

“Diseño de una cámara de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metal-mecánica”

Christian Leopoldo Paredes Salinas⁽¹⁾ Manuel Helguero González Ing.⁽²⁾

Facultad de Ingeniería en Mecánica y ciencias de la Producción⁽¹⁾

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

chlepare@espol.edu.ec⁽¹⁾ mhelguer@espol.edu.ec⁽²⁾

Resumen

El trabajo de tesis presenta el diseño de una cámara de pintura electrostática con recuperación de polvo de pintura, los cuales se producen en la aplicación a un producto de una empresa metalmeccánica. Como los productos son diseñados para resistir fuertes cargas, también su pintura debe tener buenas propiedades mecánicas y su adherencia debe ser óptima. El desperdicio de pintura debido a que no todo se asienta en el producto así como también la difusión de una nube de polvo que se genera y que como no se está totalmente aislado el sistema afecta a los alrededores de la empresa. Este estudio comprende un análisis, investigación, diseño de la cámara y sistema de extracción que nos da como resultado y solución a nuestra necesidad una cámara de aplicación conjuntamente con el sistema de extracción interna que son refrendados por cálculos, planos y simulaciones así como también un análisis de costos de materiales y obra.

Palabras Claves: *Pintura, electrostática, propiedades mecánicas, ciclón, sistema de extracción, ventilación industrial, diseño de cámara, polvo de pintura, metalmeccánica adherencia, recolección simulación.*

Abstract

The thesis presents the design of paint chamber with recovery electrostatic powder paint system, which occurs in the application to a product of an engineering company. As products are designed to withstand heavy loads, also his painting must have good mechanical properties and adhesion must be optimal. Waste paint because not everything is based on the product as well as the diffusion of a cloud of dust generated and as not being totally isolated the system affects the company around. This study includes an analysis, research, design of the chamber and exhaust system that gives results and solution to our need for a camera application together with the internal extraction system are endorsed by calculations, drawings and simulations as well as a analysis of materials and labor costs.

Keywords: *Painting, electrostatic, mechanical properties, cyclone, extraction system, industrial ventilation chamber design, paint dust, metal adhesion, harvesting simulation*

1. Introducción

Como objetivo de este trabajo es realizar un diseño de una cámara de aplicación de pintura electrostática con recuperación de polvo para una empresa metalmeccánica. El trabajo lo encomendó la empresa Helguero e Hijos con el fin u objetivo de diseñar una cámara donde se pueda recuperar el polvo sobrante a la aplicación que queda suspendido en el aire o bien en el piso.

El problema de pérdida de polvo se ha venido sucediendo por mucho tiempo en esta empresa aunque no ha causado problema a nivel de contaminación al exterior de la misma, ni problemas municipales, pero, como buscan una solución óptima no solo para la empresa, sino para no tener problemas municipales, se

debe tener en cuenta el límite máximo de emanación de material particulado al ambiente.

Se realizó un estudio del proceso de aplicación de pintura y posibles soluciones mediante una investigación a fondo de la tecnología de este método. Al analizar la situación actual de la empresa se pudo definir los problemas y limitaciones que se tiene para así poder buscar la mejor solución que será ergonómica, de bajo costo, factible y amigable al ambiente.

Se ha elegido este tema debido a que su estudio aportará a su utilización en las empresas que, en el Ecuador, estén utilizando este método y que requieren de un soporte científico.

2. Materiales y Métodos.

Se inicio la investigación con un análisis de la empresa y sus necesidades con respecto al área de pintado empezando por un estudio general del proceso. De aquí se partió con la parte visual, donde se encontró falencias en la aplicación.

El método que utiliza la empresa para la aplicación es tipo por paradas donde en la primera se realiza una limpieza al producto, de ahí en la segunda estación la aplicación del polvo de pintura electrostática y la tercer estación, un horno de curado donde la pintura llega a obtener las propiedades mecánicas en el producto.

Se procede a hacer un análisis del problema subsistente en el cual se indica que se necesita una cámara de aplicación que sea capaz de soportar 400 kg de producto suspendido en una viga tipo HEB la cual no solo servirá de apoyo sino también de riel como se muestra en la figura 1. Y un sistema de extracción del aire dentro de la cámara para la limpieza del mismo. Este sistema constará de una campana, ducto, ciclón (para limpieza del aire) y un ventilador al final del sistema.

