PROTOTIPO DE SISTEMA DE LAVADO DE CARROS QUE CONTROLE EL SUMINISTRO DE AGUA

ANDRES FELIPE GUERRERO PRIETO
JOHAN HUMBERTO MELO BERNAL

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
CAMILO GUTIERREZ SIERRA

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA
DICIEMBRE, 2019

UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ÁREA DE ÉNFASIS: BÁSICA

PROTOTIPO DE SISTEMA DE LAVADO DE CARROS QUE CONTROLE EL SUMINISTRO DE AGUA

ANDRES FELIPE GUERRERO PRIETO
JOHAN HUMBERTO MELO BERNAL

REALIZADO CON LA ASESORÍA DE:
CAMILO GUTIERREZ SIERRA

NOTA DE SALVEDAD

Según el artículo 37 del 14 de diciembre de 1989 del acuerdo 017, "La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético de este en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia".

RESUMEN

Se diseñó e implementó un sistema de lavado de carros con agua lluvia que controla el suministro de agua, este se encuentra ubicado en un concesionario del barrio Normandía de la ciudad de Bogotá. La cantidad de agua suministrada dependerá del tipo de vehículo a lavar, cada uno de los procesos de lavado se almacena en una base de datos que servirá para llevar un historial de agua consumida y vehículos lavados, con esta información, el dueño del concesionario podrá saber detalladamente cuánta agua se ha ahorrado gracias el sistema.

Gracias a los sensores y actuadores electrónicos utilizados en la implementación, fue posible llevar el control del agua que ingresa y sale del sistema, cumpliendo así con los objetivos propuestos en el desarrollo del proyecto.

Palabras Clave: Agua, vehículos, sensores, ahorro, electrónica, implementación.

ABSTRACT

A car wash system was designed and implemented with rainwater that controls the water supply, it is in a dealership in the Normandia neighborhood of the city of Bogotá. The amount of water supplied depends on the type of vehicle to be washed, each of the washing processes is stored in a database that will be used to keep track of water consumed and vehicles washed, with this information, the owner of the dealership will be able to know explicitly how much water has been saved thanks to the system.

Thanks to the electronic sensors and actuators used in the implementation, it was possible to carry out the control of the water that entered and the sale of the system, thus fulfilling the objectives proposed in the development of the project.

Keywords: Water, vehicles, sensors, savings, electronics, implementation.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción 13
2. Definición del problema 14
2.1 Contexto 14
2.2. Manifestación 16
2.3. Causas 17
2.4. Efectos 17
2.5. Aspectos para solucionar 17
2.6. Justificación 17
2.7. Propuesta de solución 18
3. Estado del arte 19
3.1. Bases teóricas 21
3.2. Tecnología 22
4. Glosario de términos 25
5. Objetivos 26
5.1. Objetivo general 26
5.2. Objetivo específico 26
6.Requerimientos 27
6.1. Requerimientos funcionales 27
6.2 Requerimientos de calidad 28
6.3. Requerimientos restrictivos 28
7. Diseño funcional 30
7.1. Cajas con función, entradas y salidas 30
7.2. Nombres de señales entre cajas 30
7.3. Funciones de cada caja 31
7.4. Sumatoria de funciones vs función del sistema 32
7.5. Selección del diseño detallado que se utilizará para dar solución al problema 33
8. Diseño detallado 34
8.1. Requerimientos de subsistemas 34
8.2. Requerimientos de componentes 37
8.3. Esquemático electrónico del sistema 53
8.4. Proceso de control del sistema 54
9. Plan de pruebas del sistema 58

9.1. Plan de pruebas de componentes 58
9.2. Plan de pruebas Subsistemas 61
9.3. Plan de pruebas de integración 67
10. Diseño industrial 68
10.1 Análisis de Contexto 68
10.2. Casos de Uso 68
10.2.1 Casos de usos típicos 68
10.3. Requerimientos Industriales 69
10.4. Materiales, procesos y normativas 71
10.4.1. Materiales 71
10.4.2 Procesos 74
10.5. Modelos Bidimensionales 77
10.5.1. Bocetos 77
11. Implementación 82
11.1 Implementación de subsistemas 82
11.2 Integración del sistema 88
12. Pruebas 92
12.1. Pruebas de componentes 92
12.2. Pruebas de subsistemas 95
13. Ajustes 98
14. Pruebas del Sistema 101
15. Manuales 103
15.1. Manual de Usuario 103
16. Resultados 104
17. Discusión 109
18. Conclusiones 110
19. Referencias Documentales 111
20. Anexos 112
20.1 Manual de usuario 113

Lista de Tablas

1. Tabla 1. Promedios mensual y anual de precipitación 16
2. Tabla 2 Tecnologías utilizadas 22
3. Tabla 3 Selección de electroválvula.....39
4. Tabla 4. Requerimientos subsistemas.....41
5. Tabla 5. Requerimientos subsistemas B.....46
6. Tabla 6. Plan de pruebas de electroválvula 58
7. Tabla 7. Plan de pruebas filtro de agua 58
8. Tabla 8. Plan de pruebas almacenamiento de agua 59
9. Tabla 9. Plan de pruebas procesos de suministro de agua el lavado del vehículo..60
10. Tabla 10. Plan de pruebas Subsistemas.....61
11. Tabla 11. Plan de pruebas funcionales.....63
12. Tabla 12. Características de tubería galvanizada.....72
13. Tabla 13. Características de tubería Inoxidable 73
14. Tabla 14. Datos capturados por el sensor de nivel de la relación entre centímetros y litros.....92
15. Tabla 15. De la relación litros vs centímetros y ecuación lineal calculada a partir de los datos capturados.....93
16. Tabla 16. de relación litros vs centímetros, estos datos se utilizaron para la linealización del sensor de nivel. 105
17. Tabla 17. Gráfica 2 de relación litros vs centímetros y ecuación lineal calculada. 106

Lista de ilustraciones

1. Tanques de almacenamiento del sistema actual. 14
2. Imágenes del concesionario en donde se encuentra el sistema.....15
3. Representación del comportamiento de la precipitación vs Altitud Sentido: Oeste.15
4. Recibo de agua de mayo/06/2018 a julio/05/2018.....17
5. Recibo de agua de julio/06/2018 a septiembre/03/2018. 18
6. Diagrama del circuito hidráulico. [3].....20
7. Diseño de planta 21
8. Filtro de arena y grava casero, fuente Eduteka. 21
9. Filtro rápido o de presión. 22
10. Filtro purificación [8] 22
11. Sensor de nivel 23
12. Sensor de presión.....23
13. Raspberry pi3.....23
14. Hidro lavadora 23
15. Electroválvula.....24
16. Interfaz 24
17. Diagrama de bloques opción de diseño funcional 1.....30
18. Diagrama de bloques opción de diseño funcional 2.....30
19. Diagrama subsistema A.....34
20. Diagrama subsistema B.....34
21. Diagrama subsistema C.....35
22. Diagrama subsistema D 36
23. Curva de eficacia de materiales elaboración filtro. 38
24. Electroválvula 2400 MT 1 pulgada.....39
25. Electroválvula Irritrol 1 pulgada. 40
26. Sensor ultrasonido.....42
27. Sensor de nivel. 43
28. Electroválvula N°1 47
29. Electroválvula N°2 47
30. Electroválvula N°3 48
31. Hidro lavadora N°1 49
32. Hidro lavadora elite de 1450 psi a 110v.....49
33. Hidro lavadora Karcher 50
34. Curva de eficacia de materiales elaboración filtro. 52
35. Plantilla de diseño mecánico.....53
36. Esquemático electrónico del sistema. 53
37. Software ALFA. 55
38. Raspberry PI3. 56
39. Diagrama de bloques. 56
40. Aspectos de tubería galvanizada 72
41. Tipos de tubería PVC [11] 73
42. Diámetros tubería PVC.....74
43. Internal Architecture. 74
44. Software ALFA. 75
45. Raspberry PI3. 76

46. Boceto sistema 77
47. Motobomba sumergible 77
48. proceso de adecuación tanque 78
49. finalización tanque transitorio 78
50. Fabricación base tanques de almacenamiento 79
51. adecuación tanques de almacenamiento 79
52. Desarrollo software 79
53. Proceso direccionamiento agua lluvia 80
54. Esquemático HARDWARE 80
55. Cronograma 81
56. Infraestructura tanque transitorio 82
57. Filtro de partículas e interrupción de la fase gracias al módulo relé. 83
58. Sensor Ultrasonido 83
59. Esquemáticos sensores de ultrasonido JSN-SR04T. 84
60. Infraestructura lavadero 84
61. Sensor de caudal 85
62. Interfaz Programa 86
63. Lugar de control de sistema 87
64. Instalación Raspberry 87
65. Instalación Caja monitoreo 88
66. Adecuación Raspberry pi3 89
67. Montaje electrónico de unidad central de proceso raspberry con todas sus conexiones a sensores, actuadores y periféricos. 89
68. proceso de adecuación tanque 90
69. finalización tanque transitorio 90
70. Montaje de motobomba y flotador que se encuentra en el tanque de almacenamiento transitorio. 90
71. Conexión de motobomba y control de suministro de energía por medio de módulo relé 91
72. Montaje completo del sistema en donde se encuentran sensores y actuadores electrónicos. 91
73. Montaje de prueba de sensor JSN-SR04T. 92
74. Evidencia de pruebas de transformador de 120v AC a 24v AC 93
75. Evidencia de pruebas de módulos relé con una señal digital de 3.3v y 16mA. 94
76. Monitoreo de llenado de tanques 94
77. Evidencia de funcionamiento del subsistema A el cual está compuesto por un tanque transitorio, una motobomba sumergible con flotador y un módulo relé para permitir o no el suministro de energía. 95
78. Subsistema C compuesto por dos tanques de almacenamiento de mil litros cada uno y dos sensores de ultrasonido. 96
79. Subsistema D, compuesto por una electroválvula de una pulgada, un sensor de caudal de una pulgada y una hidro lavadora. 97
80. Compuerta Tanque Transitorio 98
81. Instalación tanque transitorio. 98
82. Ilustración relé 99
83. Motobomba sumergible 100
84. Pruebas de la interfaz gráfica del sistema 101

85. Evidencias de funcionamiento del sistema en donde los actuadores y sensores funcionan según lo esperado y se actualiza la base de datos con la información capturada. 101
86. Evidencia de funcionamiento de llenado automático de tanques de almacenamiento con agua proveniente del tanque transitorio de mil litros. 102
87. Conexión sensores de nivel. 104
88. Prueba de hidro lavadora 105
89. de evidencia de funcionamiento de sensor de caudal 107
90. de la interfaz gráfica del programa de control desarrollado en Python. 107
91. Actualización de la base de datos con la información capturada por el sensor de caudal. 108

1. INTRODUCCIÓN

En un concesionario de carros ubicado en la ciudad de Bogotá hay un sistema de lavado de carros con agua lluvia que no está funcionando correctamente, el principal problema es que no hay control del agua que se utiliza en el proceso de lavado y el agua que ingresa al sistema por medio de las canaletas del tejado del concesionario tiene partículas sólidas, esto hace que el consumo de agua sea alto y que el dueño del concesionario tenga pérdidas ya que el valor del recibo del agua aumenta considerablemente.

Para solucionar el problema que tiene el dueño del concesionario, se plantea implementar un sistema de control que sea capaz de saber en tiempo real la cantidad de agua que se encuentra en los dos tanques de almacenamiento y permite usar la cantidad adecuada de agua dependiendo del tipo de vehículo a lavar.

2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

2.1 Contexto

Un concesionario llamado **Universal GL group,** enfocado en la compra y venta de vehículos usados ubicado en la dirección Carrera 71 A 53 - 83 en el barrio Normandía (estrato 4) de la ciudad de Bogotá, presenta un problema con el sistema de lavado y almacenamiento de agua lluvia ya que hay un desperdicio constante de agua en el lavado de los vehículos por que el sistema no tiene ningún tipo de control en el suministro de agua y esto genera un sobrecosto por que al no haber agua lluvia en los dos tanques de 500 litros, es necesario el uso del agua proveniente del acueducto, adicionalmente, al acumularse suciedad en los tanques se deteriora la hidro lavadora ya que se tapona con las partículas sólidas y pierde presión, además es necesaria la limpieza de los tanques. En consecuencia, se genera un gran desperdicio de agua porque se tienen que vaciar dichos tanques para que sean limpiados, en promedio, cuando se realiza la limpieza de los tanques estos tienen de 200 a 300 litros cada uno. La cantidad de agua que se debería utilizar por lavado dependiendo el tipo de vehículo es la siguiente: carros sedan 70 litros, camionetas 4x4 110 litros y carros hatchback 60 litros.

El proceso de lavado se realiza manualmente en donde el operario manipula la hidro lavadora y la activa para mojar el vehículo que se encuentra en la zona de lavado, este sistema está compuesto por una canaleta ubicada en el tejado de la bodega por la que fluye el agua lluvia, luego viaja por un tubo PVC que está conectado a los tanques de almacenamiento y en la parte inferior de los tanques de almacenamiento se encuentran dos tubos por los que fluye el agua almacenada hacia la hidro lavadora.

Ilustración 1. Tanques de almacenamiento del sistema actual.

Ilustración 2. Imágenes del concesionario en donde se encuentra el sistema

En promedio, los carros lavados en este concesionario son de siete (7) a la semana, lo cual presenta un gran consumo de agua y en tiempos de sequía (octubre y noviembre), el sistema de almacenamiento no alcanza a suministrar el agua necesaria, por lo tanto, es necesario utilizar el agua del acueducto, la cual tampoco tiene un control actualmente.

En la localidad (Engativá) en la que se encuentra ubicado el concesionario, llueve frecuentemente, según el IDEAM, la zona noroccidental es uno de los sectores en los que más llueve en la ciudad de Bogotá, por lo tanto, el sistema va a estar alimentándose continuamente de agua.

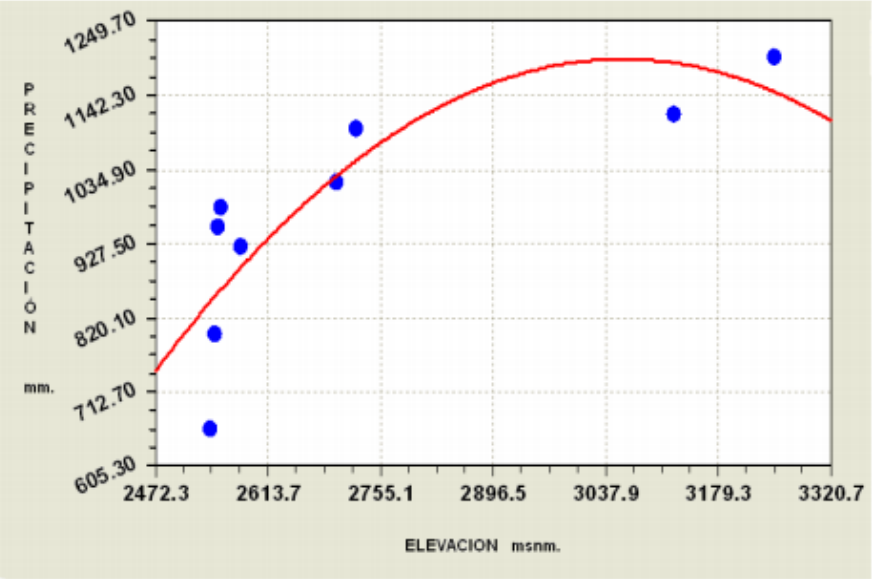


Ilustración 3. Representación del comportamiento de la precipitación vs Altitud Sentido: Oeste.

Tabla 1. Promedios mensual y anual de precipitación

ESTACIÓN	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ANUAL
APTO EL DORADO	32	42	66	113	92	55	41	48	73	116	88	52	819
APTO GUAYMARAL	31	52	70	91	87	57	46	46	65	100	85	46	777
BOCA GRANDE SAL.	32	57	86	135	183	178	214	169	121	114	103	53	1441
BOSA-BARRENO	20	30	48	69	69	51	33	44	51	78	70	29	591
CERRO DE SUBA	41	66	85	109	100	48	39	47	71	116	106	61	889
CONTADOR	68	82	101	116	98	44	40	38	54	122	114	82	958
EL BOSQUE	37	55	75	117	147	157	173	136	101	111	120	62	1290
EL DELIRIO	59	70	97	97	119	127	168	118	76	107	104	69	1212
EL GRANIZO	71	76	90	114	122	82	78	74	68	119	135	84	1113
EL HATO	19	37	51	82	108	85	80	73	64	79	66	34	778
EL VERJÓN	51	56	89	98	124	132	155	119	81	113	111	67	1195
GRANJA SAN JORGE	26	38	54	90	96	64	55	55	56	90	89	42	754
JARDÍN BOTÁNICO	43	62	90	119	120	57	45	51	79	112	117	64	950
LA REGADERA	21	38	55	96	136	128	123	108	81	98	76	38	999
S. FRANC. SALITRE	76	71	93	114	128	91	118	90	74	117	116	82	1169
SAN DIEGO	60	74	90	120	105	61	63	58	59	121	128	78	1016
SAN LUIS	74	74	96	118	107	62	60	55	60	118	130	79	1033
SANTA LUCIA	27	40	58	82	84	48	37	43	52	82	73	41	667
TORCA	64	80	113	142	123	84	78	65	101	125	135	86	1197
UNIV. NACIONAL	57	70	93	117	118	53	39	48	74	126	129	76	940
USAQUÉN S. ANA	73	71	103	119	96	51	45	44	55	111	121	80	969
VENADO DE ORO	65	69	98	126	113	71	74	68	68	119	140	83	1093
VITELMA	59	71	100	112	105	72	89	75	66	111	123	81	1064

En la tabla 1 podemos ver los promedios de precipitación o lluvia en cada uno de los meses del año y en la tabla 2 podemos ver la cantidad de días que llueve al año, estos datos son obtenidos por estaciones de monitoreo del IDEAM ubicadas en diferentes puntos de la ciudad.

2.2. Manifestación

Gracias a la observación directa se identificó el problema en el proceso de almacenamiento de agua lluvia para su posterior uso en el lavado de vehículos en un concesionario de carros ya que se está desperdiciando agua porque el operario del sistema utiliza el agua almacenada sin ningún tipo de control, adicionalmente el agua almacenada se contamina con residuos sólidos, afectando la presión del agua suministrada por la hidro lavadora.

Se espera que el sistema de lavado de carros con aguas lluvia filtre el líquido, lo almacene en dos tanques de 500 litros cada uno y luego el operario que utiliza el sistema, use la cantidad adecuada para lavar un vehículo según su tipo (carros sedan 70 litros, camionetas 4x4 110 litros y carros hatchback 60 litros) con el fin de ahorrar agua, adicionalmente el sistema no se debería limitar solamente a la utilización de agua lluvia si no que en el caso de que los tanques de almacenamiento se encuentren en un nivel muy bajo (200 litros), se empiece a utilizar automáticamente el agua del acueducto de Bogotá.

La eficiencia del sistema no es la esperada ya que en consecuencia a la contaminación con partículas sólidas del agua almacenada en los tanques y la falta de control en el suministro de esta, hay desperdicio de este recurso y el flujo de agua es bajo porque poco a poco se tapan los tubos del sistema y la hidro lavadora con la que se lavan los carros no funciona correctamente porque baja su presión por culpa de las partículas sólidas filtradas

haciendo que el tiempo de lavado aumente significativamente, deteriorando la hidro lavadora ya que reduce su ciclo útil de vida, adicionalmente es necesario realizar una limpieza periódica (cada mes), en la cual es necesario desocupar los tanques y lavarlos aumentando así el desperdicio de agua y subiendo los costos del recibo de agua, afectando económicamente al dueño del concesionario.

2.3. Causas

¿Qué hace que el sistema de lavado con aguas lluvia no funcione correctamente?

Las partículas sólidas que se filtran en los tanques.

La falta de control en el suministro de agua que hace que el operario tenga la libertad de utilizar el agua que quiera en el proceso de lavado ya que el suministro de este recurso es ilimitado sin importar el tipo de vehículo a lavar.

2.4. Efectos

Las partículas sólidas que se filtran en los tanques taponan la hidro-lavadora disminuyendo la presión a la que sale el agua y al ensuciarse los tanques de almacenamiento es necesario desocupar los y lavarlos, los tanques tienen de 200 a 300 litros de agua cada uno cuando se desocupan, lo mencionado anteriormente representa un gran desperdicio de agua y por lo tanto un aumento en la factura del agua.

2.5. Aspectos para solucionar

Las partículas sólidas que se filtran en los tanques.

La falta de control en el suministro de agua que hace que el operario tenga la libertad de utilizar el agua que quiera en el proceso de lavado ya que el suministro de este recurso es ilimitado sin importar el tipo de vehículo a lavar.

2.6. Justificación

Hoy en día el concesionario está consumiendo un promedio de $18.8\ m^3$ de agua al mes, con la implementación del sistema se estima que se consumirá un 30% menos de agua gracias a que se controlará el suministro de este recurso en cada lavado.

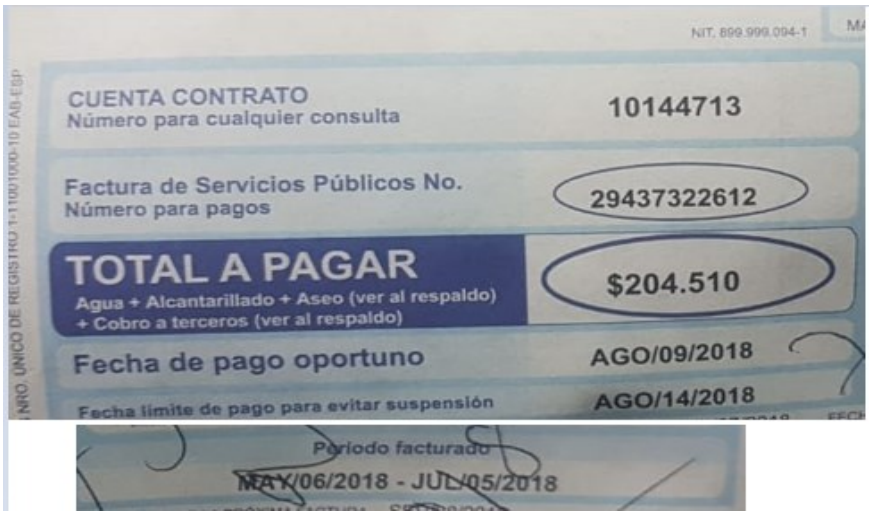


Ilustración 4. Recibo de agua de mayo/06/2018 a julio/05/2018.

