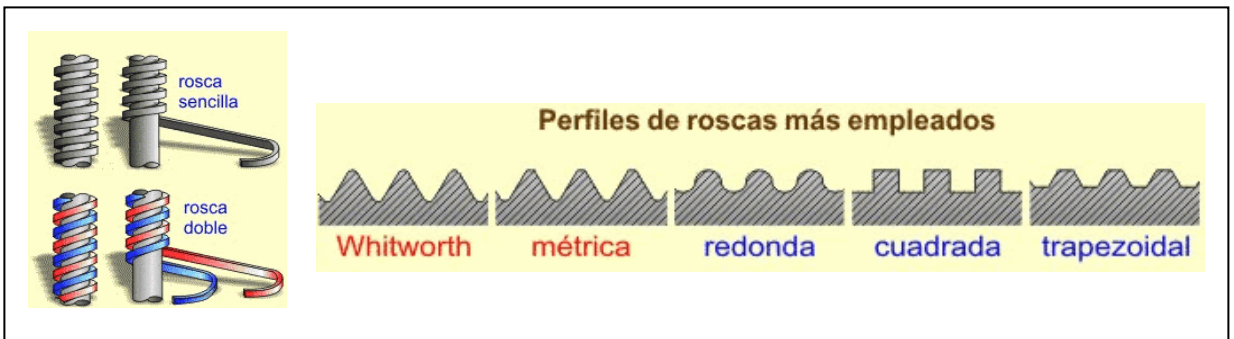


Figura 43. Tipos de roscas comunes
 Fuente: www.iesmarenosturum.com

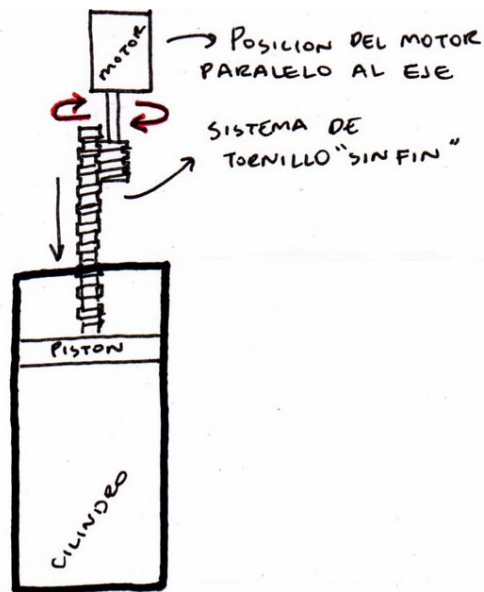


Figura 44. Boceto posible utilización sistema tornillo sin fin

Fuente: Elaboración propia

Luego de analizar cada alternativa y buscar información sobre estos mecanismos se ha realizado una tabla con sus ventajas y desventajas

Tabla 12. Cuadro comparativo de los 3 sistemas de transmisión de movimiento

Fuente: Elaboración propia

Mecanismo	Piñón - cremallera	Leva	Tornillo sin fin
Características	Alta precisión Sencillez Adecuado para transmitir movimientos lineales	Solo permite un movimiento predeterminado Adecuado para movimientos cíclicos de alta velocidad	Buena precisión Sencillez Recomendado para transmitir potencia o movimiento

Se ha seleccionado el sistema de tornillo sin fin, ya que para se requiere de buena precisión para la dosificación y además de buena potencia para ejercer presión sobre en pistón

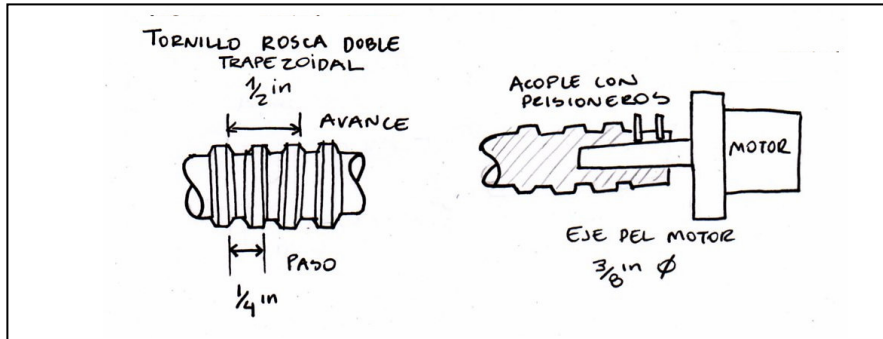


Figura 45. Boceto posibles dimensiones y acople motor del tornillo sinfín

Fuente: Elaboración propia

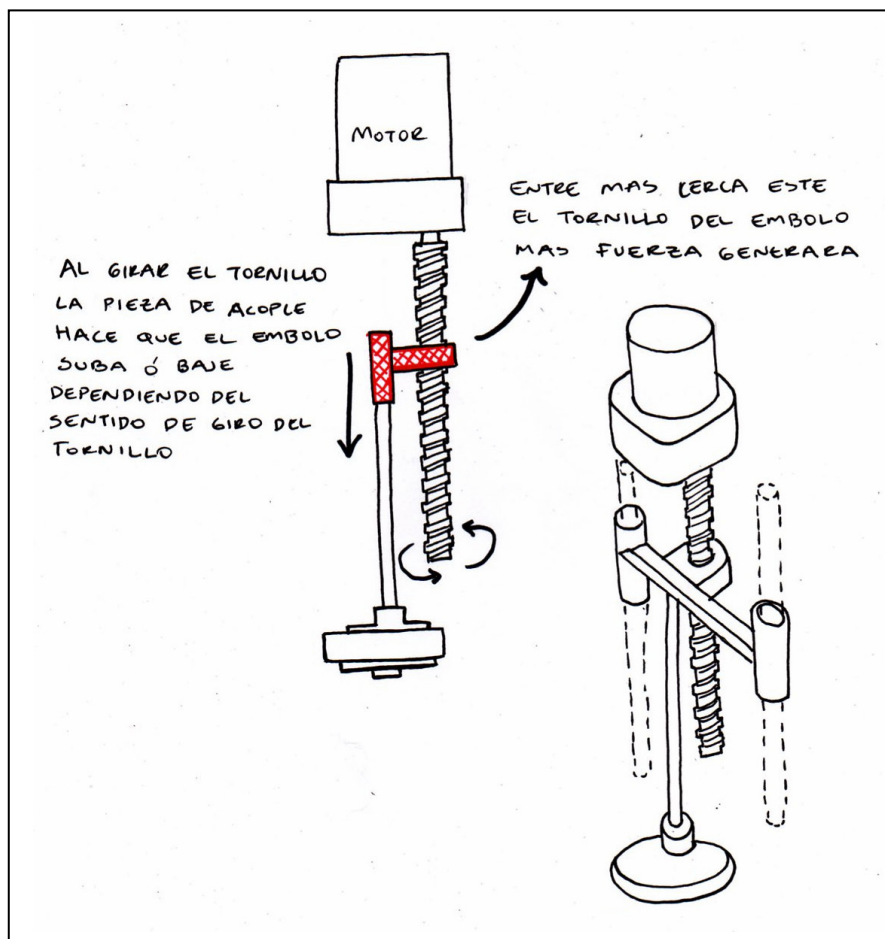


Figura 46.

Planteamiento del funcionamiento y acople motor con tornillo sinfín
Fuente: Elaboración propia

6.2.3 Subsistema de envasado

Este subsistema se encarga de tomar la pintura dosificada y transportarla hasta el envase, para esto se ha seleccionado el sistema de pistón, para diseñarlo se han tomado en cuenta las consideraciones mostradas en la siguiente figura