Basándose en los datos antes dispuestos se llega a diseñar con la viga tipi HEB y los estructurales cuadrados para la cámara como soporte metálico. También se realizó una simulación para demostrar los resultados teóricos por medio de software

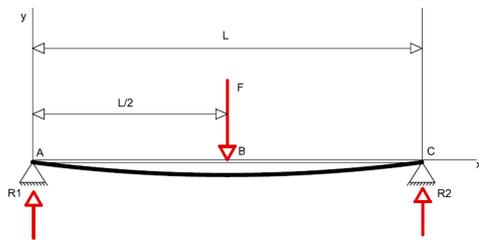


Figura 1. Análisis de fuerzas y reacciones

Se realizó el sistema de extracción basándose en las características del material a extraer como se muestra en la tabla 1 y figura 2.

Datos generales		
Caudal	0.52	m ³ /s
Viscosidad del aire	0,067	kg/m-hr
Densidad de partícula	1500	kg/m ³
Presión de Operación	1	atm
Temperatura	25	°C
Velocidad fluido mínima	17	m/s

Tabla 2. Características del sistema

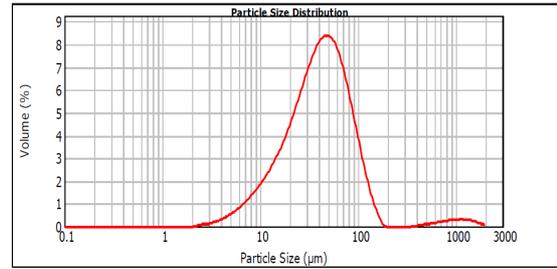


Figura 2. Distribución de tamaño de partícula.

Llegando a obtener en el sistema de extracción de aire contaminado una eficiencia de la suma total de la tabla 2:

µm	\overline{dp}_1 (µm)	\overline{dp}_1/d_{pc}	η_j	%Masa	Porcentaje colectado
0 a 5	2.50	0.65	0.238	1.26	0.30
5 a 10	7.50	1.68	0.738	5.60	4.13
10 a 15	12.50	2.80	0.887	6.73	5.97
15 a 20	17.50	3.92	0.939	11.20	10.51
20 a 25	22.50	5.04	0.962	5.07	4.48
25 a 30	27.50	6.16	0.974	5.81	5.66
30 a 35	32.50	7.28	0.981	6.51	6.39
35 a 40	37.50	8.39	0.986	7.10	7.00
40 a 45	42.50	9.51	0.989	7.48	7.40
45 a 60	52.50	11.75	0.993	14.94	14.83
60 a 80	70.00	15.67	0.996	12.70	12.65
80 a 100	90.00	20.15	0.998	8.55	8.53
100 a 120	110.00	24.62	0.998	2.57	2.57
120 en adelante	130.00	29.10	0.999	4.29	4.28

Tabla 2. Características del sistema

Lo cual nos da una suma de:

$$\eta_0 = 94.80 \%$$

Y se procede a hacer una simulación en el software ANSYS ara demostrar los resultados teóricos como se muestra en la figura 3.

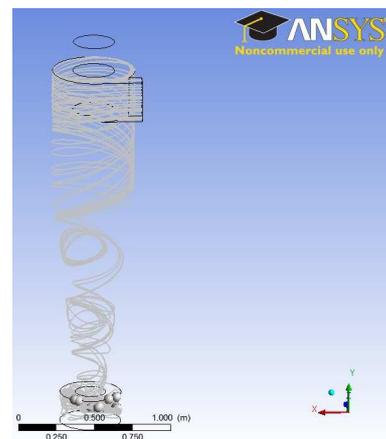


Figura 3. Simulación de sistema de limpieza de aire

Se llega al final del proceso de diseño del sistema de extracción a la selección de un ventilador que sea

capaz de superar la caída de presión en todo el sistema con las siguientes características:

$$\Delta P_{\text{Total}} = \Delta P + \Delta P_{\text{campana}} + \Delta P_{\text{ducto}} - \Delta P_{\text{Ciclón}} + \Delta P_{\text{Accesorios}}$$

$$\Delta P_{\text{Total}} = 35.67 + 8.75 + 7.5 + 28.8 + 57.75$$

$$\Delta P_{\text{Total}} = 138.47 \text{ mm H}_2\text{O}$$

Ventilador centrifugo modelo CM 280 del fabricante Soler&Palau con caudal de 0.52 m³/s y caída de presión de 138.47 mm de agua.

