

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAVADO POR ASPERSION
PARA PIEZAS A PINTAR CON RECUBRIMIENTO ELECTROSTATICO EN LA
EMPRESA CREACION PINTURA Y DISEÑO S.A.S

CARLOS EDUARDO AMAYA HERNANDEZ
Cód. 20082275001

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD TECNOLOGICA
INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2015

DISEÑO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE LAVADO POR ASPERSION
PARA PIEZAS A PINTAR CON RECUBRIMIENTO ELECTROSTATICO EN LA
EMPRESA CREACION PINTURA Y DISEÑO S.A.S

CARLOS EDUARDO AMAYA HERNANDEZ
Cód. 20082275001

Propuesta de proyecto de grado para la obtención del título de Ingeniero
Mecánico

Alexander Alvarado
Tutor.

UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSE DE CALDAS
FACULTAD TECNOLOGICA
INGENIERIA MECANICA
BOGOTA
2015

TABLA DE CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| ÍNDICE DE FIGURAS | |
| ÍNDICE DE TABLAS | |
| 0. INTRODUCCION | |
| 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.1 ESTADO DEL ARTE | 5 |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN | 16 |
| 2. OBJETIVOS | 17 |
| 2.1 OBJETIVO GENERAL | 17 |
| 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 17 |
| 3. MARCO TEÓRICO | 18 |
| 3.1 PINTURA EN POLVO | 18 |
| 3.2 SISTEMA DE LAVADO DE PIEZAS POR ASPERSION | 18 |
| 3.2.1 Sistema de tuberías | 19 |
| 3.2.2 Calefacción | 19 |
| 3.2.2 El secado al aire | 19 |
| 3.3 SISTEMAS DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO | 19 |
| 3.3.1 Tipos de Engranés. | 19 |
| 3.3.2 Transmisión por cadenas | 20 |
| 3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS | 21 |
| 3.4.1 Diseño de vigas prismáticas | 21 |
| 3.4.2 Procedimiento para el análisis | 21 |

| | | |
|---------|--|----|
| 3.5 | TERMODINÁMICA Y TRANSFERENCIA DE CALOR. | 22 |
| 3.5.1 | Intercambiadores de calor | 23 |
| 3.5.2 | Tipos de intercambiadores de calor | 23 |
| 3.6 | MECÁNICA DE FLUIDOS | 23 |
| 3.6.1 | Perdidas primarias y secundarias en tuberías | 24 |
| 3.6.1.1 | Ecuación fundamental para pérdidas primarias | 24 |
| 3.6.2 | Perdidas secundarias | 24 |
| 4. | METODOLOGÍA | 26 |
| 5. | CRONOGRAMA | 28 |
| 6. | PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACIÓN | 29 |
| | BIBLIOGRAFÍA | 30 |

INDICE DE FIGURAS

| | Pág. |
|--|------|
| Figura 1. Estructura de la cabina | 6 |
| Figura 2. Ubicaciones de los componentes del proceso de decapado | 8 |
| Figura 3. Figura 3. Sistema continuo de pintura en polvo | 11 |
| Figura 4. Sistema Eco DC MACS | 12 |
| Figura 5. Transportador aéreo | 12 |
| Figura 6. Túnel de pretratamiento | 13 |
| Figura 7. Horno polimerizado inframix | 15 |

INDICE DE TABLAS

| | pág. |
|------------------------------------|------|
| Tabla 1. Cronograma de actividades | 28 |
| Tabla 2. Costos del proyecto | 29 |

0. INTRODUCCION

En el mundo moderno los procesos industriales exigen una capacidad de producción y unos estándares de calidad muy altos, por lo cual es necesario utilizar técnicas de optimización y tecnologías de innovación para la mejora continua en las compañías y así garantizar que el producto final cumpla con especificaciones demandadas.

El presente trabajo se tiene como objetivo el diseño para la optimización de un proceso existente en la empresa Creaciones y Diseños S.A, el cual se realiza de una forma manual, generando inconvenientes en calidad y tiempos de entrega del producto terminado.

Se requiere el diseño de una cabina de lavado por aspersión, realizando cálculos estructurales, selección de mecanismos para el movimiento de piezas, determinación del sistema de calefacción y transporte de fluidos, y la selección de los componentes para la automatización de este proceso.

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La pintura electrostática es un proceso que en los últimos años ha tenido una gran importancia a nivel mundial, por su gran rendimiento, bajos costos de aplicación y variado uso en el campo de la industria. Este tipo de pintura en las grandes industrias es muy utilizado, por su facilidad para manejar grandes volúmenes de producción, pero a su vez se tienen unos controles estrictos en sus procesos para evitar defectos de calidad en producto final. Estas inspecciones van encaminadas en su mayoría a controlar el sistema de pretratamiento de las superficies a pintar, ya que es un proceso fundamental para garantizar un acabado superficial con las especificaciones esperadas.

En Colombia este tipo de pintura ha tenido un crecimiento acelerado y con una gran demanda de servicios en la industria metalmecánica, por esta razón se encuentran en funcionamiento un sin número de microempresas dedicadas a esta labor, sin tener los conocimientos adecuados para la aplicación de la pintura en polvo. El principal error en el cual las pequeñas empresas incurren es el de no darle un tratamiento adecuado a el lavado de piezas a pintar, generando reprocesos y retrasos en las entrega finales a los clientes, perdiendo así competitividad en este mercado.

Creaciones y Diseños es una empresa que ofrece el servicio de pintura electrostática, lleva aproximadamente 7 años en el mercado, y durante el último año su volumen de producción ha aumentado en un 50%, debido contrataciones importantes con clientes grandes. Por esta razón los propietarios decidieron realizar un análisis para el mejoramiento de sus procesos, del cual se encontraron varias falencias:

1. El porcentaje de rechazo de piezas pintadas es del 10%, del cual un 8% es debido a fallas en el proceso de lavado, ya que este proceso se realiza manualmente, lo cual hace que la pintura no se adhiera uniformemente a las piezas generando defectos como agrietamiento, piel de naranja, y desprendimiento.
2. El proceso de lavado por ser una operación manual requiere de 2 operarios y mínimo 10 minutos por pieza, desde la recepción, el traslado y su entrega para aplicación de la pintura.
3. Excesivo gasto de insumos y recursos ya que no se tiene un sistema de recuperación en el sistema de lavado.
4. Riesgos ergonómicos de los operarios por el levantamiento continuo de cargas, reportado por el encargado de la seguridad industrial en la compañía.

Si la empresa Creaciones y Diseños S.A implementa un sistema automatizado para el pretratamiento de piezas a pintar , garantiza que el lavado de las mismas sea optimo y por lo tanto los defectos de pintura en los productos disminuirá , además con este sistema automático se aumentara el volumen de producción de lavado de piezas, reducirá la mano de obra, el consumo de insumos y recursos, se reducirá los riesgos ergonómicos y químicos, originando así una producción en línea, posicionando a la compañía en el mercado de la pintura electrostática.

1.1 ESTADO DEL ARTE

El tratamiento de superficies previo a la aplicación de pinturas ha jugado un papel muy importante en los procesos de acabados superficiales, ya que es una parte fundamental que garantiza que la pieza a pintar tenga mejor adherencia, aumente su durabilidad, mejore su resistencia a la corrosión y otros beneficios más, que van encaminados al mejoramiento continuo de los recubrimientos en polvo.

