

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño de un sistema de bombeo de barniz para barnizadoras
Roland 200**

Trabajo de graduación presentado por Obdulio César Vásquez Barcenas
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica

Guatemala,
2022

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería

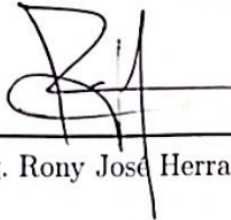


**Diseño de un sistema de bombeo de barniz para barnizadoras
Roland 200**

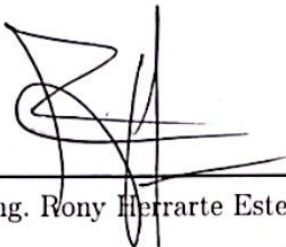
Trabajo de graduación presentado por Obdulio César Vásquez Barcenas
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecánica


Guatemala,
2022

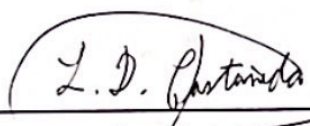
Vo.Bo.:

(f) 
Ing. Rony José Herrarte Estevez

Tribunal Examinador:

(f) 
Ing. Rony Herrarte Estevez

(f) 
Ing. César Rosales

(f) 
Ing. Luis Diego Castañeda

Fecha de aprobación: Guatemala, 9 de diciembre de 2022.

Lista de figuras	VIII
Lista de cuadros	X
Resumen	XI
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Marco teórico	9
5.1. ¿Qué es un sistema de bombeo?	9
5.2. Fluido de trabajo	9
5.2.1. Barniz UV 6367	9
5.3. Propiedades del fluido	10
5.3.1. Fluido newtoniano	10
5.3.2. Fluido no-newtoniano	11
5.4. Diseño de tuberías	11
5.4.1. Procedimiento para el diseño de tuberías	12
5.4.2. Cálculos para diseño de tuberías	12
5.5. Selección de bombas	13
5.6. Selección de material	15
5.6.1. Corrosión	15
5.7. Técnicas de inspección de tuberías actuales	16
5.7.1. Aplicación del modelo de lógica difusa (LD)	16
5.7.2. Selección de parámetros y construcción de funciones de pertenencia.	17
5.8. Mantenimiento del equipo	17

5.8.1. Gravedad	18
5.8.2. Urgencia	18
5.8.3. Tendencias	18
5.8.4. Mantenimiento de bomba	18
6. Metodología	19
6.1. Descripción de metodología	20
6.2. Identificación de necesidades	21
6.3. Requisitos del proyecto	21
6.4. Cálculos	21
6.5. Diseño	27
6.6. Plan de fabricación	31
6.7. Procesamiento de resultados	38
7. Resultados	39
8. Análisis de resultados o discusión	49
9. Conclusiones	53
10. Recomendaciones	55
11. Bibliografía	57
12. Anexos	59
12.1. Manual de fabricación	59
12.2. Manual de uso	65
12.3. Manual de mantenimiento	68
12.3.1. Mantenimiento bomba de doble diafragma	68
12.3.2. Mantenimiento de filtro regulador	80
12.3.3. Mantenimiento de mangueras industriales	82

Lista de figuras

1. Sistema de bombeo de barniz	19
2. Diseño inicial	28
3. Bomba seleccionada	30
4. Curva de operación de la bomba	31
5. Conexiones principales	34
6. Conexiones secundarias	34
7. Conexión manguera y bomba de diafragma	35
8. Ensamblés de <i>fitting</i>	36
9. Conexión de <i>fitting</i>	36
10. Ensamble de agarraderas	37
11. Sistema completamente instalado	37
12. Sistema de bombeo de barniz	41
13. Bomba Yamada de la Serie NPD-5.	42
14. Ensamble de mangueras y bomba	47
15. Sistema ensamblado en el taller de mantenimiento	47
16. Sistema ensamblado en el área de trabajo	48
17. Sistema en funcionamiento	48
18. Conexiones principales	61
19. Conexiones secundarias	61
20. Conexión manguera y bomba de diafragma	62
21. Ensamblés de <i>fitting</i>	63
22. Conexión de <i>fitting</i>	63
23. Ensamble de agarraderas	64
24. Sistema completamente instalado	64
25. Identificación de partes 1	65
26. Identificación de partes 2	66
27. Conexión del sistema a tubería de aire comprimido	66
28. Presión de trabajo	67
29. Principio de operación de bomba 1	68
30. Principio de operación de bomba 2	68
31. Desmontador de tapa	69

32. Desmontador de tapa	70
33. Desmontaje distribuidores planos y asientos de válvulas 1	70
34. Desmontaje distribuidores planos y asientos de válvulas 2	71
35. Desmontaje distribuidores planos y asientos de válvulas 3	71
36. Desmontaje distribuidores planos	72
37. Desmontaje asientos de válvulas	72
38. Desmontaje de diagrama y pistón central 1	73
39. Desmontaje de diagrama y pistón central 2	74
40. Desmontaje de diagrama y pistón central 3	74
41. Desmontaje de pistón central	75
42. Desmontaje de válvula piloto, guía y manguito 1	76
43. Desmontaje de maguito	76
44. Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 1	77
45. Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 2	77
46. Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 3	78
47. Desmontaje de anillo	78
48. Desmontaje de manguito	79
49. Reajuste de tirantes	79
50. Válvula de evacuación del filtro regulador de aire	80
51. Partes de filtro regulador 1	81
52. Partes de filtro regulador 2	81
53. Partes de filtro regulador 3	81
54. Recomendaciones posicionamiento de manguera	82

Lista de cuadros

1. Razón de posicionamiento y propósito	20
2. Requisitos del proyecto	21
3. Datos obtenidos en visitas	22
4. Propiedades del barniz	22
5. Datos calculados	24
6. Datos calculados con un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada	26
7. Datos calculados con un diámetro de 1 pulgada	27
8. Partes y propósito de diseño inicial	29
9. Listado de materiales	32
10. Medidas de mangueras	33
11. Conexiones de mangueras	34
12. Conexiones de mangueras 2	35
13. Requisitos del proyecto cumplidos	39
14. Datos obtenidos en visitas	40
15. Propiedades del barniz	41
16. Check list del sistema	42
17. Prueba de funcionamiento bomba	43
18. Prueba de funcionamiento tubería de suministro de aire	44
19. Prueba de funcionamiento tubería de bombeo de barniz	45
20. Prueba de funcionamiento tubería de retorno de barniz	45
21. Prueba de pliegos barnizados	46
22. Prueba de pliegos barnizados en 60 minutos	46
23. Pruebas de pliegos barnizados sin utilizar sistema de bombeo	46
24. Listado de materiales	59
25. Medidas de mangueras	60
26. Conexiones de mangueras	61
27. Conexiones de mangueras 2	62
28. Partes y su función en el sistema	65
29. Diámetros aceptados para distruidor plano	72
30. Diámetros aceptados para asiento de válvulas	73
31. Par de apriete permitidos para distruidor plano y asientos de válvulas	73

32. Ciclos de vida diagrama central	74
33. Diámetro permitido pistón central	75
34. Par de apriete permitidos para diagrama y pistón central	76
35. Diámetro permitido manguito	77
36. Diámetro permitido anillo de junta	78
37. Diámetro conjunto de manguito	79
38. Par de apriete permitido	80

Las máquinas barnizadoras de la empresa Mayaprin no poseen un sistema de bombeo de barniz que permita mantener el nivel de este. Es por eso, que cada cierto tiempo los operarios de dicha empresa deben de rellenar los recipientes cuando haga falta y verificar que la cantidad de barniz que se está utilizando es la correcta, ocasionando que la producción sea detenida, generando así problemas en la misma.

Por lo tanto, el objetivo principal de esta investigación fue diseñar y elaborar un sistema de bombeo que mantenga un suministro constante de barniz para la operación de las máquinas barnizadoras Roland 200. La determinación de las características del sistema se hizo de acuerdo con los requerimientos de bombeo del barniz. En cuanto al diseño del sistema de bombeo, se investigó diferentes tipos de bombas, se seleccionó la mejor para el bombeo de barniz y el caudal necesario, se realizó los cálculos necesarios para el diseño del sistema. El proceso de diseño contempló parámetros como alturas, diámetros del sistema de bombeo y ubicaciones evaluando los efectos que estos y seleccionando las mejores opciones para el sistema.

Utilizando el sistema de bombeo de barniz durante una hora se barnizaron 1,268 pliegos, mientras que sin el sistema funcionando se barnizaron 1,019 pliegos. Concluyendo así que fue posible diseñar y elaborar con éxito un sistema de bombeo que mantenga un suministro eficiente.

Con el fin de reducir la carga de trabajo de los operarios y aumentar la capacidad de producción se han investigado diversas estrategias en el área de barnizado de las industrias litográficas para darle mayor seguimiento a este tema y a la vez encontrar una solución a esta problemática. De acuerdo a esta necesidad y la importancia que posee la capacidad de producción se plantea diseñar un sistema capaz de suministrar y mantener el nivel de barniz necesario durante todo el proceso de barnizado.

En el proceso de barnizado de pliegos de papel, el barniz UV es un resina muy importante, permite formar una película en las superficies en donde es aplicado que puede ser comparado con el proceso de plastificación. Esta película se logra sometiendo al barniz a la irradiación de rayos ultravioletas, suele completarse en tiempos muy cortos dando como resultados acabados brillantes y elegantes de óptima calidad en la superficies a las que se desea aplicar.

En el trabajo se realiza todo el proceso de diseño para identificar y evaluar las distintas operaciones para mantener el nivel de barniz necesario. También se llevo a cabo la identificación de las partes, dimensionamiento y ensamblaje de un sistema de bombeo de barniz, además, se documentó en un manual las acciones que ayuden a los operarios a utilizarlo, que permita prolongar su vida útil y que permita aplicarlo en otras máquinas de la empresa Mayaprin.

Actualmente, la empresa Mayaprin cuenta con tres máquinas barnizadoras, las cuales requieren que el nivel de barniz sea constante, al no presentar un sistema que permita mantener el mismo nivel los operadores de esta, tienen que rellenarlo aproximadamente cada 10 a 15 minutos, dependiendo del ritmo de la producción que se mantenga. Esta empresa utiliza barniz UV, el cual posee las siguientes características: es un líquido de alta viscosidad con olor a acrilatos, su viscosidad a 25°C es de 500-1000 centipoise, tiene una densidad aproximada de $1.05 \frac{dg}{dm^3}$. Es soluble en solventes orgánicos, pero insolvente en agua y su presión de vapor es menor a 0.01 mmHg. Dentro de la estabilidad y reactividad del barniz se sabe que posee un estabilidad química bajo condiciones recomendadas de almacenaje y manipulación. Se debe evitar condiciones en donde se tenga altas temperaturas, luz directa del sol, radiación UV y EB. Es incompatible con materiales como ácidos y bases fuertes, agentes oxidantes, agentes reductores y químicos reactivos. (Pegaforte, 2019)

En los últimos años en México, se ha generado un amplio interés por mantener y explorar las posibilidades estéticas de la litografía, por ello, se ha mantenido la vigencia junto a los procesos de configuración de imágenes de los medios digitales. Por lo tanto, el proceso litográfico se basa en la selección de piedra litográfica, graneado de la piedra, nivelado de la piedra, dibujo de la piedra, acidulado, limpieza del dibujo, engrasado y abertura de imagen y por último la impresión. (Vera, 2014).

El barniz es una resina muy importante en la industria de pinturas, ya que este puede llegar a afectar el resultado final de las mismas, por lo que se recomienda mantenerlo en las condiciones adecuadas según el fabricante. Aunque, con el pasar de los años el uso de diferentes aditivos han permitido aumentar la conservación de este, siempre se recomienda seguir las recomendaciones del fabricante. (Tracton, 2007).

El barniz UV forma una película en las superficies en donde es aplicado que puede ser comparado con el proceso de plastificación. En comparación a otros barnices que se secan por la evaporación de algunos componentes o la penetración que estos tienen, la película del barniz UV se forma mediante un enlace químico. Este enlace químico se logra sometiendo al barniz a la irradiación de rayos ultravioletas, es por ello por lo que se conoce como barniz

UV. El proceso de irradiación se completa en tiempos muy cortos, muchas de las veces en fracciones de segundo. También menciona, que el barniz UV se utiliza en las empresas que se dedican a las artes gráficas ya que permite acabados brillantes y elegantes de óptima calidad en las superficies a las que se desea aplicar. (Flores Chimbo, [2015](#))

En el 2002 Rodriguez Zurita, se basó en la implementación de la metodología de mejora 5S en una empresa litográfica, la cuales se definen como Seiri (Clasificación), Seiton (Orden) Seiso (Limpieza), Seiketsu (Estandarización) y Shitsuke (Disciplina). Menciona también que las cinco S son los cimientos sobre los que se establece la producción en flujo, el control visual, las operaciones estándares y todos los bloques de diferentes metodologías. Al implementar esta metodología en una empresa dedicada a la litografía Zurita, menciona que se obtuvieron algunos resultados como la disminución considerable a acumular objetos, el orden de la compañía mejoro, se logró un mejor control visual de diferentes artículos. La limpieza de la planta no mejoro debido a la falta de disciplina del personal. Sí en dado caso la empresa Mayaprin requiera o necesite algunas técnicas de mejora en alguna de las áreas mencionadas anteriormente, puede tomarse esta metodología como referencia.

Para el diseño correcto de un sistema de bombeo se requiere como mínimo conocer el tipo de fluido bombeado, la temperatura de funcionamiento, propiedades físicas del fluido bombeado y condiciones de funcionamiento. En el año 2010 en Ecuador, se realizó un sistema de bombeo, el diseño de este se realizó, por medio de cálculos para la recepción del fluido y movilización del fluido en diferentes tubería. Luego utilizando el software FluidFlow se seleccionó el equipo de bombeo, para después seleccionar el sistema de transmisión y por último se seleccionaron los distintos criterios para la instalación del sistema de bombeo. (Bruno y col., [2010](#)).

En 1994, Benitez, realizo un control de nivel de líquidos, en el cual utilizó como prototipo tres tanques acoplados a través de válvulas que permiten simular sistemas de primero, segundo y tercer orden si se utiliza un tanque, dos tanques y tres tanques respectivamente. Además, para la parte de control agrego dos tipos de controladores electrónicos exclusivamente. Un control de tipo análogo que cuenta con un controlador del tipo PID y un controlador de tipo digital que consta de un sistema de adquisición y salida de datos, el cual, está conectado a una computadora digital en donde se realiza el control por software. Como resultados Benítez, obtuvo que el prototipo y el módulo de control funciona satisfactoriamente, es de muy fácil uso y calibración.

En el 2017, Prima y col. realizaron un trabajo de automatización de llenado de tanques de agua. Este sistema fue diseñado aplicando un sensor ultrasónico, un módulo de conmutación automática, un sensor de flujo de agua, un microcontrolador Arduino™ y una máquina de bombeo para cambiar automáticamente el llenado de agua. Se utilizó un transmisor ultrasónico en la parte superior del tanque, que permite transmitir un pulso ultrasónico hacia el interior de este. El transmisor está programado para determinar automáticamente el nivel de líquido y hacer funcionar la máquina de bombeo. Como resultado obtuvieron un sistema de llenado automático del tanque de agua exitoso. Además, mencionan que este prototipo se puede proponer para manejar los problemas con distintas bombas de agua.

El uso de barniz UV se ha vuelto muy importante en la industria litográfica guatemalteca, ya que, este forma una película en las superficies en donde es aplicado que puede ser comparado con el proceso de plastificación. En comparación a otros barnices que se secan por la evaporación de algunos componentes o la penetración que estos tienen, la película del barniz UV se forma mediante un enlace químico. (Flores Chimbo, 2015). La empresa Mayaprin es una de las más importantes en esta industria, ya que son los encargados de producir los empaques de empresas como Colgate, Samboro, San Martín, Disagro, etc. La problemática de esta empresa consiste en que no posee un sistema de bombeo del barniz adecuado, que ocasiona un retraso en su cadena de producción. En el 2019, Pegaforte, menciona que el mantener un nivel de barniz óptimo permitirá que las impresiones tengan finales deseados.

Es por ello que para que dicha empresa requiere de un sistema de bombeo que sea capaz de suministrar y mantener el barniz a un nivel óptimo. Este sistema deberá de mantener un flujo constante hacia los depósitos de barniz, por lo que es importante que conste de una bomba que no tenga problemas para funcionar con este, un sistema de tuberías encargado de llevar el barniz de un depósito a otro y otro sistema de medición que permita conocer el nivel de barniz en el depósito en donde se encontrará el mismo.