NIT. 899.999.094-1

CUENTA CONTRATO
Número para cualquier consulta 10144713

Factura de Servicios Públicos No.
Número para pagos 30135499314

TOTAL A PAGAR
Agua + Alcantarillado + Aseo (ver al respaldo)
+ Cobro a terceros (ver al respaldo) $288.260

Fecha de pago oportuno OCT/05/2018

Fecha límite de pago para evitar suspensión OCT/10/2018

Periodo facturado
JUL/06/2018 - SEP/03/2018

S NRO. ÚNICO DE REGISTRO 1-110010

Ilustración 5. Recibo de agua de julio/06/2018 a septiembre/03/2018.

El análisis realizado se hizo con la información de consumo de cuatro meses, en donde en promedio se pagó $246.385 en cada periodo de dos meses ya que el acueducto de Bogotá factura dos meses de consumo.

Después de haber implementado el sistema, en cambio de pagar un promedio de $246.385 pesos cada dos meses por el agua, se pagarán $172.469 pesos, al año serían $1.034.817 pesos.

2.7. Propuesta de solución

Prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

3. ESTADO DEL ARTE

- 12 leg.pdf (INSTALACIONES DE LAVADO DE VEHÍCULOS)

El lavado a presión es la evolución de muchos años de desperdiciar agua con mangueras o baldes. Actualmente, los sistemas de lavado funcionan con dos tipos de agua:

- Agua para fase de lavado.
- Desmineralizada para las fases de enjuague y encerado.

Debido a las regulaciones medioambientales, (las aguas residuales depuradas son consideradas como aguas recicladas en algunas fases del lavado, llegando a ahorrar de un 20 hasta 75% de agua en el consumo de las instalaciones. Por otro lado, las instalaciones de lavado también han evolucionado en su nivel de automatización) [4] llegando a tener tres tipos de instalaciones de lavado:

Box de lavado (Lavado manual): (Está compuesto por un compresor que impulsa el agua de lavado a una pistola) [3], con este tipo de lavado se pueden llegar a lavar 7 carros por hora. En cada lavado se estima que dos minutos y medio son suficientes para el lavado de agua caliente descalcificada con jabón, minuto y medio en agua de red o pozo (agua sin descalcificar) y finalmente, minuto y medio para el enjuague final con agua desmineralizada. El caudal de las bombas debe ser aproximadamente de 11 litros por minuto por lo tanto en cada lavado se utilizan aproximadamente 94 litros por carro.

Puentes: Este tipo de lavado en mecánico, está compuesto por una estructura con rodillos de cepillos y boquillas de agua a presión se mueve hacia adelante y detrás del coche. El tipo puentes lava aproximadamente 10 carros por hora además si consumen aproximadamente 100 litros por coche en donde se reutiliza el agua consumida en la primera fase de lavado y en la segunda que es el enjuague.

Trenes de lavado: En este tipo de lavado el vehículo es transportado por una banda que se encuentra en medio de rodillos de cepillos y boquillas de agua a presión, se lavan aproximadamente 100 vehículos por hora, el consumo de agua por lavado varía dependiendo del modelo utilizado y de la cantidad de cepillos y boquillas de agua a presión que tenga el sistema. En este documento se plantea un proceso de filtrado mediante la depuración fisicoquímica del agua.

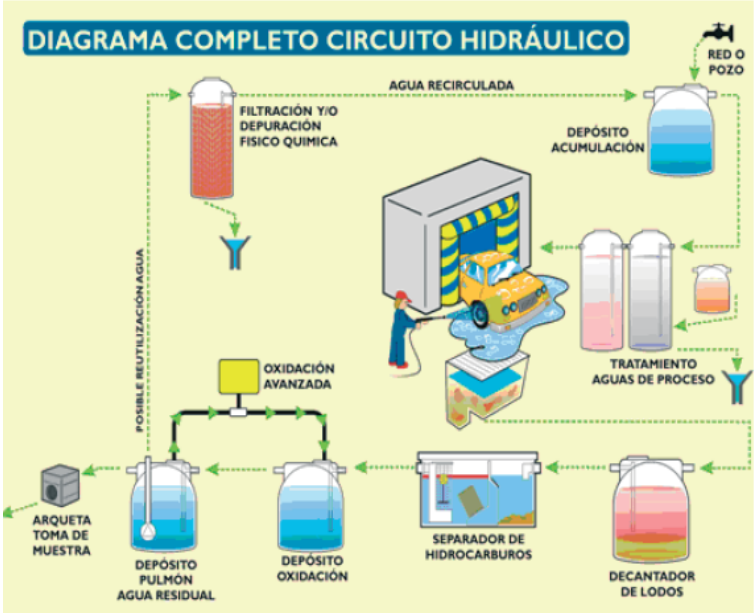


Ilustración 6. Diagrama del circuito hidráulico. [3]

- (ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL MONTAJE DE UNA LAVADORA DE AUTOS CON TECNOLOGÍA A VAPOR) [3]

En un mundo donde la demanda de vehículos ha aumentado en las últimas décadas considerablemente y debido a que no es inusual para una lavadora de automóviles servir a una gran cantidad clientes al año, (ha emprendido un nuevo despegue donde la competencia está creciendo a pasos firmes provocando que los factores determinantes, la tecnología y el modelo del negocio se tengan que innovar constantemente en una lavadora de automotores). [3]

- PROYECTO DE INVERSIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UNA LAVADORA AUTOMÁTICA PARA VEHÍCULOS EN LA VÍA A SAMBORONDÓN

En este documento se puede observar el plan de negocios para un servicio de lavado automatizado para vehículos livianos brindando un servicio innovador asistido con la mejor tecnología disponible.

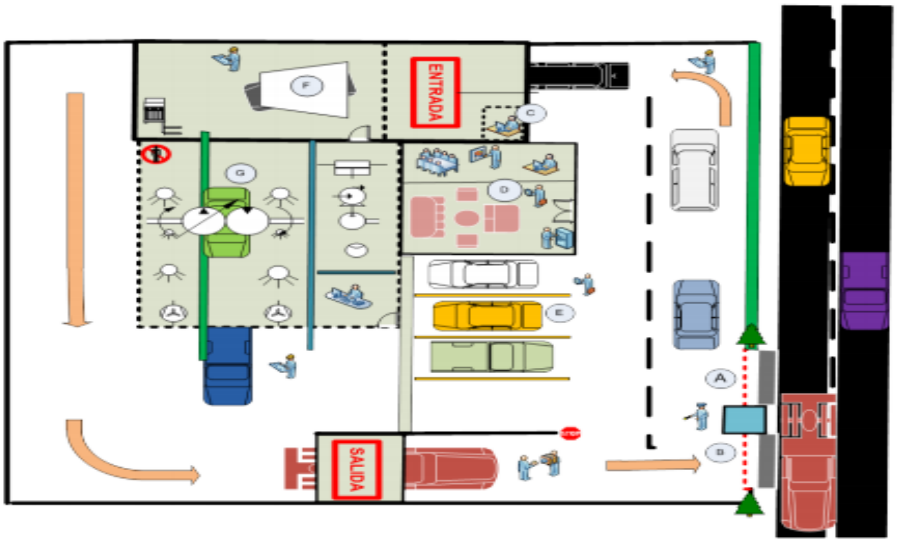


Ilustración 7. Diseño de planta

3.1. Bases teóricas

Para poder diseñar e implementar un sistema eficiente, lo primero que debe hacerse es comprender cada una de la etapa que conforman el sistema, la primera es la etapa de filtrado, la segunda es la etapa de almacenamiento de agua, la tercera es la etapa de lavado y la última es la etapa de reutilización del agua que queda después de un lavado.

Existen dos tipos de filtros, los de gravedad o lentos y los filtros a presión o rápidos:

Filtro lento de arena común: Estos filtros reducen drásticamente el número de virus, bacterias, protozoarios o huevos de nematodos dañinos para la salud. La turbidez del agua filtrada es aproximadamente de 1 NTU, la velocidad de filtración es bastante lenta por lo cual se requiere un área de filtración bastante amplia dependiendo la necesidad, este tipo de filtros tiene una relación de Gasto/Área de 0.6 a 6 LPM/mt^2 (litros por minuto por metro cuadrado). Este tipo de filtros se satura rápidamente, por lo tanto, es necesaria una limpieza periódica.

Ilustración 8. Filtro de arena y grava casero, fuente Eduteka.

Filtro rápido o filtro a presión: Su funcionamiento es muy parecido a un (filtro de arena y grava, pero tienen una gran diferencia en la velocidad de filtrado ya que el agua es forzada a fluir a través del lecho filtrante gracias a la presión que realiza una bomba). [4] Este tipo de filtro se utiliza cuando no es posible tener una gran área disponible para construir un filtro lento.

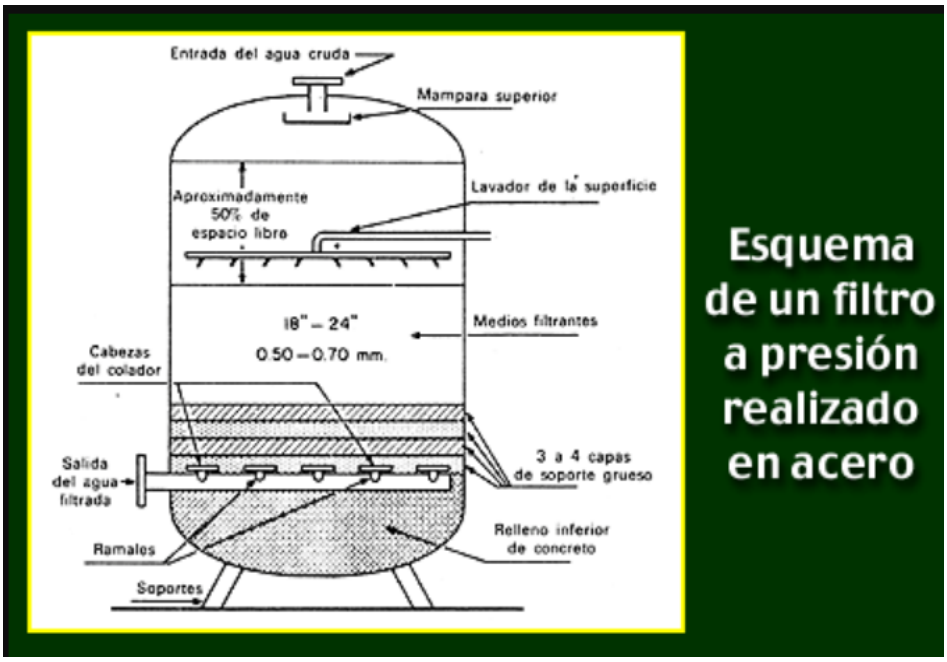


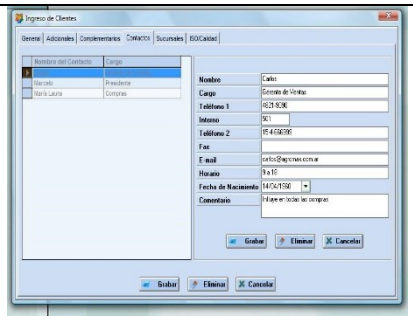
Ilustración 9. Filtro rápido o de presión.

3.2. Tecnología

Tabla 2 Tecnologías utilizadas

Materiales	Imágenes
<u>Filtros de purificación</u> Es un aparato que elimina de manera mecánica y eléctrica aquellos elementos químicos dañinos, bacterias, polvo y demás partículas no deseadas.[8]	 *Ilustración 10. Filtro purificación [8]*

Sensor de nivel Es un dispositivo electrónico que mide la altura del material, generalmente líquido, dentro de un tanque u otro recipiente. Integral para el control de procesos en muchas industrias.[9]	 *Ilustración 11. Sensor de nivel*
Sensor de presión Un sensor de presión es un dispositivo capaz de medir la presión de gases o líquidos. En este contexto, la presión es una expresión de la fuerza necesaria para impedir la expansión de un fluido. [10]	 *Ilustración 12. Sensor de presión*
Raspberry pi 3 Es un ordenador de placa reducida donde el concepto es el de un ordenador desnudo de todos los accesorios que se pueden eliminar sin que afecte al funcionamiento básico. Está formada por una placa que soporta varios componentes necesarios en un ordenador común y es capaz de comportarse como tal.[7]	 *Ilustración 13. Raspberry pi3*
Hidro lavadora industrial Es una máquina que transmite la energía cinética de un accionamiento a un fluido, comúnmente agua o solución jabonosa en base agua, para acelerarlo, y realizar un trabajo, habitualmente de limpieza o arranque mecánico de diversos materiales.[6]	 *Ilustración 14. Hidro lavadora*

ELECTROVÁLVULA Es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide.	 *Ilustración 15. Electroválvula*
Interfaz programa La interfaz gráfica de usuario, conocida también como GUI, es un programa informático que actúa de interfaz de usuario, utilizando un conjunto de imágenes y objetos gráficos para representar la información y acciones disponibles en la interfaz.	 *Ilustración 16. Interfaz*

4. GLOSARIO DE TÉRMINOS

Sensor: Dispositivo que capta magnitudes físicas (variaciones de luz, temperatura, sonido, etc.) u otras alteraciones de su entorno. [8]

Caudal: Cantidad de agua que lleva una corriente o que fluye de un manantial o fuente.

Presión: Fuerza que ejerce un gas, un líquido o un sólido sobre una superficie.

Electroválvula: Es una válvula solenoide que está diseñada para controlar el flujo on/off de un fluido y se puede utilizar con agua, gas, combustible entre otro. [9]

Filtro de carbón activado: son sistemas de purificación de agua comunes en casas y edificios y se utilizan para filtrar contaminantes tales como el cloro, disolventes orgánicos, herbicidas, pesticidas y radón del agua.

PH: es una medida de acidez o alcalinidad de una disolución. El pH indica la concentración de iones de hidrógeno presentes en determinadas disoluciones.

Software: Conjunto de programas y rutinas que permiten a la computadora realizar determinadas tareas.

Semiautomatizado: Se refiere a un sistema o dispositivo el cual realiza parte de sus funciones de manera automática teniendo que depender de la intervención de un elemento mecánico

5. OBJETIVOS

5.1. Objetivo general

Diseñar, implementar y probar un prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

5.2. Objetivo específico

1. Diseñar un prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

2. Implementar un prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

3. Hacer plan de pruebas de un prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

4. Hacer los manuales del prototipo de sistema de lavado de carros que controle el suministro de agua.

6.REQUERIMIENTOS

6.1. Requerimientos funcionales

6.1.1. Los dos tanques de almacenamiento de 500 litros recibirán agua lluvia.
6.1.2. El agua almacenada en los tanques deberá estar sin ningún sólido.
6.1.3. El supervisor será el encargado de controlar el sistema (indicar inicio de lavado y tipo de carro a lavar y garantizar el lavado del vehículo).
6.1.4. El sistema utilizará 110 litros para lavar una camioneta 4X4 o 4x2.
6.1.5. El sistema utilizará 70 litros para lavar un carro sedan.
6.1.6. El sistema utilizará 60 litros para lavar un carro hatchback.
6.1.7. El agua suministrada se enviará a una presión máxima de 1500 psi y una mínima de 1300 psi.
6.1.8. El dueño del concesionario podrá ingresar al sistema para observar el historial y estadísticas del lavado.
6.1.9. El administrador podrá ingresar al sistema para modificar, eliminar, y crear datos en el sistema.
6.1.10. El sistema será controlado por medio de un teclado alfanumérico.
6.1.11. Al sistema se le deberá informar por medio del teclado el tipo de carro a lavar.
6.1.12. El sistema solo podrá controlar el suministro de agua para el lavado de un solo vehículo a la vez.
6.1.13. Los tanques de almacenamiento podrán suministrar agua aproximadamente para 10 vehículos (la cantidad de vehículos lavados dependerá de su tipo).
6.1.14. El sistema tendrá dos tanques de almacenamiento de 500 litros de agua cada uno.
6.1.15. El agua lluvia se deberá filtrar para tener una turbidez de (1 - 8) JTU antes de almacenarse en los tanques.
6.1.16. El sistema deberá llenar los tanques con agua del acueducto cuando este tenga un nivel bajo (200 litros de agua en cada tanque).
6.1.17. El sistema deberá informar al operario para iniciar el lavado por medio de una alarma.
6.1.18. El sistema deberá enviar una alerta cuando el nivel del agua utilizada para el lavado esté al 50%, 80% y 100%.
6.1.19. El operario deberá informar al supervisor si necesita más agua para que este le informe al sistema y le suministre un 20% de agua adicional teniendo en cuenta el tipo de vehículo lavado.
6.1.20. El sistema llevará un historial de la cantidad de agua utilizada en cada lavado.
6.1.21. El sistema llevará un historial de la cantidad de vehículos lavados anualmente.
6.1.22. El sistema tendrá una electroválvula que permitirá el paso del agua de los tanques de almacenamiento a la hidro lavadora cuando el supervisor le ordene al sistema empezar el lavado de un vehículo.

6.1.23. El sistema tendrá una electroválvula que no permitirá el paso de agua de los tanques de almacenamiento a la hidro lavadora cuando el lavado de un vehículo haya culminado.
6.1.24. El operario deberá hacer mantenimiento a los filtros cada 3000 litros de agua almacenados y suministrados.
6.1.25. El sistema automáticamente guardará la información del proceso de lavado.
6.1.26. El supervisor podrá pausar o reanudar el proceso sin que los datos se pierdan o se reinicien.
6.1.27. El supervisor deberá informar al sistema la placa del vehículo a lavar.
6.1.28. La información almacenada del lavado de los vehículos la podrá ver el supervisor y el dueño del concesionario por medio de un reporte visualizado en un monitor.
6.1.29. El proceso de lavado no podrá iniciarse hasta que el supervisor diligencie toda la información de un vehículo por medio de un teclado alfanumérico (placa, tipo de vehículo, modelo del vehículo).
6.1.30. El sistema deberá generar una alerta al administrador y al dueño del concesionario cuando el nivel del agua este disminuyendo y no se encuentre en proceso de lavado.

6.2 Requerimientos de calidad

6.2.1. El sistema utilizará 110 litros para lavar una camioneta 4X4 o 4x2, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
6.2.2. El sistema utilizará 70 litros para lavar un carro sedan, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
6.2.3. El sistema utilizará 60 litros para lavar un carro hatchback, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
6.2.4. El agua suministrada se enviará a una presión máxima de 1500 psi y una mínima de 1300 psi, el porcentaje de error para los dos casos deberá ser de +/- 8%.
6.2.5. El sistema deberá llenar los tanques con agua del acueducto cuando este tenga un nivel bajo (200 litros de agua en cada tanque, el porcentaje de error deberá ser de +/- 10%).
6.2.6. El sistema deberá enviar una alerta cuando el nivel del agua utilizada para el lavado esté al 50%, 80% y 100%, para cada caso el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
6.2.7. El operario deberá informar al supervisor si necesita más agua para que este le informe al sistema y le suministre un 20% de agua adicional teniendo en cuenta el tipo de vehículo lavado, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.

6.3. Requerimientos restrictivos

6.3.1 El sistema solo debe recibir carros sedan, hatchback, y camionetas.

6.3.2 Solo se puede lavar un carro a la vez.

6.3.3 El dueño del concesionario y el supervisor son los únicos que tienen acceso a la información de los vehículos lavados.

6.3.4 La hidro lavadora tendrá que estar en el rango de presión 1500 a 1300 psi.

6.3.5 El sistema cumple con la (Resolución DAMA-1074/97 artículo 4).

6.3.6 El sistema cumple con los estándares establecidos en la tabla concentraciones máximas permisibles para verter a un cuerpo de agua (**Resolución DAMA 1074/97 artículo.3 y 1596/01-artículo 1**).

