



UNIVERSIDAD NACIONAL
AVENIDA DE
MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

**PROGRAMA DE MAESTRIA Y DOCTORADO
EN INGENIERÍA**

FACULTAD DE INGENIERÍA

**DISEÑO CONCEPTUAL DE UN SISTEMA PARA
VERIFICAR EL SELLADO EN AMPOLLETAS DE
MATERIAL PLÁSTICO**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

MAESTRO EN INGENIERIA

INGENIERIA MECÁNICA-DISEÑO MECÁNICO

P R E S E N T A :

JESÚS VICENTE GONZÁLEZ SOSA.

TUTOR:

DR. VICENTE BORJA RAMÍREZ

MÉXICO D.F. 2006



AGRADECIMIENTOS

El principal agradecimiento es para mis padres, hermana y sobrino que han creído en mí, y con ello fortalecer mi espíritu para continuar en esta lucha por la vida personal y profesional.

Por otro lado, también a todas aquellas personas que participaron en el proyecto desarrollado en esta instancia.

A todos y cada uno de los sinodales que han hecho realidad este trabajo y sobre todo al Dr. Vicente Borja Ramírez por todo su apoyo.

A la Universidad Nacional Autónoma de México, principalmente a la entidad de la Facultad de Ingeniería, Centro de Diseño y Manufactura, Departamento de Mecánica y al Posgrado de Ingeniería.

A CONACYT, por creer en mi y otorgarme más que un apoyo económico, una oportunidad muy grande de superación en todos los sentidos.

INDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	3
II.	ANTECEDENTES.....	6
	II.1. LA AMPOLLETA DE MATERIAL PLÁSTICO.....	6
	II.2. ESPECIFICACIONES DEL MATERIAL DE LA AMPOLLETA.....	9
	II.3. EL PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS AMPOLLETAS PARA EL TRATAMIENTO DEL CABELLO.....	11
	II.4. MAQUINARIA EXISTENTE PARA EL VERIFICADO DE SELLADO EN AMPOLLETAS DE MATERIAL PLÁSTICO.....	12
	II.5. PROCESO PARA VERIFICADO EMPLEADO POR LA EMPRESA ACTUALMENTE.....	16
III.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	19
	III.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL PROYECTO "SISTEMA PARA VERIFICAR EL SELLADO EN AMPOLLETAS DE PLÁSTICO".....	20
	III.1.1. OBJETIVOS.....	20
	III.1.2. ALCANCES.....	21
	III.2. AMPLITUD.....	21
	III.3. REQUERIMIENTOS.....	22
	III.4. ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA.....	23

III.5. FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA VERIFICADORA EN EL SELLADO DE AMPOLLETAS EN PLÁSTICO.....	26
IV. DISEÑO CONCEPTUAL.....	28
IV.1. ESTRUCTURA FUNCIONAL.....	28
IV.2. OPCIONES DE SOLUCIÓN PARA EL SISTEMA VERIFICADOR EN EL SELLADO DE AMPOLLETAS.....	32
IV.3. SELECCIÓN Y EVALUACIÓN A TRAVÉS DE LA MATRIZ MORFOLÓGICA.....	40
IV.4. DESCRIPCIÓN DE LA SOLUCIÓN PARA EL SISTEMA VERIFICADOR DEL SELLADO EN AMPOLLETAS DE PLÁSTICO.....	45
IV.5. PLANOS, DIBUJOS Y COSTO.....	83
CONCLUSIONES.....	86
BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS WEB.....	89
APENDICE A.....	91

Prefacio

Este trabajo está destinado a todos aquellos que tienen el interés de conocer el proceso a seguir en un diseño conceptual dentro de la Ingeniería Mecánica.

Sin perder de vista lo importante que es generar un trabajo de aplicación, que involucra todos y cada uno de los elementos que se presentan en un desarrollo de un trabajo de este tipo, cuya finalidad radica en la esencia del diseño.

Es importante mencionar que los fundamentos de este proyecto se dan desde la etapa inicial de los estudios de maestría, para con ello conceptualizar y establecer adecuadamente los objetivos que se plantean y que deben culminar adecuadamente.

Por otro lado es importante el hacer mención de todo el apoyo que se logró para este trabajo, y todo ello se debe a las instalaciones de la Universidad Nacional Autónoma de México, en especial a la Facultad de Ingeniería y sus entidades, ya que sin ello no hubiese sido posible el desarrollo de este.

Por último, el trabajo cuenta con una estructura ordenada que permite captar la esencia de éste sin perder de vista algunos detalles que hacen engrandecer el interés por continuar con la lectura.

Considerando que será de mucha utilidad para las futuras generaciones que se encuentren interesadas en desarrollar y aplicar trabajos relacionados con el diseño mecánico.

*El hombre este lleno
de incertidumbres
por que la vida lo es.
JESS*

*Jesús Vicente González Sosa
2006*

I. INTRODUCCIÓN

Existe una empresa que recientemente fue remodelada. Consta de unas instalaciones de más de 13,000m² dotadas de los más avanzados sistemas de producción y de tratamiento del medio ambiente. En ella se fabrican diariamente cerca de 40,000 unidades, destacándose entre ellas: geles, ampollitas para tratamiento capilar, permanentes, acondicionadores, fijadores, tintes, cremas y shampoos. De estos productos se generan diversas marcas.

Esta empresa fue pionera mundialmente en la fabricación para ampollitas en el tratamiento capilar fabricadas de material plástico, lo cual la hace competitiva a nivel nacional e internacional. Desde esta planta se realizan exportaciones a países como Estados Unidos, Canadá, Centroamérica y Sudamérica de todos y cada uno de sus productos.

Con el fin de incrementar su productividad, la empresa desarrolló un proyecto para mejorar su línea de llenado y empaque de ampollitas plásticas.

Como una de las mejoras, se planteó el automatizar el proceso de verificación de fugas luego de que las ampollitas han sido llenadas con productos para el tratamiento del cabello y selladas. El proceso es manual actualmente.

La presente tesis, presenta el diseño conceptual de un sistema de verificación de ampollitas. El diseño se realizó considerando:

1. Simplificar la función sobre la cual se desarrollará el sistema de verificación de sellado en ampollitas.
2. Establecer tareas y funciones más simples y eficaces.
3. Contar con un tiempo mínimo en la planeación para el desarrollo del sistema verificador de ampollitas.
4. Ofrecer al personal involucrado entrenamientos correctos para evitar accidentes, tanto en el desarrollo como en la aplicación del sistema, ya mencionado en los párrafos anteriores, en su totalidad.

La estructura de esta tesis se describe a continuación:

- En primer lugar se cuenta con un capítulo denominado antecedentes en el cual se plasma información relacionada con:
 1. Elaboración de las ampollitas de material plástico.
 2. Descripción de la maquinaria existente en el mercado mundial, en relación a la verificación de ampollitas.

3. Descripción de la máquina existente en la planta de la empresa que realiza la actividad de verificar las ampollitas de plástico.

- Un capítulo llamado planteamiento del problema en donde se encuentra la semblanza de cómo iniciar un proyecto de diseño, en donde se analizan todos los porqués del proyecto y se ven reflejados en:

1. Objetivos

2. Alcance

3. Especificaciones, del proyecto, de producto (ampollita) y de la máquina que tendrá la función de verificar el sellado de las ampollitas.

4. Requerimientos

5. Las consideraciones necesarias para el diseño del sistema que verificará el sellado en las ampollitas de plástico.

- Además, un capítulo específicamente en donde se encontrarán todos los pasos seguidos para obtener el diseño conceptual del sistema para verificar el sellado de ampollitas elaboradas de material plástico. Describiendo las opciones de solución, su evaluación y la experimentación para la elección más adecuada en relación a las especificaciones y requerimientos tomados del capítulo anterior.

- Como parte final de este trabajo se plasman las conclusiones, comentarios, referencias y apéndices.

II. ANTECEDENTES

En este apartado se describe la fabricación de ampollitas de plástico para el cuidado del cabello, las máquinas existentes para verificación de sellado en ampollitas, la máquina y proceso actual para la acción de verificar.

Por otro lado, se mencionan los procesos de transformación de un material plástico, en este caso PVC y algunas de las características que lo hacen representativo con respecto a otros materiales, a través del proceso de soplado para la obtención de las ampollitas.

II.1. La ampollita de material plástico.

El elaborar el producto, denominado ampollita, con material plástico es una tendencia que ha destacado en los últimos años, lo que permite a los consumidores ver el producto que está comprando, y que combinado con texturas y colores puede crear un impacto visual de gran atractivo.

Es bien sabido que la industria del empaque debe cumplir con una serie de requerimientos como son costo, desempeño e imagen. En este último punto, cabe destacar que entre los plásticos transparentes disponibles para este tipo de

mercado, el PET y PVC sobresalen debido a la claridad, proceso, propiedades de barrera y costo que ofrece. Por ello, el PVC, es ahora el plástico más utilizado en bebidas, detergentes y cosméticos.

Algunas de las características sobresalientes que permiten elegir el PVC para la ampollita son las siguientes:

- Porque ofrece un aislamiento térmico que evita la entrada del frío y el escape del calor al exterior.
- Aislamiento eléctrico y acústico, con el consiguiente ahorro de energía.
- Porque tienen un bajo mantenimiento y fácil limpieza.
- Porque son resistentes a las variaciones de temperatura.
- Porque puede existir en un grado menor al 80% el reciclado.
- Por su resistencia a los golpes.
- Porque debido a su alta concentración de sal, no es inflamable.

Los envases plásticos, para este caso ampollitas de PVC, tienen ventajas fundamentales en comparación con los de vidrio y otros materiales:

- **RESISTENCIA:** Las ampollitas no requieren de ningún manejo especial. Su alta resistencia elimina la merma desde el empaquetado, en el almacenamiento, durante la distribución y hasta la manipulación durante el uso final del producto.
- **SEGURIDAD:** Con las ampollitas de plástico, los usuarios no tienen el riesgo de sufrir rasguños ni

cortaduras, como puede suceder al abrir las ampollitas de vidrio. Tampoco existe el peligro de sufrir lesiones faciales u oculares por el desprendimiento de fragmentos de vidrio, como suele ocurrir con ampollitas de este material.

Los usuarios también se benefician con la seguridad de las ampollitas ya que no existe el riesgo de que partículas de vidrio suspendidas queden en la solución que se maneja.

- **ESTERILIDAD:** La naturaleza de la tecnología, junto con el ambiente controlado que existe durante la fabricación de los envases, asegura que las soluciones estarán libres de agentes patógenos o cuerpos extraños.
- **COLOR:** Las ampollitas pueden fabricarse tanto en resina transparente como en distintas opciones de coloración; ofrecen así la posibilidad de cumplir con requisitos particulares para cada producto; por ejemplo: ampollitas color ámbar o de plástico color blanco para soluciones fotosensibles.
- **DISEÑO:** También existe la posibilidad de utilizar moldes especiales para obtener diseños particulares, tanto de ampollitas como de otros productos.
- **ETIQUETADO:** Para la identificación de envases de mayor volumen como las ampollitas de 10, 15 y 20 ml se utiliza una etiqueta diseñada con base en las necesidades de información del producto que así lo necesite y que ofrece la posibilidad de utilizar

colores, textos e incluso imágenes permanentes, lo cual no puede hacerse sobre ampollitas de vidrio.

II.2. Especificación del material de la ampollita.

El material con el cual se lleva a cabo la elaboración de las ampollitas es el PVC (policloruro de vinilo), y sus características son:

- Estructura: Amorfo
- Densidad: 1.1-1.4 g/cm³.
- Propiedades químicas: resistente a ácidos, detergentes, aceites, grasas; no resiste a gasolina, ésteres, hidrocarburos cloruros.
- Identificación del material: difícil de inflamar, produce hollín, arde con llama de bordes verdes chisporroteando, huele a ácido clorhídrico con plastificante.
- Reciclado: si el material no está dañado térmicamente se puede volver a utilizar.

Otras características:

Los productos fabricados a partir del PVC obedecen a elevados patrones de calidad técnica que han motivado usos cada vez más diferentes¹. La razón de su amplia aceptación se encuentra principalmente en sus características entre las cuales destacan:

¹BRALLA JAMES. MANUAL DE DISEÑO DE PRODUCTO PARA MANUFACTURA, MACGRAW-HILL, PRIMERA EDICIÓN EN ESPAÑOL, 1993.

Característica generales del PVC	
Óptica	Transparente/opaco
Rotura	-Rotura blanca y tenaz
Prueba de flotar	Se sumerge
Prueba de combustión	-Difícil de inflamar -No gotea
Llama	Verdeamarilla
Prueba de arañar con uña	Dureza aceptable

TABLA II.1. Características generales del PVC

Características mecánicas	
Densidad	1.41 gr/cm ³
Módulo de elasticidad(Tracción)	2.740 N/mm ²
Módulo de elasticidad (Flexión)	2.750 N/mm ²
Resistencia a la tracción	48 N/mm ²
Resistencia a la flexión	68 N/mm ²
Tensión límite en la flexión	80 N/mm ²
Alargamiento a la rotura	70%
Dureza a la presión de la bola 10"	102 N/mm ²
Dureza a la presión de la bola 60"	96 N/mm ²
Deformación al impacto + 23°C	25 KJ/m ²
Resistencia al impacto + 20°C	Sin rotura
Resistencia al impacto - 40°C	
Dureza	80 Shore
Absorción de agua (100°C/24h)	0,80%

TABLA II.2. Características mecánicas del PVC

Características térmicas	
Temperatura reblandecimiento VICAT (5Kp/aceite)	82,5°C
Coeficiente de dilatación lineal (-30°C/+50°C)	$80 \times 10^{-6} \text{ K}^{-1}$
Coeficiente medio dilatación por calor (-30°C/+50°C)	$24 \times 10^{-5} \text{ K}^{-1}$
Conductibilidad térmica a 20°C	0,18W/Km
Calor específico a 20°C	0,753 KJ/KgK
Comportamiento al fuego	B1

TABLA II.3. Características térmicas del PVC

Las características ya mencionadas están dadas a través de las normas que a continuación se mencionan: DIN 53.479 , DIN 53.457, DIN 53.455, DIN 53.454, DIN 53.452, DIN 53.456, DIN 53.453, DIN 53.505, DIN 53.471, DIN 53.460/B, Dilatómetro, DIN 52.613, DIN 4.102

II.3.El proceso de fabricación de ampollitas para el tratamiento de cabello.

Las ampollitas con las que se trabajará para el desarrollo del presente trabajo se producen por soplado.

El proceso de moldeo por soplado es una técnica cuyo objetivo es formar objetos termoplásticos huecos. Se aplica aire a presión dentro de una pequeña pieza hueca de plástico calentado inflándola como un globo y presionándola contra las paredes del molde. Allí se enfría y endurece. El molde se abre y la pieza se expulsa.

Esencialmente las piezas que se fabrican a través de este proceso son: pequeñas botellas para productos del hogar y cuidado personal, productos lácteos y bebidas carbonadas, pequeños contenedores para materiales peligrosos o

químicos, tanques de combustible, botes, grandes tanques, cilindros, tableros para automóviles, etc.

Moldeo soplado por inyección:

El moldeo por inyección-soplado es parte moldeo por inyección y parte moldeo por soplado. La parte inyección, es cuando el material plástico caliente es primero inyectado en una cavidad donde rodea el "cañón" de soplado, que es usado para crear el cuello y establecer el peso en gramos. El material inyectado es luego llevado a la siguiente estación de la máquina, donde es soplado hasta formar el contenedor final como en el soplado por extrusión. El moldeo soplado por inyección comienza con el moldeo por inyección de un pre-formado, el cual luego es recalentado y soplado hasta obtener su forma final en un molde.

La secuencia descrita se observa en la figura II.1.



FIG. II.1. Proceso de soplado de una preforma

II.4. Maquinaria existente para el verificado de sellado en ampollitas de material plástico.

En la actualidad la maquinaria relacionada con la verificación de sellado en ampollitas es muy reducida debido a que el mercado en este ámbito no se ha explorado a profundidad.

Por ello es que la maquinaria más cercana es la utilizada en productos farmacéuticos en donde encontramos sistemas de verificación de una forma centrífuga, visualización de líquido por agitación, por rayos x.

La existencia de máquinas verificadoras de sellado en ampollitas y productos similares, en general se encuentran enfocadas a sistemas que contienen partes cuyo proceso de verificación en el sellado es a través de vacío, centrifugación, ultrasonido, rayos láser, sensores, todos ellos en forma continua o intermitente.

Para el análisis de este proyecto se analizan los sistemas existentes para aplicarse en el nuevo sistema a diseñar en la verificación de sellado en ampollitas que ya se describieron anteriormente.

A continuación se describen y muestran algunas figuras de las máquinas existentes.

Máquina para verificar el sellado a través de vacío.

En primer lugar se tiene una máquina que utiliza el vacío para la verificación del sellado en las ampollitas, como se muestra en la figura II.2, la forma en que se verifica el sellado es de la siguiente manera:

-En primer lugar se coloca manualmente la ampollita en un dispositivo que puede ser individual o por lotes de 10 ampollitas, que cuenta con conexiones de las mangueras en donde se aplica el vacío.

El vacío que utiliza este sistema para verificar las ampollitas es de 20kg/cm^2 , la velocidad para el

verificado es de 7 segundos por ampolleta en forma individual.

Para el caso de lotes la velocidad es de 5 segundos por 10 ampolletas.

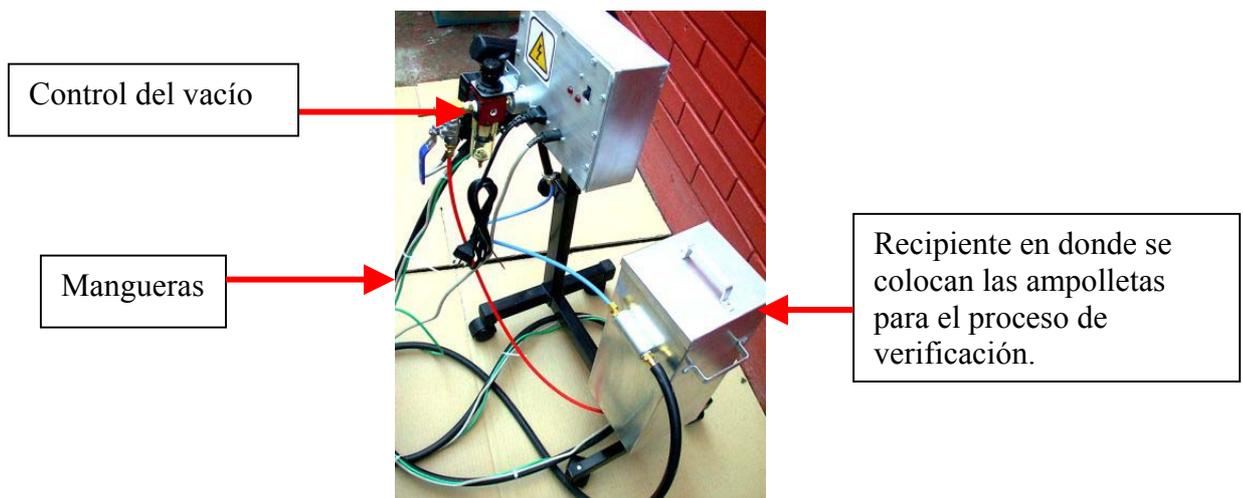


FIG. II.2. Máquina verificadora por vacío

-Después de haber realizado el proceso de vacío a las ampolletas se extraen del recipiente para observar si existió fuga en la ampolleta.

