

PROTOTIPO A ESCALA DE UN SISTEMA DE AUTOLAVADO ECONOMIZADOR DE
AGUA

Autores: Abraham Elias Bedoya Agamez
Jorge Miguel Hernandez Fabra

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA

MONTERIA

2023

PROTOTIPO A ESCALA DE UN SISTEMA DE AUTOLAVADO ECONOMIZADOR DE
AGUA

Autores: Abraham Elias Bedoya Agamez
Jorge Miguel Hernandez Fabra

Trabajo de grado para optar al título de Ingeniero
Electrónico

Asesor

JORGE ENRIQUE ARDILA URIBE

Ingeniero Electrónico
Especialista en Gerencia
Magister en Ingeniería Electrónica

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA

ESCUELA DE INGENIERIA

PROGRAMA: INGENIERIA ELECTRONICA

MONTERIA

2023

AGRADECIMIENTOS

En General le queremos dar gracias principalmente al Ingeniero Jorge Ardila que en su labor de docente nos enseñó siempre con un punto de vista real y no meramente teórico, también a la ingeniera Ana Milena Lopez la cual con suma paciencia se tomaba parte de su valioso tiempo en ayudarnos a redactar la tesis y a corregir ciertos errores en esta

Contenido

AGRADECIMIENTOS.....	4
CONTENIDO.....	¡Error! Marcador no definido.
LISTA DE FIGURAS.....	6
RESUMEN.....	8
INTRODUCCIÓN.....	10
MARCO TEÓRICO	12
Automatización:.....	15
Lavado manual:	15
Estado del arte:	15
Lavado Mecánico:.....	15
Implementación de Sistema Automático de Limpieza de Autos con Sistema de microcontrolador Atmega 8	18
Prototipo de sistema automático de lavado de vehículos construido por PLC utilizando VDF	18
Arduino UNO:.....	19
METODOLOGÍA	20
RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	35
CONCLUSIONES	41
En general durante todo el desarrollo de este proyecto se tuvo muy en cuenta la creación del código de control junto con el prototipo para probar todo el sistema, enfocándose siempre en que el prototipo cumpla con los objetivos planteados.....	41
BIBLIOGRAFÍA.....	43

LISTA DE FIGURAS

Ilustración 1 Comparación de un Lavado de agua tradicional con respecto a uno automático	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 2 Arduino UNO	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 3 Declaración de Variables	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 4 Declaración Pines de Entrada y Salida	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 5 Comunicación Arduino Python.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 6 Configuración de Sensores.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 7 Definición de Librerías y Variables	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 8 Comunicación Python Arduino.....	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 9 Diseño de la Interfaz	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 11 Interfaz de Autolavado	¡Error! Marcador no definido.
Ilustración 10: Diseño de interfaz Autolavado Fuente: Autor	25

RESUMEN

Hoy en día se venden miles de autos en Colombia, siendo el mes de diciembre el más esperado para eso. Según cifras del REGISTRO ÚNICO NACIONAL DE TRANSITO conocido por sus siglas (RUNT), en diciembre del año 2021 se vendieron cerca de 25.312 vehículos nuevos, demandando en mayor medida un servicio de lavado de automóviles de calidad en el menor tiempo posible. El servicio que ofrece un autolavado convencional en Colombia es efectivo mientras los trabajadores no se agoten y los tiempos de trabajo no sean tan variables debido a los respectivos descansos que estos toman, comprometiendo la eficiencia, el número de vehículos lavados y el gasto de agua; haciendo que la relación entre estos factores sea inversamente proporcional debido a que se gastaría el doble o hasta más agua al momento de lavar un solo auto cuando ya se encuentran agotados, comparado con que cuando se encuentran en su mejor estado es posible lavar más autos con la misma cantidad de agua; lo que se pretende decir con la idea anterior es que la eficiencia del lavado de autos depende de mano de obra humana la cual se fatiga y puede disminuir su eficacia al momento de lavado

Un Lavado automático realiza el proceso con los vehículos siempre de manera uniforme garantizando la misma eficiencia. No tiene las desventajas de la fatiga del trabajador, posicionándose así un poco por delante en esta competencia por ver cuál es mejor. Los lavaderos automáticos en Colombia muy poco cuentan con una línea o túnel de lavado debido a que importarlos resulta siendo muy costoso. La tecnología con los que son diseñados no es alejada de la presente en el país, por lo que el diseño de un prototipo de túnel de lavado se hace viable, fácil de diseñar e implementar a futuro generando un avance en materia de los lavaderos automáticos de vehículos, sin dejar de lado uno de los motivos principales de todo este proyecto que es lograr una reducción en el uso del agua

Palabra Clave: Autolavado, Arduino, Códigos, Control, Hardware, Software

INTRODUCCIÓN

En Colombia se tiene una larga historia en donde los lavaderos de automóviles tradicionales han venido presentando problemas por la mala gestión del agua, debido a que estos últimos siempre han mantenido un uso excesivo de este recurso, generando que en ocasiones gasten mucho más de lo debido en el proceso, en especial cuando se trata de los establecimientos que se encuentran en las cercanías de vías fluviales o en lugares en donde se pueda obtener de yacimientos subterráneos. El Gobierno nacional ha puesto en marcha varios proyectos de ley en contra de la implementación de los lavaderos de autos, las cuales constan en el establecimiento del límite de agua que se podría utilizar en estos lugares y de donde pueden ser obtenidas esas aguas.

Una de las ciudades colombianas en las cuales se presenta en gran medida el anterior problema es en la ciudad de Montería, en donde por la gran influencia de una fuente fluvial como lo es el río Sinú muchos de estos establecimientos optan por tomar las aguas de este gran afluente. Añadido a esto, también optan por obtener el preciado recurso de los yacimientos de aguas del subsuelo. Veolia empresa prestadora del servicio de agua en la ciudad de Montería, empezó a adelantar políticas para el buen manejo de estas aguas.

El presente proyecto pretende la construcción de un prototipo a escala de un lavadero automático de automóviles el cual a través de 3 modos de lavado permita el ahorro no solamente en tiempo, sino también en agua y en eficacia del sistema. El sistema de autolavado funciona con una lógica sencilla, la cual consta que a través de una interfaz gráfica se pueda controlar los modos de lavado y elegir el que se usara, los beneficios que hay detrás de este proyecto principalmente sería el ahorro del agua y la disminución en tiempos de lavados de autos lo cual beneficiaría en gran medida a los clientes y a los dueños de los lavaderos les dejarían mucha más rentabilidad teniendo en cuenta que se lavarían muchos más vehículos durante 1 día de trabajo

MARCO TEÓRICO

La primera mención de un sistema de lavado de automóviles en toda la historia fue en la ciudad de Detroit en 1914, el cual fue llamado "The automobile Laundry" y este mismo usaba mano de obra humana para transportar el vehículo de una estación a otra durante el recorrido, no fue sino hasta 1928 cuando por primera vez se pudo circular en el vehículo sin intervención de mano de obra externa al conductor por el circuito de autolavado.