6.3.7 El sistema cumple con la resolución (**DAMA 1170/97 artículo 16**).

7. DISEÑO FUNCIONAL

7.1. Cajas con función, entradas y salidas

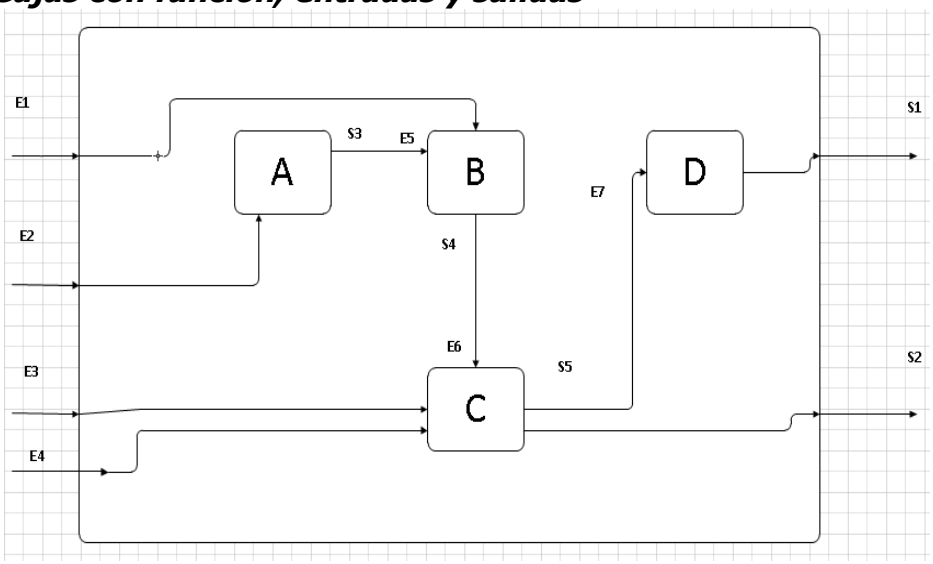


Ilustración 17. Diagrama de bloques opción de diseño funcional 1

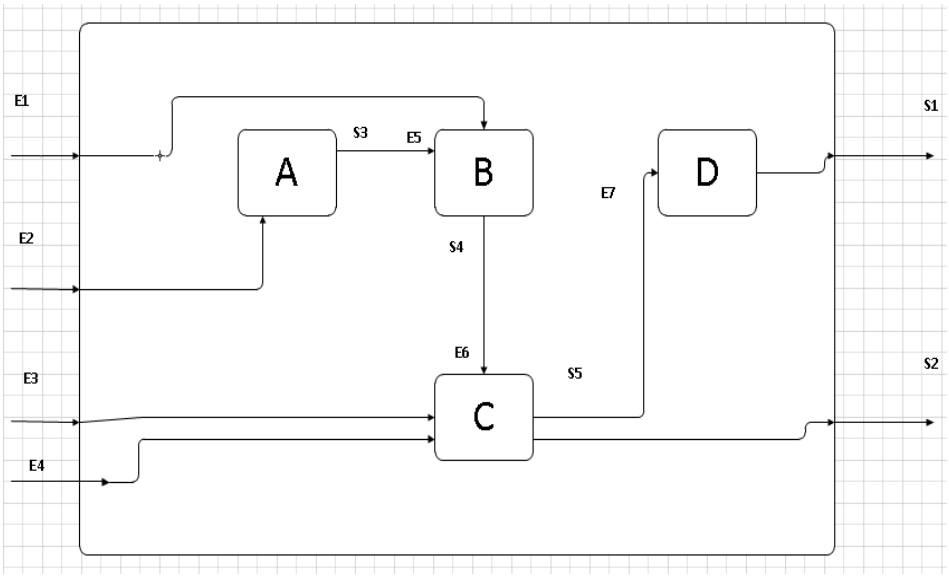


Ilustración 18. Diagrama de bloques opción de diseño funcional 2

7.2. Nombres de señales entre cajas

Diseño funcional 1: En el anterior diseño funcional se encuentra plasmado el sistema de lavado de carros que se va a implementar, este sistema está compuesto por cuatro entradas, dos salidas y cuatro subsistemas.

Las entradas del sistema son las siguientes:

- E1: Agua proveniente del acueducto de Bogotá.

- E2: Agua lluvia.
- E3: Carro sucio.
- E4: Orden de inicio de proceso de lavado.
- E5: Agua lluvia filtrada.
- E6: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.
- E7: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.

Las salidas del sistema son las siguientes:

- S1: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo filtrada con el fin de cumplir las normas de tratamiento de aguas residuales en Bogotá.
- S2: Carro limpio.
- S3: Agua lluvia filtrada.
- S4: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.
- S5: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.

Diseño funcional 2: En el anterior diseño funcional se encuentra plasmado el sistema de lavado de carros que se va a implementar, este sistema está compuesto por tres entradas, dos salidas y cinco subsistemas.

Las entradas del sistema son las siguientes:

- E1: Agua proveniente del acueducto de Bogotá.
- E2: Agua lluvia.
- E3: Carro sucio.
- E4: Orden de inicio de proceso de lavado.
- E5: Agua lluvia filtrada.
- E6: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.
- E7: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.
- E8: Agua tratada químicamente y a la que se le quitaron los sedimentos.

Las salidas del sistema son las siguientes:

- S1: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo tratada químicamente y filtrada con el fin de cumplir las normas de tratamiento de aguas residuales en Bogotá.
- S2: Carro limpio.
- S3: Agua lluvia filtrada.
- S4: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.
- S5: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.
- S6: Agua tratada químicamente y a la que se le quitaron los sedimentos.

7.3. Funciones de cada caja

Subsistemas diseño 1:

- A: Proceso de filtrado de agua lluvia.

- B: Proceso de almacenamiento.
- C: Proceso de monitoreo de lavado de carro.
- D: Proceso de filtrado de agua sucia que queda después del lavado de un carro.

Subsistemas diseño 2:

- A: Proceso de filtrado de agua lluvia.
- B: Proceso de almacenamiento.
- C: Proceso de monitoreo de lavado de carro.
- D: Proceso de filtrado de agua sucia que queda después del lavado de un carro.

- E: Proceso de tratamiento químico del agua que queda después del lavado de un vehículo.

7.4. Sumatoria de funciones vs función del sistema

Diseño funcional 1: En el subsistema **A** se filtra el agua lluvia que ingresa al sistema por medio de las canaletas que se encuentran en el tejado del concesionario, luego de que el agua se encuentra filtrada esta ingresa al subsistema **B,** en el cual se almacenará el líquido y adicionalmente se llevará un control en tiempo real de la cantidad de agua que se encuentra almacenada, si nivel de los tanques de almacenamiento es inferior al 20%, automáticamente se llenan los tanques del subsistema **B** hasta la mitad (500 litros en total) con agua proveniente del acueducto de Bogotá.

Cuando el operario vaya a lavar un carro, el supervisor le da la orden al sistema de que inicie el proceso de lavado en el subsistema **C**, cuando esto sucede se permite el flujo de agua proveniente del subsistema **B** y controla en tiempo real la cantidad de agua utilizada, el tiempo empleado en el lavado y la presión con la que sale el agua. Al terminar el proceso de lavado el carro queda limpio y el agua sucia producto del lavado es filtrada por el subproceso **D** para luego ser vertida en el alcantarillado de Bogotá.

Diseño funcional 2: En el subsistema **A** se filtra el agua lluvia que ingresa al sistema por medio de las canaletas que se encuentran en el tejado del concesionario, luego de que el agua se encuentra filtrada esta ingresa al subsistema **B,** en el cual se almacenará el líquido y adicionalmente se llevará un control en tiempo real de la cantidad de agua que se encuentra almacenada, si el nivel de los tanques de almacenamiento es inferior al 20%, automáticamente se llenan los tanques del subsistema **B** hasta la mitad (500 litros en total) con agua proveniente del acueducto de Bogotá.

Cuando el operario vaya a lavar un carro, el supervisor le da la orden al sistema de que inicie el proceso de lavado en el subsistema **C**, cuando esto sucede se permite el flujo de agua proveniente del subsistema **B** y controla en tiempo real la cantidad de agua utilizada, el tiempo empleado en el lavado y la presión con la que sale el agua. Al terminar el proceso de lavado el carro queda limpio y el agua sucia producto del lavado se almacena en el subsistema **E** en donde se le hará un tratamiento químico y se dejará en reposo para que decanten las partículas sólidas, esta agua tratada luego ingresa al subsistema **D,** acá es filtrada para luego ser vertida en el alcantarillado de Bogotá.

7.5. Selección del diseño detallado que se utilizará para dar solución al problema

El diseño funcional que utilizaremos en la implementación y diseño detallado será la opción número uno, se tomó esta decisión debido a que el subsistema E ocuparía un área muy grande (dos metros cuadrados), por lo tanto quitaría parte de un espacio en el que se ubica un vehículo, adicionalmente con el filtrado realizado por el subsistema **D** es suficiente para cumplir con las normas de tratamientos de aguas residuales de procesos industriales.

8. DISEÑO DETALLADO

8.1. Requerimientos de subsistemas

- Diseño detallado bloque A (Proceso de filtrado de agua lluvia):

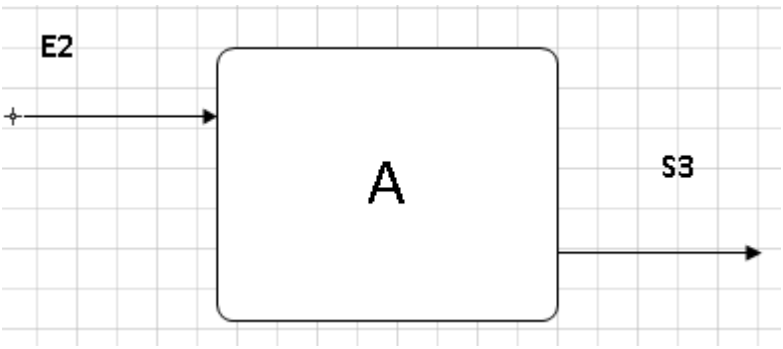


Ilustración 19. Diagrama subsistema A

Entradas y salidas del subsistema:

- E2: 1000 litros de agua lluvia.
- S3: 1000 litros de agua lluvia filtrada.

Este subsistema se encarga del filtrado de agua lluvia, está compuesto por un filtro de grava y por una electroválvula que permite el paso de agua siempre y cuando los tanques de almacenamiento no estén completamente llenos.

Los requerimientos del subsistema son:

- Filtrar el agua lluvia.
- Permitir el paso del agua siempre y cuando los tanques de almacenamiento no están llenos.

- Diseño detallado bloque B (proceso de almacenamiento del agua):

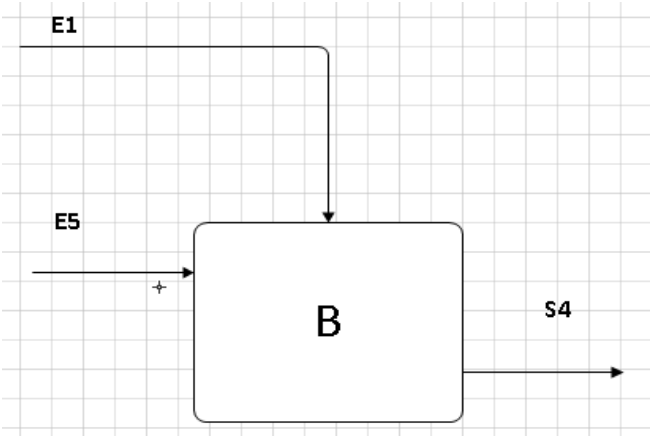


Ilustración 20. Diagrama subsistema B

Entradas y salidas del subsistema:

- E1: Agua proveniente del acueducto de Bogotá.
- E5: Agua lluvia filtrada.
- S4: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.

En este subsistema se almacena el agua lluvia y el agua proveniente del acueducto, está compuesto por un sensor de nivel y dos tanques de almacenamiento de 500 litros cada uno.

Los requerimientos del subsistema son:

- Almacenar el agua lluvia.
- Almacenar agua del acueducto de Bogotá en caso de que el nivel de los tanques sea inferior a 200 litros.

● Diseño detallado bloque C (Proceso de suministro de agua para el lavado del vehículo): **E6**

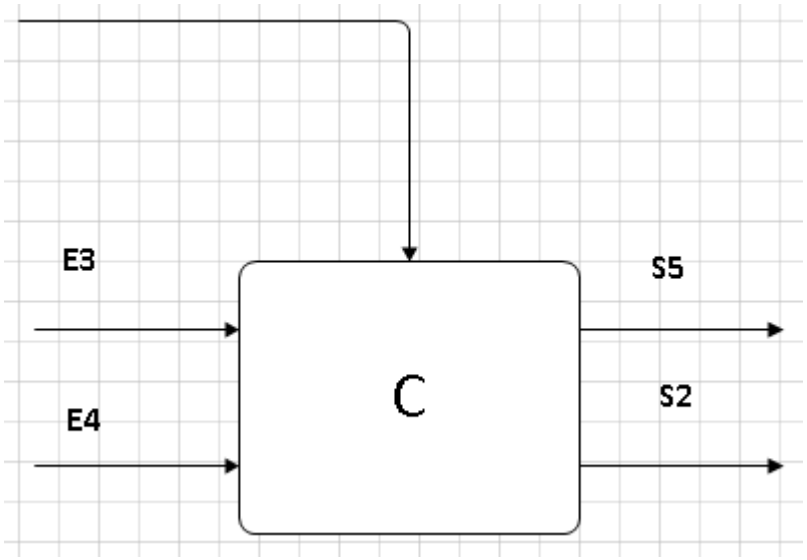


Ilustración 21. Diagrama subsistema C

Entradas y salidas del subsistema:

- E3: Carro sucio.
- E4: Orden de inicio del proceso de lavado.
- E6: Agua almacenada en tanques de 500 litros cada uno.

- S2: Carro limpio.
- S5: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.

En este subsistema se suministrará el agua gradualmente por una electrobomba desde los tanques hacia la hidro lavadora, la cual no tendrá ninguna presión por circulación positiva, cuando el agua llegue a la hidro lavadora el agua suministrada será enviada por la hidro lavadora a una presión de 1500 psi.

Los requerimientos del subsistema son:

- Controlar el suministro de agua (carros sedan 70 litros, camionetas 4x4 110 litros y carros hatchback 60 litros.)

- Medir en tiempo real el nivel de agua que se encuentra en cada tanque de almacenamiento.

- Garantizar que la presión del agua esté entre 1300 y 1500 psi.

- Diseño detallado bloque D (Proceso de filtrado de agua sucia que queda después del lavado de un carro):

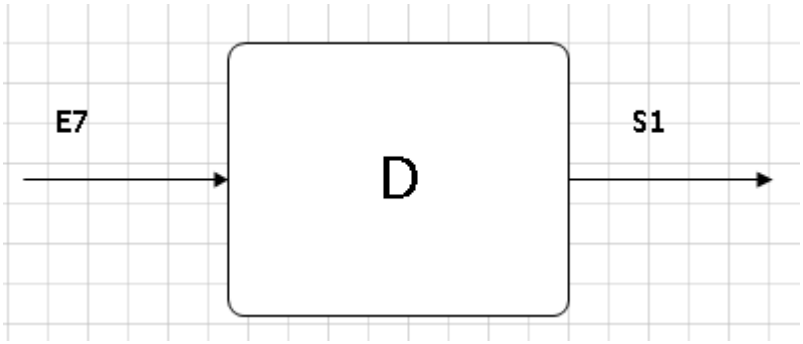


Ilustración 22. Diagrama subsistema D

Entradas y salidas del subsistema:

- E7: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo.
- S1: Agua sucia que queda después del lavado del vehículo filtrada.

En este subsistema se filtra el agua que queda después del proceso de lavado, acá se utilizará un filtro igual que al del bloque A (filtro de grava).

Los requerimientos del subsistema son:

- Filtrar el agua sucia que queda después del proceso de lavado.

- Verter el agua filtrada al alcantarillado de Bogotá.

8.2. Requerimientos de componentes

- Diseño detallado bloque A (Proceso de filtrado de agua lluvia):

Requerimientos funcionales de la electroválvula:

- El requerimiento general de la electroválvula es que sea de una pulgada ya que esto es suficiente para que fluya el agua lluvia hacia el filtro.
- El solenoide de la electroválvula deberá accionarse con 24VAC.
- Debe tener una presión de funcionamiento mínima de 5 bares.

Requerimientos de calidad de la electroválvula:

- El solenoide deberá accionarse con 24VAC (+/- 5% de error).
- Debe tener una presión de funcionamiento mínima de 5 bares (+/- 10%).

El área del tubo por el que va a fluir el agua es la siguiente:

$$A = \pi * r^2 \quad (1)$$

Como sabemos, el radio del tubo es de media pulgada, por lo tanto, el área de este y de la electroválvula a utilizar es de 5.06707 cm^2. La velocidad de filtrado se espera que sea mínimo de 1 $\frac{m}{s}$, se escogió esta velocidad ya que es más que suficiente para que los 10 litros por minuto que filtra la grava viajen desde el filtro hacia los tanques almacenamiento.

Por lo tanto, el caudal sería el siguiente:

$$Q = V * A \quad (2)$$

$$Q = 5.06707\ cm^3$$

Requerimientos funcionales del filtro de agua.

- El requerimiento general del filtro es que la grava utilizada sea de 20 mm ya que con este tamaño se filtran las partículas que actualmente se sedimentan en el fondo de los tanques (hojas de árboles, ramas, basura, plumas de palomas, etc.).
- El filtro debe ser de fácil acceso para que se le pueda hacer mantenimiento.
- El filtro debe filtrar mínimo 10 litros por minuto.

Requerimientos de calidad filtro de agua.

- El tamaño de la grava debe ser de 20 mm (+/- 10% de error).

Para el caso de este subsistema se realizará una integración de tecnologías.

Un filtro de arena generalmente filtra 6 litros por minuto por metro cuadrado dependiendo del diámetro que tengan los lechos filtrantes del filtro en cuestión, debido a que el uso que se le va a dar al agua filtrada es industrial (lavado de carros), se tomó la decisión de solo utilizar un lecho filtrante para que la cantidad de agua filtrada sea aproximadamente de 10 litros por minuto por metro cuadrado, esto se logra con grava de un diámetro de 20mm.

En la siguiente tabla se puede apreciar la relación de los porcentajes de tamaño en peso de los materiales que tiene cada uno de los niveles de un filtro de agua lento vs el diámetro de

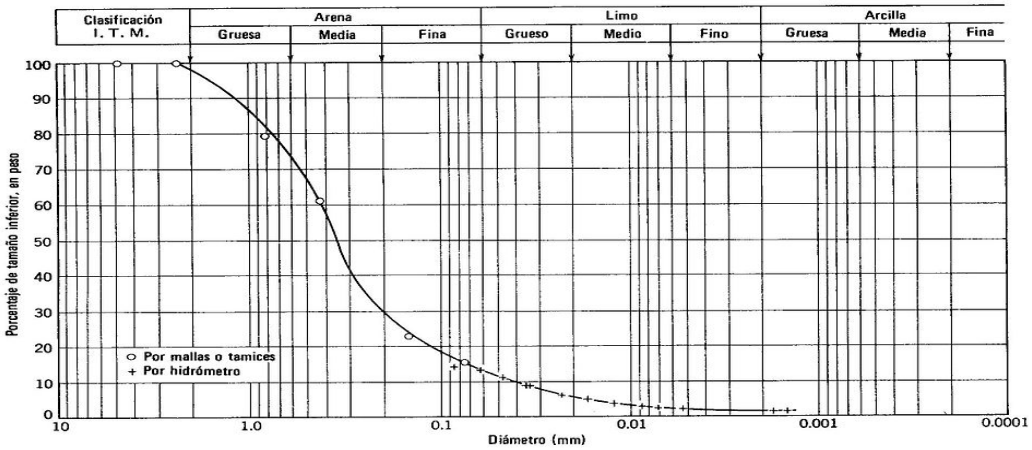


Ilustración 23. Curva de eficacia de materiales elaboración filtro.

Fórmula De Filtración

$$S = \frac{F \cdot Q}{10 \cdot V} \quad (3)$$

S = Superficie del depósito, en m^2

Q = Caudal de entrada, en l/seg.

V = Velocidad de sedimentación, en cm/seg

F = Factor de almacenaje. (Se suele hacer F = 2).

La longitud del depósito se hace 5 veces mayor que su anchura.

Selección de electroválvula

Tabla 3 Selección de electroválvula

Entrada	Requerimiento	Requerimiento componente 1	Requerimiento componente 2	Requerimiento componente 3
E2	Una pulgada de diámetro	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada
E2	Voltaje solenoide 24 VAC	24 VAC	24 VAC	24 VAC
E2	Presión mínima de 5 bares	De 1 a 10.4 bares	De 0.7 a 10 bares	De 0.7 a 10 bares

Componente 2: Electroválvula 2400 MT 1 pulgada.

Ilustración 24. Electroválvula 2400 MT 1 pulgada.

Características: Estructura en línea. Rosca macho BSP Empalme 1" Apertura manual con desagüe interior/exterior. Cuerpo de PVC resistente a los rayos UV Tapa y collarin de polipropileno reforzado con fibra de vidrio Nuevo solenoide de pistón cautivo. Cierre mediante collarín de la parte superior que permite un rápido desmontaje y mantenimiento. Cierre lento, antigolpes de Ariete. Diafragma de Santoprene con doble nervadura Presión de ejercicio de 0.7 a 10 atm. Solenoide de 24 VCA. Intercambiable con solenoide latch. Electroválvula ideal para conectar directamente en los colectores.

Componente 3: Electroválvula Irritrol 1 pulgada.

Ilustración 25. Electroválvula Irritrol 1 pulgada.

- Electroválvula Irritrol de 1 pulgada Sin Regulador.
- Válvula de plástico Irritrol para programadores de jardinería y agricultura.
- Cuerpo de PVC resistente a los rayos UV.
- Diafragma con doble nervadura.
- Cierre lento, antigolpes de ariete.
- Rosca para solenoide estándar, se le puede adaptar el solenoide de 24V. o latch Facimatic.
- Tapa y collarin de polipropileno reforzado con fibra de vidrio.
- Presión máxima: 10 Bar.

El componente seleccionado fue Electroválvula 2400 MT 1 pulgada.

- Diseño detallado bloque B:

Requerimientos funcionales del sensor de nivel.

- El sensor de nivel debe ser de ultrasonido.
- La distancia mínima de detección del sensor debe ser de 2 metros.
- La resolución del sensor debe ser de mínimo 2 centímetros.
- El voltaje de alimentación debe ser de 5V DC.

Requerimientos de calidad.

- La distancia mínima de detección debe ser de 2 metros (+/- 10%).
- La resolución del sensor debe ser mínimo de 2 centímetros (+/- 10%).
- El voltaje de alimentación debe ser de 5V (+/- 5%).

Fórmula

Estos sensores se basan en medir cuánto tiempo tarda en viajar una onda ultrasónica desde que sale del sensor hasta que regresa. Gracias a este tiempo y sabiendo la velocidad del sonido, es fácil calcular la distancia aplicando la siguiente fórmula:

$$v = s/t \;=>\; s \;=\; v * t$$ [4]

En donde t es el tiempo que tarda la señal ultrasónica al volver al sensor y v la velocidad del sonido.

Para el caso de este subsistema se realizará una integración de tecnologías.

Selección de sensor de nivel.

Tabla 4. Requerimientos subsistemas

Entrada	Requerimiento	Requerimiento componente 1	Requerimiento componente 2	Requerimiento componente 3
E1 y E5	Sensor de nivel de ultrasonido	Es un sensor de ultrasonido.	Es un sensor de ultrasonido.	Es un sensor de ultrasonido
E1 y E5	Mínima distancia de detección 2 m	4.5 m de distancia de detección.	4.5 m de distancia de detección.	8 m de distancia.
E1 y E5	Resolución del	Resolución de	Resolución de 0.7 cm, a	El fabricante no da detalle

	sensor 2 cm	0.5 cm	partir de 2.5 m la resolución aumenta (desmejora).	de esta característica.
E1 y E5	Voltaje de alimentación 5v	Voltaje de funcionamiento 5 V	Voltaje de funcionamiento 5 V	El fabricante no da detalle de esta característica.

