Aplicación de una Interfaz para el Control de Llenado de Agua Purificada en Garrafones de Tamaños Estándar en la Empresa Osmoplus

TESIS PROFESIONAL (OPCIÓN I)

Que para obtener el grado de
INGENIERO EN SISTEMAS COMPUTACIONALES

Presenta
Sergio Antonio Castillo Coello

Asesor
M.C. Walter Torres Robledo

Revisores
Dr. Héctor Guerra Crespo
Dr. Madaín Pérez Patricio

Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez

Autorización de Impresión

Agradecimientos

A Dios:

Porque todo te lo debo a ti, porque has llenado mi vida de seres que valen la pena y día a día me haces feliz.

A mi Papá:

Porque con tu trabajo, esfuerzo, constancia y valores siempre fuiste un gran ejemplo y porque allá donde estás estoy seguro que continúas orgulloso de mí.

A mi Mamá:

Por tu amor y apoyo incondicional, por darme la vida y enseñarme a vivirla, porque con tu plastilina de amor, principios y valores moldeaste en mí un buen hombre.

A Sergio, Samuel, Daniel y Pablo:

Porque son mi inspiración. Su amor, cariño, sonrisas, juegos y sueños se han convertido en el combustible que me mueve.

A Pamela:

Porque te amo, por ser mi compañera, por apoyarme, porque somos uno en trabajo, esfuerzo, compromisos y logros.

A mi padrino Alfredo, mis hermanos, cuñados y sobrinos

Porque la unión familiar y su apoyo me han dado las bases para lograr mis metas.

A todos aquellos que contribuyeron en mi formación académica y profesional, a mis profesores que compartieron conmigo sus conocimientos y en especial a Walter, mi asesor de tesis y amigo, por el apoyo y ejemplo de superación y liderazgo.

Resumen

En la actualidad la planta de agua purificada Osmoplus realiza sus procesos de producción y venta de agua purificada de manera manual. Por esta razón el control de los mismos está a cargo del personal de quien depende la correcta ejecución de las buenas prácticas de higiene y de los procesos de elaboración de los productos previstos en el manual de operaciones de la empresa y las normas oficiales correspondientes.

Por otro lado, en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez el incremento de empresas de este sector ha generado un estado de competencia intensa que ha transformado económica y culturalmente la producción y comercialización de este vital líquido.

Se presenta un trabajo multidisciplinario donde se hace un esfuerzo para unir conocimientos y contribuir al control de los procesos de lavado y llenado de garrafones así como de la venta de agua purificada a través de una máquina tipo vending exclusivamente diseñada para esta empresa.

Esta máquina vending está conformada por sensores, pantallas LCD, relevadores, bombas de agua, una válvula solenoide y un monedero electrónico multimonedas controlados a través de dos interfaces electrónicas intercomunicadas y programadas para realizar el cobro, sanitizado y llenado de garrafón en el área destinada por la empresa para este fin la cual satisface las necesidades de sus clientes y las especificaciones establecidas en las normas oficiales mexicanas que regulan su actividad.

Índice

1 Introducción **1**
- 1.1 Antecedentes . . . 1
- 1.2 Planteamiento del Problema . . . 2
- 1.3 Objetivos . . . 2
  - 1.3.1 Objetivo General . . . 2
  - 1.3.2 Objetivos Específicos . . . 2
- 1.4 Justificación . . . 3
- 1.5 Impactos . . . 3
  - 1.5.1 Impacto social . . . 3
  - 1.5.2 Impacto económico . . . 3
  - 1.5.3 Impacto técnico . . . 3
  - 1.5.4 Impacto científico . . . 4
  - 1.5.5 Impacto Ambiental . . . 4
- 1.6 Viabilidad . . . 4

2 Fundamento Teórico **5**
- 2.1 Estado del Arte . . . 5
  - 2.1.1 Proyecto Control Electrónico de Válvulas Hidráulicas a través de un Ordenador. . . . 5
  - 2.1.2 Automatización de una Envasadora de Garrafones de 20L de Agua Purificada. . . . 5
  - 2.1.3 Máquina Vending para Micheladas. . . . 5
  - 2.1.4 An Automated Microcontroller-based Cocktail Mixer and Dispenser. . . . 6
  - 2.1.5 Propuesta de Automatización y Control para a Planta de Inyección de Agua Salada de la Estación de Descarga Bared - 8, perteneciente al Distrito Múcura . . . 6
  - 2.1.6 Diseño y Construcción de un Prototipo de Plataforma de Venta Automatizada. . . . 7
  - 2.1.7 Monedero Electrónico . . . 7
- 2.2 Marco Teórico Conceptual . . . 8
  - 2.2.1 La Automatización . . . 8
  - 2.2.2 Clases de Automatización . . . 8
  - 2.2.3 Tipos de Automatización . . . 9
  - 2.2.4 Microcontrolador PIC 16F877A . . . 9
  - 2.2.5 Resetear . . . 11
  - 2.2.6 Arquitectura del microcontrolador . . . 13
  - 2.2.7 Módulo USART . . . 14
  - 2.2.8 Pantalla LCD 16X2 . . . 15
  - 2.2.9 Dip-switch . . . 17
  - 2.2.10 Electroválvulas neumáticas de 2 vías. . . . 17
  - 2.2.11 Selector Multimonedas HI-09FCSG . . . 18
  - 2.2.12 Modo de Grabado . . . 19
  - 2.2.13 Modo de Operación . . . 20

3 Marco Metodológico **21**
3.1 Investigación 21
3.2 Proyecto 21

4 Desarrollo **23**
4.1 Descripción del módulo de llenado 23
4.2 Descripción del módulo de lavado 25
4.3 Diagrama a Bloques Específico 25
4.4 Especificación de casos de uso 26
4.5 Descripción de Procesos de Desarrollo de las interfaces electrónicas 34

5 Resultados **38**
5.1 Prototipo de las interfaces electrónicas 38
5.2 Pruebas 40
5.3 Presentación de los Datos 41

6 Conclusiones **46**

7 Recomendaciones **47**

8 Referencias **48**

Índice de figuras

1 Pines del PIC16F877A 10
2 Conexión del botón Reset 12
3 Arquitectura interna del microcontrolador 13
4 Transmisión USART 14
5 LCD 16X2 15
6 Dip-switch 17
7 Configuración Dip switch 17
8 Electroválvula de 2 vías. 18
9 Selector Multimonedas 19
10 Módulos del Sistema 23
11 Diagrama a Bloques del sistema 26
12 CU-1 Configurar Precio 27
13 CU-2 Configurar Tiempo Válvula 27
14 CU-3 Pagar Producto 28
15 CU-4 Iniciar Lavado 28
16 CU-5 Pausar Lavado 28
17 CU-6 Detener Lavado 28
18 CU-7 Iniciar Llenado 29
19 CU-8 Pausar Llenado 29
20 CU-9 Detener Llenado 29
21 Diagrama de Procesos de Desarrollo 34
22 Diagrama de flujo del programa de Lavado. 36
23 Diagrama de flujo del programa de Llenado 37
24 Diseño Esquemático del Sistema 38
25 Diseño de Placa PCB en ARES y Vista 3D 38
26 Tarjeta Electrónica 39
27 Gabinetes de Lavado y Llenado 39
28 Instalaciones Osmoplus 41
29 Panel de control del usuario 42
30 Tiempo de la Válvula 43
31 Precio del Garrafón 43
32 Crédito 44
33 Llenando 44
34 Proceso Pausado 45

Índice de cuadros

1 Capacidad de corriente del PIC16f877A 11
2 Funciones en MikroC para LCD 16
3 Selección del canal del monedero electrónico 19
4 CU-1 Configurar Precio 30
5 CU-2 Configurar Tiempo Válvula 30
6 CU-3 Pagar Producto 31
7 CU-4 Iniciar Lavado 31
8 CU-5 Pausar Lavado 32
9 CU-6 Detener Lavado 32
10 CU-7 Iniciar Llenado 33
11 CU-8 Pausar Llenado 33
12 CU-9 Detener Llenado 34
13 Tiempos de las Pruebas de Llenado Manual 40

1 Introducción

1.1 Antecedentes

Los procesos realizados para el lavado y llenado de garrafones en la planta de agua Osmoplus han sido realizados de manera manual y controlados a través de una o dos personas de quienes depende la aplicación de lo señalado tanto en el manual de operación de la empresa como en las normas oficiales mexicanas.

El proceso de lavado del garrafón se ha llevado a cabo en un equipo fabricado en acero inoxidable el cual contiene un carrito de desplazamiento que permite colocar cuatro garrafones boca abajo inyectando, a través de una bomba de agua, una solución de hipoclorito de sodio al 13 % y un detergente especial para garrafones durante 30 segundos, la cual deberá ser enjuagada 20 segundos más con agua purificada, inyectada al interior de los mismos con otra bomba una vez que el carrito mencionado haya sido desplazado hacia el depósito correspondiente. La operación de las bombas mencionadas depende de la activación manual del interruptor eléctrico de cada una de ellas.

El proceso de llenado ha sido realizado en un equipo fabricado en acero inoxidable con capacidad de llenado para cuatro garrafones simultáneamente y opera con la activación del interruptor eléctrico que controla el encendido del equipo presurizador y la apertura independiente de cada una de las llaves de paso la cual el operador debe cerrar al observar que el garrafón se ha llenado.

Por otro lado, desde el punto de vista comercial, Osmoplus ha ofertado sus productos a través de los denominados depósitos independientes, a quienes se les ha proporcionado agua purificada envasada a un precio especial de tal manera que el vendedor independiente realiza la venta directa al público consumidor obteniendo de esta manera su propia ganancia.

En los últimos 5 años el número de empresas dedicadas a la industria de la purificación del agua en la ciudad de Tuxtla Gutiérrez ha ido en aumento. Este incremento considerable ha definido un estado de intensa competitividad generando transformaciones económicas y culturales tanto en la producción como en la comercialización del agua purificada.

Lo anterior derivó en un esquema de competencia a base de precios, a tal grado que los vendedores independientes comenzaron a cambiar de proveedores hacia quienes les brindaban mayores márgenes de ganancias.

Este tipo de competencia no ayudó a ninguna de las empresas, toda vez que quienes disminuyeron precios no pudieron ser competitivas ya que sacrificaron en gran medida sus propios costos de producción y desaparecieron al poco tiempo; y quienes no disminuyeron precios perdieron clientes teniendo que hacer

ajustes económicos eliminando rutas y personal de reparto. En este afán de mejorar precios se cambiaron paradigmas en la comercialización de este producto; pasando del tradicional reparto a domicilio a los actuales centros de llenado, comúnmente conocidos como llenaderos. Bajo este esquema los vehículos y rutas de reparto están siendo desplazados por locales comerciales donde se instalan mini plantas purificadoras operadas con o sin personal y se ofrece una venta directa al público.

1.2 Planteamiento del Problema

El accionamiento accidental, la ausencia del garrafón o su incorrecto posicionamiento en el proceso de lavado y/o llenado del mismo puede provocar deterioro del equipo, pérdida de producto, gasto innecesario de energía e inclusive lesiones en el personal.

Aunado a lo anterior la inadecuada aplicación de prácticas de higiene y sanidad así como la incorrecta ejecución de los procesos de sanitizado y llenado de garrafones en la manipulación de producto terminado, aditivos y materias primas incrementa significativamente los riesgos de intoxicación a la población consumidora y las pérdidas del producto contribuyendo negativamente al formar una imagen de baja calidad para la empresa que los elabora.

