

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA MÁQUINA DOSIFICADORA

DESIGN AND SIMULATION OF AN AUTOMATIC DISPENSER

Abstract

The purpose of this BSc thesis is to conduct a specific project for a company that produces adhesives, where there is a growing interest in replacing an inefficient, manual packaging method by an automatic process, which will only require adjustments and calibration for its proper operation. For this project, issues such as increased production, decreased packaging time and automatic production among others were taken into account, fulfilling the specific needs of the company.

Keywords: Automation, design, processes, product, production.

Resumen

El presente trabajo de grado, se ha elaborado con el fin de desarrollar un proyecto específico para una empresa que produce pegantes, en donde se pretende sustituir un método de empaque ineficiente y manual, por un procedimiento automático, el cual sólo demandará ajustes y calibraciones iniciales para su debido funcionamiento. Para la realización de este proyecto, se tuvieron en cuenta aspectos tales como: aumento de la producción, disminución del tiempo de empaque, producción automática, entre otros, logrando así satisfacer necesidades concretas en la empresa.

Palabras clave: Automatización, diseño, procesos, producción, producto.

Edisson Camacho Díaz

Tecnólogo e Ingeniero Mecánico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniero de mantenimiento, de General Motors Colmotores.
edissoncd07@hotmail.com

Diego David Pinzón Moreno

Tecnólogo e Ingeniero Mecánico de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Ingeniero de redes hidráulicas en S2R Ingenieros S.A.
diegoslaytanic@hotmail.com

Tipo: Artículo de investigación

Fecha de Recepción: Nov. 28 de 2010

Fecha de Aceptación: Marzo 15 de 2011

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, las empresas tienen una gran exigencia, debido a la alta competitividad; por tal motivo se hace necesario guardar y mantener una línea de producción estable; es por esto, que el sector industrial debe contar con equipos que permitan desarrollar de manera más eficaz su

labor. La alta competitividad generada por las empresas es un agente que impulsa el crecimiento de una óptima productividad. La producción permite mantener e incrementar las ganancias, es por este motivo que mejorar las líneas de producción se hace primordial en una empresa que quiere ser altamente competitiva.

En organizaciones dedicadas a la fabricación de bienes, la mejora de sus líneas de producción se pueden hacer de diversas maneras, de las cuales, las más destacables son adquisición de infraestructuras, equipos, componentes, etc., para optimizar el trabajo y la reestructuración de sus procesos productivos, para prescindir de métodos obsoletos. Con lo dicho anteriormente es obvio concluir que la más popular es la primera opción, debido a que no todos los procesos se pueden reestructurar, sin embargo se pueden perfeccionar.

2. DISEÑO

Claramente se puede afirmar que la palabra diseño tiene un significado genérico muy amplio. Se puede hablar por ejemplo del “diseño gráfico” o del “diseño de modas” o del “diseño industrial”. Todos estos campos de acción en donde se involucra el término de diseño implican el proceso de proponer una solución para una necesidad o un requerimiento cualquiera. Así el concepto de diseño se puede definir como: *“La formulación de un plan para satisfacer una necesidad”*

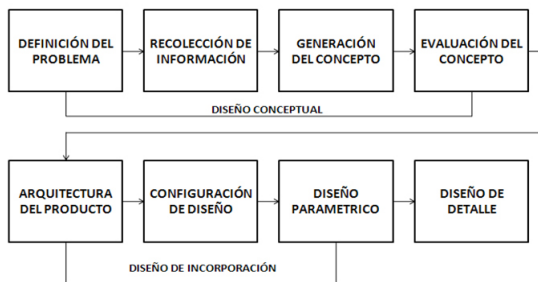


Fig. 1. Pasos en el proceso de diseño.

2.1 Diseño conceptual

En el diseño conceptual se tiene una idea de lo suficientemente desarrollado que se encuentra el proyecto y si se puede evaluar en términos físicos (realizabilidad), se realizan cálculos simples, bosquejos, diagramas, pruebas, etc., se generan y evalúan múltiples conceptos de diseño y se selec-

ciona la mejor alternativa o un subconjunto de los mejores conceptos. Dentro de la etapa del diseño conceptual encontramos:

- Planteamiento del problema e identificación de la necesidad
- Recolección de información.
- Generación del concepto.
- Evaluación de alternativas.

2.1.1 Metodología

El siguiente diagrama muestra el proceso que se empleó para la realización del presente proyecto.

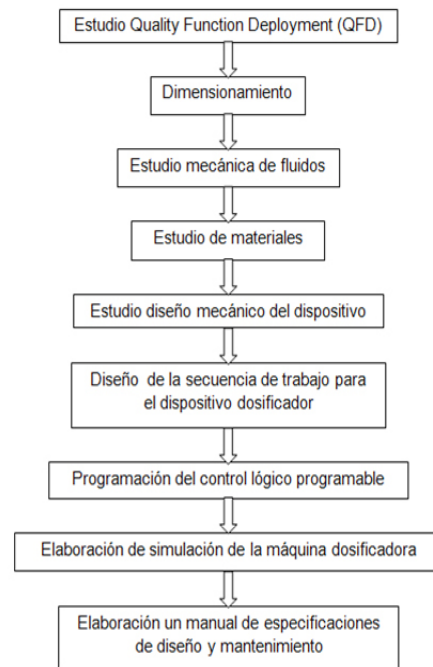


Fig. 2. Metodología.

2.1.2 Recolección de información

Se ha recopilado todo tipo de información relacionada con el proyecto (marco teórico, estado del arte), utilizando diferentes fuentes como libros, artículos científicos, reportes técnicos de compañías, revistas, catálogos, manuales, internet, patentes, accesorios, entre otros.

Especificaciones del cliente o datos de entrada

- La máquina dosificadora debe empaquetar 800 envases por hora trabajada.
- La máquina dosificadora debe permitir el empaque en tres diferentes recipientes.
- La máquina dosificadora debe ser lo más compacta posible.
- La máquina dosificadora debe ser lo más automática posible.
- La máquina dosificadora debe ser lo más económica posible.

Estado anterior de la empresa

- Empaque manual.
- Empaque impreciso.
- Tiempos variables de empaque.
- Producción variable.

Algunas de las máquinas dosificadoras en el mercado

Comercialmente se pueden encontrar varios tipos de dosificadora para fluidos convencionales, pero no se encuentran dosificadoras para un fluido con las propiedades que posee el pegamento que comercializa la empresa, por este motivo se requiere un diseño específico y especial para superar dicho problema.