Máquina para verificar el sellado a través de centrifugación.

En esta máquina, que se muestra en la figura II.3., se pueden alimentar las ampolletas a un transportador de entrada de alimentación, a una mesa giratoria donde son alimentadas a una rueda de estrella y entregadas a un sistema rotativo transportador que consta de 40 a 60 pinzas sujetadoras equidistantes. Las pinzas se encuentran sujetas en la circunferencia del anillo de sujeción, que gira por un eje vertical.

La rotación horizontal de 180 grados en las ampollitas durante la alimentación de entrada, igual que la abertura y el cierre de las pinzas. Las ampollitas pasan invertidas por la estación de limpieza.

En las estaciones individuales, el recorrido de los tubos de aspersión está sincronizado con las ampollitas, luego entran estas ampollitas, cuyos orificios están perfectamente centrados. Los tubos de aspersión siguen las pinzas sujetadoras que se encuentran continuamente en movimiento desde el comienzo hasta el final de una estación de trabajo.

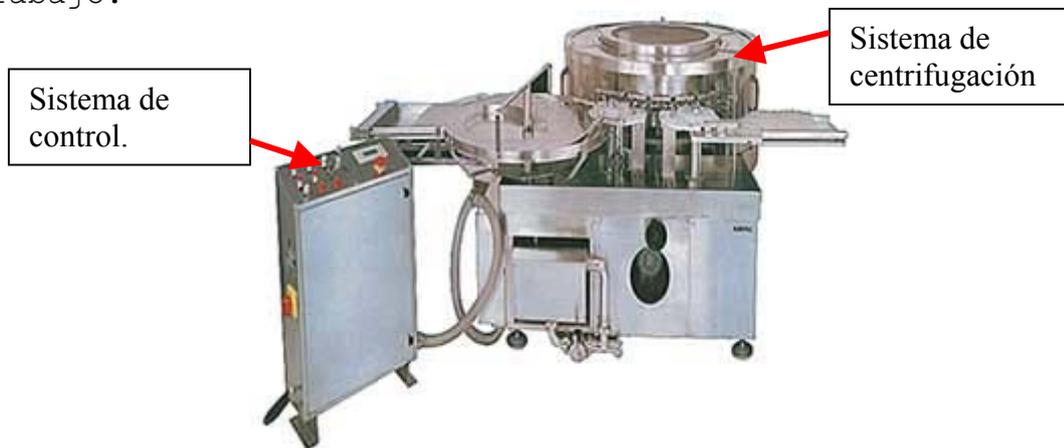


FIGURA II.3. Máquina verificadora por centrifugación

Máquina para verificar el sellado a través de agitación.

En esta máquina las ampollitas llenas se cargan a la vertedera alimentadora desde donde se trasladan en lotes, por medio de una rueda, a un estante lineal de traslado. El estante traslada las ampollitas a la estación de inspección, donde existen unos conos de hélice que hacen girar las ampollitas a una velocidad determinada para que se realice el fenómeno de la agitación. Dicha máquina se muestra en la figura II.4

Existe una luz que sale de la parte trasera de la estación de inspección en donde se observa el nivel de líquido en las ampollitas, y con ello la existencia de fuga.

Las ampollitas se rechazan presionando interruptores de expulsión ergonómicamente situados para la comodidad del operador.

Una luz dentro del campo de visión del operador se enciende, indicando las ampollitas que han sido rechazadas.

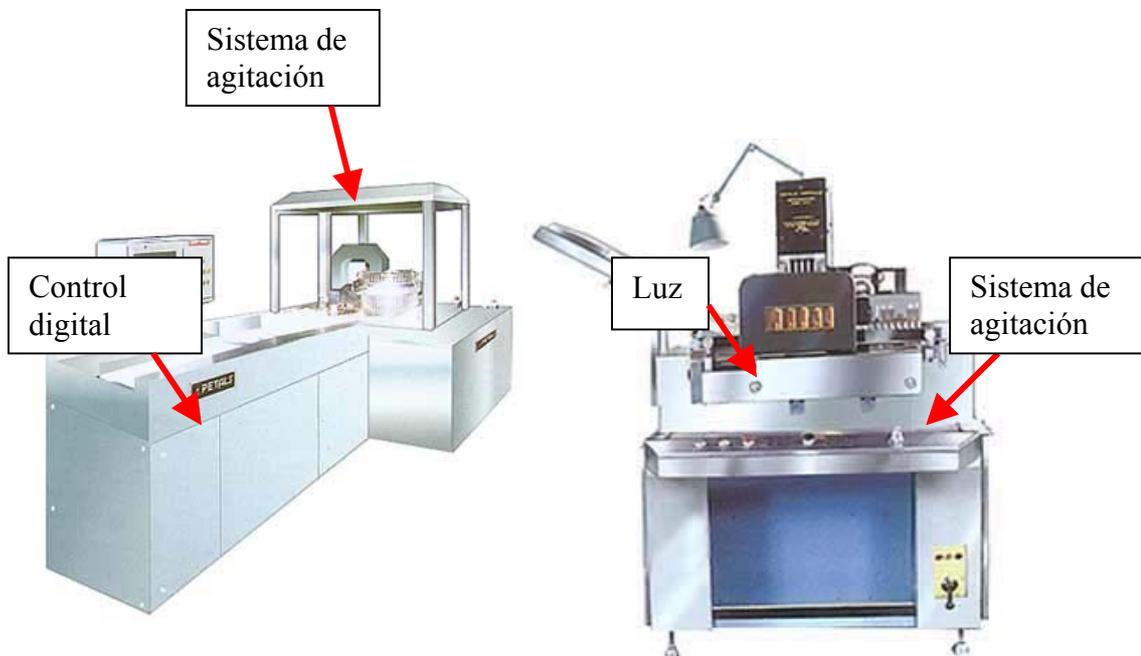


FIGURA II.4. Máquinas verificadoras por agitación

II.5. Proceso de verificado empleado por la empresa actualmente.

En la empresa que requiere de un sistema de este tipo se cuenta con una máquina que verifica el sellado a través del proceso de vacío, en donde se colocan 110 ampollitas sobre una rejilla, para así introducirlas en una cámara para lograr su verificación en dicho producto después de ser sellado en una etapa anterior.

La figura II.5 muestra la secuencia de este sistema:

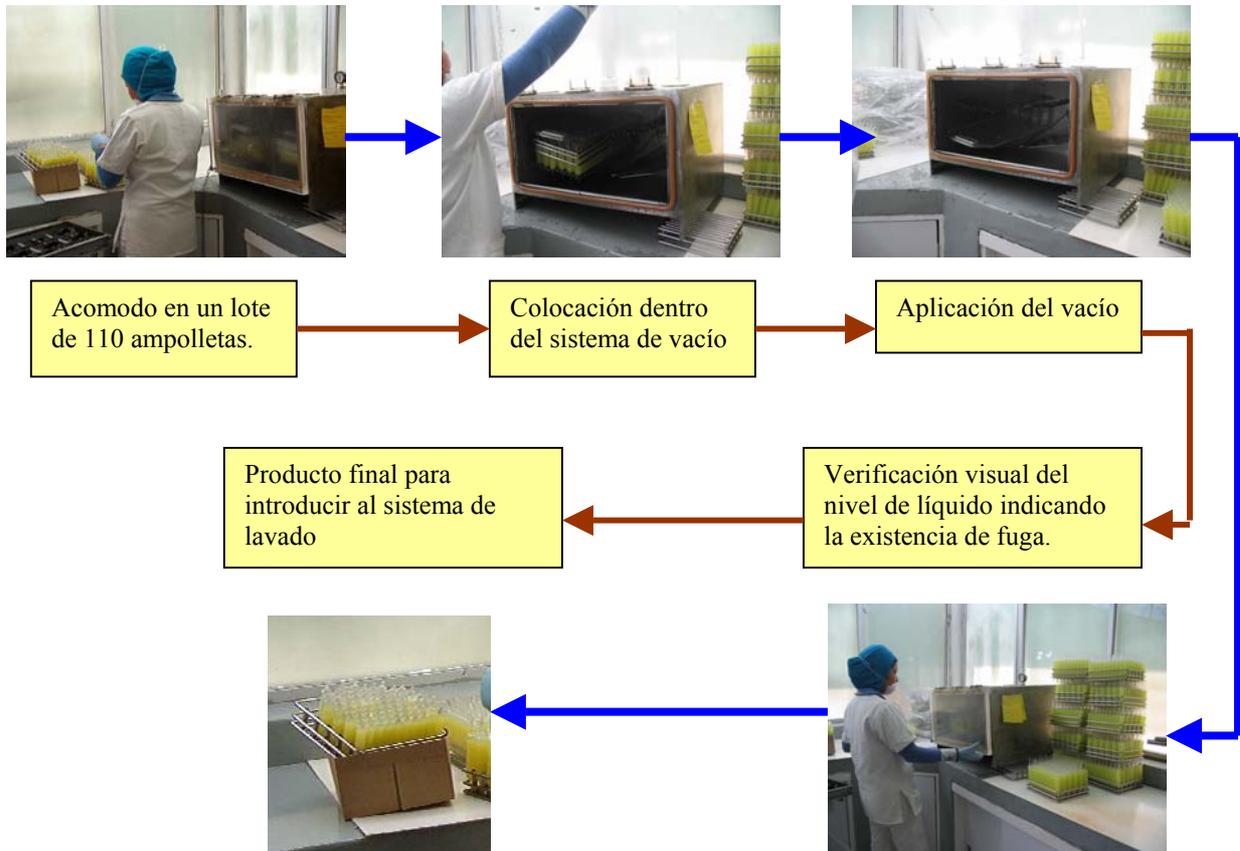


FIG.II.5 Proceso de verificado actual por la empresa

Como se observa, es un sistema que involucra las siguientes etapas:

-Acomodo de producto. Se realiza manualmente en una rejilla que habilita a 110 ampollitas en forma ordenada, en posición vertical.

-Inserción en la cámara de vacío. Se lleva a cabo manualmente, colocando dos rejillas dentro del sistema sobre unas guías que realizan la tarea de mantener firme la rejilla y sobre todo que las ampollitas se encuentren con la punta hacia abajo.

-Aplicación de la presión de vacío con un valor de 3.51kg/cm^2 , con el propósito de provocar la fuga en las ampollitas si existe el caso en que este producto cuente con un mal sellado o una fisura que podría ser desde 0.01mm a 1mm .

-Extracción de las ampollitas. Esta acción se lleva a cabo manualmente y se coloca la rejilla con las ampollitas en una mesa que se encuentra en un costado y posteriormente se realiza la visualización.

-Verificación visual de la fuga. Mediante la observación se identifican las ampollitas que han disminuido la cantidad de líquido que contienen.

-Lavado de ampollitas. Es etapa para conseguir la limpieza de la ampollita y ser trasladada a la máquina que le colocara la etiqueta.

Es un proceso que se realiza aproximadamente en 2 minutos para 110 ampollitas de las cuales se encuentra un 10% de ellas con fuga, que es un índice muy alto en relación a la cantidad de ampollitas que se verifican en ese intervalo de tiempo.

Hasta este momento solo se describieron algunas de las máquinas existentes en el mercado para la verificación de sellado en ampollitas, de las figuras se observa que son maquinarias con una estructura muy similar y sus dimensiones máximas son alrededor de los 3 metros de longitud y un ancho aproximado de 2 metros.

Ello nos da una buena pauta para considerar que este tipo de máquina no requiere de mucho espacio en una planta.

III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este capítulo se describe la problemática actual para verificar el sellado en las ampollitas, el objetivo, alcance, ficha de definición de la máquina, amplitud, requerimientos y las especificaciones propiamente del sistema para verificar el sellado en las ampollitas de plástico.

Problemática actual:

La máquina que realiza actualmente el verificado en las ampollitas está basada en un sistema que en su totalidad efectúa las tareas en forma manual:

- El orden
- Transporte
- Colocar las ampollitas

La forma de verificar la fuga también forma parte de la problemática, ya que esta acción la realiza un operador que selecciona a las ampollitas de acuerdo al nivel de líquido que contienen.

Al realizar las actividades manualmente se ha observado que el tiempo para verificar 210 ampollitas es de 3 minutos aproximadamente, y ello disminuye la producción total.

Por eso mismo se considera adecuado contar con un nuevo diseño de maquinaria para disminuir los tiempos en verificar la fuga en la ampollita.

También se obtiene una máquina automática que cuenta con bomba de vacío, válvulas, actuadores, bandas y aceros comerciales dentro del país.

Los beneficios mayores que se obtienen es lograr diseñar una máquina que puede tener un mantenimiento con técnicos especializados en electrónica y diseño. Tomando en cuenta que el operario sólo se encontrará cerca de la máquina para encender y retirar las ampollitas con fuga.

III.1.Objetivo y alcance del proyecto "sistema para verificar el sellado en ampollitas de plástico".

Los objetivos y alcances de un proyecto, en este caso, de un sistema para verificar el sellado en ampollitas de material plástico, son:

III.1.1.Objetivos

Los objetivos del proyecto son:

1)Diseñar a nivel conceptual una máquina que verifique el sellado en ampollitas de plástico, sin causar daño superficial a las ampollitas.

2) El sistema para verificar el sellado de ampollitas deberá contar con diseño bastante estructurado en su descripción teórica que permite consolidarse como un proyecto de ingeniería.

3) El diseño debe contemplar una versatilidad para que se puedan satisfacer especificaciones nuevas o futuras.

III.1.2. Alcance

El alcance del proyecto es:

1) Obtener el diseño conceptual que está compuesto de las siguientes etapas.

1. Estructura funcional
2. Matriz morfológica
3. Alternativas de solución
4. Evaluación y selección de las alternativas

También se describen los elementos que componen al sistema en su totalidad.

2) Un alcance sumamente importante es obtener el costo de desarrollo y la estimación del tiempo.

III.2. Amplitud

Definición de la amplitud del problema (caja negra):

La forma de generar un sistema gráfico y visual que permite una comprensión muy general y a su vez ayuda en el estudio del sistema para verificar el sellado en las ampollitas, es el caso del modelo llamado caja negra.

Recibe este nombre debido a que en él existe una parte que da solución al problema presente, se parte de un estado inicial.

La amplitud se representa por medio de la figura III.1 del siguiente diagrama:

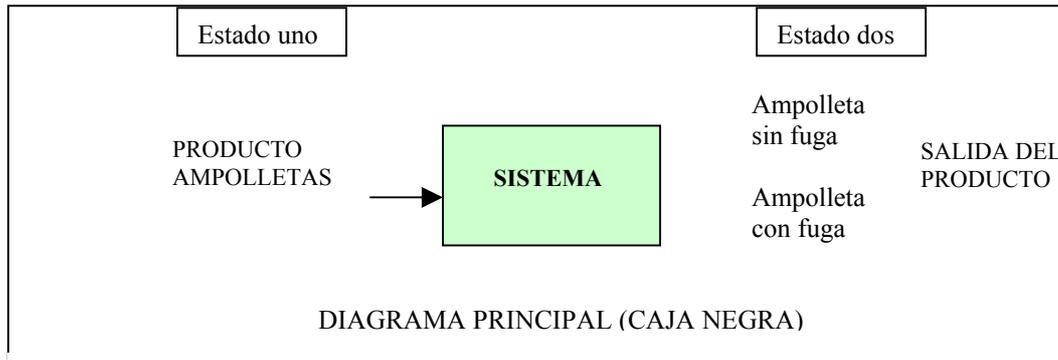


Fig. III.1. Diagrama de caja negra

En la figura anterior se observan los dos estados para formar el modelo de caja negra; las ampollitas llenas del liquido ya selladas, y un estado final, ampollitas sin fuga y ampollitas con fuga.

III.3. Requerimientos o necesidades.

Requerimientos:

Son oraciones fundamentales para la realización de un proyecto, que por lo general, son puntos que el diseñador toma como propios para fortalecer el concepto del proyecto.

Para el caso del sistema verificador de sellado en las ampollitas se presenta en la tabla III.1.

No.	Necesidad	Interpretación
1	El sistema debe producir 210 ampollitas por minuto	El nuevo sistema cumple con el mismo nivel de producción actual
2	Menor número de operarios	El sistema es automático
3	El sistema no debe interrumpirse	El sistema para verificar el sellado será continuo
4	Los materiales de fabricación deben ser seguros	Los materiales del sistema cumplen con normatividad
5	Poco mantenimiento	El sistema cuenta con un mantenimiento mínimo
6	Debe existir documentación del equipo	El sistema tiene manuales como parte de su información técnica
7	El espacio a ocupar no debe ser excesivo	El espacio que ocupa el sistema se toma en relación con la máquina existente
8	Debe tener una geometría aceptable	El sistema es ergonómico
9	Se necesita verificar 4 tipos diferentes de ampollitas	El sistema verifica 4 tipos de ampollitas
10	Es necesaria la seguridad	El sistema cuenta con un control de seguridad para los operarios
11	Se deben verificar todas las ampollitas	La verificación en el sistema para verificar debe ser al 100% en las ampollitas

Tabla III.1 Requerimientos para el sistema

III.4. Especificaciones del sistema para verificación.

Las especificaciones de diseño para el sistema en la verificación del sellado de ampollitas forman parte esencial en su aplicación. Se muestran en la tabla III.2.