Con la implementación de interfaces electrónicas que controlen los procesos de cobro, sanitizado y llenado de garrafones se puede llevar a cabo la venta de agua purificada durante las 24 horas del día permitiendo hacer una diferencia competitiva a favor de la empresa.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar y desarrollar una máquina vending de agua purificada a través de interfaces electrónicas interconectadas y programadas para controlar los procesos de lavado y llenado automático de garrafones para la empresa de agua Osmoplus.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar y diseñar el modelo general del sistema y dividirlo en módulos para su desarrollo.
- Estación de lavado. Diseñar una interfaz electrónica basada en microcontrolador que controle el proceso de lavado de garrafones y que permita la comunicación con la Estación de Llenado.
- Estación de llenado. Diseñar una interfaz electrónica basada en microcontrolador que realice el cobro electrónico por concepto de venta de agua

purificada, que controle el proceso de llenado de garrafón y se comunique con la Estación de Lavado.

- Programar los microcontroladores de las estaciones de Lavado y Llenado.
- Implementar las estaciones de Lavado y de Llenado en las instalaciones de la planta de agua Osmoplus para realizar pruebas de funcionamiento y calibración final.

1.4 Justificación

El agua para consumo humano es aquella que no contiene materia extraña, ni contaminantes, ya sean físicos, químicos o microbiológicos, que causen efectos nocivos a la salud[1]. Para conseguirlo existen procesos completos de purificación que son atendidos e incluyen desde la aceptación de la materia prima hasta la obtención del producto terminado en base a los puntos críticos de control que la misma empresa tiene identificados.

La importancia de este trabajo radica en proporcionar una solución económica para la empresa al crear un modelo replicable para que la haga más competitiva y además ofrezca un control preciso e higiénico de dos puntos críticos de control considerados en el lavado y llenado de garrafones.

1.5 Impactos

1.5.1 Impacto social

Permitirá el acceso al vital líquido las 24 horas del día por lo que será una muy buena opción principalmente para trabajadores cuyo horario de salida es nocturno.

1.5.2 Impacto económico

Fortalecerá la economía de la empresa al disminuir costos de operación y proporcionar el acceso a sus productos en horarios no contemplados por la competencia; permitirá la contratación de personal que opere y de mantenimiento al sistema y proporcionará un ahorro de hasta el 50 % al público consumidor en la compra del producto comparado con la competencia con esquema de reparto a domicilio.

1.5.3 Impacto técnico

Permitirá a la empresa iniciar un desarrollo tecnológico propio que sentará las bases como factor fundamental para su desarrollo produciendo nuevos conocimientos para impulsar la productividad, calidad y competitividad. Este desarrollo tecnológico, además, estimulará la creación de nuevas tecnologías en el sector ya que la industria ha apostado a la adquisición de las mismas a través de compras y no en el desarrollo de estas.

1.5.4 Impacto científico

El desarrollo de una máquina vending basada en interfaces electrónicas programadas, representa avances considerables en el sector de la purificación y comercialización del agua sentando las bases para la realización de estudios científicos tanto en las etapas tratadas en el presente trabajo como en los diversos procesos empleados en la producción del agua purificada.

1.5.5 Impacto Ambiental

Debido al sentido de pertenencia del cliente con su garrafón el esquema de rellenado de garrafones a través de una máquina vending permite la conservación de los mismos prolongando su vida útil, adicionalmente la reutilización de las tapas admitida por las normas oficiales mexicanas en la venta a granel del producto y no en para el esquema de productos preenvasados, generará menor cantidad de basura. Por otro lado con el control electrónico de los procesos de lavado y llenado se eficienta el uso de la energía eléctrica y disminuye el desperdicio del agua.

1.6 Viabilidad

Para la implementación de este proyecto se contó con el financiamiento económico de la empresa quien adquirió los dispositivos a utilizar y adecuó un área específicamente diseñada considerando en todo momento que el costo total de lo invertido en el desarrollo del equipo es por mucho menor a lo que representaría adquirir una máquina de similares características con algún proveedor del ramo, lo anterior además se conjunta con el beneficio tecnológico que la misma empresa encontró al desarrollar una máquina que se adecúe a lo señalado por las normas oficiales, en las que se señala que los procesos de lavado y llenado de garrafón deben de realizarse en áreas separadas, situación que no satisfacen los equipos vending que actualmente se encuentran en el mercado.

Tomando en cuenta lo anterior, así como el apoyo del personal académico de este Instituto Tecnológico, podemos decir que la implementación del presente proyecto es viable.

2 Fundamento Teórico

2.1 Estado del Arte

En esta sección se presentan referencias sobre desarrollos obtenidos de diversas fuentes confiables, los autores han hecho importantes investigaciones que resultan relevantes para la presente propuesta.

2.1.1 Proyecto Control Electrónico de Válvulas Hidráulicas a través de un Ordenador.

Este trabajo es una tesis de grado desarrollada por Cruz Butrón Leopoldo de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional realizado en octubre del 2009.

El proyecto consiste en el desarrollo e implementación de una tarjeta electrónica, así como del programa de interfaz con la PC para activar solenoides que son las encargadas de accionar válvulas hidráulicas para el control de motores hidráulicos para la realización de algún movimiento de un proceso industrial. Para ello se utiliza una interfaz con un microcontrolador PIC 18F2550[2].

2.1.2 Automatización de una Envasadora de Garrafones de 20L de Agua Purificada.

Tesis de grado desarrollada por Torres Hernández Óscar Iván, Luis Torres Fermín, Del Valle González Alberto, Cruz Mejía Óscar y Sánchez González Genaro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica perteneciente al Instituto Politécnico Nacional, realizada en el mes de agosto del 2009.

El proyecto consta de una máquina automatizada para mejorar los procesos de lavado, enjuague y llenado de garrafones de 20 L. para una planta purificadora de agua. La máquina consta de tres estaciones: Estación de Lavado; Estación de Enjuague y Estación de Llenado. Cada una de ellas equipada con sensores que detectan la presencia del garrafón y permiten la realización del proceso correspondiente.

Para la implementación de la misma se sugiere la implementación de una transmisión mecánica así como de válvulas y actuadores neumáticos, regulados a través de un Controlador Lógico Programable (PLC)[3].

2.1.3 Máquina Vending para Micheladas.

Tesina de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica del Instituto Politécnico Nacional presentada en octubre de 2009 por García Mendoza Óscar Adán, Guerrero Artega Rafael y León Borges Rafael.

Para el caso se plantea, la creación de una máquina basada en actuadores y válvulas neumáticas gobernados a través de un PLC, que realiza la preparación y venta al público de esta bebida denominada Michelada.

La máquina comienza a funcionar al detectar la moneda que determina el costo del producto y que será la encargada de inicializar el ciclo de trabajo, permitiendo simultáneamente que un actuador neumático realice una rotación prevista así como el encendido de un motor que da paso a la caída de un vaso, en este momento un sensor detecta su presencia permitiendo que otro actuador escarche el vaso con sal y limón activando el giro del vaso así como la apertura de la compuerta del tanque de cerveza hasta que un sensor detecte el llenado del vaso que es conducido hacia la ventanilla de entrega al cliente. Una vez retirado el vaso, todos los componentes regresan a su posición en espera de repetir el ciclo[4].

2.1.4 An Automated Microcontroller-based Cocktail Mixer and Dispenser.

Artículo publicado en la DLSU Engineering e-Journal en el mes de marzo del 2007 por Asuncion Raphael M., Prodigalidad Ryan D., Ramirez Danuel V. y Thomelden Jr. Luisito R. del Departamento de Ingeniería en electrónica y Comunicaciones de la universidad la Salle de Manila.

Este documento nos habla del diseño e implementación de un mezclador y dispensador de cocteles automatizado a través de microcontroladores y es accionado por un botón. La máquina utiliza tres microcontroladores PIC con los cuales todas las operaciones de cada uno de los módulos son programados cronológicamente mediante instrucciones que son las responsables del proceso de producción.

La máquina tiene dos etapas, la primera dispensa los ingredientes y la segunda realiza la mezcla de los mismos dispensando el coctel en un vaso a través de una valvula controlada por un servo motor. El nivel de ingredientes de los contenedores se monitorea por un sensor de nivel localizado en cada contenedor. El sistema se habilita para servir la bebida en solo 5 segundos, ofreciendo una variedad de 9 cocteles programados los cuales se obtienen de seis ingredientes básicos con solo tocar un botón[5].

2.1.5 Propuesta de Automatización y Control para a Planta de Inyección de Agua Salada de la Estación de Descarga Bared - 8, perteneciente al Distrito Múcura

Trabajo de grado para obtener el título de Ingeniero de Sistemas presentado en abril de 2009 en la Universidad de Oriente de Barcelona, España por Pino Vallarroel Julián Antonio; en el que se realiza un estudio del sistema de la Planta de Inyección de Agua Salada (P.I.A.S.) ubicada en el Centro de Operaciones

Bared (C.O.B), en el estado Anzoátegui, describiendo todos los subsistemas involucrados en el proceso, así como también las variables operacionales que manejan dichos subsistemas.

En este trabajo, aunque no se realiza la implementación, se definen las filosofías de operación y control con que la planta operaría de manera eficiente y se propone la arquitectura del sistema de supervisión y control asociado a la planta estableciendo los requerimientos de equipos e instrumentos necesarios para respaldar su implantación.

Al definir la arquitectura de control del sistema de inyección de agua salada, se toman en cuenta parámetros y necesidades operacionales en cuanto a comunicación de datos importantes que generan los sensores presentes en los procesos que se originan en los subsistemas que integran a la planta[6].

2.1.6 Diseño y Construcción de un Prototipo de Plataforma de Venta Automatizada.

Tesis de grado de la Universidad San Francisco en Quito, Ecuador, presentada en noviembre de 2010 como requisito para la obtención del título de Ingeniero Mecánico por Víctor Hugo Cabrera y Carlos Francisco Durán. En ella los autores realizan un Prototipo de Venta Automatizada, a la que denominan PVA, consistente en una máquina diseñada para realizar la venta de productos en base a la selección de los mismos por parte del cliente.

El mecanismo del Prototipo está controlado por medio del PLC CUBLOC CB280 module conectado a relés, sensores, fines de carrera, lector de código de barras, servo motores. Por su parte la interfaz con el usuario se lleva a cabo por medio de la pantalla táctil CUBLOC CUWIN4300A/SA 10.2¨ conectada al mismo PLC mediante el protocolo de comunicación RS232.

Para realizar el cobro de los productos utilizan el selector de monedas HI-06CS de la empresa china WEI-YA que permite reconocer monedas de un solo tipo y valor[7].

2.1.7 Monedero Electrónico

Se trata de un proyeco final presentado en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, por Roberto Ángel Hernández López, Juan Carlos Pérez Chacón y Yessenia Sánchez García alumnos de 6o semestre de la carrera de Ingeniería en Sistemas Computacionales. En él emplean un microcontrolador PIC16F877A que controla el sistema mediante el cual las monedas aceptadas por el Selector Multimonedas HI-09FCS y el valor de las mismas son acumuladas y visualizadas por medio de un LCD 16X2.

El trabajo nos demuestra que la utilización de microcontroladores y selectores de monedas puede llevarse a cabo para automatizar la venta de productos y/o servicios[8].

2.2 Marco Teórico Conceptual

2.2.1 La Automatización

La Real Academia de las Ciencias Físicas y Exactas define la automática como el conjunto de métodos y procedimientos para la substitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales.

Por proceso, se entiende aquella parte del sistema en que, a partir de la entrada de material, energía e información, se genera una transformación sujeta a perturbaciones del entorno, que da lugar a la salida de material en forma de producto.

Los procesos industriales se conocen como procesos continuos, procesos discretos y procesos batch.

Los procesos continuos se caracterizan por la salida del proceso en forma de flujo continuo de material, como por ejemplo la purificación de agua o la generación de electricidad.

Los procesos discretos contemplan la salida del proceso en forma de unidades o número finito de piezas, siendo el ejemplo más relevante la fabricación de automóviles.

Finalmente, los procesos batch son aquellos en los que la salida del proceso se lleva a cabo en forma de cantidade o lotes de material, como por ejemplo la fabricación de productos farmacéuticos o la producción de cerveza [14].

