

Diseño de una máquina automática para la aplicación de químicos volátiles

CAMILO CARO VALENCIA ⁽¹⁾, JAIRO ORLANDO MONTOYA ⁽²⁾,
JORGE ELIÉCER RANGEL DÍAZ ⁽³⁾

(1) camicalval@hotmail.com

(2) jamontoya@unisalle.edu.co

(3) jorangel@unisalle.edu.co

Ingeniería en Automatización
Universidad de La Salle
Bogotá, Colombia

Diseño de una máquina automática para la aplicación de químicos volátiles

RESUMEN

Palabras clave:

Elementos de aseo, paños abrasivos, químicos volátiles, aplicación óptima, manufactura.

Hay que resaltar que la gran mayoría de las empresas dedicadas a manufacturar elementos de aseo, como por ejemplo los paños abrasivos, tienen gran cantidad de competidores por parte de empresas extranjeras, donde el proceso se realiza en forma automática, obteniendo productos de bajo costo y alta calidad. Pensando en hacer más competitiva la empresa nacional, se efectúa el diseño de una máquina automática; para la aplicación de productos químicos abrasivos atomizados sobre superficies no tejidas en elementos utilizados para la fabricación de paños abrasivos. Se realiza un estudio del proceso y sus problemas, para llegar a formular el diseño de una máquina, capaz de hacer la aplicación óptima de estos químicos abrasivos, sobre superficies no tejidas. El resultado final es una máquina automática que permitió: aumentar la producción de paños abrasivos, mejorar la calidad del producto, disminuir la polución de químicos volátiles en el recinto de trabajo, controlar la cantidad de sustancia aplicada, y reducir el costo de fabricación de los paños abrasivos.

I. INTRODUCCIÓN

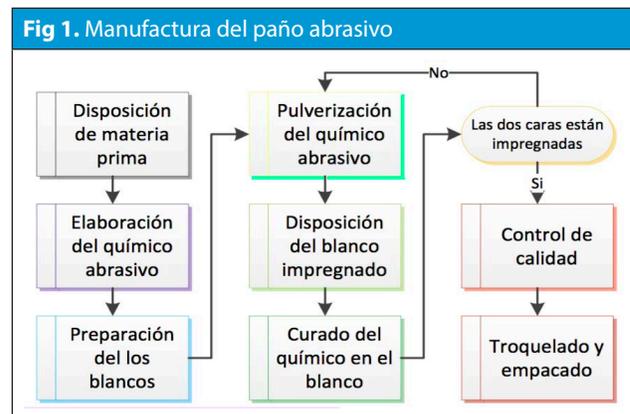
En la actualidad las empresas colombianas que desean entrar, y abarcar nuevos mercados, requieren la modernización de los equipos empleados en los procesos de producción [1,2]. Como en el caso particular de las empresas que se dedican a manufacturar implementos de aseo entre ellos los paños abrasivos. Estos productos hoy en día son comercializados por empresas nacionales y extranjeras con mejoras en su calidad y precios reducidos. El proceso en varias empresas en Colombia es hecho por operarios, donde realizan la impregnación del químico abrasivo con una pistola de pulverización para pinturas estándar, el manejo de esta pistola es manual y la superficie a tratar es grande, es evidente que el producto final no presenta uniformidad. Este proceso de aplicación posee muchas implicaciones en las cuales se encuentran: exposición del personal al producto químico, contaminación del entorno de trabajo, y daños a equipos por la naturaleza abrasiva de los productos utilizados entre otros, generando sobrecostos en la elaboración del paño abrasivo.

La finalidad de este trabajo está enfocado a este tipo de empresas donde se espera introducir sistemas automáticos para mejorar la calidad de vida de los trabajadores, mejorar la calidad del producto, aumentar la producción, disminuir agentes nocivos para el medio ambiente, disminuir riesgos profesionales, entre otros aspectos que conlleva la automatización industrial.

Este artículo presenta el diseño de una máquina automática para la aplicación de químicos atomizados sobre superficies de no tejidos.

II. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para determinación del proceso de impregnación del químico abrasivo, se realizó un estudio donde se estableció la metodología empleada por varios microempresarios. El proceso de producción de paños abrasivos es mostrado en la Fig. 1.



Del proceso presentado en la Fig. 1, se parte para definir criterios y consideraciones para el diseño de la máquina para la aplicación de químicos volátiles. De la metodología planteada (Fig. 1), se tiene:

A. Disposición de materia prima

Los Insumos a utilizar para la elaboración del paño abrasivo básicamente son cargas abrasivas [3] entre ellas se encuentra: carbonatos, carborundo, sílices y otros, estos serán el soluto. Otros elementos químicos utilizados como solvente son: Látex que funcionan como aglomerante, pigmentos, resinas entre otros. Para que el paño abrasivo sea esponjoso, y tenga forma ergonómica, se utiliza textil no tejido el cual gracias a sus propiedades físicas, es ideal para tolerar altas fricciones, este textil será el elemento encargado de soportar el químico abrasivo.

B. Elaboración del químico abrasivo

Para la homogenización del químico abrasivo se emplea un tanque o depósito. En este tanque se agregan las cargas abrasivas (soluto) y los químicos solventes, allí estos son mezclados constantemente, obteniendo así una mezcla de químico abrasivo.

C. Preparación de los blancos

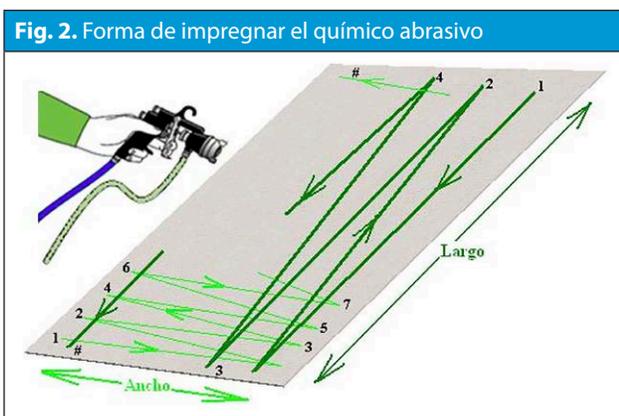
El textil no tejido tiene una longitud de 50 m de largo y 1,65 m de ancho, que viene enrollado formando una bobina o rollo. Este rollo es cortado en tramos de 2,2 m. El formato resultante del corte es 1,65 x 2,2 m que es un estándar utilizado en las máquinas donde se manufacturan hoy en día los paños

de limpieza [4]. Cada elemento resultante del corte es lo que se denomina blanco.