En el mercado, actualmente existen diferentes tipos de máquinas de dosificación; algunas de ellas son:

- Dosificadoras por gravedad.
- Dosificadoras de peso.
- Envasadoras semiautomáticas.

2.1.3 Recolección de información **Alternativas de diseño**

- **Diseños conceptuales para la alimentación de envase**

PROPUESTA 1. Mesa alimentadora (Banda transportadora).

Esta mesa alimentadora está compuesta de una banda y un par de paredes guía, las cuales por su movimiento, ordenan los

envases linealmente para poder realizar la dosificación del pegante.

La banda uno, está montada sobre una serie de rodillos, los cuales se apoyan en una estructura. La banda dos, se puede graduar para poder ajustarse a los tres tipos de envases, logrando así un correcto suministro y llenado de fluido.

PROPUESTA 2. Mesa vibratoria.

El funcionamiento de esta mesa vibratoria consiste en dos superficies, una de las cuales está inclinada respecto al suelo y otra paralela al mismo, en donde por acción vibratoria, ordena los envases linealmente. Esta mesa tiene dos paredes para guiar los tres tipos de envases.

PROPUESTA 3. Banda transportadora inclinada.

El funcionamiento de esta, consiste en una banda transportadora inclinada, la cual lleva el envase hasta una superficie plana en donde el envase queda linealmente ordenado.

Este método cuenta con dos paredes ajustables que permite guiar y ordenar los tres tipos de envases, dependiendo de su tamaño, para su debida dosificación.

PROPUESTA 4. Banda con separadores intercambiables.

Este sistema de alimentación de envases consiste en una banda transportadora que desplaza y dirige los envases a un separador intercambiable, que dependiendo del tipo de envase se deberá cambiar.

Este separador cuenta con una pared que puede elevarse permitiendo el paso de los envases ya llenados, dicha pared posteriormente volverá a un nivel que evita el paso del envase para realizar su llenado.

- Diseños conceptuales para la dosificación.

PROPUESTA 1. Cilindro pistón.

Este método consiste en un sistema cilindro-pistón, el cual se encarga de succionar fluido de un tanque y suministrarlo a una serie de mangueras que se encargan de abastecer de fluido los envases.

Este sistema cuenta con un disco que proviene de un motor o un reductor que permite graduar el volumen que se requiere descargar.

PROPUESTA 2. Diafragma.

El funcionamiento del sistema anterior comienza desde un motor, el cual está conectado a una transmisión por correa, en uno de los ejes de dicha transmisión se encuentra un disco excéntrico el cual mueve una biela.

La biela anteriormente nombrada esta acoplada a una barra que se encuentra sujeta a un diafragma, el cual realiza el trabajo de bombeo del fluido.

Este diafragma se encuentra dentro de una cámara que permite la succión y la expulsión del fluido.

PROPUESTA 3. Serie de pistones.

Este método se basa en una serie de pistones, los cuales alimentan independientemente a cada boquilla, las cuales realizan la descarga en los envases.

Este sistema se mueve debido a una serie de poleas que a su vez están conectadas a un disco, el cual tiene una serie de perforaciones con los cuales se puede realizar la graduación volumétrica de la descarga de los pistones.

PROPUESTA 4. Pistón doble.

Esta propuesta se fundamenta en un pistón de doble efecto, el cual genera succión o

presión dependiendo de su ubicación. Este sistema posee un disco graduable logrando así la descarga requerida.

2.1.4 Evaluación del concepto Quality Function Deployment (QFD)

QFD son las siglas que corresponden a la expresión inglesa de “QualityFunctionDeployment” traducida normalmente como “Despliegue de la Función de Calidad”.

Se trata de un sistema organizado para diseñar o rediseñar productos, con dos objetivos fundamentales:

- Asegurar que el producto va a responder a las necesidades y expectativas de los clientes.
- Acortar el periodo de tiempo que va desde la concepción o idea inicial del producto el diseño, las modificaciones a realizar hasta terminar con su lanzamiento.

El primer objetivo responde a la clásica definición de Calidad “satisfacer las necesidades y expectativas de los clientes”. El QFD propone una metodología que ayuda a conocer cuáles son esas necesidades y a traducirlas en una lista de aspectos técnicos medibles en los que conviene concentrar los esfuerzos.

El segundo se refiere a aumentar las posibilidades de acertar a la primera en el diseño del producto. El truco está en dedicar más tiempo a la definición de cuáles deben ser sus características técnicas, y hacerlo de una forma organizada y trabajando en equipo. Esto repercute en tener que dedicar menos tiempo a introducir modificaciones en el diseño original y a los cambios de última hora.

• Estructura del QFD
Se trata de decidir los valores que deben tomar las características técnicas (medibles) del producto, tomando en consideración:

- Las demandas del cliente, atendiendo también a la importancia que otorga a

- cada una de ellas.
- Lo que ofrece la competencia, en esos aspectos que el cliente demanda ya sea parcial o totalmente.
- El plan que se propone la organización, de acuerdo con su estrategia general o con la imagen de marca que pretende.
- Las características técnicas del producto.
- Las relaciones que existen entre las características técnicas y las demandas del cliente, así como de las características técnicas entre sí.

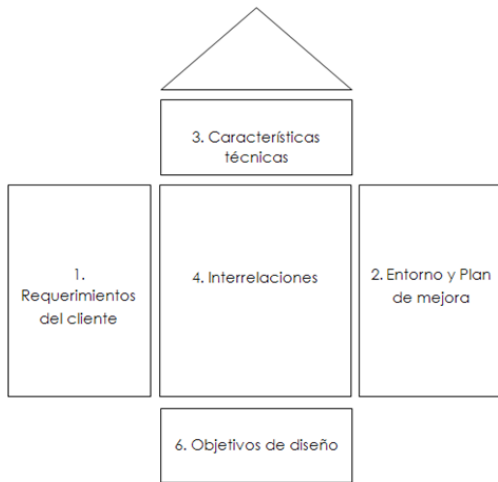


Fig. 3. Casa de la calidad.

- **Requerimientos del cliente**

Una vez formado el equipo, la primera, y la más importante de todas las tareas es identificar cuáles son las demandas de los clientes. Estas demandas deben ser frases afirmativas, utilizando el lenguaje de los propios clientes y claras para todo el equipo de trabajo. Es crítico conocer la procedencia y la fiabilidad de la información proporcionada por los clientes.