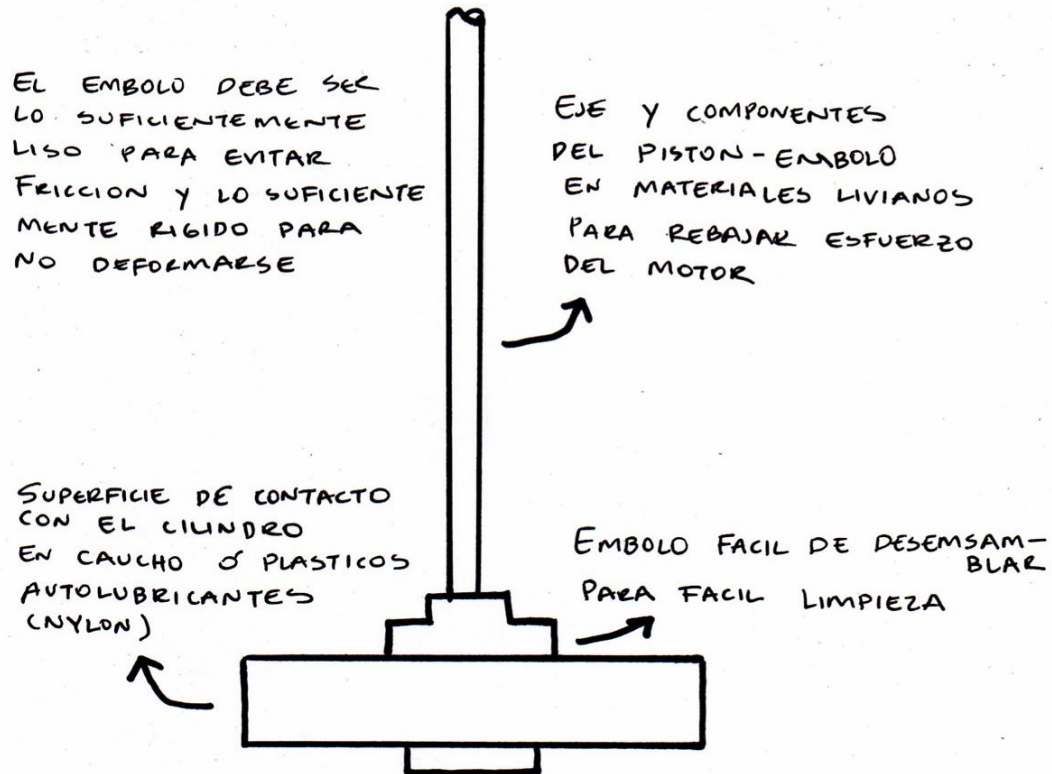


Figura 47. Planteamiento de requerimientos para el diseño del pistón - embolo

Fuente: Elaboración propia

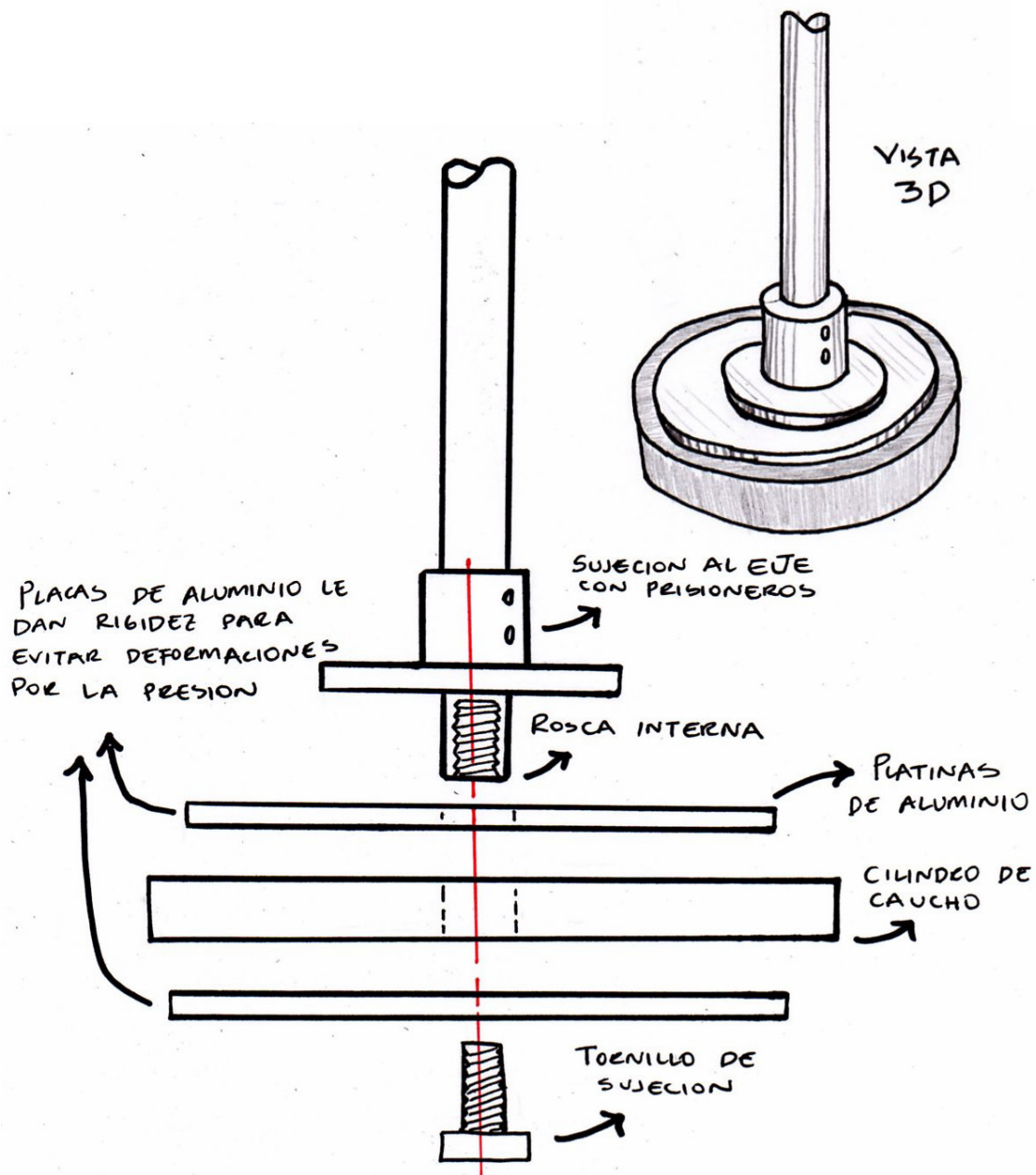


Figura 48. Sistema de envasado – diseño final

Fuente: Elaboración propia

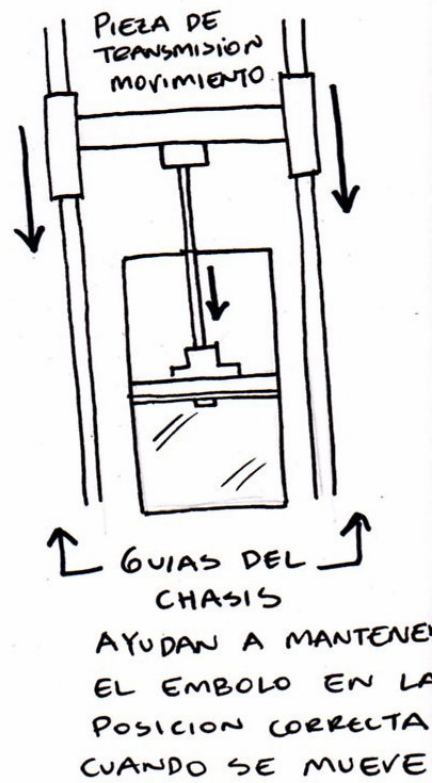
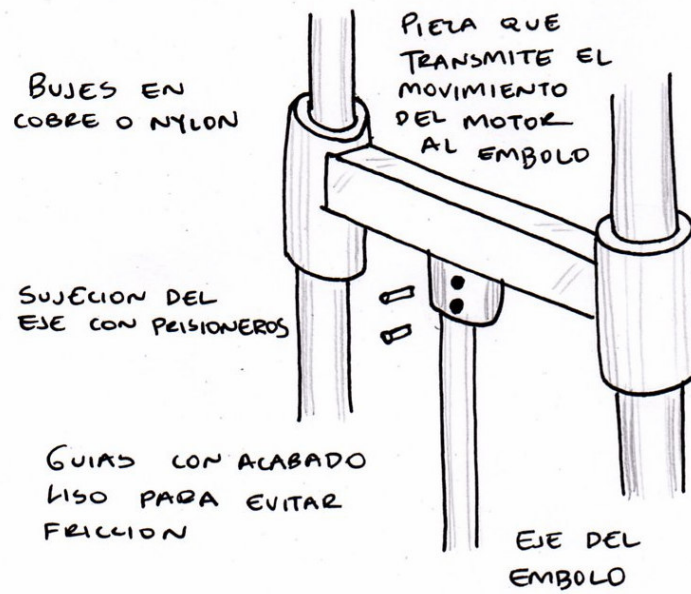


Figura 49. Alternativa acople pistón-embolo con chasis

Fuente: Elaboración propia

6.2.3.1 Modelación 3D

Se utilizó PRO/ENGINEER como software de modelación 3D para el diseño de detalle y verificación de medidas

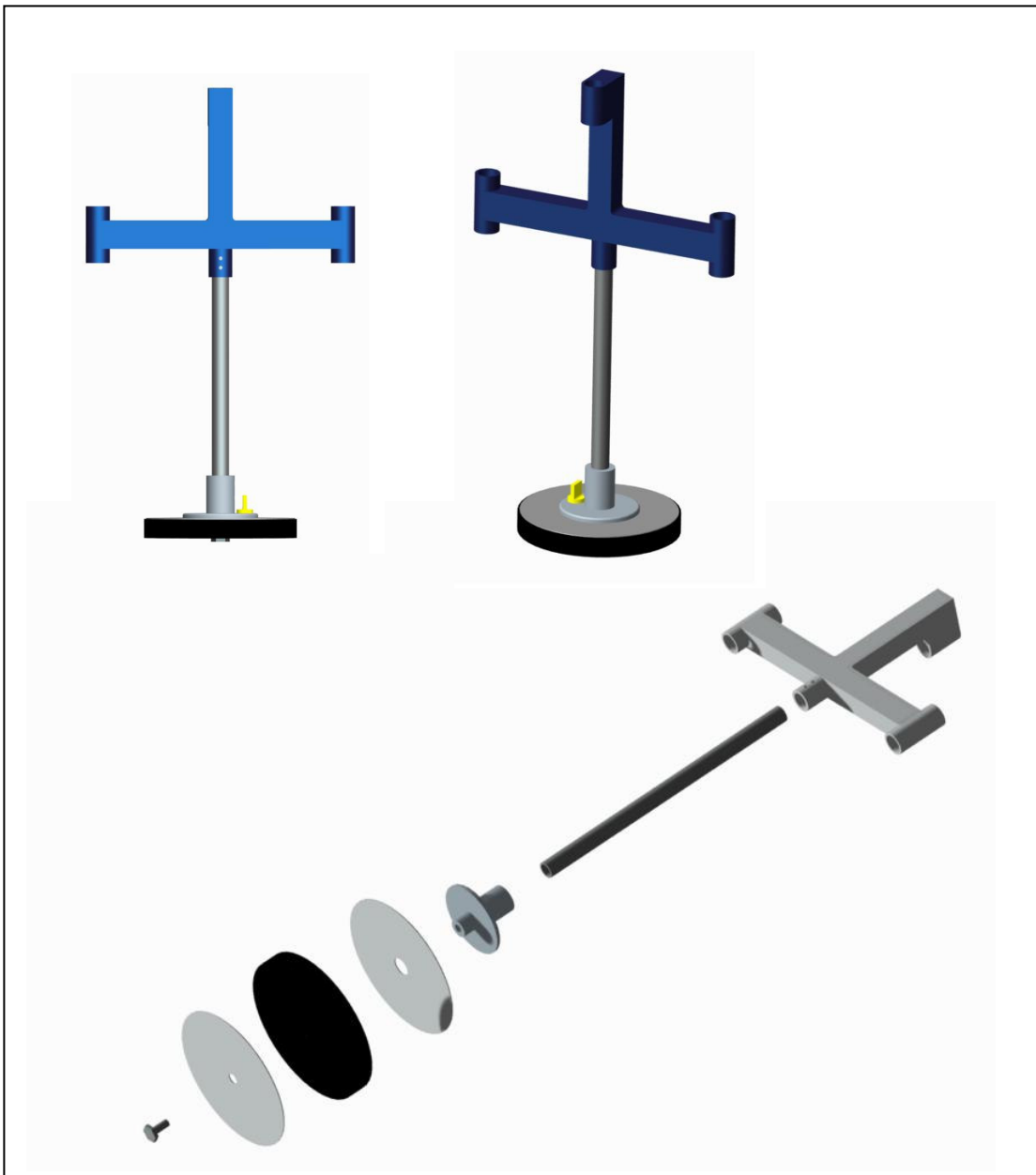


Figura 50. Sistema de envasado – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.2.4 Subsistema de integración (Chasis)