D. Pulverización del químico abrasivo

Del tanque de homogenización es bombeado el químico abrasivo hacia una pistola de pulverización convencional para pinturas, esta carga abrasiva es mezclada con aire a alta presión dando como resultado la pulverización del químico abrasivo [3,5].

El operario al hacer la impregnación del químico sobre el blanco tiene en cuenta ciertas condiciones de uso de la pistola: si se hace muy cerca la aspersión sobre el blanco, quedará sobresaturado de la mezcla, generando mal secado del químico, aplastamiento en la estructura esponjosa del no tejido (blanco), y escurrimiento de la mezcla. Pero si la aspersión se hace muy lejos del blanco, genera polución excesiva, un acabado muy arenoso con escaso abrasivo y un mal curado. El operario inicia rocianando una de las caras del blanco, intentando recubrir todo, haciendo primero la aspersión en un sentido a lo largo y luego a lo ancho. En la Fig. 2 se muestra los recorridos a lo largo y a lo ancho en la aplicación del químico. Usualmente en la aplicación se evidencia una no uniformidad debido al gran tamaño del blanco y la destreza del operario [6].



La aplicación del químico genera un problema de salubridad, ya que el químico es absorbido por el personal de la empresa y sus alrededores, y además, se impregna en todas las superficies de la empresa como: máquinas, suelo y paredes entre otros.

E. Disposición del blanco impregnado

Los blancos impregnados por químicos, son desmontados y trasladados por cuatro operarios, y son colocados en un anaquel, que cuenta con diez compartimentos. Al ser llenado todos los compartimientos, el anaquel es trasladado a la zona de curado.

F. Curado del químico en el blanco

Se dispone de un horno que se caracteriza por ser un cubo que encierra el anaquel y hace circular aire entre 160-180 °C. Esto polimeriza en corto tiempo el látex generando la adhesión de las cargas abrasivas al textil no tejido.

Si las dos caras no han sido impregnadas y polimerizadas correctamente, se devuelve el blanco a la pulverización, de lo contrario continua en la línea de manufacturado.

G. Control de calidad

Aquí es donde se verifica la calidad del abrasivo, y se define si hay que hacer ajustes futuros en algún punto del proceso.

Finalmente el blanco es troquelado en un formato que pueda ser maniobrable por el usuario, convirtiéndolos en paños abrasivos, para luego ser empacados y distribuidos [7].

III. MEDICIÓN DE LOS INSUMOS Y TIEMPOS EMPLEADOS EN LA PULVERIZACIÓN

Se realizó un estudio de los tiempos, movimientos y cantidades usadas en el proceso actual para la elaboración del paño abrasivo. Del estudio se estableció: peso máximo de los rollos de la materia prima, espesor de los blancos, tiempos requeridos en la pulverización de una cara y movimientos efectuados para cubrir los blancos con químicos abrasivos.

Para determinar el peso promedio del textil no tejido (rollo) se tomaron aleatoriamente cinco muestras de diferentes lotes, y se estableció el peso máximo del rollo. La Tabla 1, muestra los valores que se obtuvieron en este procedimiento.

TABLA I. PESO DEL ROLLO DE TEXTIL NO TEJIDO

Muestra	Peso por rollo [kg]	Promedio [kg]	Peso máx [kg]
1	13,20	14,19	16,00
2	13,15		
3	14,45		
4	14,45		
5	15,70		

Se utilizó un calibrador para medir el espesor del textil, de diez blancos, sacados aleatoriamente de distintos lotes. Los valores encontrados se encuentran consignados en la Tabla 2.

TABLA II. ESPESOR DE DIEZ BLANCOS

Espeor [mm]	Espeor[mm]	Promedio [mm]
11,00	8,50	8,68
8,30	8,80	
10,13	6,80	
7,21	10,00	
8,12	7,90	

El tiempo total de aplicación del químico abrasivo en una de las caras del blanco, se mide tomando el tiempo total, que tarda un operario en realizar la pulverización del químico sobre la cara. Este tiempo se toma en forma manual y aleatoriamente, e independiente del operador.

La Tabla 3, muestra la toma de los tiempos de aplicación en diez blancos. Los tiempos registrados en la Tabla 3, se tuvieron en cuenta: distracciones del operario, obstrucciones en la pulverizadora, y abandonos momentáneos del proceso.

Se tomaron 30 blancos al azar ya pulverizados, y se agruparon en paquetes de 10, estos paquetes equivalen a una muestra. En cada muestra se tiene: número de movimientos (pasadas), tiempo empleado. La Tabla 4 presenta los datos obtenidos para cubrir 3 muestras de 30 blancos.

IV. DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA

Con base en la investigación desarrollada dentro de la planta, se diseñó una máquina (Fig. 3), teniendo en cuenta: condiciones de diseño, procesos in-

volucrados en la planta, medición de los insumos y ergonomía. Se desarrolló el sistema morfológico de la máquina para suplir lo mejor posible las necesidades en torno a la aplicación del químico [1,9].

Para cada componente se diseñaron y analizaron distintas condiciones de máquina, donde se vieron sus cualidades y limitaciones, a continuación se presentaran las condiciones resultado después de validar varios diseños [10].

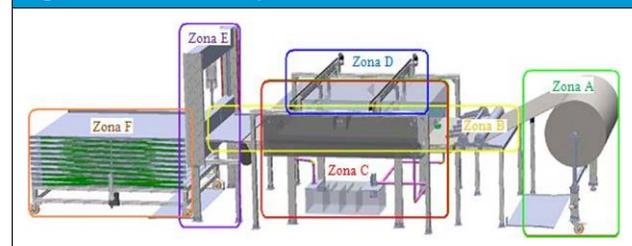
TABLA III. TIEMPO REQUERIDO PARA PULVERIZAR UNA CARA

Muestra	Tiempo [s]	Promedio [s]
1	45	74,3
2	105	
3	75	
4	64	
5	57	
6	53	
7	60	
8	176	
9	55	
10	53	

TABLA IV. MOVIMIENTOS REQUERIDOS PARA CUBRIR DIEZ BLANCOS

Muestra (10 blancos)	Pasadas	Prom. Pasadas	Tiempo[<i>min</i>] Pasadas	Prom[<i>min</i>] Pasadas
1	312	413,3	9,32	11,54
2	452		11,79	
3	476		13,52	

Fig. 3. Diseño de la máquina solución

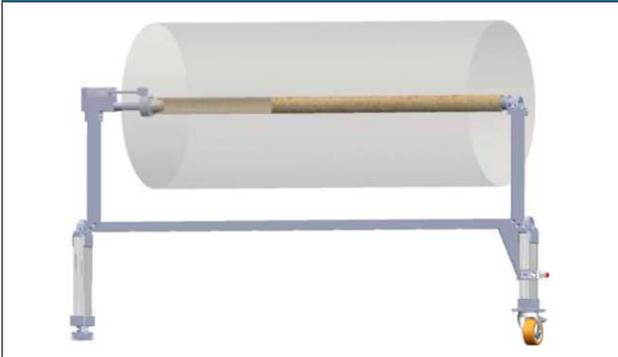


La máquina solución fue dividida por zonas para su mayor comprensión, a continuación se describen los sistemas mecánicos que la componen:

H. Zona A: Soporte para rollo textil no tejido

Será el encargado de soportar el rollo de textil no tejido Fig. 4, este es utilizado para cargas automáticas.