Con el diseño y fabricación de este sistema, se proporcionará a Mayaprin un mejor sistema de aplicación de barniz, además, ayudará a evitar que tenga retrasos en su cadena de producción y permitirá tener un proceso más automatizado. Se proveerá a dicha empresa con los documentos requeridos para la reproducción de este sistema, generando la posibilidad de la replicación por si fuera requerida más adelante. Además, se proveerá con un manual de funcionamiento y un manual de mantenimiento, logrando así que dicho sistema tenga una buena vida útil.

4.1. Objetivo general

Diseñar y elaborar un sistema de bombeo que mantenga un suministro constante de barniz para la operación de las máquinas barnizadoras Roland 200.

4.2. Objetivos específicos

1. Determinar la cantidad de barniz que el sistema de bombeo debe suministrar para que las máquinas operen continuamente.
2. Plantear un sistema de bombeo que provea el flujo necesario de barniz.
3. Diseñar un sistema de monitoreo del nivel de barniz para un bombeo automatizado.
4. Ensamblar y verificar que el sistema de bombeo esté funcionando de la manera correspondiente.
5. Crear un manual de operación y mantenimiento.
6. Crear un manual de fabricación.

5.1. ¿Qué es un sistema de bombeo?

Un sistema de bombeo depende de la altura a la que se elevara el fluido, y de las características de la tubería de fluido, así como las propiedades físicas del fluido como son la densidad y la viscosidad, para así conocer la altura o presión máxima que este puede entregar. Ahora bien un sistema de bombeo se define como "*... un conjunto de elementos que permiten el transporte a través de tuberías y el almacenamiento temporal de los fluidos, de forma que se cumplan las especificaciones de caudal y presión necesarias en los diferentes sistemas y procesos* ."(Domínguez, 2010)

5.2. Fluido de trabajo

El barniz UV es utilizado en la industria litográfica, ya que este forma una película en las superficies en donde es aplicado que puede ser comparado con el proceso de plastificación. En comparación a otros barnices que se secan por la evaporación de algunos componentes o la penetración que estos tienen, la película del barniz UV se forma mediante un enlace químico, el cual se logra sometiendo al barniz a la radiación de rayos UV. "(Flores Chimbo, 2015)

Actualmente, la empresa Mayaprin trabaja con una mezcla de UV, esta mezcla esta compuesta por **Barniz UV 6367 Alta** y un pequeño porcentaje de **Barniz Actega Flexible**

5.2.1. Barniz UV 6367

Es un recubrimiento transparente curable por UV recomendado para su uso como barniz de sobreimpresión brillante para etiquetas adhesivas, cubiertas de libros, tarjetas postales y

otros productos de papel. Se puede aplicar tanto sobre el papel como sobre tintas litográficas curadas con UV o IR convencionales secas(eskolor, 2021b). Sus principales propiedades son:

- Velocidad de curado muy alta.
- Excelentes características de deslizamiento y humectación.
- Buen brillo y resistencia a la abrasión.
- Buena resistencia a las mallas y a los disolventes.
- Poco olor
- Viscosidad @ 25°C = 2,000-2,700 cps.
- Velocidad de curación = 11-15 m/min.

Barniz Acteca Flexible

Las principales propiedades de este barniz son:

- Viscosidad @ 25°C = 290 cps.
- Velocidad de curación = 125 FPM

(eskolor, 2021a) Todos estos datos fueron proporcionados por Eskolor, proveedor de barniz de la empresa Mayaprin.

5.3. Propiedades del fluido

Debido a que el estudio de la mecánica de fluidos, por lo general tiene que ver con fluidos que circulan en forma continua o con una cantidad pequeña de ellos que permanece en reposo, es más conveniente relacionar la masa y el peso del fluido con un volumen dado de éste. Por ello, las propiedades de la densidad y el peso específico se definen así.

La ASTM International ha publicado varios métodos estándar de prueba para medir la densidad, la cual se obtiene con recipientes que miden volúmenes con precisión llamadas picnómetros. En ellos, se prescribe como llenar, manipular, controlar la temperatura y leer, en forma apropiada las propiedades de un fluido.

5.3.1. Fluido newtoniano

Para definir un fluido newtoniano debe de considerarse una capa delgada de un fluido, que se encuentra en estado estacionario. Al ser sometido a una fuerza F , el fluido se equilibrará con una fuerza de fricción interna igual y opuesta en el fluido. Para un fluido newtoniano incompresible en flujo laminar, el esfuerzo cortante resulta ser igual al producto

de la velocidad de corte y la viscosidad del medio fluido. En este simple caso, la velocidad de corte puede expresarse como un gradiente de velocidad en la dirección perpendicular a el de la fuerza cortante. Al considerar el equilibrio de una capa de fluido, se puede ver fácilmente que en cualquier plano de corte hay dos cortes iguales y opuestos: uno positivo en el fluido de movimiento más lento y uno negativo en la capa de fluido de movimiento más rápido. (Chilton & Stainsby, 1998)

5.3.2. Fluido no-newtoniano

Este fluido es aquel cuya curva de flujo no es lineal o no pasa por el origen, es decir, donde la viscosidad aparente, es el esfuerzo cortante dividido por la velocidad cortante. Estos mismo valores no son constantes a una temperatura dada y presión, pero dependen de las condiciones del flujo, como la geometría, la velocidad, etc. Algunos materiales que son fluidos no-newtonianos pueden agruparse convenientemente en tres clases generales. (Chilton & Stainsby, 1998)

1. Fluidos para los cuales la velocidad de corte en cualquier punto está determinada solo por el valor del esfuerzo cortante en ese punto en ese instante. Estos fluidos se conocen como “independientes de tiempo”, “puramente viscosos”, “inelásticos”.
2. Fluidos más complejos para los cuales la relación entre el esfuerzo cortante y la velocidad de corte depende, además, de la duración del laminado y su historial cinemático; se denominan “fluidos dependientes del tiempo”.
3. Sustancias que presentan características tanto de fluidos ideales como de sólidos elásticos, mostrando su recuperación elástica parcial, después de la deformación, estos se clasifican como “fluidos viscoelásticos”.

5.4. Diseño de tuberías

En el diseño de una línea o tubería, debe de saberse donde se inicia y dónde termina, ya que todas las tuberías tienen un origen y un destino que esta determinado por las necesidades, criterios y limitaciones del proyecto en donde se esté trabajando. Las tuberías se deberán presentar como mínimo de forma de planta y alzado, de preferencia en isométrico, siempre acotada y a ser posible a escala con al menos una aproximación visual a la realidad. Todo este refleja el recorrido de línea o tubería y se indicara sobre ella el servicio y diámetro de este. Una de los principales elementos o características que se deben de considerar en el trazado de líneas o tuberías es el peso. Esto determinará el camino a través del cual será dirigidos los fluidos bien o serán de servicios, proceso, auxiliares: agua fría, caliente, sobrecalentada, aceite término, combustibles o de proceso o bien gaseosos. Sea cual sea el fluido este debe seguir un trazado determinado que condicionara su peso final y que debe de ser suficientemente soportado desde el origen. (Erdoğan & Imrak, 2005)

El cálculo estático debe considerar cualquier otro diseño a la condición más desfavorable posible, el peso de la tubería llena de fluido, considerando el mínimo el de prueba si su densidad es mayor que el especificado, incluyendo accesorios y por supuesto el peso del

aislamiento. Además, de otras cualesquiera, tales como suciedad o las carga de sismo y viento. Es necesario saber que las cargas por viento son un factor, que están en toda la instalación hecha en un ambiente exterior, y que no se puede menospreciar. (Erdoğan & Imrak, 2005)

5.4.1. Procedimiento para el diseño de tuberías

1. De acuerdo con las bases de diseño se establecen las condiciones de diseño incluyendo presión, temperatura, corrosión, flexibilidad entre otras como velocidad del viento, movimientos sísmicos, choques de fluido, gradientes térmicos, etc.
2. Determinación del diámetro de la tubería, el cual dependen fundamentalmente de las condiciones de proceso, es decir, caudal, velocidad del fluido, presión del fluido, gravedad específica, viscosidad, entre otros. Selección de materiales de la tubería en base a las características del fluido, como; corrosión, fragilización, resistencia.
3. Selección del tipo de conexión, y accesorios de la línea. Calculo de espesor mínimo de pared para las temperaturas y presiones de diseño, de manera que la tubería sea capaz de soportar los esfuerzos a los que será sometida; cuando se este utilizando.
4. Modelo de las tuberías o línea y establecimiento de la selección aceptable de soportes para el sistema de tuberías.
5. Análisis de esfuerzos por flexibilidad para verificar que los esfuerzos producidos en la tubería por los distintos tipos de carga estén dentro de los valores admisibles, al objeto de comprobar que las cargas en los equipos y elementos no sobrepasen los valores limites, satisfaciendo los códigos o disposiciones que estén empleando. (Parisher, s.f.)

Si un sistema no tiene la suficiente flexibilidad, o sino es capaz de resistir las cargas sostenidas o las cargas ocasionales, se podrían realizar algunas de las siguientes modificaciones. (Parisher, s.f.)

- Reubicación de soportes.
- Modificación del tipo de soportes en puntos específicos.
- Utilizar soportes flexibles.
- Modificación parcial del recorrido de la línea en zonas específicas.
- Uso de las razones de expansión.
- Prensado en frío.

5.4.2. Cálculos para diseño de tuberías

En general, una tubería se dimensiona en base a la caída de presión y la velocidad. La caída de presión en 10 pies de tubería es el criterio fundamental, pero se debe tomar en

cuenta que la velocidad quede también dentro de ciertos límites. Por razones de desgaste prematuro de la tubería, para fluidos corrosivos o erosivos, el criterio principal será el de la velocidad. En estos cálculos se expone una relación de la caída de presión y la velocidad recomendados para las situaciones más comunes que se presentan en la industria. En las tuberías que manejan gases o vapores se deberá tener precaución en no rebasar la velocidad sónica, los parámetros necesarios en el dimensionamiento de una tubería son el número de Reynolds y el factor de fricción dichos parámetros fueron definidos anteriormente. (Goel, 2008)

Dimensionamiento con velocidad recomendada

Cuando el dimensionamiento se basa en un criterio de velocidad, se calcula el diámetro con la ecuación.

$$d_c = \left(\frac{0.509W^{0.5}}{pV} \right) \quad (1)$$

Dimensionamiento con pérdida de presión recomendada

Para la aplicación de los criterios de caída de presión en este caso es necesario suponer un diámetro de tubería. Para evitar hacer suposiciones al azar, se efectúa mediante el cálculo preliminar del diámetro mediante. (Goel, 2008)

$$d_s = \left(\frac{Wu^{0.2}}{2000pP_{100}} \right)^{0.2083} \quad (2)$$

Se debe de redondear el diámetro interno comercial más próximo, siendo este el diámetro supuesto. Utilizando este diámetro se realizarán los siguientes cálculos

$$V = \frac{0.0509W}{d^2p} \quad (3)$$

También deben de calcularse el número de Reynolds y el factor de fricción, utilizando las ecuaciones definidas anteriormente. Y por último se debe de encontrar

$$d_s = \left(\frac{3.36 \times 10^{-4} f W^2}{p P_{100}} \right)^{0.2} \quad (4)$$

Si

$$d_s = d_c \quad (5)$$

se debe aproximar a d_c del interno más cercano, este será su diámetro correcto. Si la expresión anterior no se cumple, debe de realizarse el proceso de nuevo. (Goel, 2008)

5.5. Selección de bombas

Las industrias cosmética y la industria de pinturas y barnices son los principales usuarios de ácidos grasos en los procesos de producción. Dependiendo de la composición química, concentración y volatilidad.

La bomba de engranajes ha sido utilizada por esta industria en el proceso de fabricación de estos productos, eran utilizadas para alimentar a sus camiones cisterna, pero conforme avanzó el tiempo y la demanda creció, estas mismas ya no podían ser utilizadas para cumplir este requisito, por lo tanto, tuvo que ser reemplazada. Para cumplir con las nuevas demandas, las empresas operadoras de estas industrias decidieron utilizar una bomba de lóbulos rotativos. Esta bomba, presenta un diseño que crea un gran paso libre de la bola, lo que garantiza un transporte sin problema. Además, el reflujo se mantiene bajo gracias a la larga línea de sellado. La estructura de la bomba está diseñada para brindar robustez, confiabilidad operativa y los costos de mantenimiento son los más bajos posibles. Para asegurar la separación hermética del ácido graso que se transporta de la atmósfera circundante requerida por esta industria, los exportes equiparon la bomba con un sello de doble acción con un sistema de lavado presurizado. Esta bomba ha funcionado de forma fiable llenando los camiones cisterna del fabricante a un volumen de $20 \frac{m^3}{h}$ y una presión de 2.5 bar. El funcionamiento de actuación hidrostático se representa con un tipo de actuación indirecta que tiene la posibilidad de tomar la energía mecánica en forma de fuerza, desplazamiento angular y lo transmite al cuerpo de trabajo de la misma forma, pero con sucesivas conversaciones dentro del sistema de actuación como volumen de fluido y presión de trabajo. El sistema de propulsión se incorpora todas las funciones y componentes necesarios para la transmisión de energía entre la fuente de energía y la pieza de trabajo de la máquina accionada. (the mark, 2018)

Las bombas de lóbulos rotativas pertenecen al grupo de bombas de desplazamientos positivo rotativas. Su principal característica se logra colocando dos rotores de lóbulos dentro de una carcasa, estos mismos, tienen contacto permanente con la carcasa o con el lóbulo del rotor complementario. De esta forma se delimitan las cámaras de trabajo necesarias para el funcionamiento de la bomba. Para sincronizar la posición relativa de los rotores y delinear con precisión el trabajo de las cámaras necesarias para las dos fases de aspiración y descarga, se utilizan las ruedas dentadas. Estos tipos de bombas se utilizan para transportar y dosificar de forma continua diferentes fluidos en relación con valores especiales de velocidad. Después de la rotación del rotor, el fluido se captura del área de succión y se envía al puerto de descarga a través del espacio entre los lóbulos y carcasa. El movimiento de los rotores de la bomba causa una presión negativa en el orificio de succión donde el fluido es absorbido y circulado a lo largo de las paredes de la carcasa hasta el orificio de presión. Las bombas de lóbulos rotativos son igualmente adecuadas para medios fluidos de baja y alta viscosidad. Debido a sus espacios relativamente grandes para el paso de fluidos y la baja velocidad de rotación, son relativamente tolerantes al bloque debido a partículas sólidas dentro del fluido en circulación. La capacidad de rendimiento de la bomba de lóbulos está en un valor más alto en relación con muchos otros dispositivos de bombas de desplazamiento del mismo tipo constructivo. El principio de funcionamiento de esta unidad volumétrica se basa en el movimiento de rotación de los rotores que activan el fluido en movimiento a lo largo de la pared de la carcasa. La presión en la entrada está en valores bajos, mientras que para el orificio de salida se aseguran los valores de presión requeridos. Los valores de caudal de circulación de líquido están de acuerdo con la capacidad volumétrica en una sola rotación del eje de la bomba. (Böhme & Hartwig, 2014)

Otra característica especial de esta bomba es su engranaje sincronizado con transmisión por correa, que, a diferencia de los engranajes de distribución estándar, es extremadamente resistente y muy fácil de mantener. Una correa con dientes a ambos lados transmite la

potencia del motor a ambos lóbulos rotativos y los sincroniza al mismo tiempo. Los lóbulos giratorios se fabrican en acero inoxidable, *hastelloy* o dúplex, según las necesidades. La ventaja de esta elección de material, en contraste con los cuerpos de elastómero usados comúnmente, es que los lóbulos de acero se ven menos afectados por las fuertes fuerzas dinámicas durante la rotación y tienen una vida útil correspondientemente más larga. También, se expanden menos que el caucho, lo que permite que los componentes, en general se fabriquen con tolerancias más bajas y permite un mayor rendimiento. Debido a esto, este tipo de bombas poseen superficies blandas sobre superficies duras, la unidad funciona silenciosamente y genera muy poca vibración, ruido o calor por fricción. Por lo tanto, los componentes giratorios se conservan y duran más. Además, se eliminan los cambios de aceite, por que la sincronización funciona completamente sin aceite. (Scheaua, 2019)

La industria guatemalteca no ha terminado de desarrollarse, por lo que muchas veces es difícil encontrar distribuidores para productos muy específicos, dentro de los pocos distribuidores de bombas de lóbulos rotativos se encuentra la empresa llamada Componentes Industriales, esta empresa es la encargada de distribuir bombas de la marca Netzsch las cuales tienen la capacidad de bombear aceites, productos químicos, petróleo bruto, resinas y barnices que es el fluido que se desea transportar de un lugar a otro. (NIETZSCH, s.f.)