Este subsistema se encarga de unir todos los componentes de la maquina para que funcionen de manera optima, para diseñarlo se han tomado las consideraciones mostradas en la siguiente figura

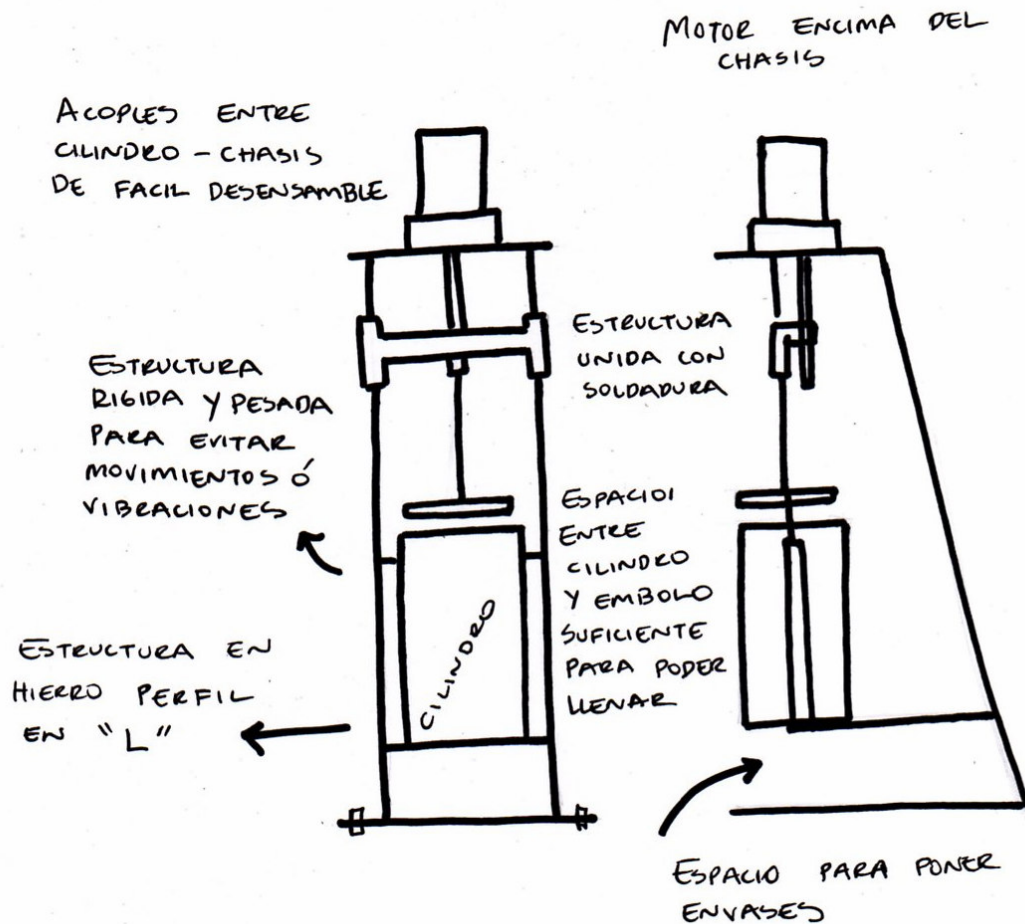


Figura 51. Planteamiento de requerimientos para el diseño del chasis

Fuente: Elaboración propia

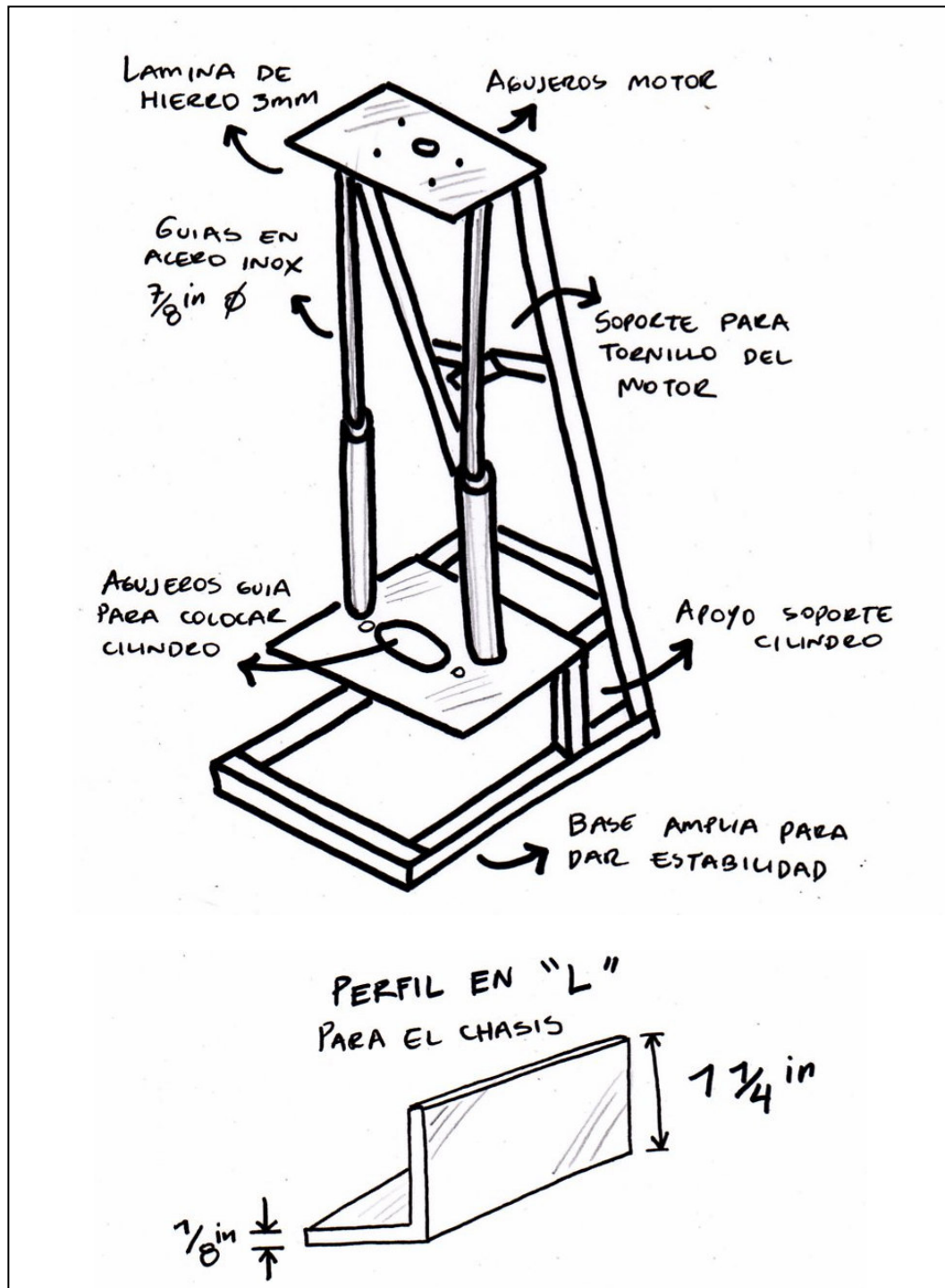


Figura 52. Chasis – diseño final

Fuente: Elaboración propia

6.2.4.1 Modelación 3D

Se utilizó PRO/ENGINEER como software de modelación 3D para el diseño de detalle y verificación de medidas

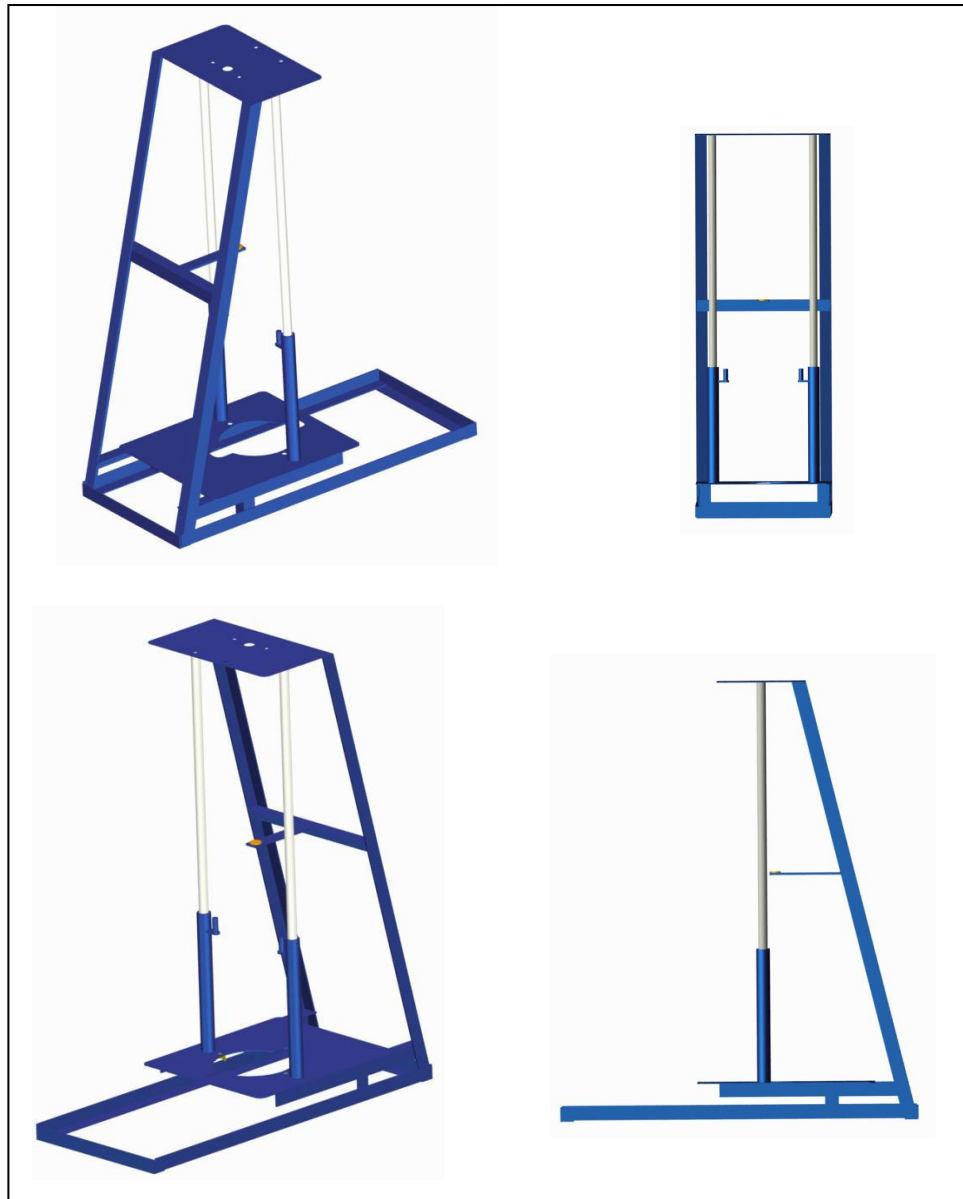


Figura 53. Chasis – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E



Figura 54. Explosión chasis – modelación 3D
Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.2.5 Subsistema de Posicionar y retirar envases