Un componente importante para que la limpieza de estas superficies sea la apropiada es el fosfatizante, el cual actúa sobre la superficie retirando grasas, aceites, y demás impurezas que originan el óxido en las piezas.

Con la segunda guerra mundial el uso del fosfatizante se incrementó debido al uso de armas las cuales tenían que llegar sin oxidarse hasta los sitios en guerra por transporte marítimo, en los últimos 20 años el uso del fosfatizante se expandió de una manera acelerada por sus buenas propiedades en el tratamiento de superficies para la aplicación de los recubrimientos en polvo.

Para la realización de la limpieza y aplicación de fosfatos se utilizan actualmente varios procesos, los cuales van desde los métodos básicos o manuales hasta unos procesos avanzados y automatizados de los cuales los más comunes son:

- Proceso de aspersión
- Proceso de inmersión
- Proceso de ultrasonido
- Proceso de electrolisis
- Proceso de acción mecánica

En este proyecto nos centraremos en el sistema de aspersión ya que es el motivo de desarrollo de la tecnología a diseñar para la empresa Diseños y Creaciones S.A.

Después de realizar una extensa búsqueda de información en bases de datos, especializadas, bibliotecas, internet, se encontraron 18 documentos relacionados con recubrimientos en polvo, los cuales fueron todos analizados a profundidad, de estos se escogieron tres por su relación directa con el tema de investigación, por su fecha de publicación y el lugar de realización del proyecto. Se encontró que se han hecho varios adelantos en cuanto a la fabricación e instalación de cabinas automáticas para el lavado de piezas, los más destacados son los que a continuación se citan:

- “Diseño y construcción de una cabina semiautomática para el lavado de piezas metálicas mediante el proceso de fosfatado, realizado por Sebastián

Hidrobo Alarcón y José Rafael Barragán Rojas, para la empresa Aico Ltda, ubicada en la ciudad de Quito Ecuador, en abril de 2013.”¹

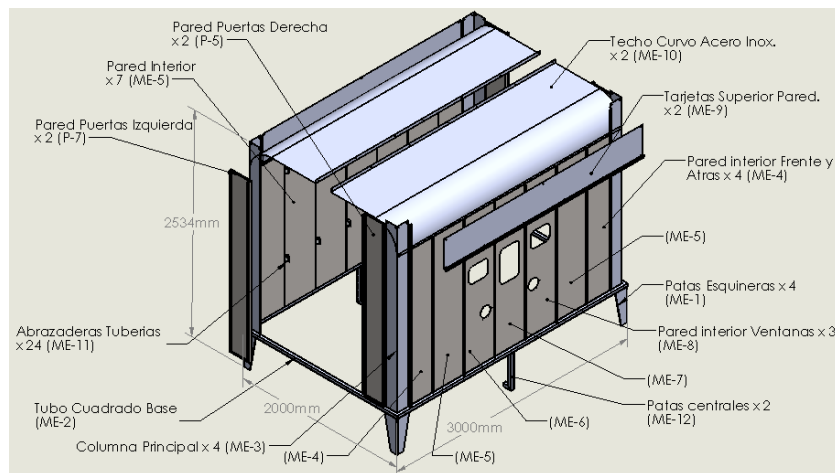
El proyecto nace de la idea de iniciar una automatización industrial general de los procesos de la empresa iniciando por la pintura electrostática. El proyecto consistió en el diseño y la fabricación de una cabina semiautomática para el lavado de piezas metálicas para optimizar el proceso de pintura en la empresa Aico, se realizó el diseño y construcción de la estructura garantizando correcto funcionamiento de cada una de las partes, diseño del sistema de aspersión calculando bombas, tuberías, aspersores, presiones etc. Para el desarrollo del proyecto se siguió la siguiente metodología:

Estructura de la cabina

Primero se definieron las dimensiones de la cabina estableciéndolas como 3000 x 2100 x 2700 mm (L x W x H), la estructura se fabricó en acero inoxidable 304, la estructura completa se compone de:

- Paredes y parales fabricados en acero inoxidable 304.
- Sumidero.
- Techo con diseño para instalación posterior de un riel de transporte.
- Puertas fabricadas en acero inoxidable, con sistema de movilidad y hermeticidad.
- Rejilla para caminar.²

Figura 1. Estructura de la cabina



Fuente: Diseño y construcción de una cabina semiautomática para el lavado de piezas metálicas mediante el proceso de fosfatado.

¹ HIDROBO ALARCON, Sebastián y BARRAGAN ROJAS, José Rafael. Diseño y construcción de una cabina semiautomática para el lavado de piezas metálicas mediante el proceso de fosfatado. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Ecuador. Universidad San Francisco de Quito. Abril de 2013. p.42

² Ibid., p.43-59

Obras civiles: Se hizo una excavación de (1.4 x 1.8 x 4.7) metros para la ubicación de los tanques y el sistema de desagüe.

Tanques de reserva: Se fabricaron 3 tanques de reserva en láminas de acero inoxidable con dimensiones de 550 mm x 550 mm x 1150 mm, calibre 20.

Sistema hidráulico: El sistema definido para el transporte de fluidos desde los tanques hasta los aspersores fue la tubería en pvc (marca colonial) por su resistencia a los ácidos utilizados, su bajo costo de adquisición y mantenimiento. Los accesorios marca lasco.

Se utilizaron 3 válvulas de bola por cada tanque para controlar la entrada y salida de fluidos. Se seleccionó un actuador de torque (100 – 125 lb-in medido con torqui metro) de marca Valbia, modelo DA63 (Italia) para accionar la válvula de mariposa.

Para el diseño se escogió una tubería de 2 in para los porta-ramales. Se utilizaron 3 bombas de con 100.8 gpm y 70.2 ft (alrededor de 21 m) de altura.

Aspersores: Se escogieron aspersores de la marca “Spraying systems” con referencia HH de ¼ de pulgada, con un ángulo de salida en 20 psi de 67° y una capacidad de 1.4 gpm.³

- “Diseño y construcción de control automático para el proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la empresa Electrocontrol. Desarrollado por Edison Adrián Barros Cabrera y Diego Gerardo Mogovejo Merchán estudiantes de ingeniería Electrónica en la universidad Politécnica Salesiana en la ciudad de Cuenca Ecuador en el año de 2007.”⁴

Este trabajo fue realizado para satisfacer la necesidad de la empresa Electrocontrol, en donde se pretende optimizar un proceso que se venía haciendo de manera manual, para mejorar tiempos de producción, calidad y esfuerzos físicos de los operarios.

El proyecto se desarrolló partiendo de la situación de la empresa en donde este proceso se hacía por inmersión manual y constaba de 3 pasos:

1. Desengrase
2. Decapado
3. Enjuague.⁵

³ Ibid., p. 60-80

⁴ BARROS CABRERA, Edison adrian y MOGOVEJO MERCHAN, Diego Gerardo. Diseño y construcción de control automático para el proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la empresa Electrocontrol. Tesis previa a la obtención de ingeniero electrónico. Ecuador. Universidad politécnica Salesiana. 2007.