Fig.4.. Soporte del rollo textil no tejido



El soporte estructurado consta de:

- Un sistema abatible para facilitar la postura del rollo no importando el diámetro de este.
- Un sistema de mordazas neumático que fijen y centran el rollo a la estructura por medio de unos conos rodantes.

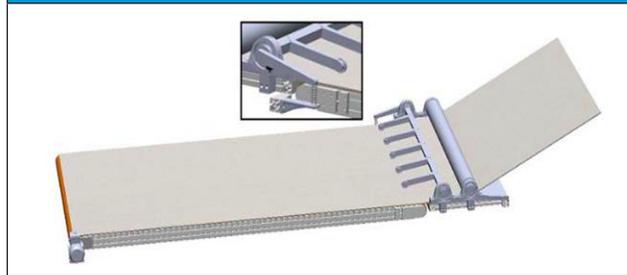
Se seleccionó un cilindro neumático doble efecto, el cual estará soportado sobre un mecanismo que será el que soporte directamente el rollo de textil de 16 kg axialmente, se hace uso de una presión de aire de 6 bar aproximadamente. El cilindro tiene una carrera de 0,08m con un diámetro de embolo de 0,032m, y diámetro del vástago de 0,012m, obteniendo así una Fuerza de $F_{salida} = 482.52N$. Con esta fuerza el cilindro apretará el eje del rollo de textil no tejido. Y una fuerza de entrada del vástago de $F_{entrada} = 414.69N$, que será la Fuerza necesaria para soltar el tubo del rollo de textil no tejido,

- Una base dinámica que desplaza la estructura para hacer cargas manuales. Consta de una rueda giratoria y un actuador neumático giratorio con límite de giro a 90° [11].

I. Zona B: Ajuste y transporte

Será el elemento encargado de hacer el ingreso, ajuste y acomodación del blanco dentro del proceso (Fig. 5).

Fig 5. Ajuste y transporte del blanco



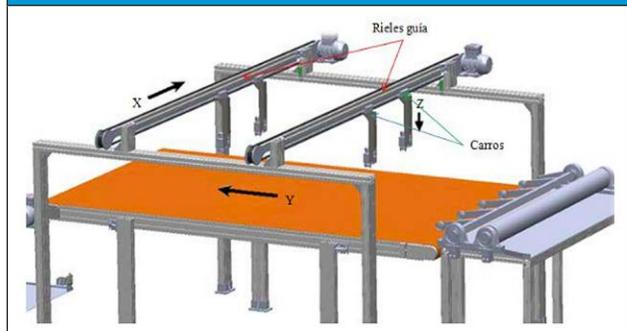
El sistema de la Fig. 5, consta de:

- Bandeja de entrada- mantiene siempre el ingreso del textil, de forma paralela a la cinta transportadora.
- Brazos pisadores- evitan arrugas en el blanco y mantiene adherido el blanco a la cinta. Haciendo que la cantidad de blanco entregada este en sincronía con la pulverización del químico.
- Cinta transportadora- con una faja ideal para ambientes abrasivos transporta el blanco al interior del proceso de impregnación.

J. Zona D: Servoposicionador

Será el sistema encargado de hacer los movimientos sincronizados en el sistema con respecto a la banda, cantidad de químico abrasivo pulverizado, entre otras cualidades físicas que resulta el paño abrasivo.

Fig 6. Servoposicionador cartesiano



El sistema mostrado en la Fig. 6, consta de una guía lineal que esta soportada en aluminio estructural, sobre esta guía se desplaza un carro que contiene la estructura y pistola de pulverización automática, este carro es desplazado gracias a la acción de un motor que tiene acoplado en su eje una polea que desplaza una correa sincrónica, permitiendo así que en el momento de pulverizar siempre sea exacto los movimiento a

utilizar. De la tabla 3, se encontró que el tiempo manual de pulverización sobre una cara fue de 74,3s.

La pulverización describe un cono recto de diámetro 0,22m este es superpuesto por otro cada 0,11m. Para cubrir 1/4 de área es necesario barrer 10 veces ese diámetro que es aplicada en 74,3s, siendo el régimen mínimo del procesado. Por lo cual cada línea demora 74,3s. Teniendo en cuenta este tiempo de aplicación sobre una cara, se analizó cuanto puede tardar la aplicación con cuatro pistolas de pulverización automáticas. Para esto se dividió entre cuatro el blanco, obteniendo un cuarto de área de $0.825\text{m} \times 1.1\text{m} = 0.9075\text{m}^2 \rightarrow 90.75\text{cm}^2$ como se ve en la Fig. 7.

Fig. 7. Detalles de la superficie a trabajar

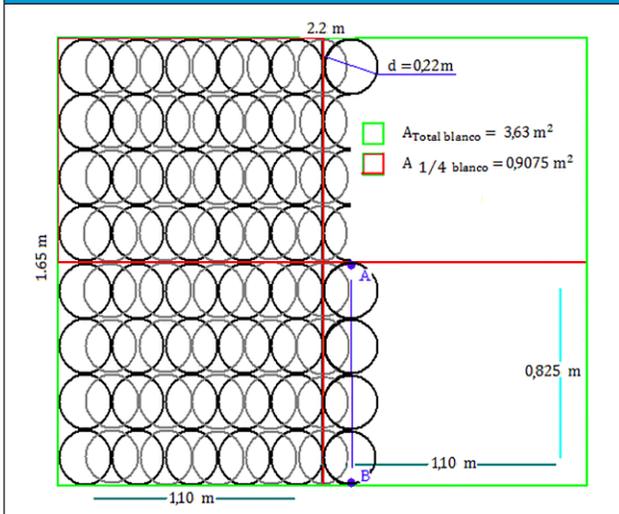
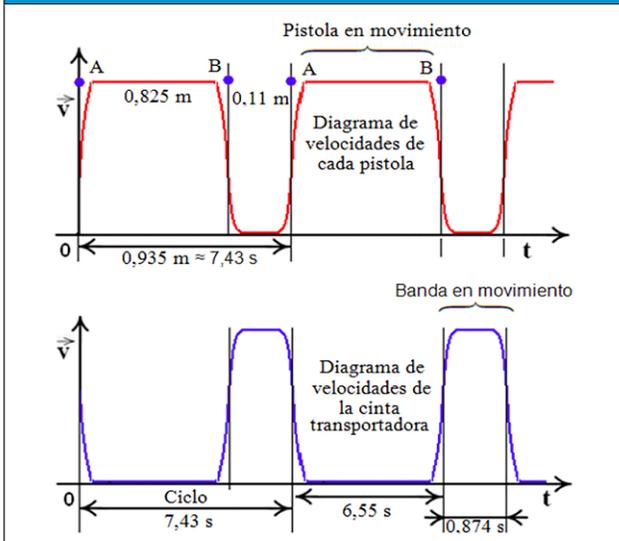