Características técnicas

En esta parte se trata de listar las características del producto que están relaciona-

das con las demandas de los clientes. Deben ser características controlables y medibles. Conviene listar, como mínimo, una característica de calidad para cada demanda del cliente.

- **Interrelaciones**

Esta es la parte central del esquema. Se forma una matriz en la que las filas son las demandas de los clientes y las columnas las características técnicas del producto. En cada celda (intersección de fila y columna) se coloca:

- (En el extremo superior izquierdo). Un valor que indica el grado de relación existente entre la característica de calidad y la demanda del cliente que se cruzan en esa celda. El criterio es: 9 cuando la correlación es alta; 3 cuando es media y 1 cuando es débil. Cuando no existe relación se deja la casilla en blanco.
- (En el extremo inferior derecho). El producto del valor que se ha dado a la relación por el peso solicitado de esa demanda.
- Correlaciones entre características técnicas

El “tejado” triangular es la zona donde se refleja la influencia que las características técnicas pueden tener entre sí.

Tener a la vista estas relaciones ayuda a tomar decisiones sobre los valores que deben tomar las características de calidad. Habrá que andarse con cuidado en los casos en que mejorar una empeore otras, especialmente si estas otras son importantes.

- **Objetivos de diseño**

Finalmente se completa la parte que conduce a la definición de los objetivos para las características técnicas. Esta parte consta de:

- **Importancia de cada característica técnica:** En primer lugar, se calcula la importancia total para cada una,

- cuantificada como la suma de valores asignados a cada demanda del cliente.
- Valores actuales de nuestro producto (en el caso de que se trate de una mejora) y valores de la competencia para las características consideradas.
- Plan de acción, valores objetivo para cada característica. A la vista de la importancia de cada característica, y de los valores que corresponden a nuestro producto actual y los valores de los productos de la competencia, se deciden los valores objetivos para el nuevo diseño.

- Ventajas

La aplicación de QFD contempla mejoras en aspectos de:

- Comunicación, ya que se trata de una actividad típicamente interdepartamental. Cada persona aporta sus intereses, puntos de vista y conocimientos con el objetivo común de acertar con el nuevo producto.
- Mejora del producto/servicio, el QFD enfoca todo el desarrollo del producto hacia las necesidades del cliente. Esto implica un detallado análisis de cuáles son estas necesidades y una posterior priorización de cuál es razonable satisfacer. De esta forma se va mejorando la calidad del producto/servicio.
- Documentación, el QFD genera una importante base de datos que cuantifica necesidades del cliente y características del producto para futuros diseños.
- Fomenta el trabajo en equipo.
- Reduce el tiempo de lanzamiento.

Evaluación de diseños alternativos y criterios de selección

En la evaluación y valorización de los diseños alternativos se tienen en cuenta los siguientes parámetros:

- A. Facilidad de graduación de mecanismos.

- B. Facilidad de automatización de mecanismos.
- C. Facilidad de fabricación de piezas.
- D. Costo fabricación.
- E. Costo de mantenimiento.
- F. Eficiencia del diseño.
- G. Complejidad general.
- H. Facilidad de mantenimiento.
- I. Fácil lubricación.

Análisis del QFD

Los resultados arrojados de la matriz QFD indica cuantitativamente que:

De acuerdo a la relación de necesidades y requerimientos aportados por el cliente y por las características aportadas a la máquina por parte de los diseñadores, el diseño se realizó tomando en cuenta los siguientes aspectos en su orden de importancia para el óptimo desarrollo de la máquina en su construcción, funcionamiento, mantenimiento, etc.

- Número de unidades empacadas por unidad de tiempo.
- Número de etapas en el proceso que se requiere.
- Número de partes que se requieren tanto móviles como estáticas.
- Serie de materiales óptimos para la construcción de la máquina.
- Operatividad y facilidad de manejo
- Manejo de espacio y disposición geométrica de la máquina.
- Montaje funcional.
- Seguridad.
- Peso del dispositivo.
- La utilización de materiales idóneos en el diseño y el número de partes móviles, la estructura funcional, la seguridad y el peso del dispositivo.
- El desarrollo de una estructura que permite fáciles operaciones relacionadas con su funcionamiento con la seguridad y la operatividad.
- El número de etapas del proceso y el espacio que puede ocupar la máquina, la operatividad y el tiempo que toman los

- procesos.
- El espacio a ocupar con la seguridad y la operatividad.
- La eficiencia de la operatividad y las unidades por unidad de tiempo.

2.2 Diseño de incorporación

El diseño de incorporación, es el estado en el cual el diseño conceptual se invierte de forma física. Gran parte de las actividades son destinadas a ultimar la arquitectura del producto, la forma de las partes que satisfacen las funciones requeridas y se cuantifican los parámetros de diseño importantes.

Dentro del diseño de incorporación encontramos:

- Configuración del diseño.
- Arquitectura del diseño.

2.2.1 Configuración y Arquitectura del diseño

En la configuración y la arquitectura del diseño, se muestran modelos matemáticos del diseño (cálculos), estudio de mecánica de fluidos, cálculo de fuerzas, momentos de inercia, torques, velocidades de rotación, potencia, entre otros parámetros y variables de diseño.

Estudio Mecánica de fluidos.

La mecánica de fluidos, es una rama de la mecánica aplicada, dedicada al estudio de los fluidos (líquidos y gases). El análisis del comportamiento de los fluidos se basa en las leyes fundamentales de la mecánica, las cuales relacionan continuidad de masa y energía con fuerza y momentos, además de las propiedades de la mecánica de sólidos.

- Fluidos

Los líquidos y los gases tienen aspectos completamente distintos; por lo tanto, se debe buscar una característica común que permita clasificarlos simplemente como fluidos. Al discutir la dinámica de fluidos, interesa el comportamiento de los fluidos

en movimiento y la forma en que este comportamiento se relaciona con los momentos y las fuerzas aplicados. Tanto los líquidos como los gases y vapores tienen en común una forma distinta de reaccionar cuando están sometidos a esfuerzos tangenciales, lo cual explica su «fluidez» y proporciona la clave básica para desarrollar los principios de la dinámica de los fluidos.