Componente 1: SENSOR ULTRASONIDO SUMERGIBLE JSN-SR04T.

Ilustración 26. Sensor ultrasonido

- Sensor de distancia por ultrasonido a prueba de agua, funcionamiento similar al sensor HC-SR04. Presenta tamaño pequeño, bajo consumo de potencia, alta precisión. Las aplicaciones típicas incluyen:
- Distancia horizontal
- Elución de obstáculos
- Control automático
- Acercamiento de objetos
- Control del tráfico
- Control industrial
- Seguridad
- Inteligencia artificial e investigación.

Componente 2: SENSOR DE NIVEL POR ULTRASONIDOS / PARA LÍQUIDO / PARA AGUA / PARA PRODUCTOS A GRANEL.

Ilustración 27. Sensor de nivel.

Gama de aplicaciones completa, desde la monitorización de nivel en plantas de tratamiento de aguas residuales y depósitos de aguas de proceso hasta aplicaciones para carga, almacenamiento y depósitos de amortiguación. El sensor ultrasónico FMU30 proporciona unos algoritmos de software probados y todos los mensajes de aviso y alarma se muestran en un indicador de cuatro líneas de textos sencillos que garantiza fácil solución para los problemas. La curva envolvente también puede visualizarse en el indicador.

El sensor seleccionado fue el SENSOR ULTRASONIDO SUMERGIBLE JSN-SR04T.

- Diseño detallado bloque C (Proceso de suministro de agua para el lavado del vehículo):

Requerimientos funcionales de la hidro lavadora:

- El requerimiento general de la hidro lavadora deberá suministrar el agua a una presión de 1500 psi.
- Suministro de agua para lavado de un vehículo a la vez.
- La tubería o manguera deberá ser flexible.

- La tubería o manguera deberá ser de 1 pulgada.
- La hidro lavadora no quedará sin agua si la electroválvula se encuentra abierta.

Requerimientos de calidad de la Hidro lavadora:

- La hidro lavadora tendrá un voltaje de 110v (+/- 5% de error).
- Debe tener una presión de funcionamiento a 1500 psi (+/- 10%).
- El sistema podrá pausar el suministro de agua cada vez que sea necesario para el supervisor.
- El sistema emitirá unas alertas sobre el porcentaje de agua utilizado en el lavado del vehículo.
- El sistema no suministrará el agua hasta que el supervisor envíe la orden.

Requerimientos funcionales de la electroválvula:

- El requerimiento general de la electroválvula es que sea de una pulgada ya que esto es suficiente para que fluya el agua lluvia hacia el filtro.
- El solenoide de la electroválvula deberá accionarse con 24VAC.
- Debe tener una presión de funcionamiento mínima de 5 bares.

Requerimientos de calidad de la electroválvula:

- El solenoide deberá accionarse con 24VAC (+/- 5% de error).
- Debe tener una presión de funcionamiento mínima de 5 bares (+/- 10%).

El área del tubo por el que va a fluir el agua es la siguiente:

$$A = \pi * r^2 \tag{1}$$

Como sabemos, el radio del tubo es de media pulgada, por lo tanto, el área de este y de la electroválvula a utilizar es de 5.06707 cm^2. La velocidad de filtrado se espera que sea mínimo de 1 $\frac{m}{s}$, se escogió esta velocidad ya que es más que suficiente para que los 10 litros por minuto que filtra la grava viajen desde el filtro hacia los tanques almacenamiento.

Por lo tanto, el caudal sería el siguiente:

$$Q = V * A$$

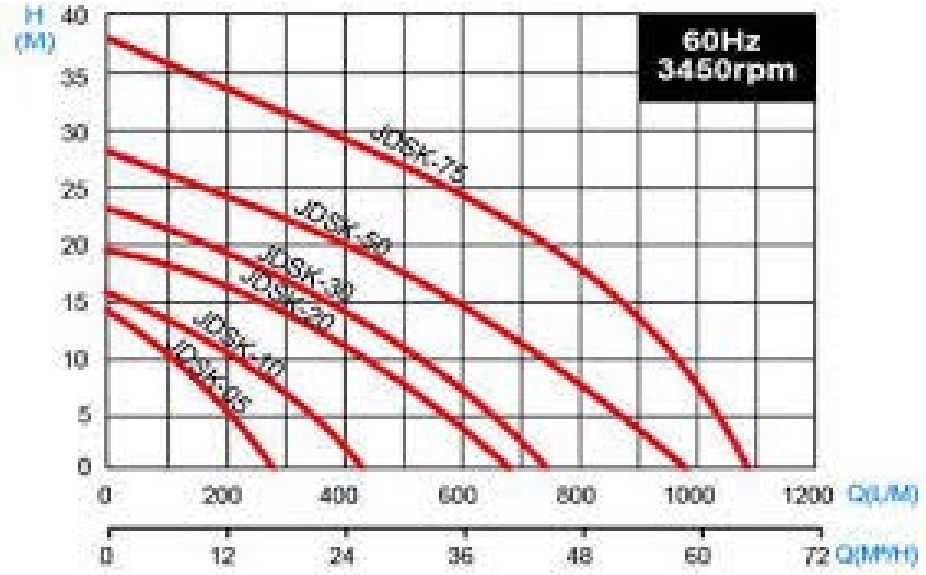
$$Q = 5.06707\ cm^3 \tag{2}$$

Requerimientos de calidad suministro de agua.

- La tubería o manguera de ingreso y salida tendrá que ser de 1”.
- El sistema utilizará 110 litros para lavar una camioneta 4X4 o 4x2, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
- El sistema utilizará 70 litros para lavar un carro sedan, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
- El sistema utilizará 60 litros para lavar un carro hatchback, el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.
- El agua suministrada se enviará a una presión máxima de 1500 psi y una mínima de 1300 psi, el porcentaje de error para los dos casos deberá ser de +/- 8%.
- El sistema deberá llenar los tanques con agua del acueducto cuando este tenga un nivel bajo (200 litros de agua en cada tanque, el porcentaje de error deberá ser de +/- 10%).
- El sistema deberá enviar una alerta cuando el nivel del agua utilizada para el lavado esté al 50%, 80% y 100%, para cada caso el porcentaje de error deberá ser de +/- 5%.

Curva de Rendimiento Hidro lavadora

Tabla 5 curva de eficiencia Hidro lavadoras



En esta tabla se puede observar la eficiencia de presión a una altura máxima de varios tipos de modelos de hidro lavadoras industriales donde la referencia JDSK-75 y JDSK-50 cumplen con la presión necesaria para el lavado de vehículos de 110 bares convertidos a 1200 psi, estos equipos se puede modificar las presiones y altura máxima para minimizar pérdidas.

Tabla 5. Requerimientos subsistemas B

Entrada	Requerimiento	Requerimiento componente 1	Requerimiento componente 2	Requerimiento componente 3
E4	Una pulgada de diámetro (Electroválvula)	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada
E4	Voltaje solenoide 24 VAC (Electroválvula)	24 VAC	24 VAC	24 VAC
E4	Una pulgada de diámetro (Hidro lavadora)	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada	Un diámetro de una pulgada
E4	presión de 1500 psi (Hidro lavadora)	Presión de 1500 psi.	Presión de 1450 psi.	Presión de 1500 psi.
E4	voltaje de conexión de 110v (Hidro lavadora)	Voltaje de conexión 110v	Voltaje de conexión 110v	Voltaje de conexión 110v

Componente 1: VÁLVULA SOLENOIDE para control de riego, de 1 pulgada, 24V AC, 50-60 HZ.

Ilustración 28. Electroválvula N°1

Ilustración 29. Electroválvula N°2

Características: Estructura en línea. Rosca macho BSP Empalme 1" Apertura manual con desagüe interior/exterior. Cuerpo de PVC resistente a los rayos UV Tapa y collarin de polipropileno reforzado con fibra de vidrio Nuevo solenoide de pistón cautivo. Cierre mediante collarín de la parte superior que permite un rápido desmontaje y mantenimiento. Cierre lento, antigolpes de Ariete. Diafragma de Santoprene con doble nervadura Presión de ejercicio de 0.7 a 10 atm. Solenoide de 24 VCA. Intercambiable con solenoide latch. Electroválvula ideal para conectar directamente en los colectores.

Componente 3: Electroválvula Irritrol 1 pulgada.

Ilustración 30. Electroválvula N°3

- Electroválvula Irritrol de 1 pulgada Sin Regulador.
- Válvula de plástico Irritrol para programadores de jardinería y agricultura.
- Cuerpo de PVC resistente a los rayos UV.
- Diafragma con doble nervadura.
- Cierre lento, antigolpes de ariete.
- Rosca para solenoide estándar, se le puede adaptar el solenoide de 24V. o latch Facimatic.
- Tapa y collarin de polipropileno reforzado con fibra de vidrio.
- Presión máxima: 10 Bar.

La electroválvula seleccionada fue la Electroválvula 2400 MT 1 pulgada.

Ilustración 31. Hidro lavadora N°1

Ilustración 32. Hidro lavadora elite de 1450 psi a 110v

ESPECIFICACIONES

- Hidro lavadora eléctrica a presión.
- Potencia 1.500W
- Caudal Máximo 6,5 LPM

- Presión Máxima 1.450 PSI
- Temperatura Máxima 50°C
- Caudal Nominal 5,5 LPM
- Corriente de Entrada 110V – 60Hz – 1 fase

INCLUYE:

- Cable de potencia de 5m y manguera de alta presión de 5m.
- Pistola de alta presión.

VENTAJAS

- Hidro lavadora eléctrica a presión, de 1.450 PSI, motor de 1.500W y conexión a
- 110V – 60 Hz.
- Uso Doméstico.
- Genera un 80% de ahorro en consumo de agua.
- Alta eficiencia de limpieza, 35x más presión.

Componente 3: Hidro lavadora Karcher de 1500 psi a 110v.

Ilustración 33. Hidro lavadora Karcher

ESPECIFICACIONES

- Tipo de corriente (Ph/V/Hz) 1 / 120 / 60
- Caudal (l/h) 400
- Presión de trabajo (PSI/MPa) 1160 / 80
- Potencia de conexión (kW) 1,5
- Peso (kg) 17

- Dimensiones (la. × an. × al.) (cm) 57 x 32 x 33
- Equipamiento: Manguera de alta presión, 7.5 m

VENTAJAS

- Esta lavadora a presión de agua fría compacta es el modelo ideal para usuarios comerciales finales.
- La HD 585 cuenta con impresionante movilidad, compacidad y cuenta con características Kärcher como: una cubierta de plástico resistente a los golpes que protege la bomba de alta presión de los daños y la suciedad.
- Otras muy buena característica es un compartimento de boquilla en la parte posterior de la unidad. Se puede elegir entre una boquilla de punto de alta presión, una boquilla de alta presión de 25° y una boquilla de baja presión de 25°.
- La boquilla de baja presión (40°) se utiliza para dispersar el agente de limpieza.
- Permite que el producto de limpieza se mezcle continuamente con el chorro de alta presión.
- La bomba axial de tres pistones con pistones de acero inoxidable y una cabeza cilíndrica garantiza una larga vida útil y baja susceptibilidad a fallas.
- La salida de alta presiones de metal, que los hace muy resistentes a la fractura y a la corrosión.

- La hidro lavadora seleccionada fue la Hidro lavadora elite de 1450 psi a 110v.
- Diseño detallado bloque D (Proceso de filtrado de agua sucia que queda después del lavado de un carro.

Requerimientos funcionales del filtro de agua.

- El requerimiento general del filtro es que la grava utilizada sea de 20 mm ya que con este tamaño se filtran las partículas que actualmente se sedimentan en el fondo de los tanques (hojas de árboles, ramas, basura, plumas de palomas, etc.) .
- El filtro debe ser de fácil acceso para que se le pueda hacer mantenimiento.

Requerimientos de calidad filtro de agua.

- El tamaño de la grava debe ser de 20 mm (+/- 10% de error).

Un filtro de arena generalmente filtra 6 litros por minuto por metro cuadrado dependiendo del diámetro que tengan los lechos filtrantes del filtro en cuestión, debido a que el uso que se le va a dar al agua filtrada es industrial (verterla en el alcantarillado de Bogotá), se tomó la decisión de solo utilizar un lecho filtrante para que la cantidad de agua filtrada sea aproximadamente de 10 litros por minuto por metro cuadrado, esto se logra con grava de un diámetro de 20mm.

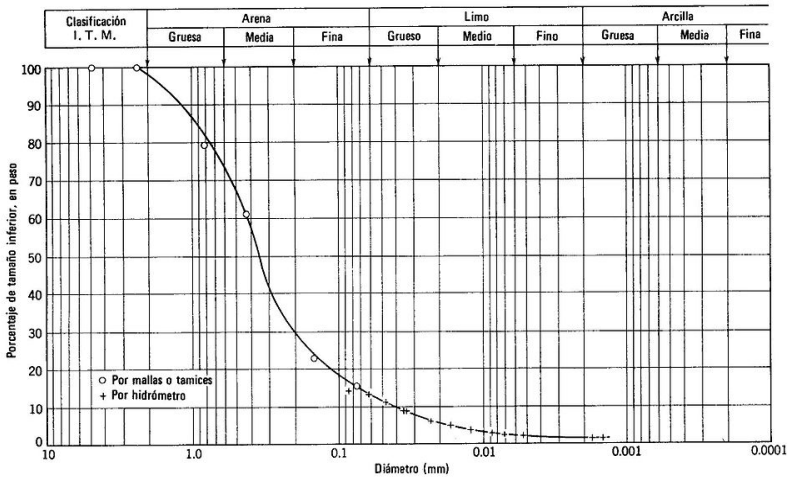


Ilustración 34. Curva de eficacia de materiales elaboración filtro.

En esta tabla se puede observar los tipos de materiales para la elaboración de estos dichos filtros, el cual proporciona un mejor filtrado, pero mayor tiempo en su filtrado y menor diámetro de paso de fluido.

Fórmula De Filtración

$$S = \frac{F \cdot Q}{10 \cdot V} \quad (3)$$

S = Superficie del depósito, en m^2

Q = Caudal de entrada, en l/seg.

V = Velocidad de sedimentación, en cm/seg

F = Factor de almacenaje. (Se suele hacer F = 2).

La longitud del depósito se hace 5 veces mayor que su anchura

Para el caso de este subsistema se realizará una integración de tecnologías.

8.3. Esquemático electrónico del sistema

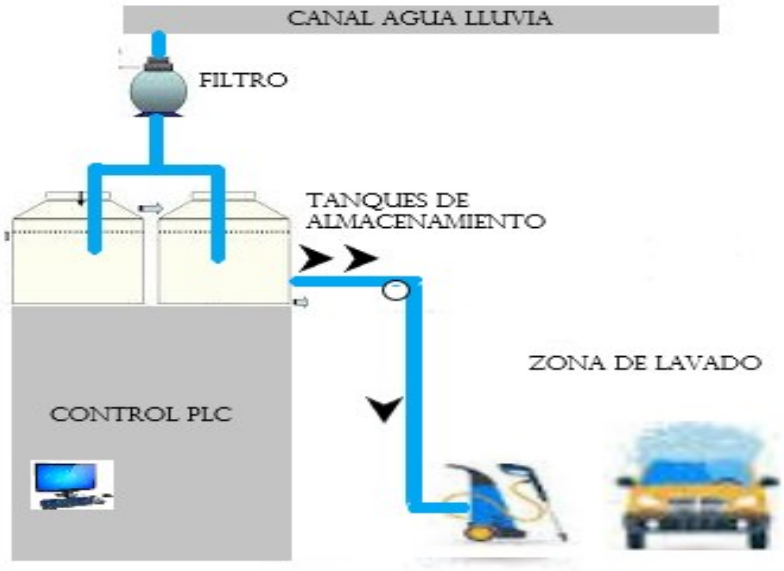


Ilustración 35. Plantilla de diseño mecánico

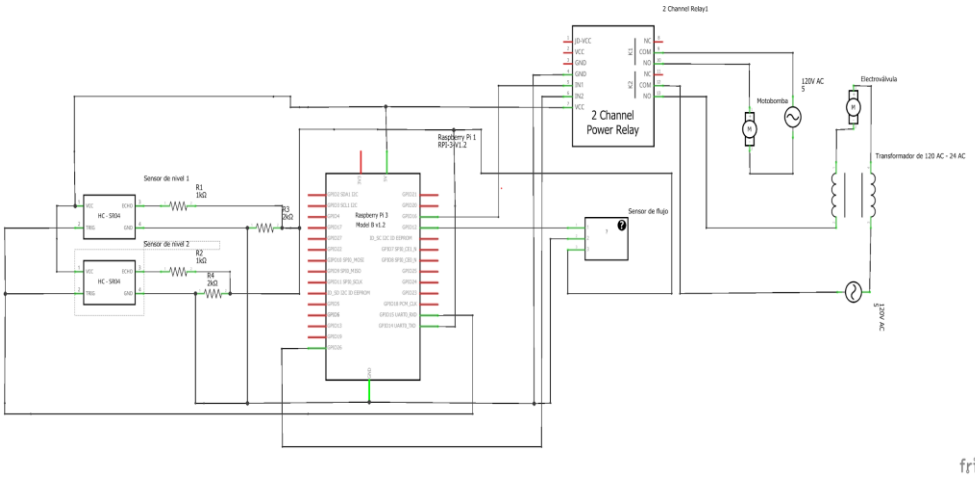


Ilustración 36. Esquemático electrónico del sistema.

En esta imagen se puede observar el diseño eléctrico y electrónico que estará conformado el Sistema de lavado con sus fuentes de alimentación conformadas por (2) dos fuentes de 24v, (3) fuentes de 5v y (1) un voltaje de 110v con fuente para protección de la hidro lavadora.

8.4. Proceso de control del sistema

A continuación, se presentarán diversas alternativas que suplirán las necesidades de control, se debe tener en cuenta que el sistema de control debe tener conectividad WI-FI, por lo menos 10 pines de entrada y salida para poder leer los datos capturados por los sensores y enviar órdenes a los actuadores, la capacidad de procesamiento suficiente para tener una base de datos pequeña en donde se almacenen los datos de los carros que se lavan en el sistema y ser de bajo costo.

Opción de controlador 1.

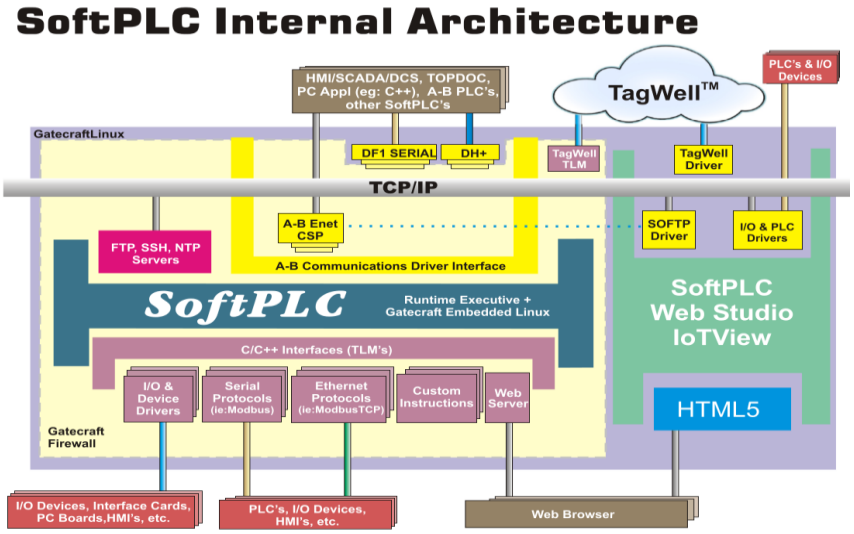


Imagen 36. Internal Architecture.

Características

- Sistema SoftPLC.
- QNX
- Linux
- RTU para gas.
- Computador de flujo para líquido y gas.
- Plataforma PAC (Process Automation Control)
- Diseño de sistemas críticamente seguros (Estándar IEC 61508)

Opción de controlador 2

La solución digital Unicanal ofrece los últimos conceptos como autoservicio, integración de clientes y movilidad, así como la funcionalidad tradicional de punto de venta, en múltiples dispositivos.

A través de una metodología de "pensamiento de diseño" esta solución plantea desarrollar e implementar una estrategia digital efectiva.

Ilustración 37. Software ALFA.

Características

- Comprende tu visión digital, requisitos únicos y puntos de dolor
- Explore las opciones disponibles en Alfa Systems para lograr la solución que desea, a través de prototipos continuos
- Materialice una plataforma finamente ajustada y adaptada, e intégralo en su propuesta.

Opción de controlador 3

La Raspberry PI 3 es una placa de adquisición utilizada ampliamente como procesador de control en diversas aplicaciones en el mundo de la electrónica, sus principales ventajas son que su sistema operativo (Raspbian), (está desarrollado sobre Linux, lo que hace que sea muy robusto y de adapta casi a cualquier proceso de control sencillo, es de bajo costo y el lenguaje de programación con el que se puede desarrollar en ella es Python. Adicionalmente tiene conectividad WI-FI y Bluetooth, lo cual la hace muy versátil).[7]

Ilustración 38. Raspberry PI3.