Transcurridos los años 40's en todo EE. UU se podían encontrar alrededor de 32 autolavados. Años después para ser más precisos en 1946 se empezaría a desarrollar un prototipo que a través de una banda transportadora, además de una serie de ganchos que arrastraban el vehículo a través de todo el sistema, el cual contaba con una regadera, tres cepillos y un ventilador; este último era el encargado de hacer el proceso de secado.

En 1993 el capital de empresarios Texanos unió dos gigantes de la industria del autolavado, Hanna Industries y Sherman Car Wash Company, ya combinadas se convirtieron en Hanna Sherman Internacional, Inc. La cual tenía un gran interés en mercados internacionales. Hanna se amplió primero en el lejano Este como Corea y Tailandia, además de mercados que apenas emergían como China, Rusia y Europa Oriental. Hanna también aumentó su actividad en Alemania, Irlanda, América Latina y Asia sur oriental. Todo esto sólo por dar un ejemplo del auge

internacional que tuvieron estos equipos los cuales prosperaron a lo largo de la década de los 90's y hasta la fecha. Hoy se habla de que existen más de 30, 000 de estos equipos en más de 90 países que dan servicio a más de 650 000 de automóviles en todo el mundo (Bocanegra Villagómez David Samuel, 2008).

Debido a todo lo anterior se puede notar que el nicho de los autolavados es uno de los más rentables, puesto que siempre se comercializarán más y más vehículos dando así que la demanda del lavado se extienda.

Colombia es uno de los países en Latinoamérica que más vehículos tiene, según datos publicados por el RUNT hay cerca de 17.020.461 de estos siendo distribuidos de la siguiente forma 6.701.970 corresponde a una mezcla entre automóviles, camionetas, camiones, buses y volquetas. Maquinaria, remolque y semirremolques son 181.888 y el resto, 10.136.593 son motocicletas, lo que significa que estas últimas son el 60 por ciento del parque automotor colombiano al cierre de 2021. (Avendaño, 2022)

Se estima según el RUNT que más de 70% de los automovilistas lavan más de una vez por semana su automóvil, por lo que el potencial para los servicios de lavado en el país es muy grande. Abundan los de tipo manual, pero poco a poco se han posicionado los semiautomáticos, es decir los que utilizan dispositivos como aspiradoras, pulidoras o mangueras de presión. Los automáticos son más escasos, pero sin duda será cuestión de tiempo para que se posicionen en el mercado

De acuerdo con (Lastre, 2016) los lavaderos de carros comunes gastan alrededor de 230 litros de agua por carro lavado, de modo que al implementarse este proyecto se esperaba reducir en gran medida el uso del agua hasta un valor de más o menos de 60 a 70 litros de agua consumida por vehículo lavado.



Ilustración 1 Comparación Consumo de Agua de un Autolavado convencional con un autolavado semiautomático Fuente: Periódico El Heraldó

En respuesta de todo lo anterior, se optó por desarrollar este proyecto debido a que se nota que el auge de los autolavados semiautomáticos va en crecimiento, pero sin tener en cuenta el cuidado o la cantidad de agua que usan durante el proceso, así que se pretende generar conciencia en la racionalización del gasto de agua.

Automatización:

La automatización es una forma de implementar procedimientos de trabajo de forma automática, con un uso integral y eficiente de máquinas, de manera que se puedan aprovechar los materiales y recursos existentes. La automatización explica que es el uso de máquinas para realizar tareas físicas normalmente realizadas por humanos (Deptt & Jabalpur, 2013).

Lavado manual:

El lavado manual o también llamado “box de lavado” se compone de un compresor que impulsa el agua y una pistola de lavado con la que se debe lavar el coche y luego se enjuaga. Se estima que el lavado medio por box puede ser de 7 coches/hora por pista. En cada lavado se cuenta aproximadamente con que 2,5 min son para el lavado con agua caliente (descalcificada, con jabón), 1,5 min son para el enjuague con agua de red o pozo (agua sin descalcificar) y 1,5 min para el enjuague final con agua desmineralizada. El caudal de las bombas (tanto de agua caliente, red o pozo y desmineralizada) es de aproximadamente 11 l/min (BENZINE SUR, 2018)

Estado del arte:

Lavado Mecánico:

Según el trabajo de grado de máquina de autolavado automático presentada en 2008 (Bocanegra Villagómez David Samuel, 2008) en la actualidad existen 2 tipos de sistemas de lavado de autos los cuales son: tipo túnel y tipo puente:

El tipo túnel se compone de diferentes subestaciones por las cuales se traslada el automóvil, con este tipo de sistema se pueden lavar más automóviles en una hora ya que mientras uno está en la fase de enjuague, ya existe uno en el área de cepillado, así lo comparamos con una producción en serie debido a que el autolavado tipo túnel ofrece la ventaja de no parar.

Las diferentes subestaciones que tiene regularmente el autolavado tipo túnel son:

- Entrada. - Se coloca el automóvil en la banda transportadora
- Prelavado. - Se rocía el automóvil con agua para quitar el exceso de polvo.
- Espuma activa. - Se rocía el automóvil con una capa de champú.
- Cepillado. - consta de dos rodillos laterales y uno superior que contornan el automóvil y al mismo tiempo se le echa un poco de agua para quitar la espuma activa.
- Cera fría. - Se rocía cera fría a todo el automóvil para la protección de la pintura.
- Secado. - Es un arco con dos ventiladores montados que va delineando el vehículo

El tipo puente ocupa un espacio menor ya que los aspersores, bombas, ventiladores, etc., están dentro del puente. Este sistema se mueve a lo largo del

automóvil llevando a cabo una tarea en cada recorrido. La desventaja que tiene en comparación con el autolavado tipo túnel es el tiempo ya que este sólo lava un automóvil a la vez.

Básicamente realiza los siguientes recorridos:

- Recorrido 1.- espuma activa
- Recorrido 2.- rodillo lateral, superior y lavado de bajos mientras rocía agua para enjuagar el automóvil.
- Recorrido 3.- Lavado de ruedas
- Recorrido 4.- Cera fría
- Recorrido 5 y 6.- Secado. (Bocanegra Villagómez David Samuel, 2008)

Anteriormente, se han desarrollado diferentes prototipos a escala de sistemas autolavados, que posteriormente han llegado a ser implementados a escala real, generando un gran impacto en la localidad donde estos se desarrollan, debido al uso e innovación tecnológica que este otorga a la ciudad, también permiten tener un sistema más eficiente y controlado del uso de los recursos hídricos y cuidado del medio ambiente a largo plazo.