Este subsistema se encarga de posicionar los envases para que sean llenados y luego de esto se procede a retirarlos. Se selecciono en el diagrama morfológico (ver tabla 3) diseñar una bandeja transportadora que será colocada y removida manualmente, para esto se han tomado las consideraciones mostradas en la siguiente figura

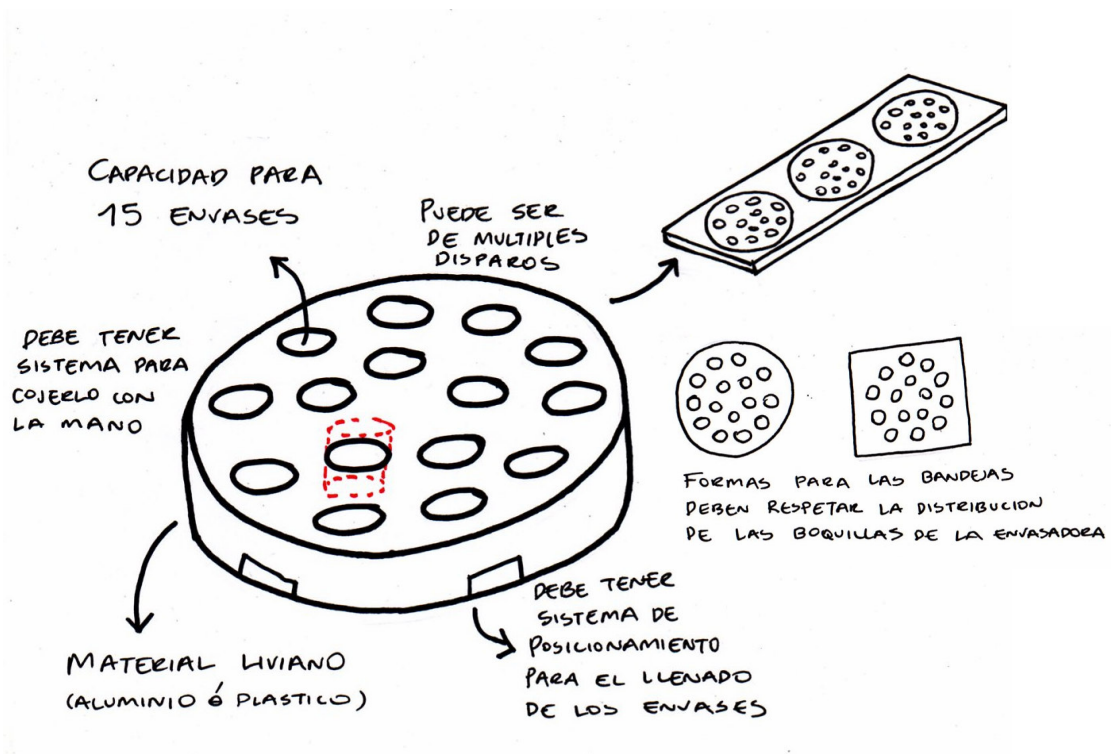


Figura 55. Planteamiento de requerimientos para el diseño de la bandeja

Fuente: Elaboración propia

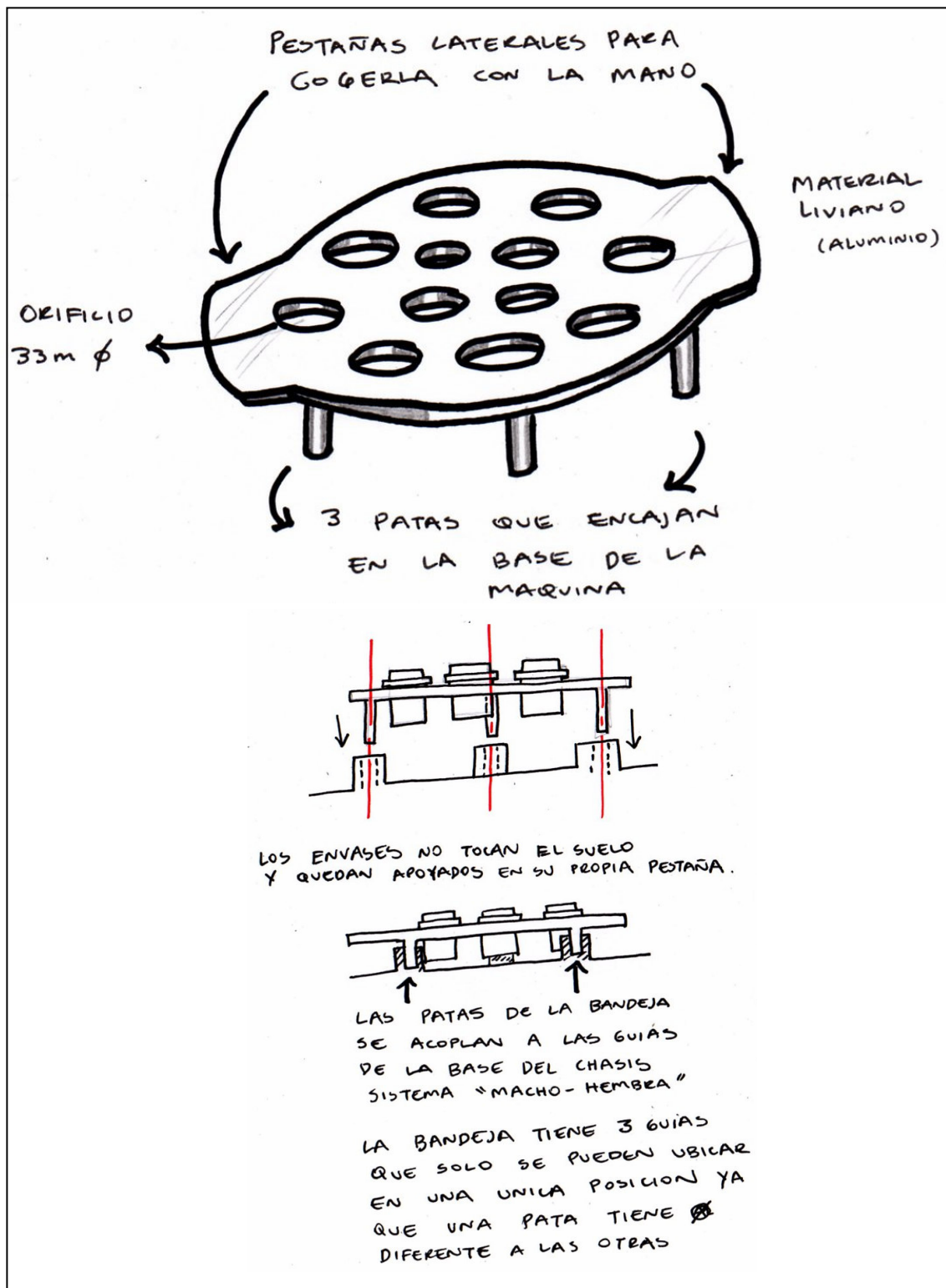


Figura 56. Sistema de posicionar y retirar envases – diseño final

Fuente: Elaboración propia

6.2.5.1 Modelación 3D

Se utilizó PRO/ENGINEER como software de modelación 3D para el diseño de detalle y verificación de medidas

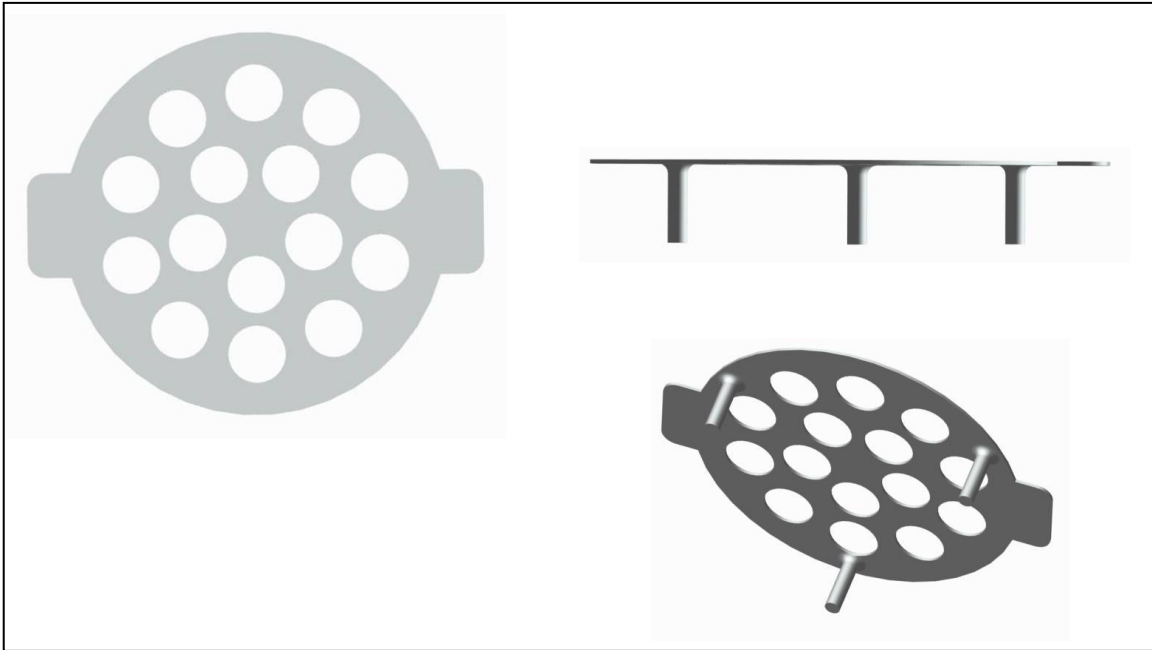


Figura 57. Chasis – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

Figura 58. Detalle bandeja con envases – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.2.6 Subfuncion de activar

Esta subfuncion es la encargada de ordenar cuanta cantidad de pintura debe ser dosificada, para esto se utilizara un sistema electrónico controlado por un circuito integrado.

