



DISEÑO DE UN SISTEMA SEMIAUTOMÁTICO PARA LA LIMPIEZA EN DUCTOS CALIBRE 26 DE FORMA CIRCULAR Y CON ALCANCE DE 30M DE LAS CAMPANAS DE EXTRACCIÓN

Aurora Aparicio Castillo

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Azcapotzalco,
aaparicioc@gmail.com*

Emilia Huerta Amaro

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Azcapotzalco,
emyhuerta@gmail.com*

Alberto Alejandro Tapia Dávila

*Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica unidad Azcapotzalco
atapia@ipn.mx*

Resumen

This work contains the design and analysis of a semiautomatic system for cleaning extractive hood ducts in industrial kitchens. The need arises because of the numerous fires and illnesses presented in the industrial kitchens due to the lack of maintenance and a correct cleaning in ducts of extraction bells. The design of the semiautomatic mechanism for cleaning ducts will combine two types of cleaning, one based on planning and the other using detergent as the active foam suitable to inhibit the formation of grease

Palabras clave: design, semiautomatic system, cleaning, ducts, kitchen

Con el propósito de implementar una manera fácil y rápida para limpiar ductos de tuberías surgió la idea de diseñar un mecanismo capaz de higienizar y retirar el cochambre. El proyecto está enfocado en cocinas que emplean tuberías de calibre 26, ya que según la norma mexicana NMX-F605 NORMEX 2004 está previsto un programa preventivo de limpieza que prevé una contaminación que pudiera causar alguna enfermedad por aire contaminado debido a los alimentos [2].

1. Árbol de Funciones

Este método se utiliza para planear las diferentes opciones de solución dentro de la propuesta de diseño y elegir la más apta, enfocándose a las necesidades que se tienen que cumplir.

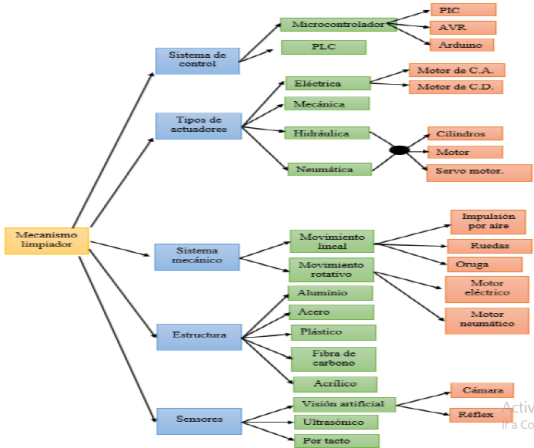


Figura 1. Árbol de funciones (elaboración propia)

1.1 Matrices Morfológicas

En esta etapa se analizarán los elementos o componentes a considerar para cada subsistema: del árbol de funciones como son: electrónico, eléctrico y mecánico, en la tabla 1 se muestran las propuestas de solución del sistema electrónico y eléctrico [3].

Tabla 1. Matriz morfológica (elaboración propia)

Función	Portadores de función			
Sistema electrónico				
Dispositivo de control del mecanismo	Micro controlador			
Comunicación de mecanismo con su exterior	PIC	AVR	ARDUINO	PLC
Sistema eléctrico				
Tipo de actuadores	Motores		Corriente directa	
Sistema mecánico				
Composición física de mecanismo	Material anticorrosivo de la estructura			
	Acero inoxidable	Aluminio	Titanio	Polimeros

1.2 Descripción de la función de cada Sistema

1.2.1. Sistema de Control: Es el encargado de controlar y administrar el comportamiento de un sistema, con el fin de realizar acciones y obtener los resultados que se esperan.

Tabla 2. sistema de control (elaboración propia)

Características	PIC	AVR	Arduino	PLC
Arquitectura	Harvard	Harvard	Constituido por un AVR ATmega328p	Harvard
Lenguaje de programación	*Ensamblador *C *Escalera	*Ensamblador *C	*C	*Escalera
Analogico-digital	*Si	*Si	*Si	*Si
Voltaje	5v	6v	5v-12v	*Variable
Precio	\$68	\$69	\$320	*Elevados

1.2.2. Sensores: Un sensor es un dispositivo que puede transformar las magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas.

Tabla 3. Características de los sensores (elaboración propia).