A continuación, se mostrará algunas tecnologías que se han desarrollado anteriormente en prototipos para el lavado automático de autos.

Implementación de Sistema Automático de Limpieza de Autos con Sistema de microcontrolador Atmega 8

En 2021 la Universidad Tjut Nyak Dhien de Medan North en Indonesia se desarrolló un sistema que estuviera diseñado para ser más simple, para que pueda aplicarse a la vivienda privada. Basado en un chip IC de microcontrolador, el sistema está programado para el proceso de lavado de principio a fin. El microcontrolador IC es un IC que se puede programar de acuerdo con los deseos del usuario, por ejemplo, la secuencia de trabajo de entrada y salida, la configuración del tiempo y la lógica de salida, la lectura de sensores o entradas y los cálculos aritméticos. El microcontrolador está programado en lenguaje C utilizando el software Code Vision Avr. De acuerdo con su función, el microcontrolador controlará la bomba de rociado de agua, el secador del calentador, etc.

El proceso de diseño es bastante simple cuando el sensor lee la presencia de un automóvil que ingresa, el riego comenzará a verter agua en las partes del automóvil, cuando el sensor no lea la presencia del automóvil, el riego se detendrá. Después del proceso de rociado de agua, el automóvil pasará al proceso de rociado de jabón, después de que los sensores existentes en el proceso de rociado de jabón lean la presencia de un automóvil, el rociado comenzará a rociar jabón hasta que el sensor no lea la presencia de un coche (Cahyadi, 2021)

Prototipo de sistema automático de lavado de vehículos

construido por PLC utilizando VDF

En 2019 la revista International Journal of Mechanical Engineering and Technology (IJMET) publicó un artículo acerca del desarrollo de un prototipo a escala de un sistema automático de lavado exterior de vehículos. El cual está construido mediante un PLC Logo Zelio (SR3B261BD) para el control de componentes de entrada y salida. El VFD modera la velocidad del motor de la cinta transportadora según sea necesario para que funcione sin problemas. Se incorpora sistema de recirculación de agua para economía de agua y detergente. La lámpara de estado en el panel de control informa al usuario de las etapas instantáneas de operación y control de todo el sistema. La experimentación del sistema presenta un proceso de lavado eficiente entre estaciones de trabajo y un uso mínimo de agua y detergente con el sistema de recirculación incorporado. La aplicación del panel de control para monitoreo y control mejora la rentabilidad de este sistema en comparación con su contraparte SCADA. En el futuro, a los autores les gustaría integrar un sensor de detección de partículas de polvo para mejorar la limpieza de la superficie. (Arowolo, 2019)

Arduino UNO:

Es una placa basada en el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada/salida digital (de los cuales 6 pueden ser usando con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16Mhz, conexión USB, conector jack de alimentación, terminales para conexión ICSP y un botón de reinicio. Tiene toda la electrónica

necesaria para que el microcontrolador opere, simplemente hay que conectarlo a la energía por el puerto USB ó con un transformador AC-DC. (Arduino, 2019) (

Ilustración 2. Arduino UNO)



Ilustración 2. Arduino UNO

Fuente: Arduino

METODOLOGÍA

Durante el desarrollo de la presente investigación se logró notar que es de tipo aplicada y según (Lozada, 2014), La investigación aplicada busca la generación de conocimiento con aplicación directa a los problemas de la sociedad o el sector productivo. Esta se basa fundamentalmente en los hallazgos tecnológicos de la investigación básica, ocupándose del proceso de enlace entre la teoría y el producto.

Teniendo en cuenta la anterior definición y la clase de investigación realizada se pudo determinar que este proyecto es del tipo aplicado teniendo en cuenta las pruebas que se hizo en este proyecto.

Para el desarrollo de la lógica del circuito se realizó el siguiente código en el lenguaje de programación Arduino, para iniciar las configuraciones en Arduino se declaran las variables que indicarán el estado de encendido o apagado para cada uno de los componentes, luego se asignan los pines por los cuales el Arduino se comunicará con el componente ya sea de manera digital o analógica. (Ilustración 3. Declaración de variables)

```
int estado1 = 0;    int sensor1 = 7;    int motor_BND = 8;
int estado2 = 0;    int sensor2 = 6;    int bombal = 13;
int estado3 = 0;    int sensor3 = 5;    int bomba2 = 12;
int estado4 = 0;    int sensor4 = 4;    int motor = 11;
int estado5 = 0;    int sensor5 = 3;    int bomba3 = 10;
int ventilador = 9;
```

Ilustración 3. Declaración de variables

Fuente: Autor

Posteriormente se seleccionan los pines de entrada y salida que enviarán y recibirán las señales a través del Arduino. (Ilustración 4. Declaración de pines de entrada y salida)

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(sensor1, INPUT);
  pinMode(sensor2, INPUT);
  pinMode(sensor3, INPUT);
  pinMode(sensor4, INPUT);
  pinMode(sensor5, INPUT);
  pinMode(bomba1, OUTPUT);
  pinMode(bomba2, OUTPUT);
  pinMode(motor, OUTPUT);
  pinMode(bomba3, OUTPUT);
  pinMode(ventilador, OUTPUT);
  pinMode(Motor_BND, OUTPUT);
}

```

Ilustración 4. Declaración de pines de entrada y salida

Fuente: Autor

La lógica de programación inicia con las entradas definidas en la interfaz gráfica desarrollada en *Python*, que se conectan a través de un puerto (COM) para realizar la comunicación que regula la velocidad del motor para establecer los modos de lavado: modo 1 (Limpieza Profunda), modo 2 (Normal) y modo 3 (Rápido). (Ilustración 5. Comunicación Arduino - Python)

```

void loop()
{
  if (Serial.available() > 0) {
    byte c = Serial.read();
    analogWrite(Motor_BND,c);
  }
}

```

Ilustración 5. Comunicación Arduino - Python

Fuente: Autor

A través de cada uno de los sensores se enviará el dato del estado lógico al Arduino si se presenta un obstáculo y según este se determina el estado del componente de salida (Alto o Bajo). (Ilustración 6. Configuración de sensores)