5.6. Selección de material

La adecuada selección de aceros o materiales en general para una aplicación específica involucra una relación entre la eficiencia que se desea obtener a determinadas condiciones de operación y el valor de los equipos, incluyendo materiales, procesos de fabricación, reemplazo y los costos de inactividad. De esta forma, actualmente seleccionan los aceros más adecuados, de acuerdo con un riguroso estudio de las condiciones de trabajo, donde se tiene en cuenta los ciclos térmicos, las propiedades requeridas para trabajo, la resistencia mecánica, la degradación química y el medio al cual está sometido. En general, los materiales pueden fallar por las siguientes razones; este mismo se encuentra sometido a un medio ambiente que supera su diseño, se trató de una inapropiada selección a su diseño y operación, el material ha resultado defectuosos y se presenta un diseño inapropiado. (López C., 2013)

La tubería de acero inoxidable es ampliamente utilizada en la industria, ya que, puede presentarse en cualquier diámetro, grosor o largo. En su uso industrial se les valora por su resistencia y capacidad de soportar temperatura y presión extremas, así como elementos destructivos. Además, el costo de producción de este tipo de material es relativamente bajo. Los tubos de acero pueden incorporarse a aleaciones con diferentes metales, como el aluminio, el titanio, el manganeso o tungsteno. (López C., 2013)

5.6.1. Corrosión

La corrosión siempre ha sido un problema en diversos tipos de industrias como el refinamiento del petróleo o la industria química, por ejemplo, donde los elementos de los equipos de procesos como a las cámaras de los hornos, válvulas y las tuberías, entre otras, se encuentran frecuentemente operando a diferentes condiciones de temperatura, presión y en ambientes

altamente corrosivos. Por esta razón son empleados principalmente aceros resistentes a la corrosión, como los aceros inoxidables austeníticos, sin embargo, en ambientes con la presencia de cloruros y sulfuros de hidrógeno y una alta temperatura, pueden producir picaduras y el agrietamiento por corrosión bajo tensión que son a menudo asociados con este tipo de operaciones. El agrietamiento por corrosión bajo tensión designa una falla bajo la acción combinada de la corrosión y la presencia de esfuerzos residuales o aplicados. La trayectoria de las grietas puede ser intergranulares o transgranulares, lo cual depende del tipo de metal y del medio corrosivo. La falla resulta entonces de la aplicación de repetidos y fluctuantes esfuerzos en medio corrosivo, que usualmente se caracteriza por una corta vida útil de los materiales o equipos. (Alkhimenko y col., 2021)

Para evitar las enormes pérdidas del material, es necesaria la prevención de la corrosión. Esto implica muchas aplicaciones en áreas tales como automóviles, maquinaria, artículos para el hogar, vías férreas, puentes, etc. Para esto el material suele recubrirse con una capa delgada en el proceso electroquímico de otro metal mediante electrólisis. Aparte de esto, también suelen ser utilizados los revestimientos protectores, esto permite crear una capa protectora que es una de las formas más efectivas de prevenir la corrosión uniforme. La pintura metálica se utiliza para pintar sobre una superficie de metal que puede servir como una barrera protectora contra la humedad y otros agentes corrosivos, Sin embargo, dado que la pintura es susceptible al astillado y deterioro, es importante volver a aplicarla siempre que se produzca un desgaste. También suele ser utilizado el lubricante de acero, este suele utilizarse en partes móviles para evitar que se peguen, ya que permitirá un movimiento fácil y repelerá la humedad que puede causar corrosión. Además, para un sistema de tuberías se pueden aplicar las siguientes técnicas o métodos que permiten tener un mejor control de la corrosión. (Gutiérrez Figue y col., 2020)

5.7. Técnicas de inspección de tuberías actuales

Existe una variedad de técnicas destructivas y no destructivas para evaluar de forma directa alguna forma de desgaste, corrosión, etc. Estos permiten conocer la integridad estructural de la tubería y determinar las propiedades del material expuesto a la corrosión. Las pruebas no destructivas incluyen métodos ultrasónicos, electromagnéticos y radiografías que permiten localizar áreas con problemas, reducción de espesor de pared, y fugas. También existen pruebas indirectas que permiten correlacionar con la corrosión algunas propiedades de calidad de agua y del suelo. No obstante, el procedimiento de la información y datos obtenidos con estos equipos varía ampliamente, ya que dependen de la interpretación del operador. (Gutiérrez Figue y col., 2020)

5.7.1. Aplicación del modelo de lógica difusa (LD)

5.7.2. Selección de parámetros y construcción de funciones de pertenencia.

Dado que múltiples factores intervienen en la corrosión, el modelo propuesto se limita a dos parámetros: protección y envejecimiento, cuya estimación no requiere ningún equipo especializado. El parámetro de protección o revestimiento cuenta con tres condiciones de calidad en el modelo.(Gutiérrez Figue y col., 2020)

- Bueno: recubrimiento con correcta adherencia y espesor requerido.
- Regular: recubrimiento con adherencia incompleta y espesor mínimo.
- Malo: recubrimiento sin adherencia, no cumple espesor mínimo y presenta imperfecciones como ampollas, grietas, vacío o picadoras. También aplica cuando se usa un recubrimiento que no cumpla las normas técnicas de instalación de tuberías y accesorios metálicos para acueducto.

El parámetro de envejecimiento tiene definidas dos condiciones de dimensionamiento de las áreas de actividad de corrosión, que puede haber ocurrido o estar ocurriendo. Estas definiciones toman en cuenta la norma ASME B31G y una relación de proporción.(Gutiérrez Figue y col., 2020)

- Alto: apariencias de corrosión localizadas en toda superficie del elemento, o pérdidas de recubrimiento por corrosión.
- Bajo: apariencias de corrosión localizadas puntualmente en el elemento, sin presencia de corrosión visible.

5.8. Mantenimiento del equipo

En la actualidad no existen equipos de medición para hacer seguimiento y evaluación del estado actual de los elementos que conforman un sistema de tuberías. Es por ello, que se utilizan y desarrollan técnicas especializadas en detectar y calificar determinados mecanismos de daño y suelen emplearse para todas las condiciones, tomando en cuenta que cada tipología de daño y material tiene una técnica asociada disponible. Así, la inspección visual proporciona una caracterización del material, y por lo tanto, puede ser utilizada como método de evaluación. (López & Salazar, 2020)

Una herramienta de utilidad para la realización de mantenimiento es el método “GUT”, esta herramienta de utilidad y de beneficio permite gestionar el mantenimiento de activos de diferentes empresas; además ayuda a las empresas a cumplir con sus objetivos y lograr su metas que previamente son planificadas ya que se base principalmente en las modernas y mejores prácticas de mantenimientos. Esta herramienta de gestión planeta tres criterios generales.

5.8.1. Gravedad

Este criterio tiene como alcance identificar si el problema o la ocurrencia del problema pueden perjudicar al equipo o instalación, o peor aún colocar en riesgo las vidas humanas o al medio ambiente. (López & Salazar, 2020)

5.8.2. Urgencia

Este criterio tiene como objetivo determinar si el problema puede generar perjuicios al servicio, en los aspectos de plazo, costos y calidad que estén afectando a las empresas. (López & Salazar, 2020)

5.8.3. Tendencias

El objetivo principal de este criterio es identificar si los problemas pueden desarrollar o degenerarse con el tiempo. (López & Salazar, 2020)

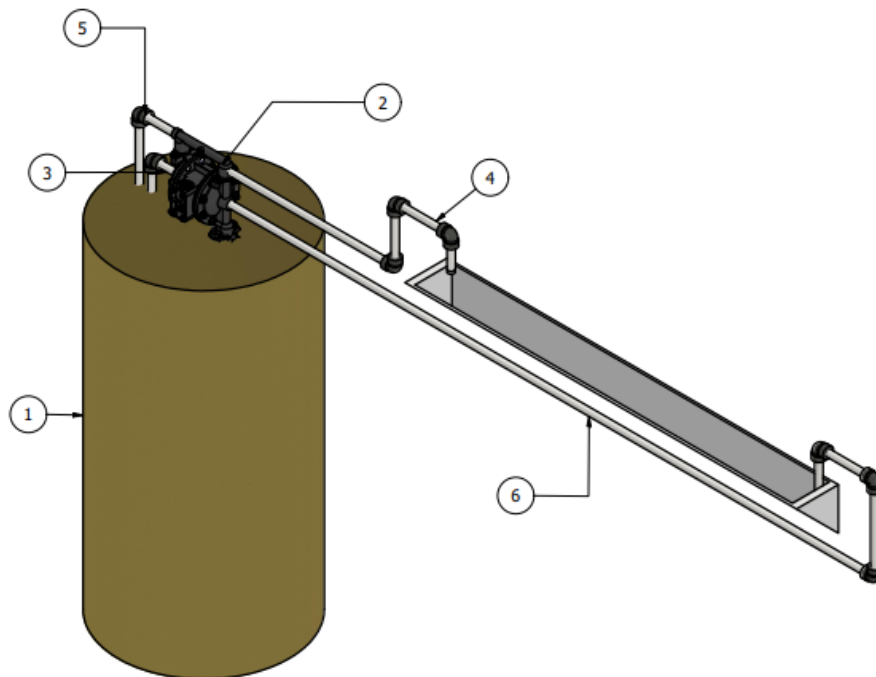
Además, el método GUT consiste en evaluar cada una de las actividades de mantenimiento bajo estos tres criterios de priorización cuyo efecto se debe elaborar una matriz en donde se registra cada una de las actividades de mantenimiento y adicionalmente el personal que realizará la evaluación. Se recomienda que el persona que evalúe el criterio de gravedad lo realice la persona encargada de los procesos de seguridad por su conocimiento en la identificación de los riesgos, para el criterio de urgencia de acuerdo a su concepto se recomienda que lo realice la persona o el funcionario que evalúe la calidad de la energía eléctrica o a su vez un representante de la parte operativa, para el criterio de tendencia se recomienda que lo realice un delegado que anteriormente la actividad de mantenimiento o la gente de zona que es encargada de realizar los mantenimientos. (López & Salazar, 2020)

5.8.4. Mantenimiento de bomba

Existen varios principios de mantenimiento para los equipos de bombeo. Los primeros principios se basan en medidas preventivas. Y se dan cuando se monitorean la condición del equipo de bombeo, se realizan diagnósticos y mantenimiento según sea necesario. En segundo lugar, están los principios de mantenimiento basados en programas, estos predicen en qué momento es necesario realizar el servicio y las diferentes operaciones tecnológicas para mantener la bomba en condiciones óptimas de funcionamiento. Y, por último, se tiene los principios basados en medidas reactivas, cuando el mantenimiento se realiza sobre el hecho consumado de falla o avería del equipo. Otra buena estrategia de mantenimiento de la bomba es mantener algunos equipos en reserva y reemplazarlos de forma reactiva según sea necesario. Estas medidas imponen costos significativos a la empresa operadora. No todas las plantas pueden tener la reserva de equipo necesaria en todas las unidades de proceso, pero existen muchos desarrollos con recomendaciones para la introducción e implementación de sistemas que brinden mantenimiento tecnológico a los equipos basados en métodos preventivo.(Koteleva y col., 2022)

El sistema que se elaboró se muestra a continuación, en el se ven cada uno de sus componentes y se explica la razón de la posición y su propósito dentro del sistema. En el Cuadro **I** se explica la razón de la posición y su propósito de cada parte del sistema.

Figura 1: Sistema de bombeo de barniz



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 1: Razón de posicionamiento y propósito

Item	Parte	Propósito
1	Contenedor de barniz	El propósito de esta parte es almacenar barniz para luego ser transportado al depósito de la máquina Roland 200. Se encuentra ubicado al lado derecho de la máquina y la razón de esto es para facilitar el transporte del barniz.
2	Bomba de diafragma	El propósito de esta parte es bombear y retornar el barniz a través del sistema. Se encuentra ubicada encima del contenedor de barniz y la razón de esto es para facilitar el bombeo y el retorno del barniz.
3	Tubería de bombeo 1	El propósito de esta parte es conectar el contenedor de barniz con la bomba de diafragma, su ubicación permite bombear el barniz de un lugar a otro.
4	Tubería de bombeo 2	El propósito de esta parte es conectar la bomba de diafragma con el depósito de la máquina Roland 200, su ubicación permite bombear el barniz de un lugar a otro.
5	Tubería de retorno 1	El propósito de esta parte es conectar el contenedor de barniz con la bomba de diafragma, su ubicación permite que el barniz retorne hacia el contenedor.
6	Tubería de retorno 2	El propósito de esta parte es conectar la bomba de diafragma con el depósito de la máquina Roland 200, su ubicación permite bombear el barniz de un lugar a otro.

6.1. Descripción de metodología

El problema principal que se trató es la falta de un sistema de bombeo de barniz que permitiera aumentar el nivel de producción de la empresa Mayaprin, es por eso, que para solucionar este problema se visitó en varias ocasiones la planta de producción en donde se platicó con los diferentes encargados de producción para tener una mejor idea de las necesidades y requerimientos del sistema. Luego se dialogó con los diferentes operarios de la planta, para así obtener una perspectiva diferente que permitió tomar en cuenta los aspectos para la realización del diseño. En estas visitas también se midió el espacio en donde se encuentra el sistema, esto con el fin de tener una noción del espacio disponible. Se calculó los diferentes parámetros de diseño, por lo cual se dimensionó y seleccionó la bomba que cumple con los requerimientos necesarios del sistema, por último, se diseñó el sistema de tuberías que permite conectar los depósitos de barniz con las máquinas barnizadoras Roland 200. Por último, una vez probada la máquina y garantizado el correcto funcionamiento de esta, se procedió a la elaboración de un manual de mantenimiento.

6.2. Identificación de necesidades

Luego de realizar las visitas a la planta de producción se obtuvo que se necesita un sistema de tuberías que sea capaz de conectar los depósitos de barniz UV con la máquinas barnizadoras Roland 200, una bomba que sea capaz de bombear y retorna el barniz a un contenedor. También se obtuvieron diferentes medidas que permitieron conocer la distancia aproximada entre el contenedor de barniz y la máquina barnizadora. Por último, se necesita que dicho sistema sea automatizado ya que esto permitirá aumentar la producción y disminuir la cantidad de trabajo a los que son sometidos los operarios.

6.3. Requisitos del proyecto

Los requisitos se muestran a continuación.

Cuadro 2: Requisitos del proyecto

Código	Requisito
SB001	El sistema completo debe de ser desmontable, para así facilitar su mantenimiento.
SB002	Se debe de mantener el barniz en circulación para facilitar la limpieza del sistema.
SB003	El sistema debe de mantener un flujo no menor a $2.3809 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$
SB004	El sistema debe de mantener el nivel y circulación del barniz.
BM001	La bomba debe de ser capaz de trabajar con fluidos viscosos
TB001	El sistema de tuberías debe de tener la menor cantidad de contaminantes.
SE001	Se deben cumplir las normas de seguridad para que los operarios puedan trabajar en un ambiente seguro.

6.4. Cálculos

En el Cuadro 3 se observan los datos obtenidos en las visitas realizadas a Mayaprin. Las propiedades del fluido de trabajo se muestran en el Cuadro 4, estas propiedades fueron dadas por el distribuidor de barniz UV 6367 NB y están tomadas a 25 °C.