	Ventajas	Desventajas
Ultrasonico	Rango relativamente amplio (hasta varios metros) Detección del objeto independientemente del color y del material Detección segura de objetos transparentes (por ejemplo, botellas de vidrio) Relativamente insensibles a la suciedad y al polvo Posibilidad de desvanecimiento gradual del fondo Posibilidad de aplicaciones al aire libre Posibilidad de detección sin contacto con puntos de comunicación de precisión variable La zona de detección puede dividirse a voluntad Se dispone de versiones programables	Si se utilizan sensores de proximidad ultrasonicos para objetos con superficies inclinadas, el sonido se desvía. Por ello es importante que la superficie del objeto a reflejar esté dispuesta perpendicularmente al eje de propagación del sonido o bien que se utilicen barreras ultrasonicas. Los sensores de proximidad ultrasonicos reaccionan con relativa lentitud. La frecuencia de comunicación máxima está entre 1 y 125 Hz. Los sensores de proximidad ultrasonicos son generalmente más caros que los sensores de proximidad opticos (casi el doble)
Reflex	La cámara se enciende y enfoca instantáneamente	Este tipo de sensor puede ser obstruido por la espuma y la grasa del cochambre
Visión artificial	-Captar la información de la escena real mediante la proyección en una imagen. -Analiza las imágenes para extraer la información que contienen.	- alto costo -existe el ruido - puede ser obstruido por la espuma y la grasa del cochambre

1.2.3. Actuadores. Un actuador es un dispositivo inherentemente mecánico cuya función es proporcionar fuerza para mover o “actuar” otro dispositivo mecánico, las características eléctricas se muestran en la Tabla 3.

Tabla 4. Características de actuadores (elaboración propia).

Motor de corriente directa	Motor de corriente alterna
Es necesario aplicar corriente continua en el inducido y en el inductor (De ahí proviene su nombre).	Opera mediante la aplicación de corriente alterna (De ahí proviene su nombre).
Formado por dos circuitos eléctricos diferentes: Circuito magnético. Circuito de la armadura.	El rotor recibe una corriente inducida alterna. El estator es un campo magnético inducido.
La velocidad aumenta con la tensión aplicada.	Para regular su velocidad de giro, se realiza a través de variadores electrónicos de frecuencia.
Par motor: proporcional a la corriente de inducido y al flujo del campo magnético del inductor.	Par motor: depende del campo giratorio.
Partes básicas: Inductor, inducido, colector.	Partes básicas: Estator y rotor.
Pierden velocidad de giro con la carga.	Pierden velocidad de giro con la carga.
Tiene velocidad variable.	Funcionan a velocidades fijas. No pueden operar a bajas velocidades.
Se pueden utilizar tanto para aplicaciones de baja potencia y de alta potencia.	Son más baratos de fabricar.
Se utilizan para alimentar dispositivos que requieren una entrada de potencia variable.	Son compatibles con la mayoría de los aparatos modernos, que cuentan con una fuente de energía de CA.
Son motores monofásicos.	Pueden ser monofásicos o trifásicos.
Se van generalmente en aplicaciones en las que la velocidad del motor debe ser controlada externamente.	Funcionan mejor en aplicaciones que requieren el rendimiento de la potencia durante largos periodos de tiempo.
Tipos: De excitación independiente. Autoexcitación.	Tipos: Motor de Inducción (Motor Asíncrono) Motor Sincrono.
Par de Arranque: Muy fuerte.	Par de Arranque: escaso.
Aplicaciones: Elevadores, Ferrocarriles...	Aplicaciones: Industria.
Para trabajo pesado	Para trabajo con precisión.

1.2.4. Mecanismos para desplazamiento:

Esta etapa abarca el desplazamiento dentro de la tubería, realizar la limpieza de este, y también la forma en la que el mecanismo va a estar avanzando de forma lineal para limpiar a lo largo de la tubería. Este movimiento puede ser generado de dos formas diferentes, por ruedas y por oruga [6].

Si se comparan los sistemas de tracción por ruedas versus las orugas es destacable mencionar que, el sistema de tracción por ruedas puede lograr como máximo un 80 % de eficiencia tractiva en su configuración ideal, mientras que las orugas de goma rondan el 98 % de eficiencia de tracción.