Al apretar un suiche (pedalera en este caso) el circuito le da la orden al motor de activarse y funcionar por determinado tiempo para que baje el pistón y a su vez llenar los envases

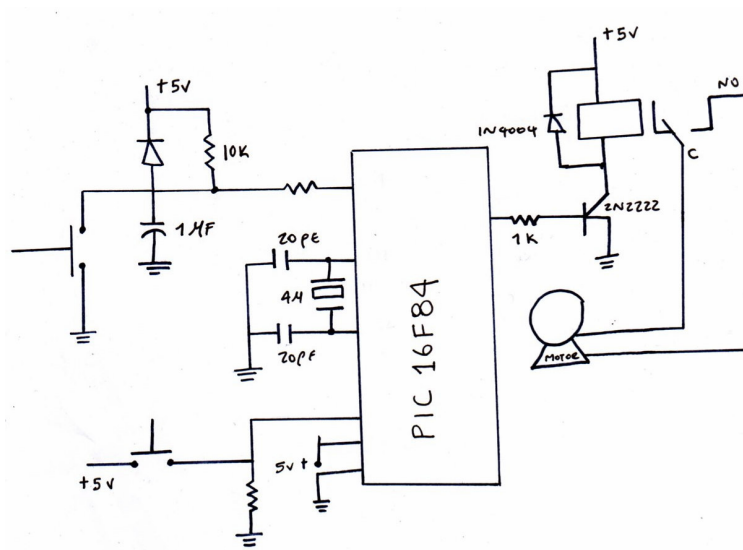


Figura 59. Plano electrónico del sistema de activación del motor

Fuente: Hugo Alberto Murillo- Director Laboratorios de Física y Control

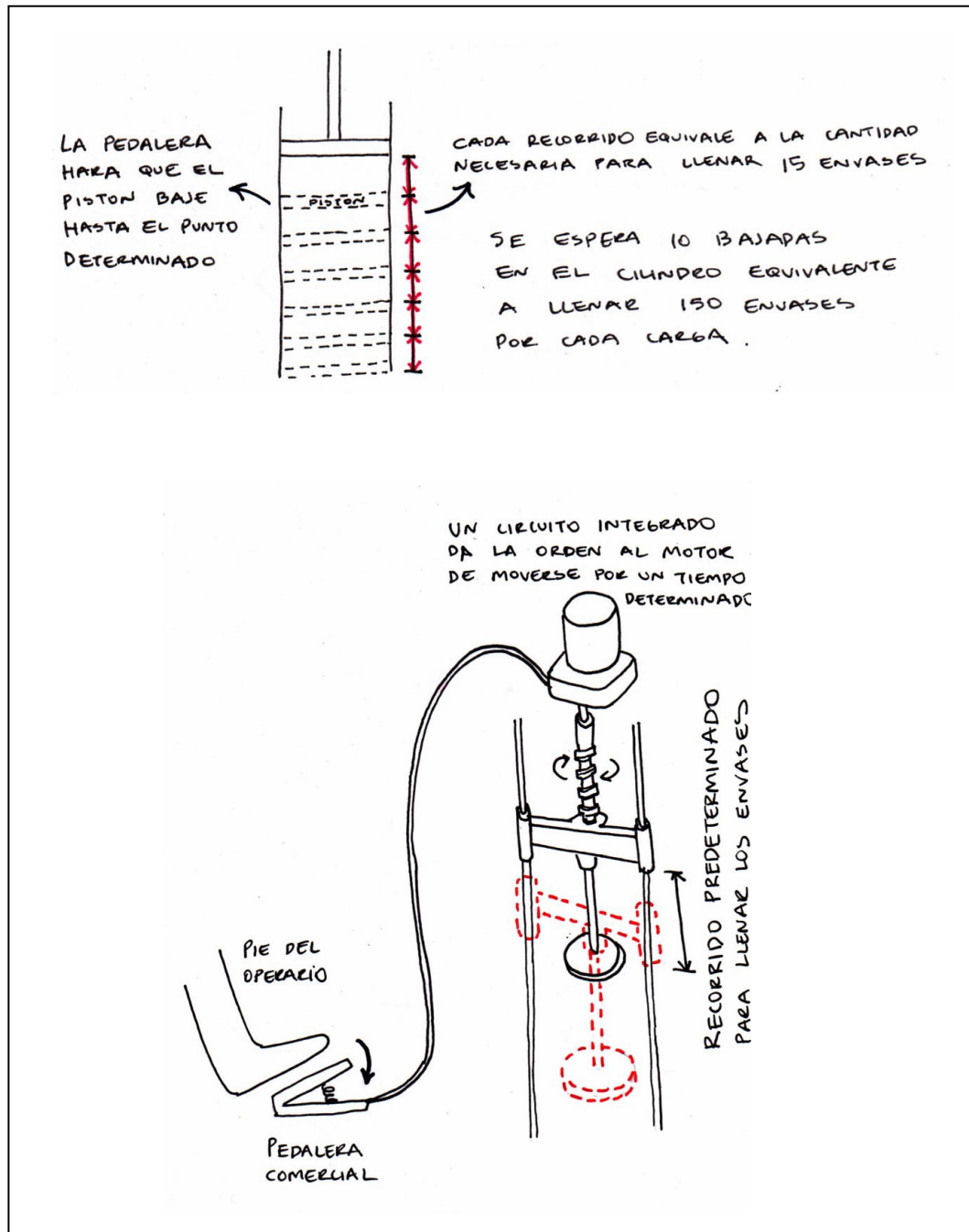


Figura 60. Sistema de activación del motor – concepto seleccionado

Fuente: Elaboración propia

6.2.6.1 Modelación 3D

Se utilizó PRO/ENGINEER como software de modelación 3D para el diseño de detalle y verificación de medidas



Figura 61. Detalle conjunto embolo-tornillo-motor
Fuente: Elaboración propia en pro/E



Figura 62. Detalle pistón dentro del cilindro – modelación 3D
Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.3 Diseño de detalles

Para el acople de el cilindro al chasis se utilizaran 2 tornillos que encajaran en 2 orificios guía y se aseguraran con 2 tuercas mariposas de fabricación comercial

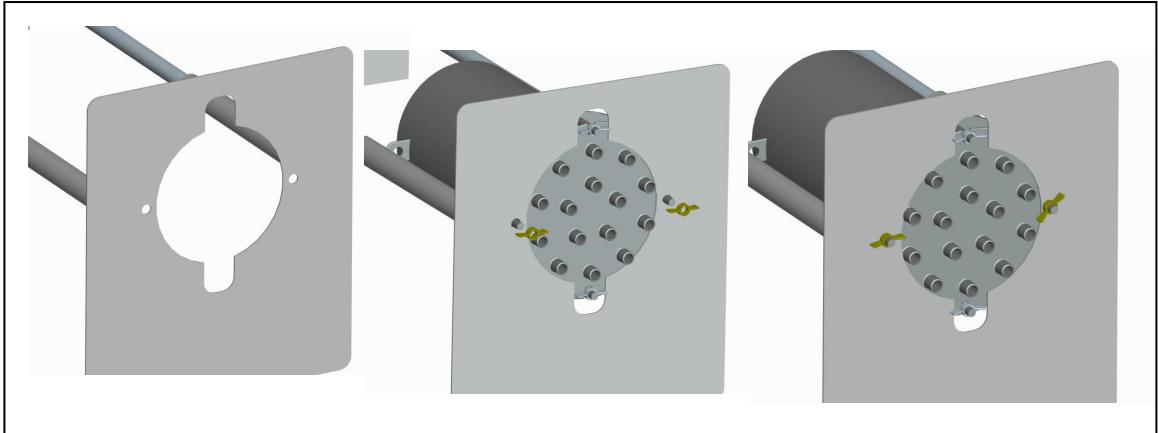


Figura 63. Detalle paso a paso del acople cilindro al chasis – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

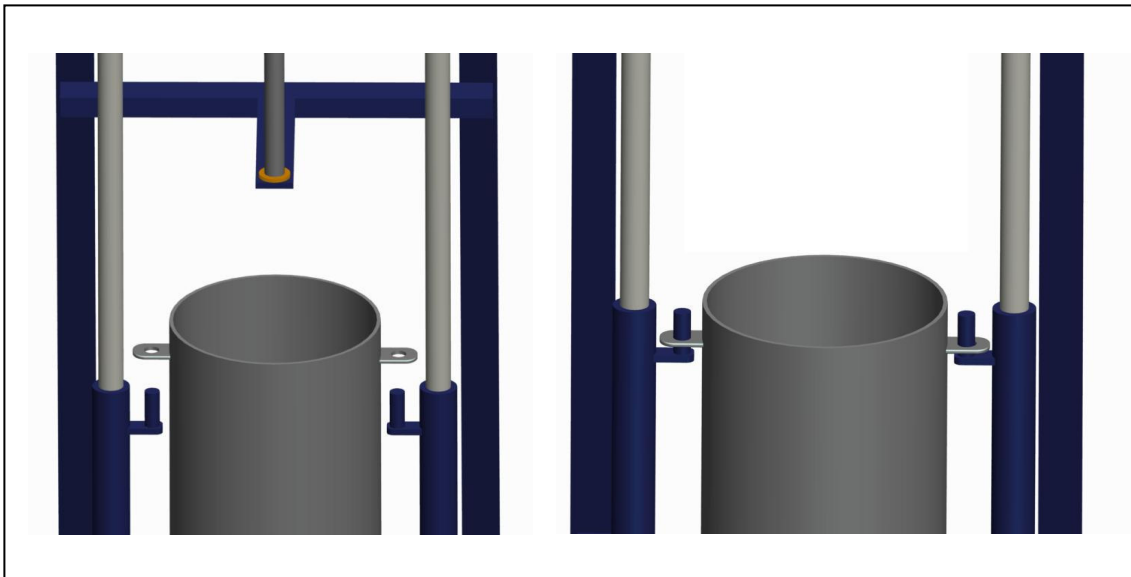


Figura 64. Detalle paso a paso del acople cilindro al chasis – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

Debe haber un sistema de movimiento y posicionamiento del pistón – embolo, ya que es necesario sacar el pistón del cilindro para poder llenarlo de pintura repetir el procedimiento.