Diagrama de bloques

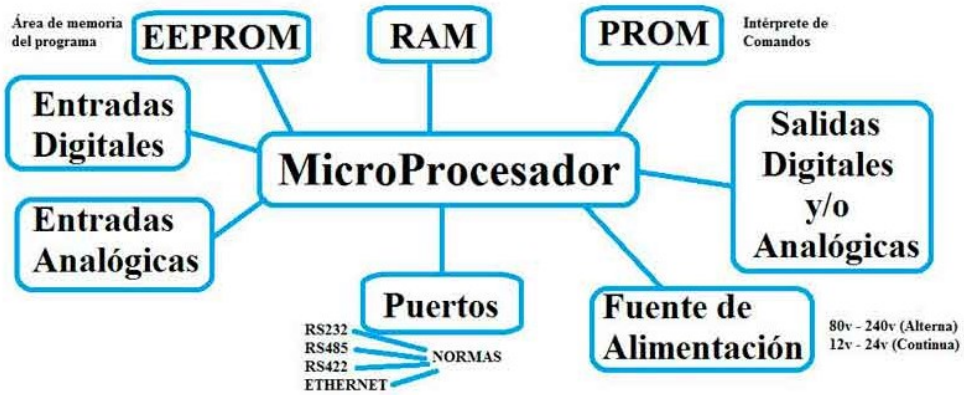


Ilustración 39. Diagrama de bloques.

El diagrama de bloques mostrado anteriormente muestra cada subsistema funcional de la raspberry pi 3 los cuales se dividen para cada necesidad del cliente, el cual presenta entradas digitales tanto analógicas para procesos de señales como conversores de señales, la fuente de alimentación de 5v como promedial de manejan voltajes entre los rangos de 80v - 240v (alterna), y 12v - 24v (Continua).[7]

Características

- CPU Quad-Core Cortex A7 a 900mhz.
- GPU de video Core IV de doble núcleo.
- RAM DDR2 de 1GB.
- Puertos:
  - 4 USB 2.0.
  - 40 GPIO pin.

- 1 HDMI 1.4.
- 1 Ethernet.
- 1 combo audio/mic.
- 1 interfaz de cámara (CSI).
- 1 interfaz de Pantalla (DSI).
- 1 microSD.
- 1 núcleo Gráfico 3D.
- Módulo Bluetooth.
- Módulo de Wi-Fi b/g/n en la banda de 2.4GHz.

- El precio del dispositivo es aproximadamente de $300.000 pesos colombianos.

Selección del dispositivo de control

Teniendo en cuenta las características de cada una de las opciones planteadas anteriormente, se tomó de decisión de realizar el control con la Raspberry PI 3 debido a que cumple con todos los requerimientos planteados, su precio es bajo y gracias a que se puede desarrollar en el lenguaje de programación Python, es posible montar la base de datos que necesitamos y crear las interfaces gráficas necesarias para que el usuario final pueda interactuar con el sistema.

Los problemas con las otras soluciones planteadas son que en consecuencia a que son soluciones completamente desarrolladas por un tercero, no es posible moldear la a nuestras necesidades y su costo es muy alto en comparación con la Raspberry PI 3.

9. PLAN DE PRUEBAS DEL SISTEMA

9.1. Plan de pruebas de componentes

El objetivo del plan de pruebas de componentes es garantizar que los componentes seleccionados de cada uno de los subsistemas cumplan con los requerimientos establecidos.

Tabla 6. Plan de pruebas de electroválvula

Requerimiento del componente	Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Tiempo de duración estimado para la prueba	Instrumento de medición	Dato ficha técnica	Dato medido en banco de pruebas	% Frente al requerimiento levantado
Una pulgada de diámetro	Prueba de diámetro	Una persona	Treinta minutos	Pie de rey	Una pulgada	Una pulgada	100 % de éxito frente al valor esperado
Voltaje solenoide 24 VAC	Prueba de solenoide	Una persona	Treinta minutos	Multímetro	24 VAC	23 VAC	95.83 % de éxito frente al valor esperado
Presión mínima de 5 bares	Prueba presión	Una persona	Treinta minutos	Sensor de presión	5 bares	5.34 bares	100 % de éxito frente al valor esperado

Tabla 7. Plan de pruebas filtro de agua

Requerimiento del componente	Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Tiempo de duración estimado para la prueba	Instrumento de medición	Dato ficha técnica	Dato medido en banco de pruebas	% Frente al requerimiento levantado
Filtrar 10 litros de agua lluvia por minuto	Cantidad de agua filtrada por minuto	Una persona	Quince minutos	Sensor de nivel	10 litros de agua por metro cuadrado	9,7 litros de agua por metro cuadrado	procedió con un porcentaje de error del 3%
Grava de 20 mm de diámetro	Tamaño de grava	Una persona	Quince minutos	Pie de rey	20 mm de diámetro	20 mm de diámetro	Presentó un porcentaje de error inferior del 0,05 %

Los anteriores planes de pruebas corresponden al subsistema A, el filtro de agua le entrega el agua a la electroválvula y esta permite el paso o no a los tanques de almacenamiento de 500.

Tabla 8. Plan de pruebas almacenamiento de agua

Requerimiento del componente	Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Tiempo de duración estimado para la prueba	Instrumento de medición	Dato ficha técnica	Dato medido en banco de pruebas	Frente al requerimiento levantado
Almacenar 2000 litros de agua lluvia	Almacenamiento de agua	Una persona	Una hora	Sensor de nivel	Dos tanques de 1000 litros c/u	1950 litros de agua	7.5 de éxito frente al valor esperado
Utilización de agua proveniente del	Utilización del agua del acueducto	Una persona	Una hora	Sensor caudal	Suministro De agua del acueducto.	Resultado exitoso ya que el agua ingresa al	100 % de éxito frente

	acueducto, al utilizar una manguera la cual está conectada al tubo por donde pasa el agua antes de llegar a la hidrolavadora						sistema y se mide la cantidad de agua utilizada	al valor esperado

Los anteriores planes de pruebas corresponden al subsistema B, al almacenamiento de agua en los dos tanques de almacenamiento de 1000 litros cada uno, los cuales suministrarán agua lluvia y en caso de que estén vacíos los tanques, se suministrará agua del acueducto.

Tabla 9. Plan de pruebas procesos de suministro de agua el lavado del vehículo

Requerimiento	Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Tiempo de duración estimado para la prueba	Instrumento de medición	Dato ficha técnica	Dato medido en banco de pruebas	% Frente al requerimiento levantado
Controlar el suministro de agua	Control de suministro de agua a la hidro lavadora	Una persona	veinte minutos	Electroválvula	Verificar solenoide que se debe accionar para el paso de agua.	La electroválvula se activa correctamente	100 % de éxito frente al valor esperado
medición de nivel de agua en	Tiempo de llenado de tanque	Una persona	Quince minutos	Sensor de nivel	de llenado de los tanques.	sensores de ultrasonido	92 % de éxito frente al

los tanques						funcionan correctamente con un margen de error del 8%	valor esperado
Garantizar que la presión del agua esté entre 1300 y 1500 psi.	Verificación de presión	Una persona	treinta minutos	Hoja de datos hidro-lavadora	Verificación de presión de la hidro lavadora.	La presión se encuentra dentro de 1450 psi a 1510 psi	96 % de Presión ideal
Inserción de los datos del vehículo a la base de datos	Inserción de vehículo en base de dato	Una persona	Treinta minutos	N/A	N/A	La información se insertó correctamente.	100 % de éxito frente al valor esperado

Los anteriores planes de pruebas corresponden al subsistema C, En este subsistema se suministrará el agua gradualmente por una electrobomba desde los tanques hacia la hidro lavadora, la cual no tendrá ninguna presión por circulación positiva, cuando el agua llegue a la hidro lavadora el agua suministrada será enviada por esta a una presión de 1500 psi.

9.2. Plan de pruebas Subsistemas

El objetivo del plan de pruebas integrales consiste en tomar las salidas de los subsistemas y utilizarlas como entrada para el subsistema que corresponda, esto se hace con el fin de probar el sistema completo ya que así será su funcionamiento en la vida real, todos los subsistemas deberán realizar sus tareas correctamente y en el momento indicado.

Tabla 10. Plan de pruebas Subsistemas

Requerimiento del subsistema	Nombre de la prueba	Cantidad de personas para la prueba	Tiempo de duración estimado para la prueba	Instrumento de medición	Dato ficha técnica	Dato medido en banco de pruebas	% Frente al requerimiento levantado
Filtrar el agua lluvia (subsistema A)	Filtrado de agua lluvia	Una persona	veinte minutos	N/A	Funcionamiento con presión enviada	se brindó una presión de 20 psi por la motobomba sumergible la cual funciona eficazmente	El rango de presión se encontraba de 5 a 25 psi el cual cumple con el requerimiento
Almacenamiento de agua lluvia filtrada en los tanques de 1000 litros cada uno (subsistema B)	Almacenamiento de agua	Una persona	Quince minutos	Sensor de nivel	Verificación de llenado de los tanques.	Se verificó y el llenado de los tanques es del 80%	el rango de llenado fue del 80% por pérdida de lecturas en los sensores a un determinado rango.
Suministro de agua a la hidro lavadora (Subsistema C)	Verificación de presión	Una persona	treinta minutos	Hoja de datos hidro-lavadora	Verificación de presión de la hidro lavadora. (1500 psi)	Brinda los 1500 psi y se mantiene en el rango de 1498 a 1510 psi	se encuentra en un 100% cumpliendo con los estándares de mantenimiento.

La entrada de la primera prueba (subsistema A), es el agua lluvia proveniente de la canaleta instalada en el techo del concesionario, esta es filtrada para ser la entrada de la prueba dos (subsistema B), acá el agua es almacenada y controlada por la raspberry PI ya que se almacena en una base de datos la cantidad de agua que hay en los tanques de almacenamiento, una vez empieza el proceso de lavado se registra la cantidad de agua

utilizada y el vehículo lavado, la salida de este subsistema, es el suministro de agua a la hidro lavadora (subsistema C), la cual expulsa el agua a una presión de 1500 PSI para lavar al automóvil.

Tabla 11. Plan de pruebas funcionales

	¿Quién hará la prueba?	**Entrada**	**Equipo de medida**	**Tiempo**	**Salida esperada**	**Resultado**	
	Andres Guerrero	Un vehículo sucio	NA	30 minutos.	Un vehículo limpio	Un vehículo limpio	
	Johan Melo	Agua lluvia y un vehículo sucio	NA	30 minutos	Un vehículo limpio	Un vehículo limpio	
	Andres Guerrero	Agua del acueducto o agua lluvia	NA	10 minutos	Agua lluvia o agua del acueducto.	El agua proveniente del acueducto o del agua lluvia se almacenará en los tanques.	
	Johan Melo	Orden al sistema para que empiece el suministro de agua por medio de un teclado.	NA	30 minutos	Agua proveniente de los tanques de almacenamiento	Un vehículo limpio	
	Andres Guerrero	Agua lluvia con partículas sólidas	NA	40 minutos	Agua sin partículas sólidas almacenada en los tanques	Agua filtrada	
	Johan Melo	Orden dada al sistema por medio de un teclado.	NA	20 minutos	Inicio de suministro de agua	El operario podrá iniciar a lavar un vehículo	

	Andres Guerrero	Agua proveniente de los tanques de almacenamiento	Sensor de caudal	30 minutos	Agua a presión por medio de la hidro lavadora	250 litros de agua suministrada	
	Johan Melo	Agua proveniente de los tanques de almacenamiento	de caudal	30 minutos	Agua a presión por medio de la hidro lavadora	190 litros de agua suministrada	
	Andres Guerrero	proveniente de los tanques de almacenamiento	Sensor de caudal	30 minutos	Agua a presión por medio de la hidro lavadora	170 litros de agua suministrada	
	Johan Melo	Agua proveniente de los tanques de almacenamiento	Manómetro	10 minutos	Agua a presión por medio de la hidro lavadora	Agua con una presión que este entre 1300 y 1500 psi	
	Andres Guerrero	Vehículo lavado	NA	10 minutos	Informar al sistema el estado del vehículo	El supervisor confirmará que el vehículo está limpio	
	Johan Melo	Usuario y contraseña para ingresar al sistema	NA	10 minutos	Reporte de estadísticas e historial de lavado	El supervisor revisará el historial y estadísticas de lavado	
	Andres Guerrero	Comandos ingresados por un teclado	NA	10 minutos	Tarea ordenada por el comando de entrada	Tarea ordenada por el comando de entrada	
	Johan Melo	Tipo de carro a lavar	NA	10 minutos	El sistema mostrará el tipo de carro a lavar	Se iniciará el proceso de suministro de agua del tipo de vehículo	

						selecciona do	
	Andres Guerrero	Agua proveniente de los tanques de almacenamien to	NA	30 minutos	Un vehículo lavado	Solo deberá haberse lavado un vehículo	
	Johan Melo	NA	NA	minutos	NA	Dos tanques de almacena miento de 500 litros cada uno	
	Andres Guerrero	Agua lluvia	NA	30 minutos	Agua filtrada	El filtro deberá haber filtrado las partículas sólidas del agua lluvia	
	Johan Melo	Agua proveniente del acueducto	Sensor de nivel	20 minutos	Agua almacenada en tanques	Si el nivel de agua en los tanques es inferior a 200, se llenan tanques con agua del acueducto	
	Andres Guerrero	Ordenar al sistema inicio de proceso de lavado	NA	30 minutos	Sonido de alarma	Sonará la alarma que da inicio al proceso de lavado	
	Johan Melo	Agua proveniente de tanques de almacenamien to	Sensor de caudal	30 minutos	Agua proveniente de la hidro lavadora	Alarma cuando se haya gastado el 50%, 80% y 100% del agua destinada para un lavado	

	Andres Guerrero	Comando indicando que se necesita más agua	Sensor de caudal	30 minutos	20% más de agua para lavado de un vehículo	El sistema suministrará 20% más de agua para el lavado	
	Johan Melo	Datos de agua utilizada en lavados	Sensor de caudal	30 minutos	Reporte con historial de agua utilizada en lavados	Reporte con historial de agua utilizada en lavados	
	Andres Guerrero	Datos de cantidad de vehículos lavados	NA	30 minutos	Reporte con historial de cantidad de vehículos lavados	Reporte con historial de cantidad de vehículos lavados	
	Johan Melo	Agua proveniente de tanques de almacenamiento	NA	30 minutos	Agua proveniente de hidro lavadora	La electroválvula permitirá el paso de agua de los tanques a la hidro lavadora	
	Andres Guerrero	Agua proveniente de tanques de almacenamiento	NA	30 minutos	Nada	La electroválvula no permitirá el paso de agua de los tanques a la hidro lavadora	
	Johan Melo	Agua lluvia	NA	30 minutos	Filtro de agua sucio	Se deberá limpiar el filtro sucio	
	Andres Guerrero	de lavado	NA	30 minutos	Información del proceso de lavado guardado	Información del proceso de lavado guardado	

	Johan Melo	Proceso de lavado	NA	30 minutos	Proceso de lavado pausado	Proceso de lavado pausado	
	Andres Guerrero	Agua proveniente de los tanques de almacenamiento	NA	30 minutos	Agua en baldes	Si no hay electricidad, podrá sacarse agua manualmente de los tanques	
	Johan Melo	Placa del vehículo a lavar	NA	10 minutos	Información guardada	Reporte con las placas de vehículos lacados	
	Andres Guerrero	Usuario y contraseña para ingresar al sistema	NA	10 minutos	Reporte de vehículos lavados	Solamente el supervisor y el dueño podrán ver reporte de vehículos lavados	
	Johan Melo	Datos de vehículo a lavar (placa, tipo de vehículo, modelo del vehículo).	NA	10 minutos	Información de vehículo guardada	Información de vehículo almacenada correctamente	

9.3. Plan de pruebas de integración

Se realizar las pruebas de todos los subsistemas integrados en un concesionario donde se encontraba establecido principalmente para observar el funcionamiento de los subsistemas de monitoreo, procesamiento, control, visualización y el de la base de datos, en donde se realizará por un periodo de tres días, y así determinar si toca cambiar algo o no, para después reajustar el proceso y dejar todo listo para la implementación.

10. DISEÑO INDUSTRIAL

10.1 Análisis de Contexto

El sistema solo podrá lavar un vehículo a la vez y estará fijo en un lugar determinado en el concesionario. El agua lluvia ingresará a un filtro tipo malla ubicado en la canaleta donde será almacenado en dos tanque de almacenamiento de 500 litros con medidas Alto: 100cm, Ancho: 59 cm, Largo: 95cm, el agua se tendrá en este espacio hasta que el supervisor no envié por software el inicio del proceso de lavado el cual enviará una señal para que la válvula electromecánica se abra y brinde el paso del fluido hacia la hidro lavadora industrial donde el operario tendrá una cierta cantidad de líquido que será informado por alarma los porcentajes de agua suministrada 50%, 80%, 100%, si el operario utiliza más agua será registrado en el sistema con las especificaciones ingresadas por sistema antes del inicio del proceso.

10.2. Casos de Uso

10.2.1 Casos de usos típicos

- El supervisor registrará en el sistema a través de un computador la placa del vehículo.
- el supervisor registrará en el sistema la categoría del vehículo que manejan en el concesionario (camionetas 4x4, 4x2, sedan, coupé).
- El supervisor deberá registrar todas las variables para dar inicio al proceso.
- El sistema enviará la señal a la electroválvula para que se suministre el agua hacia la hidro lavadora.
- El sistema suministrará una cierta cantidad de agua dependiendo el vehículo a lavar este rango se encuentra desde los 60 litros hasta 110 litros.
- La hidro lavadora que se utilizará será una hidro lavadora industrial la cual entrega la presión necesaria para el lavado que es de 1500 psi.
- el sistema registrará y guardará un historial de todos los procesos de lavado que se hicieron.

10.2.2. Casos de usos Atípicos

- El sistema no cuenta con energía; El sistema podrá suministrar el agua manualmente.

- Se presenta daño en la hidro lavadora; El sistema cerrará el paso de suministro de agua.
- Se tiene que parar la operación sin ser finalizada; El supervisor podrá pausar desde su ordenador la operación de suministro de agua.

10.3. Requerimientos Industriales

10.3.1. Requerimientos de uso

- Practicidad: El sistema se encargará de generar diferentes tipos de notificaciones al usuario cuando sea tiempo de inicio de lavado, consumos de agua suministrada, pausa de suministro de agua. Estas deben tener en cuenta que los usuarios que tendrán directamente interacción con el sistema son el dueño, supervisor, el operario tendrá una interacción, pero sin utilizar la aplicación, por lo tanto, se tendrán dos usuarios, el cual uno tendrá el 100% (el dueño) de acceso y el otro tendrá el 70% lo necesario para el inicio, pausa y registros en el sistema.
- Conveniencia: EL sistema brindará a través del sistema toda la información concerniente al estado y de cada uno de los procesos efectuados que se presenten para el lavado de los vehículos.
- Seguridad: El sistema posee con un bloqueo que solo el administrador y el dueño puedan acceder, registrar, actualizar y realizar mantenimiento al sistema. En caso de que se intente más de tres veces abrir sin la clave del usuario, ya sea por el usuario u otra persona se emitirá una alerta al dueño o administrador. Por lo tanto, el sistema se mantiene intacto de intentos de intentos de manipulación de sus partes (historiales y/o procesos).
- Mantenimiento: El sistema debe ser de fácil acceso para el administrador y poder realizar mantenimiento preventivo y/o correctivo, mínimo dos veces al año. Además, el sistema cuenta con un manual para el administrador y para el usuario.
- Reparación: El sistema cuenta con un manual para el administrador con los problemas más frecuentes e indicando sus soluciones. En caso de que algún problema no se encuentre en el manual se debe pedir asistencia técnica. Los componentes deben ser fáciles de extraer y poner, en caso de cambio por daño.

- Percepción: Los componentes deben estar de una manera en que sean fáciles de visualizar, de cambiar y conectar.

10.3.3 Requerimientos de función

- Mecanismos: El sistema contará con mecanismos para modificar el suministro de agua. Cuando sea el momento de inicio del sistema y el usuario se registre u oprima el botón, la dosis se dispensará a través de un mecanismo que empujara la dosis fuera del sistema al usuario, la válvula dejará el paso de agua hacia la hidro lavadora para ser enviada a una presión de 1500 psi hacia el vehículo.
- Confiabilidad: Cuando el nivel de agua almacenada en los tanques esté por debajo de 200 litros, el sistema enviará una alerta al administrador para que realice la respectiva revisión.
- Versatilidad: El sistema podrá controlar el suministro de agua para cada vehículo seleccionado.
- Resistencia: El sistema debe contar con materiales para ser resistente al agua, polvo y sólidos con la que llega el agua lluvia. Para que la vida útil sea lo más extensa posible.

10.3.4. Requerimientos de producción

- Número de componentes: El sistema cuenta con electroválvulas, sensor de nivel, hidro lavadora, tanques de almacenamientos, computador, sensor de presión, filtros, manguera flexible.
- Unión: Las uniones deben permitir el fácil armado y desarmado de/entre los componentes con la hidro lavadora y el sistema y entre ellos. Deben estar debidamente marcados para que sea fácil e intuitivo.
- Estructura: El sistema se organizará de una manera que la conexión entre componentes sea de manera fácil para conectar/desconectar y ubicar su posición para que no se presenten problemas por humedad.
- Estandarización: El sistema será modular para permitir cambiar componentes en caso de fallas sin necesidad de desarmar o cambiar el sistema en su totalidad.
- Materias primas: Los materiales de la carcasa del sistema deben ser resistentes al agua, polvo y humedad.

- Norma: El sistema contará con toda la normatividad de los entes de control nacionales como la secretaría de medio ambiente e internacionales. Para garantizar que el proceso de suministro de agua sea el adecuado y cumpliendo el proceso de filtración.

10.3.5. Requerimientos Estéticos

- Estilo: El sistema debe contar con una apariencia amigable, de uso fácil e intuitivo para el supervisor tanto para el operario, dueño y administrador. Donde sea fácil de visualizar el área de suministro de agua con todo el sistema de control, las notificaciones (especialmente de alarmas) y los componentes relevantes.
- Unidad: El sistema internamente debe organizarse una conexión fácil entre componentes. Algunos elementos pueden repetirse.
- Intereses: El sistema cuenta con elementos visuales y auditivos para los usuarios que constan de (pantallas de alerta y alarmas de información) para las notificaciones y una pantalla de advertencia para estar al tanto de cualquier evento que se presente.
- Equilibrio: El sistema debe contar con una tonalidad de colores que evidencie fácilmente el sistema de suministro de agua.