1. Diseño Conceptual

Tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- Control Velocidad.
- Costo Calidad.
- Eficacia Eficiencia.
- Resistencia Flexibilidad, etc.

Se llega a la siguiente propuesta de mecanismo:

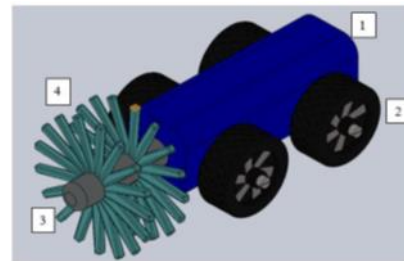


Figura 2. Diseño conceptual del prototipo (elaboración propia)

Se considera que las partes que constituyen el diseño se muestran en la Figura 2 y son siguientes elementos:

1. Estructura
2. Llantas
3. Cepillo

2.1. Diseño conceptual 2D

Al tener el diseño 2D se puede contemplar la estructura que llevará, así como contemplar las piezas que contiene.

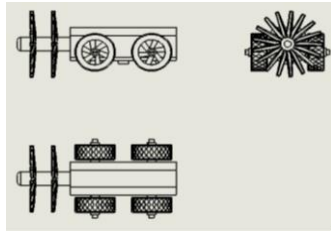


Figura 3. Vistas del sistema en 2D (elaboración propia)

La siguiente tabla muestra los elementos seleccionados y los argumentos tomados en cuenta para su elección.

Tabla 5. Elementos seleccionados (elaboración propia)

Función	Selección	Justificación
Dispositivo de control del mecanismo	PIC 16F887	Como cuenta con arquitectura tipo Harvard es un sistema mínimo, por lo tanto, se comporta como una computadora. Para el trabajo que realizará el mecanismo, la capacidad de memoria del PIC es suficiente para poder grabar todo. Así mismo, gracias a que cuenta con 36 pines programables como entradas y salidas puede realizar diversas tareas y leer diferente información de su entorno. Este PIC cuenta con entradas: convertidor analógico-digital, el cual es muy útil para poder interpretar variables del exterior. Otra ventaja es su costo, ya que este dispositivo cuesta \$68.
Tipo de actuadores:	Motores a pasos	Los motores de corriente continua son capaces de poder controlar su velocidad angular dependiendo de la cantidad de voltaje y junto con el micro controlador será más fácil la interfaz debido a que se manejan con corriente continua.
Tipo de sensores:	Ultrasónico	El trabajo se realizará en una tubería, la cual estará llena de grasa y residuos. Se ocupará espuma y químicos encargados para la limpieza, se ocupará un sensor ultrasónico ya que, si la espuma o la grasa llegan a caer en el sensor, este puede seguir mandando y recibiendo señales a comparación de un sensor óptico el cual si llega a ser tapado este quedará inutil hasta que se vuelva a limpiar.
Sistema de desplazamiento lineal	Ruedas	Se eligió el polímero debido a su resistencia debido a la resistencia que tienen tanto a la fricción, desgaste y componentes químicos ya que es de fundamental necesidad tener estas características por el entorno en el que se desplazará el mecanismo, esto servirá para asegurar que el desplazamiento sea continuo.
Material	Acero inoxidable	Debido a su poca adherencia a los materiales corrosivos y que es muy difícil de exponer a la oxidación, esta opción es viable para realizar la estructura. Además de su cómoda y rápida limpieza ya que se podrá eliminar la suciedad que se genere en el material dando una mayor vida útil al mecanismo.

2.2. Materiales para la estructura

Durante la investigación de materiales para la estructura se encontraron los más aceptables para el proyecto, como son aluminio, acero inoxidable, policarbonato y nylacero, de los cuales se realizará un análisis de sus propiedades para verificar si son adecuados para someterlos al ambiente de trabajo.

2.2.1. Nylacero: Material de alta resistencia que se basa en el Nylon de alta calidad aleado con diferentes polímeros y minerales, lo cual logra que exista una mayor resistencia al

desgaste, abrasión y libre de corrosión, utilizados en la industria gasera y petrolera [7].