Se utilizan 2 suiches ubicados a los lados, uno para subir el pistón y otro para bajarlo y ponerlo en la posición inicial del envasado, para evitar que el pistón se choque con el chasis, se colocaran 2 microsiches en los extremos del chasis para detener automáticamente el motor cuando este lo activa

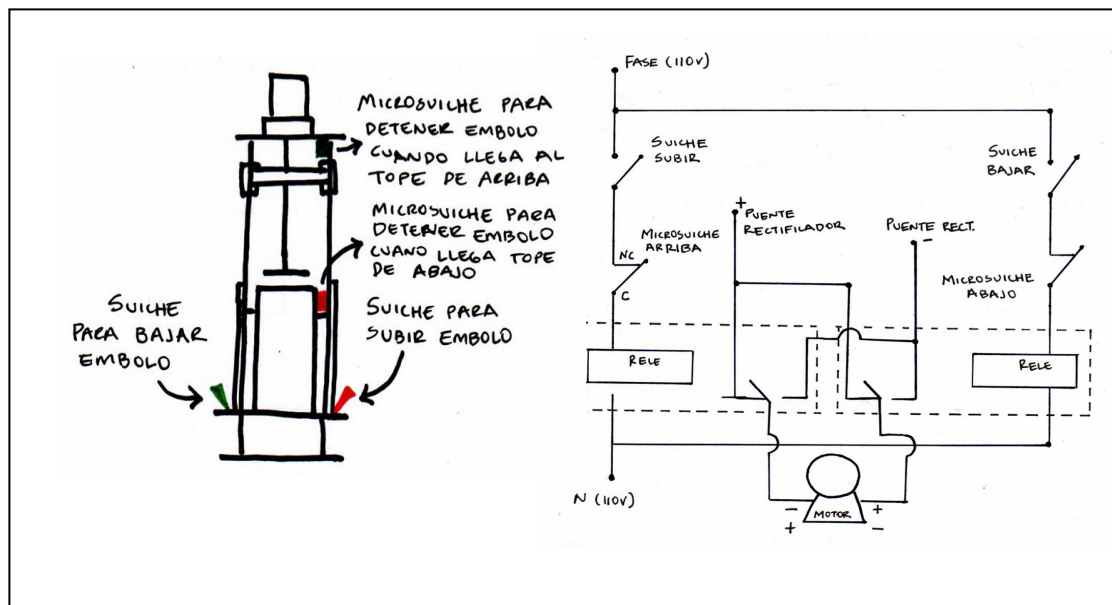


Figura 65. Plano eléctrico del sistema de activación del motor

Fuente: Hugo Alberto Murillo- Director Laboratorios de Física y Control

Figura 66. Detalle ubicación suiches – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

Se hace necesario diseñar un sistema para liberar el aire que queda atrapado dentro del cilindro

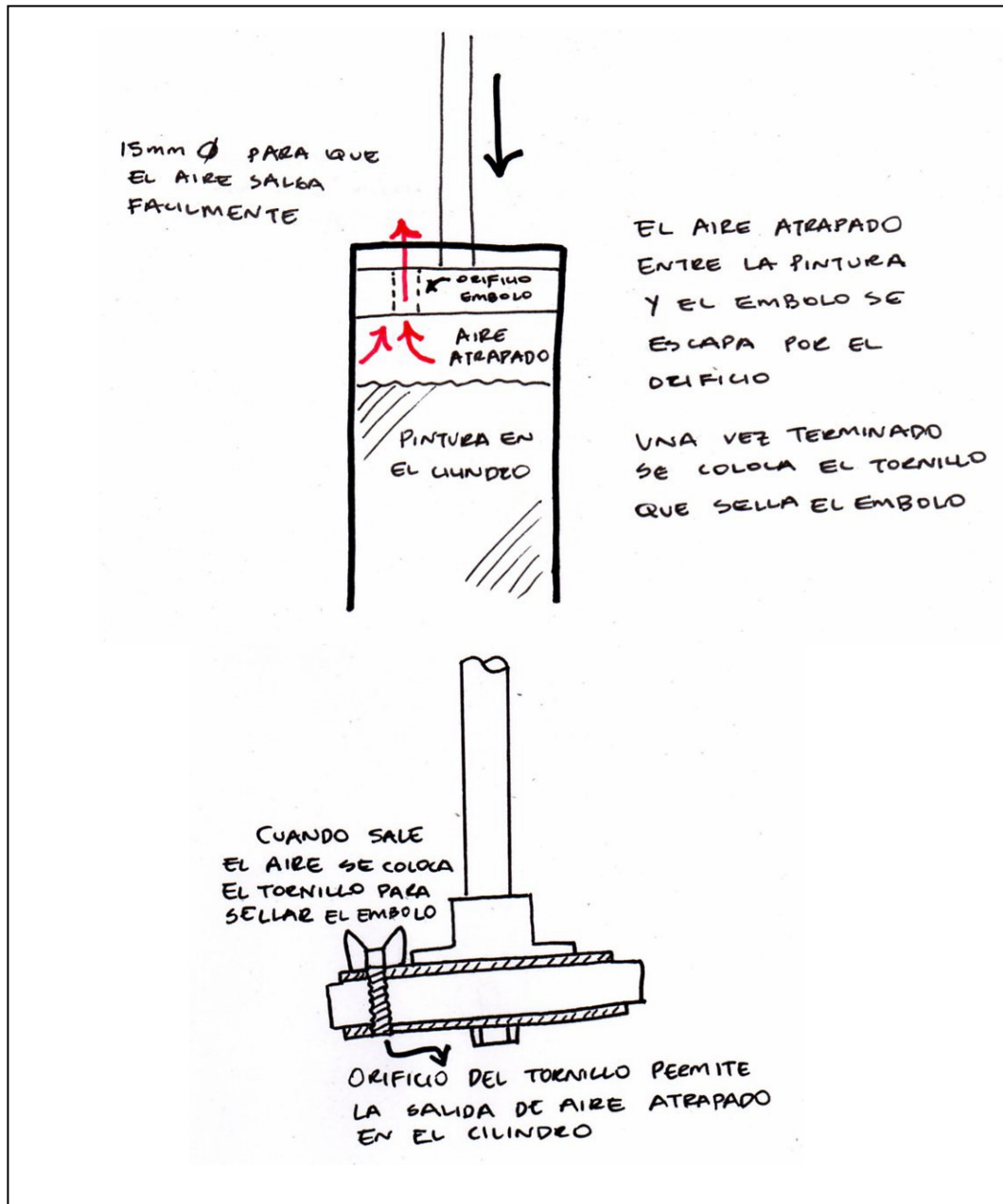


Figura 67. Sistema de liberación de vacío – concepto seleccionado

Fuente: Elaboración propia

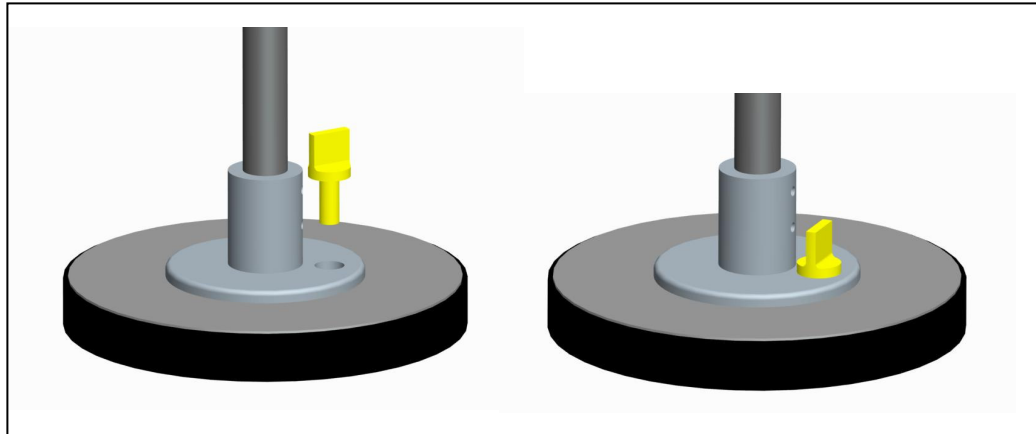


Figura 68. Detalle colocación tornillo de fabricación comercial – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

Durante el proceso de envasado, los envases deben estar lo mas cerca de las boquillas, para garantizar que no se rieguen por los bordes, por tal motivo es difícil acceder a este espacio ya que es muy estrecho , por lo tanto se ha diseñado un sistema de riel para deslizar la bandeja hacia las boquillas