2.2.2 Clases de Automatización

Hay tres clases muy amplias de automatización industrial: Automatización fija, automatización programable, y automatización flexible [15].

- La automatización fija se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño de equipo especializado para procesar el producto, con un rendimiento alto y tasas de producción elevadas. Además de esto, otro inconveniente de la automatización fija es su ciclo de vida que va de acuerdo a la vigencia del producto en el mercado.

- La automatización programable se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variaciones de configuración del producto; ésta adaptación se realiza por medio de un programa (Software).

- Por su parte la automatización flexible es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada.

2.2.3 Tipos de Automatización

Existen cinco tipos de automatización en la industria moderna, los cuales son:

- **Control Automático de Procesos:** Se refiere usualmente al manejo de procesos caracterizados de diversos tipos de cambios (generalmente químicos y físicos); un ejemplo de esto lo podría ser el proceso de refinación de petróleo.

- **El Procesamiento Electrónico de Datos:** Es relacionado con los sistemas de información, centros de cómputo, etc. Sin embargo en la actualidad también se considera dentro de esto la obtención, análisis y registros de datos a través de interfases y computadores.

- **La Automatización Fija:** Es aquella asociada al empleo de sistemas lógicos tales como: los sistemas de relevadores y compuertas lógicas; sin embargo estos sistemas se han ido flexibilizando al introducir algunos elementos de programación como en el caso de los microcontroladores y los PLC.

- **El Control Numérico Computarizado:** Este tipo de control se ha aplicado con éxito a Máquinas de Herramientas de Control Numérico (MHCN) como fresadoras CNC, tornos CNC, Máquinas de electro-erosionado, máquinas de corte por hilo, etcétera.

- **La Automatización Flexible:** Se refiere es el de los Robots industriales que en forma más genérica se les denomina como "Celdas de Manufactura Flexible".

2.2.4 Microcontrolador PIC 16F877A

El PIC16F877A es un microcontroladorcon memoria de programa tipo FLASH, lo que representa gran facilidad en el desarrollo de prototipos y en su aprendizaje ya que no se requiere borrarlo con luz ultravioleta como las versiones EPROM, sino que permite reprogramarlo nuevamente sin ser borrado con anterioridad. El PIC16F877A es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la

memoria no se pierden. El encapsulado más común para este microcontrolador es el DIP [1] de 40 pines [10].

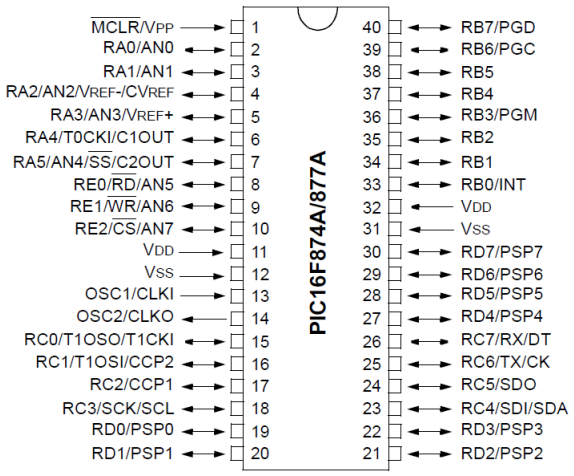

Figura 1: Pines del PIC16F877A

La figura 1 nos ilustra los pines del PIC16F877A.

Los pines de entrada/salida de este microcontrolador están organizados en cinco puertos, el puerto A con 6 líneas, el puerto B con 8 líneas, el puerto C con 8 líneas, el puerto D con 8 líneas y el puerto E con 3 líneas. Cada pin de esos puertos se puede configurar como entrada o como salida independiente programando un par de registros diseñados para tal fin. En ese registro un bit en "0" configura el pin del puerto correspondiente como salida y un bit en "1" lo configura como entrada. Dichos pines del microcontrolador también pueden cumplir otras funciones especiales, siempre y cuando se configuren para ello.

Los pines del puerto A y del puerto E pueden trabajar como entradas para el convertidor Análogo a Digital interno, es decir, allí se podría conectar una señal proveniente de un sensor o de un circuito analógico para que el microcontrolador la convierta en su equivalente digital y pueda realizar algún proceso de control o de instrumentación digital. El pin RB0/INT se puede configurar por software para que funcione como interrupción externa, para configurarlo se utilizan unos bits de los registros que controlan las interrupciones.

El pin RA4/TOCKI del puerto A puede ser configurado como un pin de entrada/salida o como entrada del temporizador/contador. Cuando este pin se

[1] Dual In-line Pin

MODO	PUERTO A	PUERTO B	PUERTO C	PUERTO D
Modo Sumidero	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA
Modo fuente	150 mA	200 mA	200 mA	200 mA

Cuadro 1: Capacidad de corriente del PIC16f877A

programa como entrada digital, funciona como un disparador de Schmitt (Schmitt trigger), puede reconocer señales un poco distorsionadas y llevarlas a niveles lógicos (cero y cinco voltios). Cuando se usa como salida digital se comporta como colector abierto (open collector), por lo tanto, se debe poner una resistencia de pull-up (resistencia externa conectada a un nivel de cinco voltios). Como salida, la lógica es inversa: un "0" escrito al pin del puerto entrega en el pin un "1" lógico. Además, como salida no puede manejar cargas como fuente, sólo en el modo sumidero.

El puerto E puede controlar la conexión en modo microprocesador con otros dispositivos utilizando las líneas RD (read), WR (write) y CS (chip select). En este modo el puerto D funciona como un bus de datos de 8 bits (pines PSP). La máxima capacidad de corriente de cada uno de los pines de los puertos en modo sumidero (sink) o en modo fuente (source) es de 25 mA. La máxima capacidad de corriente total de los puertos es observable en el cuadro 1.

Todo microcontrolador requiere un circuito externo que le indique la velocidad a la que debe trabajar. Este circuito, que se conoce como oscilador o reloj, es muy simple pero de vital importancia para el buen funcionamiento del sistema. El PIC16F877 puede utilizar cuatro tipos de oscilador diferentes. Estos tipos son:

- **RC.** Oscilador con resistencia y condensador.
- **XT**. Cristal (por ejemplo de 1 a 4 MHz).
- **HS.** Cristal de alta frecuencia (por ejemplo 10 a 20 MHz).
- **LP**. Cristal para baja frecuencia y bajo consumo de potencia.

2.2.5 Resetear

En los microcontroladores se requiere un pin de reset para reiniciar el funcionamiento del sistema cuando sea necesario, ya sea por una falla que se presente o porque así se haya diseñado el sistema. El pin de reset en los PIC es llamado MCLR[2]. Existen varias formas de resetear o reiniciar el sistema:

- Al encendido (Power On Reset).
- Pulso en el pin MCLR durante operación normal.

[2]Master Clear

- Pulso en el pin MCLR durante el modo de bajo consumo (modo sleep).
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante operación normal.
- El rebase del conteo del circuito de vigilancia (watchdog) durante el modo de bajo consumo (sleep).

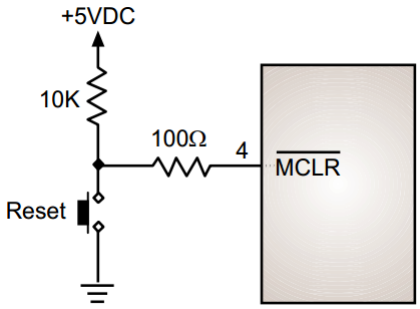

Figure 2: Conexión del botón Reset

El reset al encendido se consigue gracias a dos temporizadores. El primero de ellos es el OST[3], orientado a mantener el microcontrolador en reset hasta que el oscilador del cristal es estable. El segundo es PWRT[4], que provee un retardo fijo de 72ms (nominal) en el encendido únicamente, diseñado para mantener el dispositivo en reset mientras la fuente se estabiliza. Para utilizar estos temporizadores, sólo basta con conectar el pin MCLR a la fuente de alimentación, evitándose utilizar redes de resistencias externas en el pin de reset. El reset por MCLR se consigue llevando momentáneamente este pin a un estado lógico bajo, mientras que el wathcdog WDT produce el reset cuando su temporizador rebasa la cuenta, o sea que pasa de 0FFh a 00h. Cuando se requiere tener control sobre el reset del sistema se puede conectar un botón como se muestra en la figura 2.

[3]Oscillator Start-Up Timer: Temporizador de encendido del Oscilador
[4]Power-Up Timer: Temporizador de encendido

2.2.6 Arquitectura del microcontrolador

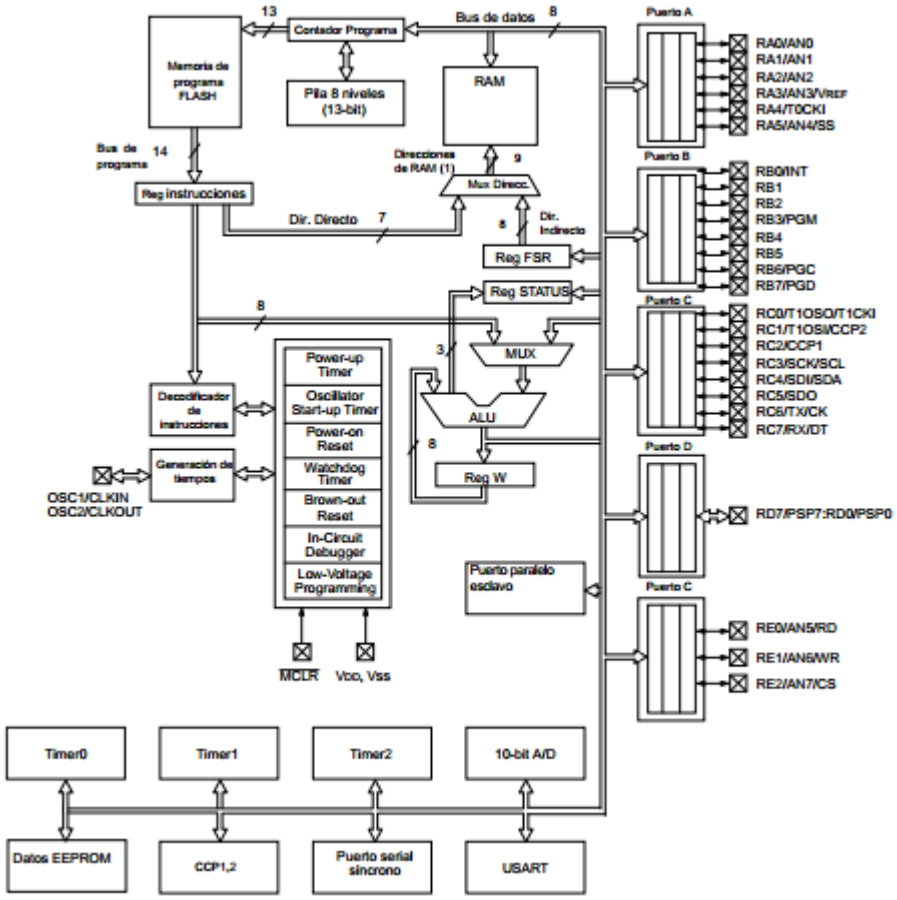

Figura 3: Arquitectura interna del microcontrolador

Este término se refiere a los bloques funcionales internos que conforman el microcontrolador y la forma en que están conectados, por ejemplo la memoria FLASH (de programa), la memoria RAM (de datos), los puertos, la lógica de control que permite que todo el conjunto funcione, etc. y podemos observarlos a detalle en la figura 3.