Por otro lado, se dan las especificaciones del sistema, en lo que concierne a este trabajo se cuenta con las siguientes especificaciones:

No	Especificación	Valor nom.	Tol.	Unidades	Tipo	Descripción	Observaciones	Fuente
1	Producción por minuto	210	±20%	Ampolleta por minuto	Material	Capacidad de producción		Empresa
2	Longitud del sistema	No definidas	No definidas	m	Geometría	Largo total del sistema	No definidas	CDM y empresa
3	Ancho del sistema	No definidas	Por definir	m	Geometría	Ancho total del sistema	No definidas	CDM y empresa
4	Altura del sistema	No definidas	No definidas	M	Geometría	Altura total del sistema	No definidas	CDM y empresa
5	Nivel de ruido	No definidas	No definidas	dB	Seguridad	Norma que debe respetarse	No definidas	Norma Oficial Mexicana
6	Ampolletas a utilizar	1,2,3,4	-	Tipo de ampolleta	Material	Ampolletas que se pueden verificar	Rreferencia	Empresa
7	Material de ampolletas	Colores	-	PVC	Material	Material de las ampolletas	No definidas	Empresa
8	Costo del modulo	No definidas	No definidas	Pesos	Costos	Costo total del sistema	No definidas	CDM
9	Tipo de operación	Automático	-	Operación	Ergonomía	El sistema no requiere de operarios	No definidas	CDM
10	Cambio de ampolletas	No definidas	No definidas	s	Mante_ nimiento	Tiempo para el cambio de las ampolletas	No definidas	CDM
11	Revisión y mantenimiento de componentes	No definidas	No definidas	Meses	Mante_ nimiento	Mantenimiento establecido	No definidas	CDM
12	Cumplimiento con norma	Pasa	-	Norma	Control de calidad	Cumplimiento con normas	Definida	Empresa
13	Operatividad con módulos restantes	Pasa	-	Operatividad	Operación	Unión con sistemas restantes	Definida	CDM
14	Material de componentes mecánicos	No definidas	No definidas	Material	Control de calidad	Normas mexicanas o nacional	No definidas	CDM y Norma Oficial Mexicana
15	Tipo de corriente a utilizar	240	-	V	Energía	Control de corriente	Es la corriente mínima	Normas mexicanas
16	Temperatura requerida en el desempeño del sistema	35	±10	°C	Seguridad	Establecimiento de una temperatura estándar en el sistema	La temperatura mínima en el desempeño del sistema	CDM

Tabla III.2. Especificaciones del sistema verificador

En la tabla III.2 para la definición de los tipos dentro de las especificaciones se toman las categorías establecidas por Pahl y Beitz¹, que se enumeran a continuación:

1. Geometría
2. Cinemática
3. Fuerzas
4. Energía
5. Material
6. Señales
7. Seguridad
8. Ergonomía
9. Producción
10. Control de calidad
11. Ensamble
12. Transporte
13. Operación
14. Mantenimiento
15. Reciclaje
16. Costos
17. Planeación

En la tabla anterior se mencionan los diferentes tipos de ampollitas a utilizar, que son 4 (ver figura III.2.).

¹ Pahl, G. Beitz, W., Engineering Design: A Systematic Approach, Springer, 1998.



Fig.III.2. Tipos de ampollitas

Y en la tabla III.3 se dan las medidas de las ampollitas.

AMPOLLETA	DIMENSIONES [mm]			
	LARGO	LARGO DE LA PUNTA	DIÁMETRO DE LA PUNTA	DIÁMETRO DEL CUERPO
AMP-1	93.4±1	20±0.6	3.6±0.3	19.3±0.2
AMP-2	144.3±1	20±0.6	3.6±0.3	19.3±0.2
AMP-3	147.2±1	20.1±0.6	3.6±0.3	19.3±0.2
AMP-4	95±1	20.6±0.4	3.8±0.3	24.4±0.2

Tabla. III.3 Dimensiones de las ampollitas.

III.5.Ficha de descripción de la máquina verificadora de sellado en ampollitas de plástico.

La ficha del producto para la máquina verificadora de sellado en ampollitas elaboradas de material plástico, se muestra en la tabla III.3:

<u>Descripción del producto:</u>	*Es una máquina diseñada para llevar a cabo todo el proceso para la verificación de fugas de las ampollitas que se utilizarán para tratamientos del cabello. *Su uso será restringido solo para personal capacitado en ella.
<u>Objetivos principales del negocio:</u>	*Disminuir el precio de fabricación. *Cumplir con todas las expectativas de producción por la empresa. *Obtener satisfactoriamente ampollitas sin fuga de líquido. *Asegurar la calidad del producto.
<u>Mercado primario:</u>	*La empresa del sistema actual. *Empresas involucradas con la de ampollitas de plástico.
<u>Mercado secundario:</u>	*A todas las instalaciones que involucren al producto y sobre toda a las de la empresa mencionada.
<u>Características básicas de la máquina:</u>	*Mantenimiento cada año. *De fácil operación. *Presenta pocas partes de repuesto.
<u>Principales competidores:</u>	*Maquinaria empleada actualmente. *El mercado chino, brasileño, italiano y argentino.
<u>Riesgos del producto:</u>	*Antecedentes técnicos *Mal funcionamiento
<u>Factibilidad del proyecto:</u>	*Es una máquina innovadora dentro del mercado de las verificadoras de ampollitas.

Tabla III.3. Descripción de la máquina verificadora

Sin embargo, la descripción de los puntos mencionados en la tabla III.3 se plasma con la información obtenida de investigaciones dentro y fuera de la empresa para el desarrollo del proyecto como tal.

En el siguiente capítulo se encontrarán todos los puntos en la aplicación del diseño para un proyecto en específico como lo es el diseño de la máquina para verificar el sellado en ampollitas de material plástico.

IV. DISEÑO CONCEPTUAL

En este capítulo se incluye la descripción de la estructura funcional que comprende diagramas de funciones, matriz morfológica y por último alternativas de solución.

IV.1 Estructura funcional.

Diagrama de funciones.

Una función necesariamente conlleva la transformación de un flujo de materiales, energía, o información:

- Las funciones relacionadas con el flujo de energía pueden almacenar, conducir, disipar, suministrar o transformar energía.
- Las relacionadas con el flujo de materiales se pueden dividir en las que actúan sobre el flujo, las que lo dividen y las que unen dos o más flujos.
- Las asociadas con la información pueden adoptar la forma de señales mecánicas, eléctricas o de software.¹

Para el caso que se analiza en este proyecto, la descomposición de la función principal, **verificar**

¹CAPUZ RIZO SALVADOR, INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE PRODUCCIÓN, ALFAOMEGA, 2001.

ampolletas lleva al estudio y generación de varias funciones secundarias, con las que es posible realizar la función original.

Las funciones a tomar en cuenta para el desarrollo del diagrama de funciones que está referido a las ampollitas de material plástico, son:

1. Transportar (alimentación)
2. Ordenar
3. Posicionar
4. Verificar
5. Seleccionar
6. Limpiar
7. Transportar a otro sistema

En la figura IV.1 se muestra el diagrama principal de funciones del sistema verificador de ampollitas.

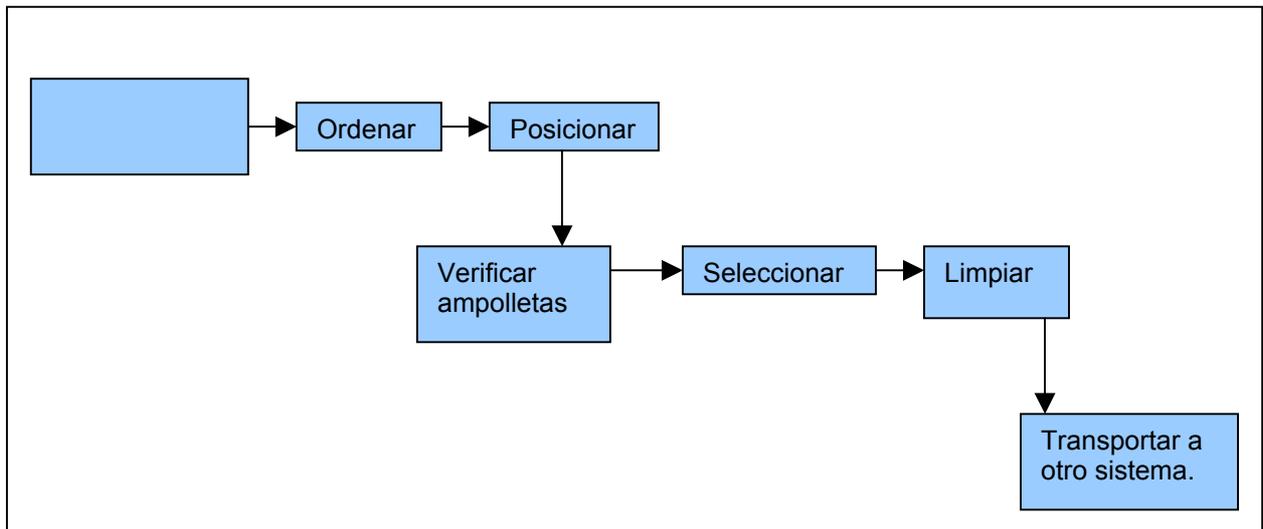


Fig. IV.1 Diagrama de funciones, principal.

Después de observar el diagrama anterior, se considera que existen varias funciones que se pueden fusionar y generar nuevas alternativas de solución. La figura IV.2 muestra el

diagrama con alguna modificación para la estructura original.

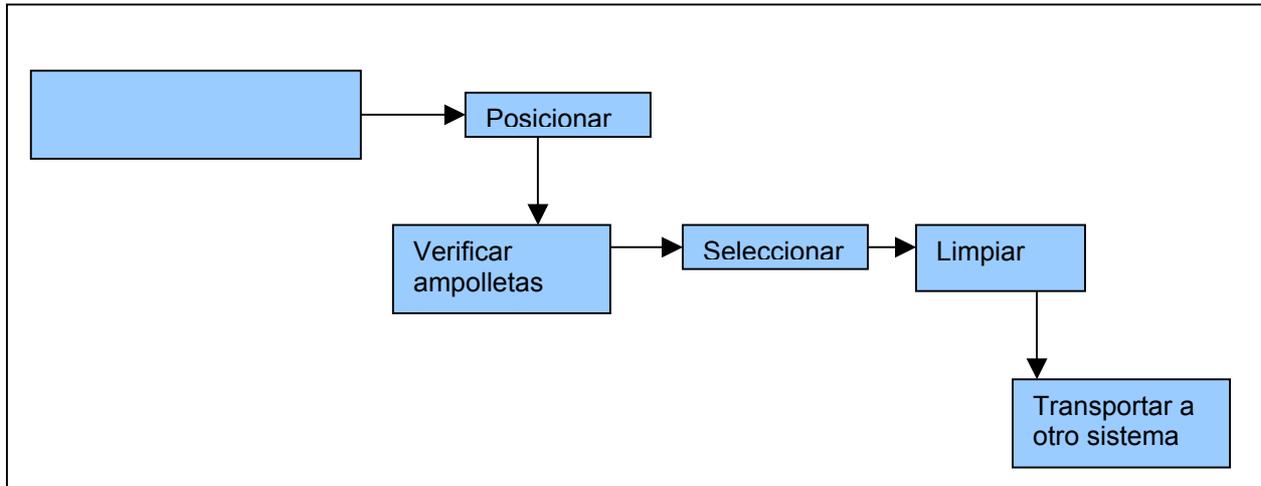


Fig. IV.2 Alternativa 1 del diagrama de funciones

La figura anterior nos muestra una alternativa en donde se unen dos funciones, las que se pueden trabajar como una misma, en este diagrama se une el transporte y orden de las ampollitas.

En la figura IV.3 se muestra una segunda alternativa en el diagrama de funciones, la cual une cuatro funciones para quedar de la siguiente manera:

- 1) Transportar y ordenar
- 2) Posicionar
- 3) Verificar
- 4) Seleccionar
- 5) Limpiar y transportar

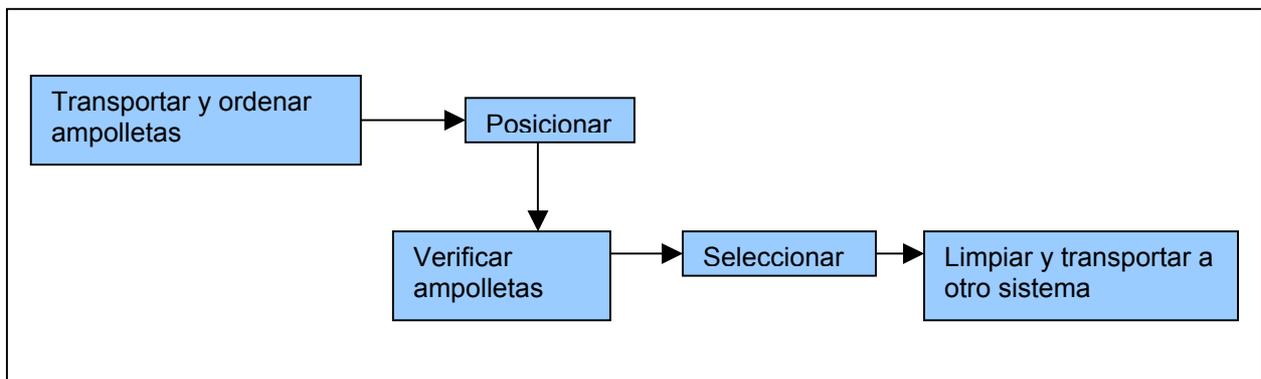


Fig. IV.3 Alternativa 2 del diagrama de funciones

De igual forma en la figura IV.4 se observa una tercera alternativa en la relación de las funciones, en donde se tiene:

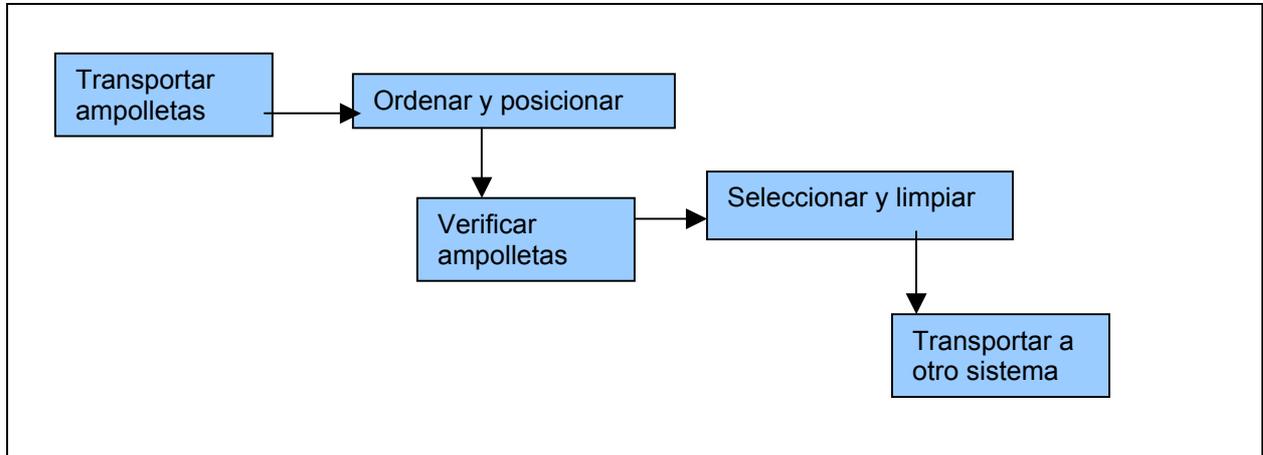


Fig.IV.4 Alternativa 3 del diagrama de funciones

De las alternativas mostradas en las figuras anteriores la elegida para desarrollar en una matriz morfológica es la que corresponde a la alternativa tres.

Se elige esa alternativa porque es una de las formas más sencillas de conjuntar las funciones, que en primera instancia son independientes.

En esta alternativa de solución se considera que todas las funciones estarán compuestas por elementos sencillos en funcionalidad, como lo son actuadores neumáticos, electroválvulas, transportador con bandas.

Los elementos mencionados son accesibles en su aplicación como componentes para realizar una tarea determinada.

A diferencia de las otras alternativas ésta genera una secuencia con una estratégica para eliminar o fusionar las demás funciones.

Las funciones de esta alternativa son:

- 1)Transportar las ampollitas
- 2)Ordenar y posicionar
- 3)Verificar
- 4)Seleccionar y limpiar
- 5)Transportar a otro sistema.

De acuerdo al diagrama principal de funciones, en el caso anterior de la alternativa 3 se llega a cinco funciones de las siete consideradas en un principio.

Al reducir las funciones se logra compactar el sistema sin afectar su tarea inicial, que es verificar el sellado en ampollitas.

IV.2.Opciones de solución para el sistema verificador del sellado en ampollitas.

Las soluciones al sistema verificador pueden implicar una operación intermitente en lotes o continua, partiendo que inicialmente la máquina existente utiliza el método intermitente en lotes para la verificación de las ampollitas.

En las tablas IV.1 y IV.2 se muestran todas las alternativas generadas para dar solución al sistema verificador de ampollitas.

Las soluciones para el sistema son:

Función	Solución									
Transportar	Banda 	Manual 	Brazo mecánico 	Robot 	Rodillo 	Ducto con la forma de la ampolleta 	Tolva 	Rampa 	Sistema vibratorio 	Pistón neumático
Ordenar y posicionar	Manual 	Banda 	Robot 	Placa con divisiones 	Banda con separación 	Correderas 	Contador mecánico o eléctrico 	Sistema de lanas 	Rejilla 	
Verificar sellado										
Visualizar nivel de líquido	Rayos (electrónico) 	X Invertiendo ampolleta (manual) 	Sensor de nivel (eléctrico) 	Sensor escalador (eléctrico) 	Escalas (manual) 					
Detectación de aire	Vacío (electrónico) 	Inmersión en agua (manual) 	Presión con pinzas (mecánico) 	Barra reductora 	Presión con las manos (manual) 	Presión con rodillos (mecánico) 				
Detectación de líquido	Vibración (mecánico) 	Ultrasonido (eléctrico) 	Agitación (eléctrico) 	Ruleta (mecánico) 	Centrifugo (eléctrico) 	Ultrasonido (eléctrico) 				
Seleccionar y limpiar	Manual 	Pistón neumático 	Brazo mecánico 	Robot 	Rampa 	Pinzas sincronizadas 				
Transportar a otro sistema	Banda 	Manual 	Brazo mecánico 	Robot 	Rodillos 	Ducto con la forma de la ampolleta 	Tolva 	Rampa 	Sistema vibratorio 	Pistón neumático

SVS-1 : SVS-2 : SVS-3 :

Función	Solución										
Transportar	Banda 	Manual 	Brazo mecánico 	Robot 	Rodillo 	Ducto con la forma de la ampolleta 	Tolva 	Rampa 	Sistema vibratorio 	Pistón neumático 	
Ordenar y posicionar	Manual 	Banda 	Robot 	Rejilla 	Placa con divisiones 	Banda con separación 	Correderas 	Contador mecánico o eléctrico 	Sistema de lanas 	Rejilla 	
Verificar sellado											
Visualizar nivel de líquido	Rayos (electrónico) 	X Injiriendo ampolleta (manual) 	Sensor nivel (eléctrico) 	Sensor de escalador (eléctrico) 	Escalas (manual) 						
Detectación de aire	Vacío (electrónico) 	Inmersión en agua (manual) 	Presión con pinzas (mecánico) 	Barra reductora 	Presión con las manos (manual) 	Presión con rodillos (mecánico) 					
Detectación de líquido	Vibración (mecánico) 	Ultrasonido (eléctrico) 	Agitación (eléctrico) 	Rueta (mecánico) 	Centrifugo (eléctrico) 	Ultrasonido (eléctrico) 					
Seleccionar y limpiar	Manual 	Pistón neumático 	Brazo mecánico 	Robot 	Rampa 	Pinzas sincronizadas 					
Transportar a otro sistema	Banda 	Manual 	Brazo mecánico 	Robot 	Rodillos 	Ducto con la forma de la ampolleta 	Tolva 	Rampa 	Sistema vibratorio 	Pistón neumático 	

SVS-4 : SVS-5 : SVS-6 :

Tabla IV.2 alternativas de solución al sistema de verificación de sellado

Las combinaciones de solución se describen a continuación:

- SVS-1: sistema de verificación de sellado, figura IV.5. Esta alternativa tiene la ventaja de transportar las ampolletas en forma vertical, después de ello se pasan por una banda que oprime un poco a la ampolleta para determinar si existe fuga, posteriormente se verifica el nivel del líquido con un sensor de nivel y por último se hace la selección con un actuador neumático.