Tabla 6. Características del Nylacero (elaboración propia)

Descripción	Métricas	Inglés	Nylacero -6	Nylacero m	Nylalloy 2000	Nylacero 2000
Resistencia a la tensión	kg/cm ²	psi	842 - 12,000	706 - 12,400	872 - 12,400	692- 9500
Elongación	%	%	26 - 26	27 - 27	19 - 10	55 - 55
Módulo de tensión	kg/cm ²	psi	32,600 - 464,200	27,900 - 397,400	32,300 - 459,100	28,082 - 400,000
Módulo de flexión	de kg/cm ²	psi	30,600 - 435,200	27,900 - 396,000	30,600 - 435,200	26,773 - 380,000
Resistencia a flexión	kg/cm ²	psi	1,022 - 14,540	1,176 - 16,728	1,230 - 17,500	949 - 13,500
Resistencia al impacto	al cm-kg/cm ²	ft-lb/in ²	7.85 - 109	16.7 - 230	8 - 110	
Resistencia al impacto mod	cm-kg/cm	ft-lb/in ²	10.3 - 142	20.6 - 284	10.5 - 145	- 395
Resistencia a la compresión	kg/cm ²	psi	1,070 - 15,200	850 - 12,100	1,070 - 15,200	-
Dureza	shore-d	rockwell-e	82.3 - 111	81	85	83
Temp. de distorsión de calor	De °c	°f	95 - 203			
Punto de fusión	°c	°f	223 - 433	209 - 408	230 - 446	232 - 450
Conductividad térmica	w/k-m		0.24	0.24	0.23	
Calor específico	j/g-k		1.7	1.7	1.7	
Resistencia en seco	lv/mm	vimal	25 - 635		25 - 635	
Resistencia en agua	lv/mm	vimal	15 - 381		15 - 381	
Resistencia dieléctrica	lv/mm	vimal	21 - 533	20 - 533		

Al hablar del maquinado para crear la estructura el Nylacero es ideal, ya que su desbaste es sencillo, se hizo el análisis de esfuerzo para conocer su deformación y de esta manera, determinar que material está más alejado de la ruptura, así como saber cuál será la carga que tendrá que soportar para realizar la tarea de limpieza durante el recorrido en la tubería, lo anterior se observa en la figura 4.

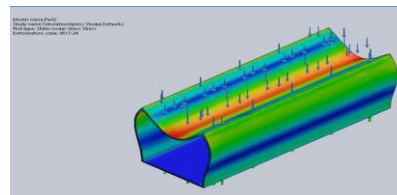


Figura 4. Esfuerzos de la estructura (elaboración propia)

En el interior de la estructura se planea colocar los elementos de control, efectores finales, llantas, el cepillo, cables de alimentación y mangueras de expulsión [8].

Se implementará un motor y una bomba externa, los cuales facilitarán el desplazamiento del cableado y la expulsión del líquido, por motivos de espacio se pondrá de manera

externa, así también se colocará una base de aluminio con llantas para facilitar su desplazamiento, ver figura 5.

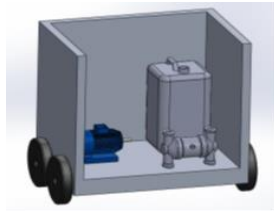


Figura 5. Vista exterior del mecanismo (elaboración propia)

Es necesario contar con una bomba con la presión necesaria para impulsar el líquido por toda la tubería, ya que es necesario regular el caudal para que el chorro de espuma activada sea constante, y así también sea la cantidad necesaria de jabón industrial para que se realice la limpieza adecuada. La bomba seleccionada fue una Bomba centrífuga serie Ag, debido a las características que tiene:



Figura 6. Especificaciones de la bomba centrífuga (elaboración propia)

2.3. Materiales para las llantas

Para seleccionar el material de las llantas se debe tener en cuenta que existirán grasa y cochambre dentro de los ductos. Dentro del mercado se encontró la llanta mostrada en la figura 7, el material de esta llanta es resistente tanto a la corrosión como a los químicos del jabón industrial que se utilizara.