⁵ Ibid., p. 14

La idea de la realización de este proyecto fue desarrollar un sistema automático para poder controlar los movimientos de la jaula en cada uno de los tanques del proceso de limpieza efectuando el mismo de 3 maneras:

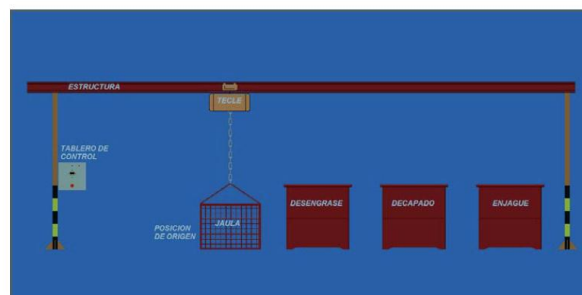
Mono manual 1: que se operara por medio de un pc como terminal remoto, con este modo se colocaba la jaula en la posición que se requería.

Modo manual 2: que se operara por medio de un control remoto, el cual se conectaba al tablero de control y se utilizaba solamente si el modo manual 1 no funcionaba.

Modo automático: la jaula se carga manualmente, luego se eleva hasta su altura máxima, avanza horizontalmente, desciende en primera cuba espera un tiempo preestablecido según el peso de la misma, se eleva, este proceso se repite con los tanques 2 y 3 y vuelve a la posición de origen donde termina el proceso.

En la figura 2 se indica las diferentes posiciones del sistema.

Figura 2. Ubicaciones de los componentes del proceso de decapado.



Fuente: Diseño y construcción de control automático para el proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la empresa Electrocontrol.

El proyecto se desarrolló con los siguientes elementos:

Entradas digitales: compuestas por finales de carrera mecánicos que envían señales al plc y controlan los movimientos del winche eléctrico.

Transductores: utilizados para controlar la temperatura del tanque del ácido fosfórico, y controlar que el peso de la jaula no exceda el máximo permitido, también calcular el tiempo que debe estar la jaula en cada tanque según la cantidad de material.

Interface Electrónica: utilizada como amplificador de las señales que envían los transductores para que el plc las pueda interpretar.⁶

⁶ Ibid., p. 14-16

Entradas analógicas: entradas utilizadas para la señal de la celda de carga y la señal del control de la temperatura.

Controlador lógico programable (PLC): es un componente fundamental del sistema que se encarga de tomar decisiones físicas según las señales que reciba de los elementos de control. El PLC utilizado para este proyecto fue un telemecanique Zelio Smart relay modelo SR3B261BD, que trabaja a 24 vdc, tiene 16 entradas y dispone de 10 salidas.

Extensión MODBUS: es el módulo de comunicación modelo SR3MBU01, capaz de recibir y enviar 8 palabras de 16 bits cada una.

Salidas digitales actuadores e indicadores visuales: encargados de controlar los contactores que activan la alimentación de los motores internos del winche eléctrico, los contactores de las bombas, los indicadores luminosos y audibles, también para controlar el relé que activa el sistema de calefacción del tanque 2.

Terminal de control y monitoreo: se compone de un pc que corre un programa hecho en labview y tiene tres funciones: leer las entradas del plc, ejecutar acciones según las salidas del plc, exhibir los datos de las señales analógicas del plc.

Bus serial multipunto: fue instalado para que se pueda controlar más maquinaria en el futuro, es un bus de cable de par trenzado UTP cat5e.

- “Diseño de proceso para el pretratamiento de láminas metálicas previo a la aplicación de pintura electrostática, desarrollado para el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco, por Miguel Ángel Merchán Cedeño en el año 2012”⁷

Este proyecto fue realizado para mejorar el proceso de lavado y limpieza que antecede a la aplicación de pintura electrostática para el colegio técnico Salesiano Don Bosco ubicado en la ciudad de Quito Ecuador, en el cual se fabrican diferentes estructuras metálicas las cuales tienen acabado con pintura electrostática. Este proceso se hacía de una forma manual por lo cual tenía muchos inconvenientes como eran:

- Excesivo tiempo de limpieza
- Excesivo gasto de materiales e insumos
- Limpieza de las piezas ineficiente
- Riesgos para la salud de los operarios asociados a los químicos utilizados y el levantamiento de cargas elevadas.
- Fallas de calidad en las piezas pintadas.⁸

⁷ MERCHAN CEDEÑO, Miguel Ángel. Diseño de proceso para el pretratamiento de láminas metálicas previo a la aplicación de pintura electrostática. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 2012. p. 2

Para el desarrollo de este proyecto se utilizó la siguiente metodología:

1. Selección del proceso más adecuado para el lavado de piezas, (inmersión, aspersión, ultrasonido, mecánico).en donde se selecciona el proceso por inmersión ya que es el más eficiente en cuanto al tipo de piezas a pintar en el Colegio Técnico Salesiano Don Bosco.
2. Descripción de etapas del proceso de limpieza por inmersión las cuales son: desengrase, enjuague, fosfatado, enjuague.
3. Se definen los elementos necesarios que se deben utilizar para el proceso de inmersión los cuales son los siguientes:

La canasta de carga se fabricó en tubo cuadrado de 2" de espesor de 1.5 mm.

Las tinas de inmersión se fabricaron con láminas de 4 mm, y refuerzos tipo omega para reforzar la estructura.

La base o cama de apoyo de tina, fabricado en viga IPE 200 para los extremos y viga IPE 100 para los refuerzos.

Equipo de calefacción de la tina de desengrase, sabiendo que para calentar la tina en una hora es 473.16 KW, se determinó que el mejor componente para realizar este cambio de temperatura es un quemador tipo GPL Power Flame tipo C1-G-10 de 980000 (BTU / h), el cual funciona con gas natural (propano-butano) y cumple con los requerimientos y cálculos mencionados anteriormente.

Diseño de intercambiador calor para calentar las tinas: Se diseñó un intercambiador compuesto de 6 tubos de 1 ½" de diámetro y 3 metros de longitud, cedula 40 el cual cumple con las especificaciones calculadas para la transferencia de calor.

Calculo de estructura pórtico para el sistema de transportación: para el diseño del pórtico se tomó como partida el peso máximo que soportaría que fue de 1 ton, después se calcularon lo elementos que componen el pórtico que son:

Viga puente: viga IPE 200

Testeros: vigas UPN 200

Viga corredera de testeros: viga IPE 200

Columnas: viga IPe 200

Placas apoyo de columnas: con dimensiones de 300 mm x 200 mm y 3.2 mm de espesor

Calculo para pernos de anclaje: se utilizaron pernos m12 y grado para anclaje del pórtico.

⁸ Ibid., p.3

Procesos de pretratamiento existentes comercialmente en la industria

Mundialmente existen varias empresas que están a la vanguardia en cuanto a tecnologías encaminada a los tratamientos de superficies de las cuales la más destacada es DURR, Empresa Alemana que presta servicios y soluciones para todas las etapas del proceso de pintura tanto electrostática como líquida en el sector automotriz, utilizando pretratamiento de superficies como:

Ecopaint RoDip M. Haciendo uso del movimiento de rotación de los cuerpos de automóviles, esta tecnología permite el diseño de un tanque de inmersión sin entrada o salida de pistas. Esto resulta en un consumo reducido de energía, agua y productos químicos.