2.2.7 Módulo USART

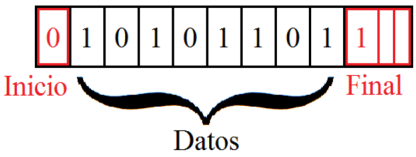

Figura 4: Transmisión USART

La USART[5], es un módulo de comunicación serial estándar, de forma asíncrona, esta característica lo hace muy apetecido dado que requiere un solo medio de transmisión para enviar información, y no requiere un medio para el reloj. La señal de reloj, o sincronismo lo deben asumir, independientemente cada uno de los elementos, el transmisor y el receptor. Otra ventaja de este módulo es que cuenta con comunicación full-duplex, es decir que puede transmitir y recibir información al mismo tiempo. Para este propósito se usan dos medios de transmisión dedicados, uno solo para transmitir y uno solo para recibir. La comunicación síncrona cuenta con las siguientes características: un bit de inicio o de start, que siempre es un 0 lógico, 8 o 9 bits de datos para el caso puntual de los PIC, y 1, 1.5 o 2 bits de fin o stop. Por último la velocidad de transmisión que debe estar definida con el mismo valor en los dos dispositivos que se comunican, está por defecto en casi toda comunicación es de 9600 bps, sin embargo esto no es una regla puede ser mayor o menor. En la figura 4 se puede apreciar el comportamiento de la transmisión de un dato con este protocolo [9].

Para el uso de este protocolo de comunicación el compilador MikroC PRO, cuenta con la librería: UART, está disponible en la paleta de librerías y cuenta con las siguientes funciones para su uso:

- UART1_Init(const unsigned long baud_rate);. Inicializa el módulo USART, y establece la velocidad de comunicación definida en el parámetro: baud_rate.
- UART1_Data_Ready();. Determina si hay un dato listo para ser leído, en el búfer de llegada del módulo, si la función retorna 1 el dato puede ser leído, de lo contrario no hay datos nuevos en el búfer.
- char UART1_Tx_Idle();. Establece si el búfer de transmisión se encuentra ocupado enviando un dato, para esto retorna 1 si el búfer está ocupado, o 0 si el módulo está disponible para enviar un nuevo dato.
- char UART1_Read();. Retorna el valor del búfer de entrada, es decir que sirve para leer un dato de entrada.
- UART1_Read_Text(char *Output, char *Delimiter, char Attempts);. Lee una cadena de caracteres y la guarda en el apuntador Output, el apuntador

[5]Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

Delimiter, es un apuntador a una cadena de caracteres que contiene el texto definido como fin de la cadena de texto de entrada, el parámetro Attempts, define la longitud de la cadena de caracteres del delimitador de fin de cadena Delimiter.

- UART1_Write(char _data);. transmite el dato _data ingresado en el parámetro de entrada, por la USART.
- UART1_Write_Text(char * UART_text);. Transmite una cadena de texto finalizada con el carácter nulo o 0. Está cadena de texto es entregada por medio del parámetro UART_text.

2.2.8 Pantalla LCD 16X2

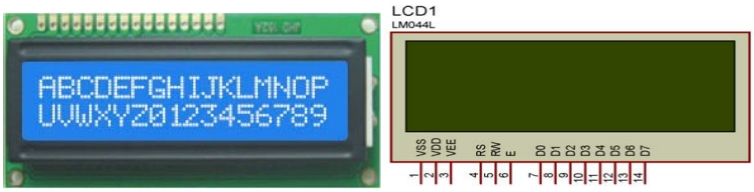

Figura 5: LCD 16X2

Los display de caracteres LCD, son módulos prefabricados que contienen controladores incluidos. Estos displays cuentan con un bus de datos y un bus de control, para el manejo de estos dispositivos el compilador MikroC PRO, tiene una librería predefinida para el control de estos LCD. La apariencia física y la vista en ISIS de estos LCD puede observarse en la figura 5.[9].

Para el uso del LCD, se requiere definir los pines de conexión y la ejecución de la función predefinida de inicio del LCD; Lcd_Init(). La definición de los pines de conexión la asume el desarrollador de forma arbitraria según su criterio. Para cumplir este objetivo se usa la siguiente declaración de constantes:

```
//Pines de salida para el LCD

sbit LCD_RS at RD4_bit;

sbit LCD_EN at RD5_bit;

sbit LCD_D7 at RD3_bit;

sbit LCD_D6 at RD2_bit;

sbit LCD_D5 at RD1_bit;
```

```
sbit LCD_D4 at RD0_bit;

//Bits de configuración TRIS

sbit LCD_RS_Direction at TRISD4_bit;

sbit LCD_EN_Direction at TRISD5_bit;

sbit LCD_D7_Direction at TRISD3_bit;

sbit LCD_D6_Direction at TRISD2_bit;

sbit LCD_D5_Direction at TRISD1_bit;

sbit LCD_D4_Direction at TRISD0_bit;
```

Para cambiar los pines solo se requiere cambiar el nombre de las declaraciones del ejemplo anterior. Como se puede ver en la declaración inicial solo se necesitan 6 pines para gobernar el LCD, con 4 bits de datos y 2 bits de control, el display cuenta con un tercer pin de control denotado como WR, este pin permite leer si el display está ocupado realizando alguna operación o permite escribir comandos y caracteres [9].

Función	**Descripción**
Lcd_Init()	Inicializa el módulo LCD
Lcd_Out(fila, columna, texto)	Visualiza texto en la posición especificada
Lcd_Out_CP(texto)	Visualiza texto en la posición actual del cursor
Lcd_Chr(fila, columna, caracter)	Visualiza un caracter en la posición especificada
Lcd_Chr_CP(caracter)	Visualiza un caracter en la posición actual del cursor
Lcd_Cmd(comando)	Envía un comando al LCD

Cuadro 2: Funciones en MikroC para LCD

MikroC proporciona una librería para comunicación con el display a través de un interfaz de 4 bits para datos. Para el trabajo con el módulo LCD se debe añadir la librería Lcd, que contiene las funciones listadas en el cuadro 2.

2.2.9 Dip-switch

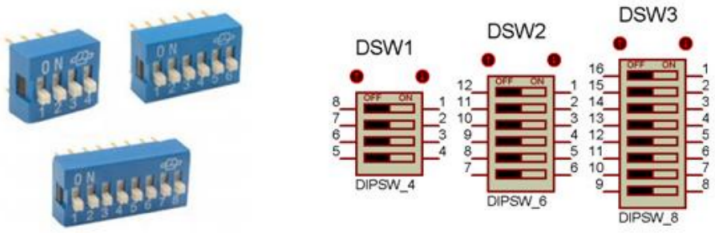

Figura 6: Dip-switch

Los Dip-Switch, son dispositivos mecánicos que contienen múltiples interruptores en un solo encapsulado. Estos dispositivos permiten configurar de forma simple las características binarias de los sistemas microcontrolados. Los Dip-Switch, se consiguen comercialmente en tamaños, colores, y número de interruptores diferentes. La apariencia física y la vista en el simulador ISIS, de estos dispositivos se observa en la figura 6.[9].

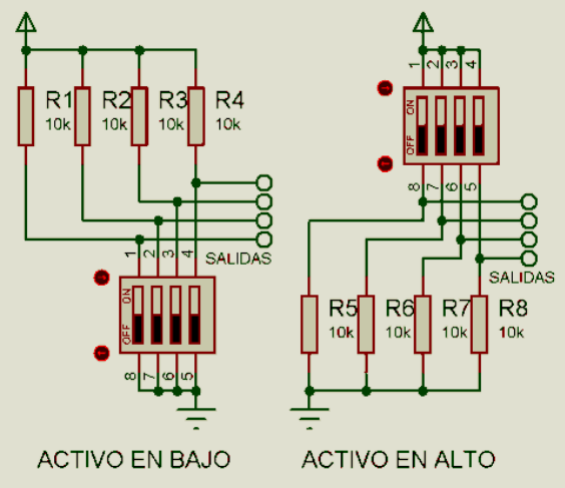

Figura 7: Configuración Dip switch

En el circuito presentado en la figura 7, se puede observar la configuración en alto o en bajo de un dip-switch.

2.2.10 Electroválvulas neumáticas de 2 vías.

Son válvulas neumáticas con dos posiciones de maniobra por membrana. Sus aplicaciones solo precisan abrir o cerrar un conducto para controlar el paso de

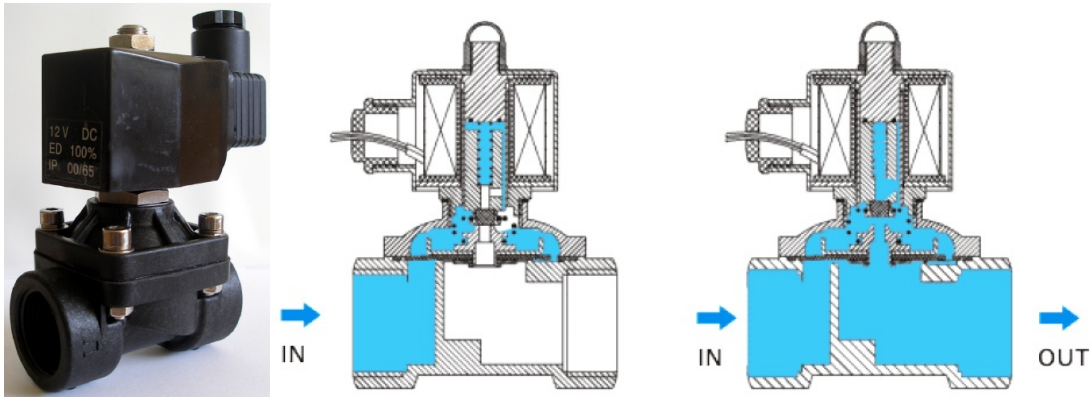

Figura 8: Electroválvula de 2 vías.

aire comprimido, gases o líquidos [12].

Cuando la válvula recibe una señal eléctrica, un campo magnético se forma atrayendo el émbolo que cubre el orificio principal despegándose de este y causando que la presión del sistema disminuya. Como la presión del sistema en la parte superior de la membrana se reduce, la presión total del sistema en el otro lado del diafragma actúa para levantar el diafragma lejos del orificio principal, permitiendo que el medio fluya a través de la válvula. Cuando la válvula se desenergiza, se suelta el émbolo cubriendo el orificio principal. La presión del sistema se acumula en la parte superior del diafragma a través del orificio de purga, forzando al diafragma hacia abajo hasta que cubre el orificio principal y se detiene el flujo de medios a través de la válvula. Figura 8.[11].

2.2.11 Selector Multimonedas HI-09FCSG

Es un monedero electrónico de la marca comercial WEI-YA que es capaz de reconocer hasta 8 monedas diferentes contando con 6 canales paralelos de salida. Para su funcionamiento y control incluye una tarjeta de control PCB-09-02, un cable de señal 10p, un cable de señal 6p y un dipswitch de 5 pines integrado al mismo. El monedero opera con +10VCD ~ +15VCD a 300mA con un consumo máximo de 5 Watts [13].

El dispositivo, observable en la figura 9, funciona en dos modos de trabajo: Modo de Grabado y Modo de Operación.

Figura 9: Selector Multimonedas

2.2.12 Modo de Grabado

CANAL	DIP1	DIP2	DIP3
Canal 1	0	0	0
Canal 2	1	0	0
Canal 3	0	1	0
Canal 4	1	1	0
Canal 5	0	0	1
Canal 6	1	0	1
Canal 7	0	1	1
Canal 8	1	1	1

Cuadro 3: Selección del canal del monedero electrónico

El monedero cuenta con 8 canales para grabar. Cada canal representa una oportunidad para grabar un diferente tipo de moneda. Para que el dispositivo funcione en este modo, previo al encendido del mismo, los pines DIP4 y DIP5 del dipswitch deben de colocarse en la posición ON. Los DIP1, DIP2 y DIP3 nos sirven para seleccionar el canal a manipular y se determina en base al cuadro 3.

Donde 0 nos indica que el DIP correspondiente se encuentra en posición de Off y 1 nos indica que el DIP correspondiente se encuentra en posición de On. Es importante señalar que previo al grabado de un canal, este debe de ser borrado. Para borrar un canal se deben realizar los siguientes pasos:

- Selecccionar el canal a borrar.
- Colocar e DIP4 y DIP5 en posición de ON.
- Energizar el monedero.
- Colocar el DIP5 en posición de OFF.
- Colocar el DIP5 en posición de ON.
- Escuchar la activación del monedero.
- Desenergizar el monedero.