Los elementos de los cuales está compuesta esta alternativa son:

- Bandas transportadoras
- Banda con separaciones
- Sensores de nivel
- Actuador

SVS-1

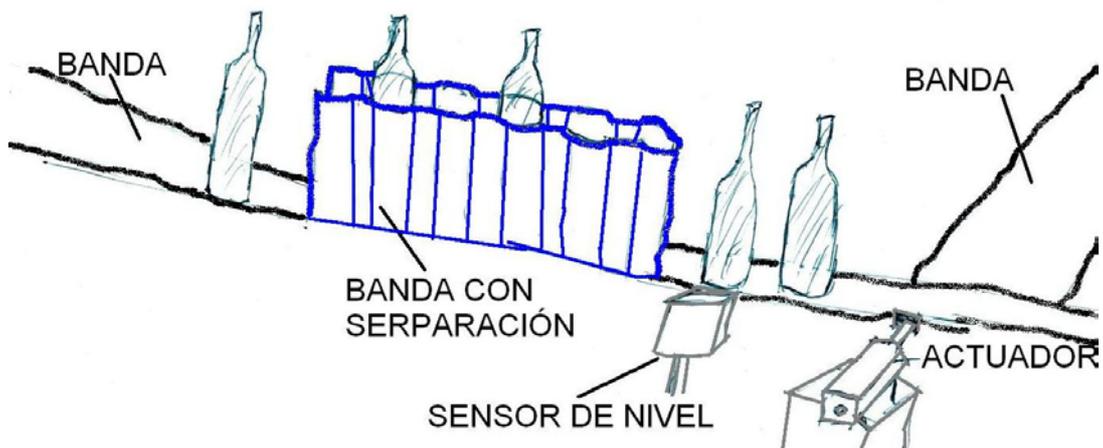


Fig.IV.5 alternativa SVS-1

- SVS-2: sistema de verificación de sellado, figura IV.6. En esta alternativa se realizan las siguientes operaciones: en primer lugar se colocan las ampolletas sobre una placa divisora, enseguida se aplica vacío sobre ellas, después se colocan sobre una banda transportadora en donde se encontrarán dos sensores

escaladores para la verificación del nivel de líquido que contiene la ampollita, por último se realiza la selección en forma manual para colocar las ampollitas en una caja.

Los elementos del sistema son:

- Placa divisora
- Vacío
- Sensores escaladores
- Banda transportadora

SVS-2

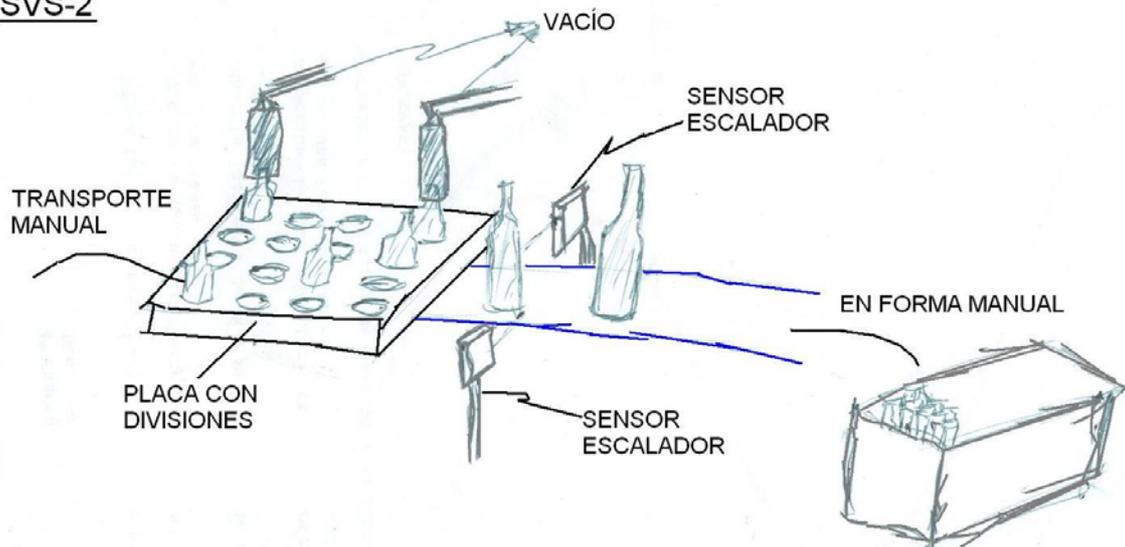


Fig. IV.6. Alternativa SVS-2

- SVS-3: sistema de verificación de sellado, figura IV.7. Esta alternativa consiste en colocar unos rodillos sobre los cuales pasarán las ampollitas ubicándolas con una rejilla que tiene la misma forma del producto, después se pasan las ampollitas por otros rodillos que realizan la tarea de presionar el producto, ampollitas, para expulsar el líquido si existe fuga, un operador visualizará el nivel de líquido y se realiza la selección de las ampollitas con un brazo mecánico.

Los elementos del sistema son:

- Rodillos
- Rejilla
- Brazo mecánico
- Operario

SVS-3

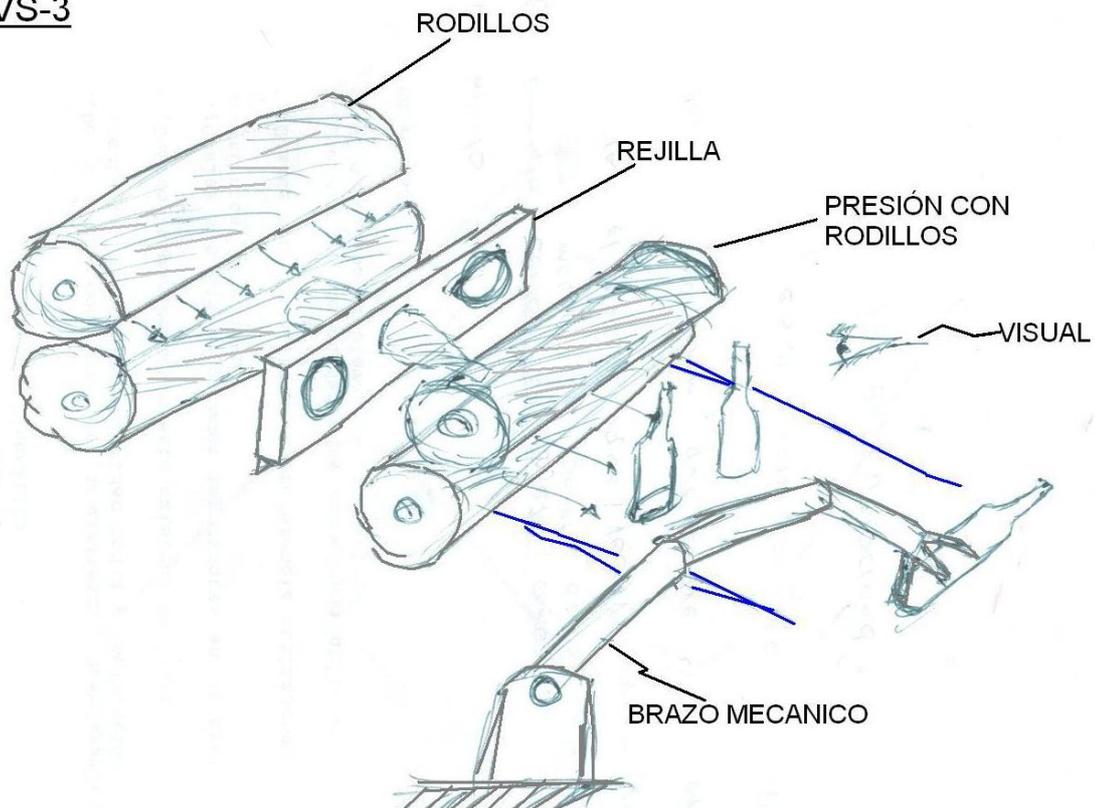


Fig.IV.7. Alternativa SVS-3

- SVS-4: sistema de verificación de sellado, figura IV.8. En esta alternativa se transportan las ampollas en forma horizontal sobre una banda transportadora que tiene la forma de la ampollita, llegando a un espacio en donde se encuentra una barra reductora que hará presión sobre las ampollitas y al mismo tiempo en la punta de la ampollita se realizará vacío a su vez se encontrará un sensor que detecta la fuga y manda una señal hacia un actuador que expulsara las ampollitas con fuga.

Los elementos de este sistema son:

- Banda transportadora
- Barra reductora
- Válvulas
- Vacío
- Sensor de líquido
- Actuador neumático

SVS-4

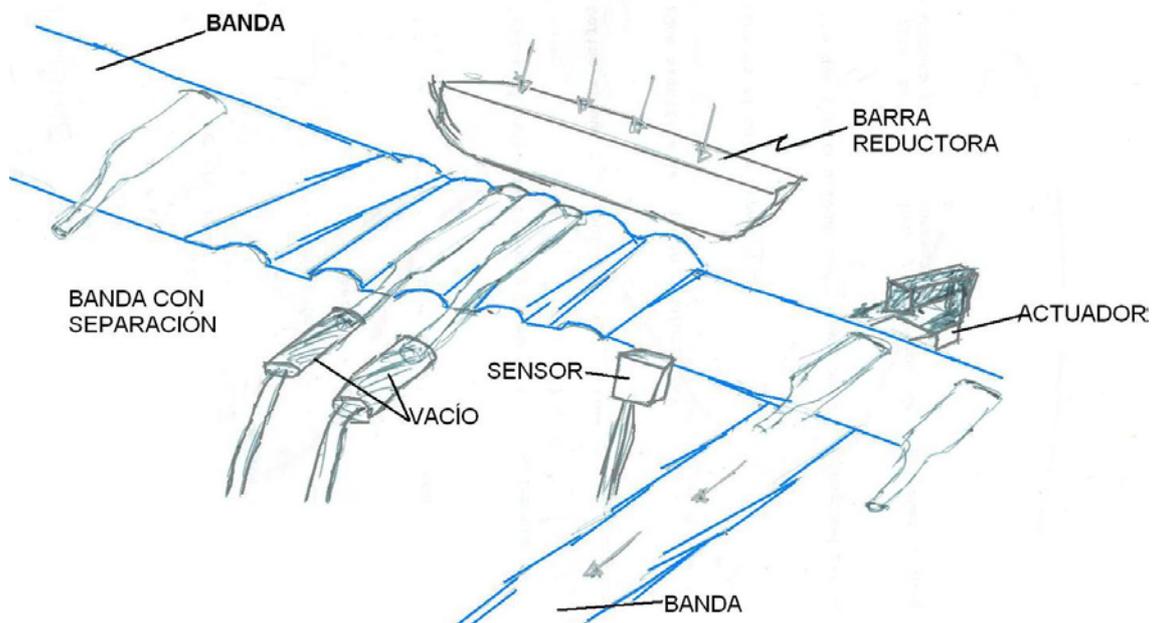


Fig.IV.8. Alternativa SVS-4

- SVS-5: sistema de verificación de sellado, figura IV.9. Este sistema consiste en colocar las ampolletas invertidas en una barra reductora por medio de un brazo mecánico. En la barra se realiza la acción de presionar la ampolleta y un operario observará si se expulsa líquido del producto y una de las últimas partes es seleccionar la ampolleta por medio de rodillos hacia una rampa en donde se deslizarán las ampolletas.

Elementos que componen este sistema:

- Brazo mecánico
- Barra reductora
- Operario
- Rodillos
- Rampa

SVS-5

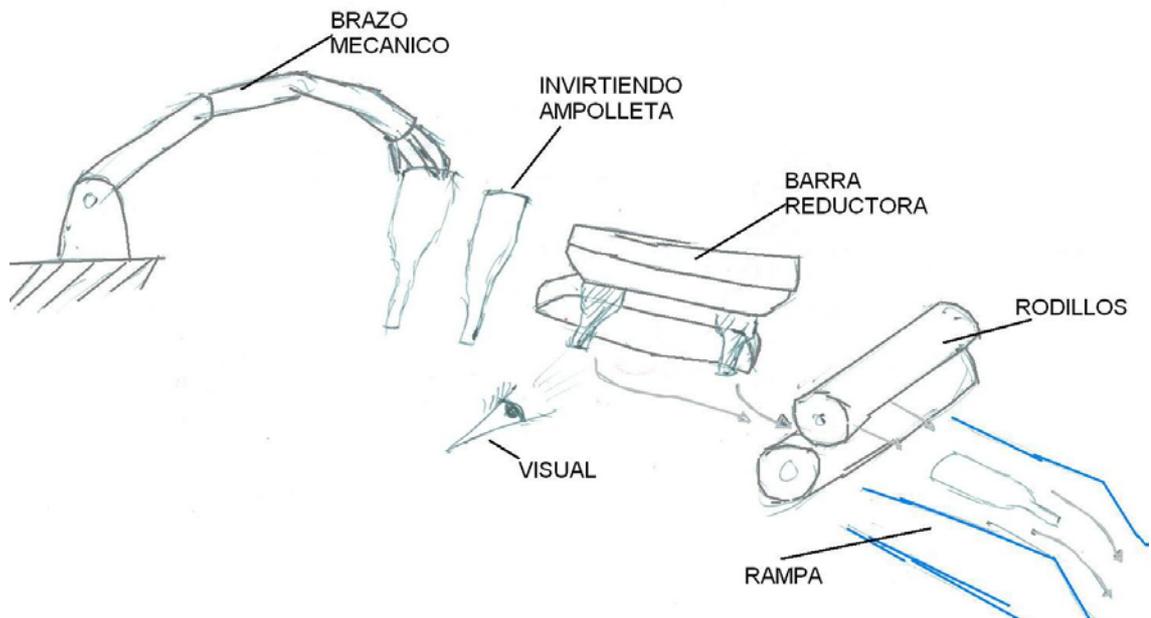


Fig.IV.9. Alternativa SVS-5

- SVS-6: sistema de verificación de sellado, figura IV.10. Es la última alternativa propuesta, utiliza un ducto con la forma de la ampolleta para colocar estas mismas en una corredera que igualmente tiene la forma de la ampolleta para ser colocada en forma vertical y con ello generar movimientos vibratorios y determinar si existe fuga por medio de rayos x y se trasladan en forma manual hacia una caja.

Los elementos de este sistema son:

- Ducto
- Correderas
- Rayos x
- Operario
- Brazo mecánico

SVS-6

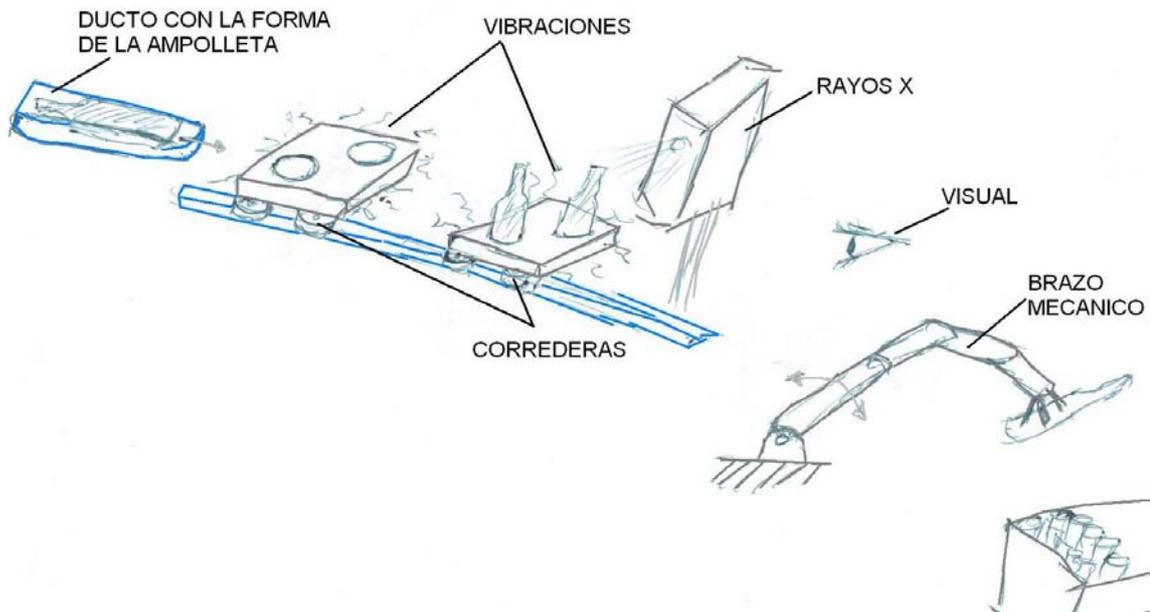


Fig.IV.10. Alternativa SVS-6

Después de mostrar las imágenes y la descripción de cada una de las alternativas de solución para el sistema que verificará el sellado en las ampollitas de material plástico, se continúa con su evaluación y propiamente la selección.

IV.3. Selección y evaluación a través de la matriz morfológica.