```

estado1 = digitalRead(sensor1);
if(estad01 == LOW){
analogWrite (bomba1,255);
delay (4000);
}
else{digitalWrite (bomba1,LOW);
}
estado2 = digitalRead(sensor2);
if(estad02 == LOW){
digitalWrite (bomba2,HIGH);
delay (4000);
}
else{digitalWrite (bomba2,LOW);
}
estado3 = digitalRead(sensor3);
if(estad03 == LOW){
analogWrite (motor,85);
delay (4000);
}
}
estado4 = digitalRead(sensor4);
if(estad04 == LOW){
digitalWrite (bomba3,HIGH);
delay (4000);
}
else{digitalWrite (bomba3,LOW);
}
estado5 = digitalRead(sensor5);
if(estad05 == LOW){
digitalWrite (ventilador,HIGH);
delay (4000);
}
else{digitalWrite (ventilador,LOW);
}
}
}

```

Ilustración 6. Configuración de sensores

Fuente: Autor

Seguido a esto se realizó una conexión entre Arduino y *Python* para diseñar la interfaz gráfica la cual consta de 3 modos que controlan la velocidad del motor para establecer una duración del tiempo de lavado de todo el sistema.

El diseño de la interfaz gráfica se llevó a cabo utilizando la librería *Tkinter* que está diseñada para realizar este tipo de tareas en *Python*, y otras librerías útiles para establecer la comunicación entre la placa Arduino y *Python*. Seguido a esto se definen algunas variables que se incluirán en el diseño de la interfaz. (Ilustración 7: Definición de librerías y variables)

```

from tkinter import *
import tkinter as tk
import serial
import time

def variar(v):
    s.write(bytes([int(v)]))

def cerrarInterfaz():
    s.close()
    sc.destroy()

```

*Ilustración 7: Definición de librerías y variables
Fuente. Autor*

Una de las primeras tareas que se realizó para el desarrollo este código de programación es establecer la comunicación entre la interfaz y la placa Arduino, utilizando el puerto serial de comunicación asignado por este. (Ilustración 8: Comunicación Python – Arduino)

```

s = serial.Serial("COM7", 9600)
sc=tk.Tk()
sc.config(width=250, height=200)
sc.title("Control de Lavado")

```

*Ilustración 8: Comunicación Python – Arduino
Fuente: Autor*

Finalmente se asignan las posiciones, estilos y características que contiene la interfaz gráfica utilizando botones y controles deslizantes que faciliten el uso del sistema al usuario.


```

titleFrame = Frame()
titleFrame.config(bg = "black", width = 250, height = "80")
titleFrame.place(x = 0, y = 0)

lblTitulo = Label(titleFrame, text = "Control de Modos de lavado", bg = "black", fg = "white", font = ("Arial", 14))
lblTitulo.place(x = 5, y = 20)

buttonsFrame = Frame()
buttonsFrame.config(bg = "blue", width = "250", height = "120")
buttonsFrame.place(x = 0, y = 80)

sl=tk.Scale(sc, label='Modo1', from_=0, to=155, orient=tk.HORIZONTAL, length=45, command=variar)
sl.place(x=20, y=100)

sl=tk.Scale(sc, label='Modo2', from_=0, to=205, orient=tk.HORIZONTAL, length=45, command=variar)
sl.place(x=80, y=100)

sl=tk.Scale(sc, label='Modo3', from_=0, to=255, orient=tk.HORIZONTAL, length=45, command=variar)
sl.place(x=140, y=100)

btnCerrar = Button(buttonsFrame, text = "Cerrar", command = cerrarInterfaz)
btnCerrar.place(x = 200, y = 90)