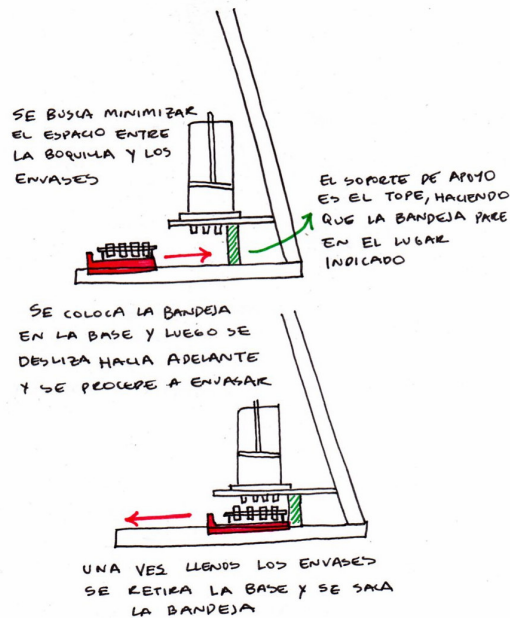


Figura 68. Sistema de base deslizable – concepto seleccionado

Fuente: Elaboración propia

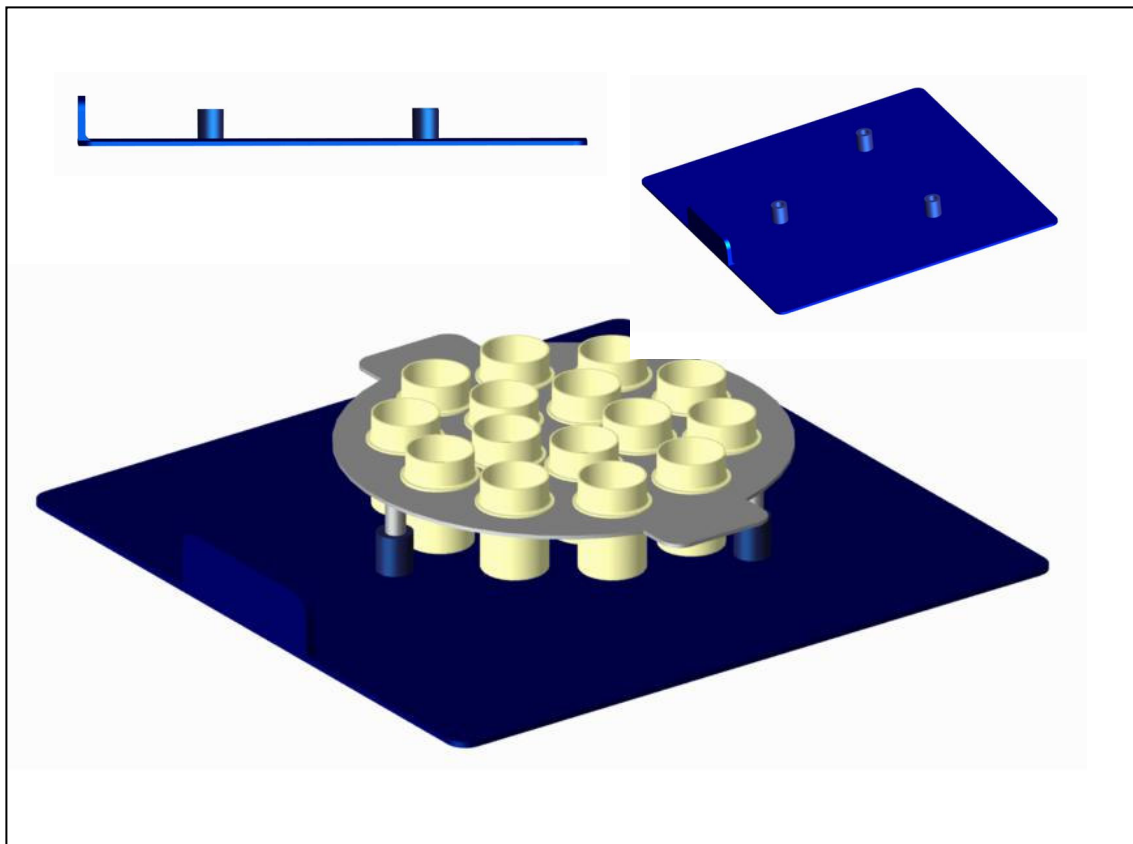


Figura 69. Vistas de la base deslizable – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

A pesar de la alta viscosidad de la pintura, se hace necesario diseñar un sistema para evitar que la pintura se filtre por las boquillas (chorré),

Se ha pensado utilizar una membrana de caucho de buen espesor (3mm) que actúe como filtro interno, ya que tiene pequeñas ranuras que se expanden cuando el pistón presiona la pintura y se contrae cuando no hay presión

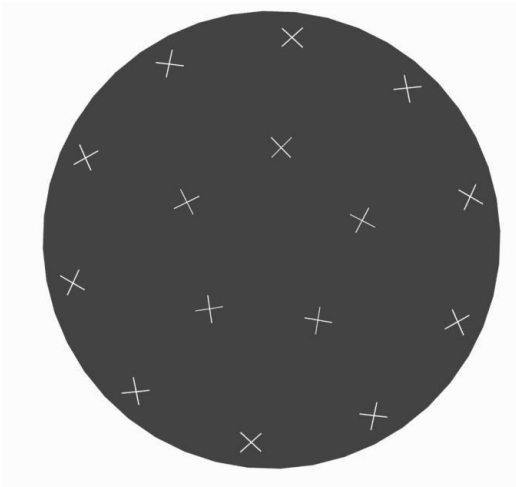


Figura 70. Detalle de la membrana de caucho con las ranuras en la ubicación de las boquillas –
modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

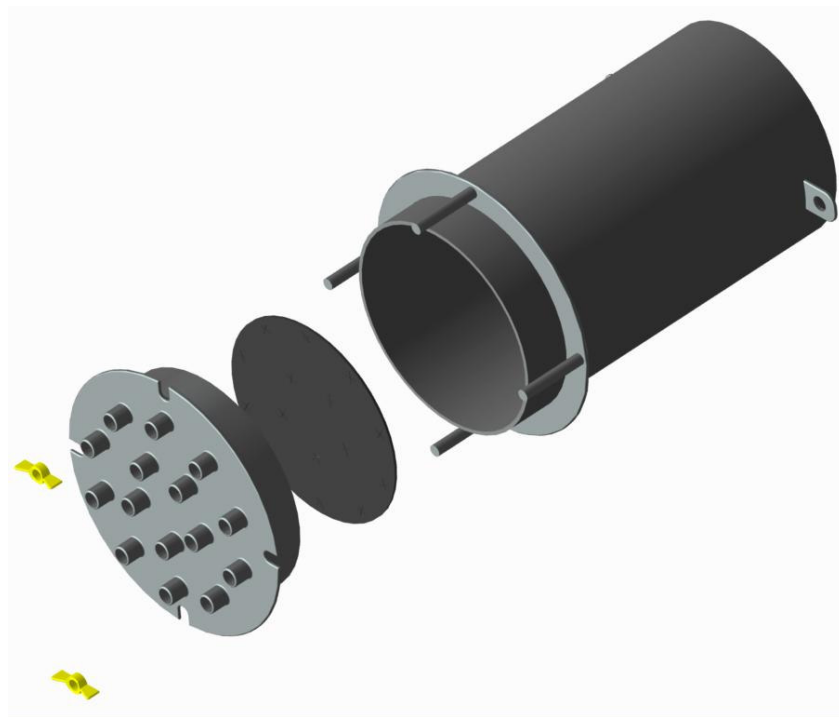


Figura 71. Detalle del ensamble de la membrana de caucho con el cilindro – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

6.4 CALCULOS DE LOS SUBSISTEMAS

6.4.1 Subsistema almacenar – volumen del cilindro

El volumen del cilindro a sido calculado en función de un cilindro comercial cuyas dimensiones son

Largo: 33 cm

Diámetro interno: 16.2 cm

Volumen del cilindro: $\pi \times r^2 \times h$

Volumen del cilindro: $3.1416 \times (8.1)^2 \times 33 = 6801 \text{ c.c.}$

Volumen utilizable

Sabemos que por cada paso que da el pistón se llenaran 15 envases
Cada envases se llena en promedio con 33 c.c. de pintura, por lo tanto el volumen utilizable del cilindro tiene que ser un numero múltiple a los 15 envases que se llenan, para garantizar que no sobre o falte pintura en los últimos envases

Volumen de pintura que inyecta el pistón por cada paso dado

33 c.c. x 15 envases = **495 c.c.**

Recorrido del pistón por cada paso

$$h = \frac{v}{\pi \times r^2}$$

$$h = \frac{495}{3.1416 \times (8.1)^2}$$

Recorrido del pistón = **2.40 cm. por cada paso**

También hay que restarle un margen de espacio ya que la pintura no puede llegar hasta el tope, ya que se podría salir por los bordes y además se necesita un espacio para poder introducir el embolo y colocarlo en su posición inicial, por lo que la altura se rebaja a 30 cm dejando 3 cm de margen

Volumen real : $3.1416 \times (8.1)^2 \times 30 = 6183 \text{ c.c.}$

Por lo tanto el volumen máximo utilizable seria:

Valor máximo utilizable

495 c.c. x 13 pasos = **5940 c.c**

Numero de envases

5940 c.c / 33c.c = **180 envases**

Este el máximo volumen utilizable ya que esta muy cerca al limite de 6183 c.c.

Conclusiones

Se determino que el máximo volumen utilizable es 5940c.c. por lo que es necesario indicar físicamente en el cilindro cuando se llega a esa cantidad.

Por cada vez que se llena el tanque con 5940 c.c. de pintura se pueden envasar 180 unidades

Cada vez el pistón se mueva debe recorrer 2.40 cm para poder llenar los 15 envases

6.4.2 Subsistema de Dosificación

Hay que calcular la presión que ejercerá el pistón sobre la pintura para que esta contenida en el cilindro y verificar si es suficiente

Motor: Bodine Electric Company

Voltaje: 115V DC

RPM: 1725

HP: 1/50

Relación de Reducción. 60:1

RPM reducido: 29

Potencia (P) = 1/50 Hp

RPM (W) = 1725

Torque (T) = ?