Esta parte se realiza a través de una matriz morfológica, en donde se encuentran las combinaciones en la selección de

alternativas de solución para el sistema verificador de sellado en ampollitas de plástico.

Se parte de la lista de funciones que debe realizar el sistema y sus posibles soluciones para realizar la tarea.

Matriz morfológica.

En esta matriz se observarán las relaciones o combinaciones de alternativas de solución para el sistema y posteriormente se elabora la evaluación de las alternativas.

La matriz podría ser innumerable de acuerdo a cada una de las funciones existentes para el sistema de verificación de sellado en ampollitas.

A continuación se realiza una matriz de Pugh, en donde los criterios de selección corresponden a las filas y las alternativas de solución corresponden a las columnas.

Los criterios de selección evaluados en la tabla se determinaron considerando los requerimientos y especificaciones propuestas en el capítulo de planteamiento del problema.

La evaluación se realiza a través de una matriz que se muestra en la tabla IV.2;

		Alternativas de solución						
		SVS-1	SVS-2	SVS-3	Sistema actual	SVS-4	SVS-5	SVS-6
C R I S T E L R E I C O C S I Ó D N E	Producción	1	1	-1	0	1	1	0
	Fácil instalación	-1	1	0	0	1	-1	-1
	Costo de manufactura	-1	1	-1	0	0	-1	0
	Ahorro de energía	1	-1	1	0	0	1	1
	Elementos comerciales	0	1	0	0	1	-1	1
	Seguridad	1	-1	-1	0	1	1	-1
	Funcionamiento	1	-1	1	0	1	1	1
	Compatibilidad con los siguientes sistemas	-1	1	0	0	1	0	1
	Dimensiones	-1	1	1	--	1	1	0
	$\Sigma(+)$	4	6	3	--	7	5	4
	$\Sigma(-)$	4	3	3	8	0	4	2
	$\Sigma(0)$	1	0	3	0	2	0	3
	Puntos	0	3	0	0	7	1	2
Jerarquía	6	2	5	0	1	4	3	

Tabla IV.2. Evaluación de las alternativas

De acuerdo a la tabla anterior se observa que la alternativa seleccionada para efectuar la tarea para verificar el sellado en ampollitas de material plástico es la alternativa SVS-4.

Debido a que en la tabla los criterios de selección que dan pauta a lograr la jerarquía más alta de entre todas las alternativas, fueron:

1. Fácil de instalar
2. Costo de manufactura
3. Seguridad

En los siguientes párrafos se describen las partes de las cuales está formada la alternativa seleccionada.

SVS-4: Esta alternativa se compone de las siguientes actividades:

- Transportar por medio de una banda
- Ordenar y posicionar con una banda que tiene separaciones
- Verificar a través de vacío en conjunto con una barra reductora
- Seleccionar con un actuador neumático
- Transportar a otro sistema con una banda

La configuración de este sistema se muestra en la figura IV.11, donde se pueden apreciar los elementos principales con los que cuenta el sistema para verificar el sellado.

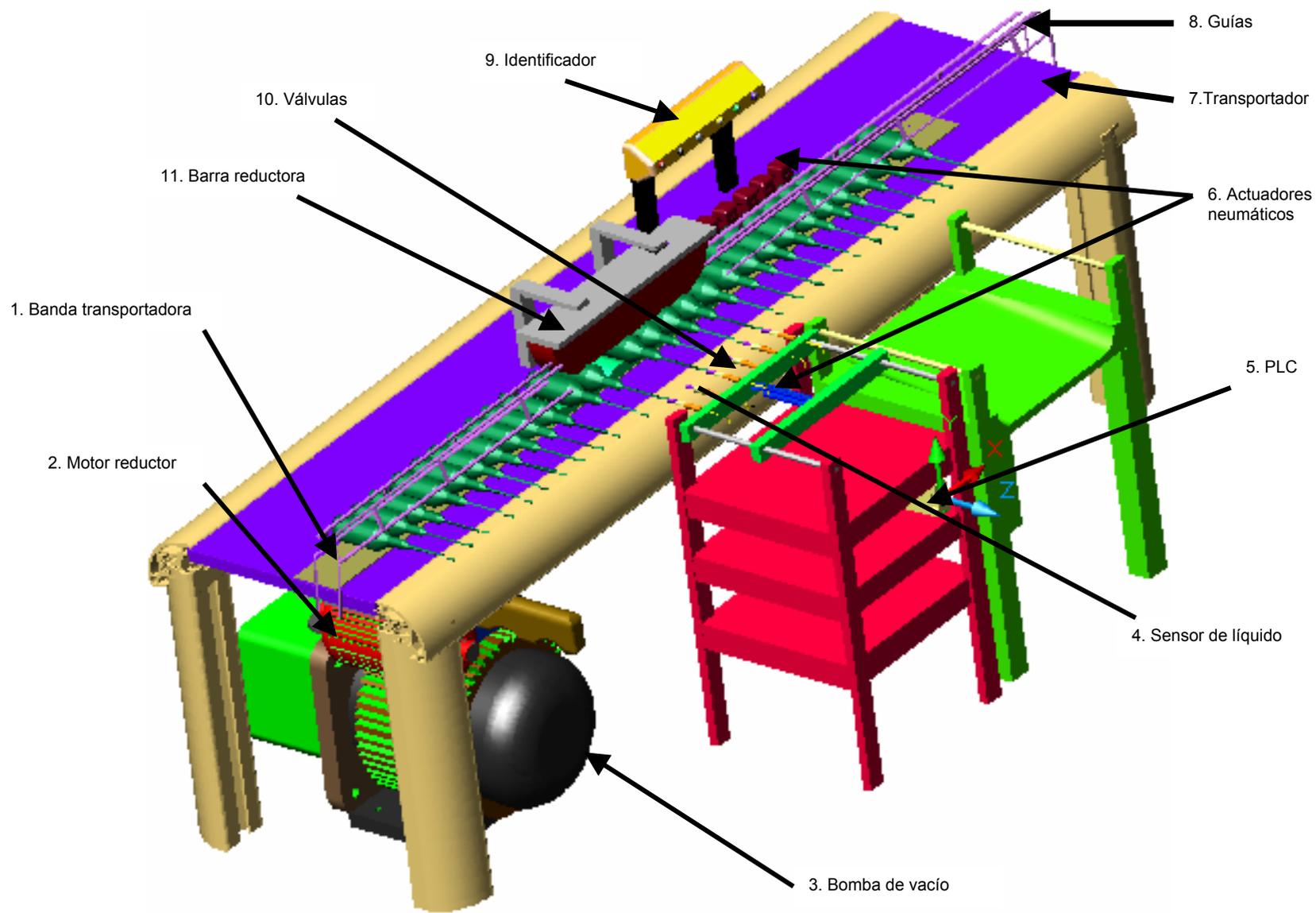


Fig. IV.11. Sistema verificador de ampollas plásticas

El sistema para verificar el sellado en ampollitas de plástico contiene los siguientes elementos:

- Banda transportadora
- Transportador
- Motor reductor de velocidades
- Bomba de vacío
- Sensores de líquido
- PLC
- Actuadores neumáticos
- Válvulas
- Barra reductora

La introducción de estos elementos permiten justificar gradualmente los pasos a seguir en el sistema de verificación de sellado para los productos ya descritos, ampollitas de material plástico, en donde los criterios de funcionalidad y seguridad del sistema son los principales para la aplicación de este trabajo.

IV.4.Descripción de la solución al sistema verificador del sellado en ampollitas de plástico.

En este apartado se describen el proceso y cada uno de los elementos de acuerdo a la función que realizan dentro del sistema de verificación en el sellado de las ampollitas de material plástico.

Proceso

En primer lugar se considera que el producto, ampollitas, llegan en una posición horizontal a la entrada del sistema, en donde inicia el transportador, para así ser trasladadas por una banda hacia el lugar en donde se encuentra la barra reductora y el sistema de vacío, el cuál actúa en el

momento que llegan las ampollitas a una posición determinada.

Posteriormente se accionan las válvulas que succionaran el líquido de las ampollitas que se encuentren con fuga, de ser así se mandará una señal al elemento que contendrá unos lets de identificación que permiten la ubicación expulsión de la ampollita con fuga por medio de un actuador neumático.

Por último, la ampollita es trasladada hacia el fin del transportador con la banda y ser retirada del sistema.

Banda transportadora:

El principal objetivo de la banda es mantener un movimiento uniforme de las ampollitas, en un estado inicial y final que no altera al sistema, ya que permite mantener una sola dirección en los productos, ampollitas. Esta banda se observa en la figura IV.12.

La banda a utilizar es de una forma específica y antiderrapante, la elección de que sea antiderrapante es para evitar el deslizamiento de la ampollita en su traslado.

Los parámetros utilizados para la selección de la banda son:

- Cálculo de la longitud de banda
- Ancho de banda
- Aplicación

Cálculo de la longitud de banda:

La longitud de banda para una aplicación se encuentra definida matemáticamente por²;

$$L=2C+1.57(D+d) + (D-d)^2 / 4C$$

En donde:

L: longitud de la banda

D: diámetro de la polea mayor

d: diámetro de la polea menor

C: distancia entre las poleas

Para este caso en particular solo existe el diámetro D para una polea.

Por lo tanto,

$$C = 2m$$

$$D = 0.0508m$$

$$L = 2(2) + 1.57(0.0508) + (0.0508 / 4(2))$$

$$L = 4.086m$$

Igualmente se realiza el cálculo del ancho de la banda con la siguiente ecuación³:

$$W = \frac{HF}{KP}$$

En donde:

W: ancho de la banda

H: potencia nominal

F: factor de corrección para condiciones de operación

² “Apuntes de tecnología de maquinas-herramienta y calculo de engranes”, Abraham Esquivel Martinez, Luysil de México, S.A.

K: factor que relaciona el arco de contacto en 180°

P: factor de corrección para el diámetro de la polea

$$H: 1.6$$

$$P: 0.9$$

$$F: 1.2$$

$$K: 1$$

$$W = \frac{HF}{KP}$$

$$W = \frac{1.6(1.2)}{1(0.9)} = 2.13 \text{ pulg}$$

$$W = 54 \text{ mm}$$

La banda a utilizar cumple con las siguientes características:

-Bandas de PVC para una amplia gama de aplicaciones que no requieran una resistencia especial a aceites y grasas. La mayoría son antiestáticas, resistentes a la abrasión, y van con cobertura inferior de PVC, liso o grabado, o de tejido de poliéster. Pueden montarse en tipos de transportadores muy variados.



Fig.IV.12. Bandas de transporte

En la tabla IV.3 se encuentran las propiedades de la banda elegida;

Propiedades		Banda transportadora
Cobertura superior	Material	PVC
	Color	Blanco, verde, negro.
	Espesor mm	2
	Acabado	Liso, mate, grabado
Cobertura inferior	Material	PVC, PU
	Color	Blanco, verde, negro
	Espesor mm	1
	Acabado	Liso
Temperatura °C	Constante	-15 a 80
	Puntual	-25 a 100
Tejidos	No. Tramas	2
	Tela	Flexible
Banda	Espesor mm	5
	Peso kg/m ²	6.10
Carga N/mm	Rotura	200
	1%	20
	1.5%	28
Ancho máximo	mm	2000
Características especiales		Antiestática, resistente a la abrasión, antillama, FDA.

Tabla IV.3. Propiedades de la banda transportadora

Es conveniente realizar el cálculo de la banda que realiza la transmisión del motor reductor con la banda transportadora, queda de la siguiente manera³:

$$C = 0.4m$$

$$D = 0.0635m$$

$$d = 0.0508m$$

$$L = 2(0.4) + 1.57(0.0635 + 0.0508) + (0.0635 - 0.0508)^2 / 4(0.4)$$

$$L = 1.01m$$

³ Elementos de máquinas, Bernard J. Hamrock, McGraw-Hill, 2000.

Transportador

La principal función del transportador es llevar el producto de un punto inicial a un destino como producto final.

La mayoría de los transportadores son relativamente simples en diseño y bajos en tensión. Sin embargo, como los transportadores han pasado a ser más extensos, más complejos y han aumentado su tensión, la investigación se torna primordialmente para poder obtener ventajas industriales, y ésta generalmente se realiza en uno o más de los siguientes puntos.

1. Aceleración y roturas, problemas de tensión
2. Costo en tiempo y distancia
3. Curvas verticales
4. Cambios de longitud
5. Problemas en las poleas conductoras
6. Múltiples perfiles de los transportadores
7. Graduar el espacio entre los soportes

Los elementos de los cuales está compuesto el transportador son:

- Estructura de soporte
- Elementos deslizantes (banda, soportes)
- Elementos motrices
- Elementos tensores
- Elemento motriz

Después de una descripción breve se continúa con los cálculos en el diseño del transportador.

Cálculos generales.

1) Cálculo de la holgura de la banda

La holgura de la banda se ubica en los costados de la banda, ésta permite tener un margen de espacio utilizado para impedir que el material o producto a transportar resbale.

$$D=0.055W+0.9$$

En donde:

D=holgura de la banda (mm)

W=ancho de la banda (plg)

$$D=0.055(2.13)+0.9=1.02$$

$$D=25.83\text{mm}$$

2) Cálculo del ancho plano de la banda.

El ancho plano de la banda es en donde se ubicará el producto al ser transportado.

$$T=0.371W$$

En donde:

T=ancho plano de la banda

W=Ancho de la banda

$$T=0.371(2.13)=0.79$$

$$T=20.1\text{mm}$$

3) Cálculo del área aproximada del producto a transportar.

$$A=hb$$

En donde:

A=área del material (m^2)

h=altura del material (m)

b=base del material (m)

$$A=83.3(3.3)=275\text{mm}^2$$

$$A=0.275\text{m}^2$$

4) Cálculo de la banda completamente cargada.

$$V_c=LA$$

En donde:

V_c =banda completamente cargada (m^3)

L=largo de la banda (m)

A=área del material (m^2)

$$V_c=4.086(0.275)=1.123\text{m}^3$$

5) Cálculo de la velocidad necesaria.

Para el cálculo de la velocidad necesaria, se debe tener el dato de la capacidad volumétrica de la banda transportadora. Dato que por lo demás siempre es conocido ya que es la cantidad de material a descargar por hora.

Primero se calcula la velocidad en número de veces que la banda debe ser cargada.

$$N^0\text{veces} = \frac{Cap}{V_{tot}}$$

En donde:

$N^0\text{veces}$ =número de veces que la cinta debe ser cargada por hora

Cap=capacidad

V_{tot} =volumen total

$$N^0\text{veces} = \frac{12600}{69.3} = 181.8$$

Ahora se calcula la velocidad en m/h

$$V = N^0 \text{ veces } L = 181.8 (4.086) = 742.87 \text{ m/h}$$

$$V = 0.206 \text{ m/s}$$

6) Cálculo del peso a transportar.

El cálculo del peso a transportar permite obtener la capacidad que debe transportar la banda en toneladas/hora.

$$P_t = \frac{\delta C_h}{Z_1 Z_2}$$

En donde:

P_t = peso a transportar (ton/h)

δ = peso específico material (kg/m^3)

C_h = capacidad volumétrica

Z_1 = coeficiente de corrección y sobrecarga = 0.50

Z_2 = coeficiente de corrección de inclinación = 1 para 0°

$$P_t = \frac{78.50(14.15)}{0.50(1)} = 2221.52$$

$$P_t = 2.45 \text{ ton/h}$$

Para el transportador estos son los cálculos que se consideran para la aplicación de la máquina que verificará el sellado en ampollitas de material plástico.

Motoreductor de velocidad:

El motor reductor de velocidades, que se observa en la figura IV.13, servirá para ejercer la transmisión hacia los elementos que dependerán de él, los cuales se requiere que

se tenga una manipulación del sistema o que su velocidad tenga una variación durante el proceso.



Fig.IV.13 Motor reductor de velocidades

En la elección del motor es necesario llevar a cabo los siguientes cálculos.

Determinación de la potencia requerida del motor, lo cuál involucra calcular los momentos de flexión del eje, la velocidad angular requerida y el momento de torsión, y por último el diámetro del eje a utilizar.

Se realiza un análisis de fuerzas y momentos para obtener el momento de flexión del eje, de la siguiente manera, de acuerdo a la figura IV.14:

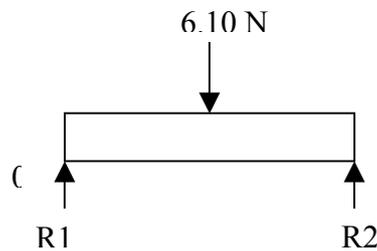


Fig.IV.14 Diagrama de fuerzas

La longitud del eje es de 0.074m.

$$\sum M_0 = 0$$

$$R_1(0) + 0.037(6.10) - R_2(0.074) = 0$$

$$0 + 0.2257 - R_2(0.074) = 0$$

$$R_2 = \frac{0.2257}{0.074} = 3.05$$

$$\therefore R_2 = 3.05 \text{ Nm}$$

El momento flexionante máximo se produce en el punto donde la fuerza cortante es igual a cero, se toma el punto 0.

$$M = 3.05(0.037) = 0.113$$

$$M = 0.113 \text{ Nm}$$

Ahora se calcula la velocidad angular requerida para el sistema que verificará las ampollitas de material plástico.

Primero se hace la consideración de que la velocidad relativa del sistema es de 1 ampollita por segundo, queda expresado de esta manera:

$$V = \frac{d}{t} = 0.023 \text{ m/s}$$

Para el arreglo de 6 ampollitas se tiene que la distancia es de 0.15m;

$$t = \frac{d}{V} = \frac{0.15}{0.023} = 6.52 \text{ seg}$$

realizando la conversión a minutos el tiempo $t = 0.11 \text{ min.}$

ahora la velocidad angular se determina por :

$$\omega = \frac{2\pi}{t} = \frac{360}{0.11} = 3272 \text{ rpm}$$

Ahora se determina la potencia, considerando que la longitud de la banda es de 2 m y el tiempo de 0.11, se obtiene de la siguiente forma:

$$P = \frac{W}{t} = \frac{12.2(2)}{0.11} = \frac{24.4}{0.11} = 221.81$$

$$\therefore P = 221.81 \text{ Watts}$$

$$P = 0.29 \text{ HP}$$

Con el cálculo de la potencia se obtiene de manera directa el momento de torsión del eje a utilizar.

$$P = T\omega$$

Despejando T :

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{221.81}{19632} = 0.0113$$

$$T = 0.0113 \text{ Nm}$$

Dichos parámetros son útiles para el diseño del eje a utilizar, lo que resta por calcular es el diámetro del eje, que se está considerando fabricar de acero 1045.

$$F = ma$$

$$m = \frac{F}{a} = \frac{6.10}{9.81} = 0.62$$

$$m = 0.62 \text{ kg}$$

$$m = \rho V = \rho l \frac{\pi d^2}{4}$$

de aquí :

$$d = \sqrt{\frac{4m}{\rho l \pi}} = \sqrt{\frac{4(0.62)}{7850(0.074)(3.1416)}} = \sqrt{\frac{2.48}{1824.9}} = 3.69 \times 10^{-2} \text{ m}$$

∴ El diámetro del eje es :

$$d = 36.9 \text{ mm}$$

Con los datos obtenidos de la potencia y la velocidad angular se inicia la etapa de selección para el motor.