Fig. 8. Detalles de la superficie a trabajar



A partir de la distribución encontrada (Fig. 7), se representará los ciclos de accionamiento de los motores, que mueven las pistolas y la cinta transportadora, los cuales tienen que estar sincronizados (Fig.8).

Teniendo en cuenta las Ecs. 1-2.

$$v_{\text{velocidad}} = e_{\text{espacio}} / t_{\text{tiempo}} \quad (1)$$

$$w_{\text{velocidad Angular}} = v_{\text{velocidad}} / r_{\text{radio polea}} \quad (2)$$

Empleando las Ecs. 1-2 y los datos de las Fig. 7-8 se encuentra que para la cinta transportadora:

$$v = 0,11\text{m} / 0,87\text{s} = 0,12\text{m/s}; w = \frac{0,12\text{m/s}}{0,045\text{m}} = 2,87\text{rad/s}$$

En el tambor transmisor, 1 revolución recorre 0,2733m. Entonces para recorrer 0,11m se tienen 0,402 rev/m en un tiempo 0,874s. La velocidad de la polea dentada es de 27,59 RPM [12].

Y para las pistolas se tiene:

$$v = 0,82\text{m} / 6,55\text{s} = 0,13\text{m/s}; w = \frac{0,13\text{m/s}}{0,05\text{m}} = 2,60\text{rad/s}$$

En la polea dentada, 1 revolución recorre 0,304m. Entonces para recorrer 0,825m se tienen 2,71 rev/m en un tiempo 6,55s. La velocidad angular de la polea dentada es de 24,78 RPM.

Para hallar las fuerzas actuantes en el servoposicionador, para desplazar las pistolas se realizó:

- Diagrama de cuerpo libre de toda la estructura que sostiene la pistola de pulverización.
- La toma de los pesos de cada uno de los componentes, donde el peso total de las partes móviles es de 3,08 kg, y como cada servoposicionador tendrá dos aspersores, el peso total a mover es de $w = 3,08 \times 2 = 6,16$ kg y según catalogo un coeficiente de fricción $\mu = 0,003$, este es muy bajo ya que el carro trabaja sobre bolas recirculantes.

Dado que no hay ningún movimiento en dirección vertical del sistema que contiene las pistolas se tiene:

$$N = w = 6,16\text{kg} \times 9,8\text{m/s}^2 = 60,37\text{N} \quad (3)$$

Para hallar las fuerzas necesarias para vencer la inercia

$$f = \mu \times N = 0,003 \times 60,37\text{N} = 0,181\text{N} \quad (4)$$

$$\Sigma F_x = T_x - \mu \times N; T_x - 0,181\text{N} = 0; T_x = 0,181\text{N} \quad (5)$$

De la Ec. 5 se tiene que la fuerza necesaria para desplazar las pistolas es de 0,181N.

El peso total del servoposicionador es: $F_t = 1,077\text{kg} + 1,9\text{kg} + 2,2\text{kg} + 1,27\text{kg} + 0,794 = 7,24\text{kg}$.

El torque o par torsor se define:

$$M_T = \frac{r \times F_t}{\mu} \quad (6)$$

De la Ec. 6, se tiene que: r = radio primitivo de la polea dentada, F_t = Fuerza total a mover, μ = eficiencia transmisión y correa = 0,95 según fabricante, reemplazando en Ec.6 se tiene:

$$M_T = \frac{0,048\text{m} \times 7,24\text{kg} \times 9,8\text{m/s}^2}{0,95} = 3,43\text{ Nm}$$

Para estimar la potencia necesaria requerida para mover el servoposicionador se emplea la Ec. 7.

$$P = \frac{2\pi N \times M_T}{60} \quad (7)$$

De la Ec. 7, P =Potencia en W, N =RPM, M_T = Momento torsor Nm, reemplazando se encuentra:

$$P = \frac{2\pi \times 24,78\text{ RPM} \times 3,43\text{ Nm}}{60} = 8,9\text{ W}$$

Potencia neta del motor es Ec. 8:

$$P_M = \frac{P}{\eta \times \varepsilon} \quad (8)$$

De la Ec. 8, se tiene: η = Eficiencia del motor catálogo Bosch = 0,9, ε = Eficiencia mecánica de la transmisión 0,9.

Reemplazando estos valores se encuentra:

$$P_M = \frac{8,9\text{ W}}{0,9 \times 0,9} = 10,99\text{ W}$$

P_M es la potencia mínima requerida para poder mover las pistolas en el servoposicionador. De acuerdo a los parámetros de: Potencia = 10,99W donde $N = 24,78\text{ RPM}$.

La velocidad lineal de la cinta es muy parecida a la velocidad lineal de la pistola, por tal motivo se seleccionó para la cinta transportadora como para el servoposicionador, los mismos actuadores eléctricos.

Para este proyecto se utilizó:

- Motores de inducción trifásica SIEMENS, pues este nos permite acoplarlo a un variador de frecuencia para regular las velocidades, sin mayor pérdida de potencia y buscar los parámetros óptimos de velocidad y calidad en el proceso.
- Variadores de frecuencia SIEMENS que incluye el módulo de control y potencia.

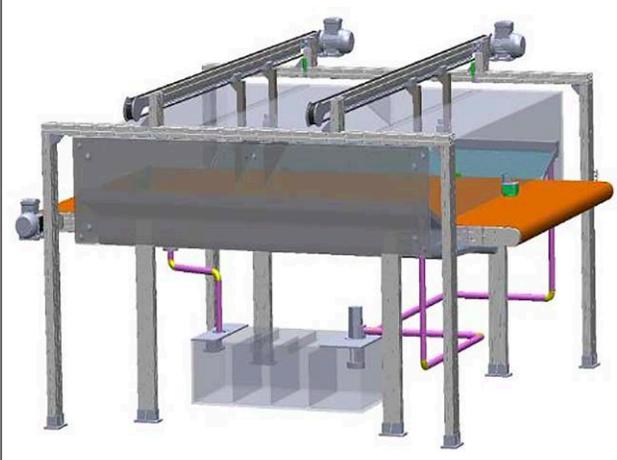
Se utiliza una pistola para alta viscosidad y especializada para la aplicación de abrasivos. En esta se mezcla el químico con aire a alta presión generando la volatilización del químico. *K. Zona C: Cámara de pulverización*

Uno de los grandes problemas en estas industrias es la contaminación generada por los químicos volatilizados, que generan alta polución en la empresa y sus alrededores.