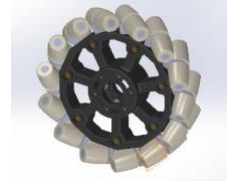


Figura 7. Llanta seleccionada (elaboración propia)

Tabla 7. Materiales para llantas (elaboración propia)

Material	Características	Tamaño	Costo	Ventajas	Desventajas
Caucho Sintético	Elastico. Insoluble en solventes orgánicos. Resistencia a la abrasión. Resistencia al fuego. Permanece flexible a bajas temperaturas y es resistente a la grasa y el aceite. Resistencia a ambientes corrosivos. Rango de temperatura de -10 a 80°C. Dureza elastica de 40 a 90 Shore A. Resistencia a la tracción de 220. Presión neumática 36 psi. Capacidad de carga de 150-250 Kg.	12.8 cm de diámetro por 0.56 cm de ancho	133.56 cada una.	Resistente a la corrosión y a grasas y aceites. Peso ligero. Resistencia a químicos. Flexible. Resistente a la humedad.	Producto internacional Costos elevados. El menor tamaño sigue estando grande.
Nylon	Dureza. Capacidad de amortiguación de golpes, ruido y vibraciones. Resistencia al desgaste y calor. Resistencia a la abrasión. Inercia química casi total. Ambivalente. Inflamable. Excelente dieléctrico. Excelente abrasión.	80 x 35 mm.	57 pesos	Tiene mayor resistencia a golpes. Resistencia al desgaste.	Es no inflamable y nuestro ambiente es altamente inflamable. El costo es más elevado.
Poliéster	No es absorbente. Granda calor. Resistente a manchas. Resistente a los ácidos, álcalis. Inflamable. Alta elasticidad.	7 cm.	25 pesos	Es fácil de limpiar. Resiste a la humedad, al agua y a los químicos usados por la limpieza. Y es flexible.	Es inflamable. Su desplazamiento es más difícil puesto que normalmente son lisas.
PVC	No conductor de electricidad. Material ligero. Químicamente inerte e inocuo. No se oxida ni se corroe. Alta resistencia al choque.	10 cm.	93 pesos	Fácil limpieza. Aislante natural. Inocuo. No se corroe.	Maleable. Poca resistencia al fuego.

2.4. Eje para ensamblar la llanta

La Aleación 303 (UNS S30300) es un acero inoxidable autentico no magnético para maquinado libre, que es una modificación del acero inoxidable básico, con 10% de cromo y 8% níquel, que mantiene sus propiedades mecánicas y una resistencia a la corrosión.

Tabla 8. Propiedades de mecanizado de ejes (elaboración propia)

Morfosintetizada	High Speed Tooling		Carbide Tooling		Depth, Width or Diameter of Feed
	Speed (ft/min)	Feed (in./rev)	Speed (ft/min)	Feed (in./rev)	
Tornado	115	0.0150	375	0.025	0.005-0.200
	135	0.0050	600	0.007	0.002-0.004
Center	90	0.0015	375	0.002	$\frac{1}{16}$
	100	0.0025	375	0.004	$\frac{1}{8}$
Formado	100	0.0020	375	0.003	1
	100	0.0015	300	0.002	2
Perforación	70	0.0040	—	—	$\frac{1}{4}$
	85	0.0100	700	0.005	$\frac{1}{2}$
	100	0.0200	800	0.007	1-2
Escariado	90	0.0050	—	—	$\frac{1}{4}$
	90	0.0150	—	—	1-2
Fresado Final	130	0.0030	300	0.004	$\frac{1}{2}$
	130	0.0060	300	0.009	1-2

2.5. Diseño del cepillo

Se realizó el diseño del cepillo en un software especializado, a fin de que con las medidas indicadas en la ficha técnica que proporciona SACEMA se pueda obtener la imagen real del cepillo, el cual se adaptara a las necesidades del mecanismo, también se le proporciono las características del material (Polipropileno) seleccionado, ya que es el material que puede otorgar una limpieza optima de mínimo el 80% por todo el recorrido dentro del ducto

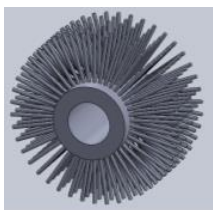


Figura 8. Diseño del cepillo (elaboración propia)

Para tener un dato importante como el peso del cepillo, se utilizó una herramienta llamada “MassPropeties” y este software otorgo un valor de 527.17g, lo cual se utilizará para determinar más variables del mecanismo

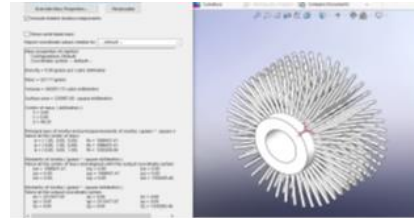


Figura 9. Análisis de masa del cepillo (elaboración SACEMA)

2.6. Cableado

Para que la energía (voltaje de alimentación) llegue hasta el mecanismo se utilizara C.A conectada a un motor y dentro del mecanismo este se convertirá en C.D, para esto se necesita un cableado capaz de soportar la corriente y los factores externos que pueden afectar su adecuado funcionamiento; como pueden ser la corrosión o la humedad, y así asegurar a todo el mecanismo de un posible corto circuito.