Para esta aplicación en específico se utilizará un motor y sus principales características son:

- Velocidad variable
- Reversible al instante
- Operación en frío
- Compacto y portátil
- Mantenimiento mínimo
- Funciona en cualquier posición

Para su adecuada selección se requiere el dato de la presión de aire en línea, la relación de velocidades que se desea:

-La presión con la que se desea trabajar es de 40-60
PSI.

-La relación de velocidades que se encuentre entre 10:1 o 15:1, que se determino en base a los cálculos anteriores, en donde se determino la velocidad angular.

Con estos datos y las figuras IV.15 a la IV.17 gráficas se determina el tipo de motor que se utilizará.

De la siguiente gráfica se puede obtener la potencia que va a ser de 0.15KV para una presión que se encuentra en el rango de 40-60PSI, considerando la velocidad entre un rango de 300 y 400 rpm para tener una relación de velocidades considerable.

De los cálculos realizados anteriormente se determinó una velocidad de 3272rpm y considerando una relación de 10:1 se utiliza una velocidad de 350rpm y 50PSI, en las tablas mostradas se obtienen los siguientes parámetros.

El aire requerido es de 7 l/s de aire.

Además, se determina que se requiere de un par de 5 Nm.

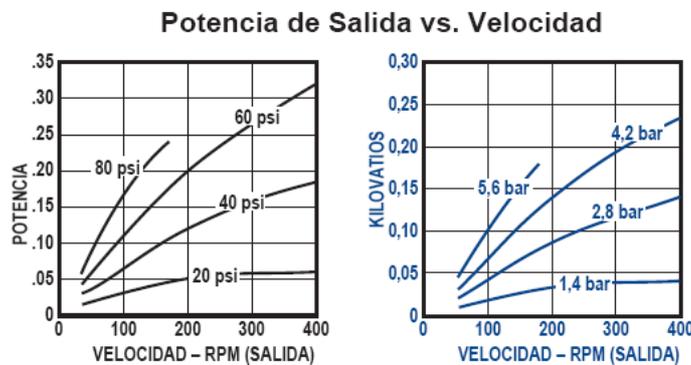


Fig. IV.15 Gráfica Potencia vs velocidad

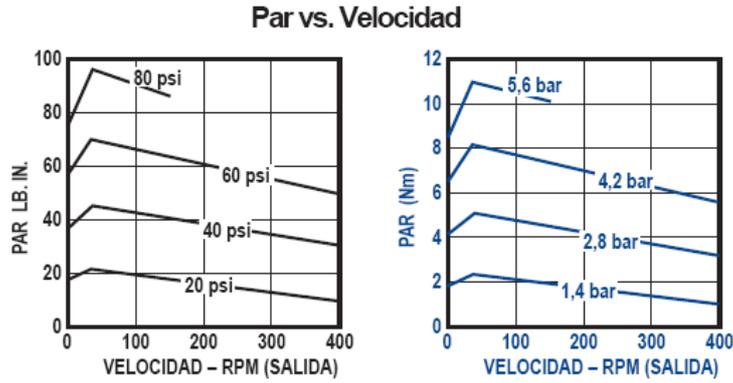


Fig. IV.16. Gráfica de par vs velocidad

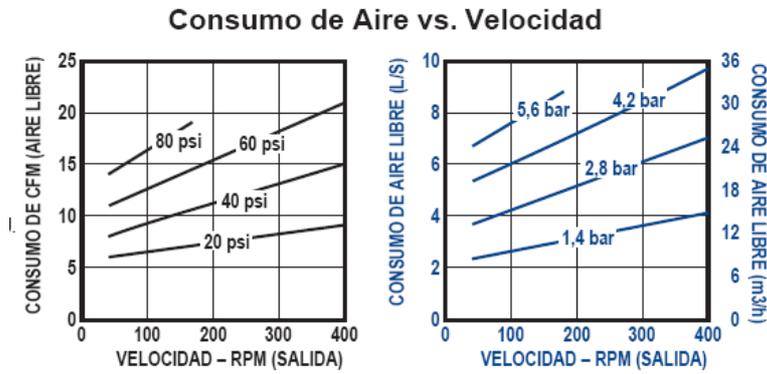


Fig. IV.17. Gráfica de aire vs velocidad

Para este caso en particular se toma la presión de 4-5.5bar, que es el resultado que arrojaron los cálculos y la utilización de las tablas, con ello se determina que se puede utilizar el modelo de motoreductor que se observa en la tabla IV.4, y se dan los datos.

Modelo	Relación	DATOS DE TRABAJO				PAR
		Max. velocidad	Potencia de salida	Par	Max. Cte de aire	Max. velocidad
		rpm	KW	Nm	m ³ /h	rpm
1UP-NRV	15:1	400	0.23	5.5	36	300
4AM-RV	10:1	300	0.94	31	98	300

Tabla IV.4. Datos de los motoreductores neumáticos

De la tabla IV.4 se observan dos tipos de motoreductores que son aplicables a la solución del sistema para verificar las ampollas de material plástico.

Los accesorios del motor son:

- Poleas
- Ejes

La polea que servirá para generar la transmisión del motor con la banda se muestran en la figura IV.18, y como se observa.

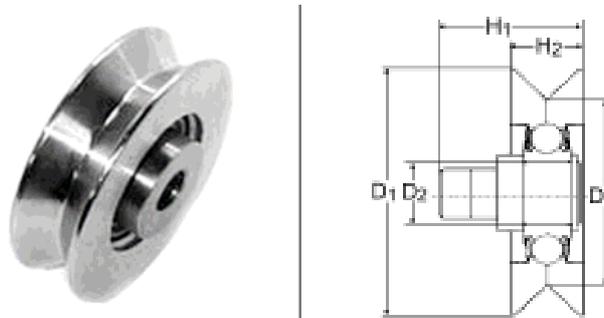


Fig. IV.18 Accesorios para el motor eje y poleas

El material para la elaboración de estos elementos es un acero 1020, debido a que es un acero de uso general con un grado de maquinaria.

Es un acero estirado en frío y un tratamiento térmico en salmuera.

En eje se utilizará una cuña para asegurar que la transmisión será adecuada, tomando en cuenta que las cuñas permiten prevenir el movimiento entre el eje y el elemento de máquina conectado a través del cual se transmite el par de torsión.

Y para ello es adecuado calcular la longitud crítica de la cuña, que se realiza a través de los siguientes cálculos.

Considerando que el diámetro del eje es de 36.9 mm, un acero 1020, utilizando una cuña cuadrada, con una altura de 10 mm, para el par de torsión se utilizará un radio de 18.45 mm y un factor de seguridad de 2⁴.

Entonces:

$$S_y = 295MPa$$

$$\tau = S_{ys} = 0.4S_y$$

$$\tau = 0.4(295 \times 10^6) = 118MPa$$

$$\sigma = S_{yc} = 0.9S_y$$

$$\sigma = 0.9(295 \times 10^6) = 265.5MPa$$

Los esfuerzos de diseño son :

$$\tau_D = \frac{S_{ys}}{n_s} = \frac{118 \times 10^6}{2} = 59MPa$$

$$\sigma_D = \frac{S_{yc}}{n_s} = \frac{265.5 \times 10^6}{2} = 132.75MPa$$

Para un eje con sección transversal circular el momento de inercia a calcular es:

⁴ “Elementos de máquinas”, Hamrock Bernard J., MacGraw-Hill, México.

$$J = \frac{\pi d^4}{32}$$

$$J = \frac{\pi(0.0369)^4}{32} = 1.8 \times 10^{-7}$$

El par de torsión máximo es :

$$T_{\max} = \frac{\tau_D J}{r}$$

$$T_{\max} = \frac{118 \times 10^6 (1.8 \times 10^{-7})}{0.01845} = 1151.21 \text{Kgm}$$

La fuerza máxima es :

$$P_{\max} = \frac{T_{\max}}{r}$$

$$P_{\max} = \frac{1151.21}{0.01845} = 62396.2 \text{kg}_f$$

∴

$$\tau_D = \frac{P}{A_s} = \frac{2T}{dwl}$$

⇒

$$l_{cr} = \frac{2T_{\max}}{dw\tau_D} = \frac{2(1151.21)}{(0.0369)(0.01)(59 \times 10^6)} = 0.1057 \text{m}$$

$$l_{cr} = \frac{4T_{\max}}{\sigma_D dh} = \frac{4(1151.21)}{(132.75 \times 10^6)(0.0369)(0.01)} = 0.094 \text{m}$$

De esta forma, para evitar la falla por cortante de la cuña, debe tener por lo menos una longitud de 0.1057m, y para evitar la falla de la cuña por compresión la cuña debe tener al menos 0.094m de longitud.

Por lo tanto, la falla ocurrirá primero por cortante de la cuña, y la cuña misma debe tener una longitud de 0.1057m.

En la figura IV.19 se muestra la cuña.

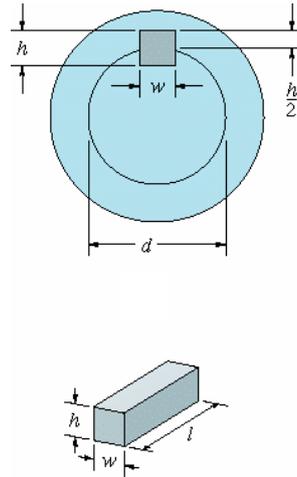


Fig. IV.19. Cuña para el eje

Bomba de vacío:

El funcionamiento de una bomba de vacío está caracterizado por su velocidad de bombeo, y la cantidad de gas evacuado por unidad de tiempo. Toda bomba de vacío tiene una presión mínima de entrada, que es la presión más baja que puede obtenerse, y también, un límite superior a la salida o presión previa.

La figura IV.20 muestra la bomba de vacío en el sistema.

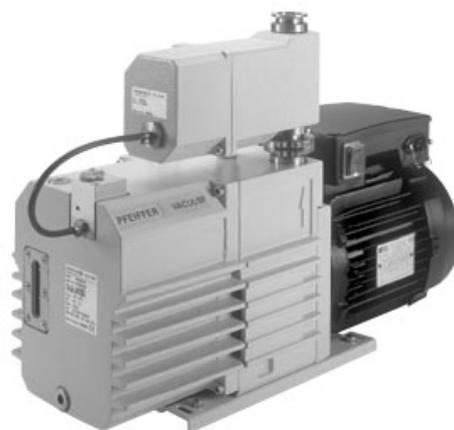


Fig. IV.20. Bomba de vacío

Para seleccionar una bomba de vacío se analiza primero cuál es la presión más baja que la bomba puede suministrar.

De la diversidad de bombas de vacío, para la tarea de este proyecto se eligen bombas de émbolo, una de las características por la que se selecciona esta bomba es la velocidad de aire con un valor máximo de 400 lt/s.

Para el caso de estudio se requiere como máximo 5 m³/h, la obtención de este dato es a través de considerar que se utilizará una tubería con diámetro igual a 1.27cm y la longitud entre accesorios es de 73 cm, el procedimiento a obtener el flujo es:

$$V = \frac{\pi d^2}{4} l$$

$$V_{real} = F_c V$$

$$F_c = 4.33$$

1 ampollita requiere 0.73m de espacio para generar el flujo para 12600 en una hora son 9200m.

$$V = \frac{\pi(0.0127)^2}{4} (9200) = 1.16cm^3$$

$$V_{real} = 4.33(1.16) = 5.02cm^3$$

$$Q = \frac{V_{real}}{t}$$

$$Q = \frac{5.02}{1} = 5.02m^3 / h$$

En la figura IV.21 se muestra la gráfica con la cual se obtiene la presión de 0.1 mbar, con lo cual se logra obtener el vacío para el sistema verificador de sellado en las ampollitas de material plástico.

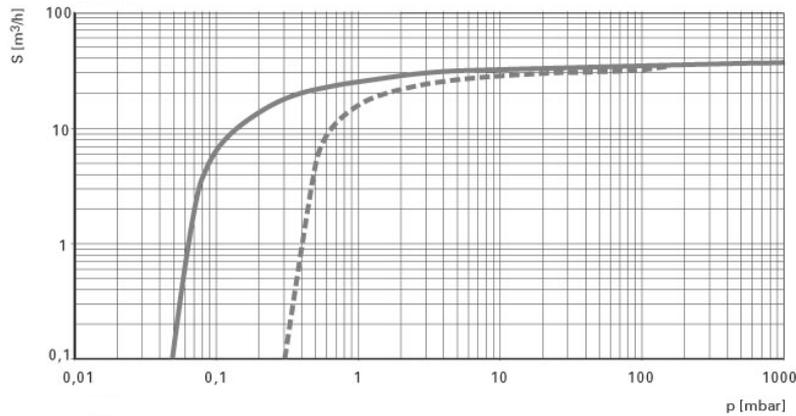


Fig. IV. 21 Gráfica para obtener la presión mínima de trabajo

En la tabla IV.5 se muestran las especificaciones de una bomba seleccionada para el sistema de este trabajo.

Potencia del motor	0.75 kW
Velocidad máxima	1690 rpm
Presión del vapor de agua	7 mbar
Capacidad mínima	35 m ³ /h
Temperatura máxima	80 °C
Presión mínima	0.1 mbar
Peso	44 kg

Tabla IV.5. Propiedades de la bomba de vacío

Los datos de esta tabla corresponden a la bomba de la figura IV.19, descrita en párrafos anteriores.

Sensor de líquido:

El sensor, que se muestra en la figura IV.22, es de utilidad para detectar la existencia de fuga en la ampollita en el momento que se ejerce el vacío y la presión con la barra reductora.



Fig. IV.22. Sensor de líquido

El cual tendrá la función de enviar la señal hacia los actuadores que impulsaran a las ampollitas que contienen fuga.

Es un sensor capacitivo reflectivo con supresión de fondos. El sensor evalúa la luz reflejada directamente en el objeto.

Si el líquido pasa por el rango del sensor, la salida es activada. Este sensor funciona de acuerdo al principio de medición angular.

La forma en que va a funcionar el sensor es detectando el líquido que pasa por la válvula, en el momento que pase el líquido éste manda la señal al PLC, el cuál tendrá la función de realizar un control para la limpieza del ducto el caso de existir fuga en la ampollita.

Al momento de realizar el vació en la ampollita y detectar que existe fuga, se manda la señal al PLC con ello mandar la señal para la limpieza de la válvula en el recorrido que se realiza durante el retroceso de la válvula y su preparación para un nuevo ciclo de operación.

En la figura IV 23 se muestra la conexión del sensor en la válvula.

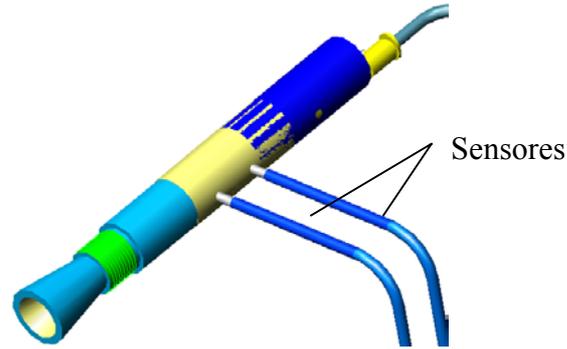


Fig. IV.23 Conexión del sensor en la válvula

Por otro lado, el sensor tiene supresión de fondos eléctrica y electromecánica, así como corrección de triple haz. Por lo cual es posible asegurar una interrupción altamente efectiva sin depender del diseño mecánico.

En la tabla IV.6 se dan las especificaciones del sensor difusor a utilizar.

Rango máximo	100 mm
Tipo de luz	Luz Laser Roja
Alimentación	10-30 VCD
Consumo	<25 mA
Frecuencia de interrupción	100 Hz

Tabla IV.6 Especificaciones del sensor difusor

PLC:

El PLC va a controlar las acciones de los motores, accionamiento de las válvulas, actuadores y panel de identificación de válvulas con fuga. Se visualiza en la figura IV.24.



Fig. IV.24. Esquema de un PLC.

El control lógico programable tendrá la función de controlar el sistema verificador de sellado en ampollas de material plástico en las etapas de:

- Accionamiento del motor
- Accionamiento de las válvulas
- Accionamiento de los sensores
- Accionamiento de los actuadores

Lo cual se observa en la figura IV.25, que representa la conexión de los elementos ya mencionados en el PLC.

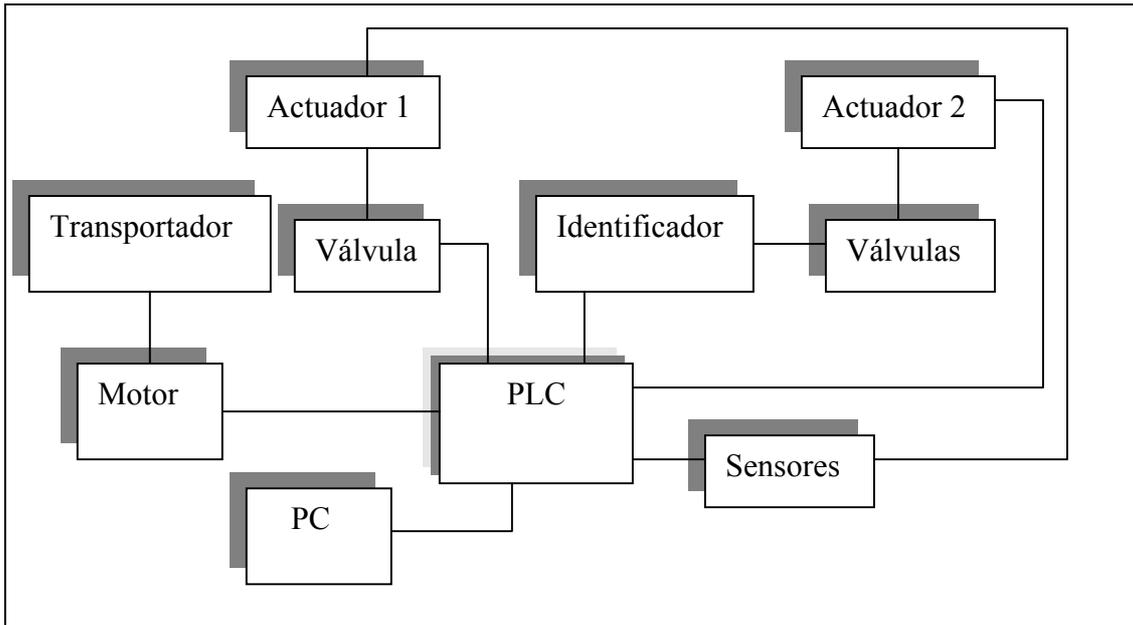


Fig. IV.25. Conexión del PLC

Con respecto a la conexión del sensor con el PLC se puede realizar como se muestra en la figura IV.26.