La cámara de pulverización (Fig. 9), es la encargada de contener en un alto porcentaje la polución generada por la pulverización de químicos volatilizados, además, esta cuenta con un sistema para atrapar las partículas, que funciona por medio de una cortina de agua. El agua es bombeada al interior de la cabina, donde se encuentra una canaletta diseñada para este fin, será por donde se hace el riego del agua que atrapa el exceso de polución,

el agua, es posteriormente recogida y tratada en un tanque de tratamiento, para poder reutilizar los químicos empleados en el proceso.

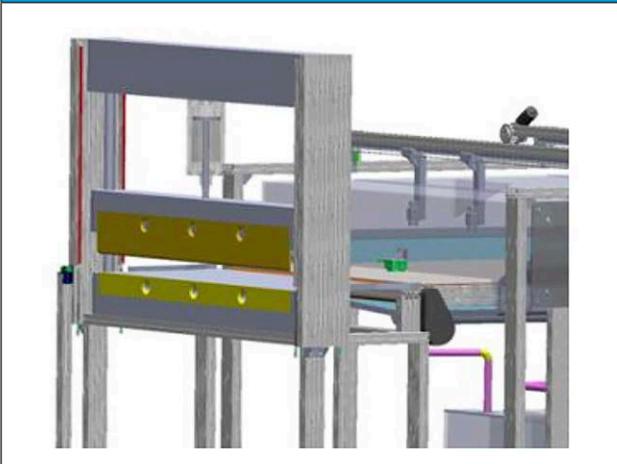
Fig.9. Cámara de pulverización



L. Zona E: Corte en blancos

La cizalla (Fig. 10), es la encargada de fragmentar el rollo de 50m en blancos de 2,2m, utilizados en los procesos siguientes a la pulverización, este consta de un cilindro neumático, que hace desplazar una cuchilla, que se encuentra acoplada al vástago del cilindro, el blanco pasa en medio de la cuchilla y su base, y en el momento de ser necesario el corte, la cuchilla baja por acción del cilindro y es cizallado el rollo [13].

Fig. 10. Cizalla



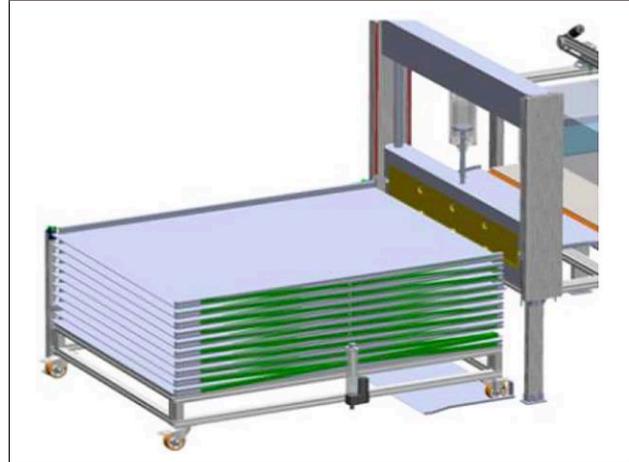
Se utiliza un cilindro neumático doble efecto, este consta de una carrera de 0,2m, un diámetro de embolo de 0,125m, y un diámetro de vástago de 0,32m.

De donde se encuentra una fuerza de corte $F_{Corte} = 7363,1N$, que será suficiente para cortar el textil no tejido. La fuerza de retroceso es de $F_{retroceso} = 6880,56N$.

M. Zona F: Anaquel automático

Finalmente, para terminar la integración del sistema automático y los procesos manuales siguientes, se diseñó un anaquel automático (Fig. 11). Este tipo de anaquel es utilizado en la entrada y salida del proceso de pulverización, tanto para recoger los blancos fragmentados, como para hacer impregnación en la otra cara al blanco. Este anaquel, consta de diez bandejas, y emplea un mecanismo de tijera, para que las bandejas suban y bajen a la altura de la entrada o salida del proceso. Este anaquel, posteriormente es desacoplado del sistema para ser trasladado al horno de polimerización.

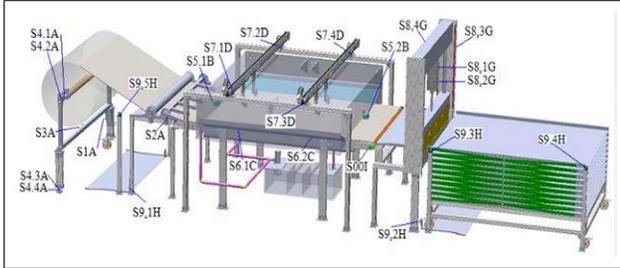
Fig. 11. Anaquel automático



V. AUTOMATIZACIÓN DEL PROCESO DE APLICACIÓN

Para finalizar la automatización del proceso, hay que integrar los actuadores, sistemas electrónicos y el sistema mecánico. El sistema de control recibe la información del usuario y sensores, que es procesada para efectuar entradas y salidas determinadas [14,15]. La Fig. 12, muestra la distribución de sensores que se emplearon para automatizar el proceso de aplicación de químicos volátiles.

Fig. 12. Ubicación de los sensores para la automatización del proceso de aplicación



La identificación de los sensores se organizó de la siguiente forma:

a) Sensores finales de carrera - Encargados de detectar posiciones fijas y que no necesitan tener exactitud, además tendrán contacto mecánico directo. La Tabla 5 muestra la identificación de los sensores empleados.

TABLA V. SENSOR DE CONTACTO (MICROSWITCH)

Cód.	Estado	Condición	Descripción
S1A	NC	0	Está en posición cargado
-		1	Está en posición cargando
S2A	NA	0	No está pisando el blanco
-		1	está pisando el blanco
S9,1H	NA	0	No está en posición el anaquel de Entrada
-		1	está pisando el blanco
S9,2H	NA	0	No está en posición el anaquel de Salida
-		1	está pisando el blanco

b) Sensor de cantidad de textil - Utilizado para monitorear la cantidad de textil que hay en la estructura de carga de textil no tejido (Tabla 6).