sc.mainloop()
s.close()

```

Ilustración 9: Diseño, estilo y características de la interfaz gráfica
Fuente: Autor

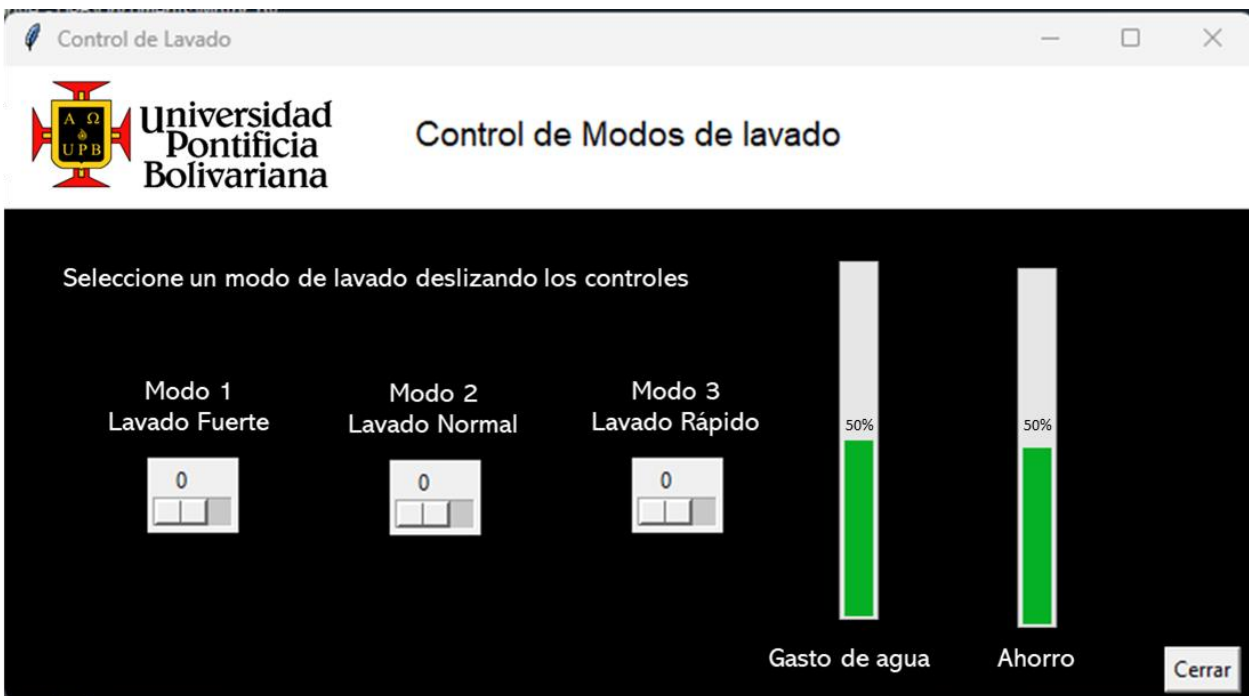


Ilustración 10: Diseño de interfaz Autolavado
Fuente: Autor

Una vez realizada la programación se diseña el circuito esquemático de conexiones en el programa Proteus 8.

El cual es un potente software comercial de captura de esquemas, simulación y auto ruteado, capaz de simular en tiempo real sistemas completos basados en microcontrolador. El programa tiene un gran interés didáctico debido a su elevado grado de interactividad, ya que permite interactuar con los circuitos mientras se está ejecutando la simulación. Proteus es un potente software comercial de captura de esquemas, simulación y auto ruteado, capaz de simular en tiempo real sistemas completos basados en microcontrolador. El programa tiene un gran interés didáctico debido a su elevado grado de interactividad, ya que permite interactuar con los circuitos mientras se está ejecutando la simulación. (Ruiz, 2004)

Para simular el microcontrolador Arduino UNO en Proteus se utilizó la librería SIMULINO, que contiene la mayoría de las funciones de este dispositivo, cuyas entradas y salidas se conectarán al resto del circuito. (Ilustración 11)

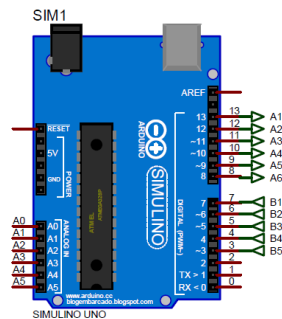


Ilustración 11. Entradas y salidas Simuladas Arduino UNO

Fuente: Autor

Por otro lado, se encuentran los sensores FC-51 que detectarán el obstáculo a través de leds infrarrojos emisor y receptor. Estos se pueden adaptar a luz ambiente y medir la distancia de detección a través de un potenciómetro que viene incluido en la board, dicha distancia se encuentra comprendida entre 2cm~30cm, con un ángulo de detección de 35°. Estos infrarrojos emiten señales a cierta frecuencia cuando se encuentra detección de algún obstáculo (superficie de reflexión). La señal captada por estos sensores es acondicionada mediante un circuito comparador, esto se ve reflejado mediante un LED indicador de color verde, en donde dependiendo de la configuración del usuario, podrá establecer niveles altos (1 lógico) y bajos (0 lógico) de tensión. Este sensor suele ser usado en robots diseñados para evadir obstáculos, seguidor de línea de color negra o blanca, entre otras. La señal captada por los sensores puede ser llevada directamente a un circuito de control como un microcontrolador, board Arduino, entre otros, para ser tratada dependiendo de la necesidad del usuario y/o aplicación en específico. (Osaka Electronics LTDA, S.f) (Ilustración 12)

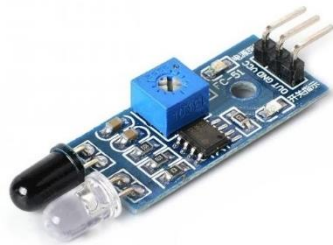


Ilustración 12. Sensor de obstáculos Infrarrojo FC-51

Fuente: Mactronica

Las conexiones de entrada realizadas para el montaje de los sensores, se simularon utilizando las librerías de sensores infrarrojos para Proteus 8, cada uno de estos cuenta con un pin de entrada que indica su estado, donde: “1” (Obstáculo detectado) “0” (No hay obstáculos), esta señal se envía a través del pin digital (OUT) al Arduino. También constan de dos entradas, una para el voltaje (5V) y otra para la tierra (GND) que estarán conectadas independientemente al resto del circuito para evitar errores en la precisión de medición del sensor. (Ilustración 13. Diagrama de conexiones de sensores infrarrojos)

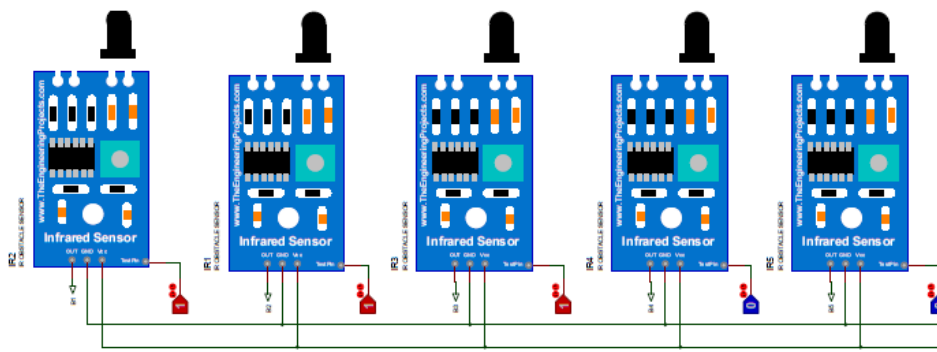


Ilustración 13. Diagrama de conexiones de sensores infrarrojos

Fuente: Autor

Uno de los componentes utilizados para el control de los estados del circuito es el transistor 2N2222 NPN, debido a su bajo coste y alta eficiencia. Este es un componente planar de silicio epitaxial encapsulado en cajas metálicas Jedec TO-18. Está diseñado para aplicaciones de conmutación de alta velocidad a corrientes de colector de hasta 500 mA y presenta una ganancia de corriente útil en un amplio rango de corriente de colector, bajas corrientes de fuga y bajas tensiones de

saturación. Este transistor incluye tres pines y la funcionalidad de cada pin se analiza a continuación.

Pin1 (Colector): Este es el primer pin del transistor y es un pin o/p. La función principal de este pin es proporcionar corriente de transistor hacia la carga o/p.

Pin2 (Base): El pin base es un pin de control y es un segundo pin del transistor. La función principal de este pin es controlar la corriente desde el emisor hasta la base.

Pin3 (Emisor): El pin del emisor es el tercer pin del transistor y se usa para drenar la corriente completa del transistor. (UTMEL Electronics, 2021)

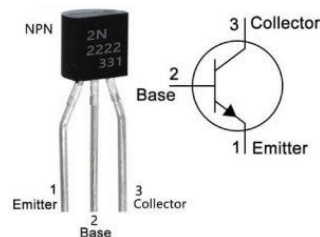


Ilustración 14. Transistor 2N222A Configuración y símbolo

Fuente: ELPROCUS (Electronics – Projects -Focus)

El desarrollo de las conexiones del circuito de salida de Arduino consta de distintos componentes que controlan cada uno de los dispositivos. En este, se encuentran 6 resistencias de 1k Ohm conectadas a cada pin de salida del Arduino que se conectan a la base 3 transistores 2n2222a, estos controlan el estado de las bombas de agua.

Luego 1 relé controla el estado de los cepillos giratorios y otro controla el estado del ventilador y finalmente un módulo PWM (HW-517) controla el motor de la banda

transportadora en diferentes velocidades según lo indique el modo de funcionamiento. (Ilustración 15.)

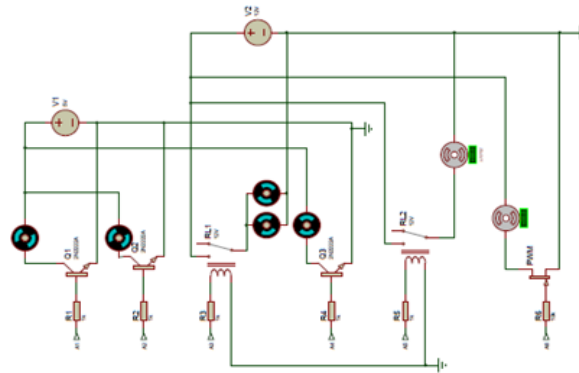