Una vez borrado el canal deseado se puede memorizar un tipo de moneda al mismo. Esto se logra a través de los siguientes pasos:

- Colocar el DIP4 y DIP5 en posición de ON.
- Seleccionar el canal a memorizar por medio de los DIP1 DIP2 y DIP3.
- Encender el monedero electrónico.
- Insertar 10 monedas del mismo tipo por el monedero.
- El magnetismo del monedero se acFinalizativará 3 veces indicando que la operación fue correcta.
- Apagar el monedero electrónico.
- Para grabar otro canal, se deberán repetir los pasos anteriores.

2.2.13 Modo de Operación

Este modo se utiliza para la puesta en marcha del dispositivo en sí y este acepte o rechace las monedas programadas previamente. Para seleccionar este modo los DIP4 y DIP5 deben de ponerse en posición de Off. Para el modo de operación el dispositivo se conecta a la tarjeta de control por medio del cable 10p. Por medio de esta tarjeta de control se alimenta el dispositivo con 12VCD y permite leer 6 canales paralelos correspondientes a igual tipo de monedas memorizadas, da tal manera que cuando el dispositivo acepta una moneda, una señal es enviada al canal correspondiente.

3 Marco Metodológico

3.1 Investigación

En esta sección se presenta la descripción de los puntos principales de la investigación que se usan para la realización de este trabajo.

Planeación: En esta actividad se seleccionan los requisitos con que debe de contar el sistema y, con base en éstos, se desarrolla el tamaño y la estimación de los recursos, identificando las tareas de desarrollo y creando un programa para el desarrollo del proyecto.

Diseño de alto nivel: Se elaboran las especificaciones de construcción para cada componente y se crea un diseño del componente contruyendo prototipos para las interfaces electrónicas y de software a implementar.

Revisión del diseño de alto nivel: Se aplican métodos formales de verificación a errores descubiertos en el diseño realizando mediciones para todas las tareas importantes y los resultados del trabajo.

Desarrollo: Se refinan, revisan y prueban los diseños a nivel de componente manteniendo las mediciones para las tareas importantes y resultados del trabajo.

Análisis de resultados: Se determina la efectividad de los procesos mediante las mediciones realizadas a los prototipos convirtiéndose en una guía para mejorar su efectividad.

3.2 Proyecto

El proyecto al que hace referencia este trabajo es el siguiente:

Para la empresa de agua purificada Osmoplus se requiere un sistema que realice la venta de agua purificada de manera automática.

Una vez que se analizaron los requerimientos del sistema, se propone la creación de dos interfaces electrónicas: una interfaz electrónica principal y otra secundaria.

La interfaz electrónica principal determinaría el costo por llenado de garrafón, el tiempo de apertura de la válvula solenoide y realizaría el cobro por venta del agua purificada comunicándose con la interfaz electrónica secundaria para que pueda realizar sus procesos.

La interfaz electrónica secundaria controlaría los procesos de sanitizado y enjuague del garrafón activando las bombas centrífugas respectivas.

Ambas interfaces en todo momento censarían la presencia del garrafón, la apertura de la puerta y la operación del sistema por parte del usuario consumidor para los procesos de lavado y llenado respectivamente informando siempre el estatus del sistema.

4 Desarrollo

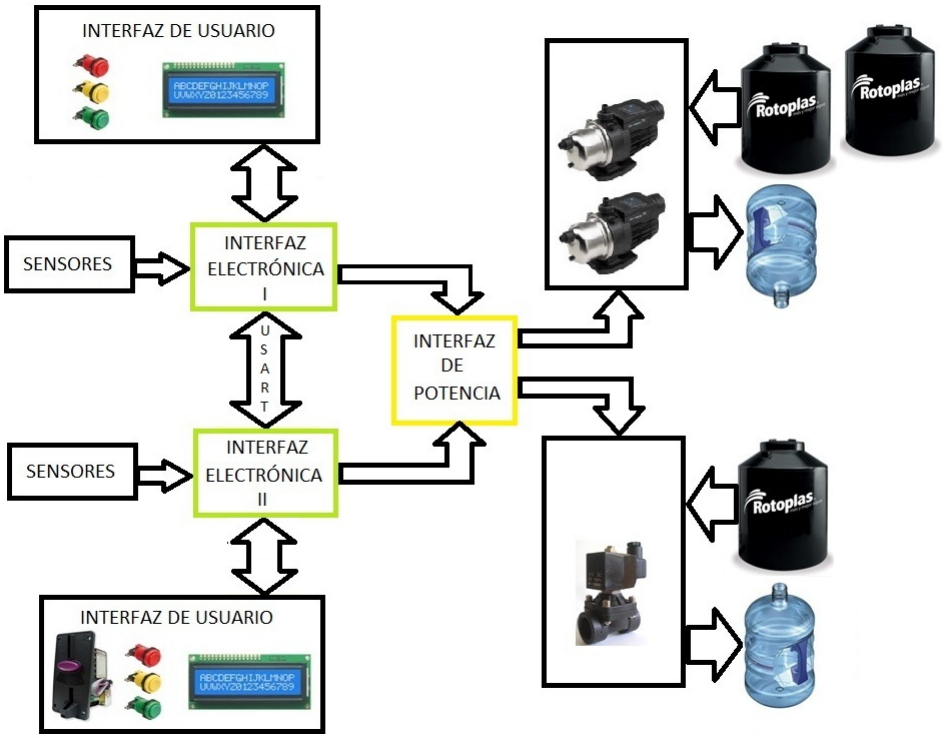

Figura 10: Módulos del Sistema

El prototipo se encuentra integrado por dos interfaces electrónicas basadas en microcontroladores PIC16F877A, que se intercomunican por medio del módulo USART [6]. La función de la interfaz electrónica I es realizar el sanitizado interior de los garrafones. Por otro lado, la interfaz electrónica II se encarga de realizar el cobro del producto a través del selector multimonedas, realizar el proceso de llenado y dar la orden, por medio del módulo USART, a la interfaz electrónica I para que permita el sanitizado del garrafón. Ambas interfaces requieren de una interfaz de potencia para activar dos bombas eléctricas y una válvula solenoide de 127 VCA y 12VCD respectivamente. Figura 10.

4.1 Descripción del módulo de llenado

El módulo de llenado funciona como un sistema maestro en el que, por un lado, el administrador del sistema puede determinar tanto el tiempo de apertura de la válvula solenoide como el costo del producto y por otro, el usuario puede

[6] Universal Synchronous Asynchronous Receiver Transmitter

realizar el pago y autoservicio del agua purificada. Así mismo este módulo se encarga de regular los procesos e indicar al módulo de lavado de garrafones las funciones a realizar.

Por medio del Dip Switch A, el administrador del sistema puede indicar el tiempo de apertura de la válvula solenoide, que puede ser de 40 a 71 segundos y se calcula a través de la ecuación 1.

$$Tiempo_{valvula} = 40 + D1_A + 2(D2_A) + 4(D3_A) + 8(D4_A) + 16(D5_A) \quad (1)$$

Donde:

- $Tiempo_{valvula}$: Es el tiempo en que se llena un garrafón de 19L en el sistema.
- $D1_A$,$D2_A$,$D3_A$,$D4_A$y$D5_A$: Son las posiciones en 0 ó 1 lógico de cada uno de los pines del Dipswitch A respectivamente.

Por medio del Dip Switch B, el administrador del sistema puede indicar el costo del producto, que puede ser de \$5 a \$20 y se determina mediante la fórmula presentada en la ecuación 2.

$$Costo_{producto} = 5 + D1_B + 2(D2_B) + 4(D3_B) + 8(D4_B) \quad (2)$$

Donde:

- $Costo_{producto}$: Es el precio que la empresa asigna al llenado completo de un garrafón de 19L.
- $D1_B$,$D2_B$,$D3_B$y$D4_B$: Son las posiciones en 0 ó 1 lógico de cada uno de los pines del Dipswitch B respectivamente.

Una vez iniciado el sistema, el usuario por medio del selector multimonedas realiza el pago acumulable por el producto con monedas de \$10, \$5, \$2, \$1 y \$0.50 y este es visualizado en la pantalla LCD. Durante el proceso de acumulación del crédito el microcontrolador envía la señal de habillitación del módulo de lavado por medio del módulo USART.

Para iniciar el llenado del garrafón el usuario tiene que colocar el garrafón al interior del gabinete de llenado y cerrar su respectiva puerta. Un sensor infrarrojo monitorea la presencia del garrafón y un sensor magnético, por su parte, constata que la puerta esté cerrada. Posteriormente el usuario deberá oprimir el botón de inicio. En ese momento el sistema aperturará la válvula solenoide que permite el suministro del agua. El tiempo de apertura de la válvula

es proporcional al pago acumulado y si este es menor o igual al costo del producto se calcula en base a la fórmula 3. Si es superior se calcula en base a la fórmula 4.

$$Tiempo_{Apertura} = \frac{(Tiempo_{valvula})(crédito)}{Costo_{producto}} \tag{3}$$

Donde:

- $Tiempo_{Apertura}$: Es el tiempo proporcional de apertura de la válvula solenoide.
- *crédito*: Es la cantidad pagada por el usuario por el suministro agranel de agua purificada.

$$Tiempo_{Apertura} = Tiempo_{válvula} \tag{4}$$

Durante el proceso de llenado, el usuario, por medio de los botones respectivos, puede pausar y reanudar el llenado así como también detenerlo definitivamente.

4.2 Descripción del módulo de lavado

El módulo de lavado funciona como un sistema esclavo que está en espera de la orden del módulo de llenado para que pueda iniciar sus procesos. En él, se controla el proceso de sanitizado del garrafón del usuario, quien, por medio de botones, le indica el inicio, pausado y finalización del proceso.

Para iniciar el sanitizado del garrafón el módulo de llenado tiene qué indicar que existe crédito suficiente para que se lleve a cabo el proceso y el usuario tiene que colocar el garrafón boca abajo al interior del gabinete de lavado y cerrar la puerta respectiva. Un sensor infrarrojo monitorea la presencia del garrafón y un sensor magnético, por su parte, constata que la puerta está cerrada.Posteriormente el usuario deberá oprimir el botón inicio. En ese momento el sistema activa por 20 segundos la bomba que inyecta al interior del garrafón una solución de hipoclorito de sodio al 13 % y posteriormente durante 10 segundos inyecta agua purificada para el enjuague del garrafón.

Durante el proceso de sanitizado del garrafón el usuario, por medio de los botones respectivos, puede pausar y reanudar el sanitizado así como detenerlo definitivamente.

4.3 Diagrama a Bloques Específico

El equipo está compuesto por dos interfaces electrónicas interconectadas que realizan los procesos necesarios para realizar la venta de agua purificada por medio de los parámetros recabado por sensores, botones y selector de monedas enviando la instrucción a la respectiva interfaz de potencia para producir o no la activación de los actuadores. Ver figura 11.

La Interfaz Electrónica I contiene un microcontrolador PIC16F877A, dos dip switches de 4 y 5 pines respectivamente, tres botones, una pantalla LCD, un selector multimonedas, un sensor infrarrojo, un sensor magnético y una interfaz de potencia que se conecta a una válvula solenoide.

Los dip switches envían señales en sistema binario al microcontrolador para programar los tiempos de apertura de la válvula solenoide y costo del producto. Por su parte, el selector multimonedas envía información que es interpretada por el microcontrolador, al aceptar una moneda, asignándole el valor correspondiente. Los sensores determinan la presencia y/o ausencia del garrafón y la apertura de la puerta respectivamente y los botones sirven como dispositivos de entrada para que el usuario maneje el sistema. La pantalla LCD, por su parte, proporciona información del estatus del sistema al usuario. Finalmente, por medio de la interfaz de potencia, el microcontrolador le indica a la válvula solenoide de 12VCA su apertura y el tiempo de activación de la misma.