10.3.6. Requerimientos de identificación

- Impresión: La presentación del sistema puede cambiar dependiendo la distribución del sistema, el cual quedará estático.
- Ubicación: La posición del sistema quedará cerca del lugar de lavado.
- Información: El sistema será identificado en primera instancia por el lugar que le fue asignado por el administrador y el usuario.

10.4. Materiales, procesos y normativas

10.4.1. Materiales

EL material se considera dependiendo del elemento, los cuales pueden variar en elementos electrónicos, electromecánicos, mecánicos e hidráulicos. A continuación, se presentan 3 alternativas de tuberías de estos dichos elementos.

10.4.1.1. Alternativa 1: Sistema con tubería en galvanizado

Es una tubería que fabricada en fundición de hierro/acero de bajo contenido en carbono, es fácil de soldar, El gran inconveniente del acero es su baja resistencia a la corrosión, pues al contacto con el aire y la humedad se oxida fácilmente y puede llegar a destruirse por completo. Así pues, las tuberías de acero necesitan una protección superficial, que suele ser el galvanizado.

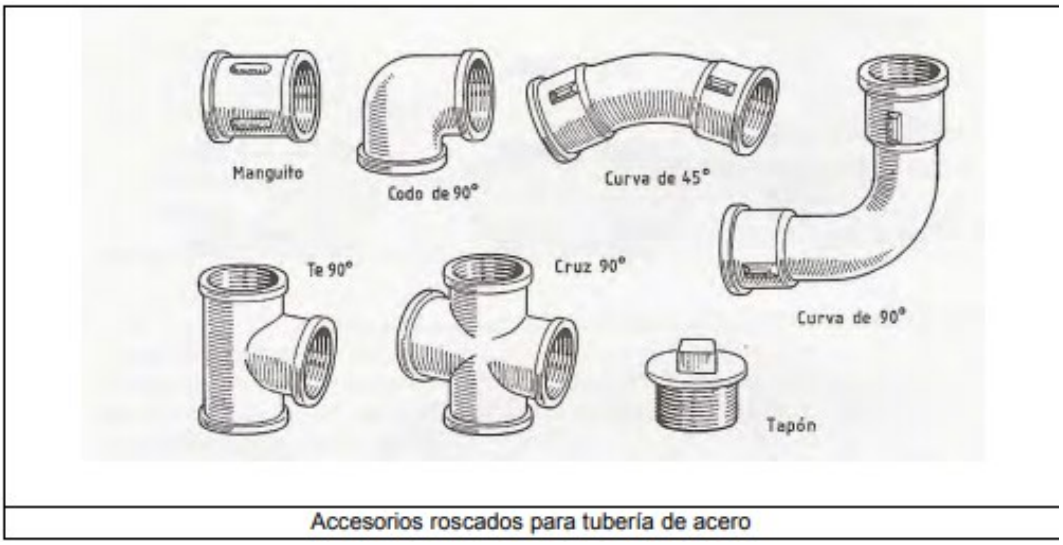


Ilustración 40. Aspectos de tubería galvanizada

Propiedades

De todos los materiales empleados en conducciones de fluidos, es el que tiene un punto de fusión más alto (1.540 ºC) y muy superior al resto, característica que lo hace insustituible en instalaciones contra incendios y en todas aquellas donde exista un riesgo potencial de incendio o explosión (aparcamientos, sótanos donde puedan almacenarse.

Tabla 12. Características de tubería galvanizada

Características	Tipo de material: acero galvanizado
Resistencia a la tracción (Kgf/cm²)	5.000
Alargamiento (%)	22
Dureza HB	140
Presión máxima admisible (bar)	258
Coeficiente de dilatación x 10^{-6} (ºC^{-1})	11,6
Punto de fusión (ºC)	1.540
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95ºC
Presión máxima de trabajo en continuo	20 bar

10.4.1.2 Alternativa 2: Sistema con tubería en Acero Inoxidable

Este tipo de tubería está constituida por una aleación de hierro con un porcentaje mínimo de cromo (+/–) 10%. El cromo aporta a la aleación la cualidad de resistencia a la corrosión, ya que, al combinarse con el oxígeno ambiental, protege la tubería, cubriéndose de una fina película de óxido de cromo.

PROPIEDADES: Es uno de los materiales metálicos con mayor número de aplicaciones tanto en el sector doméstico, como industrial. Puede instalarse también en los tramos correspondientes a la red de rociadores en instalación de extinción de incendios, por su alta resistencia a la temperatura, ya que está oficialmente clasificada como no combustible.

Tabla 13. Características de tubería Inoxidable

Características	Tipo de material: acero inoxidable
Resistencia a la tracción (Kgf/mm^2)	76,7
Alargamiento (%)	48,2
Dureza HB	190
Presión máxima admisible (bar)	100 aprox.
Coeficiente de dilatación x 10^{-5} (ºC^{-1})	1,73
Punto de fusión (ºC)	1400
Temperatura máxima de trabajo en continuo	95ºC
Presión nominal de trabajo en continuo	16 bar

10.4.1.3 Alternativa 3: Sistema con tubería en PVC

(Si bien es cierto que el PVC tiene más extendido su uso en evacuación y saneamiento, también se emplea en determinadas redes interiores como son las de depuración, piscinas o fluidos de proceso. En estos casos se suele emplear el llamado PVC Presión, el cual dispone de características mecánicas superiores al de evacuación).[11]

Ilustración 41. Tipos de tubería PVC [11]

DIMENSIONADO DE LA TUBERÍA DE PVC

Diámetro nominal exterior	Presiones nominales en kg/cm² *			
	4	6	10	15
	Espesores de los tubos en milímetros			
10	—	—	—	1,0
12	—	—	—	1,0
16	—	—	—	1,2
20	—	—	—	1,5
25	—	—	1,5	1,9
32	—	—	1,8	2,4
40	—	1,8	2,0	3,0
50	—	1,8	2,4	3,7
63	1,8	1,9	3,0	4,7
75	1,8	2,2	3,6	5,6
90	1,8	2,7	4,3	6,7
110	2,2	3,2	5,3	8,2
125	2,5	3,7	6,0	9,3
140	2,8	4,1	6,7	10,4
160	3,2	4,7	7,7	11,9
180	3,6	5,3	8,6	13,4
200	4,0	5,9	9,6	14,8
225	4,5	6,6	10,8	16,8
250	4,9	7,3	11,9	18,5
280	5,5	8,2	13,4	20,8
315	6,2	9,2	15,0	23,4
355	7,0	10,4	16,9	26,3
400	7,9	11,7	19,1	29,7
450	8,8	13,1	21,5	33,4
500	9,8	14,6	23,9	37,1
560	11,0	16,3	26,7	41,5
630	12,4	18,4	30,0	46,7

Ilustración 42. Diámetros tubería PVC

10.4.2 Procesos

10.4.2.1 Alternativa 1: Plataforma de Control SoftPLC

La plataforma genera y ejecuta en todas sus etapas que propendan la creación de soluciones basadas en tecnología emergente de alta calidad con aplicación en la solución de problemas técnicos y de carácter práctico a nivel nacional e internacional. Principalmente su funcionalidad de administrar procesos mediante el control automatizado.

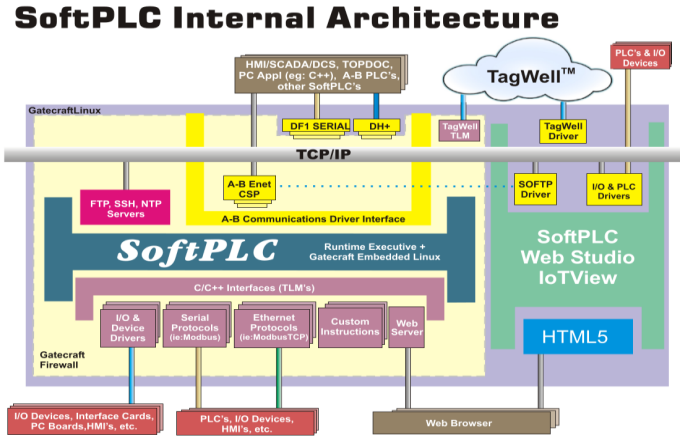


Ilustración 43. Internal Architecture.

Características

- Sistema SoftPLC.
  - QNX
  - Linux
- RTU para gas.
- Computador de flujo para líquido y gas.
- Plataforma PAC (Process Automation Control)
- Diseño de sistemas críticamente seguros (Estándar IEC 61508)

10.4.2.2 Alternativa 2: Plataforma de Control ALFA

La solución digital omnicanal ofrece los últimos conceptos como autoservicio, integración de clientes y movilidad, así como la funcionalidad tradicional de punto de venta, en múltiples dispositivos.

A través de una metodología de "pensamiento de diseño" en colaboración, lo ayudaremos a desarrollar e implementar una estrategia digital efectiva, asegurándonos de que su transformación digital sea fluida.

Ilustración 44. Software ALFA.

Características

- Comprende tu visión digital, requisitos únicos y puntos de dolor
- Explore las opciones disponibles en Alfa Systems para lograr la solución que desea, a través de prototipos continuos
- Materialice una plataforma finamente ajustada y adaptada, e intégralo en su propuesta.

10.4.2.3 Alternativa 3: Creación de control con Raspberry

Con esta placa se generará la creación del PLC para el control de tiempos y mediciones generados por los sensores utilizados donde serán visualizados en un monitor y digitalizados por teclado.

Ilustración 45. Raspberry PI3.

Características

Hasta ahora, la principal limitación del microordenador era la conectividad inalámbrica. Por suerte, con la llegada del Raspberry Pi 3 en 2016 esto cambia. Esta nueva versión del microordenador mantiene 1 GB de memoria RAM, pero utiliza una revisión del procesador al BCM2837 ARMv8, igualmente de 4 núcleos, pero que funciona a 1.2 Ghz. Esta versión es la primera en utilizar instrucciones de 64 bits.

Además, la mayor novedad de esta versión es que finalmente incluyó Wi-Fi y Bluetooth 4.1 de base, sin necesidad de adaptadores, ampliando los horizontes de su usabilidad mucho más allá.

10.5. Modelos Bidimensionales

10.5.1. Bocetos

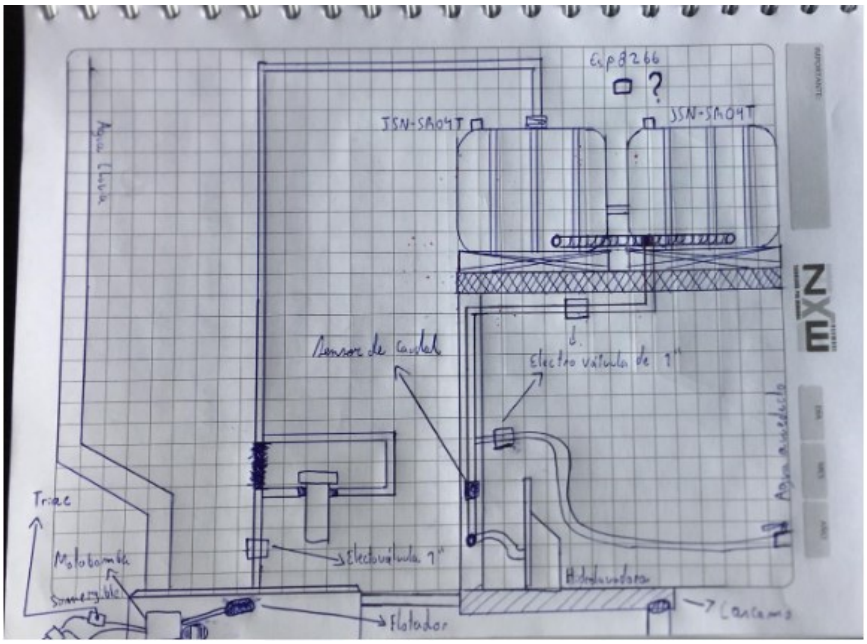


Ilustración 46. Boceto sistema

En este boceto se puede evidencia completamente el Sistema de suministro de agua Lluvia con cada uno de sus componentes principalmente contando el Sistema de control de agua en el tanque transitorio.

Tanque transitorio

Ilustración 47. Motobomba sumergible

Bomba Sumergible Para Agua Sucia 1 Hp Toolcraft

Bomba sumergible para agua sucia • Voltaje: 120V • Frecuencia: 60Hz • Potencia: 1 HP • Altura máxima: 11 metros. • Profundidad máxima: 8 metros. • Flujo máximo: 12,500 L / hr. Tamaño: (L x P x A cm) 34 x 22 x 16 Incluye flotador conector plástico de salida con adaptador para manguera de 1' 1.1/4' 1.3/8' y 13/16' permite el paso de partículas de hasta

35 mm velocidad 2800 rpm Ciclo de trabajo 3 horas de trabajo por 15 m de descanso máximo uso diario 18 horas Cable de alimentación: 10 m Marca: Toolcraft

Tamaño: (L x P x A cm) 34 x 22 x 16
-Alto (cm) 34
Ancho (cm) 22
Largo (cm) 16
Marca ToolCraft
Potencia (Hp) 1
Voltaje (V) 120
Frecuencia (Hz) 60

TANQUE TRANSITORIO

Ilustración 48. proceso de adecuación tanque

Ilustración 49. finalización tanque transitorio

En estas imágenes se puede observar la instalación y finalización del tanque transitorio con almacenamiento de 500 litros de agua donde se encuentra colocada en su interior una motobomba sumergible con flotador para suministrar el agua lluvia hacia los dos tanques de almacenamiento que se encuentra aproximadamente a 5 metros de distancia.

PLANCHA PARA TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Ilustración 50. Fabricación base tanques de almacenamiento

Ilustración 51. adecuación tanques de almacenamiento

En estas imágenes se puede observar la finalización de la planta donde irán colocados los dos tanques de almacenamiento que suministrarán el agua hacia la hidro lavadora de forma positiva por la gravedad, pasando por un sensor de caudal donde serán registrado los datos de medición en la plataforma de operación.

CONFIGURACIÓN SOFTWARE

Ilustración 52. Desarrollo software

En el desarrollo del Subsistema bloque A se evidencia como se comienza a construir el pozo para colocar el tanque transitorio para la filtración de las aguas lluvias para ser suministrado a los tanques de almacenamiento.

Ilustración 53. Proceso direccionamiento agua lluvia

En esta imagen se evidencia el Subsistema Bloque C la construcción de la plancha para el montaje de los tanques de almacenamiento, los cuales suministran el agua ya filtrada hacia la hidro lavadora donde comienza el proceso de lavado.

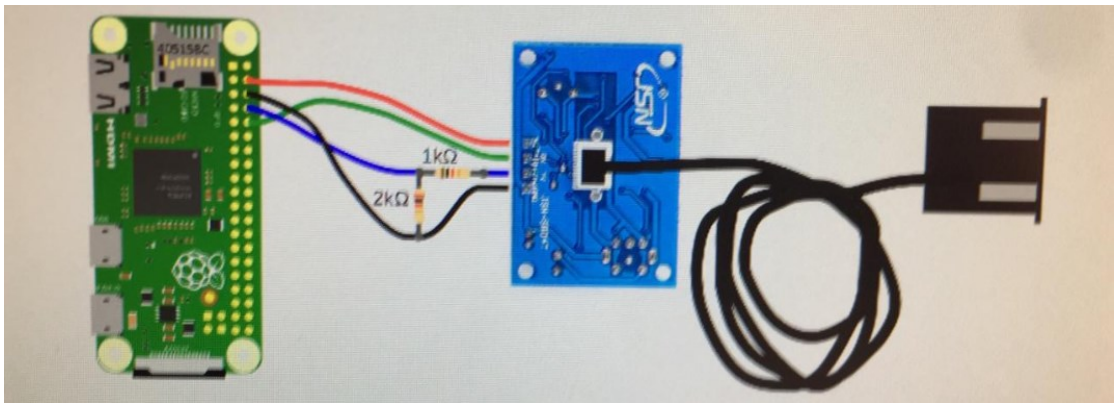


Ilustración 54. Esquemático HARDWARE

RESULTADO DE SISTEMA DE AGUA LLUVIA

En este video podrán observar la finalización y explicación de sistema de suministro de agua lluvia

https://drive.google.com/drive/folders/1f0pQpOdhFB2r6BpZqHj6fPuJ_EQ2sXfQ?usp=sharing

Cronograma

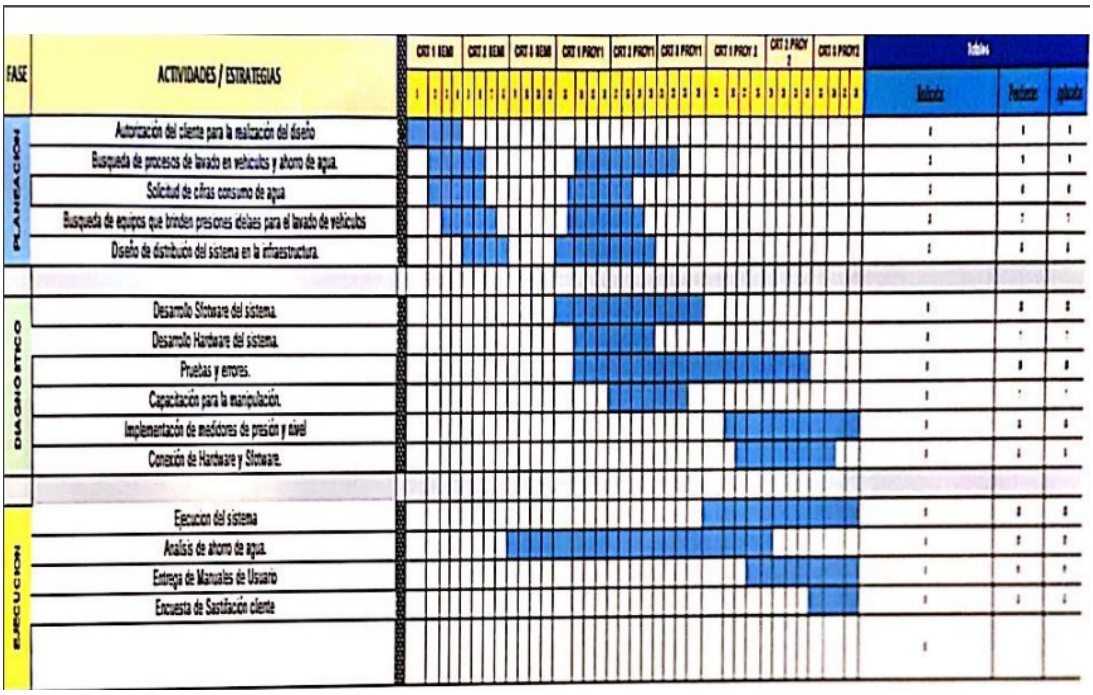


Ilustración 55. Cronograma

11. IMPLEMENTACIÓN

11.1 Implementación de subsistemas

Ilustración 56. Infraestructura tanque transitorio

En el desarrollo del Subsistema bloque A se evidencia como se comienza a construir el pozo para colocar el tanque transitorio para la filtración de las aguas lluvias para ser suministrado a los tanques de almacenamiento.

Este subsistema está conformado por un tanque de mil litros, una motobomba sumergible, un flotador para activar la motobomba y un relé para cortar el suministro de energía de la motobomba cuando los tanques de almacenamiento se encuentren llenos.

El módulo relé utilizado en este subsistema tiene un voltaje de activación de 3.3v y corriente de 15 a 20mA, gracias al aislamiento óptico que tiene este módulo, es posible aislar hasta 5000v entre la señal de control y la carga

Para cortar el suministro de energía de lo motobomba, lo que se hizo fue interrumpir la fase de la señal de 120v AC que viene de una toma eléctrica del concesionario gracias al módulo relé, debido a que la motobomba adquirida para este subsistema es diseñada en Estados Unidos y según las convenciones de colores para tensión AC en este país, la fase es representada por el cable negro, por lo tanto la interrupción se realizó en el cable negro con un módulo relé como se mencionó anteriormente, si los sensores de nivel de los tanques de almacenamiento detectan que no se encuentran llenos, se manda una señal digital (3.3V) al relé para que permita el paso de energía , esta señal es generada por la unidad de control(raspberry PI 3 modelo b).

Una vez la motobomba se activa gracias a su flotador y a la señal digital producida por la raspberry, el agua pasa por medio de un filtro de partículas de polipropileno, el cual se puede apreciar en la siguiente imagen:

Ilustración 57. Filtro de partículas e interrupción de la fase gracias al módulo relé.

Luego de que el agua es filtrada por el subsistema B, esta se almacena en el subsistema C, el cual está compuesto por dos tanques de almacenamiento de 1000 litros cada uno y dos sensores de nivel de ultrasonido.

Ilustración 58. Sensor Ultrasonido

En esta imagen se evidencia instalación del sensor de nivel de ultrasonido el cual va a determinar cuántos litros hay en los tanques de almacenamiento.

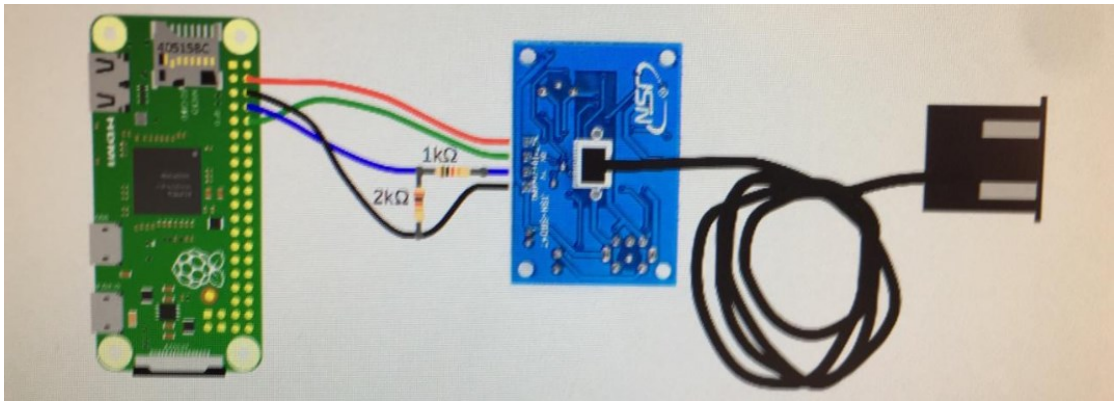


Ilustración 59. Esquemáticos sensores de ultrasonido JSN-SR04T.