TABLA VI. SENSOR ULTRASÓNICO

Cód.	Estado	Descripción
S3A	Análogo	Dependiendo la distancia detectada mostrara cantidad de materia prima

c) Sensores magnéticos - Genera un flujo de campo magnético, en el momento de pasar el émbolo por este campo magnético, cambia el flujo magnético reduciendo la corriente al ser desviados algunos electrones de su trayectoria (Tabla 7).

TABLA VII. SENSORES INDUCTIVOS

Cód.	Estado	Condición	Descripción
S4.1A	NA	1	Vástago afuera
S4.2A	NA	1	Vástago adentro
S4.3A	NA	1	Alimentación automática
S4.4A	NA	1	Alimentación manual
S8,1G	NA	1	Cuchilla abajo
S8,2G	NA	1	Cuchilla arriba

d) Sensores capacitivos - Detectan la presencia de elementos no metálicos a corta distancia, pero sin tener contacto alguno con los objetos (Tabla 8).

TABLA VIII. SENSORES CAPACITIVOS

Cód.	Estado	Condición	Descripción
S5.1B	NA	0	No hay blanco en la entrada
		1	Si hay blanco en la entrada
S5.2B	NA	0	No hay blanco en la salida
		1	Si hay blanco en la salida
S6.1C	NA	0	No hay blanco bajo las primeras pistolas
		1	Si hay blanco bajo las primeras pistolas
S6.2C	NA	0	No hay blanco bajo las segundas pistolas
		1	Si hay blanco bajo las segundas pistolas
S9,4H	NA	0	El blanco no tiene el formato adecuado
		1	El blanco tiene el formato adecuado para el corte.

e) Sensores inductivos - Utilizado para detectar metales ferrosos. Ideal para encontrar posiciones de componentes de la máquina (tabla 9)

TABLA IX. SENSORES INDUCTIVOS

Cód.	Estado	Condición	Descripción
S7.1D	NA	1	Primeras pistolas a la Izquierda
S7.2D	NA	1	Primeras pistolas a la Derecha
S7.3D	NA	1	Segundas pistolas a la Izquierda
S7.4D	NA	1	Segundas pistolas a la Derecha
S9,3H	NA	1	Hay bandeja en la salida
		0	No bandeja en la salida
S9,5H	NA	1	Hay bandeja en la entrada
		0	No bandeja en la entrada

f) Sensores ópticos - Permiten detectar elementos sólidos, por medio de la interrupción del haz de luz emitido desde un emisor hacia un receptor (tabla 10).

TABLA X. SENSORES ÓPTICOS			
Cód.	Estado	Condición	Descripción
S8,3G	NA	1	Hay bandeja en la salida
		0	No bandeja en la salida
S8,4G	NA	1	Hay bandeja en la entrada
		0	No bandeja en la entrada
S0,0I		1	Genera pulso
		0	No genera pulso

g) Distribución eléctrica - Para hacer la distribución eléctrica y electrónica de la máquina, se diseñó un tablero de baja tensión donde se encuentran organizados los elementos de protección como los breaker, relevos, elementos de control PLC y control de potencia eléctrica. Se utilizó como guía las normas Colombianas. Reglamento técnico de instalaciones eléctricas RETIE y Manual de código Colombiano (NTC 2050) métodos y materiales de las instalaciones [16]. El diseño y construcción del tablero debe cumplir las normas de fabricación, como lo son: armadura en acero resistente a esfuerzos mecánicos, eléctricos y térmicos, corrosión, humedad, entre otros. Para hacer la instalación en el tablero de los componentes se diseñó el diagrama unifilar, necesario para el proceso [17-21].

h) Autómata programable - Para poder hacer la automatización, se hace uso de un PLC S7-300 por ser modular, el PLC es equipado con slots necesarios para el funcionamiento de la máquina de pulverización, dejando así abierta la posibilidad de continuar utilizando únicamente este PLC.

i) HMI Supervisión - Para la interface hombre máquina, se utiliza una pantalla táctil (HMI) SIPLUS, SIMATIC HMI KTP1000 Basic DP de 10,4", que es el mando y visualización del proceso. Sus características y tamaño son ideales para la aplicación del proceso. La Fig. 13, muestra la HMI de bienvenida en la apertura del proceso de pulverización



Fig. 13. HMI Bienvenida

Al pulsar inicio en la HMI (Fig. 13), lleva al usuario a la HMI de chequeo de la máquina (Fig. 14).

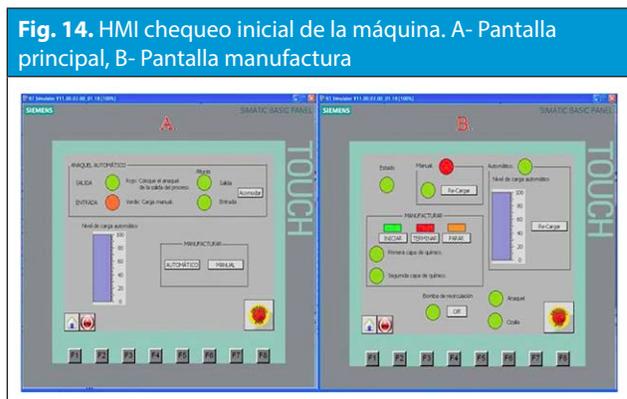


Fig. 14. HMI chequeo inicial de la máquina. A- Pantalla principal, B- Pantalla manufactura

De la Fig. 14A, la pantalla principal: hace un chequeo general del estado en el que se encuentra la máquina en condiciones de carga automática o manual.

En la pantalla manufactura (Fig. 14B) se tiene: en la parte superior izquierda, el led indicador de estado de la máquina, encargado de dar alertas al usuario; En la parte superior central, se encuentra el indicador de estado de carga manual y en la parte superior derecha el estado de la carga automática.

En la parte central (Fig. 14B), se encuentra un rectángulo que encierra todas las condiciones y opciones que el operario puede tomar en el momento de procesar decisiones como inicio, terminar y parar. En la parte inferior está el estado de la bomba de recirculación de agua dentro de la cabina de pulverizado, desde donde se puede

apagar o prender manualmente si se desea, y dos indicadores a mano inferior derecha, que muestran el estado del anaquel de salida, y las condiciones de la cizalla.