2.7. Mangueras

Se escogió una manguera de PVC para transportar la espuma activada, ya que es un material que resiste los químicos, y la presión con la que se estará trabajando que será de 1.5-3 bar. Tiene un peso ligero y una vida útil larga. Otra de las características por las que se eligió es que tiene una longitud de 30 m, que será lo que el mecanismo recorre dentro del ducto [9].



Tabla 9. Propiedades de la manguera química “banda lila” (productos químicos).

REFERENCIA	MEDIDAS				PRESIÓN TRABAJO	PRESIÓN MÁX.	MATERIAL	LARGO
	Int. (Mg)	Ext. (Mg)	ESPEZ.	BAR				
CHD 12	1/2"	13	32	16	25	-	70	40
CHD 16	3/4"	19	31	16	25	-	100	40
CHD 25	1"	25	37	16	25	-	150	40
CHD 32	1 1/4"	32	44	16	25	-	175	40
CHD 38	1 1/2"	38	51	16	25	-	200	40
CHS 25	1"	25	37	16	25	0.9	90	40
CHS 32	1 1/4"	32	44	16	25	0.9	100	40
CHS 38	1 1/2"	38	51	16	25	0.9	110	40
CHS 50	2"	50	56	16	25	0.9	140	40
CHS 52	2 1/4"	52	79	16	25	0.9	150	40
CHS 75	3"	75	91	16	25	0.8	200	40
CHS 100	4"	100	115	16	25	0.8	400	40
CHS 150	6"	150	172	10	15	0.8	600	30

Manguera química "banda lila" para productos químicos, ácidos, excepto ácidos oxidantes concentrados, bases, solventes, alcohol, aceites aditivos, esteres, óxidos, lodos, ceras, agua caliente (agua de enfriamiento), aire caliente - en hidrocarburos, temperatura de utilización: de 40°C a 100°C según los productos transportados. Posibilidad de limpieza al vapor (sistema abierto hasta 50°C máx. 30 minutos). No apta para productos alifáticos, aromáticos, hidrocarburos halogenados, gasolina, dióxido de etileno.

Recubrimiento int.: EPDM, negro, sílice, sin soldadura, a conductor elástico y dos tramos textiles. Tipo CHS con hilos en acero galvanizado. Recubrimiento ext.: negro, conductor, resistente al ozono y a los UV.

Tipo CHD descarga
 Tipo CHS succión y descarga
 Item D
 Item 30

Aplicación: utilizado sobre más de un 75% de los productos químicos generalmente envasados. Limitaciones: excepción de los líquidos concentrados. Temperatura: ver tabla de resistencia química. Conductividad eléctrica de los líquidos: superior, e inferior a medida sin contacto. Cumple a la norma EN 12113 y TRP 13112. Marcado: también lleva cada metro, marcado por perforación vulcanizada continua.

2.8. Recolección de desechos

El neopreno es considerado un polímero que tiene buena resistencia a la abrasión y a la flexión, es resistente a los ácidos, retardante a la llama y es capaz de ser sometido al uso con aceites de base petróleo.

La manera en la que funciona es que cuando se haya terminado el proceso de cepillado con la espuma activada, el mecanismo sacará unas hojas de goma de neopreno y con ayuda del mecanismo retrocederá por todo el ducto para hacer la función de un recogedor [1].

2.9. Jabón Industrial

Se necesita un químico lo suficientemente potente para disolver la grasa y el cochambre dentro de la tubería sin perjudicar la estructura del mecanismo, ver figura 10.