Como contratista general, Dürr no sólo suministra el equipo de pintura, sino que también asume la responsabilidad de la construcción del edificio. En términos de ingeniería de instalaciones, Dürr suministra los tanques de inmersión para el área, así como una línea de imprimación, dos capas de base y dos líneas superiores de la capa con las cabinas de la pulverización, hornos, sistemas de transporte, la purificación del aire de escape y estaciones de trabajo.(ver figura 3).⁹

Figura 3. Sistema continuo de pintura en polvo.



Fuente: <http://www.durr-paint.com/es>.

A partir de recubrimiento por inmersión por cataforesis, la sostenibilidad juega un papel clave para Dürr. De este modo se utilizarán el ahorro de energía y de soluciones a prueba de fallas de recubrimiento por inmersión por cataforesis Eco DC MACS. Esta tecnología utiliza un sistema de control de ánodo modular para crear una tensión guiada o perfil actual paralela al movimiento del cuerpo de coche en el tanque de inmersión. El transporte de las carrocerías de coches a través de los tanques de inmersión se lleva a cabo por uno de los sistemas de transporte péndulo más largo jamás construido.¹⁰

⁹ DURR. Pintura y montaje final. [En línea]. 2014 [Citado 20-Nov- 2014]. Disponible en internet: <http://www.durr-paint.com/es>.

¹⁰ Ibid., p.10

Figura 4. Sistema Eco DC MACS



Fuente: <http://www.durr-paint.com/es>.

En Colombia la empresa líder, en la fabricación e instalación de líneas continuas de pintura en polvo, la cual está a la vanguardia respecto a la tecnología utilizada para este tipo de procesos es Sifap Tecnología.

Sifap tecnología es una empresa colombiana dedicada al diseño, fabricación e instalación de líneas continuas de sistemas pintura en polvo su instalación propuesta se compone de:

- Un transportador aéreo (Conveyor) modelo C5.

Figura 5. Transportador aéreo.



Fuente: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

Longitud máxima: 70 metros

Capacidad de carga: 40 Kg por gancho

Cantidad de ganchos 175 distancia entre ganchos 400 mm

Velocidad: de 0,5 a 1,5 metros/minuto mediante variador continuo de velocidad.

Colgado de las piezas: horizontal o vertical según sea el caso.

Lubricación: estación de lubricación automática ¹¹

¹¹ SIFAP TECNOLOGIA S.A.S. Túneles de pretratamiento. [En línea]. 2014 [Citado 25-Nov-2014]. Disponible en internet: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

Unidad de tracción: tipo Caterpillar con un motor eléctrico de 1 HP poli voltaje de 220 V a 380V

Cadena transportadora: Formada por rodamientos independientes de transporte y dirección. Rieles: modulares fabricados en lámina CR pintados y soportados con platinas troqueladas este diseño permiten su fácil instalación y transporte. Variador continuo de velocidad electrónico Visualizador permanente de la velocidad de la cadena en mt/min. Serie de piñones con cadena doble con sistema de seguridad mecánico para la protección del sistema de arrastre Grupo dilatador para permitir la elongación de la cadena con la temperatura. Grupo tensor Carpintería metálica El transportador está soportado por columnas y travesaños fabricados en acero, éstos van fijados al piso por medio de tortillería de expansión. El transportador es lubricado utilizando boquillas direccionables en dos ejes para garantizar la vida útil de los rodamientos. Utiliza Aceite para alta temperatura molycote con resistencia hasta 250 °C o similar.

- Túnel de pretratamiento de tres pasos (especial para nanocerámicos)

Sifap Tecnología S.A.S tiene la suficiente experiencia en la fabricación de túneles de pretratamiento tradicionales con el novedoso sistema de plaforización. Actualmente se encuentran funcionando más de doce de estos en, Industrias Cruz, Diajor, Legrand, Umo, Demetalicos, Ectricol, Prinaltec, Cdi y cortadora y dobladora de occidente, fabricados con esta tecnología verde.

Figura 6. Túnel de pretratamiento.



Fuente: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

Paso No. 1: Desengrase: Temperatura Máxima: 55 C° tiempo de contacto: mínimo 60 a 90 Segundos. Presión de trabajo: 10 a 20 psi Bomba de acero inoxidable AISI 304

Paso No. 2: Enjuague con agua corriente: Temperatura ambiente Tiempo de contacto: mínimo 30 a 45 segundos. Presión de trabajo: 10 a 20 psi Bomba de acero inoxidable AISI 304 ¹²

¹² SIFAP TECNOLOGIA S.A.S. Túneles de pretratamiento. [En línea]. 2014 [Citado 25-Nov-2014]. Disponible en internet: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

Paso No. 3: NANOCERAMICO- SILANO: Temperatura ambiente Tiempo de contacto: mínimo 30 a 45 segundos. Presión de trabajo: 10 a 20 psi

Bomba de acero inoxidable AISI 304

Túnel: Este equipo está construido con paneles en lámina de acero inoxidable. Cuenta con puertas laterales para facilitar la inspección del túnel. Está soportado en la parte superior por porterías en Perfil Estructural que evita que las paredes del túnel pierdan su alineación. Así mismo cuenta con doble trampa para vapores para evitar la contaminación del ambiente y corrosión del transportador.

Tanque de desengrase: Fabricado en lámina de acero inoxidable, el intercambiador de calor en acero inoxidable Calibre 14 en la cámara de combustión, aislamiento térmico lámina galvanizada.

Quemador de 400.000 BTU/hora Pirómetro, Sonda y termo resistencia Aislado térmicamente con fibra de vidrio y cubierto en lámina galvanizada. desagüe, rebosadero, niplera de conexión a motobomba, tapas de inspección y llaves de paso; flotador de nivel de líquido en el tanque fabricado en Acero Inoxidable, intercambiador de calor de dos pasos, fabricado en acero inoxidable AISI 304. Eficiencia del intercambiador de calor: 75 %.

Tanques de enjuague con agua corriente y nanocerámicos: Fabricados en lámina en acero inoxidable, compuesto de desagüe, rebosadero, niplera de conexión a la motobomba, tapas de inspección y llaves de paso. Flotador de nivel de líquido en el tanque fabricado en Acero Inoxidable.

Motobomba: Tres motobombas centrífuga verticales, para la zona de recirculación y aspersión de las soluciones. Todos los accesorios y tuberías son en polipropileno para alta presión para evitar la corrosión y taponamiento de las boquillas

Boquillas de aspersión están montadas en cada sección sobre tubos en polipropileno para alta presión que circundan la pieza, son de fácil acceso para montar y desmontar de tal manera que permite su limpieza. Se encuentran desfasadas y alternadas para garantizar una cobertura total de la pieza; son de tipo abanicos planos fabricados en acero inoxidable. Orientables alrededor de su propio eje, removibles y sustituibles.

Calentamiento de las soluciones: Este es efectuado por medio del intercambiador de calor con quemador a gas. El sistema de calentamiento está calculado de modo que se mantenga constante la temperatura de la solución

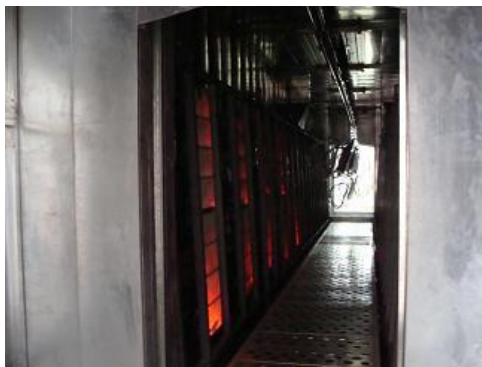
supliendo la pérdida de calor como consecuencia de la aspersion y entrada de masa fría al sistema.¹³

Regulación de la temperatura: Compuesta por: Una sonda termo-resistencia sumergida en el tanque Pirómetro para indicar y controlar temperatura instalado en el tablero general de controles.