$W = 1725 \text{ rev / min} \times 2 \pi \text{ rad / 1 rev} \times 1 \text{ min / 60 s}$

$W = 180.64 \text{ S}^{-1}$

$$T = \frac{P}{W}$$

$$T = \frac{1}{50} \times 746 \text{ N-m/ s} \times \frac{1}{180.64 \text{ S}^{-1}}$$

$T = 0.0826 \text{ N-m} \times 60$ (Relación de reducción = 60:1)

Torque = 5 N-m

Equivalente en Lb- in

Torque = 43.74 Lb – in

Si se desprecia el peso del embolo y de las barras se tiene que la fuerza ejercida será:

$$F = \frac{2 \cdot T \cdot p \cdot (1-f)}{\pi \cdot d_m^2 \cdot (1+f)}$$

T: torque 5 newton

p: paso 3/16 in = 0,00476 m

f: coeficiente de fricción, para contacto lubricado entre bronce y acero es 0,2

dm: diámetro medio de tornillo (diámetro interno + diámetro externo)/2 = 0,029 m

$$F = \frac{2 \times 5 \times 0,00476 \times (1 - 0,2)}{3,1416 \times (0,29)^2 (1 + 0,2)}$$

Fuerza= 11.86 Newton

Distancia recorrida por el embolo = 24mm

Paso del tornillo = 4.76mm (3/16 in)

Avance rosca doble = 9.52mm

Revoluciones necesarias

24mm/9.52mm = 2.52 revoluciones

29 RPM= 60 seg

2.52 R = 5.21 seg

Tiempo necesario = 5.21 seg

Conclusión

Se ha optado por un tornillo de doble rosca ya que avanza el doble de su paso reduciendo el tiempo que necesita el motor para realizar el recorrido a 5.21 segundos ejerciendo una presión de 11.86 newton

6.5 MODELO DEFINITIVO



Figura 72. Diseño final de la envasadora – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

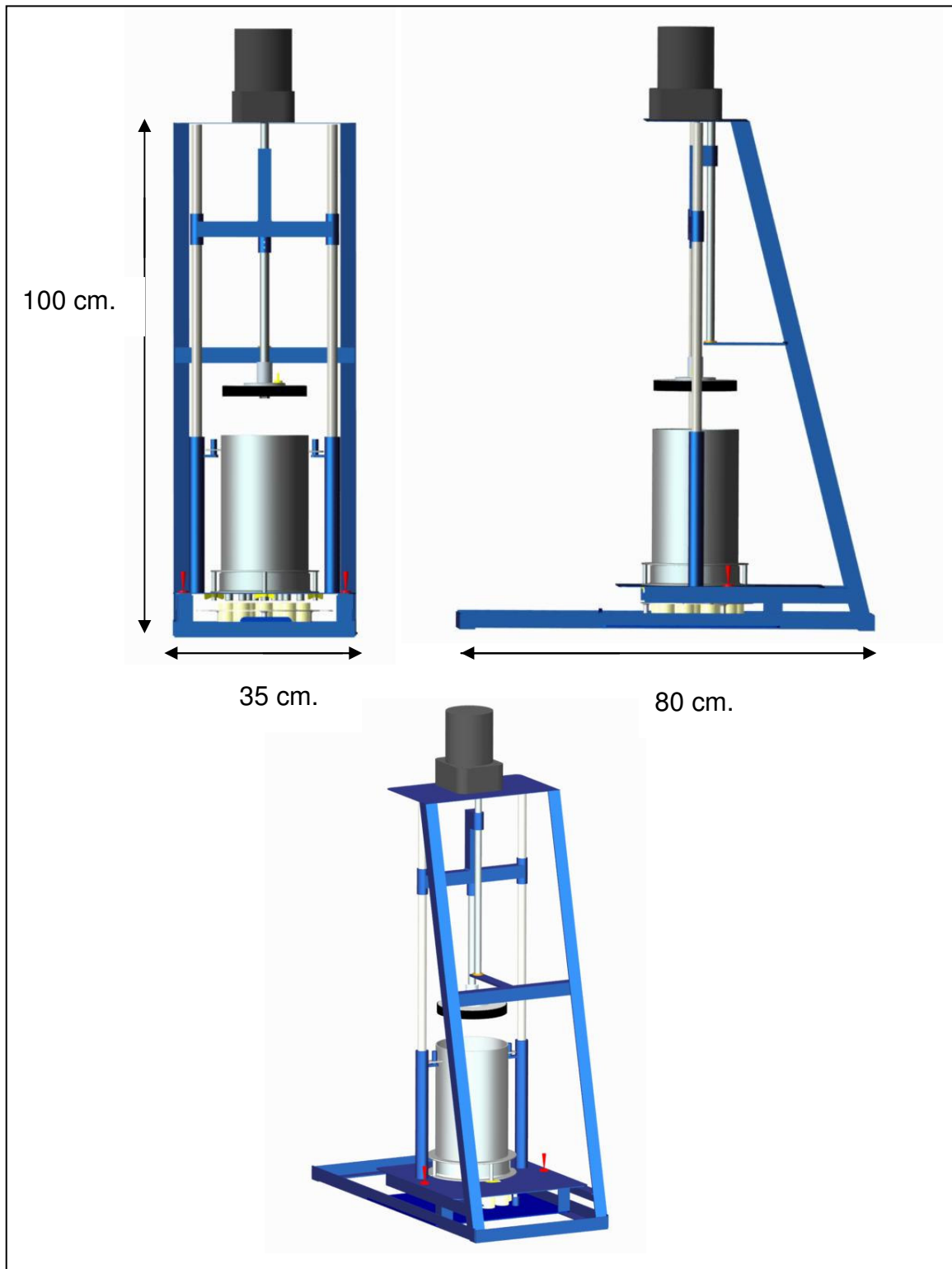


Figura 73. Vistas envasadora – modelación 3D

Fuente: Elaboración propia en pro/E

7. CORRECCIONES

Sistema tornillo-guías

El acople del tornillo sinfín con el embolo generaba esfuerzo diagonal por lo que se ha optado por transmitir la fuerza del tornillo directamente sobre las guías para mejorar el desplazamiento vertical

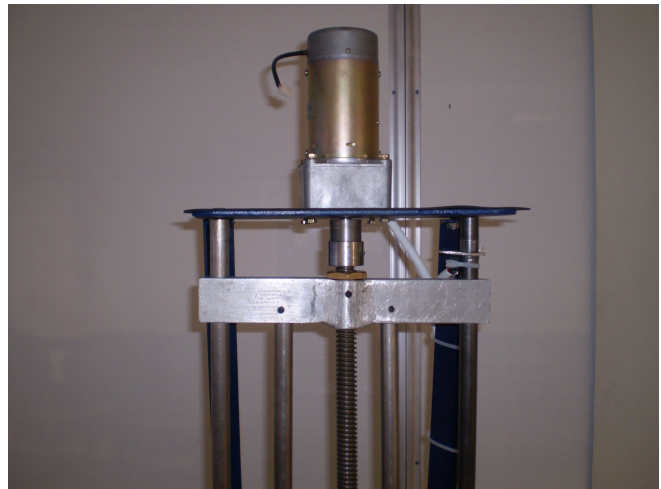


Figura 74. Correcciones sistema guías-embolo
Fuente: elaboración propia

8. PROTOTIPO



Figura 75. Prototipo fabricado
Fuente: elaboración propia

9. CONCLUSIONES

- Durante la realización del proceso de diseño, hay fases dentro de la metodología que se pueden realizar simultáneamente, en este caso cuando se realiza el diseño de los subsistemas se pueden pensar paralelamente en ciertos diseños detalles y especificaciones que se supone se deben pensar después, por lo que se puede decir que el proceso de diseño no es del todo lineal.
- En este caso se puede tomar la metodología para el diseño de productos formulada por Nigel Cross como una guía ó un camino a seguir ya que cada producto a diseñar cuenta con ciertas características que no se pueden generalizar en un método.
- Es importante buscar asesoría de personas conocedoras ó especializadas en ciertos temas ya que amplían los horizontes del diseño y a su vez de manera casi indirecta dan soluciones a problemas de diseño que se tenían en otras áreas
- El uso de software CAD es una herramienta valiosa que nos permite verificar si lo que dibujamos en el papel puede servir en la vida real agilizando el proceso creativo y reduciendo el tiempo de la fase de diseño.
- Cuando se diseña es importante tener en cuenta no solo los aspectos formales y funcionales del producto, también hay que pensar en como se puede fabricar ya que muchas veces las grandes ideas no se pueden realizar por falta de infraestructura para su fabricación ó su fabricación es

tan compleja que no justifica la inversión, lo que se traduce en pérdida de tiempo y dinero

- Es importante saber cuando puedo simplificar el diseño de un producto utilizando piezas estándar o utilizando el mismo componente en diferentes sistemas, ya que estos hacen más económico el proceso de fabricación y reduce los tiempos de entrega
- El diseño final de la envasadora puede considerarse como un rediseño de la jeringa que actualmente se utiliza, ya que se tomaron las características que la hacían eficiente y se corrigió los puntos débiles que esta poseía.
- Se ha optado por un tornillo de doble rosca ya que avanza el doble de su paso reduciendo el tiempo que necesita el motor para realizar el recorrido a 5.21 segundos ejerciendo una presión de 11.86 newton
- Se determinó que el máximo volumen utilizable es 5940c.c. por lo que es necesario indicar físicamente en el cilindro cuando se llega a esa cantidad; Por cada vez que se llena el tanque con 5940 c.c. de pintura se pueden envasar 180 unidades, cada vez el pistón se mueva debe recorrer 2.40 cm para poder llenar los 15 envases

10. BIBLIOGRAFIA

CASTRILLON MORENO, Carlos Andrés. Proyecto de grado: Aumento de la productividad en un proceso de envasado, Ingeniería de producción. Universidad EAFIT – Medellín 2003

CAMPOY, I. Revista de plásticos modernos: Ciencia y tecnología de polímeros N° 81 – Calidad en el proceso de envasado. Edición 2001

ULRICH, Karl T; EPPINGER, Steven D. Product Design and Development. 3ra Edición. 2003

CROSS, Nigel. Métodos de Diseño: Estrategias para el diseño de Productos. Edición 1999. 189 p.

CASILLAS A.L. Maquinas cálculos de taller. Madrid, España; Artes graficas ENCO. Edición 1997. 643 p.

REFERENCIAS INTERNET

INLINE FILLING SYSTEMS, Liquid Filling Machines for Small and Medium Sized Operations [en línea] Abril 2006

<URL:

<http://www.liquidfillingmachines.com>>

I.E.S. MARE NOSTRUM, tipos de roscas comunes [en línea] Mayo 2005

<URL:

http://www.iesmarenostrum.com/Departamentos/Tecnologia/mecaneso/mecanica_basica/operadores/ope_tornillo.htm >