Esquemático de los sensores de nivel del bloque B para el control de suministro de agua evidenciando los niveles de agua en los tanques.

El sensor de ultrasonido que se puede apreciar en la anterior imagen emite una señal la cual vuelve al emisor una vez detecta la superficie del agua del tanque de almacenamiento. La señal es transmitida y recibida por medio de los pines TX y RX del módulo para ser enviada a la raspberry y luego ser procesada por el programa de control desarrollado en el lenguaje Python, este programa calcula la distancia con el tiempo que tarda la señal emitida el volver al sensor, entre más se demore la señal en volver al emisor, la distancia será mayor.

Ilustración 60. Infraestructura lavadero

En esta imagen se evidencia la construcción del Subsistema Bloque C, está conformada por una plancha para el montaje de los tanques de almacenamiento, los cuales suministran el agua ya filtrada hacia la hidro lavadora donde comienza el proceso de lavado.

En este punto de del proceso, los tanques de almacenamiento de agua lluvia están llenos o parcialmente llenos, por lo tanto, es posible poner en funcionamiento el subsistema D, el cual se encarga de proporcionar el suministro de agua hacia la hidro lavadora. Este subsistema está compuesto por una electroválvula CEPEX con accionamiento por un motor que funciona a 24V AC, un sensor de caudal de una pulgada para saber en tiempo real el consumo de agua del vehículo que se encuentre en el proceso de lavado, un relé para permitir el flujo de energía de la fase para que se active el motor de la electroválvula y un transformador de 110V a 24v para poder cambiar de estado la electroválvula.

Ilustración 61. Sensor de caudal

Imagen del subsistema D, el cual está compuesto por una electroválvula de 24v AC de una pulgada y un sensor de caudal de una pulgada.

El subsistema D entra en funcionamiento una vez se dé inicio al proceso de lavado por medio del programa se control que se encuentra en la raspberry, este se puede apreciar en la siguiente imagen:

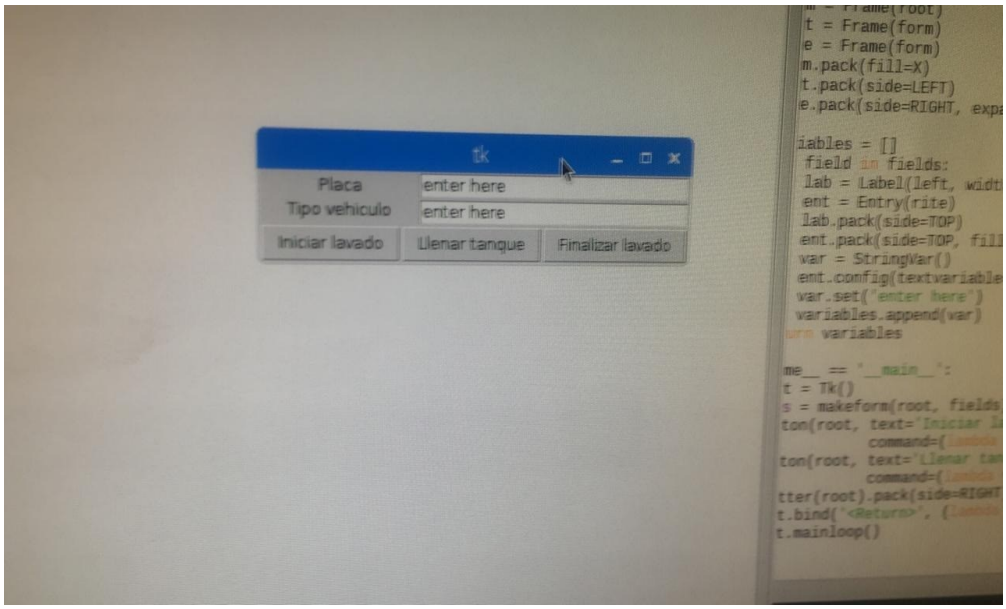


Ilustración 62. Interfaz Programa

Interfaz gráfica del sistema, en donde se puede iniciar el lavado, llenar los tanques de almacenamiento y finalizar el lavado.

La interfaz gráfica del programa de control está conformada por dos parámetros de entrada los cuales son la placa del vehículo a lavar y el tipo de vehículo para poder determinar cuánta agua se le suministrará al lavado. Además de los parámetros de entrada, el sistema tiene dos botones, uno para dar inicio al proceso de lavado y otro para finalizar el proceso de lavado.

Cuando se da clic en el botón "Iniciar lavado", se realiza un insert en la tabla VEHICULOS LAVADOS, con la información del vehículo que se desea lavar, luego de esto, la raspberry envía una señal digital alta (3.3v) al relé que se encarga de activar la electroválvula de 24V AC para que permita el paso de agua hacia la hidro lavadora. durante todo el proceso de lavado, el sensor de caudal captura los litros consumidos y estos se actualizan en la tabla de VEHÍCULOS LAVADOS, una vez se llegue a la cantidad total de litros a utilizar por tipo de vehículo, el programa le pregunta al usuario si desea utilizar un 20% más de agua para finalizar el lavado, en caso de que ya se haya finalizado el lavado, se da clic en el botón de finalizar lavado y se corta el suministro de energía a la electroválvula por medio de un señal digital baja, generada por la raspberry y transmitida al relé.

Ilustración 63. Lugar de control de sistema

En esta imagen se evidencia el lugar donde se montó en control de software del sistema, el cual queda en un segundo piso alejado a 3 metros del sistema de lavado.

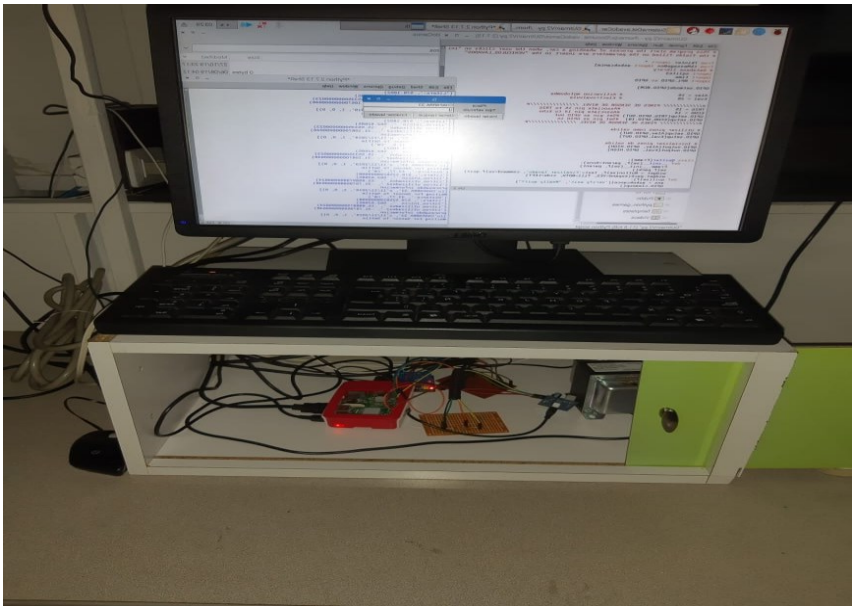


Ilustración 64. Instalación Raspberry

Unidad central de control con sus respectivas entradas y salidas utilizadas, relés que intervienen en el proceso, alimentación de componentes. Los cables utilizados en los componentes son encauchetados con el fin de evitar que se introduzca ruido y las mediciones de los sensores sean alteradas, además garantiza que la humedad generada por el proceso de lavado no dañe los cables y así evitar cortos.

11.2 Integración del sistema

Para la implementación del sistema, lo primero que se hizo fue determinar la ubicación física de cada uno de los sensores y actuadores que hacen parte de la solución diseñada, luego de esto, se procedió a realizar toda la obra civil necesaria para instalar cada uno de los subsistemas. Una vez todos los componentes electrónicos estaban en el lugar al que pertenecen, se hizo el cableado de estos gracias a un cable encauchetado de tres hilos para comunicar los sensores y actuadores con la unidad central de proceso, la cual es una raspberry PI. Toda la información capturada por los sensores fue almacenada en una base de datos SQL LITE 3, la cual se encuentra instalada en la raspberry.

El sistema es orquestado por un programa desarrollado en Python, el cual consulta la información almacenada en la base de datos y alimentada por los sensores de nivel y caudal, una vez se da inicio al proceso de lavado, se cambia el estado de la electroválvula de 24v AC gracias a un módulo relé y un transformador de 120v AC a 24v AC, también empieza a funcionar el sensor de caudal el cual se alimenta con 5v y retorna una señal cada vez que la turbina que tiene en su interior gira.

Ilustración 65. Instalación Caja monitoreo

Ilustración 66. Adecuación Raspberry pi3

Ilustración 67. Montaje electrónico de unidad central de proceso raspberry con todas sus conexiones a sensores, actuadores y periféricos.

TANQUE TRANSITORIO

Ilustración 68. proceso de adecuación tanque

Ilustración 69. finalización tanque transitorio

En estas imágenes se puede observar la instalación y finalización del tanque transitorio con almacenamiento de 500 litros de agua donde se encuentra colocada en su interior una motobomba sumergible con flotador para suministrar el agua lluvia hacia los dos tanques de almacenamiento que se encuentra aproximadamente a 5 metros de distancia.

MOTOBOMBA SUMERGIBLE CON FLOTADOR

Ilustración 70. Montaje de motobomba y flotador que se encuentra en el tanque de almacenamiento transitorio.

Ilustración 71. Conexión de motobomba y control de suministro de energía por medio de módulo relé

Ilustración 72. Montaje completo del sistema en donde se encuentran sensores y actuadores electrónicos.

12. PRUEBAS

12.1. Pruebas de componentes

El primer componente que se probó fue el sensor de ultrasonido JSN-SR04T el cual determina la cantidad de agua que se encuentra en los tanques de almacenamiento, estas pruebas se realizaron en un montaje hecho en una protoboard, dando como resultado la distancia que mide el sensor.

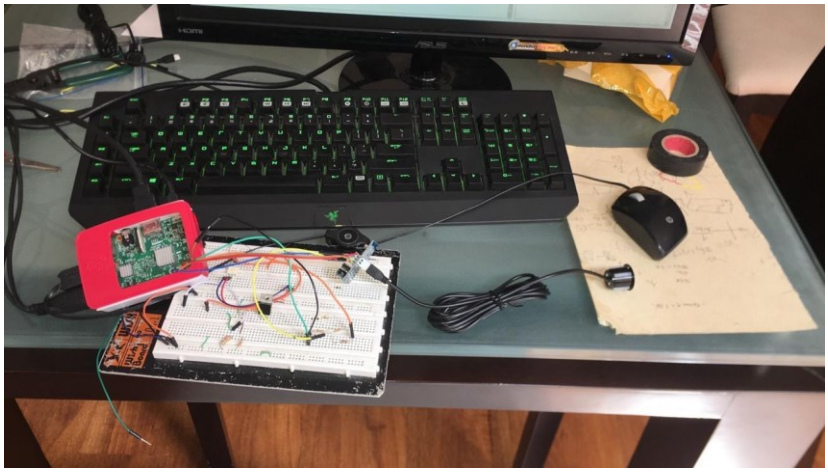


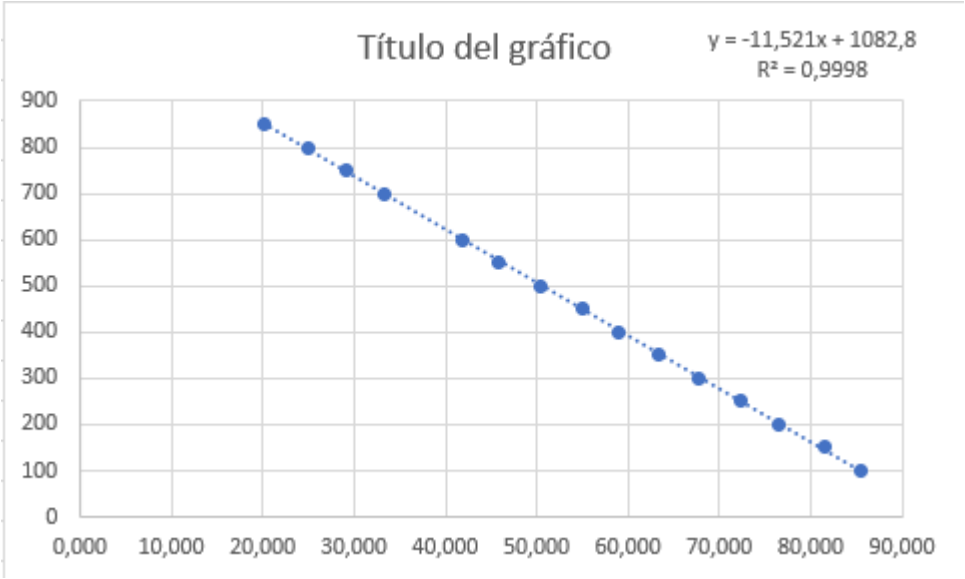
Ilustración 73. Montaje de prueba de sensor JSN-SR04T.

Debido que se necesita que la información del nivel de los tanques esté representada en litros, fue necesario linealizar el sensor, esto fue posible gracias a la captura de 15 datos de diferentes distancias relacionadas con una cantidad específica de litros de agua y a partir de esta información, se calculó una ecuación lineal, la cual dio como resultado una constante por la que se deben multiplicar los centímetros capturados por el sensor y otra constante que se le suma al resultado de la multiplicación.

Tabla 14. Datos capturados por el sensor de nivel de la relación entre centímetros y litros

Litros	Centimetros
100	85,530
150	81,600
200	76,400
250	72,270
300	67,640
350	63,300
400	58,980
450	55,000
500	50,500
550	45,900
600	41,900
700	33,300
750	29,200
800	24,900
850	20,050

Tabla 15. De la relación litros vs centímetros y ecuación lineal calculada a partir de los datos capturados.



Luego de probar el sensor de nivel, se procedió a realizar el respectivo set de pruebas de la electroválvula Cepex de una pulgada de diámetro y un motor de 24v AC que permite el paso de agua. Para cambiar el estado de este componente, fue necesaria la adquisición de un transformador de 120v AC a 24v AC.

Ilustración 74. Evidencia de pruebas de transformador de 120v AC a 24v AC

Al realizar la medición del voltaje de salida del transformador, se evidenció que fue de 24.5v AC y con una corriente de salida de 4 amperios cuando se activa la electroválvula.

Debido a que el proceso de activación de la motobomba y electroválvula es por medio de módulos relé, fue necesario probarlos individualmente enviándoles una señal de 3.3v por medio de los GPIO de la raspberry y una corriente de 15 a 20mA.

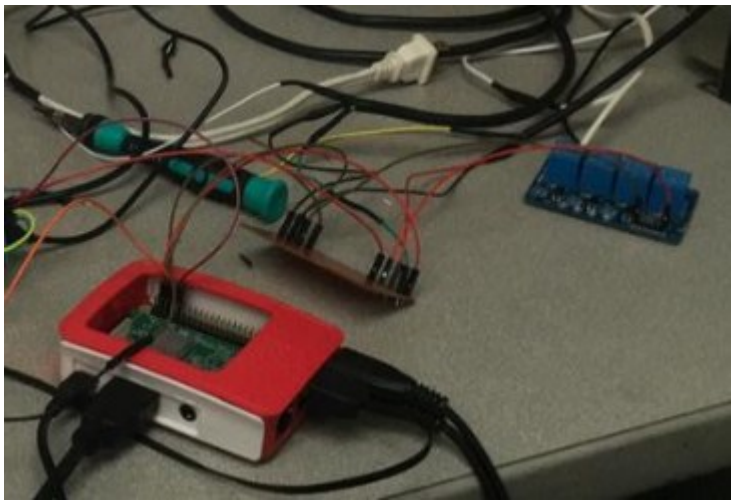


Ilustración 75. Evidencia de pruebas de módulos relé con una señal digital de 3.3v y 16mA.

Se probó la motobomba sumergible durante tres horas en su puesta en marcha con agua lluvia la cual funcionó correctamente.

Se brindó un transcurso de tiempo de 24 horas para verificar si la motobomba sin supervisión de personal estuviese funcionando adecuadamente lo cual las cámaras de seguridad evidencian en llenado de los tanques de almacenamiento.

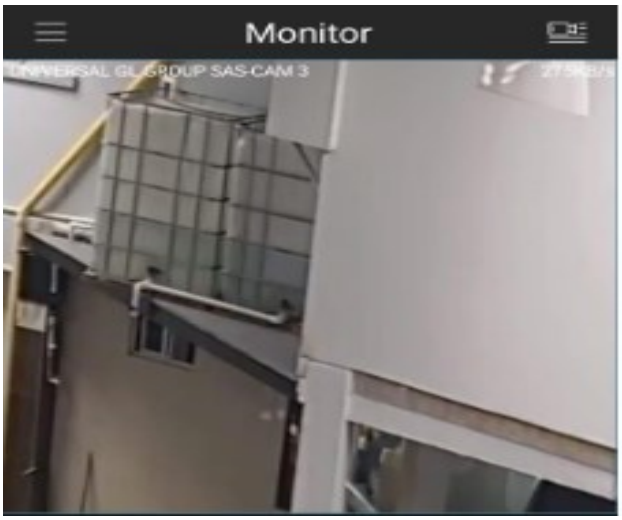


Ilustración 76. Monitoreo de llenado de tanques

Se probó la hidro-lavadora, generó una presión entre el rango de 1498 a 1501 psi, cumpliendo así con los requerimientos establecidos en la fase de diseño.

Finalmente se hicieron pruebas del sensor de caudal, este componente se alimenta con 5v y devuelve por medio de un cable el resultado medido, internamente tiene un rotor en el que sus aspas tienen imanes, todo esto se encuentra en una cámara que está completamente aislada para que el sensor de efecto hall que tiene el dispositivo no se dañe con el fluido que pasa a través de la cámara. El sensor de efecto hall que tiene el dispositivo,

detecta el cambio magnético producido por los imanes de las aspas gracias al movimiento del rotor, de esta forma se envían pulsos hacia la raspberry para que el programa de control determine la cantidad de agua utilizada, esto se hace calculando la frecuencia de pulsos por segundo y dividiendo por el factor de conversión que el fabricante del dispositivo nos da, luego de esto, se divide entre 60 segundos el valor calculado anteriormente y después se multiplica por la variación de tiempo entre pulsos.

12.2. Pruebas de subsistemas

Luego de haber probado individualmente cada uno de los sensores y actuadores, se ubicaron cada uno de ellos en el subsistema al que pertenecen con el fin de probar su comportamiento en conjunto.

El subsistema A, está compuesto por la hidro lavadora sumergible con flotador, un tanque transitorio de 1000 litros y un módulo relé que se activa con una señal digital de 3.3v, las pruebas de este subsistema fueron exitosas ya que la motobomba se activa cuando se envía una señal de 3.3v al módulo relé.

Ilustración 77. Evidencia de funcionamiento del subsistema A el cual está compuesto por un tanque transitorio, una motobomba sumergible con flotador y un módulo relé para permitir o no el suministro de energía.

El subsistema B, el cual se encarga del filtrado de partículas sólidas que tiene el agua lluvia, funcionó correctamente ya que en el agua que llega el subsistema C queda limpia. El

subsistema C, que se encarga del almacenamiento del agua lluvia y lleva el control de la cantidad de agua que se encuentran en los tanques, fue capaz de almacenar 1700 litros ya que los sensores de ultrasonido tienen un a distancia de medición mínima de 20cm, esta distancia, transformada a litros son 850 en cada tanque.

Ilustración 78. Subsistema C compuesto por dos tanques de almacenamiento de mil litros cada uno y dos sensores de ultrasonido.

Finalmente se realizaron pruebas del subsistema D, el cual está compuesto por una electroválvula de una pulgada con accionamiento con un motor de 24v AC, un sensor de caudal de una pulgada y una hidro lavadora, el subsistema funcionó correctamente y una vez se da inicio al proceso de lavado, la electroválvula cambia de estado y el sensor de caudal calcula los litros consumidos en el lavado del vehículo.

Ilustración 79. Subsistema D, compuesto por una electroválvula de una pulgada, un sensor de caudal de una pulgada y una hidro lavadora.

13. AJUSTES

Se realizaron algunos ajustes en el proyecto uno de esos fue que el sistema ya no se maneja para solamente en el concesionario si no que se podrá utilizar en diferentes lugares que utilizan el proceso de lavado de vehículos los cuales serán diferentes dependiendo el lugar y procesos a realizar.

Oreo ajuste que se realizó fue utilizar un sensor de caudal para verificar la tubería se encontrará cebada para el proceso de lavado sin que vaya a afectar la hidro lavadora con este se puede analizar el cambio consecutivo de agua que se va suministrando hacia la hidro lavadora sin que se encuentren bolsas de aire.

Se compro un monitor y teclado ya que el que se encontraba no podía ser utilizado para la aplicación de control de suministro e inicio de proceso

Unas de los principales ajustes que se utilizaron en la construcción del sistema son las siguientes:

TANQUE TRANSITORIO

Ilustración 80. Compuerta Tanque Transitorio

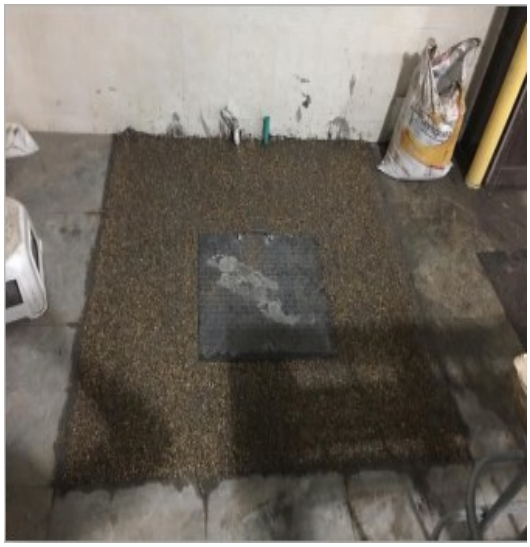


Ilustración 81. Instalación tanque transitorio.