Fig. 15. HMI para cargar la máquina. C- Pantalla carga manual, D- Pantalla carga automática

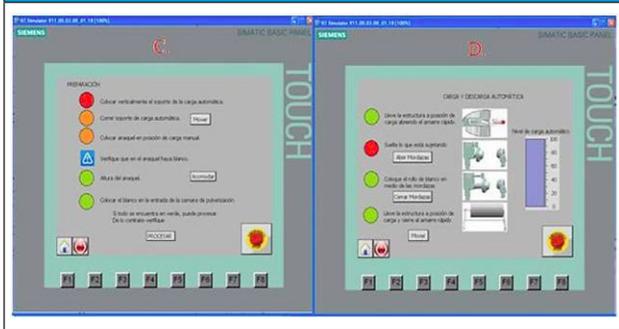
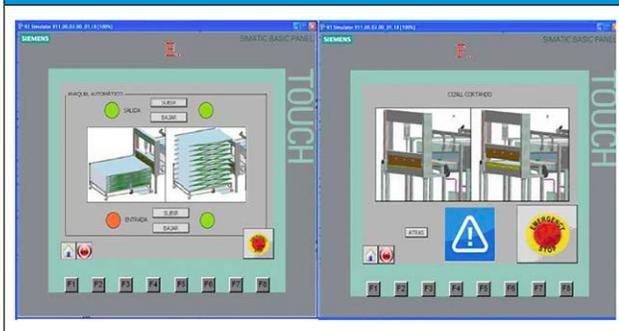


Fig. 16. HMI adicionales. E- Pantalla subir o bajar bandejas de los anaqueles de la entrada y salida, F- pantalla de advertencia de corte con la cizalla



La Fig. 15, presenta la HMI que contiene los dos estados de carga de la máquina: automático y manual. De la Fig. 15C, Carga manual: muestra los pasos que hay que seguir para hacer una carga manual, dado que el proceso es manual su funcionamiento es similar a un checklist. Cuando se va cumpliendo cada uno de los pasos a seguir para la carga manual, los led's se pondrán de color verde, de lo contrario se encontraran en rojo o naranja. Cuando el usuario tenga los cinco led's en verde, puede acceder a procesar (Fig. 14B).

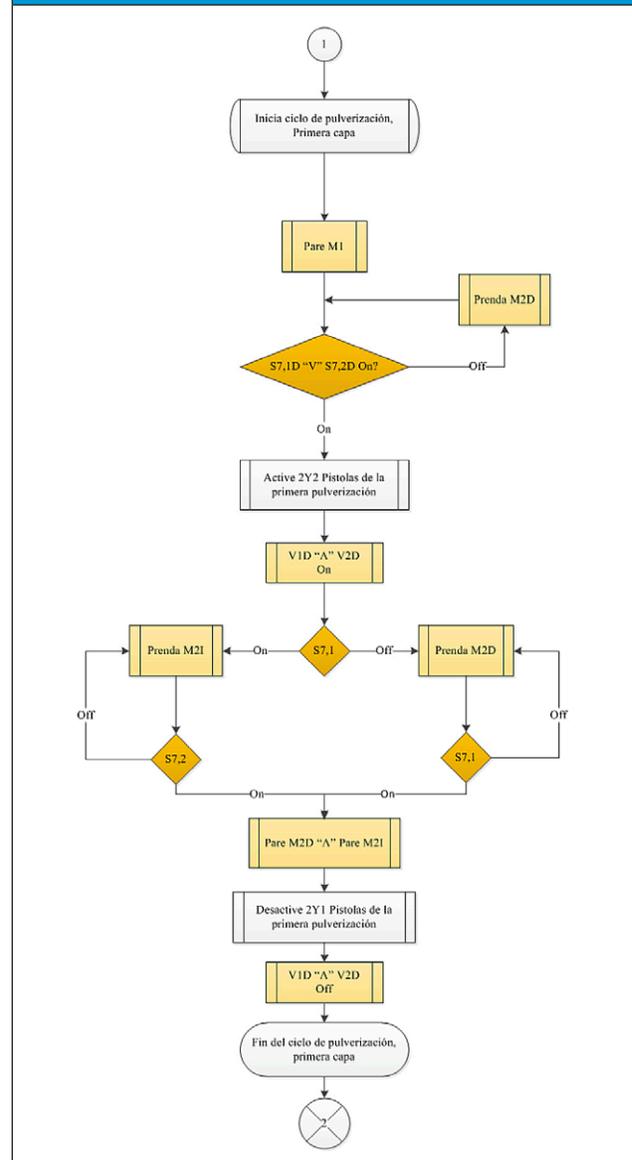
Carga automática (Fig. 15D): En la pantalla de carga de rollo automática, al igual que la manual, hay que cumplir ciertos pasos para poder cargar la máquina. A diferencia de la pantalla manual en esta se presenta el nivel de carga de material que tiene la

máquina. Cuando el operario haya finalizado satisfactoriamente la carga automática, la pantalla se colocara de nuevo en la HMI de manufactura (Fig. 14B).

La Fig. 16 se muestran la HMI, que se utiliza, para operar las bandejas y la cizalla.

Anaqueles (Fig.16E): Esta interface presenta la posición y nivel de las bandejas de los anaqueles, tanto de entrada como de salida para carga manual o automática. En esta HMI, se puede acomodar el anaquel subiendo o bajando sus bandejas.

Fig.17. Fragmento de programación de la pulverización del químico abrasivo



De la Fig. 16F, Cizalla: Esta es una pantalla de precaución y cuidado, ya que en este momento es en el que más atención debe tener el personal y cuidar su integridad física. Debido al proceso de corte del blanco, por esto aquí se detalla la parada de emergencia mucho más grande, esta pantalla solo se presenta cuando se activa el cizallado del blanco.

Para la programación de la máquina, se realizó un diagrama de flujo que corresponde al proceso más importante, y es el del ciclo de pulverización del químico abrasivo, este es repetido cuantas veces sea necesario en el proceso mientras exista bajo las pistolas blanco que impregnar. La Fig. 17 se presenta parte de la secuencia de programación que se realizó para el ciclo de programación de la máquina de pulverización de químicos abrasivos. Esta secuencia es programada en los elementos de control para enviar las secuencias de señales apropiadas a los actuadores para la ejecución de las tareas programadas.

VI. ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

Se realizaron pruebas en forma manual y automática teniendo en el proceso de pulverización llevado en la planta. Los resultados encontrados se muestran en la Tabla 11.