Seguridad: Todos los motores tienen sus respectivas protecciones térmicas en el tablero de control. Cada elemento del túnel que llegase a fallar está conectado a una señal lumínica y sonora de doble vía. Cada tanque está provisto de rebosadero para evitar el sobrellenado de los mismos. Pasarela para inspección de las boquillas. Puertas de acceso lateral para mantenimiento y revisión de cualquier anomalía

- Horno de polimerizado inframix HP100-32.0.8-0.

Figura 7. Horno polimerizado inframix.



Fuente: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

Este horno inframix desarrollado por Sifap Tecnología S.A.S, incorpora las dos tecnologías de hornos más utilizadas en el mercado del curado de pintura en polvo, curado por convección forzada y curado por infrarrojo con sistema catalítico, esta tecnología está desarrollada hace varios años y con estos sistemas se fabrican normalmente hornos mixtos, donde la primera etapa es infrarroja y la segunda a convección, Sifap Tecnología S.A.S, después de fabricar e instalar más de 70 hornos de estos, logro combinar en una sola etapa las dos tecnología (hornos inframix), mejorando notablemente la eficiencia de los dos sistemas, bajando consumos de energía, aumentando la transferencia de calor y mejorando la homogeneidad dentro del horno. Esta tecnología reduce aún más el tamaño del horno ahorrando espacio en la planta y haciendo con éste líneas de pintura más compactas pero más eficientes.

¹³ SIFAP TECNOLOGIA S.A.S. Túneles de pretratamiento. [En línea]. 2014 [Citado 25-Nov-2014]. Disponible en internet: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

1.2 JUSTIFICACION

En la actualidad la tecnología juega un papel determinante para la competitividad de las industrias ya que contribuye en el desarrollo de las mismas, controlando las variables asociadas a cada proceso para mejorar los tiempos de producción, la calidad y la eficiencia en el uso de recursos. De esta manera se optimizan los procesos para reducir los costos y aumentar la utilidad en las compañías. En la empresa Creaciones y Diseños se detectó que existen problemas de calidad tanto en el proceso como en el producto final, lo cual genera reprocesos, pérdidas en los insumos y recursos, lo cual afecta directamente a las utilidades de la compañía, en consecuencia la solución propuesta es un sistema automatizado por aspersion para el lavado de piezas, el cual nos da solución a los siguientes aspectos:

1. Mejora en la calidad del producto terminado, ya que el tipo lavado es más uniforme puesto que es controlado por sistemas automáticos reduciendo el porcentaje de rechazo de un 8% a un 2%.
2. Optimización en los tiempos de lavado de las piezas.
3. Reducción de riesgos de asociados a los operarios por levantamiento de cargas y manejo de químicos.
4. Eficiencia en el uso de los recursos e insumos utilizados en los procesos, ayudando de esta forma a que sea un proceso sostenible.

Todos estos aspectos están encaminados a reducir costos, aumentar productividad y calidad, ayudando al mejoramiento continuo de los procesos en la empresa Creaciones y Diseños S.A. Aumentando de esta manera las utilidades de la empresa.

2. OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GENERAL

Diseño de un sistema automatizado de lavado por aspersion para piezas a pintar con recubrimiento electrostático en la empresa Creación Pintura y Diseño S.A.S.

2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

1. Diseñar la estructura de la cabina de lavado y el transportador aéreo de piezas.
2. Determinar y seleccionar el sistema de transmisión para el transporte de piezas.
3. Seleccionar el sistema de calentamiento de soluciones para el lavado.
4. Diseñar el sistema para la recirculación y la aspersion de fluidos.
5. Seleccionar los componentes para la implementación de la automatización del proceso.

3. MARCO TEÓRICO

3.1 PINTURA EN POLVO

Siendo una de las alternativas más limpias y eficientes, la pintura en polvo es un tipo de revestimiento orgánico que se usa para cubrir y proteger todo tipo de materiales metálicos. Comparada con las pinturas líquidas, es la única que tiene componentes secos cien por ciento libres de solventes.¹⁴

3.2 SISTEMA DE LAVADO DE PIEZAS POR ASPERSION

El lavado por aspersión es el método de limpieza más rápido posible, combina la fuerza mecánica del chorro de aspersión con la acción química y física de la solución de limpieza. Las máquinas por chorro aspersión son generalmente diseñadas para una instalación en particular. Definiendo tamaño, volumen, tiempo necesario para la limpieza y el enjuague, y las operaciones subsiguientes son factores que influyen en el diseño de máquinas individuales. Muchas máquinas se instalan para más de una etapa de lavado, así como para el lavado y secado de aire forzado. Pueden ser lotes estilo gabinete o transportador de línea. El tipo adecuado es el que coincide con el manejo de materiales y producto de flujo del resto del proceso de fabricación. El trabajo se transporta a través de las diferentes etapas de lavado de aspersión sobre una cinta transportadora plana, en un tornillo como el tambor que mantiene el avance del proceso, o lo suspende de un monorriel.

Las máquinas de aspersión ofrecen una solución a través de boquillas fijas, que inciden en el trabajo de todos los ángulos a medida que pasa las piezas a través de la cabina. Las piezas a lavar se exponen normalmente a una solución de detergente por aproximadamente un minuto, a veces menos. Para túneles de lavado, los aspersores pueden ser fijos o móviles. La mayoría de las operaciones se fijan aspersores en una mesa giratoria de inflexión de forma relativamente lenta (por lo general 2 a 10 rpm) a través de los aspersores para garantizar la limpieza en general. El uso de la lógica programable, los controladores en máquinas lavadoras por aspersión en cabinas en donde se pueden permitir el procesamiento de múltiples etapas en una sola cabina. La clave es mantener las soluciones separadas y desarrollar un sistema para evitar la contaminación cruzada. Esto incluye el uso de cabeceras de aspersión separadas o que se tienen una forma de evacuar una solución antes de la transformación de la segunda etapa. Si se requiere una etapa seca, la cabina debe estar diseñada de manera que los depósitos de solución se pueden cerrar desde la cabina de aspersión; de lo contrario, la humedad continuará fluyendo en la cabina.

¹⁴ RODRIGUEZ GARZON. Gerardo. No escatime en la preparación de superficies En: Revista Metal actual. Abril- mayo 2008. N° 8, p 35

Los tanques de solución deben ser dimensionados para contener un volumen de dos a tres veces la tasa de flujo de la bomba. El fondo del tanque debe ser en pendiente para facilitar la limpieza, y todo el tanque debe estar aislado para la eficiencia y la seguridad del operador. La entrada de la bomba debe estar por encima de la parte inferior del tanque y debe ser equipada con una pantalla para evitar el ingreso de sedimentos y residuos. En el manejo de las emulsiones inestables, aspiración de las bombas deben estar ubicados en las interfaces de aceite y agua. En algunas aplicaciones, es necesaria más de una admisión. El tanque de almacenamiento por lo general se construye de acero de bajo carbono. El espesor del acero depende del tamaño de los equipos, pero no debe ser inferior a calibre 10.