El tanque se construyó para controlar el suministro de agua dependiendo la cantidad de agua suministrada en los tanques de almacenamiento.

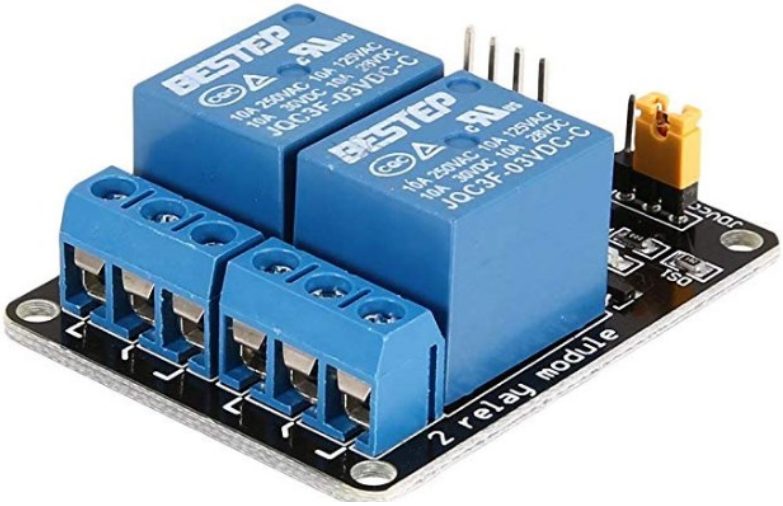


Ilustración 82. Ilustración relé

Se implementó un módulo de relé Tarjeta de interfaz Optoacoplador de disparo de bajo nivel, Interruptor de control remoto de casa inteligente de Ballylelly, cual se utilizó para Unidad central de control con sus respectivas entradas y salidas utilizadas, relés que intervienen en el proceso de alimentación de componentes. Los cables utilizados en los componentes son encauchetados con el fin de evitar que se introduzca ruido y las mediciones de los sensores sean alteradas, además garantiza que la humedad generada por el proceso de lavado no dañe los cables y así evitar cortos.

características:

- Este es un módulo de relé de 3V y 2 canales con aislamiento de optoacoplador.

- 1 módulo de salida de relé, carga máxima AC 250A 10A, DC 30V 10A.

- VCC, entrada de alimentación GND, puede suministrar por separado la entrada de alimentación de relé JD-VCC.

- Gatillo de bajo nivel, rendimiento estable.

- Ampliamente utilizado en control SCM, control PLC, control inteligente en el hogar, industria, etc.

Descripción:

El módulo de relé de 3.3v y 16mA de activación de 2 canales, está equipado con aislamiento de optoacoplador, carga máxima AC 250A 10A, DC 30V 10A, admite todo el control SCM, ampliamente utilizado en control PLC, control inteligente doméstico, industrial, etc.

Bomba Sumergible Para Agua Sucia 1 Hp Toolcraft

Ilustración 83. Motobomba sumergible

Esta motobomba garantía el suministro y tratamiento del agua lluvia que se encuentra en el tanque transitorio hacia los tanques de almacenamiento la cual cuenta con su propio flotador para la medición del llenado del tanque.

14. PRUEBAS DEL SISTEMA

Gracias a las pruebas de componentes y subsistemas, fue posible hacer pruebas del funcionamiento completo del sistema, el proceso empieza cuando se le da inicio al lavado del vehículo por medio del programa de control desarrollado en Python, la interfaz gráfica es la siguiente:

Ilustración 84. Pruebas de la interfaz gráfica del sistema

la cual está compuesta por dos parámetros de entrada, uno para la placa del vehículo y otro para el tipo de vehículo. También tiene tres botones, uno para iniciar el lavado, otro para llenar los tanques de almacenamiento

Una vez se dio inicio al proceso de lavado, se evidenció que la electroválvula y el sensor de caudal empezaron a operar según lo esperado, en la siguiente imagen se puede apreciar la captura de datos del sensor de caudal, la medición de la cantidad de agua con la que iniciaron los tanques y la actualización la base de datos SQL LITE 3 con la cantidad de litros, placa y tipo de vehículo que se está lavando.

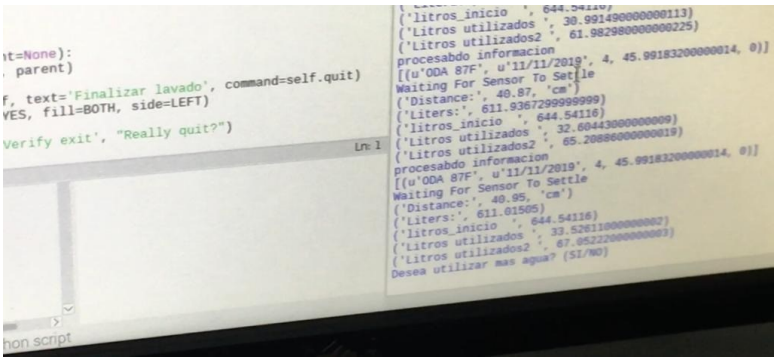


Ilustración 85. Evidencias de funcionamiento del sistema en donde los actuadores y sensores funcionan según lo esperado y se actualiza la base de datos con la información capturada.

Además, en la anterior imagen se evidencia que cuando el sistema ha utilizado toda el agua que se tiene disponible para ese tipo de vehículo, el programa le pregunta al usuario si desea utilizar más agua o si por el contrario desea finalizar el lavado.

También se realizaron las respectivas pruebas del llenado automático de los tanques de almacenamiento cuando estos no están completamente llenos el tanque transitorio tiene la suficiente agua para activar la motobomba.

Ilustración 86. Evidencia de funcionamiento de llenado automático de tanques de almacenamiento con agua proveniente del tanque transitorio de mil litros.

Se hicieron pruebas de todos los subsistemas donde se encuentra el sistema operando adecuadamente mediante los protocolos que se registren en el software y se dé inicio, se evidencia cómo el sistema con el llenado del tanque transitorio envía el agua hacia los tanques de almacenamiento por que se encuentran por debajo de los 200 litros de llenado.

15. MANUALES

15.1. Manual de Usuario

El manual de usuario se encuentra en los anexos en el capítulo 20.1

16. RESULTADOS

El sistema cumplió con los objetivos y requerimientos planteados, cada uno de los subsistemas ejecutó sus funciones a cabalidad, a continuación, se podrá ver detalladamente y con evidencia el funcionamiento del sistema y sus componentes.

Ilustración 87. Conexión sensores de nivel.

Imagen de la interrupción que se realiza a la fase de la motobomba con el fin de interrumpir o permitir el paso de energía por medio del módulo relé de 3.3v de activación.

En la anterior imagen se puede apreciar la interrupción de fase que se le hace a la motobomba sumergible gracias al módulo relé que se encuentra conectado entre la fase de la toma eléctrica y la motobomba, cuando se envía la señal digital de la raspberry (3.3v) al iniciar el proceso de llenado del sistema, se cambia de estado del relé y empieza a funcionar la motobomba con el fin de llenar los tanques de almacenamiento.

Una vez los tanques de almacenamiento se encuentran llenos gracias al proceso descrito anteriormente, y en el programa de control se da inicio al proceso de lavado, la electroválvula se activa y permite el flujo de agua hacia la hidro lavadora.

Ilustración 88. Prueba de hidro lavadora

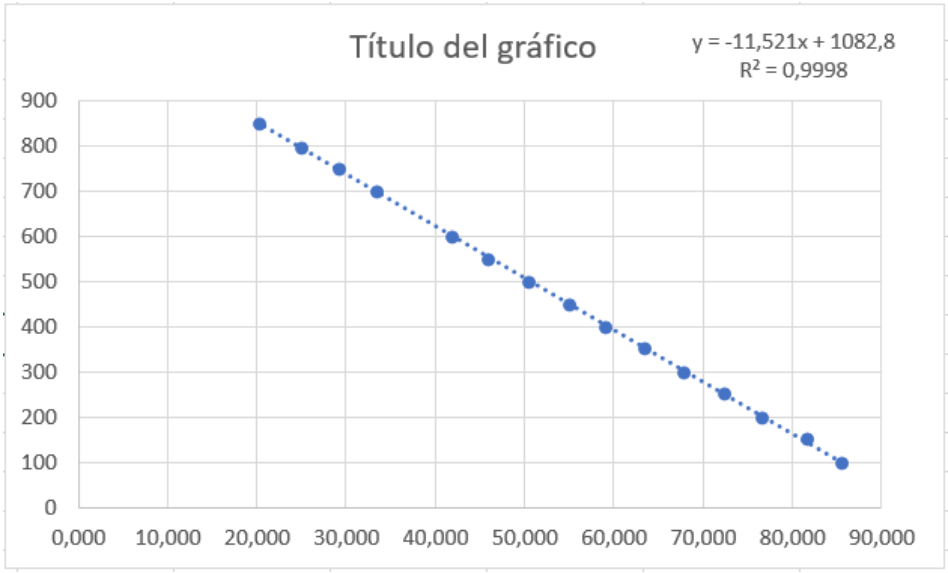
En la anterior imagen se puede apreciar que el sistema permite el flujo de agua hacia la hidro lavadora con el fin de poder lavar los vehículos del concesionario.

Debido a que el sensor de nivel de ultrasonido da la señal capturada en centímetros, fue necesaria su linealización, para hacer posible esto, se capturaron las distancias medidas por los sensores cada 50 litros, luego de haber capturado estas distancias vs litros, se calculó su ecuación lineal para poder determinar la constante por la cual se debe multiplicar la señal medida y el valor que se debe sumar, en la siguiente tabla se encuentran los datos capturados y en la gráfica la linealización y la ecuación lineal que dio como resultado el proceso descrito.

Tabla 16. de relación litros vs centímetros, estos datos se utilizaron para la linealización del sensor de nivel.

Litros	Centimetros
100	85,530
150	81,600
200	76,400
250	72,270
300	67,640
350	63,300
400	58,980
450	55,000
500	50,500
550	45,900
600	41,900
700	33,300
750	29,200
800	24,900
850	20,050

Tabla 17. Gráfica 2 de relación litros vs centímetros y ecuación lineal calculada.



El sensor de caudal calculó correctamente la cantidad de litros consumidos por lavado de vehículo, la forma de determinar si los valores medidos eran correctos, fue comparar la cantidad de litros calculados por el sensor de caudal vs la cantidad de litros consumidos teniendo en cuenta cuántos litros tenía el sistema antes del lavado del vehículo. En la siguiente imagen se pueden apreciar los datos medidos por el sensor de caudal cuando se desocuparon los tanques, por lo tanto, la cantidad de litros medidos por el sensor fueron 729.

Ilustración 89. de evidencia de funcionamiento de sensor de caudal

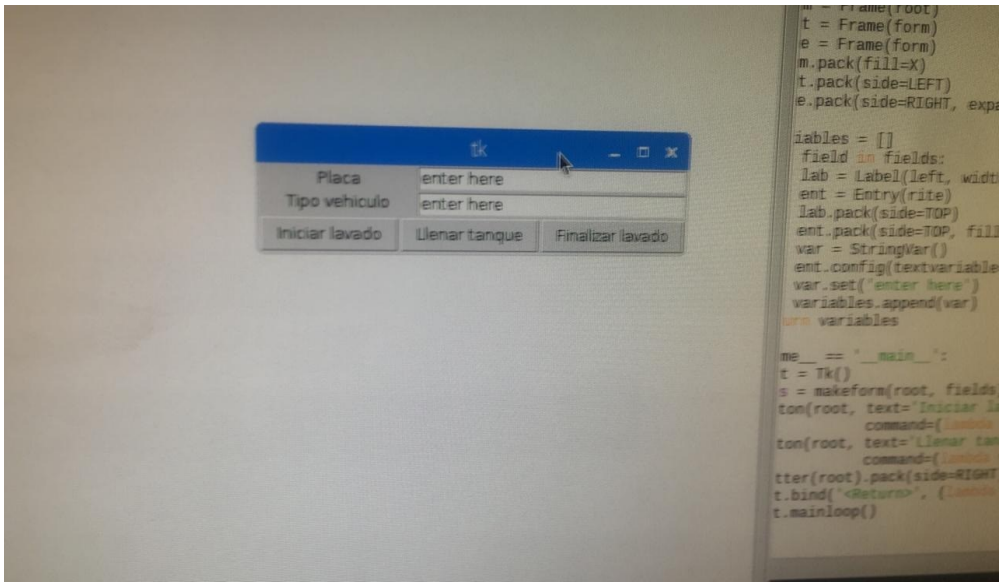


Ilustración 90. de la interfaz gráfica del programa de control desarrollado en Python.

La interfaz gráfica del sistema se encarga de orquestar todos los componentes electrónicos para garantizar el correcto funcionamiento del sistema en donde solicita usuario y contraseña para poder acceder a las distintas funcionalidades, las cuales, dependiendo del usuario, tienen determinados permisos y restricciones del sistema. Existen tres usuarios donde el primero es el operario que registrará todos los datos para iniciar la operación de lavado y llenado de los tanques de manera manual, el segundo usuario tendrá acceso al historial de los vehículos lavados en determinado periodo de tiempo y el tercer usuario es el administrador, quien tendrá el 100% de los permisos con el fin de modificar información en la base de datos y realizar ajustes al programa de control.

En la siguiente imagen se puede apreciar lo que sucede en tiempo de ejecución una vez se ha dado inicio al proceso de lavado, el sensor de caudal entra en funcionamiento y se actualiza la base de datos SQLITE 3 con los datos capturados por este sensor con el fin de saber el consumo de agua en el lavado del vehículo.

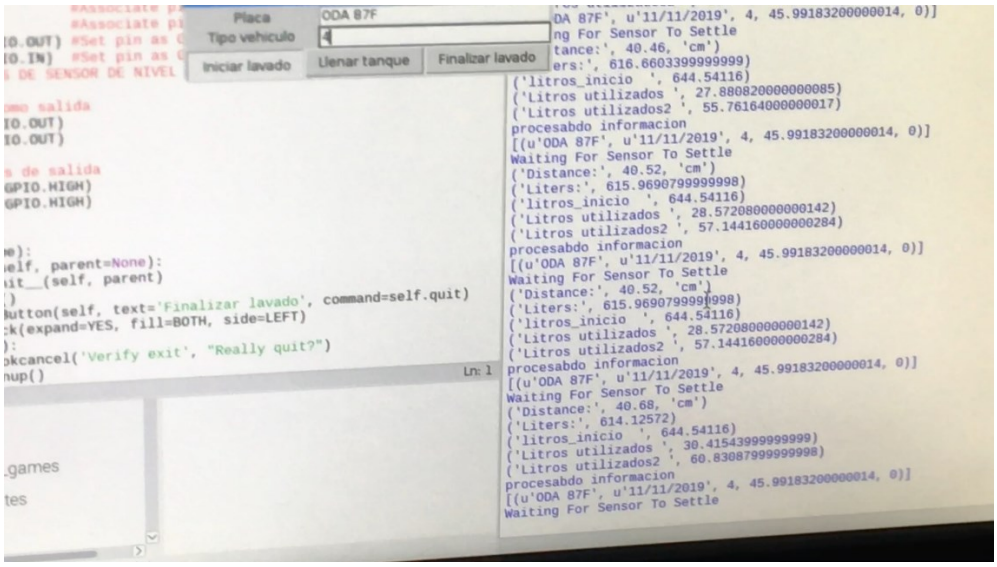


Ilustración 91. Actualización de la base de datos con la información capturada por el sensor de caudal.

17. DISCUSIÓN

En la implementación del sistema, fue necesario el ajuste del sistema de filtrado de agua debido a las dimensiones de la bodega ya que al utilizar un filtro lento como se propuso inicialmente, es necesario que sea muy grande (más de dos metros de ancho por dos de alto) para que filtra la cantidad de agua necesaria para alimentar el sistema, adicionalmente, al filtrar tan lento, provoca que el agua se vaya acumulando en las canaletas del tejado de la bodega, comprometiendo así esta estructura. Para solucionar este problema se rediseño el subsistema de filtrado, reemplazándolo por una motobomba, un tanque transitorio y un filtro de partículas de polipropileno.

Al implementar el sistema con los ajustes descritos anteriormente, el sistema se comporta de la forma esperada y no se presenta acumulación de agua en las canaletas del tejado del concesionario.

Una vez implementado y puesto en marcha el sistema, se detectaron varios puntos de mejora en su funcionamiento, la mejora más impactante se encuentra en el control del sistema por medio de la interfaz gráfica del programa desarrollado en Python, ya que a pesar de que no es complejo de utilizar, se necesita un mínimo de capacitación técnica para operarlo, por este motivo, una mejora que se le hará al sistema en el futuro, será diseñar y construir una interfaz de control compuesta por tres pulsadores y un teclado, en donde cada botón cumplirá una función (iniciar lavado, llenar tanques y finalizar lavado), de esta manera, el sistema podrá ser utilizado por cualquier persona. Otra mejora que podría tener el sistema es utilizar un sensor de nivel más preciso y con un rango de medición mínimo más pequeño, ya que el que el rango mínimo del sensor que se utilizó en la implementación es de 20 cm, con esta limitante solamente se pueden llenar los tanques de almacenamiento con 850 litros de agua lluvia, por lo tanto, se dejan de almacenar 300 litros que podrían ser utilizados en el lavado de otros vehículos.

18. CONCLUSIONES

Durante la implementación del sistema de lavado de carros con agua lluvia, se detectaron varios factores que hicieron que fuera necesario el ajuste del subsistema de filtrado de agua, el principal factor fue que la velocidad de filtrado que nos daba el filtro seleccionado inicialmente no era lo suficientemente rápida y en consecuencia a esto, se generaba acumulación de agua en las canaletas, lo cual hace que haya un peso considerable en el tejado, comprometiendo la estructura del techo de la bodega.

Para solucionar el problema descrito anteriormente se construyó un tanque de almacenamiento transitorio en el cual se instaló una motobomba sumergible, cuando se activa, hace pasar el agua por un filtro de partículas de polipropileno para que posteriormente llegue a los tanques de almacenamiento de donde la hidro lavadora va a tomar el agua para lavar los vehículos. El ajuste diseñado e implementado, hizo que el sistema se comportara como lo esperaba el dueño del concesionario y que los resultados fueran acordes a los planteados en la etapa de diseño del sistema.

Debido a que el sistema lleva en funcionamiento menos de un mes, aún no es posible determinar la cantidad de agua y dinero que el dueño del concesionario se ha ahorrado, sin embargo, en la semana que lleva el sistema operando correctamente, no se ha utilizado agua proveniente del acueducto porque de los siete días que lleva el sistema en operación, han llovido tres, dejando así completamente llenos los tanques, la cantidad de carros lavados en este lapso de tiempo han sido diez, ahorrando así, aproximadamente mil seiscientos litros de agua.

El sistema implementado cumplió y superó las expectativas del dueño del concesionario ya que ahora sabe cuántos vehículos lava en determinado periodo de tiempo, la cantidad de agua utilizada en el proceso de lavado y además el sistema es fácil de usar. Adicional a lo mencionado anteriormente, el presupuesto utilizado para la compra de los componentes electrónicos, tuberías, cableado, tanque transitorio y demás materiales utilizados en el sistema fue bajo, dando un total aproximado de 1’400.000 pesos, gracias a que el sistema diseñado e implementado es económico, podría ser adquirido por pequeñas y medianas empresas que no tienen el capital para adquirir alguno de los sistemas de lavado que ofrece el mercado colombiano.

19. REFERENCIAS DOCUMENTALES

[1]u.distrital,*Repository.udistrital.edu.co*,2019.[Online].Available: http://repository.udistrital.edu.co/bitstream/11349/3140/1/D%C3%ADazOviedoJhonJairo2016.pdf. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[2]U.EAN,*Repository.ean.edu.co*,2019.[Online].Available: https://repository.ean.edu.co/bitstream/handle/10882/2413/Cabrera%20Geovanni2012.pdf?sequence=6&isAllowed=y. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[3]m.españa,*Mscbs.gob.es*,2019.[Online].Available: http://www.mscbs.gob.es/ciudadanos/saludAmbLaboral/agenBiologicos/pdfs/12_leg.pdf. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[4]R.plass,*Rotoplas.com.ec*,2019.[Online].Available: http://rotoplas.com.ec/wp-content/uploads/2015/03/07-MANUAL-PURIFICADOR-OSMOSIS-INVERSA.pdf. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[5]*Ws.iusa.com.mx*,2019.[Online].Available: http://ws.iusa.com.mx/Documentacion/Bombas/Manuales/616831.pdf. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[6]2019.[Online].Available: https://s1.kaercher-media.com/documents/manuals/raw/000/BTA-5574635-000-03.pd. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[7]"PLC para Raspberry Pi V3 - Microcontroladores", *Microcontroladores*, 2019. [Online]. Available: https://micros.grup6.com/plc-para-raspberry-pi/. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[8]"Diferencia entre Filtración y Purificación de agua - Carbotecnia", *Carbotecnia*, 2019. [Online]. Available:https://www.carbotecnia.info/encyclopedia/filtracion-y-purificacion-diferencia/. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[9]"Sensores de nivel", *Es.omega.com*, 2019. [Online]. Available: https://es.omega.com/prodinfo/sondas-de-nivel-medicion.html. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[10]"¿Qué es un sensor de presión?", *HBM*, 2019. [Online]. Available: https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/. [Accessed: 23- Nov- 2019].

[11]"Tubería PVC Presión Agua Fría Pavco Wavin", *Pavcowavin.com.co*, 2019. [Online]. Available: https://pavcowavin.com.co/tuberia-pvc-presion-agua-fria?gclid=CjwKCAiAzuPuBRAIEiwAkkmOSMv675LtWsdoT6CfFi0nzOQJECMRoRpsr3HffBMSXvtde9svQZxHoRoCY04QAvD_BwE. [Accessed: 23- Nov- 2019].