- Fluido newtoniano

No todos los fluidos muestran exactamente la misma relación entre el esfuerzo y la rapidez de deformación. Un fluido se llama newtoniano¹, si el esfuerzo tangencial es directamente proporcional a la rapidez de deformación angular, partiendo de esfuerzo cero y deformación cero. En estos casos, la constante de proporcionalidad es definida como la viscosidad absoluta o dinámica. Así, los fluidos newtonianos tienen la propiedad de poseer una viscosidad dinámica independiente del movimiento al que está sometido el fluido. Los fluidos más comunes, como el aire y el agua, son newtonianos. Hay una analogía entre los fluidos newtonianos que tienen una viscosidad constante, la cual relaciona al esfuerzo con la rapidez de deformación y los sólidos que obedecen a la ley de Hooke, con un módulo de elasticidad constante, el cual relaciona al esfuerzo con la magnitud de la deformación.

- Viscosidad

Propiedad de un fluido que tiende a oponerse a su flujo cuando se le aplica una fuerza. Los fluidos de alta viscosidad presentan una cierta resistencia a fluir; los fluidos de baja viscosidad fluyen con facilidad. La fuerza con la que una capa de fluido en movimiento arrastra consigo a las capas adyacentes de fluido determina su viscosidad.

1. Denominados según Sir Isaac Newton, quien estudió el movimiento de los fluidos, con suposiciones que corresponden a la viscosidad absoluta constante.

- Procedimiento para corroborar si el fluido es newtoniano

Para determinar si el fluido es o no es newtoniano se realizó la siguiente prueba:

Materiales: Probeta, cronómetro, esferas (tres densidades diferentes), calibrador, fluido a estudiar, dinamómetro.

- Se establecen los datos de entrada, los cuales son los pesos de las esferas, diámetros de las esferas, volumen de las esferas.
- Se determina el esfuerzo producido por cada una de las esferas sobre el fluido.
- A temperatura ambiente, se mide el tiempo de caída de la esfera, sumergida dentro del fluido, tomando como referencia unas marcas patrón señaladas en la probeta.
- Obtenido el tiempo se procedió a determinar la velocidad de cada una de las esferas, para así elaborar la gráfica esfuerzo vs velocidad.

- Procedimiento para obtener la viscosidad dinámica

Para obtener la viscosidad dinámica, se empleó el método de caída de bola, el cual consiste en llenar un recipiente (probeta) con el fluido a estudiar, este recipiente está marcado con una altura determinada. En este método también se empleó una esfera de densidad conocida, con el propósito de sumergirla dentro del fluido para determinar la resistencia que éste ejerce sobre la esfera. Estas mediciones se realizaron a humedad ambiente

Materiales: Probeta, cronómetro, esfera, termómetro, calibrador, horno, fluido a estudiar, dinamómetro.

- Se establecen los datos de entrada, los cuales son el peso fluido, peso esfera,

peso de la probeta, diámetro de la esfera, volumen del fluido, volumen de la esfera.

- A determinada temperatura, se mide el tiempo de caída de la esfera (cinco muestras), sumergida dentro del fluido, tomando como referencia unas marcas patrón señaladas en la probeta. Este procedimiento se repite a diferentes temperaturas.
- Posteriormente se realizó el cálculo de la viscosidad dinámica por medio de la Ec. (1):

$$n = \frac{d^2 * (\tau_e - \tau_f) * g * t}{18 * l} \left[\frac{Kg}{m * s} \right] \quad (1)$$

d : Diámetro de la esfera [m]

τ_e : Densidad de la esfera [Kg/m³]

τ_f : Densidad del fluido [Kg/m³]

t : Tiempo que la esfera tarda en recorrer la distancias entre marcas patrón [s]

l : longitud entre marcas patrón [m]

- Por último, se obtuvo la viscosidad cinemática por medio de la ecuación 2:

$$v = \frac{n}{\tau_f} \left[\frac{m^2}{s} \right] \quad (2)$$

En el estudio de mecánica de fluidos, se establece y calcula la potencia de la bomba por medio de:

- Ecuaciones de pérdidas de energía en tuberías.
- Por fricción.
- Por pérdidas menores -coeficiente de resistencia.
- Ecuación de continuidad.
- Ecuación de energía (Teorema de Bernoulli)
- Ecuación de potencia hidráulica.

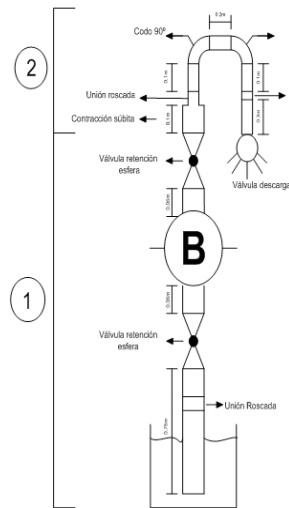


Fig. 4. Esquema del sistema de tuberías.

Estudio diseño mecánico del dispositivo

Cálculos para determinar la potencia mecánica.

- Ecuaciones de momentos inercia angular y lineal, de elementos en movimiento.
- Ecuación de potencia mecánica.

Cálculo de la potencia total

- Potencia Hidráulica + Potencia mecánica

Cálculo de la potencia total

- Potencia total X Factor de servicio

Cálculo de transmisiones por correa

Calculo desarrollado por medio de libro SHIGLEY, Joseph. Diseño en ingeniería mecánica. Libros técnicos y científicos S.A. 2002.

- Relaciones de transmisión.
- Diámetros poleas.
- Selección de perfil correas.
- Longitud correas.
- Número de correas.

Cálculo de ejes

Calculo desarrollado por medio de libro ROBERT L.NORTON Diseño De Maquinas. Mc. Graw Hill, 1999

- Cálculo fuerzas en poleas.
- Geometría (longitudes entre elementos).
- Cálculo embragues.
- Cálculo de torques y fuerzas en cada punto crítico.
- Diagramas de fuerza cortante y momento flector.
- Cálculo de límite de resistencia a la fatiga.
- Diámetros definitivos.

Banda transportadora

Para efectos de cálculos de la banda transportadora se utilizó como guía el catálogo de la empresa RULLI RULMECA, la cual cuenta con la certificación de sistema de calidad ISO 9001/2000, además cumple con las normas internacionales ISO, UNI, AFNOR, FEM, BS, JIS, CEMA y DIN, esta última en el desarrollo de rodillos estándares según DIN 15207 – ISO 1537.