Cuadro 3: Datos obtenidos en visitas

Propiedad	Datos	Dimensionales
Caudal del barniz necesario	2.38095×10^{-6}	$\frac{m^3}{s}$
Altura del suelo a recipiente de barniz de la máquina Roland 200.	1.3	Metros
Largo de tubería de contenedor de barniz hacia recipiente de barniz de la máquina Roland 200	7.115	Metros
Diámetro nominal de tubería para transporte de barniz.	0.75	Pulgadas
Altura de contenedor de barniz a recipiente de barniz de máquina Roland 200.	0.019	Metros

Cuadro 4: Propiedades del barniz

Propiedad	Datos	Dimensional
Viscosidad	2.7	$\frac{kg}{ms}$
Tiempo de curado	15	$\frac{m}{min}$
Densidad	1,200	$\frac{kg}{m^3}$

Con esto se procedió a calcular el área de la tubería y el caudal que llevará el fluido dentro de la tubería, para esto se utilizaron las diferentes expresiones.

$$A = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{\pi(0.0019 \text{ m})^2}{4} = 0.000283 \text{ m}^2 \quad (6)$$

Sabiendo que la ecuación de caudal es la siguiente,

$$\dot{Q} = VA \quad (7)$$

Despejando para velocidad, se obtuvo lo siguiente.

$$V = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{2.38 \times 10^{-6} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{0.00283 \text{ m}^2} = 0.0083 \frac{\text{m}}{\text{s}} \quad (8)$$

Se calculó el número de Reynolds, el cual permite conocer el tipo de fluido con el que se está trabajando.

$$Re = \frac{\rho V d}{\mu} = \frac{(1,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(0.0083 \frac{\text{m}}{\text{s}})(0.0019 \text{ m})}{2.7 \frac{\text{kg}}{\text{ms}}} = 0.0709 \quad (9)$$

Por lo tanto, se concluye a que se tiene un flujo laminar, debido a que el número de Reynolds es menor a 2000. Sabiendo que se tiene un flujo laminar se procedió a calcular el factor de fricción. Esto se realizó con las expresiones que se muestran a continuación.

$$f = \frac{64}{Re} = \frac{64}{0.0709} = 902 \quad (10)$$

Luego las pérdidas de carga generadas por el fluido, se calcularon de la siguiente manera. Todos estos resultados se muestran en la siguiente Cuadro [5](#)

$$h = f \frac{L}{D} \frac{\rho V^2}{2} = (902) \frac{7.115 \text{ m}}{0.0019 \text{ m}} \frac{(1,200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3})(0.0083 \frac{\text{m}}{\text{s}})^2}{2} = 1.21 \text{ metros} \quad (11)$$

Cuadro 5: Datos calculados

Propiedades	Datos	Dimensionales
Diámetro nominal	0.75	Pulgadas
Diámetro interior	0.019	Metros
Largo de tubería	7.115	Metros
Caudal	2.38095×10^{-6}	$\frac{m^3}{s}$
Área	0.000283	m^2
Velocidad	0.0083	$\frac{m}{s}$
Reynolds	0.0709	
Factor de fricción	902	
Pérdidas de carga	1.21	Metros

Luego de esto, se utilizó la ecuación de energía para calcular la carga necesaria que la bomba debe de levantar para que el flujo se transporte por la tubería sin ningún problema. Para esto, se utilizó la siguiente expresión.

$$\frac{P_1}{\rho g} + \frac{\alpha_1 v_1^2}{2g} + z_1 + h_{bomba} = \frac{P_2}{\rho g} + \frac{\alpha_2 v_2^2}{2g} + z_2 + h_{turbina} + h_L \quad (12)$$

Se consideraron varios aspectos al momento de utilizar esta ecuación, estos aspectos se mencionan a continuación.

- $P_1 = P_2 = 0$, debido a que todo el sistema se encuentra a la misma presión (1 atm).
- $v_1 = 0.00332 \frac{m}{s}$, $v_2 = 0$, debido a que no se tiene ninguna velocidad en el recipiente.
- $z_1 = 0$ metros, $z_2 = 1.3$ metros debido a que el contenedor de barniz se encuentra en el suelo.
- $h_{turbina} = 0$, debido a que el sistema no posee una turbina.

- $\alpha_1 = \alpha_2 =$ factores de corrección cinética = 2, para flujos laminares totalmente desarrollados (Mott, 2006)
- $h_{menores}$ = pérdidas ocasionadas por tuberías y accesorios.

Tomando esto en cuenta, se obtuvo la siguiente expresión.

$$h_{bomba} = z_2 + h_{men} + \frac{(\alpha_1)V^2}{2g} = 1.6 m + 6.46 \times 10^{-6} m + \frac{(2)(0.083 \frac{m}{s})^2}{2(9.81) \frac{m}{s^2}} = 3.16 \text{ metros} \quad (13)$$

Para calcular las pérdidas menores se utilizó la siguiente expresión.

$$h_{menores} = 2k_1\left(\frac{v}{2g}\right) = 2(0.9)\left(\frac{0.083 \frac{m}{s}}{2(9.81) \frac{m}{s^2}}\right) = 6.46 \times 10^{-6} \text{ metros} \quad (14)$$

En donde, k_l = coeficiente de pérdida = 0.9, para codos a 90°. Debe de mencionarse que el diseño que se está analizando posee 2 codos a 90°, es por ello por lo que se agregó un 2 en la expresión mostrada anteriormente, para así calcular las pérdidas ocasionadas por todos los codos. (Mott, 2006)

Por último, se calculó la potencia de la bomba, para esto se utilizó la siguiente expresión.

$$\dot{w}_{bomba} = \dot{Q}gh_l = (2.38 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s})(9.81 \frac{m}{s^2})(3.16m) = 0.070 \text{ kW} = 0.094 \text{ HP}. \quad (15)$$

Se realizó el mismo procedimiento, pero variando el diámetro en $\frac{1}{2}$ y 1 pulgada, para así seleccionar el mejor diámetro.

Cuadro 6: Datos calculados con un diámetro de $\frac{1}{2}$ pulgada

Propiedades	Datos	Dimensionales
Diámetro nominal	0.5	Pulgada
Diámetro interior	0.0125	Metros
Largo de tubería	7.115	Metros
Caudal	2.3809×10^{-6}	$\frac{m^3}{s}$
Área	0.000122	m^2
Velocidad	0.0194	$\frac{m}{s}$
Reynolds	0.107	
Factor de fricción	594	
Pérdidas de carga	6.4842	Metros
Potencia requerida	0.293	HP

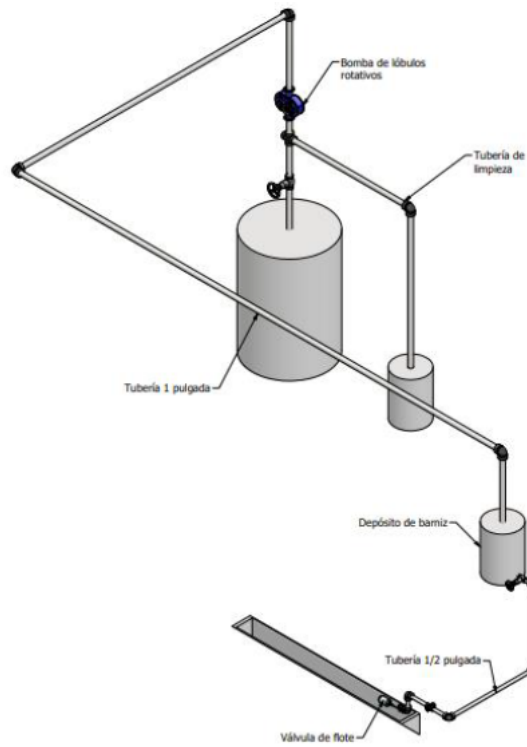
Cuadro 7: Datos calculados con un diámetro de 1 pulgada

Propiedades	Datos	Dimensionales
Diámetro nominal	1	Pulgada
Diámetro interior	0.0250	Metros
Largo de tubería	7.115	Metros
Caudal	2.3809×10^{-6}	$\frac{m^3}{s}$
Área	0.000490	m^2
Velocidad	0.00485	$\frac{m}{s}$
Reynolds	0.0538	
Factor de fricción	1187	
Pérdidas de carga	0.405	Metros
Potencia requerida	0.0642	HP

6.5. Diseño

Como parte del proceso de diseño en la Figura 2 se puede observar el diseño inicial presentado a la empresa Mayaprin. En el Cuadro 8 se describe cada una de las partes y su función. Gracias al electronivel y la válvula de flote el sistema era capaz de funcionar de forma automatizada, los operarios únicamente iban a encender el sistema y dejar que cada una de las partes hiciera su trabajo, pero luego de una serie de reuniones y cambios solicitados por Mayaprin se obtuvo el resultado final el cual puede observarse en la Figura 1. Además, cada una de las parte se describe en el Cuadro 1.

Figura 2: Diseño inicial

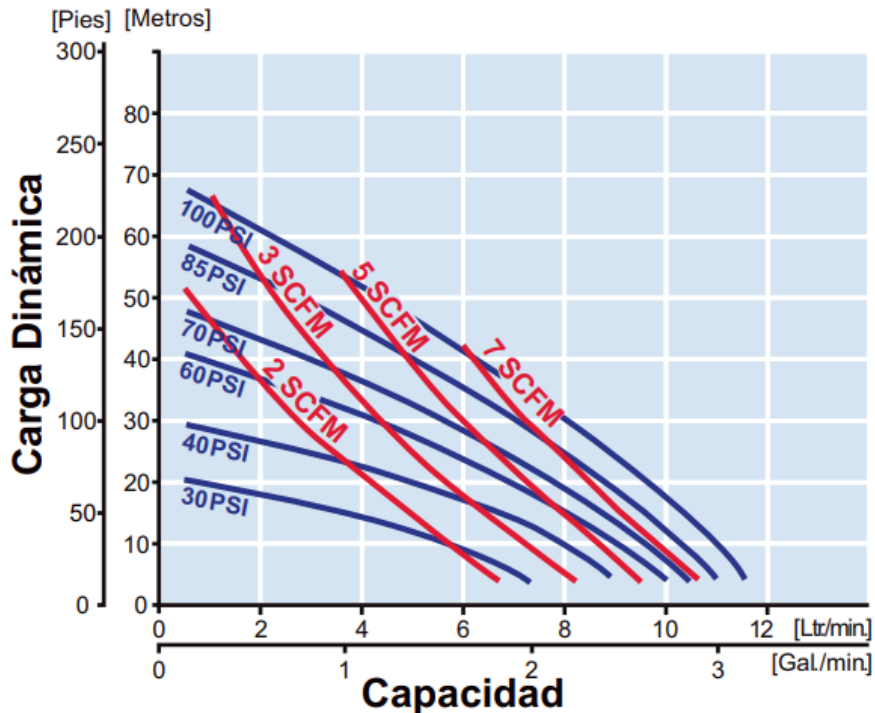


Captura de pantalla de Autodesk reimprimada por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 8: Partes y propósito de diseño inicial

Parte	Propósito
Bomba de lóbulos rotativos	El propósito de esta parte era bombear el barniz por todo el sistema de tuberías.
Tubería de acero inoxidable 1 pulgada	El propósito de esta parte era transportar el barniz desde el tonel principal hasta un deposito secundario de barniz.
Deposito secundario de barniz	El propósito de esta parte era almacenar el barniz transportado por la tubería 1 pulgada.
Electronivel	El propósito de esta parte era activar y desactivar la bomba cuando el nivel de barniz del depósito secundario fuera muy alto o muy bajo
Tubería de acero inoxidable de $\frac{1}{2}$ pulgada	El propósito de esta parte era transportar el fluido desde el depósito secundario hasta el recipiente de barniz de la máquina Roland 200.
Válvula de flote	El propósito de esta parte era regular el nivel de barniz dentro del recipiente de la máquina Roland 200.
Válvula de globo	El propósito de esta parte era permitir que los operarios regularan el flujo del barniz por las tuberías.
Tubería de limpieza	El propósito de esta parte era hacer fluir la solución de limpieza por todo el sistema de tuberías

Figura 4: Curva de operación de la bomba



Fuente: Yamada

Sabiendo que "los filtros reguladores de aire ayudan a eliminar partículas de polvo en el aire comprimido, y al mismo tiempo puede ser coalescente para condensar agua en fase líquida. También se utilizan como reguladores de presión, ya que, posibilita la reducción de presión entrante del aire a los valores requeridos por el equipo que lo usa". (Ronix, s.f.). y que las válvulas de corte son capaces de restringir el fluido aumentando la seguridad de los equipos, se decidió agregar un filtro regulador de aire para proteger y regular la presión del aire que entra a la bomba y agregar una válvula de corte como dispositivo de seguridad para detener el funcionamiento del sistema en caso de algún problema, como fugas de barniz, rebalse de barniz en el recipiente de la máquina Roland 200, etc.

6.6. Plan de fabricación

En el Cuadro 9 se presenta la lista de materiales con posible proveedores. Mayaprin fue la encargada de realizar las cotizaciones y compra de materiales. Además, el departamento de mantenimiento de Mayaprin corto y ensambló una conexión Tipo T en la tubería de aire, para poder suministrarle aire a la bomba de diafragma. Deben de cortarse las mangueras de acuerdo con las medidas mostradas en el Cuadro 10.

Cuadro 9: Listado de materiales

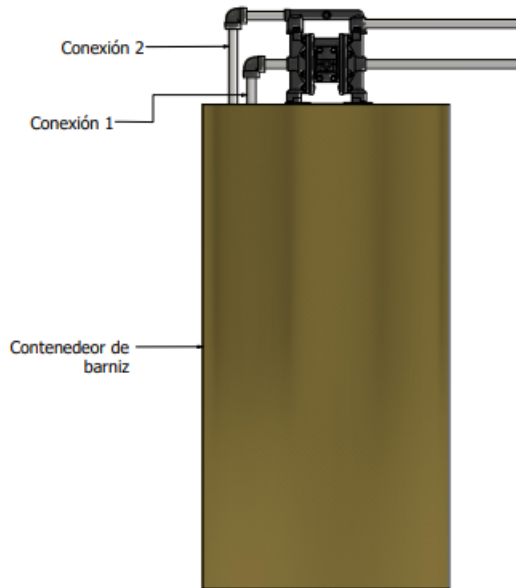
Cantidad	Equipo	Proveedor recomendado
9	Metros de manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada	Mangueras industriales
4	Codos a 90° para mangueras de $\frac{3}{4}$ pulgadas	
4	Metros de manguera para aire comprimido de $\frac{1}{2}$ pulgada	
1	Bomba neumática de doble diafragma	Compress S.A.
1	Conexión roscada de 1 pulgada para manguera neumática de $\frac{1}{2}$ pulgada	
6	Fitting macho para manguera de $\frac{3}{4}$ pulgada	
10	Agarraderas para mangueras industriales de $\frac{3}{4}$ de pulgada	
1	Filtro regulador de línea rosca $\frac{3}{8}$	Compress S.A.
1	Válvula de corte $\frac{3}{2}$	Compress S.A.

Cuadro 10: Medidas de mangueras

Nombre	Medida
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para bombeo de barniz 1	1.30 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para bombeo de barniz 2	1.150 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para retorno de barniz	1.420 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para retorno de barniz 2	2.950 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-1	0.10 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-2	0.50 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-3	0.150 metros
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-3	0.150 metros

Dos codos a 90° para manguera de $\frac{3}{4}$ pulgadas deben de conectarse con la manguera del mismo diámetro para conectar las mangueras de bombeo y retorno con el contenedor de barniz, como se muestra a continuación.

Figura 5: Conexiones principales



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

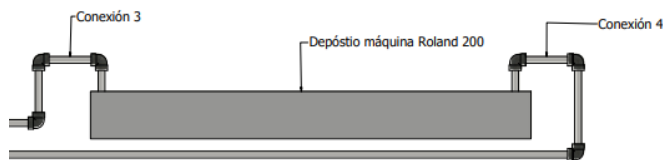
En donde,

Cuadro 11: Conexiones de mangueras

Conexión	Mangueras
Conexión 1	Manguera de bombeo de barniz 1 y manguera extra-1
Conexión 2	Manguera de retorno de barniz 1 y manguera extra-2

Los dos codos a 90° para manguera de $\frac{3}{4}$ permitirán conectar las mangueras de bombeo y retorno 2 con el depósito de la máquina Roland 200 como se muestra a continuación.

Figura 6: Conexiones secundarias



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

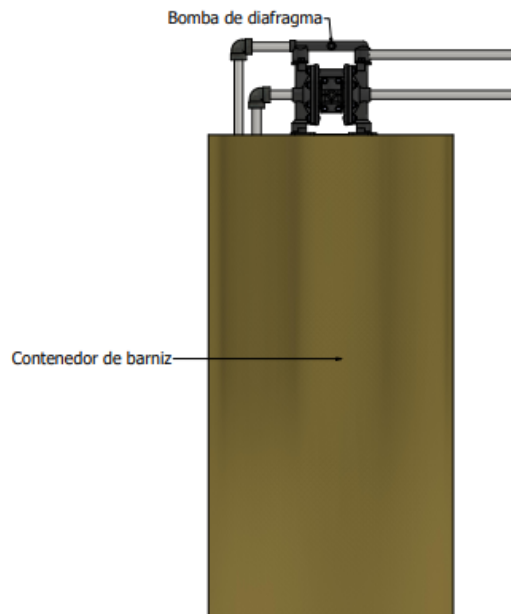
En donde,

Cuadro 12: Conexiones de mangueras 2

Conexión	Mangueras
Conexión 3	Manguera de bombeo de barniz 2 y manguera extra-3
Conexión 4	Manguera de retorno de barniz 1 y manguera extra-4

Debe de colocarse la bomba de diafragma encima de un contenedor de barniz, como se muestra a continuación, es importante mencionar que la posición del contenedor junto con la bomba será a la par de la máquina Roland 200 y debajo de la tubería de aire.