Figura 10. Jabón industrial (simple Green)

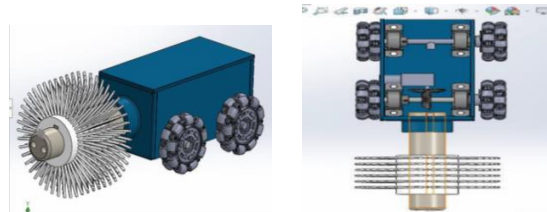
2.10. Complementos del sistema Mecánico

Tornillo: Para la sujeción de la estructura se utilizarán tornillos tipo Allen de 5/32" con una longitud de 1" se eligió para tener la mayor sujeción posible.

Empaque: Para que exista una presión más grande al colocar el tornillo y que ninguna sustancia entre dentro de la estructura.

2.11. Integración del Sistema Mecánico

En la figura 11 y 12 se pueden observar todos los elementos seleccionados y su colocación en el sistema mecánico, dando forma al prototipo del robot limpiador.



Figuras 11 y 12. Isométrico mecanismo e Interior del mecanismo (elaboración propia Autocad).

3. Diseño de la etapa control

Se necesita conocer como la energía se transformará en trabajo mediante las señales electrónicas que se le añadirán al mecanismo, de esta manera se generara una secuencia que debe de cumplir para la limpieza optima de la tubería. Para esto se deben conocer todos los elementos con los que construirá

3.1. Alimentación

El consumo de corriente de los dos motores es de 2.35 A, los dispositivos electrónicos como el PIC, las resistencias, los opto acopladores tienen un consumo de corriente menor, por lo tanto, la fuente de alimentación será considerada para poder suministrar 3 A, y con dos voltajes de salidas, una de 12V que se ocupará para alimentar a los motores y otra de 5V para alimentar al PIC y los otros dispositivos electrónicos.

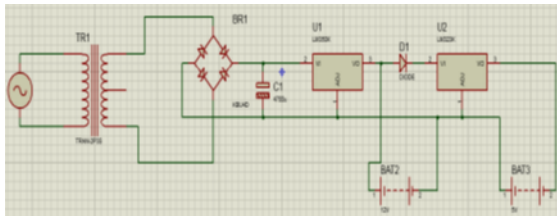


Figura 13. Fuente de alimentación de 12V y 5V (elaboración propia Proteus)

3.2. Secuencia de Algoritmo para el PIC

- Verificar si hay alimentación.
- Encender la máquina central.
- Verificar que el mecanismo esté en la posición de inicio.
- Si el mecanismo se encuentra dentro de la tubería pulsar el botón de regreso hasta llegar a la posición inicial.
- Pulsar el botón de inicio.
- El PIC comenzará el proceso activando el motor de avance y mandando PWM para el motor de cepillado, así mismo el motor de la manguera y la bomba de espuma se activarán.
- Esperar al final del recorrido.
- Al recibir la señal se desactivará la bomba de la espuma y comenzará el regreso.

- Al llegar nuevamente a la posición inicial, se desactiva todo el sistema.

3.3. Diseño del sistema de control

Para el sistema de control se deben considerar las señales necesarias para poder controlar con el voltaje que entrega el microcontrolador los motores de cepillado y de desplazamiento. Se debe generar un sistema aislado para proteger el PIC de las altas corrientes que genera el arranque del motor de CD.

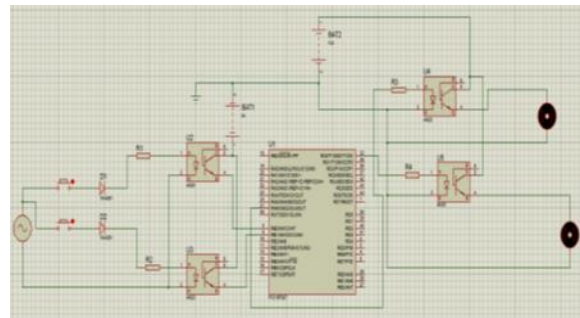


Figura 14. Control de los actuadores (elaboración propia proteus)

Como se puede observar en la figura 14 se utilizan opto acopladores para proteger cada señal de control enviada por el PIC y así, poder trabajar con diferentes tipos de corrientes y con diferentes voltajes.

3.3.1 Primera etapa de control

Primera etapa del sistema de control:

El botón de arranque y el de regreso estarán conectados a corriente alterna, la señal recorrerá toda la manguera hasta llegar al mecanismo, activará el opto acoplador y este dejará pasar una señal de 5V al PIC para empezar a realizar las tareas programadas en él, lo cual se puede observar en la figura 15.