- Ancho y velocidad máxima de la banda transportadora.
- Cálculo de paso o distancia de las estaciones.
- Selección de los rodillos.
- Cálculo de fuerzas y tensiones.

Cálculo de la Biela

- Por el método de falla por fatiga (iteración y ajuste).

Cálculo diámetro pasadores

- Por método de falla estática.
- Por método de falla por fatiga (Goodman modificado).

Espesor pared bomba

Debido a que la cámara que permite el

bombeo, está sometida a fatiga, por esto, es indispensable encontrar un espesor óptimo para dicha cámara. Para este propósito se diseñó la cámara de acuerdo al texto Manual de recipientes a presión, diseño y cálculo de MEGYESY, Eugene F. Editorial Limusa S.A. Primera edición 1992, el cual señala las pautas que se deben tener en cuenta para un buen diseño de recipientes y además está basado en normas ASME, sección VII, reglas para la construcción de recipientes sujetos a presión, división 1.

La presión empleada en el diseño de la cámara se obtuvo del estudio hidráulico realizado para la totalidad de la tubería, la cual es aumentada un 30 % según indicaciones de presión de diseño.

Las juntas que tendrá la cámara serán soldadas de 4 tipos (A: juntas soldadas para unión del costado de cilindros, B: juntas soldadas para unión de cambios de sección, C: juntas soldadas para uniones con cilindros y bridas, y D: juntas soldadas para uniones entre dos cilindros) según especificaciones de libro, por lo que se empleó la eficiencia de la junta mas crítica, la cual es la B, con una eficiencia de 0.7.

Los recipientes o partes de de los mismos que estén sujetos a corrosión, erosión o abrasión mecánica debe tener un margen de espesor para lograr la vida deseada, aumentando convenientemente el espesor del material respecto al determinado por las fórmulas de diseño, o utilizando un método adecuado de protección².

Las normas no prescriben la magnitud del margen por corrosión, excepto para recipientes con espesor mínimo requerido menor de 0.2 pulgadas, que han de utilizarse para servicio de vapor de agua, agua o aire comprimido, para los cuales indica un margen del espesor no menor a la sexta parte del espesor de placa calculado. No es ne-

2. Corrosión ASME UG-25 b, 2001

cesario que la suma del espesor calculado más el margen por corrosión exceda 1/4 de pulgadas³.

Para otros recipientes en los que sea predecible el desgaste por corrosión, la vida esperada del recipiente será la que determine el margen y si el efecto de corrosión es indeterminado, el margen lo definirá el diseñador. Un desgaste por corrosión de 5 milésimas de pulgada por año (1/6 de pulgadas en 12 años) generalmente es satisfactorio para recipientes y tuberías⁴.

Diseño del tanque de almacenamiento de fluido

En el diseño del tanque se emplearon dos métodos, teniendo en cuenta factores como lo son, costos, eficiencia, seguridad, economía y diseño; los métodos empleados para este propósito son, el de diseño por elementos finitos, el cual consiste en la optimización por volumen con el programa ANSYS y el otro método es el de diseño basado en el texto manual de recipientes a presión, diseño y cálculo.

- Diseño por medio del programa ANSYS

Para propósitos de obtener un diseño eficiente y económico, se realizó un diseño en el programa ANSYS, en el cual se desarrolló una optimización del volumen del tanque, obteniendo así un espesor de pared, el cual se aproxima a una lámina de espesor estándar inmediatamente superior.

Después de realizar el procedimiento anterior, podemos ver que el espesor de la lámina que queríamos a nivel de optimización, es de 3.1501 mm, y que la placa estandarizada superior, será de calibre 3/16.

3. Norma De Seguridad Para La Inspección De Calderas Y Envases A Presión ASME UCS-25, 2000

4. Máxima presión permitida de trabajo ASME UG-25 c, 2000

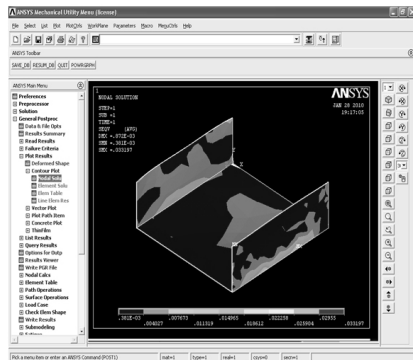


Fig. 5. Optimización de tanque en ANSYS.

- Diseño según el texto manual de recipientes a presión, diseño y cálculo.

Analizando ambos modelos de diseño podemos observar que el primer sistema de diseño, en ANSYS, arrojó como resultado un espesor corregido y ajustado de placa de 3.1501 mm y el segundo sistema de diseño basado en texto, arrojó como resultado un espesor corregido y ajustado de placa de 6.35 mm, sin embargo en el proceso de diseño se observa que el segundo sistema tiene en cuenta criterios de diseño como eficiencia de juntas, número de juntas, tamaño, geometría, elementos a unir, desgaste por corrosión, abrasión y/o erosión, presión a la cual está sometido el recipiente y esfuerzo de fluencia del material; en donde se observa que varios de estos criterios de diseños no son empleados en el primer sistema de diseño, (ANSYS); por esta razón la opción más prudente a la hora de decidir cuál de estos dos sistemas de diseño es el más apropiado, es natural disponer del segundo sistema de diseño para la fabricación del tanque sin importar que esta disposición llegue a ser más costosa.

- Cálculo y optimización de la estructura por medio del programa ANSYS

Debido a la complejidad de la estructura y para efectos de cálculo, se hizo necesario simplificar los mismos, seleccionando el ángulo que mas carga soporta en toda la es-

tructura, garantizando de esta manera que todo el conjunto de ángulos resista cargas iguales o superiores a la mencionada anteriormente. Para lograr el cálculo y la optimización de éste ángulo, se trabajo en el programa ANSYS.

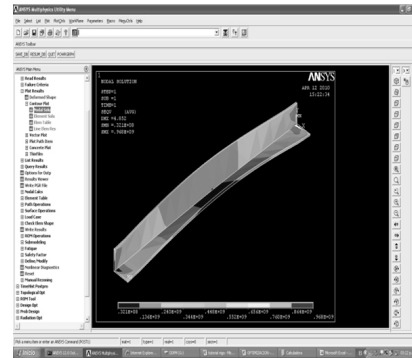


Fig. 6. Optimización de estructura en ANSYS.