TABLA XI. RESULTADOS PROCESO DE PULVERIZACIÓN			
Proceso	Manual	Automático	disminución
Tiempo requerido para fragmentar un blanco es en promedio	19,85 s	Menos de 1 s	94,96%
Numero de pasadas con la pistola sobre una cara en un blanco es de	41,3	20	51,57%
Numero de pasadas con la pistola sobre una cara, para 10 blancos	413,3	200 para 22 m	51,60%
Tiempo requerido para pulverizar una cara para 10 blancos	743 s 12.383 min 106,59 m/h	175,8 s 2,93 min 450,51 m/h	76,33% 322,65%

De la Tabla 11, se encontró:

- Disminuye considerablemente el tiempo requerido para fragmentar un blanco, encontrándose una disminución de 94,96%.
- El número de pasadas para 10 blancos sobre una cara se reduce un 51,6%, encontrándose un ahorro en insumos.
- El tiempo de fabricación se reduce un 76,33%, volviéndose el proceso más productivo.
- Implementando esta máquina en la línea de producción, se evidencia un alza en la producción de un 322,65%. Sabiendo que este estudio se desarrolló en base al promedio de las mismas condiciones manuales de un operario, por lo tanto pudiéndose incrementar mucho más la producción.

VII. CONCLUSIONES

La automatización de procesos es necesaria en cualquier tipo de industria manufacturera, donde se desee disminuir costos y aumentar capacidad de producción.

Para optimizar la postura del rollo textil no tejido se pensó primero en la problemática de hacer una carga y descarga rápida y lo menos engorrosa posible para un operario, llegando a un agarre por mordazas, que garantiza la sujeción del textil. Este sistema evita también que el operario tenga que cargar el rollo en el momento de hacer el montaje, ya que el diseño de un sistema abatible que hace más manejable esta operación.

En el momento de desenrollar el textil e incorporarlo en el proceso se presentaron distintos problemas desde arrugas hasta desvíos del blanco. Por esto se diseñó un sistema de ajuste e incorporación del material en el proceso de pulverización, aunque inicialmente se debe hacer manualmente la primera carga, tiene auto-acomodación del blanco al ingresar supliéndonos los errores encontrados.

Se seleccionaron pistolas automáticas de alta resistencia para la pulverización del abrasivo, garantizando siempre una pulverización homogénea. Para evitar que estos se volatilicen por toda la empresa y zonas circundantes se diseñó una cámara de aislamiento de estos químicos, el fin de ella

aparte de contener el químico es poder reutilizar estos residuos.

La implementación del servoposicionador es muy útil para esta aplicación, ya que evita problemas de mala distribución del químico. El servo esta sincronizado con la aplicación del químico y el desplazamiento del no tejido dentro del proceso.

Para la automatización de la máquina se seleccionaron sensores y actuadores útiles para cada una de las necesidades dentro del proceso, las cuales son manipuladas por una pantalla HMI, que es gobernada por un autómatas PLC. La selección de una pantalla touchscreen y el PLC se hacen pensando en que a futuro la empresa desea continuar con la automatización del proceso de manufactura en los paños abrasivos; además se seleccionaron marcas reconocidas mundialmente tanto como para los controles como los motores por mantenimiento y para obtener calidad e intercambiabilidad de estos.

Por medio del software diseñado en la HMI el operario capacitado y no capacitado, está en condiciones de manejar la máquina, ya que se diseñó un ambiente amigable con el usuario.

En una siguiente etapa, la implementación de esta máquina permitirá solucionar problemas de polución en el entorno de trabajo y sus alrededores, reduciendo problemas de riesgos laborales para los empleados dentro de la planta. Adicionalmente, la reducción de los sólidos suspendidos, mitigará el efecto del desgaste en las piezas de la máquina.

Por último y la más importante conclusión de este diseño automático es evitar o aminorar al máximo el impacto ambiental debido a la utilización de elementos difícilmente reciclables, además de evitar la exposición humana a estas cargas abrasivas (carbonatos, carborundum, sílices etc.) que no son asimiladas por el cuerpo, generando graves enfermedades como la silicosis pulmonar, cáncer etc. además que se aspiran junto con el aglutinante utilizado haciendo más grave esta patología.

REFERENCIAS

[1] R. L. Mott, Diseño de elementos de máquinas, México: Pearson Educación, 1997.

[2] L. C. Arbós, DISEÑO AVANZADO DE PROCESOS Y PLANTAS DE PRODUCCION FLEXIBLE, Barcelona: Profit Editorial, 2009.

[3] M. D. J Solans, «Trabajos de geología,» de Naturaleza y significado de la dureza de los minerales, 1978.

[4] INDA, «association of the nonwoven fabrics industry,» [En línea]. Available: <http://www.inda.org/>.

[5] g. i. chipaxa, «chipaxa,» [En línea]. Available: <http://www.chipaxa.com/paginas/Sandblast.html>.

[6] F. Barceló, Homogeneización de Tejidos y Células. Técnicas Instrumentales en Bioquímica y Biología., Islas Baleares: Servicio de Publicaciones e Intercambio Científico. Universidad de las Islas Baleares., 2003.

[7] 3. abrasivi, «3cabrasivi,» [En línea]. Available: http://www.3cabrasivi.com/es/prod05_es.htm.

[8] F. E. Meyers, Estudios de tiempos y movimientos., Pearson Educación., 2000.

[9] J. E. RODRÍGUEZ-PÁEZ, J. F. F. LOZANO y C. M. JIMÉNEZ, «Estudio de los mecanismos de formación de partículas de ZnO con diseño morfológico y dimensional obtenidas por el método de precipitación controlada,» 1999.

[10] J. Abia, Elementos de dibujo mecánico y diseño, Bogotá: Universidad Nacional de Colombia.

[11] &. F. U Salle, «Diplomado en Automatización de Procesos Industriales y Manufactura Flexibles,» Bogotá, 2011.

[12] Á. V. Cuenca, Bandas Transportadoras, MADRID: UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID., 2009.

[13] Villanueva, « Teorías y fundamentos del buril de corte,» [En línea]. Available: <http://es.calameo.com/read/000772905d457e4119b24>.

[14] Creus, Instrumentación Industrial, Barcelona: Alfaomega SA,1997.

[15] P. Areny, Sensores y Acondicionadores de Señal., Catalunya: Alfaomega., 2004.

[16] M. F. M. OLANO, Reglamento Técnico de Instalaciones Eléctricas - RETIE, MINISTRO DE MINAS Y ENERGÍA, 2008.

[17] C. D. Sanzo, «autosuficiencia económica,» [En línea]. Available: <http://tabloide.eurofull.com/shop/detalenot.asp?notid=160>.

[18] BOSCH, «catálogo motores,» Robert Bosch Limitada, Campinas - SP - Brasil, 2005.

[19] Siemens, «Motores trifásicos,» de BRMotoresTrifasicos-ColombiaCC2008, p. 3.

[20] S. AG, «productos para Totally Integrated Automation y Micro Automation,» de SIMATIC, ALEMANIA, Siemens AG, 2011, p. sección 5.

[21] R.d.D.d.Energía,Manizales,UniversidadNacionaldeColombia,2009.