La Interfaz Electrónica II contiene un microcontrolador PIC16F877A, tres botones, una pantalla LCD, un sensor infrarrojo, un sensor magnético y una interfaz de potencia que se conecta a dos bombas eléctricas. El funcionamiento de los botones y sensores es igual al funcionamiento respectivo en la interfaz electrónica I. Las bombas de agua eléctricas, por su parte, son activadas a través de la Interfaz de Potencia quien suministra los 127VCD necesarios para su funcionamiento.

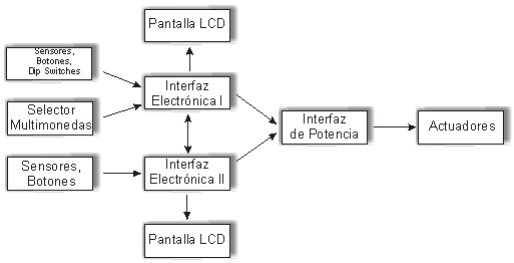

Figura 11: Diagrama a Bloques del sistema

La interconexión de las Interfaces Electrónicas I y II se logran por medio del módulo de comunicación serial USART, empleando la librería UART de MikroC PRO.

4.4 Especificación de casos de uso

- CU-1 Configurar Precio. En la tabla 4 se describe el caso de uso de configurar precio. Figura 12.
- CU-2 Configurar Tiempo Válvula. En la tabla 5 se describe el caso de uso de configurar tiempo válvula. Figura 13.

- CU-3 Pagar Producto. En la tabla 6 se describe el caso de uso de Pagar Producto. Figura 14.
- CU-4 Iniciar Lavado. En la tabla 7 se describe el caso de uso de Iniciar Lavado. Figura 15.
- CU-5 Pausar Lavado. En la tabla 8 se describe el caso de uso de Pausar Lavado. Figura 16.
- CU-6 Detener Lavado. En la tabla 9 se describe el caso de uso de Detener Lavado. Figura 17.
- CU-7 Iniciar Llenado. En la tabla 10 se describe el caso de uso de Iniciar Llenado. Figura 18.
- CU-8 Pausar Llenado. En la tabla 11 se describe el caso de uso de Pausar Llenado. Figura 19.
- CU-9 Detener Llenado. En la tabla 12 se describe el caso de uso de Detener Llenado. Figura 20.

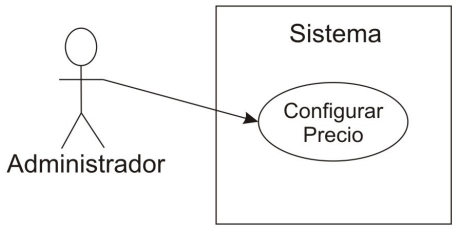

Figure 12: CU-1 Configurar Precio

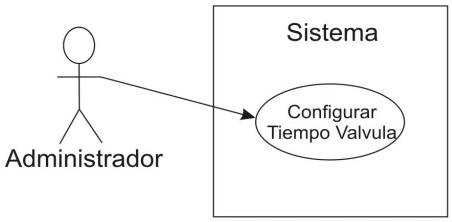

Figure 13: CU-2 Configurar Tiempo Válvula

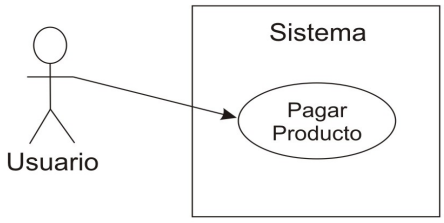

Figure 14: CU-3 Pagar Producto

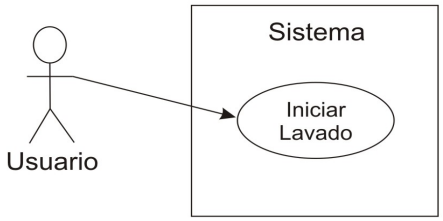

Figure 15: CU-4 Iniciar Lavado

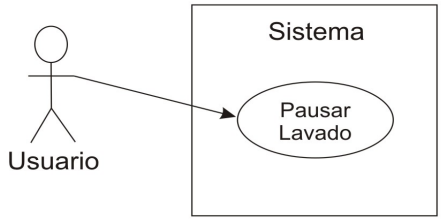

Figure 16: CU-5 Pausar Lavado

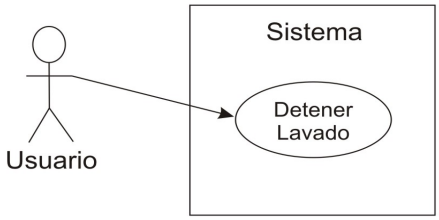

Figure 17: CU-6 Detener Lavado

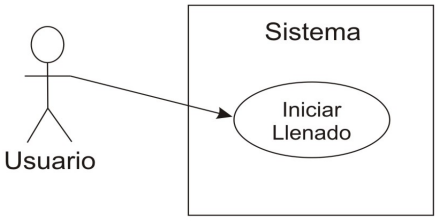

Figure 18: CU-7 Iniciar Llenado

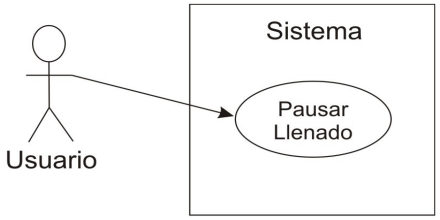

Figure 19: CU-8 Pausar Llenado

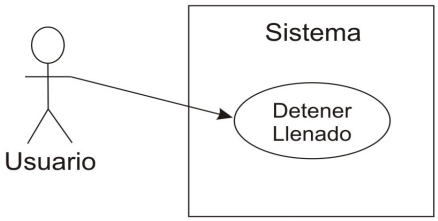

Figure 20: CU-9 Detener Llenado

Nombre del caso de uso	CU-1 Configurar precio
Actores	Administrador
Descripción	El administrador establece el precio que el sistema debe de cobrar por despachar 19 litros de agua purificada
Precondiciones	El sistema debe estar apagado
Flujo principal	El administrador por medio del Dipswitch 1 fija el precio de 19L de agua purificada, cuyo rango es de $5 a $20.
Flujo alternativo	En caso de requerir un precio diferente al rango permitido, el microcontrolador deberá reprogramarse
Postcondiciones	Al iniciar el sistema visualiza en la pantalla LCD el costo del producto durante 5 segundos.
Incluye	No aplica
Extiende	No aplica

Table 4: CU-1 Configurar Precio

Nombre del caso de uso	CU-1 Configurar precio
Actores	Administrador
Descripción	El administrador establece el precio que el sistema debe de cobrar por despachar 19 litros de agua purificada
Precondiciones	El sistema debe estar apagado
Flujo principal	El administrador por medio del Dipswitch 1 fija el precio de 19L de agua purificada, cuyo rango es de $5 a $20.
Flujo alternativo	En caso de requerir un precio diferente al rango permitido, el microcontrolador deberá reprogramarse
Postcondiciones	Al iniciar el sistema visualiza en la pantalla LCD el costo del producto durante 5 segundos.
Incluye	No aplica
Extiende	No aplica

Table 5: CU-2 Configurar Tiempo Válvula

Nombre del caso de uso	CU-3 Pagar Producto
Actores	Usuario
Descripción	El usuario, por medio del selector multi-monedas, introduce su pago propporcional por la cantidad de producto que desee.
Precondiciones	El sistema debe estar en funcionamiento
Flujo principal	El usuario introduce moneda a moneda su pago por el producto.
Flujo alternativo	No aplica.
Postcondiciones	En cuanto el usuario introduce al sistema una moneda, el valor de la misma se visualiza en la pantalla LCD.
Incluye	Iniciar Lavado, Iniciar Llenado
Extiende	No aplica

Table 6: CU-3 Pagar Producto

Nombre del caso de uso	CU-4 Iniciar Lavado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario, por medio del botón de inicio, indica al sistema que comience a llenar el garrafón.
Precondiciones	El garrafón debe estar presente en el gabinete de lavado y el usuario debe pagar antes cuando menos el 50% del Precio de Garrafón.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del lavado se oprime el botón de inicio.
Flujo alternativo	Cuando el sistema está pausado y se desea reanudar el lavado, se debe oprimir nuevamente el botón inicio.
Postcondiciones	Durante el proceso de lavado no se debe abrir la puerta
Incluye	Pausar Lavado, Finalizar Lavado
Extiende	No aplica

Table 7: CU-4 Iniciar Lavado

Nombre del caso de uso	CU-5 Pausar Lavado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario, le indica al sistema que pause el lavado de su garrafón
Precondiciones	El sistema debe estar lavando el garrafón.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del lavado se oprime el botón de pausa.
Flujo alternativo	Si durante el lavado del garrafón se abre la puerta del gabinete correspondiente el lavado de garrafones se pausa.
Postcondiciones	El sistema deja de estar pausado si se oprime nuevamente el botón inicio.
Incluye	No aplica
Extiende	Iniciar lavado

Table 8: CU-5 Pausar Lavado

Nombre del caso de uso	CU-6 Detener Lavado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario detiene definitivamente el lavado del garrafón.
Precondiciones	El sistema debe estar lavando el garrafón.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del lavado se oprime el botón de Finalizar Lavado.
Flujo alternativo	No aplica
Postcondiciones	No aplica
Incluye	Iniciar Llenado
Extiende	Pagar PLavado.roducto

Table 9: CU-6 Detener Lavado

Nombre del caso de uso	CU-7 Iniciar Llenado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario, por medio del botón de inicio, indica al sistema que comience a llenar el garrafón.
Precondiciones	El usuario debe realizar su pago, colocar el garrafón y cerrar la puerta antes de iniciar el llenado.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del llenado se oprime el boton de inicio.
Flujo alternativo	Si el sistema se encuentra pausado, se debe oprimir de nuevo el botón de inicio para continuar llenando.
Postcondiciones	Durante el proceso de llenado no se debe abrir la puerta.
Incluye	Pausar Llenado, Finalizar Llenado
Extiende	No aplica.

Table 10: CU-7 Iniciar Llenado

Nombre del caso de uso	CU-8 Pausar Llenado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario, le indica al sistema que pause el llenado de su garrafón
Precondiciones	El sistema debe estar llenando el garrafón.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del llenado se oprime el botón de pausa.
Flujo alternativo	Si durante el llenado del garrafón se abre la puerta del gabinete correspondiente el llenado de garrafón se pausa.
Postcondiciones	El sistema deja de estar pausado si se oprime nuevamente el botón inicio.
Incluye	No aplica
Extiende	Iniciar llenado

Table 11: CU-8 Pausar Llenado

Nombre del caso de uso	CU-9 Detener Llenado
Actores	Usuario
Descripción	El usuario detiene definitivamente el llenado del garrafón.
Precondiciones	El sistema debe estar llenando el garrafón.
Flujo principal	Desde la interfaz de usuario del llenado se oprime el botón de Finalizar Llenado.
Flujo alternativo	No aplica
Postcondiciones	No aplica
Incluye	Iniciar Llenado
Extiende	Pagar Producto

Table 12: CU-9 Detener Llenado

4.5 Descripción de Procesos de Desarrollo de las interfaces electrónicas

La tarjeta electrónica de llenado es el componente principal del prototipo, su función es hacer la lectura del monedero electronico, los dos dip switches, los tres botones y los dos sensores procesando la información a través del microcontrolador para enviar la señal corespondiente a la pantalla LCD, la válvula actuadora y la tarjeta electrónica de lavado.