2.2.2 Diseño paramétrico

En el diseño pueden surgir condiciones imprevistas externas o internas que obliguen a saltar hacia adelante o hacia atrás uno o varios de los pasos que hayan sido definidos, característica que hace que el proceso de diseño sea generalmente de carácter iterativo. Para la realización de este proyecto, se hizo necesario emplear una hoja de cálculo en Excel (hoja dinámica), para hacer mucho más sencillo el dispendioso proceso de iteración.

En el diseño paramétrico, suelen realizarse modelos tridimensionales simplificados y especificaciones transitorias por medio de los software para el diseño paramétrico.

Es esta etapa, se simplifican las partes y subsensamblajes de la máquina, con el fin de reducir la cantidad de información a manipular por el diseñador y la computadora. En una primera fase, se clasifican los datos y se genera la tabla de diseño (hoja dinámica) a utilizar para el intercambio de datos con el programa de dibujo. Seguidamente se analizan y desarrollan las relaciones entre parámetros. Se crean los primeros modelos y se realiza la retroalimentación de las varia-

bles. Como etapa final se determina y concluye el modelo definitivo parametrizado.

Modelado en 3D

El modelado de la máquina dosificadora, fue realizado en el programa de diseño Autodesk Inventor, el cual proporciona un conjunto exhaustivo de herramientas de CAD mecánico 3D para producir, validar y documentar prototipos digitales completos. El prototipo de la máquina dosificadora ayuda a visualizar, simular y analizar el funcionamiento de la misma o una pieza de ella, en condiciones reales antes de su fabricación. Esto ayuda a los fabricantes a acelerar la llegada al mercado utilizando menos prototipos físicos y a crear productos más innovadores.

Inventor proporciona un entorno de diseño 3D intuitivo para crear piezas y ensamblajes. Los ingenieros pueden centrarse en el funcionamiento de un diseño para controlar la creación automática de componentes inteligentes, como estructuras de acero, maquinaria giratoria, conductos de tubos y tuberías, cables eléctricos y arneses de conductores.

2.3 Diseño de detalle

En esta etapa, prácticamente se encuentra todo definido, es entonces en donde se establecen las dimensiones finales, se desarrollan planos de fabricación y montaje, tolerancias dimensionales, lista de partes estandarizadas y materiales definitivos, validación estética, etc. Por las características del diseño y desarrollo de la ingeniería, estas fases no se desarrollan de forma secuencial, sino que muchas veces ellas lo hacen de manera simultánea activándose con información inicial completa.

2.3.1 Modelado en 3D

El modelado de la máquina dosificadora, fue realizado en el programa de diseño Autodesk Inventor, el cual proporciona un conjunto exhaustivo de herramientas de

CAD mecánico 3D para producir, validar y documentar prototipos digitales completos. El prototipo de la máquina dosificadora ayuda a visualizar, simular y analizar el funcionamiento de la misma o una pieza de ella, en condiciones reales antes de su fabricación. Esto ayuda a los fabricantes a acelerar la llegada al mercado utilizando menos prototipos físicos y a crear productos más innovadores.

Inventor proporciona un entorno de diseño 3D intuitivo para crear piezas y ensamblajes. Los ingenieros pueden centrarse en el funcionamiento de un diseño para controlar la creación automática de componentes inteligentes, como estructuras de acero, maquinaria giratoria, conductos de tubos y tuberías, cables eléctricos y arneses de conductores.

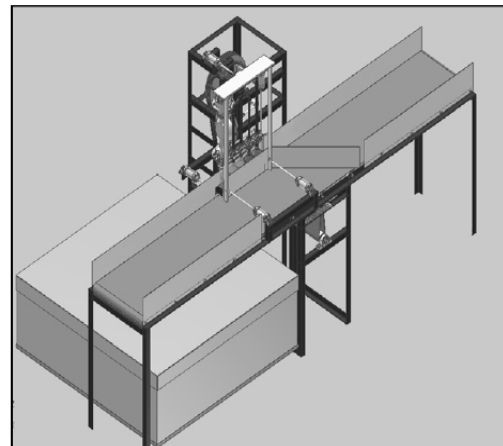


Fig. 7. Modelado máquina dosificadora. Vista isométrica (Superior-Frontal-Lateral Izq).

3. SECUENCIA DE TRABAJO DE LA MÁQUINA DOSIFICADORA

Secuencia del dispositivo

Establecer tipo de envase

- A. Definir envase.
- Ajuste gradual para el envase*
- B. Ajustar longitud válvulas-boquillas.
- C. Ajustar paso de envase.

Suministro de envase vacio

- D. Accionar tope final de envase.
- E. Accionamiento embrague de la banda.
- F. Censar 5 envases.
- G. Desactivar embrague de banda.
- H. Accionar tope inicial de envase.

Llenado de envase

- I. Accionar descenso de tubería descarga.
- J. Accionamiento embrague bomba.
- K. Censar llenado de envases.
- L. Sellar válvulas de envase llenado.
- M. Desactivar embrague bomba.
- N. Accionar ascenso de tubería descarga.

Evacuación de envase lleno

- O. Desactivar tope final de envase.
- P. Activar embrague de banda .
- Q. Censar evacuación de envase.
- R. Accionar tope final de envase.
- S. Desactivar tope inicial de envase.
- T. Accionamiento embrague de la banda.

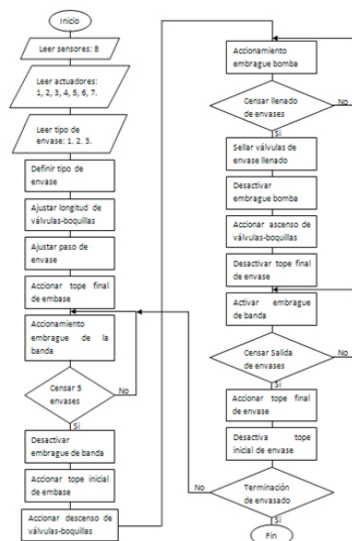


Fig. 8. Diagrama de flujo del funcionamiento de la máquina.

4. PROGRAMACIÓN DEL PLC

Para el desarrollo de este proyecto, se propuso la realización de un dispositivo automático, empleando un Control Lógico Programable PLC, el cual se programó para que realice las labores de selección de envase, dosificación y/o empaque del fluido.