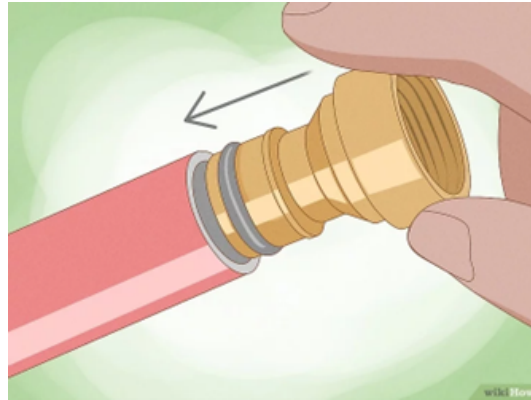
Figura 7: Conexión manguera y bomba de diafragma



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

En el extremo de la manguera de bombeo y retorno de barniz, que va conectada con la bomba debe de colocarse un *fitting*, esto se hace empujando con firmeza hasta que la manguera quede completamente asentada contra el borde del accesorio, como se muestra a continuación.

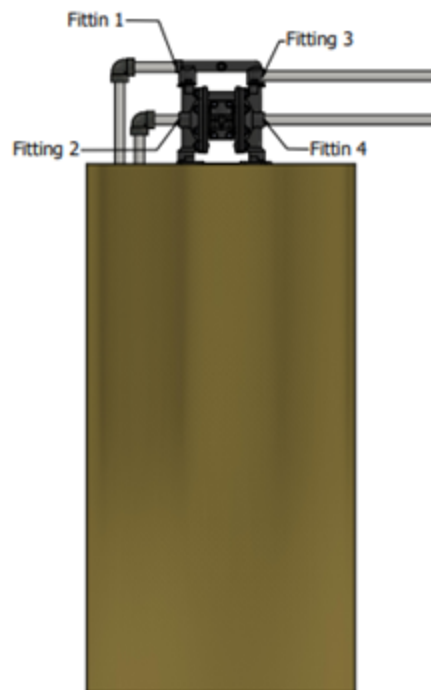
Figura 8: Ensamblajes de *fitting*



Fuente: Wikihow.

El otro extremo del *fitting* debe de conectarse con la bomba de diafragma como se muestra a continuación.

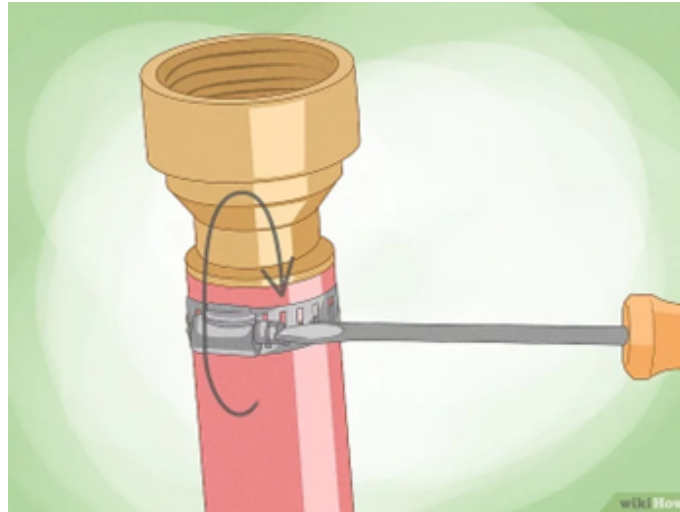
Figura 9: Conexión de *fitting*



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Luego utilizando las agarraderas para mangueras industriales de $\frac{3}{4}$ de pulgadas debe de apretarse cada una de las conexiones realizadas anteriormente, para esto se debe girar hasta ajustar el accesorio con la manguera, dependiendo del tipo de agarradera puede ser necesario utilizar un destornillador para para asegurar el accesorio, como se muestra a continuación.

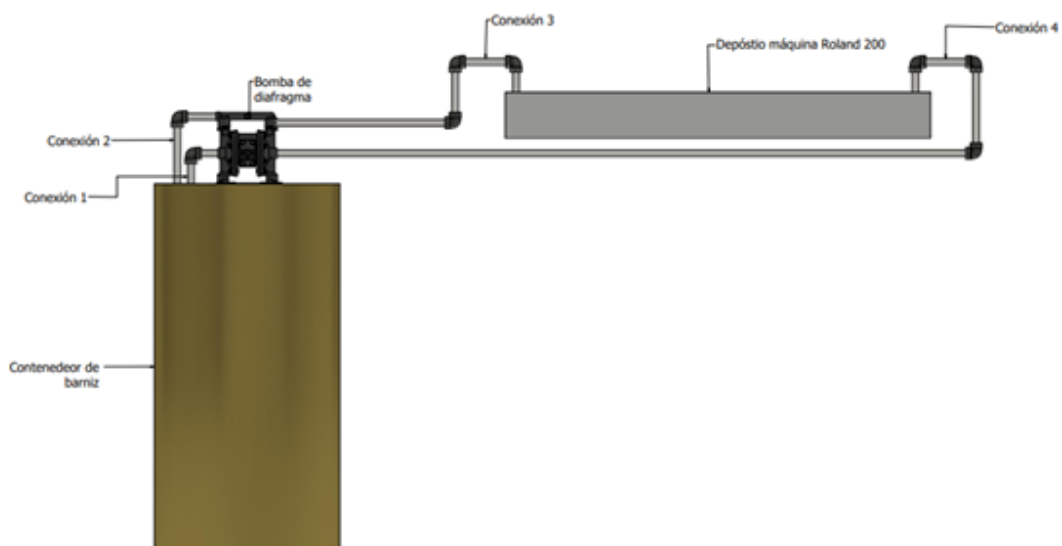
Figura 10: Ensamble de agarraderas



Fuente: Wikiphow.

El sistema completamente instalado debe de verse de la siguiente manera.

Figura 11: Sistema completamente instalado



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

6.7. Procesamiento de resultados

Antes de realizar cualquier prueba y de encender el sistema se realizó una inspección visual, para asegurarse de que todas las partes del sistema de bombeo estén conectadas, para esto debe de llenar el Cuadro [16](#)

Luego de asegurarse que todas las partes del equipo estén conectadas, se realizó la primera prueba de funcionamiento. La prueba consiste en poner a funcionar el sistema en condiciones de trabajo durante menos de 1 minuto, esto se realizó para asegurarse que el sistema funciona correctamente y ayudó a que el sistema no esté sometido a grandes esfuerzos, además, se aseguro que las conexiones estén realizadas correctamente. Esto se realizó utilizando los Cuadros [17](#), [18](#), [19](#), [20](#).

La segunda prueba consistió en hacer funcionar el sistema durante 5 minutos, se utilizó para asegurarse que el equipo esté funcionando correctamente, y utilizando el contador de la máquina Roland 200 se observó cuantos pliegos de papel han sido barnizados, esto se anoto en el Cuadro [21](#).

La prueba 3 consistió en realizar el mismo procedimiento, pero aumentando el tiempo en 60 minutos, se utilizaron los Cuadros [17](#), [18](#), [19](#), [20](#) para asegurarse que el sistema este funcionando correctamente y Cuadro [22](#) para poder tener un registro de cuantos pliegos de papel fueron barnizados durante el tiempo indicado.

Por último, para poder comparar resultados se le pedirá a Mayaprin el valor de pliegos barnizados sin utilizar el sistema, si ellos no tienen este dato se deberá de realizar esta prueba antes de que el sistema sea instalado. Con los datos obtenidos se deberá de llenar el Cuadro [23](#)

Cuadro 13: Requisitos del proyecto cumplidos

Código	Requisito	¿Se cumplió?
SB001	El sistema completo debe de ser desmontable, para así facilitar su mantenimiento.	Sí
SB002	Se debe de mantener el barniz en circulación para facilitar la limpieza del sistema.	Sí
SB003	El sistema debe de mantener un flujo no menor a $2.3809 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$	Sí
SB004	El sistema debe de mantener el nivel y circulación del barniz.	Sí
BM001	La bomba debe de ser capaz de trabajar con fluidos viscosos	Sí
TB001	El sistema de tuberías debe de tener la menor cantidad de contaminantes, como corrosión, en las tuberías	Sí
SE001	Se deben de cumplir las normas de seguridad para que los operarios puedan trabajar en un ambiente seguro..	Sí

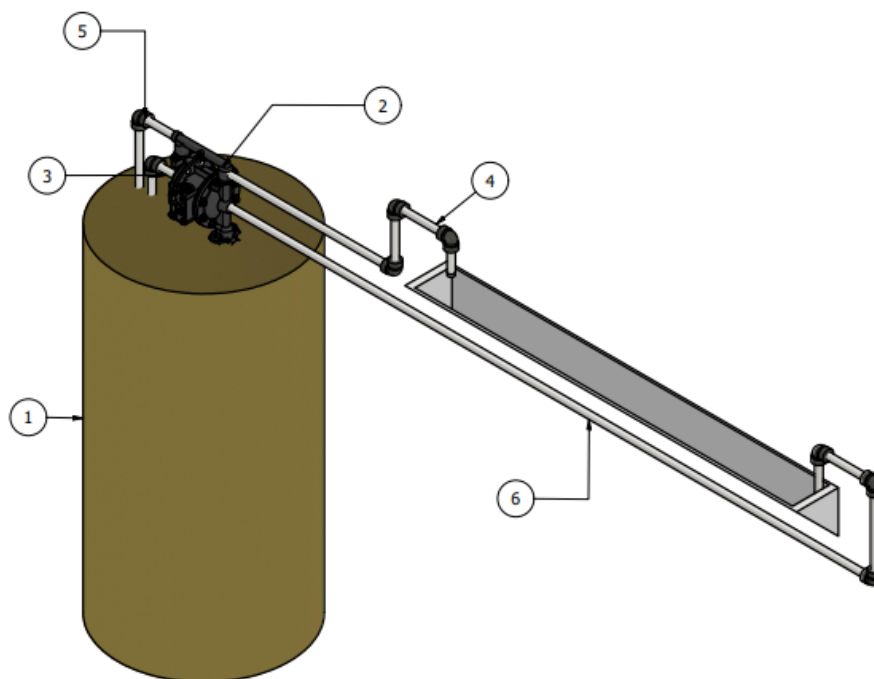
Cuadro 14: Datos obtenidos en visitas

Propiedad	Datos	Dimensionales
Caudal del barniz necesario	2.38095×10^{-6}	$\frac{m^3}{s}$
Altura del suelo al recipiente de barniz de la máquina Roland 200.	1.3	Metros
Largo de tubería de contenedor de barniz hacia recipiente de barniz de la máquina Roland 200.	7.115	Metros
Diámetro nominal de tubería para transporte de barniz.	0.75	Pulgadas
Altura de contenedor de barniz a recipiente de barniz de la máquina Roland 200.	0.019	Metros

Cuadro 15: Propiedades del barniz

Propiedad	Datos	Dimensional
Viscosidad	2.7	$\frac{kg}{ms}$
Tiempo de curado	15	$\frac{m}{min}$
Densidad	1,200	$\frac{kg}{m^3}$
Gravedad	9.81	$\frac{kg}{s^2}$
Temperatura	25	°C

Figura 12: Sistema de bombeo de barniz



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

Cuadro 17: Prueba de funcionamiento bomba

Equipo	¿Funcionó correctamente?
Bomba de doble diafragma	Sí
¿Se observó fuga de aceite?	No
¿Se observó goteo de aceite?	No
¿Se aflojaron las conexiones?	No
¿Se suministró el barniz?	Sí
¿Se reguló la presión utilizando la válvula reguladora?	Sí
¿Se observó alguna pérdida de presión?	No
¿Se obtuvo algún otro problema?	No

Cuadro 18: Prueba de funcionamiento tubería de suministro de aire

Equipo	¿Funcionó correctamente?
Tubería de suministro de aire	Sí
¿Se escuchó alguna fuga de aire?	No
¿Se reguló la presión utilizando la válvula reguladora?	Sí
¿Se aflojaron las conexiones?	No
¿Se suministró el aire necesario?	Sí
¿Se reguló la presión utilizando la válvula reguladora?	Sí
¿Se observó alguna pérdida de presión?	No
¿Se obtuvo algún otro problema?	No

Cuadro 19: Prueba de funcionamiento tubería de bombeo de barniz

Equipo	¿Funcionó correctamente?
Tubería de bombeo de barniz	Sí
¿Se observó alguna fuga de barniz?	No
¿Se observó algún goteo de barniz?	No
¿Se aflojaron las conexiones?	No
¿Se suministró el barniz hacia el deposito de este?	Sí
¿Se obtuvo una constante circulación de barniz?	Sí

Cuadro 20: Prueba de funcionamiento tubería de retorno de barniz

Equipo	¿Funcionó correctamente?
Tubería de retorno de barniz	Sí
¿Se observó alguna fuga de barniz?	No
¿Se observó algún goteo de barniz?	No
¿Se aflojaron las conexiones?	No
¿Se retornó el barniz hacia el deposito de este?	Sí
¿Se obtuvo una constante circulación de barniz?	Sí

Cuadro 21: Prueba de pliegos barnizados

Tiempo	Pliegos barnizados	Observaciones
5 minutos	85 pliegos	La cantidad de pliegos depende del tamaño del pliego de barniz, mientras más pequeño el pliego más se barnizan y viceversa.

Cuadro 22: Prueba de pliegos barnizados en 60 minutos

Tiempo	Pliegos barnizados	Observaciones
60 minutos	1268 pliegos	Se redujo la cantidad de trabajo de los operarios y se mejoró la calidad del barnizado de los pliegos.

Cuadro 23: Pruebas de pliegos barnizados sin utilizar sistema de bombeo

Tiempo	Pliegos barnizados	Aplicaciones de barniz por operario	Observaciones
60 minutos	1,019 pliegos	7 aplicaciones	La cantidad de pliegos barnizados depende del tamaño de este.

Figura 14: Ensamble de mangueras y bomba



Figura 15: Sistema ensamblado en el taller de mantenimiento



Figura 16: Sistema ensamblado en el área de trabajo



Figura 17: Sistema en funcionamiento



Análisis de resultados o discusión

El objetivo principal de este trabajo fue diseñar y elaborar un sistema de bombeo que mantenga un suministro constante de barniz para la operación de las máquinas barnizadoras Roland 200, para cumplirlo se realizaron diferentes reuniones y visitas a la planta de la empresa Mayaprin en donde se encontró la necesidad de diseñar un sistema de bombeo que permita aumentar el nivel de producción de dicha empresa, además, se obtuvieron diferentes medidas las cuales se pueden observar en el Cuadro [14](#). Dichas medidas fueron de suma importancia, ya que posteriormente se utilizaron para dimensionar el sistema. Además, contactando al proveedor de barniz se obtuvieron las propiedades de este, las cuales se pueden observar en el Cuadro [15](#).

Con el sistema dimensionado y luego de una serie de bosquejos se obtuvo un diseño final, dicho diseño puede observarse en la Figura [12](#). En la Figura [13](#), se observa el modelo Serie NPD-5 de la marca Yamada, dicho modelo cuenta con un *mainfold* dividido, cuerpo de polipropileno y diafragma de teflón, siendo capaz de funcionar con fluidos de alta viscosidad como lo es el barniz. La selección de esta bomba, fue correcta, ya que se obtuvo un puerto de entrada y salida, permitiendo así, que el barniz se mantuviera en circulación. Además, no se obtuvo ningún problemas con las altas viscosidades que presenta el barniz UV. También se observó que la selección de los filtros reguladores de aire fue la adecuada, ya que, ayudaron a eliminar partículas de polvo en el aire comprimido, así mismo se utilizaron como reguladores de presión, permitieron reducir la presión entrante del aire a los valores requeridos por la bomba. Las válvulas de corte fueron capaces de restringir el fluido aumentando la seguridad de los equipos, por lo que, su selección fue la adecuada.

La selección de mangueras industriales como medio de transporte del barniz fue correcta, ya que se transportó el barniz desde el contenedor hasta el recipiente de barniz de la máquina Roland 200 como se muestra en la Figura [12](#). Además, debido a su flexibilidad fue fácil de manipularlas durante su instalación en la planta de producción. El diámetro de la manguera seleccionado fue el óptimo, ya que, el barniz UV no presentó ningún problema al momento

de fluir dentro de las mangueras. Seleccionando cada uno de los componentes del sistema de bombeo, se cumplió con el objetivo de plantear un sistema de bombeo que provea el flujo necesario de barniz. Además, como se mencionó anteriormente, el sistema cuenta con una tubería de bombeo y retorno, permitiendo un flujo constante del mismo. Y evitando así problemas de secado al quedarse parado mucho tiempo en cualquier parte de la tubería.