3.2.1 Sistema de tuberías. Para una limpieza eficaz por aspersión, la presión de la boquilla debe ser de al menos 105 kPa (15 psi) para proporcionar una acción mecánica adecuada a la superficie de la pieza de trabajo. Las presiones más altas pueden ser utilizadas, pero tienden a atomizar más la emulsión. Las boquillas deben ser fácilmente accesibles y desmontables para la limpieza. Para evitar niebla de pulverización, las boquillas finales en la limpieza y cámaras de lavado tienen que ser desviadas hacia el interior aproximadamente 30°. Todas las boquillas deben ser escalonadas para asegurar una cobertura completa de la pieza de trabajo.

El uso de un transportador de velocidad variable debe ser considerado en la instalación inicial para permitir cierta libertad en el tiempo de retención de piezas en el ciclo de limpieza.

3.2.2 Calefacción. El vapor se utiliza ampliamente como una fuente de calor en unidades de limpieza de pulverización. La capacidad de las bobinas o placas de vapor debe ser suficiente para calentar la solución a una temperatura operativa dentro de 30 min a 1 h.

3.2.3 El secado al aire. El aire forzado se utiliza para partes secas después de limpiar y enjuagar. Se puede calentar o se mantiene a temperatura ambiente. El aire caliente tiene tres ventajas: • El secado se acelera, la superficie limpia se conserva, se requiere menos aire para el mismo número de piezas.¹⁵

3.3 SISTEMAS DE TRANSMISION DE MOVIMIENTO

3.3.1 Tipos de Engranés. Se fabrican engranes en muchas configuraciones para aplicaciones particulares. Esta sección describe algunos de los tipos más comunes.

¹⁵ Metal Handbook, vol 5, Surface Engineering, 9a ed, ASM Int, 1994. p. 92-94

- Engranos rectos: Son engranes en los cuales los dientes son paralelos al eje de simetría del engrane. Ésta es la forma de engrane más simple y menos costosa. Los engranes sólo pueden engranarse si sus ejes son paralelo.
- Engranos Helicoidales: Son engranes en los cuales los dientes forman un ángulo helicoidal Ψ con respecto al eje del engrane
- Engranajes helicoidales dobles o de espina de pescado: Se forman al unir dos engranes helicoidales de paso a diámetro idénticos, pero de sentido opuesto sobre el mismo eje. Ambos conjuntos de diente con frecuencia se rallan en la misma pieza.¹⁶
- Tornillos sin fin y engranes de tornillo sin fin: Si el ángulo de hélice se incrementa lo suficiente, el resultado será un tornillo sin fin, el cual tiene solo un diente enrollado continuamente alrededor de su circunferencia un número de veces, como una rosca de tornillo. Este tornillo sin fin puede engranarse con un engrane de tornillo sin fin especial (o rueda de tornillo sin fin, cuyo eje es perpendicular al del tornillo sin fin).¹⁷
- Cremallera y piñón: Si el diámetro del círculo base de un engrane se incrementa sin límite, el círculo base llegara a ser una línea recta. Si la cuerda enrollada alrededor de este círculo base para genera la involuta siquiera en su lugar después del agrandamiento del círculo base a un radio infinito, la cuerda tendría su centro en el infinito y generaría una involuta que es una línea recta. Este engrane lineal se llama cremallera.¹⁸

3.3.2 Transmisión por cadenas

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este diseño permite tener flexibilidad y permite además que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión.

Cuando se transmite potencia entre ejes giratorios, la cadena entra en ruedas dentadas correspondientes llamadas catarinas. El tipo de cadena más común es la cadena de rodillos, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catarinas.¹⁹

¹⁶ NORTON. Robert L. Diseño de maquinaria. México: McGraw-Hill, 2004 p.426.

¹⁷ Ibid., p.427

¹⁸ NORTON. Robert L. Diseño de maquinaria. México: McGraw-Hill, 2004 p.427-428.

¹⁹ Ibid., p. 283

3.4 DISEÑO DE ELEMENTOS

3.4.1 Diseño de vigas prismáticas

Para diseñar una viga con base en su resistencia, se requiere que el esfuerzo real de flexión y de cortante en la viga no rebasen el esfuerzo admisible, de flexión de cortante para el material, como se definen en los códigos estructurales o mecánicos. Si el tramo suspendido de la viga es relativamente largo, de modo que los momentos internos se hacen grandes, ingeniero debe tener en cuenta primero un diseño basado en la flexión, para después comprobar la resistencia al cortante. Un diseño por flexión requiere determinación de módulo de sección de la viga, que es la relación de I entre c ; esto es, $S = I/c$. Al aplicar la fórmula de la flexión, $\sigma = Mc/I$, se tiene que

$$S_{req} = M/\sigma_{adm} \quad (2)$$

En este caso M se determina con el diagrama de momentos de la viga, el esfuerzo a flexión admisible, σ_{adm} se especifica en un código de diseño. En muchos casos, el peso desconocido de la viga será pequeño, y se puede despreciar en comparación con las cargas que debe soportar la viga. Sin embargo, si el momento adicional causado por el peso se debe incluir en el diseño, se hace una selección de S tal que rebase un poco el S_{req} .²⁰

3.4.1.1 Procedimiento para el análisis:

- Diagrama de cortante y de momento de flexión

Determinar el cortante y el momento de flexión máximo en la viga. Con frecuencia esto se hace trazando los diagramas de cortante y de momento de la viga.

Para vigas compuestas, los diagramas de cortante y de momentos son útiles para identificar regiones donde el cortante y la flexión son demasiado de grande, y pueden necesitar refuerzos estructurales adicionales o sujetadores.

- Esfuerzo normal promedio

Si la viga es relativamente larga, se diseña calculando su módulo de sección con la fórmula de la flexión $S_{req} = M_{max}/\sigma_{adm}$ (4).

Una vez determinado S_{req} , se calculan las dimensiones de la sección transversal cuando el perfil es simple ya que $S_{req} = I/c$. (5).

²⁰ Ibid., p. 559.

Si se usan perfiles laminados de acero, se pueden seleccionar varios valores posibles de S en las tablas del apéndice B. de ellas elegir el área transversal mínima, porque será la más económica.

Asegúrese de que el módulo de sección seleccionado S sea un poco mayor que S_{req} , para tener en cuenta el momento adicional debido al peso de la viga.

- Esfuerzo cortante

En el caso normal, las vigas cortas que soportan grandes cargas, y en especial las de madera, se diseñan primero para resistir el cortante, y después se comprueban los requisitos del esfuerzo de flexión admisible.