Se realizo un análisis de los costos debido a que se debe tener en cuenta la disponibilidad de los materiales y equipos usados en este trabajo. Una de las prioridades del mismo radica en que todo lo que intervenga tenga que estar en el Ecuador.

Por lo tanto se investigo y se detalla los materiales y costos a continuación por medio de un presupuesto general en la figura 4.

Presupuesto Construcción de Una Cámara de Pintura electrostática con recuperación de polvo

MATERIALES			
Cantidad	Item	Precio	Subtotal
13	Plancha acero A36 2 mm	49.07	637.91
10	Angulo	9.50	95.00
1	Viga HPN 100 (3m)	183.60	183.60
6	Tubo estructural	29.80	178.80
2	Rejillas	160.00	320.00
2	Codo	25.00	50.00
1	Tubería Ventilación	15.00	15.00
1	Conducto Cambio de sección	15.00	15.00
1	Ducto circular Manufacturado	25.00	25.00
1	Ventilador	1141.49	1141.49
Costo Materiales			\$ 2661.80
Costo Mano de Obra			1050.04
Montaje			638.68
Subtotal			\$ 4350.52
IVA			\$ 522.06
Total			\$ 4872.59

Figura 4. Presupuesto general

3. Conclusiones

Con este sistema diseñado se logra dar solución al problema de contaminación del aire ambiente en el lugar donde se realiza el trabajo de aplicación de pintura.

Se pudo hacer un sistema donde el polvo no saldrá al ambiente externo desde la cámara de pintura por medio de un sistema de extracción de aire y de una tolva en el piso para los sedimentos.

La estructura diseñada cumple con lo pedido. Con un factor de seguridad de 4 soportando un producto de 400 Kg de carga estática en el centro y restringido geoméricamente por tener un área de 3300 mm por 3200mm y una altura máxima de 3400mm. Se simuló por medio de software AutoDesk Inventor donde los datos teóricos realizados se pudieron comprobar. Se hallo que el ángulo de reposo de nuestro polvo es aproximadamente de 35° y así tener una tolva necesaria para su recolección.

Se resolvió el problema basándonos en las características del polvo y el proceso y así estructural un sistema de extracción de aire; ergonómico, sencillo y de bajo costo a invertir comparado con otros métodos de limpieza de aire y recolección de partículas. Se tiene una eficiencia en el sistema de extracción de aire con polvo de 94.8%. Se confinó el movimiento del aire para que este se mueva dentro de la cámara y se lo simuló por medio de software, ANSYS versión educativa. Por medio de software se demostró que el ciclón operará de manera requerida como lo que se analizó de manera teórica.

Todos los materiales de la cámara de aplicación y sistema de extracción de polvo se los puede encontrar a nivel local para facilidad de construcción.

Se pudo cumplir con la recolección de polvo para su posterior uso y sin afectar el trabajo de aplicación cumpliendo con el compromiso de evitar problemas ambientales.

4. Agradecimientos

A Dios, a mis padres y hermano, a mi director de tesis Ing. Manuel Helguero que sin dudar me ayudó en este trabajo, a todas las personas como profesores y amigos que aportaron con su grano de arena de conocimiento y con gran cariño a mis padres por confiar desde un inicio en mi y darme la oportunidad de estudiar.

5. Referencias

- [1] Diseño en Ingeniería Mecánica de Shigley, 8va Edición - Richard G. Budynas & J. Keith Nisbet.
- [2] Mecánica de fluidos de Frank M. White, 6ta Edición.
- [3] Air Pollution Control de C. David Cooper & F.C. Alley , 3ra edición.
- [4] Industrial Ventilation de American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 14va Edición.
- [5] Diseño óptimo de Ciclones de Carlos Echeverri, 2006.
- [6] Texto Unificado de la Legislación Ambiental Secundaria, Norma de Calidad del Aire Ambiente, Libro VI Anexo 4, Ecuador, 2003

- [7] Catálogo de Ventiladores Centrífugos de Soler & Palau Pág.2-5-6.
- [8] Catálogo de Acero Dipac Pág. 8,12,15, 31
- [9] Catálogo Acerimallas www.acerimallas.com.ec pág. 10-11.
- [10] Manual Práctico de Ventilación de Salvador Escoda.
- [11] Pinturas en Polvo de Ing. Jorge Omar Francescutti.
- [12] Catálogo para fabricación de campanas extractoras HOLCIM-ECUADOR.
- [13] Revista metal industrial, http://www.asimet.cl/pintura_solida.htm
- [14] Artículo de Pintura en Polvo de Carolina Llano