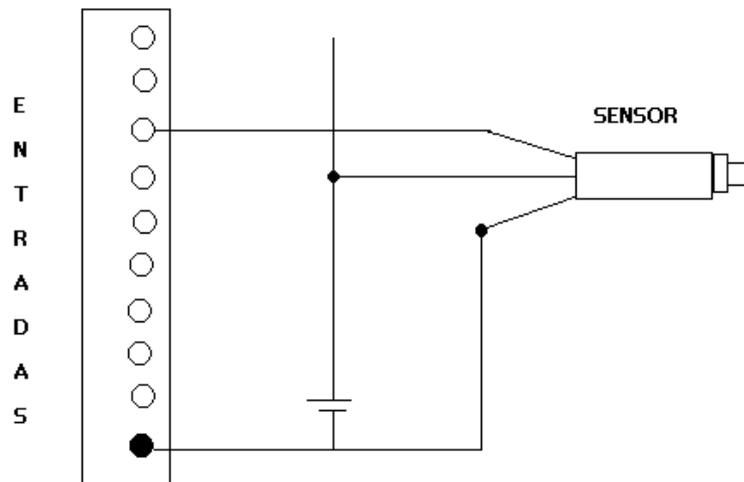


Fig. IV.26. Conexión PLC-Sensor

Los sensores se cablean normalmente a tres hilos. La alimentación de energía de dos hilos y la señal entre la polaridad común con el PLC y el tercer hilo. Por lo tanto, se deben conectar dos cables de alimentación del sensor; la alimentación siempre estará referida a la masa del PLC y el cable último se lleva a una entrada digital.

La forma en que se relacionará el PLC-motor se puede llevar a cabo con un variador de velocidad, el cual es un control electrónico que se va a encargar de regular la velocidad del motor.

La conexión con el PLC se observa en la figura IV.27.

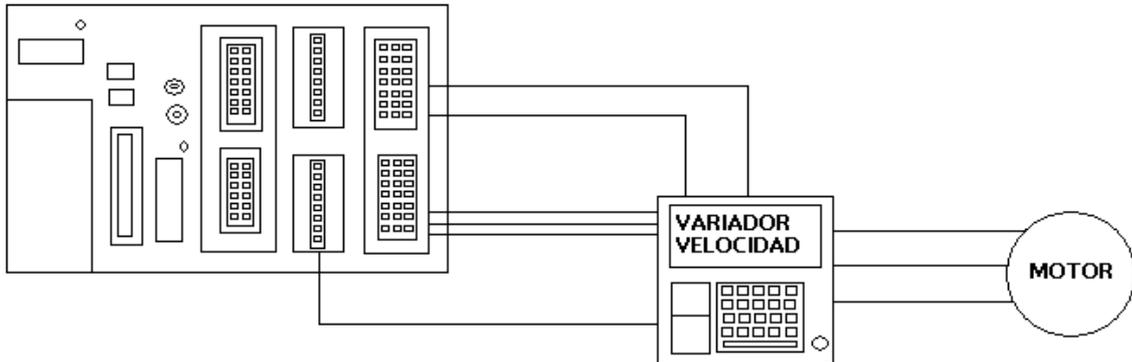


Fig.IV.27. Conexión PLC-Variador-Motor

Además, el PLC se comunica con el variador enviando la señal de velocidad mediante una salida digital que hace que el variador ejecute secuencias de funcionamiento preprogramadas.

El variador envía señales al control lógico programado mediante contactos de rele internos al variador que son cableados a entradas digitales.

Con respecto a los actuadores neumáticos, el PLC se presta particularmente para su activación. La forma de gobernar un cilindro neumático es actuar mediante salidas digitales para activar electroválvulas que hacen avanzar o retroceder al cilindro.

La señal eléctrica de salida digital del PLC activa una interfaz electroneumática que transforma la señal eléctrica en señal neumática que actúa sobre los distribuidores.

Una forma de realizar la conexión, de lo descrito, se muestra en la figura IV.28.

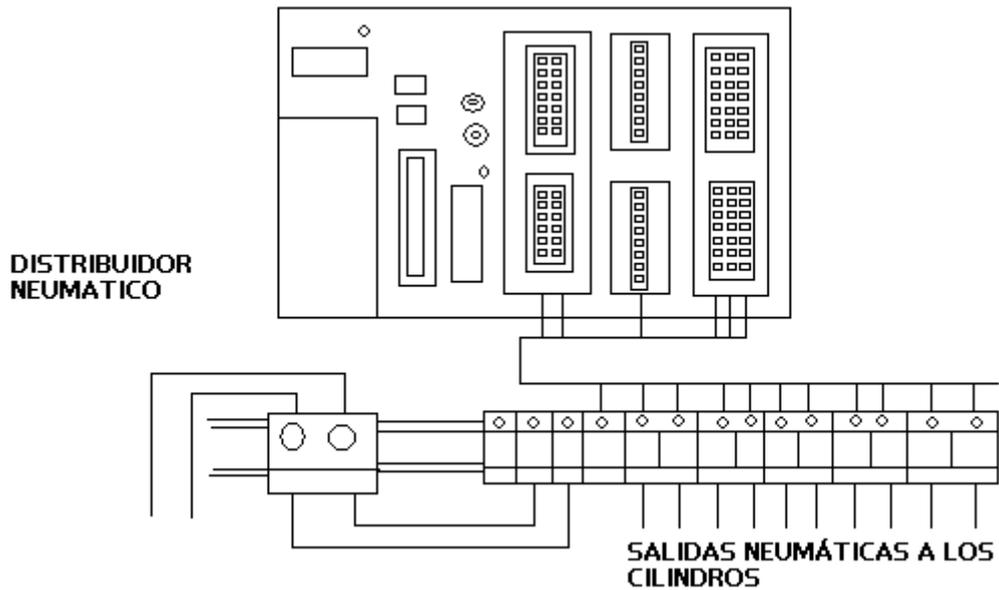


Fig. IV.28. Forma de realizar la conexión de cilindros-PLC

Igualmente se puede hablar un poco acerca de la conexión de las electroválvulas con el control lógico programable. En donde el PLC mediante sus salidas a relés se encargan de activar las electroválvulas que se encargan de controlar los cilindros.

Las electroválvulas reciben excitación eléctrica proveniente de las salidas del PLC, mediante la conexión de bobinas se encargan de distribuir el aire a la salida deseada.

Las válvulas mandan y regulan la puesta en marcha, paro, presión y caudal del fluido transportado por la bomba.

Al activar una salida del control lógico programable, se activa una bobina en las electroválvulas, de forma que ésta se posiciona para que permita la circulación de aire hacia

el accionador de salida deseado, realizando el movimiento pertinente.

Por otro lado, los cilindros y electroválvulas deben estar en una forma conjunta. Ya que se debe tomar en cuenta que ambos deben manejarse en conjunto y no individualmente. Esto quiere decir que si uno de los elementos es biestable entonces el cilindro debe estar en concordancia y sea de doble efecto.

Para realizar el cableado de los PLC a los accionadores neumáticos se realizan de las dos siguientes formas:

1. Las señales eléctricas de las salidas digitales actúan directamente sobre los distribuidores equipados con electroválvulas.
2. En el armario del PLC las señales eléctricas de las salidas digitales se convierten, mediante interfases electroneumáticas, en señales neumáticas

Estas dos formas de conexión se muestran en la figura IV.29.

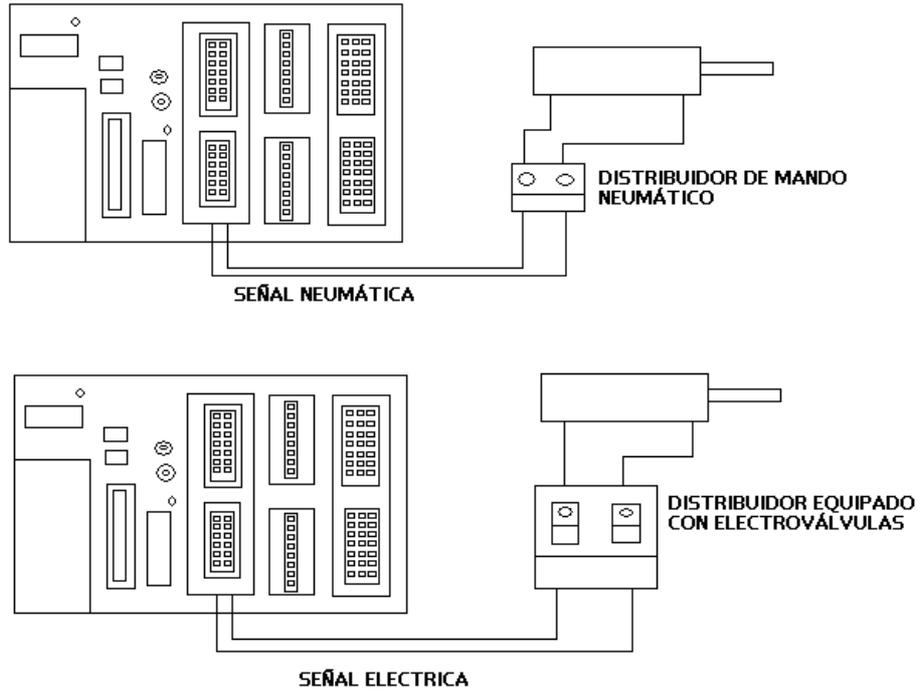


Fig.IV.29. Conexión de electroválvulas con actuadores

Para este caso en particular se utilizará un PLC de Parker ha sido considerado como apoyado constantemente los sistemas automáticos de este tipo, se opta por utilizar uno de sus PLC'S denominada powerPLmC T30, que se mostró en la figura IV.24.

Actuadores:

Los actuadotes neumáticos, que se observan en la figura IV.30, se utilizaran para accionar el sistema de las válvulas y la expulsión de las ampollas con fuga, siete actuadotes uno para manipular el desplazamiento de las válvulas y seis más para lograr la expulsión de las ampollas.

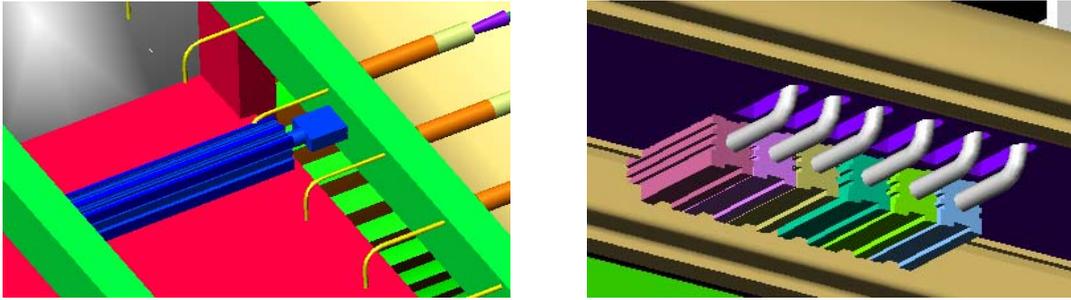


Fig. IV.30. Actuador para las válvulas, actuadores expulsores

La selección de los actuadores se realizó por medio de un cálculo matemático para después revisar catálogos.

En primer lugar, para determinar qué actuador se utilizaría se deben obtener la fuerza con la que actúa el cilindro neumático y se consideran los siguientes puntos:

1. Calcular el área equivalente del cilindro
2. Obtener el valor de la presión de trabajo a la que será solicitado el cilindro.
3. Verificar unidades
4. Aplicar ley de Pascal.

Por lo cual, se hace la consideración de los siguientes datos:

Presión de trabajo= 40PSI

Diámetro del cilindro= 0.63"

Diámetro del vástago= 0.31"

Tomando los siguientes parámetros:

F_p =fuerza del pistón

F_{reg} =fuerza de regreso

F_{av} =fuerza de avance

El desarrollo matemático para la obtención de la fuerza de trabajo es;

$$F_p = P \left(\frac{\pi(0.63)^2}{4} \right) = (40) \frac{1.25}{4} = 12.46lb$$

$$F_{av} = F_p - F_{reg}$$

$$F_{reg} = P(A_c - A_v) = 40 \left(\frac{\pi(0.63)^2}{4} - \frac{\pi(0.31)^2}{4} \right) = 40\pi \left(\frac{0.30}{4} \right) = 9.44lb$$

∴

$$F_{av} = 12.46 - 9.44 = 3.02lb$$

De aquí el actuador seleccionado de un catalogo de Parker es:

P1A-S016TS-0080

Cuyas características se muestran en la tabla IV.7:

Actuador	P1A-S016TS-0080
Diametro del cilindro	16 mm
Carrera	80 mm
Fuerza maxima	4.35 kg _f
Fuerza mínima	3.04 kg _f
Temp. de trabajo	Max.80°C, min. -20°C
Presión de trabajo max.	10 bar

Tabla IV.7 Especificaciones del actuador

que se observa en la figura IV.31:

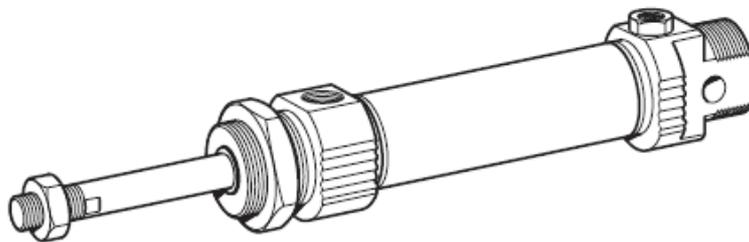


Fig. IV.31. Actuador seleccionado de catálogo

Para la elección de un cilindro guiado que mueve el sistema de las válvulas se toman los datos ya obtenidos de fuerza de avance, otro valor es la carrera máxima que recorre este cilindro y el valor máximo es de 500 mm.

Por ellos se elige un cilindro guiado del tipo P5E de Parker, que se muestra en la figura IV.32.



Fig. IV.32 Cilindro guiado

Las especificaciones del cilindro se muestran en la tabla IV.8.

Especificaciones	P5E
Diámetro del embolo	50 mm
Diámetro del vástago	20 mm
Área del vástago	1963 mm ²
Carrera máxima	725 mm
Fuerza teórica máxima	982 N
Fuerza de regreso máxima	825 N

Tabla IV.8. Especificaciones del cilindro con guía

También se muestra la pieza que sujetará al actuador llamada pie de sujeción, que se muestra en la figura IV.33.

Esta pieza va a sujetar por debajo de la estructura del sistema al actuador que expulsa a la ampollita con fuga.

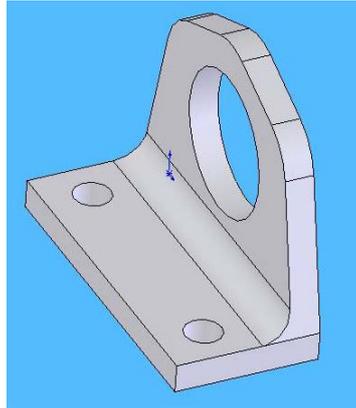


Fig. IV.33 Pie de sujeción para los actuadores

Válvulas:

Las válvulas tienen la tarea de conectarse con las ampollas y a través de éstas ejercer la succión para determinar la existencia de fuga en las ampollas.

La figura IV.34, muestra la válvula a utilizar en el sistema⁵, es una válvula diseñada para el sistema de llenado en las ampollas, sin embargo realizando la modificación en donde se elimina la parte que corresponde al llenado, se puede utilizar para hacer el vacío en las ampollas del sistema para verificar el sellado en dichas ampollas.

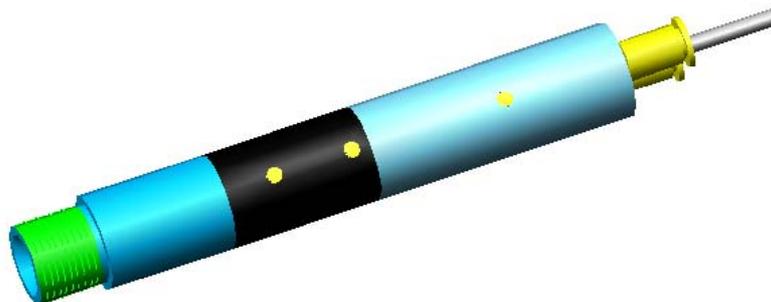


Fig. IV.34. Válvulas para efectuar el vacío.

Por otro lado, para el control de los actuadores se utilizan electroválvulas, para un mejor control del proceso. Dicha válvula se muestran en la figura IV.35.

⁵ “Diseño de un sistema para el llenado de ampollas plásticas”, Ricardo Lozada Bastida, México D.F., Mayo 2006.



Fig. IV.35. Electroválvula de 3/2

Para determinar la válvula a utilizar también se llevo a cabo un análisis matemático para determinar el flujo de aire que se utilizará.

El desarrollo consiste en tener los siguientes datos e iniciar el desarrollo de las fórmulas necesarias y determinar el flujo máximo que se utilizará en el sistema en conjunto con las electroválvulas.

P=presión de trabajo

P_{av}=presión de avance

F_C=Factor de compresión

V_{real}=volumen real

Q=flujo de aire

Entonces:

$$P = \frac{F}{A} = \frac{0.0756}{\frac{\pi(1)^2}{4}} = 0.096 \text{ PSI}$$

$$P_{av} = 0.096(1.35) = 0.1296 \text{ PSI} = 893 \text{ Pa}$$

$$F_C = \frac{P_{atm} + P_{bar}}{P_{atm}} = \frac{P_1 + P_{man}}{P_1} = \frac{12 + 40}{12} = 4.33$$

$$V = A \cdot L = \left(\frac{\pi(1)^2}{4} \right) (7.87) = 98.89 \text{ in}^3$$

$$V_{real} = V \cdot F_C = 98.89(4.33) = 428.19 \text{ in}^3$$

∴

$$Q = \frac{V}{t} = \frac{428.19}{5} = 85.63 \text{ in}^3 / \text{s}$$

Con el dato del flujo se revisaron catálogos de electroválvulas y se eligió la de 3/2, cuyas características se dan en la tabla IV.9;

Datos técnicos de 2EVP1D17B03	Electroválvula 3/2
Presión máxima de trabajo	315 bar
Presión nominal en retorno	Estatica 210bar Dinamica 80bar
Caudal nominal máximo	100L/min
Gama de temperaturas del fluido	-20°C--+80°C

Tabla IV.9. Datos de la electroválvula 3/2

Barra reductora:

Esta barra, que se observa en la figura IV.36, presionará las ampollitas para ayudar a detectar el mal sellado en las ampollitas.