Se usa la fórmula del cortante para comprobar que no se rebase el esfuerzo cortante admisible, esto es usar

$$\tau_{adm} \geq V_{max} Q/It. \quad (6).$$

Si la viga tiene un corte transversal rectangular lleno, la fórmula del cortante se transforma en

$$\tau_{adm} \geq 1.5(V_{max}/A) \quad (7)$$

y si el perfil es I , en general es adecuado suponer que el esfuerzo cortante es constante dentro del área transversal del alma de la viga, por lo que

$$\tau_{adm} \geq V_{max}/A_{alma} \quad (8)$$

donde A_{alma} se determina con el producto del peralte de la viga por el espesor del alma.²¹

3.5 TERMODINÁMICA Y TRANSFERENCIA DE CALOR.

La termodinámica trata de los estados de equilibrio y de los cambios desde un estado de equilibrio hacia otro. Por otra parte, la transferencia de calor se ocupa de los sistemas en los que falta el equilibrio térmico y, por lo tanto, existe un fenómeno de no equilibrio. Por lo tanto, el estudio de la transferencia de calor no puede basarse sólo en los principios de la termodinámica. Sin embargo, las leyes de la termodinámica ponen la estructura para la ciencia de la transferencia de calor. En la primera ley se requiere que la razón de la transferencia de energía hacia un sistema sea igual a la razón de incremento de la energía de ese sistema.

²¹ Ibid., p. 562.

En la segunda ley se requiere que el calor se transfiera en la dirección de la temperatura decreciente.²²

3.5.1 Intercambiadores de calor

Los intercambiadores de calor son aparatos que facilitan el intercambio de calor entre dos fluidos que se encuentran a temperaturas diferentes y evitan al mismo tiempo que se mezclen entre sí. En la práctica, los intercambiadores de calor son de uso común en una amplia variedad de aplicaciones, desde los sistemas domésticos de calefacción y acondicionamiento del aire hasta los procesos químicos y la producción de energía en las plantas grandes. Los intercambiadores de calor difieren de las cámaras de mezclado en el sentido de que no permiten que se combinen los dos fluidos que intervienen.²³

3.5.2 Tipos de intercambiadores de calor

El tipo más simple de intercambiador de calor consta de dos tubos concéntricos de diámetros diferentes, llamado intercambiador de calor de doble tubo o tubos concéntricos. En un intercambiador de este tipo uno de los fluidos pasa por el tubo más pequeño, en tanto que el otro lo hace por el espacio anular entre los dos tubos.²⁴

Otro tipo de intercambiador de calor, diseñado específicamente para lograr una gran área superficial de transferencia de calor por unidad de volumen, es el compacto. La razón entre el área superficial de transferencia de calor de un intercambiador y su volumen se llama densidad de área β . Un intercambiador de calor con $\beta > 700 \text{ m}^2/\text{m}^3$ (o $200 \text{ ft}^2/\text{ft}^3$) se clasifica como compacto.

Quizás el tipo más común de intercambiador de calor en las aplicaciones industriales sea el de tubos y coraza. Estos intercambiadores de calor contienen un gran número de tubos (a veces varios cientos) empacados en una carcaza con sus ejes paralelos al de éste. La transferencia de calor tiene lugar a medida que uno de los fluidos se mueve por dentro de los tubos, en tanto que el otro se mueve por fuera de éstos, pasando por la coraza.²⁵

3.6 MECÁNICA DE FLUIDOS

²² CENGEL, Yunus A y GHAJAR, Afshin J. Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. 6 ed. México: Mc Graw Hill, 2009. p. 2

²³ Ibid., p. 629

²⁴ Ibid., p.630

²⁵ Ibid., p. 631

Los conductos que se utilizan para transportar fluidos son de dos clases:

- Conductos cerrados: o tuberías en los cuales el fluido se encuentra bajo presión o depresión.
- Conductos abiertos o canales (acueductos, canales de riego, ríos, etc.)

3.6.1 Pérdidas primarias y secundarias en tuberías

Las pérdidas por carga en tuberías son de dos clases primarias y secundarias.

Las pérdidas primarias son las pérdidas de superficie en el contacto del fluido con la tubería (capa límite), rozamiento de unas capas del fluido con otras (régimen laminar) o de las partículas de fluido entre sí (régimen turbulento). Tienen lugar en flujo uniforme, por lo tanto principalmente en los tramos de tubería.

Las pérdidas secundarias son las pérdidas de forma, que tienen lugar en las transiciones (estrechamientos o expansiones de la corriente), codos, válvulas, y en toda clase de accesorios de tubería.²⁶

3.6.1.1 Ecuación fundamental para pérdidas primarias

ECUACION DE DARCY-WEISBACH

$$H_{rp} = \lambda \frac{L}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (12)$$

H_{rp} - pérdida de carga primaria

λ - coeficiente de pérdida de carga primaria

L - longitud de la tubería

D - diámetro de la tubería

v - velocidad media del fluido²⁷

3.6.1.2 Pérdidas secundarias

Las pérdidas secundarias se pueden calcular por dos métodos:

²⁶ MATAIX, Claudio. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. 2 ed. España: Ediciones del Castillo, S.A. 1986. P. 203.

²⁷ Ibid., p. 206

Primer método: por una fórmula especial y un coeficiente de pérdidas adimensional de pérdidas secundarias

Ecuación fundamental de pérdidas secundarias

$$H_{rs} = \zeta \frac{v^2}{2g} \quad (13)$$

H_{rs} - pérdida de carga secundaria

ζ - coeficiente adimensional

v - velocidad media en la tubería, si se trata de codos, válvulas, etc.

Si se trata de un cambio de sección como contracción o ensanchamiento, suele tomarse la velocidad en la sección menor. Lo correcto en un Manual de Hidráulica será indicar junto al valor de ζ la velocidad v que hay que tomar en cada caso.²⁸

Segundo método: por la misma fórmula de las pérdidas primarias sustituyendo en dicha fórmula la longitud de la tubería, L por la longitud equivalente L_e .²⁹

Este segundo método consiste en considerar las pérdidas secundarias como longitudes equivalentes, es decir longitudes en metros de un trozo de tubería del mismo diámetro que produciría las mismas pérdidas de carga que los accesorios en cuestión.

$$H_r = \lambda \frac{(L + \sum L_e) v^2}{D 2g} \quad (14)$$

H_r - suma total de pérdidas primarias y secundarias

λ - coeficiente de pérdidas del diagrama de Moody

L - longitud total de los tramos rectos de tuberías

$\sum L_e$ - suma de todas las longitudes equivalentes a los accesorios diversos

v - velocidad media en la tubería

Si la tubería cambia de sección se aplicará la ecuación de continuidad como

Ya se ha advertido.³⁰

²⁸ Ibid., p.237

²⁹ Ibid., p. 236

³⁰ Ibid., p. 247

4 METODOLOGIA

Para la realización del proyecto se seguirá la siguiente metodología:

4.1 Etapa de documentación y búsqueda de información

En esta etapa se realiza la búsqueda de información y documentación relacionada con el proyecto, realizada en libros de ingeniería mecánica como son Mecánica de materiales, mecánica de fluidos, transferencia de calor, materiales en ingeniería, automatización industrial, diseño de maquinaria, diseño de elementos. También se realizara una búsqueda en catálogos de empresas relacionadas con el sector de pintura en polvo, catálogos de máquinas de lavado automático, revistas especializadas en ingeniería mecánica y pintura en polvo.

Se consultaran bases datos en donde se publiquen proyectos de grado recientes relacionados con tratamiento de superficies y adelantos en esta temática. Se seguirán las normas Icontec para el pretratamiento y lavado de superficies.