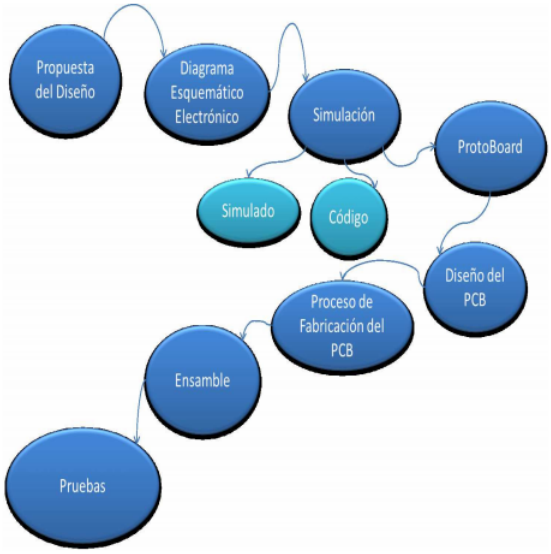

Figura 21: Diagrama de Procesos de Desarrollo

La función de la tarjeta electrónica de lavado es hacer la lectura de los tres botones y los dos sensores procesando la información a través del microcontrolador para enviar la señal corespondiente a la pantalla LCD, las bombas actuadoras y recibir la señal correspondiente de la tarjeta de llenado.

A continuación se describen las actividades para la interfaz electrónica observables en la figura 21:

- P1: Hacer la propuesta del circuito a realizar, en borrador tomando en cuenta todas las consideraciones.
- P2: Elaborar un diagrama esquemático a partir del borrador realizado.
- P3: Realizar la simulación en el programa Proteus, en caso que falle se hace el rediseño del esquemático.
  - Hacer la programación del microcontrolador en Mikro C; en caso de que falle habrá que reprogramar.
    * Programa de Llenado de Garrafones: Generar el código en MikroC para interpretar correctamente las monedas de diversas denominaciones para realizar el cobro acumulado por el producto y gestionar el llenado de los garrafones de agua purificada, indicando por medio del UART al programa de lavado cuando se está en condiciones de que se inicie este proceso alterno.
    * Programa de Lavado de Garrafones: Generar el código en MikroC para gestionar el sanitizado de garrafones recibiendo información por medio de la UART del preograma de llenado.
- P4: Una vez que los pasos anteriores funcionen adecuadamente se arma el circuito en un protoboard para hacer las pruebas de manera física, verificando y corrigiendo con la simulación realizada anteriormente.
- P5: Diseñar el PCB en el software de diseño electrónico ARES.
- P6: Se implementa haciendo el proceso de fabricación
- P7: Se ensambla la tarjeta.
- P8: Se realizan las pruebas.

El programa del microcontrolador para el lavado de garrafones puede analizarse en el diagrama de flujo mostrado en la figura 22, mientras que el diagrama de flujo correspondiente al programa para realizar el llenado del garrafón se presenta en la figura 23.

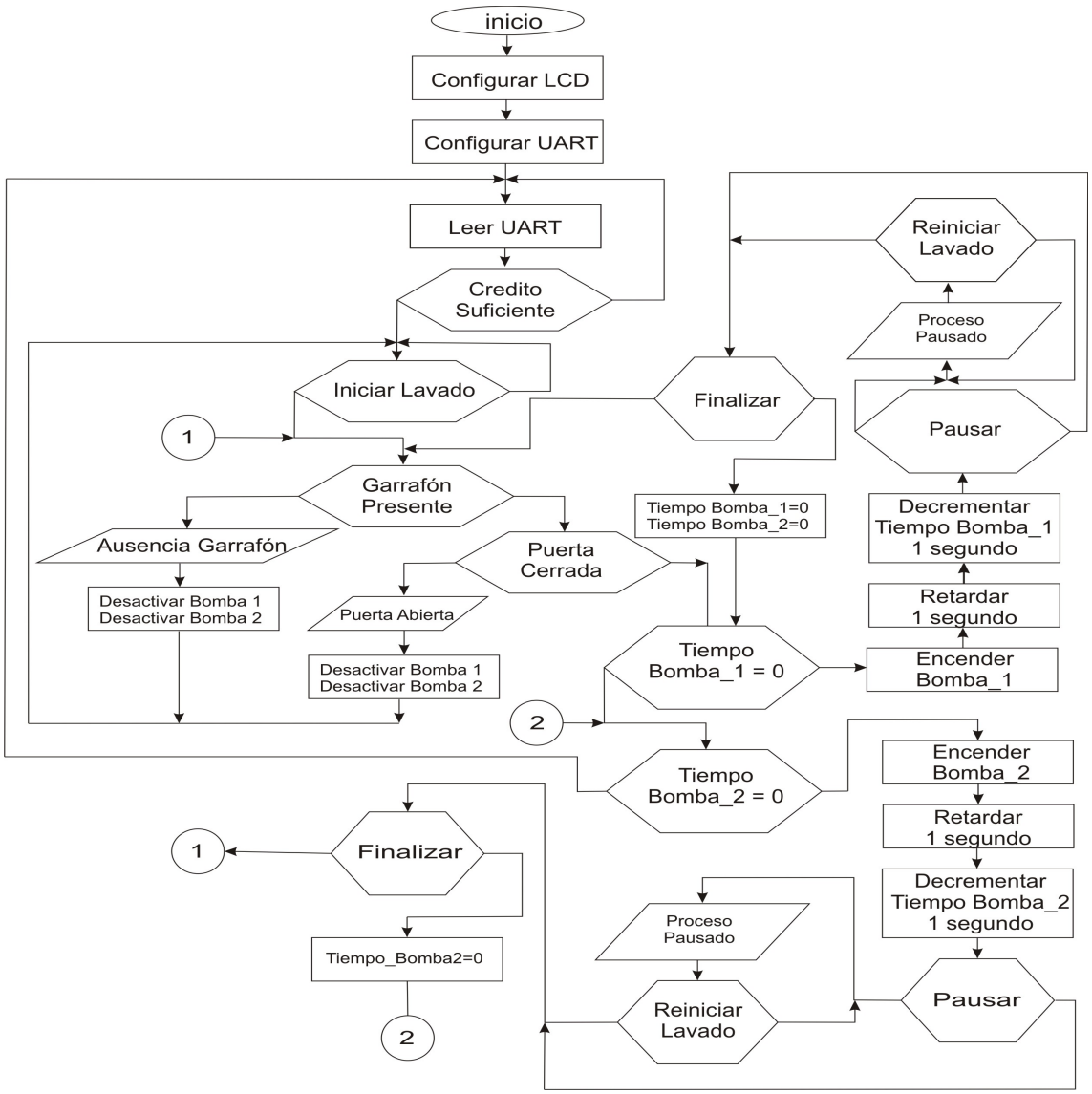

Figure 22: Diagrama de flujo del programa de Lavado.

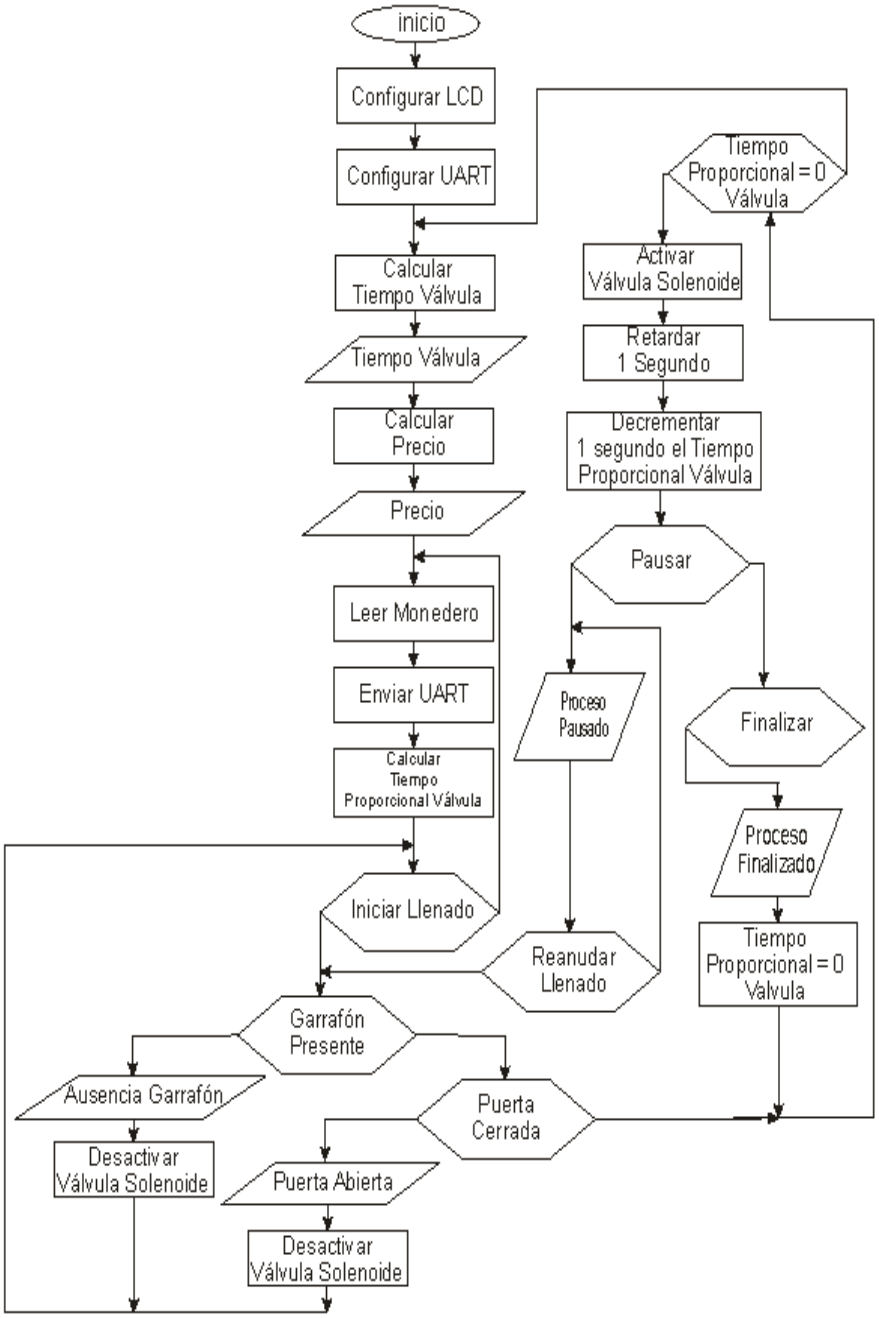

Figura 23: Diagrama de flujo del programa de Llenado

5 Resultados

5.1 Prototipo de las interfaces electrónicas

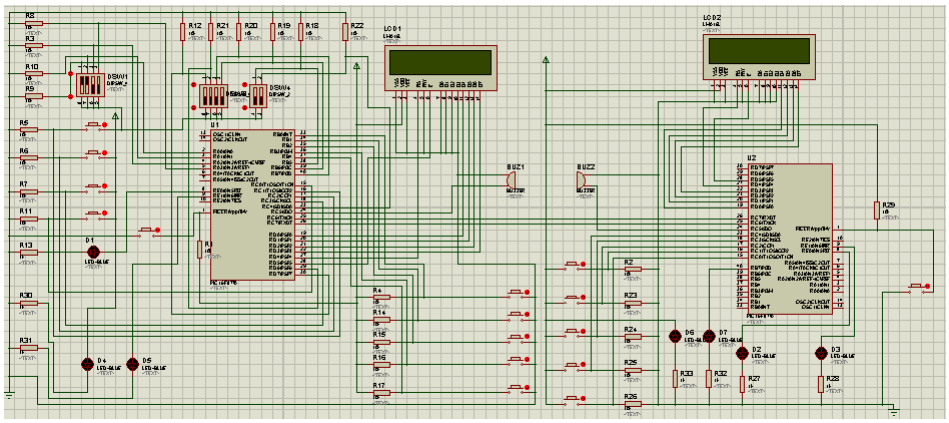

Figura 24: Diseño Esquemático del Sistema

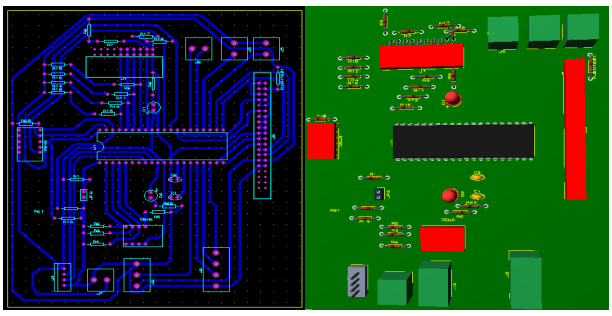

Figura 25: Diseño de Placa PCB en ARES y Vista 3D

La figura 24 nos muestra el diseño esquemático del sistema creado con la herramienta Isis Proteus. Por su parte, en la figura 25 se presenta el diseño del PCB del diseño de la intefaz electrónica y su vista en 3D.