El PLC consiste en una secuencia lógica programable de instrucciones, el programa de control es almacenado en una memoria especial, leíble electrónicamente denominada memoria del programa del PLC. Un PLC se conecta con el sistema a controlar a través de módulos de entrada y de salida, el sistema a controlar proporciona señales de entrada (generalmente binarias) a través de los sensores a los módulos de entrada, estas señales son procesadas en la unidad principal del proceso, el componente más importante de un PLC. Para la utilización de un PLC, se necesita que al PLC lleguen señales a través de sensores, estas señales contienen información sobre el estado del sistema a controlar.

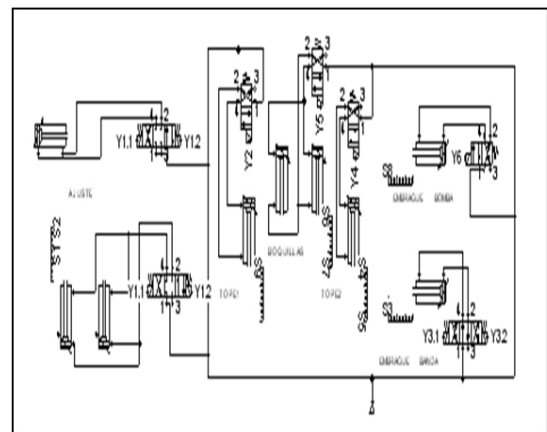


Fig. 9. Simulación electropneumática en programa Festo Fluidsim.

Un PLC solamente puede reconocer y emitir señales eléctricas. Por esta razón, las señales no-eléctricas deben convertirse en señales eléctricas por medio de convertidores, ejemplos de sensores son: Pulsadores, interruptores, finales de carrera, sensores de proximidad. Las señales de salida influyen en el sistema a controlar. Las señales

pueden emitirse en forma binaria digital o analógica. Las señales de salida se amplifican en señales de computación a través de los actuadores o se convierten en señales para otras formas de energía. Ejemplos de actuadores son: Pilotos, zumbadores, timbres, contactores, cilindros con electroválvulas de paso a paso.

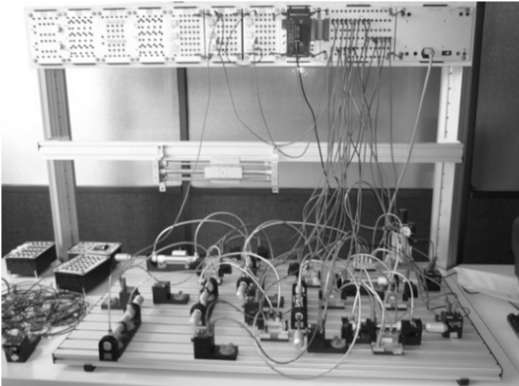


Fig. 10. Montaje neumático y PLC.

Lista de artículos para la automatización

Tabla 1. Lista de artículos para la automatización.

ELEMENTO	CANTIDAD
Cilindros de doble efecto	9
Reguladores de caudal	9
Finales de carrera	10
Final de carrera (contador)	1
Válvulas electropneumáticas 5/2	3
Válvulas electropneumáticas 3/2	4
Interruptores	4
Pulsador (stop)	1
Cableado	1
Manguera neumática	1
Compresor de aire	1

5. SIMULACIÓN

La simulación, se utiliza en el proceso de diseño de la máquina dosificadora como técnica de análisis, el cual consiste en realizar un modelo de un sistema real y efectuar experimentos con él, para entender el comportamiento del sistema y/o evaluar estra-

tegias para la operación del mismo.

La simulación se sirve de la animación para lograr una demostración más clara y detallada del comportamiento de un sistema, por ende, existen herramientas para simular, que incluyen animación y otras en las que no se hace necesario emplearla. Para tener una idea más clara, la animación por computadora es el arte de crear imágenes en movimiento mediante el uso de herramientas informáticas. Para crear la ilusión del movimiento, una imagen se muestra en pantalla sustituyéndose rápidamente por una nueva imagen en un fotograma diferente. Esta técnica es idéntica a la manera en que logra la ilusión de movimiento en las películas y en la televisión. En general los beneficios de la Simulación y en especial de la Animación, como complemento, son muy importantes en sistemas en los cuales el tiempo que dura el evento que se está tratando de simular es extremadamente corto o por el contrario, muy largo.

La simulación y animación en el diseño de sistemas industriales, se viene utilizando desde hace ya algún tiempo con excelentes resultados, por esto, ha sido conveniente aplicar la simulación al diseño de la máquina dosificadora, empleando para esto un software llamado Autodesk 3D Max studio, el cual hace análisis por elementos finitos y simula los movimientos de los ensambles elaborados previamente en Autodesk inventor (software 3D), siendo estos compatibles entre sí.

6. MANUAL DE ESPECIFICACIONES Y MANTENIMIENTO

Este manual ha sido preparado para asistir en el uso y mantenimiento general de la máquina. La asistencia de la máquina dosificadora y sus accesorios debe ser efectuada por personal calificado. Fuera de las instrucciones dadas a continuación, no se asegura tener una adecuada protección, tanto para el operario como para el equipo.

Dentro del manual de especificaciones y mantenimiento se contemplaron los siguientes ítems:

- Presentación de la máquina dosificadora.
- Componentes principales y materiales
- Instalación
- Funcionamiento
- Mantenimiento
- Precauciones y recomendaciones.

7. RESULTADOS

Con el rápido avance tecnológico que en los últimos años ha alcanzado la industria a nivel mundial, en Colombia, las pequeñas y medianas empresas se ven en la necesidad de adquirir herramientas, máquinas, equipos y/o dispositivos que permitan ejecutar diferentes procesos de manera simultánea y precisa, permitiéndole mayor productividad, disminución de los tiempos de ejecución del proceso, reducción de costos, entre otros. Por esta razón, el presente estudio se ha elaborado específicamente con el fin de desarrollar un proyecto para satisfacer el requerimiento de una empresa que produce pegantes, para poder así sustituir un método ineficiente y manual por un procedimiento automático, el cual solo demandará ajustes y calibraciones iniciales para su debido funcionamiento.

De esta manera, se puede resaltar que con la implementación de la máquina dosificadora, se puede lograr un ahorro muy considerable en los tiempos de producción en cuanto al envasado del pegante se refiere. Según toma de tiempos, con el proceso manual de envasado, se emplea minuto y medio por botella envasada, mientras que con la nueva propuesta se pueden llegar a envasar 20 botellas en el mismo tiempo.