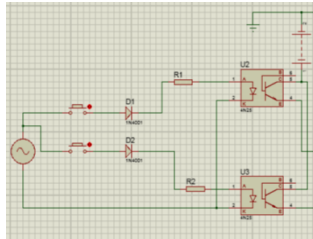


Figura 15. Primera etapa del sistema de control (elaboración propia Proteus)

3.3.2 Segunda etapa de control

Con el PIC y opto acopladores se pueden controlar los dos motores que se utilizan, para el motor del cepillado se reducirá la velocidad angular del mismo mandando una señal de PWM, con este tipo de control podemos reducir la velocidad nominal del motor a un 10%.

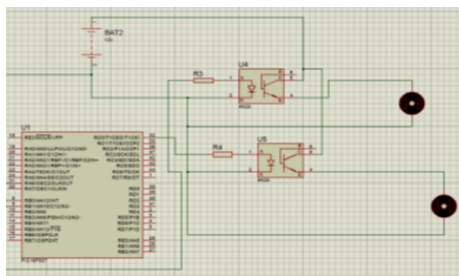


Figura 16. Segunda etapa del sistema de control (elaboración propia Proteus)

4. Conclusiones

Para cumplir con todas las características necesarias para el buen funcionamiento del sistema semiautomático para limpieza de ductos se debieron tomar en cuenta las siguientes consideraciones en el diseño:

1. En la estructura se consideró que el material debía ser lo suficiente resistente, ya que sería el encargado de soportar todos los pesos de los demás elementos, en el caso de los ejes de forma similar se tuvo que considerar los diversos esfuerzos combinados, ya que en ambos casos estaban sometidos tanto a torsión

como a tensión y se debía cuidar el desgaste de la pieza.

2. En el caso de las llantas y el cepillo, ambos se encuentran disponibles en el mercado por lo que solo es necesario colocarlos y no rebasar el rango fijado por la tubería.

3. Para el caso de las partes eléctricas (control y alimentación), debido a la longitud tan larga que el mecanismo debe recorrer se eligió cablear todo y hacer que el cable se desenrollé poco a poco junto con el avance del mecanismo, se consideran aspectos de seguridad, dado que una chispa eléctrica puede causar muchos problemas dentro de la tubería, si tomamos en cuenta el material inflamable que se encuentra dentro del ducto.

4. Por último otro aspecto a considerar es cómo la bomba seleccionada va a expulsar la espuma activada, para lo cual se debe considerar las pérdidas por la altura de la campana extractiva, así como el fluido empleado para la limpieza del ducto, ya que la densidad y la viscosidad de este era diferente al agua.

5. Referencias

- (1) Leroy, Merlín. (2019). Página sobre ductos. España: S.L.U. http://www.leroymerlin.es/productos/cocinas/electrodomesticos/campanas_extractoras/como-elegir-filtros-para-campanas.html
- (2) Area Informática de Expomaquinaria. (2020). <https://www.expomaquinaria.es/wpblog/2014/11/13/filtros-para-campanas-extractoras/>
- (3) Infraestructura Educativa (2014). <http://www.inifed.gob.mx/doc/normateca/tec>



[/2015/Vol5/Tomo%20III%20Instalaciones%20Aire%20Acondicionado%20V%202.0.pdf](#)

(4) Kitchen Designs (2019).
<http://biter.us/tubos-para-campana-extractora.html>

(5) Grupo Acir. (2019).
<https://889noticias.mx/noticias/57-los-incendios-en-restaurantes-bares-se-originan-en-cocina/>

(6) Julián Pérez Porto y María Merino. (2013). <https://definicion.de/tubo>

(7) Brushing Robots, Tecai. (2018).
<https://teinnovacleaning.com/air-duct-cleaning-equipment/brushing-robots-for-duct-cleaning/>

(8) Brushing Robots, Tecai. (2018).
<https://teinnovacleaning.com/air-duct-cleaning-equipment/brushing-robots-for-duct-cleaning/>

(9) Brushing Robots Tecai. (2018).
<https://teinnovacleaning.com/grease-ductwork-cleaning-tegras/duct-brushing-robots/>