Luego se procedió a realizar una serie de pruebas, los resultados de la primera prueba pueden observarse en el Cuadro 16, realizar esta prueba fue útil, con ella se comprobó que todas las conexiones se realizaran de la mejor manera, ayudando a evitar accidentes al momento de poner a funcionar el sistema. La siguiente prueba consistió en poner a funcionar el sistema durante menos de un minuto y se realizó con la finalidad de no someter el sistema a demasiado estrés. Los resultados se muestran de el Cuadro 17 a el Cuadro 20. En la Figura 4 se observa la cantidad de aire suministrado que se menciona en el Cuadro 18. La selección de dicho valor se realizó de manera correcta, se observó que la bomba fue capaz de suministrar el barniz necesario por todo el sistema. Debe de mencionarse que el sistema puede trabajar con valores más altos de presión, pero esto ocasionará problemas en un futuro, ya que, el sistema estará sometido a un mayor esfuerzo. Si se suministra una menor cantidad de aire al sistema, este no será capaz de transportar el barniz de un punto a otro. Y de igual manera se obtendrán problemas en un futuro.

En los Cuadros 21 y 22 se observan los resultados luego de poner a funcionar el sistema durante cinco y sesenta minutos respectivamente, se observó que la cantidad de pliegos barnizados dependerá del tamaño del pliego que se desee barnizar. En el Cuadro 23 se observa la cantidad de pliegos y las veces que se aplicó barniz manualmente durante 60 minutos. Cumpliendo así con el objetivo de ensamblar y verificar que el sistema este funcionando de la manera correspondiente como se muestra en las Figuras 14, 15, 16 y 17. El aumento de pliegos barnizados por hora se debe a que al nivel de barniz del deposito de la máquina Roland 200 se mantuvo constante, evitando que los operarios detuvieran producción por olvidar aplicar el barniz necesario para los pliegos. Además, al mantener el mismo nivel de barniz en el deposito se aseguró la calidad de barnizado de los pliegos, ya que, a todos los pliegos se les aplicó la cantidad de barniz adecuado y se observó una reducción de trabajo de los operarios, ya que pueden centrarse en otras partes de la máquina Roland 200 sin preocuparse por estar aplicando el barniz cada cierto tiempo. Otro factor que puede aumentar la cantidad de pliegos barnizados es aumentar la velocidad de funcionamiento de la máquina Roland 200, pero para esto se deben de realizar pruebas en la capacidad de secado de barniz y agregarse una extensión que le permita al operario recibir más pliegos barnizados, ya que, con la que se cuenta actualmente es muy corta y puede casuar algún incendio debido a la acumulación de pliegos barnizados debajo de las lámparas UV. También se observó que utilizar el sistema de bombeo de barniz reduce la cantidad consumida del mismo, debido a que, al mantener el barniz dentro de un tonel evita que este mismo se desperdicie o se tengan pérdidas al momento de transportarlo manualmente de un recipiente a otro.

En el Cuadro 13 se observan todos los requisitos cumplidos, el requisito SB001 se cumplió debido a que el sistema de bombeo se puede desmontar fácilmente, además, por el tamaño de este no se obtuvo ningún problema para movilizarlo, lo que facilitará realizar un buen mantenimiento preventivo y será fácil cambiarlo de ubicación si se desea. Se cumplió con el requisito SB002, por que se mantiene una circulación constante de barniz. Como se mencionó anteriormente el sistema posee un tubería de bombeo y retorno de barniz, ambas tuberías

permiten mantener el barniz en un flujo constante, evitando que este se seque en alguna parte del sistema y facilitando la limpieza de este. La Figura 4 indica que la bomba es capaz de funcionar con un flujo volumétrico de hasta $2.30 \times 10^{-6} \frac{L}{s}$, por lo que, se cumplió con el requisito SB003. El hecho de que el barniz llegue hasta el recipiente de la máquina Roland 200 y que este mismo sea retornada hacia el tonel permite mantener un nivel de barniz constante y manteniendo el mismo en circulación, por lo que se cumplió el requisito SB004. La bomba de doble diafragma es capaz de trabajar con fluidos viscosos, por lo que, no se tuvo ningún problema con el requisito BM001, como se mencionó anteriormente, utilizar mangueras industriales permite tener un flexibilidad en las tuberías, además, al ser elaborados de diferentes polímeros se tendrá un nivel casi nulo de corrosión y de distintas sustancias que puedan contaminar el barniz, por lo que se cumplió con el requisito TB001. Por último, el requisito SE001 se cumplió, ya que el sistema cuenta con una válvula de corte que permite cortar el flujo de barniz el caso de alguna emergencia. Además, la ubicación en donde se encuentra el sistema no afecta la movilidad de los operarios, evitando cualquier accidente.

No se cumplió con el objetivo de diseñar un sistema de monitoreo del nivel de barniz para un bombeo automatizado. Por instrucciones del jefe de mantenimiento no se pudo agregar ningún dispositivo que permitiera monitorear el nivel de barniz para realizar el bombeo de forma automatizada. Se diseñó un sistema capaz de mantener el nivel de barniz en el recipiente de la máquina Roland, pero no de forma automatizada, los operarios siempre deben de regular la presión de trabajo de la bomba.

1. Con el sistema en funcionamiento se barnizaron 1268 pliegos sin la necesidad de aplicar barniz de forma manual. Cumpliendo así con el objetivo principal de diseñar y elaborar con éxito un sistema de bombeo que mantenga un suministro constante de barniz para la operación de las máquinas barnizadoras Roland 200.
2. Fue posible determinar la cantidad de barniz que se debe de suministrar para que las máquinas operen continuamente. Se determinó que el flujo adecuado es de $2.38095 \times 10^{-6} \frac{m^3}{s}$.
3. Luego de una serie de reuniones y cambios de diseño se obtuvo el diseño final del sistema de bombeo de barniz que se muestra en la Figura 12. Logrando así el objetivo de plantear un sistema de bombeo que provea el flujo necesario de barniz.
4. A pesar de diseñar y plantear un sistema de monitoreo del nivel de barniz para un bombeo automatizado como se muestra en la Figura 2, no fue posible implementarlo por instrucciones del jefe de mantenimiento de Mayaprin.
5. Se ensambló el sistema en el área de trabajo como se observa en la Figura 16, se puso a funcionar como se observa en la Figura 17 y no se obtuvo ningún problema de funcionamiento. Cumpliendo así con el objetivo de ensamblar y verificar que el sistema de bombeo esté funcionando de la manera correspondiente.
6. La elaboración de un manual de operación y mantenimiento ayudó a entender el uso y cuidado del sistema de bombeo a los operarios, de esta forma, se podrá prolongar la vida útil del sistema.
7. Finalmente, con el manual de fabricación la empresa Mayaprin tendrá los conceptos necesarios para implementar el sistema de bombeo en las otras máquinas Roland 200.

CAPÍTULO 10

Recomendaciones

1. Realizar pruebas aumentando de forma gradual la velocidad de barnizado, esto permitirá aumentar el número de pliegos barnizados.
2. Realizar pruebas con lámparas UV de distintos tamaños y capacidad, esto permitirá disminuir el tiempo de secado y aumentará el número de pliegos barnizados.
3. Plantear una estructura en donde puedan caer los pliegos luego de ser barnizados y de haber pasado por las lámparas UV, para evitar una acumulación de estos cerca de las lámparas UV.

- Alkhimenko, A. A., Shaposhnikov, N. O., Kharkov, A. A., Strekalovskaya, D. A., Alekseeva, E. L., Kovalev, M. A. & Shishkova, M. L. (2021). Corrosion resistance of steel structures in marine conditions. *Magazine of Civil Engineering (2712-8172)*, 108(8), 1-10. <https://doi.org/10.34910/MCE.108.15>
- Böhme, T. & Hartwig, H. (2014). Adapting cavity pumps to meet new, unconventional challenges. *World Oil*, 235(4), 199-200. Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=95694692&lang=es&site=ehost-live>
- Bruno, R., Zabala, E. & Valencia, F. (2010). *Diseño de un Sistema de Bombeo para una planta de recolección y procesamiento de aceite usado para reciclaje o reutilización* (inf. téc.). Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL). <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/13523/1/Dise%c3%b1o%20de%20un%20Sistema%20de%20Bombeo%20para%20una%20Planta%20de%20Recolecci%c3%b3n%20y%20Procesamiento%20de%20Aceite%20Usado%20para%20Reciclaje%20o%20Reutilizaci%c3%b3n.pdf>
- Chilton, R. A. & Stainsby, R. (1998). Pressure loss equations for laminar and turbulent non-Newtonian pipe flow. *Journal of Hydraulic Engineering*, 124(5), 522. [https://doi.org/10.1061/\(ASCE\)0733-9429\(1998\)124:5\(522\)](https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1998)124:5(522))
- Domínguez, G. (2010). *Especificaciones de Sistema de Bombeo* (Tesis doctoral). Escuela Superior de Ingeniería Química e Industrias Extractivas. Ingeniería.
- Erdoğan, M. E. & Imrak, C. E. (2005). On the axial flow of an incompressible viscous fluid in a pipe with a porous boundary. *Acta Mechanica*, 178(3-4), 187-197. <https://doi.org/10.1007/s00707-005-0247-x>
- eskolor. (2021a). Technical Information Ultra Sheen UV-9296 UV Coating.
- eskolor. (2021b). UV GLOSS VARNISH 6367 NB.
- Flores Chimbo, W. L. (2015). Estudio del proceso de curado de barniz sobre papel y su incidencia en la productividad de la imprenta Offset Jesús del Gran Poder de la ciudad de Puyo. Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/10579>

- Goel, A. (2008). Design of stilling basin for circular pipe outlets. *Canadian Journal of Civil Engineering*, 35(12), 1365-1374. <https://doi.org/10.1139/L08-085>
- Gutiérrez Figue, F., Mena Serna, M. & García-Ubaque, C. A. (2020). Estado de corrosión en tuberías y accesorios metálicos expuestos al aire, basado en conjuntos difusos: Corrosion State in Metal Pipes and Fittings Exposed to Air Based on Fuzzy Sets. *Estado de corrosão em encanamentos e acessórios metálicos expostos ao ar, baseado em conjuntos difusos.*, 19(37), 227-238. <https://doi.org/10.22395/rium.v19n37a12>
- Koteleva, N., Valnev, V. & Frenkel, I. (2022). Investigation of the Effectiveness of an Augmented Reality and a Dynamic Simulation System Collaboration in Oil Pump Maintenance. *Applied Sciences (2076-3417)*, 12(1), 350. <https://doi.org/10.3390/app12010350>
- López, C. A. & Salazar, G. B. (2020). Methodology for the Planning and Control of the Execution of Preventive and Corrective Maintenance of Subtransmission Lines: Metodología para la Planificación y Control de la Ejecución de Mantenimientos Preventivos y Correctivos de Líneas de Subtransmisión. *Revista Técnica Energía*, 16(2), 135-147. Consultado el 25 de marzo de 2022, desde <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=141503834&authtype=cookie,custuid&custid=s4224794&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- López C., C. A. (2013). Análisis De Falla Por Corrosión Bajo Tensión En La Tubería De Un Intercambiador De Calor: STRESS CORROSION FAILURE ANALYSIS IN THE PIPE OF A HEAT EXCHANGER. *Revista Politécnica*, 9(17), 39-46. Consultado el 25 de marzo de 2022, desde <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=fua&AN=96305877&authtype=cookie,custuid&custid=s4224794&lang=es&site=ehost-live&scope=site>
- Mott, R. L. (2006). *Mecánica de Fluidos 6/e* [Google-Books-ID: LbMTKJ4eK4QC]. Pearson Educación.
- NIETZSCH. (s.f.). NETZSCH Multi Screw Pump. <http://www.componentes.com.gt/webcontrol/201510161407590.Bomba%20de%20Tornillos-Ing1%C3%A9s.pdf>
- Parisher, R. (s.f.). *Pipe Drafting and Design* (Second Edition) [original-date: 2000]. 2002. Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde https://web.s.ebscohost.com/ehost/ebookviewer/ebook?sid=cd73ce75-ccc0-4861-bb09-24c0bd6fffe3%40redis&ppid=pp_Cover&vid=0&format=EB
- Pegaforte. (2019). Barniz UV para litografía. https://www.gruposur.com/asistencia/asistente/virtual/patch_docs/ADH-022-V0-19.pdf
- Şcheaua, F. D. (2019). Fluid Flow within a Hydrostatic Lobe Pump. *Hidraulica*, (2), 36-42. Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=137199138&lang=es&site=ehost-live>
- the mark, H. (2018). Process Engineering, Consultado el 6 de noviembre de 2021, desde <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=aci&AN=129926091&lang=es&site=ehost-live>
- Tracton, A. (2007). *COATINGS MATERIALS AND SURFACE COATINGS* (Vol. 1). CRC Press. <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://courses.oilprocessing.net/data/documents/Coatings-Materials-Surface-Coatings.pdf>
- Vera, J. (2014). MANUAL BASICO DE LITOGRAFIA. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/http://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/107961/secme-12338_1.pdf?sequence=1

12.1. Manual de fabricación

Para realizar la fabricación del sistema de bombeo en alguna otra máquina barnizadora se debe de realizar el siguiente procedimiento. Los materiales a utilizar se muestra en el Cuadro 24, es importante mencionar que la cantidad de cada componente varía de acuerdo a la necesidad del mismo.

Cuadro 24: Listado de materiales

Equipo	Proveedor recomendado
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada	Mangueras industriales
Codos a 90° para mangueras de $\frac{3}{4}$ pulgadas	
Manguera para aire comprimido de $\frac{1}{2}$ pulgada	
Bomba neumática de doble diafragma	Compress S.A.
Conexión roscada de pulgada para manguera neumática de $\frac{1}{2}$ pulgada	
Fitting macho para manguera de $\frac{3}{4}$ pulgada	
Agarraderas para mangueras industriales de $\frac{3}{4}$ de pulgada	
Filtro regulador de línea rosca $\frac{3}{8}$	Compress S.A.
Válvula de corte $\frac{3}{2}$	Compress S.A.

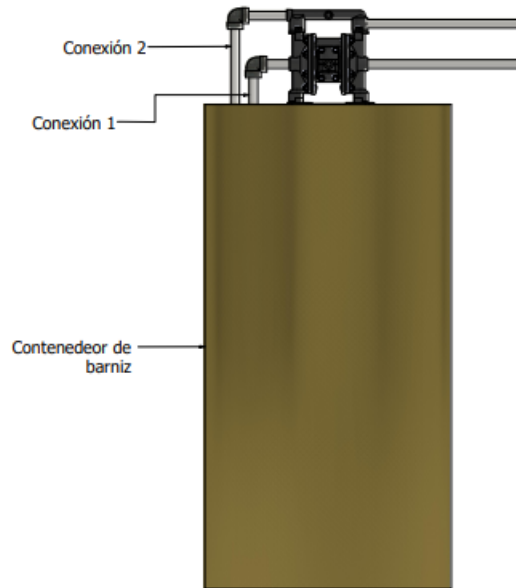
Como primer paso se debe de seleccionar la ubicación de este, es recomendable que esta ubicación este lo más cerca posible a la máquina barnizadora, esto permitirá que la tubería por donde fluira el barniz no sea muy larga y sea fácil de cortar. Además, se deberá de cortar la manguera industrial de acuerdo a las medidas obtenidas. Para identificar y anotar cada una de las medidas se puede utilizar el Cuadro 25

Cuadro 25: Medidas de mangueras

Nombre	Medida
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para bombeo de barniz 1	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para bombeo de barniz 2	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para retorno de barniz	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada para retorno de barniz 2	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-1	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-2	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-3	
Manguera industrial de $\frac{3}{4}$ de pulgada extra-3	

Dos codos a 90° para manguera de $\frac{3}{4}$ debe de conectarse con la manguera del mismo diámetro para conectar las mangueras de bombeo y retorno con el contenedor de barniz, como se muestra en la Figura 18

Figura 18: Conexiones principales



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

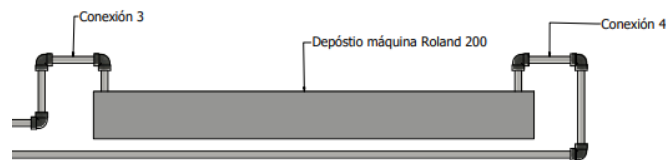
En donde,

Cuadro 26: Conexiones de mangueras

Conexión	Mangueras
Conexión 1	Manguera de bombeo de barniz 1 y manguera extra-1
Conexión 2	Manguera de retorno de barniz 1 y manguera extra-2

Los dos codos a 90° para manguera de $\frac{3}{4}$ permitirán conectar las mangueras de bombeo y retorno 2 con el depósito de la máquina Roland 200 como se muestra a continuación.