Ilustración 15. Diagrama de conexiones componentes de salida

Fuente: Autor

Con la herramienta PCB VIEWER incluida en el programa Proteus 8 se desarrolló el diseño del circuito PCB que se imprimirá. (Ilustración 16: Diseño del circuito PCB)

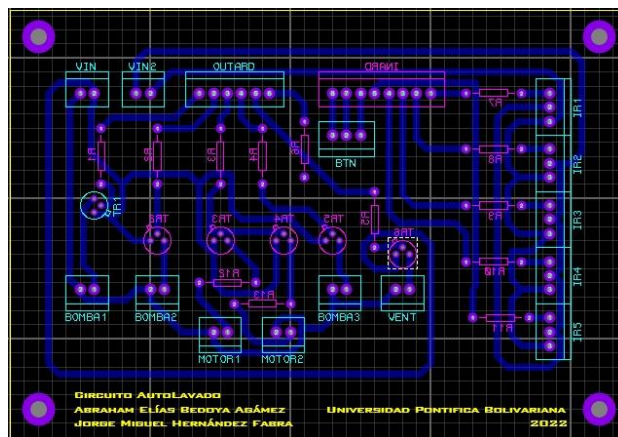


Ilustración 16: Diseño del circuito PCB

Fuente: Autor

Para el diseño del modelo a escala de la banda transportadora se utilizó el programa Autocad 2022, donde se graficó un modelo en 3D de la estructura de la cual se realizará el montaje, teniendo en cuenta las medidas, materiales y elementos

necesarios para su funcionamiento. (Ilustración 17. Diseño 3D de banda transportadora en Autocad)

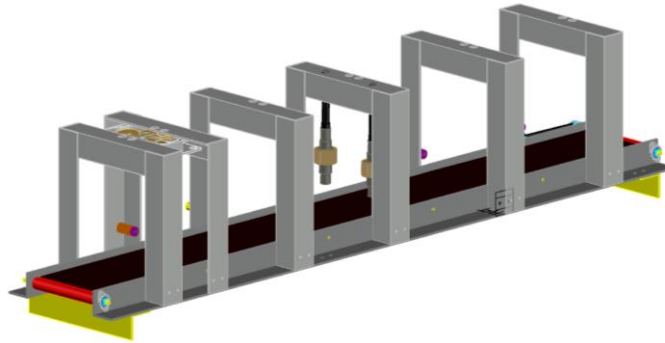


Ilustración 17. Diseño 3D de banda transportadora en Autocad

Fuente: Autor

Finalmente, para el montaje a escala en físico se utilizaron materiales resistentes y duraderos al contacto con el agua, tal como es el aluminio para toda la estructura externa y el plástico para la banda transportadora.

Los componentes electrónicos se encuentran aislados de los componentes que transportan el agua, para evitar deterioro, daños o corto circuitos en estos.

En cada soporte de la estructura encontramos diferentes etapas del sistema de lavado:

Etapa 1 - Lavado: contiene 1 sensor infrarrojo en el soporte lateral y una manguera en la parte superior conectada a una bomba que se activa por el paso del auto llevando el agua a través de esta.

Etapa 2 - Enjabonado: contiene 1 sensor infrarrojo en el soporte lateral y una manguera en la parte superior conectada a una bomba que se activa por el paso

del auto por el sensor llevando el agua de jabón a través de esta.

Etapa 3 - Cepillado: contiene 1 sensor infrarrojo en el soporte lateral y dos motores con cepillos giratorios en la parte superior conectados al circuito que se activan por el paso del auto por el sensor.

Etapa 4 - Enjuagado: contiene 1 sensor infrarrojo en el soporte lateral y una manguera en la parte superior conectada a una bomba que se activa por el paso del auto por el sensor llevando el agua a través de esta.

Etapa 5 - Secado: contiene 1 sensor infrarrojo en el soporte lateral y un ventilador en el parte superior conectado al circuito que se activa por el paso del auto por el sensor.

La parte inferior de la estructura está constituida por 3 bases que soportan los rodillos los cuales sostienen la banda elástica. Uno de los rodillos situados al extremo de la banda contiene un arreglo de engranajes que van enlazados a un motorreductor el cual se activa girando a la velocidad indicada por el botón accionado.

Las aproximaciones realizadas para calcular el valor real representado en litros se tomaron relacionando los instrumentos del prototipo con los de un sistema de lavado automático real. Principalmente, las mini bombas de agua donde los niveles de presión de las bombas de agua utilizadas en el prototipo son muy bajas ofreciendo entre 80 y 120 L/H (Bolaños, 2019). (Ilustración 18: Mini bomba de agua (Prototipo))



*Ilustración 18: Mini bomba de agua (Prototipo)
Fuente: Ferretrónica*

Por otro lado, las bombas de agua industriales de alta presión consumen una mayor cantidad de agua respecto al tiempo de uso. Para este proyecto se tomó como referencia una bomba de agua de la marca Wulipump modelo WH-1030B que alcanza niveles de presión entre los 1000 y 1500 psi y puede suministrar un caudal de hasta 30 L/M (Wulipump, 2022). (Ilustración 19 Bomba de agua industrial alta presión)



*Ilustración 19 Bomba de agua industrial alta presión
Fuente: wulipump*

Con base en la diferencia de instrumentos, datos y características de estos, se logró estimar el consumo de agua real que se podría alcanzar este proyecto a mayor escala y como este representa un ahorro notable respecto a los lavaderos de autos manuales.

Para el modo 1 se logró estimar un valor aproximado de 96,22 litros de consumo de agua por auto lavado, representando un ahorro de agua del 58.17 %, para el modo 2 obtuvo un promedio de 68,75 litros, representando un ahorro del 70.11% y para el modo 3 se obtuvo un promedio de 50,17, representando un ahorro de 78,21%, con respecto a un lavadero de autos manual que consume aproximadamente 230 litros de agua por auto según lo indica el RUNT (Registro Único Nacional de Tránsito). (Ilustración 20: Gráfico Lavado manual vs lavado automático)

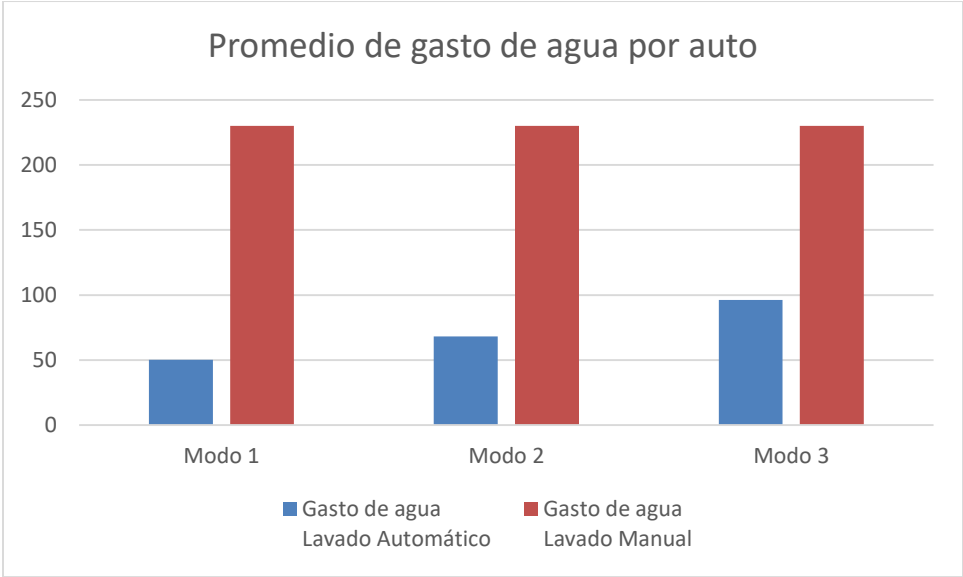


Ilustración 20: Gráfico Lavado manual vs lavado automático
Fuente: Autor

Por último, durante realización de las pruebas se presentaron algunos problemas y fallas en el procedimiento generalmente en la eficiencia de detección del sensor en el material o los tonos de colores del objeto los cuales no reflejan un gran porcentaje de la luz para ser detectado por este como un obstáculo. En esta etapa, los errores en la identificación del obstáculo se debía principalmente al material de construcción

del auto como el plástico o el acrílico donde el sensor infrarrojo presentaba interrupciones durante el paso del objeto afectando así el funcionamiento del circuito, estas interrupciones enviadas por el sensor al sistema pueden ser minimizadas gracias a la programación en el código diseñado, calculando los tiempos de retraso en el que el dispositivo debe mantenerse encendido hasta finalizar el proceso en cada etapa, sin embargo, pueden presentarse problemas cuando la detección del material es poca o casi nula.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN.