La función es deformar la ampollita sin llegar a fracturarla, pero sí ejercer una presión adecuada para expulsar el líquido de la ampollita en el caso que exista fuga.

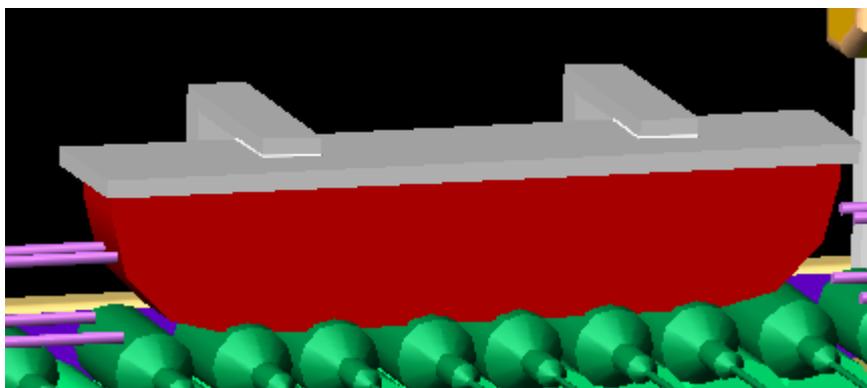


Fig. IV.36. Barra reductora

En la elección del material se han considerado los siguientes cálculos en donde se involucra la presión de

trabajo, área transversal considerada para la barra, el esfuerzo último, se realizan de la siguiente forma:

Los datos que se utilizarán como lo es la presión y dimensiones de la barra se obtienen a partir de las siguientes consideraciones.

1) Se llevaron a cabo unos experimentos en donde se obtuvo la presión a la cual se obtiene fuga en las ampollitas que contienen alguna fisura que permite la expulsión del líquido, la cual fue de 4.45kg.

2) Las dimensiones de la barra se toman en cuenta cuanto se acomodan seis ampollitas y con sus dimensiones en diámetro y con ello se obtiene el área transversal de la barra.

$$P = 4.45 \text{kg}$$

$$A = 0.003036 \text{m}^2$$

$$\sigma = \frac{P}{A} = \frac{4.45}{0.003036} = 1465.74 \text{kg/m}^2$$

$$\sigma = 0.9 S_y$$

⇒

$$S_y = \frac{\sigma}{0.9} = \frac{1465.74}{0.9} = 1627.77 \text{kg/m}^2$$

$$\tau = 0.4 S_y = 0.4(1627.77) = 651.1 \text{kg/m}^2$$

Considerando ahora el τ y σ de diseño, calculados de la siguiente manera, se obtiene que:

$$\tau_D = \frac{S_{ys}}{n} = \frac{651.1}{2} = 325.55 \text{ kg/m}^2$$

$$\sigma_D = \frac{S_{ys}}{n} = \frac{1465.74}{2} = 732.87 \text{ kg/m}^2$$

Lo cual indica que la barra fallará en primer lugar por compresión, cuando el esfuerzo sea de 732.87 kg/m².

Y por esfuerzo cortante ocurrirá en 325.55 kg/m².

Los cálculos anteriores sirven para determinar que material se utiliza para la fabricación de la barra reductora. Las dimensiones de dicha barra se encuentran en los planos ubicados en el apéndice A.

Para esta pieza se elige un material plástico de ingeniería que es el NylamidSL, que cuenta con las propiedades que se muestran en la tabla IV.10, un su descripción.

Propiedades	Unidades	Nylamid SL
Densidad	gr/cm ³	1.4
Dureza Shore-D		80-82
Absorción de agua	%	0.60
Temp. Servicio	°C	100
Coef. Expansión térmica	1/°C	100xE ⁻⁶
Resistencia a la tensión	Kg/m ²	720
Resistencia a la compresión	Kg/m ²	850
Resistencia al flexión	Kg/m ²	1200
Resistencia al impacto	Kg-m/cm	8.0
Elongación	%	12-30
Módulo de elasticidad	Kg/m ²	24,000
Coef. De fricción estático		0.07 a 0.15
Coef. De fricción dinámico		0.0 a 0.1

Tabla IV.10. Propiedades del Nylamid SL

Un punto importante para la barra reductora es la obtención de su resistencia, en donde se encuentran los esfuerzos de diseño al trabajar en producción.

Diagrama de conexión neumática en el sistema verificador de ampollas

Como parte última de este capítulo se muestra en la figura IV.37 el diagrama de conexión neumática, que está representando la conexión de los cilindros neumáticos con las electroválvulas.

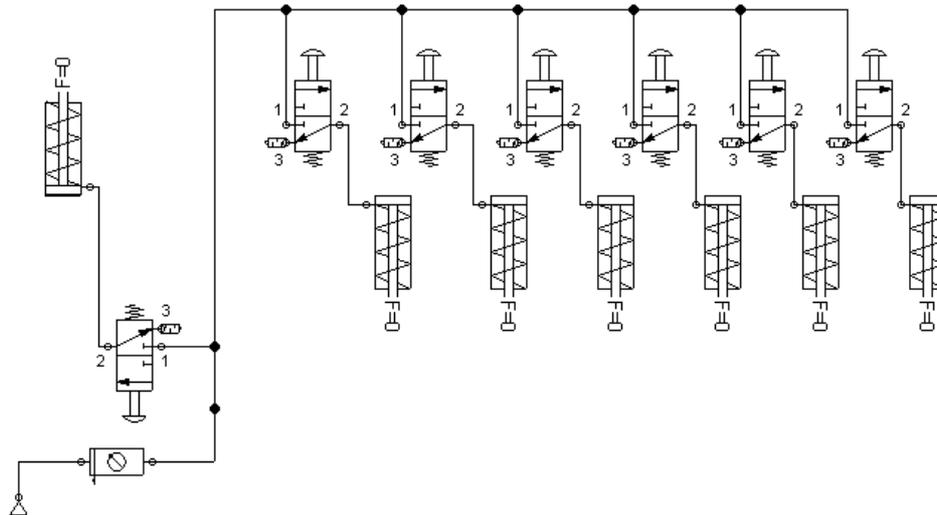
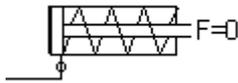
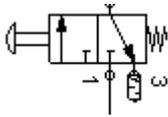


Fig. IV.37. Diagrama de conexión neumática

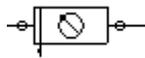
En este diagrama se observa que se utilizan siete actuadores neumáticos de simple efecto, un filtro regulador, seis electroválvulas de 3/2 con retorno de muelle.



Cilindro de simple efecto



Electroválvula de 3/2



Filtro regulador



Fuente de aire comprimido

IV.5. Planos, dibujos y costo.

Este tema forma parte de los documentos esenciales e importantes de un proyecto de ingeniería, o para este caso de un diseño en específico para la verificación en las ampollitas de material plástico.

Por lo cual, se tiene entendido que los planos son la expresión gráfica del diseño o proyecto y comprende los dibujos, esquemas, figuras y perspectivas necesarias para llegar a una comprensión visual del diseño a desarrollar.

El dibujo es el que realmente hace posible el proyecto, en él cual están implícitos los resultados del diseño, las estimaciones, las comprobaciones y los objetivos marcados.

Plano	Referencia	Apéndice
Sistema verificador	1/16	A
Banda transportadora	1/16	A
Ampolleta	1/16	A
Barra reductora	2,3,4/16	A
Tornillo de sujeción de la barra	1,2/16	A
Identificador	5,6/16	A
Guías	7,8/16	A
PLC	1/16	A
Actuadores expulsores	1/16	A
Tornillos de pie de sujeción	1,2/16	A
Pie de sujeción	11/16	A
Rampa de ampollitas	9,10/16	A
Seguros omega	1,9,12/16	A
Actuador de válvulas	1/16	A
Estructura del actuador	12,13/16	A
Válvulas	16/16	A
Sensores	1/16	A
Ejes de transmisión	14,15/16	A
Polea	1/16	A
Banda de transmisión	1/16	A
Tornillos de sujeción del motor	1/16	A
Motor	1/16	A
Chumacera	1/16	A
Transportador	1/16	A
Bomba de vacío	1/16	A

Costo.

En el desarrollo de un proyecto indudablemente se requiere de un dato que se asemeje a la realidad en la fabricación y desarrollo del proyecto, por ello se elabora una estimación referente al costo de la máquina que realizará la

verificación del sellado en las ampollitas de material plástico.

El cual muestra la factibilidad para desarrollar el proyecto en un futuro, dicho costo se muestra en la siguiente tabla:

Elemento	Costo unitario	Costo total + IVA
Bomba de vacío	\$12,000.00	\$13,800.00
Transportador	\$10,000.00	\$11,500.00
Chumaceras	\$140.00	\$1,288.00
Motor	\$5,000.00	\$5,000.00
Banda de transmisión	\$280.00	\$280.00
Poleas	\$97.00	\$223.10
Eje de transmisión	\$275.00	\$1,265.00
Sensores	\$2,660.00	\$18,354.00
Válvulas	\$360.00	\$2,484.00
Estructura de actuador	\$2,063.00	\$2,372.45
Actuador de válvulas	\$680.00	\$782.00
Seguros	\$75.00	\$86.25
Rampa de ampollitas	\$1,850.00	\$2,127.50
Pie de sujeción	\$115.00	\$793.50
Actuadores expulsores	\$230.00	\$1,587.00
PLC	\$40,000.00	\$46,000.00
Guías	\$230.00	\$264.50
Identificador	\$150.00	\$172.50
Barra reductora	\$450.00	\$517.5
Banda transportadora	\$340.00	\$391.00
Tornillos de sujeción	\$18.40	\$423.20
Diseño	\$170.00	\$41,055.00
Fabricación (ensamble)	\$370.00	\$38,295.00

Total. **\$189,061.50**

CONCLUSIONES.

- Este proyecto muestra el desarrollo de una máquina para verificar el sellado en ampollitas de material plástico es factible en su desarrollo y aplicación.
- El haber manejado la combinación de ideas preliminares en la metodología para el desarrollo de este trabajo permitió fusionar todos los conceptos que involucra el diseño.
- Para que este proyecto cumpla con el punto de factibilidad no solamente se considera el factor económico, sino también técnico y comercial.
- Después de haber presentado cada uno de los capítulos en los que se describió el proceso de diseño para el sistema verificador, dan toda la información necesaria para considerar este proyecto factible para su aplicación.
- La solución al problema planteado en uno de los capítulos ha llegado a su fin con gran éxito por el desarrollo y aplicación de la parte teórica en lo referente al diseño.
- De la descripción realizada del sistema se logra observar que todos los elementos con los que cuenta el sistema son fácil adquisición en el mercado nacional.

- Como se puede observar la experiencia generada en el desarrollo del proyecto ha permitido el crecimiento profesional en los aspectos de ingeniería.
- Se ha desarrollado un diseño conceptual que hasta el momento cumple con los requerimientos y las especificaciones planteados en el proyecto del sistema para verificar el sellado en ampollitas de material plástico.
- El diseño del sistema cumple con la característica de ser mejorado e incrementar su aplicación en un futuro para lograr una producción en la verificación de las ampollitas de material plástico.
- En cuanto al proceso de diseño utilizado se toma la metodología de Karl T. Ulrich¹, ya que en él se menciona, el balance adecuado entre teoría y práctica para el desarrollo de un producto es una actividad interdisciplinaria que requiere contribuciones de casi todas las funciones de una organización.
- En un futuro se espera que este proyecto dé pauta para iniciar o retomar un diseño de este tipo de maquinaria y ser mejorado, con respecto a las nuevas tecnologías que van surgiendo en lo relacionado al diseño.
- La experiencia que dejó este proyecto es muy amplia, ya que se hizo uso de toda la herramienta necesaria para su desarrollo, entre ellas se encuentra la asesoría personalizada de ingenieros en diseño, la

¹ Diseño y desarrollo de productos, Enfoque Multidisciplinario, Karl T. Ulrich, Tercera Edición, 2004.

utilización de software de cad y los conceptos básicos del diseño en ingeniería.

- Es importante mencionar que el sistema de verificación que se estableció para este diseño se contempló a partir de la metodología del proceso de vacío, ya que se participación en el sistema hace que el tiempo de producción pueda disminuir.
- En este proyecto no se requirió de prototipos físicos, ya que su visualización se llevo a cabo por medio de un modelo realizado en un programa de cad, el cual nos permite justificar visualmente el sistema de verificación final para una adecuada aplicación.

BIBLIOGRAFIA Y REFERENCIAS WEB.

1. ULRICH KARL T. DISEÑO Y DESARROLLO DE PRODUCTOS, ENFOQUE MULTIDISCIPLINARIO, MACGRAW-HILL, TERCERA EDICIÓN, 2004.
2. BRALLA JAMES. MANUAL DE DISEÑO DE PRODUCTO PARA MANUFACTURA, MACGRAW-HILL, PRIMERA EDICIÓN EN ESPAÑOL, 1993.
3. J. EDWARD POPE, SOLUCIONES PRÁCTICAS PARA EL INGENIERO MECANICO, MACGRAW-HILL, TERCERA EDICIÓN, 2000.
4. SALVADOR CAPUZ RIZO, INTRODUCCIÓN AL PROYECTO DE PRODUCCIÓN, ALFAOMEGA, 2001.
5. BERNARD J. HAMROCK, ELEMENTOS DE MÁQUINAS, MACGRAW-HILL, SEGUNDA EDICIÓN, 2000.
6. DIETER G.E., ENGINEERING DESIGN "A MATERIALS AND PROCESSING APPROACH", MACGRAW-HILL, THIRD EDITION, 2000.
7. PAHL G. Y BEITZ W., ENGINEERING DESIGN, SPRINGER, 1998.
8. KRICK E. V., INTRODUCCIÓN A LA INGENIERIA Y AL DISEÑO EN INGENIERÍA, LIMUSA, 2002.
9. OTTO K., PRODUCT DESIGN, TECHNIQUES IN REVERSE ENGINEERING AND NEW PRODUCT DEVELOPMENT, PRENTICE HALL, 2001.
10. PUGH STUART, TOTAL DESIGN INTEGRATED METHODS FOR SUCCESSFUL PRODUCT ENGINEERING, ADDISON WESLEY, 1991.
11. EGEA GIL P., OBTENCIÓN Y APLICACIONES INDUSTRIALES DEL VACÍO, GUSTVO GIL, 1973.
12. ENCICLOPEDIA DEL PLASTICO 2004.
13. www.tvh.be
14. www.gastmfg.com
15. www.pfeiffer-vacuum.de
16. www.bocedwards.com
17. www.festo.com

18. www.parker.com
19. www.solusii.com.mx
20. www.nskbearings.com
21. www.web.com.mx
22. www.plastico.com.mx
23. www.metallica.com.mx
24. www.ansamx.com
25. www.ina.com
26. www.skf.com.mx
27. www.economia.gob.mx
28. www.inoxidable.com
29. www.veka.es

A P E N D I C E

A

24	Bomba de vacío	1	Cast	V0271-00-00	1/16
23	Transportador	1	Acero inoxidable	2000x1600x1100	1/16
22	Cilindro	8	Acero inoxidable	CHF-20FS	1/16
21	Motor reductor	1	Best	1 UP-NRV	1/16
20	Tornillos de sujeción del motor	4	Acero inoxidable	#18x25	1/16
19	Banda de transmisión	1	Cast	D304R	1/16
18	Polea	2	1020	104TA286	1/16
17	Eje de transmisión	1	1020	#20x102.4	14,15/16
16	Sensores	12	Anasom	YP11VAH3ANZ	1/16
15	Válvulas	5	Latón	#18,05x148	18/16
14	Estructura del oscilador	1	Acero inoxidable	450x400x1050	12,13/16
13	Actuador de válvulas	1	Parker	P 5 E	1/16
12	Seguro cinem	8	Acero inoxidable	#15x18	1/16
11	Rampa de ampollitas	1	Acero inoxidable	450x400x970	9,10/16
10	Pie de sujeción	6	Parker	PIA-40WF	11/16
9	Tornillos del pie de sujeción	12	Acero inoxidable	#6,5x20	1/16
8	Actuadores oscilantes	8	Parker	PIA-320175-0080	1/16
7	PLC	1	Parker	Power PLC T30	1/16
6	Bulas	2	Aluminio	#10,1500	7,8/16
5	Identificador	1	Aluminio	138x25x20	8,6/16
4	Tornillos sujeción de la barra	1	Acero inoxidable	#10x26	2/16
3	Barra reductora	1	Naylamin	138x22x40	2,3,4/16
2	Ampollita	---	Polietileno	4 Modela	1/16
1	Banda transportadora	1	PVC	2043x70x54	1/16
No.	Descripción	Can.	Material	Dimensiones	Hoja
Escala:	Diseño conceptual de un sistema para verificar el sellado en ampollitas de material plástico				Fecha:
Acotación:	Diseño: J.V.González	Proyecto:	Tolerancias: 0. ±1 0.0 ±0.15 0.00 ±0.01 Angulos 45°		Referencias:
mm	Reviso: Dr. V.Borja	Ampollitas			
	Aprobo:	Descripción: Barra reductora		2/16	

4.5	Tornillos	3	Acero inoxidable	-----	2/16
4.4	Soporte	2	Acero inoxidable	-----	4/16
4.3	Pie de soporte	2	Acero inoxidable	-----	3/16
4.2	Barra reductora	1	Naylamin	-----	3/16
4.1	Placa de sujeción	1	Acero inoxidable	-----	4/16
No.	Descripción	Can.	Material	Dimensiones	Hoja
Escala:	Diseño conceptual de un sistema para verificar el sellado en ampollitas de material plástico				Fecha:
Acotación:	Diseño: J.V.González	Proyecto:	Tolerancias: 0. ±1 0.0 ±0.15 0.00 ±0.01 Angulos 45°		Referencias:
mm	Reviso: Dr. V.Borja	Ampollitas			
	Aprobo:	Descripción: Barra reductora		2/16	