Figura 19: Conexiones secundarias



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

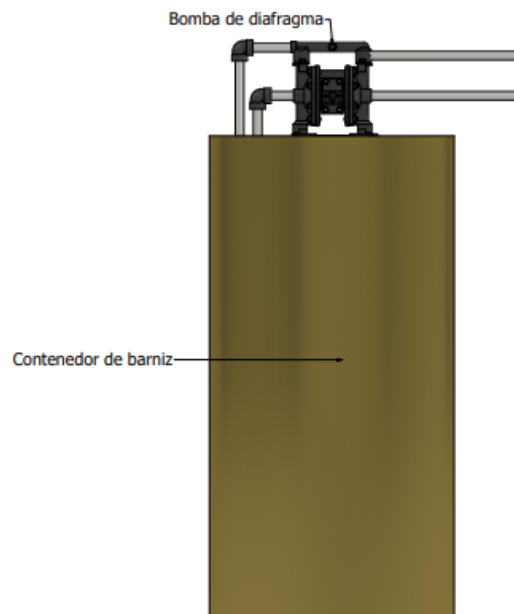
En donde,

Cuadro 27: Conexiones de mangueras 2

Conexión	Mangueras
Conexión 3	Manguera de bombeo de barniz 2 y manguera extra-3
Conexión 4	Manguera de retorno de barniz 1 y manguera extra-4

Debe de colocarse la bomba de diafragma encima de un contenedor de barniz como se muestra en la Figura 20 y ambos deben de estar en la ubicación que se seleccionó anteriormente.

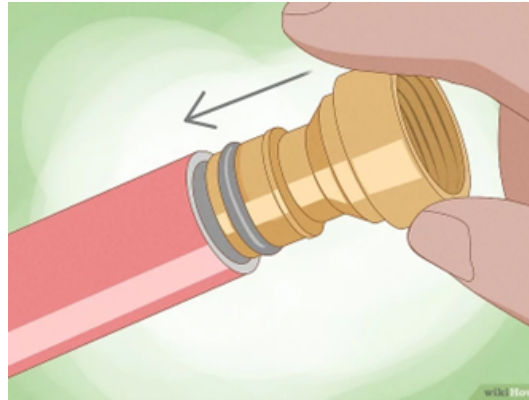
Figura 20: Conexión manguera y bomba de diafragma



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

En el extremo de la manguera de bombeo y retorno de barniz, que va conectada con la bomba debe de colocarse un *fiting*, esto se hace empujando con firmeza hasta que la manguera quede completamente asentada contra el borde del accesorio, como se muestra a continuación.

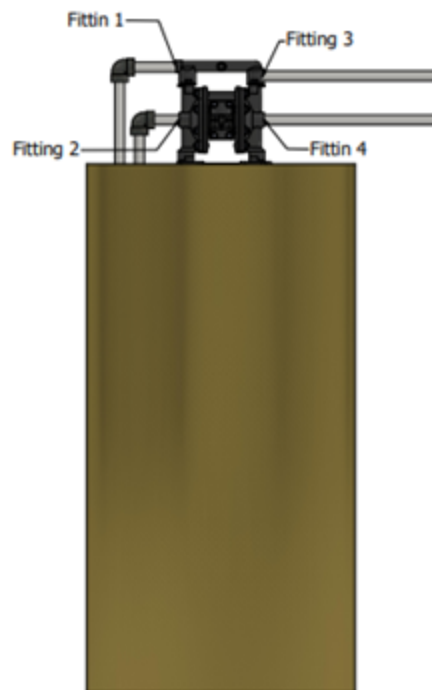
Figura 21: Ensamblajes de *fitting*



Fuente: Yamada

El otro extremo del *fitting* debe de conectarse con la bomba de diafragma como se muestra a continuación.

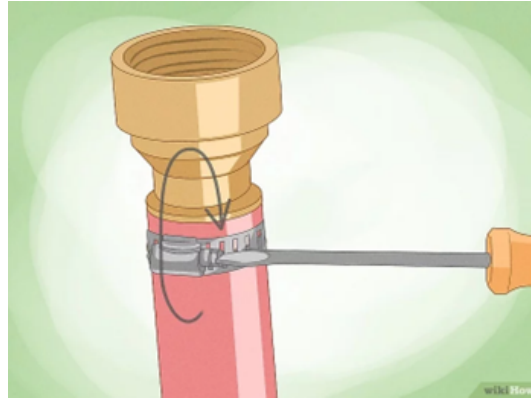
Figura 22: Conexión de *fitting*



Captura de pantalla de Autodesk reimprimas por cortesía de Autodesk, Inc.

Luego utilizando las agarraderas para mangueras industriales de $\frac{3}{4}$ de pulgadas debe de apretarse cada una de las conexiones realizadas anteriormente, para este se debe de girar hasta ajustar el accesorio con la manguera, dependiendo del tipo de agarradera puede ser necesario utilizar un destornillador para para asegurar el accesorio, como se muestra a continuación.

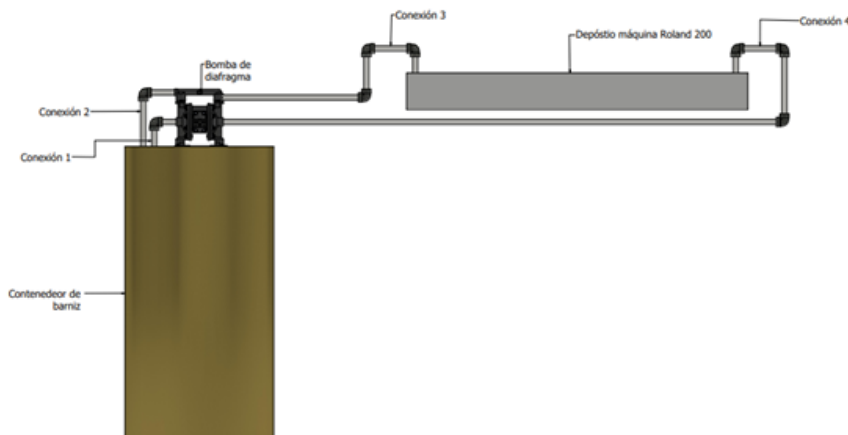
Figura 23: Ensamble de agarraderas



Fuente: Yamada

La Figura 24 es una representación del resultado final del sistema, debe de mencionarse que esto solo es una representación. La manera en la que se verá el sistema después de ser ensamblado dependerá de la ubicación, medidas y de las rutas que sigan las mangueras para transportar el barniz.

Figura 24: Sistema completamente instalado



Captura de pantalla de Autodesk reimpresas por cortesía de Autodesk, Inc.

12.2. Manual de uso

Antes de hablar del funcionamiento del sistema de bombeo de barniz es importante identificar las partes y el funcionamiento de cada una de estas. En el Cuadro 28 se puede observar esta información. En las figuras 25, 26 pueden identificarse cada una de estas partes

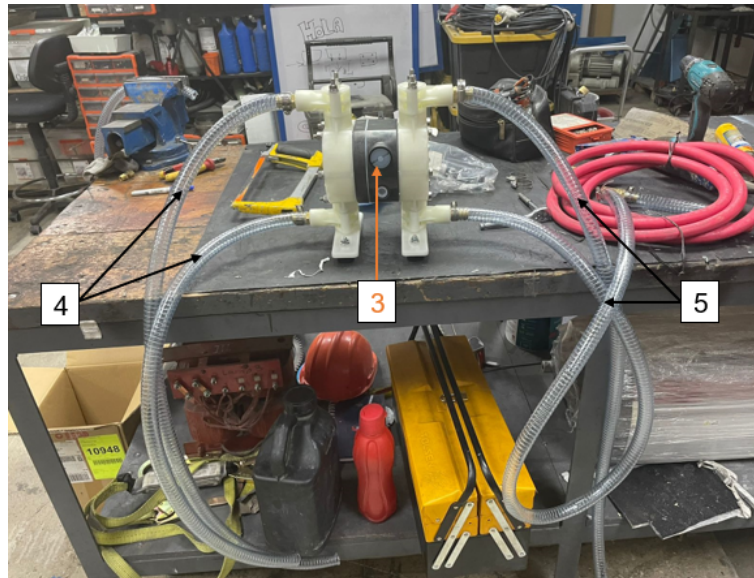
Cuadro 28: Partes y su función en el sistema

Item	Parte	Función
1	Filtro regulador de línea	La función de este filtro es eliminar partículas de polvo en el aire comprimidor y regular la presión suministrada al sistema
2	Válvula de corte	La función de esta válvula es cortar el flujo de aire hacia la bomba.
3	Bomba de doble diafragma	La función de esta parte es hacer fluir el barniz por todo el sistema.
4	Tubería de bombeo	La función de esta parte es transportar el barniz desde el tonel hasta el recipiente de la máquina Roland 200.
5	Tubería de retorno	La función de esta parte es transportar el barniz desde el recipiente de la máquina Roland 200 hasta el tonel de barniz.

Figura 25: Identificación de partes 1

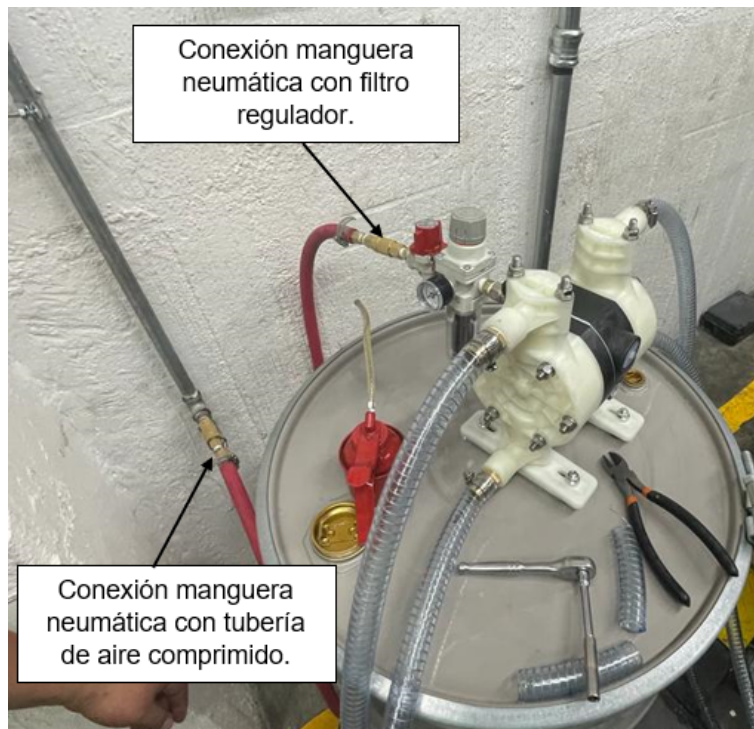


Figura 26: Identificación de partes 2



Antes de realizar cualquier paso debe de asegurarse que el filtro regulador y la válvula de corte están cerradas, en la Figura 26 se observa la posición que ambas partes deben de tener al momento de estar cerradas. Luego de esta comprobación debe sostenerse el extremo de la manguera neumática y enroscarla en el acople del sistema de bombeo, se debe de repetir el mismo proceso para conectar la manguera neumática a la tubería de aire comprimido. En la Figura 27 se observa como deben de quedar las conexiones

Figura 27: Conexión del sistema a tubería de aire comprimido



Utilizando el regulador de presión del filtro se pondrá a funcionar el sistema , la presión de trabajo es de 70 PSI (0.55 MPa). Para asegurarse que se esta trabajando a dicha presión se utilizará el nanómetro del filtro regulador, la flecha que indica la presión en el nanómetro debe de marcar 0.55 MPa o 70 PSI como se muestra en la Figura 28. Es importante mencionar que este valor de presión puede ser modificado de acuerdo a los requerimientos de barniz que tenga pliego, si se desea un menor flujo de barniz se debe de disminuir el valor de presión. Por cuestiones de seguridad el valor de presión de trabajo no debe de ser mayor a 70 PSI, esto puede ocasionar daños en la bomba.

Figura 28: Presión de trabajo



Por último debe de abrirse la válvula de corte y el barniz empezará a fluir a través del sistema. Luego de realizar estas actividades el sistema de bombeo de barniz funcionará de forma automática, manteniendo el nivel de barniz requerido. Se recomienda realizar una supervisiónes frecuentes para asegurarse que el sistema este funcionando correctamente.

Cuando se requiera detener el sistema deberá de cerrarse la válvula de corte, con el filtro regulador de presión se disminuirá la presión de trabajo a 0 Psi, desenroscando los acoples debe de desconectarse la manguera neumática de la tubería de aire y si es requerido debera de desconectarse la manguera neumática del sistema.

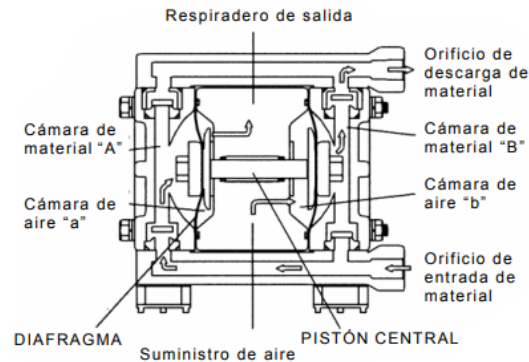
12.3. Manual de mantenimiento

12.3.1. Mantenimiento bomba de doble diafragma

Principios de operación

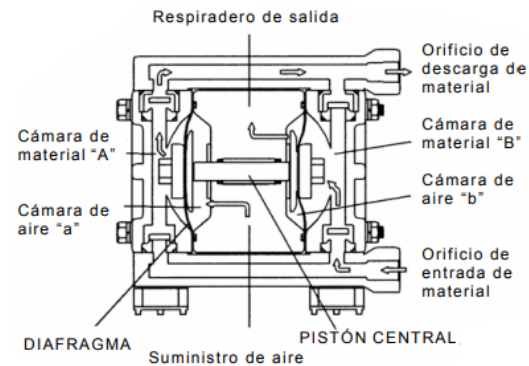
En la bomba hay dos diafragmas unidos al pistón centro, uno en cada extremo. Cuando se suministra aire comprimido a la cámara de aire B (ver Figura 29), el pistón central se desplaza a la derecha, el material de la cámara B sale expelido y al mismo tiempo aspirado a la cámara de material A. Cuando el pistón central se desplaza el recorrido máximo a la derecha, la válvula de desvío de aire se acciona, el aire comprimido pasa a la cámara de aire a (ver Figura 30) y el pistón central se desplaza a la izquierda. El material en la cámara A de material sale expelido y al mismo tiempo, es aspirado por la cámara de material B. Al repetirse esta operación, se mantiene un flujo constante de material.

Figura 29: Principio de operación de bomba 1



Fuente: Yamada.

Figura 30: Principio de operación de bomba 2



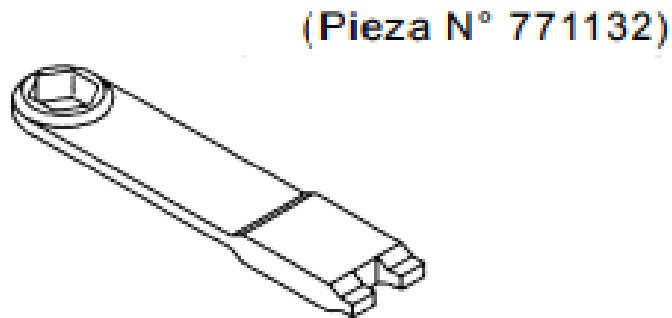
Fuente: Yamada.

Herramientas

Para facilitar la realización de mantenimiento se debe de contar con las siguientes herramientas, si en el taller no se cuenta con estas piezas pueden ser pedidas al distribuido, indicando los números, descripciones y las cantidades de las piezas.

- Laves rectas de tubos 10 mm.
- Llaves de boca 10 mm.
- Pinzas
- Desmontador de tapa y disco (ver Figura 31)
- Quitamanguitos (ver Figura 32)
- Aceite de montaje, sin agregados clase 1, equivalente a calidad ISO VG32.
- Tuercas M6x1.
- Grasa de urea calidad (NLGI) N° 2°.

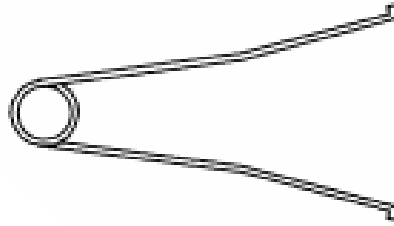
Figura 31: Desmontador de tapa



Fuente: Yamada.

Figura 32: Desmontador de tapa

(Pieza N° 713148)

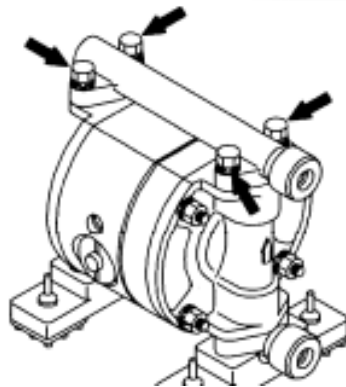


Fuente: Yamada.

Distruibidores planos, asientos de válvulas

Para realizar la remoción de esta parte se debe de retirar los 4 pernos retenedores del colector de salida y quitarlo, como se muestra a continuación.