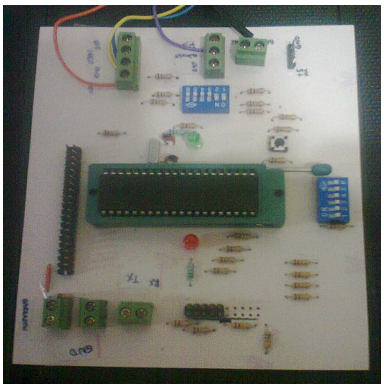

Figure 26: Tarjeta Electrónica

Una vez hechos los diseños se elaboraron 2 tarjetas electrónicas similares (Figura 26) cada una programada para que realice las funciones descritas en la sección 3.2.

Para la implementación del sistema la empresa realizó la adecuación de sus instalaciones construyendo un local específico para realizar la venta automatizada del agua. En esta construcción además de considerar las especificaciones marcadas en las Normas Oficiales Mexicanas, se consideraron los espacios para la colocación de todos los componentes.

Figure 27: Gabinetes de Lavado y Llenado

Para el lavado como para el llenado de garrafones se construyó un gabinete especial forrado de acero inoxidable equipado con puertas de aluminio y cristal,

con interior redondeado para facilitar su limpeza y desinfección y se contempló su panel para control de usuario (Figura 27).

Con el fin de proteger los componentes de actos bandálicos o intento de robo de los mismos, su colocación se realizó en gabinetes construidos a base de cemento y, por estética, son parte integral del local. Cabe hacer mención que todos los componentes, están asegurados por dentro de la planta y el usuario únicamente puede manipular los páneles de control.

5.2 Pruebas

Prueba	Tiempo de Llenado
Garrafón 1	**00:01:20.37**
Garrafón 2	**00:01:20.85**
Garrafón 3	**00:01:21.54**
Garrafón 4	**00:01:23.98**
Garrafón 5	**00:01:24.84**
Garrafón 6	**00:01:26.35**
Garrafón 7	**00:01:29.08**
Garrafón 8	**00:01:30.25**
Garrafón 9	**00:01:31.62**
Garrafón 10	**00:01:33.78**

Cuadro 13: Tiempos de las Pruebas de Llenado Manual

Para determinar el tiempo de llenado de un garrafón de 19 litros se cronometraron 10 pruebas de llenado manuales. Como se observa en el cuadro 13 los tiempos de llenado ente un garrafón y otro fueron diferentes debido a la pérdida de presión ocasionada por la disminución de líquido en el sistema.

Considerando lo anterior se determinó que el tiempo de llenado de un garrafón será de 00:01:20.00 y, para no tener problemas por pérdida de presión, el sistema hidráulico de la planta tiene que estar compensando inmediatamente la cantidad de líquido que está siendo despachado.

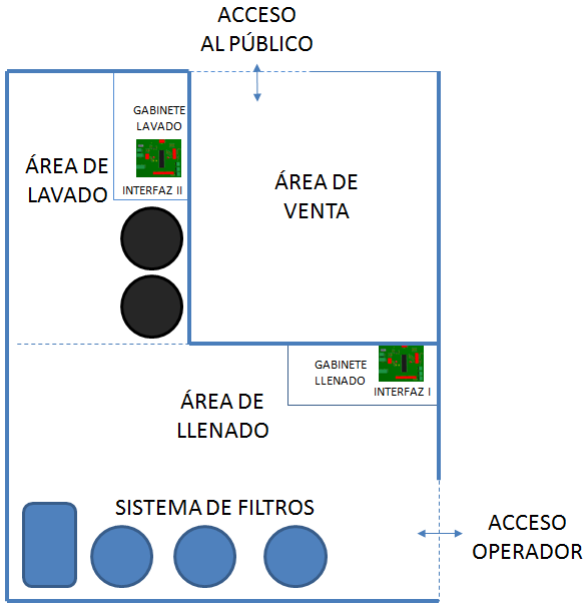

Figura 28: Instalaciones Osmoplus

Se realizaron pruebas al sistema en las que se pudo constatar el correcto funcionamiento de la lectura del selector multimonedas, el tiempo de llenado por garrafón, los sensores y, la comunicación entre las interfaces electrónicas de lavado y llenado.

Se realizaron pruebas sobre el funcionamiento, lectura de datos, obtención de coordenadas, elaboración de la trama de datos y el envío de éstos mediante el módulo GPRS, de los cuales el resultado fue satisfactorio.

5.3 Presentación de los Datos

La programación de los microcontroladores se realizó con MikroCPro debido a que presenta un compilador de alto nivel que facilita la edición creación de programas brindando una amplia variedad de ayudas y herramientas que facilitan la creación de aplicaciones para los microcontroladores PICMicro.

Figura 29: Panel de control del usuario

La figura 29 nos muestra el panel de control que corresponde a la interfaz de usuario para el llenado de garrafones, en ella se ilustran los pasos a seguir para llenar el garrafón y el tipo de monedas que acepta el sistema, contiene el selector multimonedas, los botones de control y la pantalla LCD.

A continuación se enlistan las principales pantallas que el sistema nos muestra correspondientes al estatus del sistema.:

- Figura 30 Tiempo de Apertura de la Válvula; Indica el tiempo que al sistema le toma para llenar un garrafón de 19 litros y que fue previamente configurado por el administrador.
- Figura 31 Precio del Garrafón: Indica el costo de 19 litros de agua purificada.
- Figura 32 Crédito: Muestra al usuario los pesos acumulados que ha introducido por el monedero.
- Figura 33 Llenando: Durante el llenado esta pantalla presenta un conteo regresivo por segundo, del tiempo restante para que se termine de dispensar el agua purificada.
- Figura 34 Proceso Pausado: Indica al usuario la suspención temporal del llenado de agua.

Figura 30: Tiempo de la Válvula

Figure 31: Precio del Garrafón

Figure 32: Crédito

Figure 33: Llenando

Figure 34: Proceso Pausado

6 Conclusiones

Con la implementación de dos interfaces electrónicas basadas en microcontrolador, se logró realizar un sistema automatizado de venta de agua purificada en el que se realiza el sanitizado y llenado de garrafones.

Los resultados obtenidos confirman el planteamiento de la hipótesis debido a que la implementación de interfaces electrónicas basadas en microcontrolador permiten a la empresa de agua Osmoplus establecer un esquema de venta novedoso disminuyendo riesgos de contaminación asociados al personal en los procesos de lavado y llenado de garrafones optimizando el uso de la energía eléctrica y el agua purificada.

Al concluir satisfactoriamente las pruebas se concluye lo siguiente

El sistema implementado permite la disponibilidad del agua purificada durante las 24 horas beneficiando principalmente a los consumidores.

Se disminuyen costos de operación transmitiendo los beneficios económicos a los consumidores al brindarles un producto más económico comparado con los similares con reparto a domicilio.

Se genera un modelo comercial replicable para que la empresa de agua purificada Osmoplus implemente el esquema de venta automatizada de sus productos.

Se optimiza el uso de energía eléctrica asociado a la utilización de bombas al tener el control de tiempos de encendido de las mismas para el proceso de lavado de garrafones.

Se optimiza el uso de agua purificada evitando que esta se derrame al tener el control de tiempos de encendido de la válvula solenoide durante el proceso de llenado de garrafones.

7 Recomendaciones

El uso de interfaces electrónicas basadas en microcontroladores abre un enorme campo en la industria del agua purificada; con ellas se pueden desarrollar no solo la automatización del llenado y lavado de garrafones sino también procesos como la cloración, producción, mantenimientos de retrolavados de equipos de filtración e inclusive monitoreos de parámetros que midan la calidad del agua; además al emplearlas pueden servir para elaborar diversas bitácoras electrónicas exigidas en las normas oficiales de salud.

8 Referencias

Referencias

[1] Norma Oficial Mexicana NOM-201-SSA1-2002, Productos y Servicios. Agua y hielo para consumo humano, envasados y a granel. Especificaciones Sanitarias.

[2] CRUZ BUTRÓN, Leopoldo, "Control electrónico de válvulas hidráulicas a través de un ordenador", Tesis de Ing. en Comunicaciones y Electrónica, Instituto Politécnico Nacional, México, Octubre 2009.

[3] TORRES HERNÁNDEZ, Óscar Iván, TORRES FERMIN, Luis, DEL VALLE GONZÁLEZ, Alberto, CRUZ MEJÍA, Óscar y SÁNCHEZ GONZÁLEZ, Genaro, "Automatización de una envasadora de garrafones de 20L de agua purificada", Tesis de Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, México, Agosto 2009.

[4] GARCÍA MENDOZA, Óscar Adán, GERRERO ARTEGA, Rafael y LEÓN BORGES, Rafael, "Máquina para Micheladas", Tesis de Ingeniería Mecánica, Instituto Politécnico Nacional, México, Octubre, 2009.

[5] ASUNCION, Raphael M., PRODIGALIDAD, Ryan D., RAMIREZ, Danuel V. y TOMELDEN JR., Luisito R., "An automated microcontroller-based cocktail mixer and dispenser", DLSU Engineering e-Journal, Vol.1, No.1, pp. 111-125, Marzo 2007.

[6] PINO VALLARROEL, Julián Antonio, "Propuesta de Automatización y Control para la Planta de Inyección de Agua Salada de la Estación de Descarga Bared-8, perteneciente al Disrito Múcura", Tesis de Ingeniería de Sistemas, Universidad de Oriente, España, Abril 2009.

[7] CABRERA, Víctor Hugo y DURÁN, Carlos Francisco, "Diseño y Construcción de un Prototipo de Plataforma de Venta Automatizada", Tesis de Ingeniería Mecánica, Universidad San Francisco, Ecuador, Noviembre 2010.

[8] HERNÁNDEZ LÓPEZ, Roberto Ángel, PÉREZ CHACÓN, Juan Carlos y SÁNCHEZ GARCÍA, Yessenia, "Proyecto Final Monedero Electrónico", Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez, México, Junio 2011.

[9] CLAVIJO MENDOZA, Juan Ricardo, Diseño y simulación de sistemas microcontrolados en lenguaje C, 1a. ed., Colombia, Mayo 2011.

[10] Consultado en: http://www.utp.edu.co/~eduque/arquitec/PIC16F877.pdf

[11] Consultado en: http://www.stcvalve.com/STC-DOWNLOAD/2P160-250.pdf

[12] MILLÁN, Salvador, Automatización Neumática y Electroneumática, Marcombo Boixareu Editores, España, 1995.

[13] Multi-coin Selector (HI-09UCS/HI-09FCS), Huai I Electronics.

[14] PONSA, Pere y GRANOLLERS, Antoni, Diseño y Automatización Industrial, Universidad Politécnica de Catalunya, España.

[15] ORDAX CASSÁ, Javier, "Automatización de Procesos Industriales", Proyecto de fin de la Carrera de Ingeniría Informática, Universidad Pontificia Comillas, España, Junio 2005.