Este prototipo de sistema fue probado en cuanto a velocidad y tiempo de lavado. El requerimiento de procesos automatizados rápidos y eficientes son necesarios para satisfacer al usuario por lo que ha llevado al uso de métodos y mecanismos que aceleren este proceso. En este estudio, se ha desarrollado un software en una PC estándar usando el lenguaje de programación Arduino, donde en base a su configuración es posible realizar todo el procedimiento desde el movimiento de la banda a una velocidad constante teniendo en cuenta la instrucción de un botón hasta la detección del auto por cada uno de los sensores infrarrojo y la activación de la etapa específica en el proceso. El sistema del prototipo bajo condiciones normales se sometió a una serie de pruebas después del montaje:

En primer lugar, se inició un cronómetro manualmente que empieza el conteo desde que el sistema arranca hasta llegar al final del proceso, y en ese mismo instante detener el conteo del cronómetro, obteniendo un promedio de la duración que tarda el sistema de la banda en transportar el auto de un extremo al otro, evidenciando que el sistema puede ser capaz de realizar un máximo de hasta 15 lavados de auto en un lapso de operación durante 10 minutos y requeriría muy poca intervención humana.

En segundo lugar, se utilizó un instrumento de medición de volumen donde se depositaría el agua que caería de la manguera al auto, para calcular la cantidad de líquido que se libera durante el paso del auto en la etapa donde el sensor activa la bomba de agua.

Finalmente, se anotaron los resultados obtenidos en tablas para comparar, promediar y verificar el funcionamiento del todo el sistema en los diferentes modos de lavado.

Modo 1 (Lavado Fuerte): En este modo el motor de la banda transportadora se activa y esta se desplaza lentamente prolongando la duración del paso del auto por cada etapa obteniendo un promedio de duración del sistema de lavado de 73,32 segundos en total y un promedio 160,37 ml de agua gastado. (Tabla 1 Datos Experimentales Modo 1)

Prueba 1						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	53	ml	42,4	L	8,90	seg
Bomba de agua 2	50	ml	30	L	9,20	seg
Bomba de agua 3	55,5	ml	33,3	L	8,50	seg
Total Consumo de lavado	158,5	ml	95,1	L	74,35	seg
Prueba 2						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	56	ml	33,6	L	8,86	seg
Bomba de agua 2	51	ml	30,6	L	8,82	seg
Bomba de agua 3	55	ml	33	L	9,12	seg
Total Consumo de lavado	162	ml	97,2	L	72,21	seg
Prueba 3						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	55	ml	33	L	9,19	seg
Bomba de agua 2	51,5	ml	30,9	L	8,95	seg
Bomba de agua 3	55	ml	33	L	8,88	seg
Total Consumo de lavado	161,5	ml	96,9	L	74,90	seg
prueba 4						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	50,5	ml	30,3	L	8,83	seg
Bomba de agua 2	55	ml	33	L	8,90	seg
Bomba de agua 3	54	ml	32,4	L	9,10	seg
Total Consumo de lavado	159,5	ml	95,7	L	71,8	seg

Tabla 1 Datos Experimentales Modo 1 Fuente: Autor

Modo 2 (Lavado Normal): En este modo el motor de la banda transportadora se activa y esta se desplaza ligeramente más rápido que en el modo de lavado 1, la duración del paso del auto por cada etapa es más rápida, obteniendo un promedio de duración del sistema de lavado de 58,44 segundos en total y un promedio 113,62 ml de agua gastado. (Tabla 2. Datos Experimentales Modo 2)

Prueba 1						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	37	ml	29,6	L	6,74	seg
Bomba de agua 2	38,5	ml	23,1	L	7,11	seg
Bomba de agua 3	37,5	ml	22,5	L	6,80	seg
Total Consumo de lavado	113	ml	67,8	L	58,25	seg
Prueba 2						
Etapa	Gato de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	37,5	ml	22,5	L	7,58	seg
Bomba de agua 2	38,5	ml	23,1	L	7,10	seg
Bomba de agua 3	39	ml	23,4	L	6,89	seg
Total Consumo de lavado	115	ml	69	L	57,70	seg
Prueba 3						
Etapa	Gato de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	37,5	ml	22,5	L	7,48	seg
Bomba de agua 2	39,5	ml	23,7	L	6,96	seg
Bomba de agua 3	37,5	ml	22,5	L	7,55	seg
Total Consumo de lavado	114,5	ml	68,7	L	59,10	seg
prueba 4						

Etapa	Gato de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	36,5	ml	21,9	L	6,82	seg
Bomba de agua 2	38	ml	22,8	L	7,44	seg
Bomba de agua 3	37,5	ml	22,5	L	7,52	seg
Total Consumo de lavado	112	ml	67,2	L	58,7	seg

Tabla 3. Datos Experimentales Modo 2 Fuente: Autor

Modo 3 (Lavado Rápido): En este modo el motor de la banda transportadora se activa y esta se desplaza más rápido que los dos modos anteriores, siendo más rápido el paso del auto por cada etapa obteniendo un promedio de duración del sistema de lavado de 73,32 segundos en total y un promedio 160,37 ml de agua gastado. (Tabla 4. Datos Experimentales Modo 3)

Prueba 1						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	27	ml	21,6	L	4,39	seg
Bomba de agua 2	29,5	ml	17,7	L	4,10	seg
Bomba de agua 3	27,5	ml	16,5	L	4,56	seg
Total Consumo de lavado	84	ml	50,4	L	42,25	seg
Prueba 2						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	26,5	ml	15,9	L	4,22	seg

Bomba de agua 2	29	ml	17,4	L	4,30	seg