También, es importante resaltar, que de acuerdo a la disposición de los mecanismos en la máquina, se pueden ajustar de manera automática los elementos de la misma para cualquier tipo de envase circular de boca

concéntrica de hasta 95 mm de diámetro y con una altura máxima de hasta 200 mm. Además, para los propósitos de dosificación, el mecanismo que posee la máquina, permite dosificar cualquier tipo de fluido que posea viscosidades menores o iguales a 0.0265 m/s^2 para la cinemática y $901.121 \text{ kg}^*(\text{m/s})$ para la dinámica, con lo cual se puede decir que se garantiza la dosificación de cualquier líquido, lo cual es una ventaja para la industria, debido a la alta competitividad que se presenta actualmente, haciéndose necesario guardar y mantener una línea de producción estable. Esta alta competitividad generada por las empresas, es un agente que impulsa el crecimiento de una óptima productividad, ya que obviamente la producción permite mantener e incrementar sus ganancias, es por este motivo que mejorar las líneas de producción se hace primordial en una empresa que quiere ser altamente competitiva, lo cual se puede lograr de diversas maneras, de las cuales, las más destacables son la adquisición de infraestructuras, equipos, componentes, etc., para optimizar el trabajo y la restructuración de sus procesos productivos, para prescindir de métodos obsoletos.

8. CONCLUSIONES

Para el diseño del tanque, se emplearon dos métodos, en ANSYS y el diseño basado en el manual de recipientes a presión, siendo ésta última opción la más prudente a la hora de decidir cuál de estos dos sistemas de diseño es el más apropiado, ya que tiene en cuenta más criterios de diseño, sin importar que esta disposición llegue a ser más costosa.

Por las características del fluido se hace inapropiado el calentamiento del mismo, ya que al elevar su temperatura se podría cambiar las propiedades físicas y de adherencia, por lo que se seleccionó un sistema que no produce calentamiento, por lo tanto se optó por una bomba de diafragma, el cual no genera calentamiento entre sus partes móviles.

Se desarrollaron dos transmisiones por correa, en donde en cada eje se toman dos salidas de potencia para el debido funcionamiento de la bomba de diafragma y la banda transportadora, evitando un gasto mayor al emplear un solo motor para todo el sistema.

Para los propósitos de diseño presentes en el actual trabajo, se empleó como técnica el análisis QFD (Quality Function Deployment) por parte de los diseñadores, teniendo siempre en cuenta el punto de vista de los clientes, para así desarrollar un proyecto que pudiese satisfacer la necesidad expuesta por los interesados.

En el proceso del diseño de la parte hidráulica, se desarrollaron ensayos para establecer si el fluido a dosificar (pegante), era un fluido newtoniano, y a la vez corroborar si los datos suministrados por la empresa respecto a las viscosidades de fluido eran reales y confiables, obteniendo así una base para el diseño del sistema hidráulico de la máquina.

Luego de terminado el proceso de diseño de los sistemas de la máquina, se procedió a realizar la programación del PLC, empe-

zando con el montaje del circuito neumático, y posteriormente el montaje del circuito eléctrico, todo lo anterior simulado en el programa FestoFluidsim, para tener así un modelo comprensible de las tareas (entradas, salidas y modulación) que requería realizar la máquina y por lo tanto el PLC.

Además del diseño en detalle de la máquina, la modelación en el programa CAD (Autodesk inventor 2010) y de la generación de los planos, se procedió a la elaboración de la animación, empleando para éste propósito el programa Autodesk 3D máxstudio 8, y así lograr comprender de manera visual, el comportamiento del dispositivo.

Se desarrollaron hojas dinámicas en Microsoft office Excel durante todo el proceso de diseño y cálculo, lo cual permitió realizar iteraciones en los mismos, para generar un análisis y un estudio de posibilidades que permitiera un mejor diseño, además con esto, se consiguió una mayor exactitud y precisión en los datos que arrojaba el programa. Conjuntamente a lo anteriormente expuesto, este procedimiento permitió un menor error de los datos, debido al no truncamiento de los números.

Referencias Bibliográficas

- [1] J.Saldarriaga, Hidráulica De Tuberías. Abastecimiento De Agua, Redes y Riego. Bogotá: Universidad de los Andes-Alfa omega, 2007.
- [2] A. D.Deutschuman, Diseño de máquinas. Teoría y práctica. México: Editorial Continental A.S, 2005.
- [3] D. R. Askeland, Ciencia E Ingeniería De Los Materiales. Missouri: International Thomson Editores, 2004.
- [4] M. V. Faires, Diseño de elementos de máquinas. Buenos Aires: Ediciones Montaner y Simón S.A, 2003.
- [5] F. González and V. Soltero. Metodología Del Diseño Industrial. Un Enfoque Desde La Ingeniería Concurrente. México D.F: Alfa omega. 2003.
- [6] C. Harper, Handbook Of Plastics Technologies. New Jersey: McGraw Hill. 2004.
- [7] F. Kreith, Mechanical Engineering Handbook. New York: Ediciones CRC Press, 2000.
- [8] E. F. Magyesy, Manual de recipientes a presión. Diseño y calculo. Madrid. Editoria llimusa, 2003.
- [9] J. Shigley, Diseño En Ingeniería Mecánica. Michigan: Libros técnicos y cien-

- tíficos S.A, 2002.
- [10] T. Calero and A. Carta. Fundamentos De Mecanismos Y Máquinas Para Ingenieros. Madrid:McGraw Hill, 2001
- [11] C. Mataix, Mecánica De Los Fluidos Y Máquinas Hidráulicas. Lima: Ediciones del Castillo S.A, 2000.
- [12] R. V.Gilles, Mecánica De Los Fluidos. Buenos Aires: McGraw Hill. 2000.
- [13] NTN Corporation. Rodamientos de bolas y de rodillos. Miami, Consultada 02-04-2009-3:00 PM. Available: <http://www.collvilaro.com/NTN-Ball%20Roller%20Bearings.pdf>
- [14] RULLIRULMECAS.A. Catálogo RULLI RULMECA S.A rodillos y componentes para el transporte por banda. 30-04-2009-7:00 PM. Available: http://download.rulmecca.it/catalogo/serie/Serie_3500_Poly-V.pdf