4.2 Fase de dimensionamiento de elementos.

En esta fase se define el espacio en la empresa Diseños y Creaciones S.A para la instalación del proceso automatizado de pintura electrostática. Para esto se debe seguir los siguientes pasos:

- Se debe hacer un layout de la distribución en planta del proceso de lavado y aplicación de pintura en polvo.
- Tomar medidas del espacio definido en la empresa para el proceso completo de aplicación de pintura en polvo.
- se realizara un estudio estadístico de piezas, para dimensionar la cabina de lavado según las medidas de las piezas pintadas con mayor frecuencia y así poder establecer un rango de dimensiones para estos elementos.
- Con la información recogida anteriormente se puede definir las dimensiones del transportador aéreo.

4.3 Fase de Diseño

4.3.1 Diseño estructural:

En esta etapa se diseña la parte estructural de la cabina de lavado, el transportador aéreo de piezas, las tolvas inferiores, y demás componentes estructurales que componen el proceso de lavado, de acuerdo a las teorías de diseño mecánico y a las dimensiones definidas en la etapa de dimensionamiento. En esta fase se realizan los planos de despiece de todos los elementos que componen la cabina de lavado.

4.3.2 Cálculo de sistema de tracción del transportador: En esta etapa se realiza el cálculo y selección de elementos de transmisión de movimiento que se utilizarán en el transporte de piezas, como son cadenas, bandas, engranes, motoredutores, variadores, etc. Basándose en la velocidad ideal para un óptimo lavado y la tracción necesaria para el arrastre de piezas.

4.3.3 Selección de sistema hidráulico: en esta etapa se desarrollan los cálculos y selección del sistema hidráulico para el transporte de los fluidos en el proceso de lavado de piezas por aspersión, fundamentado en la presión necesaria para un aconsejable lavado de piezas. Seleccionado tuberías, válvulas, bombas, aspersores y demás accesorios.

4.3.4 Diseño de sistema para el calentamiento de fluidos: En esta fase se realiza el diseño y selección de componentes del sistema de calefacción tales como quemadores, intercambiadores, serpentines etc.

4.3.5 Selección de elementos neumáticos: en esta fase se seleccionan los elementos neumáticos a utilizar en el diseño de la cabina.

4.3.6 selección de componentes para la automatización del proceso: En esta fase se desarrolla el diseño de automatización del proceso de lavado, seleccionando y estableciendo controles de medida para temperatura de los fluidos, velocidad del transportador aéreo, nivel de agua, accionamiento de puertas y demás componentes que necesitan de controles estrictos para un óptimo lavado.

4.4 Etapa Final

En esta fase se organizan todos los documentos como son cálculos, planos anexos, y se desarrolla el documento de acuerdo a la norma lcontec para presentación de proyectos de grado, siguiendo los parámetros establecidos por la Universidad.

5 CRONOGRAMA

Tabla 1. Cronograma de actividades

| ITEM | DESCRIPCION | DURACION EN SEMANAS | | | | | | | | | | | | | | | | |
|------|---|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 1 | BUSQUEDA DE INFORMACION | ■ | ■ | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2 | DIMENSIONAMIENTO DE ELEMENTOS | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,1 | DEFINICION Y TOMA DE MEDIDAS EN SITIO | | | ■ | | | | | | | | | | | | | | |
| 2,2 | RECOPIACION Y ORGANICZACION DE INFORMACION PARA DEFINICION DE DIMENSIONES | | | | ■ | | | | | | | | | | | | | |
| 3 | DISEÑO ESTRUCTURAL | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3,1 | DISEÑO ESTRUCTURAL DE CABINA DE LAVADO | | | | | ■ | | | | | | | | | | | | |
| 3,3 | DISEÑO ESTRUCTURAL DE TOLVAS INFERIORES | | | | | | ■ | | | | | | | | | | | |
| 4 | SELECCIÓN DE SISTEMA DE TRANSMISION DE TRANSPORTADOR DE PIEZAS | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | | | |
| 5 | SELECCION DE SISTEMA HIDRAULICO | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | | |
| 6 | DISEÑO DE SISTEMA DE CALEFACCION | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | | | | |
| 7 | SELECCION DE ELEMENTOS NEUMATICOS | | | | | | | | | | | | ■ | | | | | |
| 8 | SELECCIÓN DE COMPONENTES PARA LA AUTOMATIZACION DEL PROCESO | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ | | | |
| 9 | ORGANIZACIÓN Y ENTREGA DE DOCUMENTO FINAL | | | | | | | | | | | | | | | | ■ | ■ |

Fuente: Autor

6 PRESUPUESTO Y FUENTES DE FINANCIACION

TABLA 2. Costos del proyecto.

| COSTOS PROYECTO | | | | | |
|-----------------|-------------------------|--------|--------------|----------|-----------------|
| ITEM | DESCRIPCION | UNIDAD | COSTO | CANTIDAD | TOTAL |
| 1 | INTERNET | HORAS | \$ 1.500,00 | 80 | \$ 120.000,00 |
| 2 | PAPELERIA E IMPRESIONES | UND | \$ 200,00 | 250 | \$ 50.000,00 |
| 3 | TRANSPORTES | UND | \$ 1.500,00 | 32 | \$ 48.000,00 |
| 4 | MANO DE OBRA DISEÑO | UND | \$ 11.000,00 | 224 | \$ 2.464.000,00 |

| | |
|--------------|-----------------|
| TOTAL COSTOS | \$ 2.682.000,00 |
|--------------|-----------------|

Fuente: autor

Todos los costos serán asumidos por el autor de la tesis.

BIBLIOGRAFIA

BARROS CABRERA, Edison adrian y MOGOVEJO MERCHAN, Diego Gerardo. Diseño y construcción de control automático para el proceso de limpieza y decapado por inmersión, de cajas metálicas construidas en tol para la fábrica de la empresa Electrocontrol. Tesis previa a la obtención de ingeniero electrónico. Ecuador. Universidad politécnica Salesiana. 2007.

CENGEL, Yunus A y GHAJAR, Afshin J. Transferencia de calor y masa. Fundamentos y aplicaciones. 6 ed. México: Mc Graw Hill, 2009. p. 2

DURR. Pintura y montaje final. [En línea]. 2014 [Citado 20-Nov- 2014]. Disponible en internet: <http://www.durr-paint.com/es>

HIDROBO ALARCON, Sebastián y BARRAGAN ROJAS, José Rafael. Diseño y construcción de una cabina semiautomática para el lavado de piezas metálicas mediante el proceso de fosfatado. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Ecuador. Universidad San Francisco de Quito. Abril de 2013. p.42

MATAIX, Claudio. Mecánica de Fluidos y Maquinas Hidráulicas. 2 ed. España: Ediciones del Castillo, S.A. 1986. P. 203

MERCHAN CEDEÑO, Miguel Ángel. Diseño de proceso para el pretratamiento de láminas metálicas previo a la aplicación de pintura electrostática. Tesis para la obtención del título de Ingeniero Mecánico. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. 2012. p. 2

Metal Handbook, vol 5, Surface Engineering, 9a ed, ASM Int, 1994. p. 92-94

NORTON. Robert L. Diseño de maquinaria. México: McGraw-Hill, 2004 p.426.

RODRIGUEZ GARZON. Gerardo. No escatime en la preparación de superficies En: Revista Metal actual. Abril- mayo 2008. N° 8, p 35

SIFAP TECNOLOGIA S.A.S. Túneles de pretratamiento. [En línea]. 2014 [Citado 25-Nov- 2014]. Disponible en internet: <http://www.sifaptecnologia.com/tuneles.html>