Bomba de agua 3	27,5	ml	16,5	L	4,34	seg
Total Consumo de lavado	83	ml	49,8	L	41,12	seg
Prueba 3						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	27	ml	16,2	L	4,29	seg
Bomba de agua 2	28,5	ml	17,1	L	4,25	seg
Bomba de agua 3	27	ml	16,2	L	4,50	seg
Total Consumo de lavado	82,5	ml	49,5	L	40,18	seg
prueba 4						
Etapa	Gasto de agua en prototipo		Gasto de agua a escala real		Duración	
Bomba de agua 1	27,5	ml	16,5	L	4,20	seg
Bomba de agua 2	30	ml	18	L	4,27	seg
Bomba de agua 3	27,5	ml	16,5	L	4,40	seg
Total Consumo de lavado	85	ml	51	L	41,7	seg

Tabla 4. Datos Experimentales Modo 3 Fuente: Autor

Cada prueba se realizó con extremo detalle y precisión debido a que los resultados se pueden ver afectados por errores sistemáticos como el factor personal, instrumental o de método de medida. Por esta razón el auto se dejó caer en la cinta transportadora docenas de veces bajo diferentes condiciones de velocidad y posición. Obteniendo así datos promediados y muy aproximados al valor deseado.

CONCLUSIONES

En general durante todo el desarrollo de este proyecto se tuvo muy en cuenta la creación del código de control junto con el prototipo para probar todo el sistema, enfocándose siempre en que el prototipo cumpla con los objetivos planteados.

- Como vista general se pudo observar que el sistema cumplió a cabalidad la mayoría de las pruebas realizadas mostrando así que cada uno de los modos funcionaba correctamente.
- Durante la fase pruebas se notó que el material de la que está hecha la banda sufrió una dilatación lo que generó que la tensión que tenía esta bajara y se holgara, pero esta se podría cambiar por una de un material impermeable del mismo grosor o por un plástico para no sobrecargar el motor.

El sistema puede ser sometido a una mejora si se planea optimizarlo lo cual se podría realizar a través de una nueva implementación del código para que este pueda controlar a través de un PLC los dispositivos que se requieran para el escalamiento del túnel de lavado, también se podría escalar para así poder ser implementado en la vida real como una idea de negocio.

Como conclusión a resaltar se pudo observar que al manejar distintos tiempos de lavados o distintos ciclos se puede obtener un ahorro en el consumo del agua y puede haber un uso más eficiente de este preciado líquido para que así no sea malgastado.

Teniendo en cuenta los modos de funcionamiento del prototipo se logró observar una reducción significativa en los tiempos de lavado de los vehículos que ayudaría en gran medida a los usuarios que necesiten el servicio de más rápido. Cabe recalcar también que el desempeño del sistema fue satisfactorio al momento de hacer las pruebas y los ensayos de los distintos modos de lavado eso si puede ser sometido también a una optimización lo que generaría que este sistema mejore su eficiencia en gran medida

El prototipo fue realizado para automóviles convencionales y no para carros de carga como lo son los Tractocamiones, furgones y carros transportadores de alimentos

Por último, se debe de tener en cuenta que ambos códigos de programación están sujetos a optimización y pueden ser modificados para mejor funcionamiento

BIBLIOGRAFÍA

Arduino. (23 de Septiembre de 2019). *Arduino®*. Obtenido de www.arduino.com

Arowolo, M. O. (2019). A PROTOTYPE PLC BUILT AUTOMATIC VEHICLE WASHING SYSTEM USING VFD. *Technology*, 10(10), 206-216.

Avendaño, G. (2022). ¿Sabé Cuantos carros hay en Colombia? *Publicación Mensual de la revista MOTOR*, S.f.

BENZINE SUR, S. (2018). *Gobierno de España © Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social*. Obtenido de Gobierno de España © Ministerio de Sanidad, Consumo y Bienestar Social: www.sanidad.gob.es

Bocanegra Villagómez David Samuel, M. C. (Sf de Sf de 2008). *tesis.ipn.mx*. Recuperado el 11 de Noviembre de 2022, de Instituto Politecnico Nacional Escuelas Superior de Ingenieria Mecanica y Electrica de Azcapotzalco: <https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/3086/MAQUINAAUTOLAVADO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Cahyadi, C. I. (2021). Implementation of Automatic Car Cleaning System with Microcontroller System Atmega 8. *Budapest International Research and Critics Institute (BIRCI-Journal)*, Humanities and Social Sciences, 4(3), 7075-7083.

Lastre, L. C. (25 de Enero de 2016). Periodico El Heraldo de Barranquilla. *Lavadero de carros, sin controles para el consumo de agua*, pág. 1.

Lozada, J. (2014). Investigación aplicada definición, propiedad intelectual e industria. *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, 47-50.

Osaka Electronics LTDA. (S.f de S.f de S.f). *Osaka Electronics*. Obtenido de <https://osakaelectronicsltda.com/modulos-robotica/sensores-distancia/modulo-sensor-obstaculos-infrarrojo-fc-51.html>

Rossanty, Y. A. (2018). Design service of QFD and SPC methods in the process performance potential gain and customers value in a company. *International Journal of Civil Engineering and Technology*, 9(6).

Ruiz, M. M. (2004). *USO DIDÁCTICO DEL SOFTWARE DE AYUDA AL DISEÑO*. Pais Vasco España: Universidad del País Vasco.

UTMEL Electronics. (12 de Julio de 2021). *UTMEL Electronics*. Obtenido de <https://www.utmel.com/components/2n2222-switches-pinout-datasheet-and-schematic?id=178>