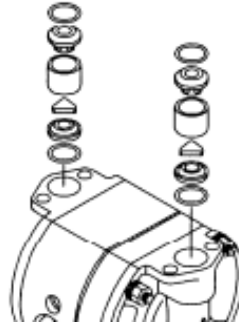
Figura 33: Desmontaje distruibidores planos y asientos de válvulas 1



Fuente: Yamada.

Retirar la junta tórica, la tapa de la válvula, la guía de la válvula, el distribuidor plano y el asiento de la válvula, como se muestra a continuación.

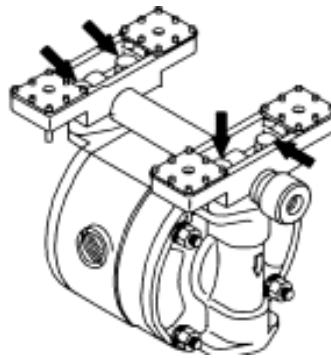
Figura 34: Desmontaje distribuidores planos y asientos de válvulas 2



Fuente: Yamada

Invertir el conjunto del cuerpo principal, retirar los 4 pernos retenedores del colector de entrada y quitar la base y el colector de entrada.

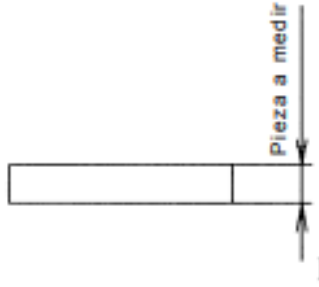
Figura 35: Desmontaje distribuidores planos y asientos de válvulas 3



Fuente: Yamada.

Para realizar la inspección del distribuidor de plano debe de medirse la dimensión que se muestra en la Figura 36, si está fuera del rango utilizable, reemplar el asiento. Si el anillo de junta está desgastado o agrietado, reemplácelo.

Figura 36: Desmontaje distribuidores planos



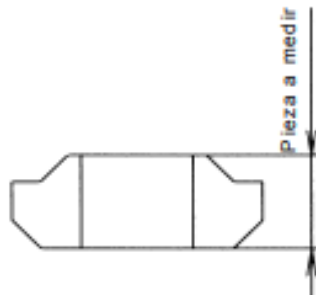
Fuente: Yamada

Cuadro 29: Diámetros aceptados para distribuidor plano

Parte	Diámetro
Distribuidor plano	2.5 y 3.1 mm

Para los asientos de válvula debe de medirse la dimensión que se muestra en la Figura 37 y si esta fuera de rango utilizable, reemplazar el asiento.

Figura 37: Desmontaje asientos de válvulas



Fuente: Yamada.

Cuadro 30: Diámetros aceptados para asiento de válvulas

Parte	Diámetro
Asiento de válvula	5.8 y 7.1 mm

Para la instalación se debe de realizar en el orden inverso al montaje tomando en cuenta el par de apriete para los pernos.

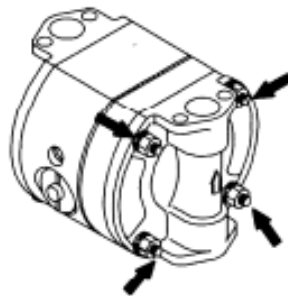
Cuadro 31: Par de apriete permitidos para distribuidor plano y asientos de válvulas

Par permitido	Dimensional
7.5	Nm

Diagrama y pistón central

Para la remoción de estas partes se debe de retirar la válvula esférica o el distribuidor plano y el asiento de la válvula (ver Figura 34). Retirar los 8 pernos retenedores de la cámara de salida y quitar esta cámara.

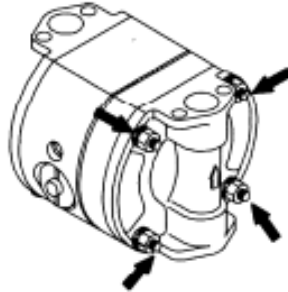
Figura 38: Desmontaje de diagrama y pistón central 1



Fuente: Yamada.

Retirar las tuercas de ambos lados del pistón central (ver Figura 39). Una vez removidas las tuercas de un lado, quitar el disco central y el diafragma. Quitar el diafragma, el disco central y el pistón central al lado opuesto del cuerpo principal.

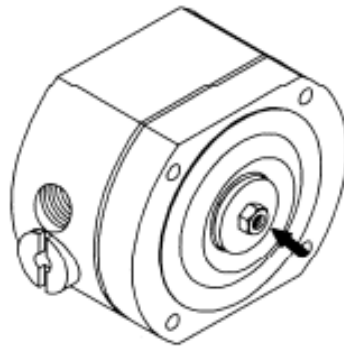
Figura 39: Desmontaje de diagrama y pistón central 2



Fuente: Yamada.

Retirar las tuercas en el lado opuesto utilizando tuercas dobles, retirar la arandela elástica cónica, el disco central y el diafragma.

Figura 40: Desmontaje de diagrama y pistón central 3



Fuente: Yamada.

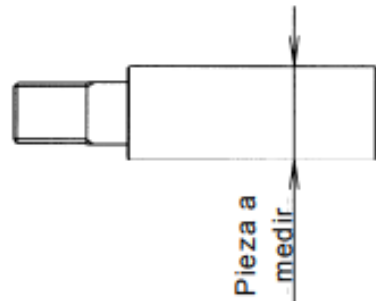
Si el diagrama está desgastado o dañado, deberá ser reemplazado.

Cuadro 32: Ciclos de vida diagrama central

Parte	Ciclos de vida
Diagrama central	30,000,000

Para inspeccionar el pistón debe de medirse el diámetro como se observa en la Figura 40 y si está fuera de rango utilizable debe de ser reemplazado.

Figura 41: Desmontaje de pistón central



Fuente: Yamada

Cuadro 33: Diámetro permitido pistón central

Parte	Diámetro
Pistón central	9.5 y 10 mm

La instalación debe realizarse en el orden inverso al desmontaje, tomando en cuenta lo siguiente.

- Aplicar grasa al pistón central e insértelo en el cuerpo principal.
- Mantener el lado convexo hacia afuera.
- Apretar la cámara de salida, al principio solo un poco.
- Después de la instalación de las cámaras de salida a ambos lados, colocar la bomba sobre una superficie plana y en posición vertical para continuar el montaje
- Asegurarse que no haya polvo en la superficie de la junta para que no se dañe.
- Apretar los pernos de manera que haya equilibrio en ambos lados; apretarlos en diagonal con un par de apriete parejo.

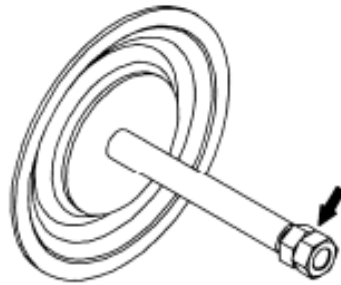
Cuadro 34: Par de apriete permitidos para diagrama y pistón central

Par permitido	Dimensional
7.5	Nm

Conjunto de la válvula piloto, guía y manguito

Para la remoción se debe de retirar el diafragma y el pistón central (ver Figura 38), retirar el cuerpo principal, extraer el conjunto de la válvula piloto y retirar la empaquetadura y el manguito, como se muestra a continuación.

Figura 42: Desmontaje de válvula piloto, guía y manguito 1



Fuente: Yamada.

Para su inspección se debe de medir el diámetro interior del manguito y si esta fuera del rango utilizable, reemplazar el manguito.

Figura 43: Desmontaje de manguito



Fuente: Yamada.

Cuadro 35: Diámetro permitido manguito

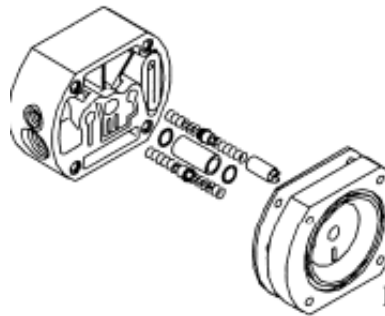
Parte	Diámetro
Manguito	14.1 y 14.2 mm

La instalación se realizará de forma inversa al desmontaje.

Conjunto de la válvula de carrete C y conjunto de manguito

Para la remoción se debe de retirar la tapa utilizando el desmontador de la tapa y disco, como se muestra a continuación.

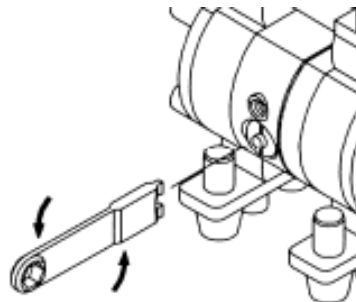
Figura 44: Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 1



Fuente: Yamada.

Extraer el conjunto de la válvula de carrete utilizando las pinzas y quitar el anillo de junta del conjunto de la válvula de carrete C.

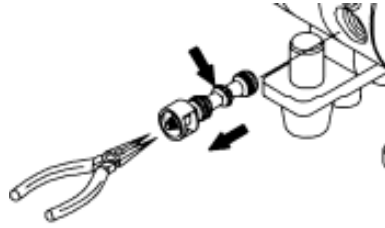
Figura 45: Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 2



Fuente: Yamada

Retirar el manguito utilizando el quitamanguitos.

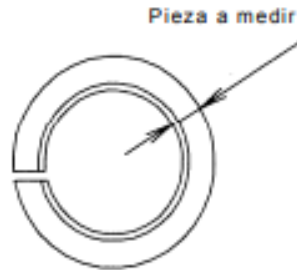
Figura 46: Desmontaje de válvula de carreta y conjunto de manguito 3



Fuente: Yamada.

Para la inspección del anillo de junta debe de medirse el diámetro del espesor interior y si está fuera del rango utilizable, reemplazar el conjunto de la válvula de carrete C. Si el anillo de junta está desgastado o agrietado reemplace el conjunto de la válvula de carrete C.

Figura 47: Desmontaje de anillo



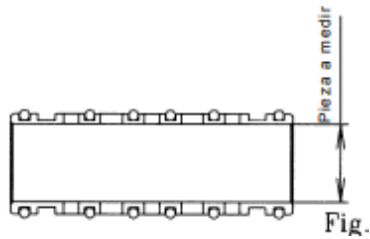
Fuente: Yamada.

Cuadro 36: Diámetro permitido anillo de junta

Parte	Diámetro
Anillo de junta	1.40 y 1.48 mm

La inspección del conjunto de manguito debe de medirse el diámetro interior y si está fuera del rango utilizable reemplazar el conjunto del manguito. Si las juntas teóricas está desgastada o dañada, reemplazarla.

Figura 48: Desmontaje de manguito



Fuente: Yamada.

Cuadro 37: Diámetro conjunto de manguito

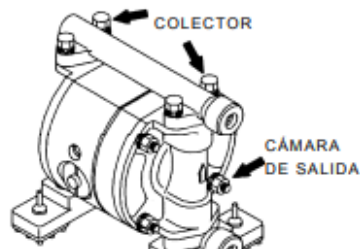
Parte	Diámetro
Conjunto de manguito	9.50 y 9.55 mm

El conjunto de válvula de carrete C y el conjunto de manguito debe reemplazarse completos. No se puede reemplazar cada componente por separado. La instalación debe de realizarse al inverso del desmontaje.

Reajuste de tirantes

El par de apriete debe de aplicarse (1) inmediatamente antes de utilizar la bomba. (2) Cuando se detectan fugas de material en la inspección diaria de la bomba.

Figura 49: Reajuste de tirantes



Fuente: Yamada.

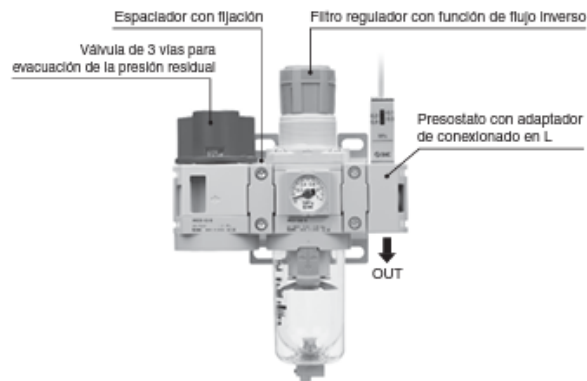
Cuadro 38: Par de apriete permitido

Par permitido	Dimensional
7.5	Nm

12.3.2. Mantenimiento de filtro regulador

Antes de realizar cualquier retirada del equipo, debe de asegurarse que se han tomado medidas para prevenir la caída de objetos y el desplazamiento del equipo. Luego de esto se deberá de cortar el suministro de presión y evacuar todo el aire comprimido del sistema mediante la función de liberación de la presión residual, esto se realizará utilizando la válvula de 3 vías para evacuación de la presión residual que se observa en la Figura 50

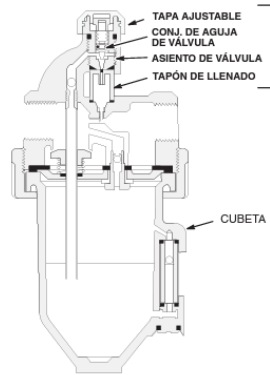
Figura 50: Válvula de evacuación del filtro regulador de aire



Fuente: VHS

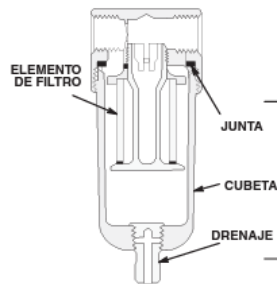
El filtro de aire debe de limpiarse regularmente para maximizar la eficiencia del filtro y evitar caídas excesivas de presión. Se debe de vaciar los contaminantes de la cubeta antes de que alcance el nivel del deflector para realizar esto se debe de abrir el drenaje y vaciarla o liberar completamente la presión para después desmontarla. Se debe de utilizar agua y jabón doméstico o alcohol desnaturalizado para la limpieza, se puede utilizar aire comprimido para soplar el cuerpo del filtro, se debe de lavar y secar el elemento del filtro desde dentro hacia afuera y limpiar minuciosamente la mirilla. Se debe de evitar dejar residuos de disolvente en la mirilla ya que pueden atacar o debilitar el cristal, si la mirilla parece estar dañada se deberá de reemplazar inmediatamente. En las figuras 51, 52, 53 se observa cada una de las partes para facilitar la ubicación de estas.

Figura 51: Partes de filtro regulador 1



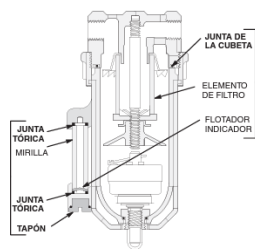
Fuente: VHS.

Figura 52: Partes de filtro regulador 2



Fuente: VHS.

Figura 53: Partes de filtro regulador 3



Fuente: VHS.

12.3.3. Mantenimiento de mangueras industriales

Para el mantenimiento de las mangueras es de suma importancia la realización de inspecciones visuales, al menos cada seis meses. Estas inspecciones deben de considerar los siguientes aspectos.

- Rozaduras.
- Desplazamientos de los alambres interiores o exteriores.
- Corrosión o abrasión del alambre externo.
- Aflojamiento de cualquier conexión.
- Ataque químico, deterioro o daños físicos al recubrimiento exterior o carcasa.

Las mangueras que presenten defectos significativos relacionados con los tipos mencionados anteriormente deberán ser puestas fuera de servicio y solicitar su cambio inmediato.

Limpieza

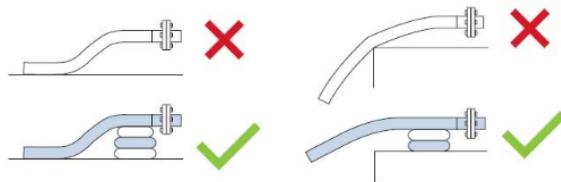
La limpieza será de suma importancia para el buen funcionamiento del sistema, esta se deberá de realizar cuando la producción se detenga por un largo período de tiempo, fines de semana. Realizarlo evitará que el barniz quede impregnado en las tuberías ocasionando problemas de flujo y/o obstrucción.

Se deberá de bombear por todo el sistema la solución limpiadora utilizada actualmente, Farbotex, esto permitirá limpiar las mangueras y las partes internas de la bomba de doble diafragma. Para facilitar el proceso se recomienda contar con dos recipientes que contengan 1/2 litro de solución cada uno y dos recipientes vacíos que permitan la recirculación por todo el sistema.

Posicionamiento de mangueras

En la Figura 54 se observan algunas recomendaciones de posicionamiento de mangueras, dichas posiciones evitarán que la manguera tenga problemas para transportar el barniz, incluso ayudarán en la conservación de la misma.

Figura 54: Recomendaciones posicionamiento de manguera



Fuente: Tecnoform.

