



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL

TRABAJO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE:

INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES

TEMA: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA
AUTOMATIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

AUTOR/ A: HENRY JAVIER TUL TIPÁN

TUTOR/ A: PhD. René Alberto Cañete Bajuelo

AÑO: 2016

CARRERA/PROGRAMA:	ELECTRÓNICA DIGITAL Y TELECOMUNICACIONES.
AUTOR:	HENRY JAVIER TUL TIPÁN.
TEMA DEL TT:	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL.
ARTICULACIÓN CON LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	TECNOLOGÍA APLICADA A LA PRODUCCIÓN Y SOCIEDAD.
SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN INSTITUCIONAL:	DESARROLLO DE SISTEMAS AUTOMÁTICOS PARA LA MEJORA DE PRODUCCIÓN.
ARTICULACIÓN CON EL PROYECTO INSTITUCIONAL DEL ÁREA:	DESARROLLO DE SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA PRODUCCIÓN DE CERVEZA ARTESANAL.
FECHA DE PRESENTACIÓN DEL PLAN:	17 de mayo de 2015

DEDICATORIA

La vida está formada de hitos que dan sentido a la existencia. Este es uno de ellos. Que esta meta cumplida no sea solo mía, sino nuestra. Dedicado a ti mi amado hijo Elián.

HENRY J. TUL

RESUMEN

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA ELABORACIÓN DE CERVEZA ARTESANAL

Ante la perspectiva de emprendimiento de una micro empresa para la elaboración y expendio de cerveza artesanal, al no contar esta con un mecanismo que permita automatizar el proceso de elaboración de la misma y evitar la manipulación directa del producto con cada una de las personas que participan en dicho proceso; surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema electrónico con el objetivo de controlar de forma automatizada cada uno de los pasos de elaboración de la bebida y de esta manera conseguir homogeneidad y lograr cumplir los estándares de calidad y correcta salubridad del producto para la obtención los permisos emitidos por el ente regulador en el Ecuador.

En el presente documento se detalla el diseño, construcción y posterior implementación del sistema prototipo, el mismo que está construido en su parte física estructural en acero inoxidable, cumpliendo de esta forma con las más altas exigencias de los organismos de certificación sanitaria.

El sistema electrónico dispone de un bloque de control que fue desarrollado sobre un Arduino Mega 2560 que es una plataforma de hardware libre, siendo esta una placa con un microcontrolador programable y puertos de entrada y salida en la cual se ha cargado el software con las instrucciones necesarias de funcionamiento, la misma que en conjunto con un LCD Keypad shield, un termómetro digital DS18B20, un SSR y un grupo de cuatro sensores de nivel permiten llevar a cabo el manejo de cada uno de los actuadores que se detallan en:

Un motor que mueve un grupo de paletas para el mezclado de la malta y agua para la obtención del mosto, una niquelina de inmersión usada para los procesos de macerado y cocción del mismo, dos bombas centrífugas para la recirculación y descarga del líquido, tres electroválvulas, dos ventiladores unidos a un radiador que permitirán enfriar el mosto para su primera fermentación. Siendo esto en conjunto general la presentación del resultado total del proyecto en marcha.

De forma adjunta se presenta el funcionamiento del equipo a manera de guía y manual de usuario, un cuadro de mensajes, acciones y procedimientos del sistema que permiten conocer las operaciones a seguir en caso de un fallo o error del sistema.

De la misma manera, un cuadro de análisis de costos y tiempos de producción manual frente a la automatizada y un análisis de retorno de inversión del equipo. Terminando con las conclusiones y recomendaciones correspondientes al presente proyecto.

DESCRIPTORES

- Prototipo.
- Sistema Automatizado.
- Elaboración.
- Cerveza Artesanal.

SUMMARY

DESIGN AND IMPLEMENTATION OF THE PROTOTYPE OF AN AUTOMATED SYSTEM FOR THE ELABORATION OF CRAFT BEER

Faced with the prospect of entrepreneurship of a micro enterprise for the elaboration and expense of craft beer, not counting this with a mechanism that allows to automate the process of preparation of it, and to avoid direct manipulation of the product by each of the persons involved in this process; emerges the need to design and implement an electronic system with the aim of controlling in an automated way each of the steps for the elaboration of the drink and in this way achieve homogeneity and reach the standards of quality and proper hygiene of the product to obtain the permits issued by the regulating entity in Ecuador.

The present document details the design, construction and subsequent implementation of the prototype system, which is built on its structural physical part in stainless steel, thus fulfilling with the highest demands of sanitary certification bodies.

The electronic system provides a control block that was developed on an Arduino Mega 2560 which is a free hardware platform, this being a electronic plate with a programmable microcontroller and ports of entry and exit on which the software is loaded with the necessary operating instructions, which, in conjunction with an LCD Keypad shield, a digital thermometer DS1820, an SSR, and a group of four level sensors allow to carry out the management of each of the actuators which are detailed in:

A motor that moves a group of palettes for mixing malt and water to obtain the must, a nickeling of immersion used for the process of macerating and cooking of it, two centrifugal pumps for recirculation and discharge of liquid, three solenoid valves, two fans attached to a radiator that will allow to cool the must for its first fermentation. This being in general the presentation of the total result of the project undertaken.

Attached form presents the performance of the equipment as a guide and user manual, a message box, actions and procedures of the system that allows to know the operations to be followed in the event of a failure or system error.

In the same way, a table of cost analysis and times of physical production compared to the automated one, and an analysis of return on investment of the equipment. Ending with the corresponding conclusions and recommendations to the present project.

DESCRIPTORS

- Prototype.
- Automated System.
- Elaboration.
- Craft Beer.

ÍNDICE

1	INTRODUCCIÓN.....	1
1.1	Antecedentes	1
1.2	Problema Investigado	2
1.3	Objetivos.....	4
1.3.1	Objetivo General	4
1.3.2	Objetivos Específicos	4
1.4	Del problema investigado	4
1.4.1	Problema principal	4
1.4.2	Problema secundario	5
1.5	De la formulación del problema	5
1.6	De la hipótesis.....	5
1.7	De los objetivos	5
2	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA.....	7
2.1	Del Marco teórico	7
2.1.1	Sistemas de control automático	7
2.1.2	Clasificación de los sistemas de control	7
2.1.3	Términos Básicos	8
2.1.4	Elementos de un sistema de control	8
2.1.5	Módulos generales de Control de lazo cerrado	9
2.1.6	Módulo de supervisión.....	9
2.1.6.1	Pantalla LCD.....	10
2.1.6.2	Teclado matricial	11
2.1.6.3	LCD Keypad Shield	12
2.1.7	Módulo de control	13
2.1.7.1	El microcontrolador.....	13
2.1.7.2	Arduino	14
2.1.7.3	Sensor.....	14
2.1.7.3.1	Interruptores de Nivel tipo flotador magnético.....	15
2.1.7.3.2	Sensor de temperatura	16

2.1.7.3.3	Sensor digital o de circuito integrado.....	18
2.1.7.3.4	Termómetro digital DS1820.....	18
2.1.7.4	Actuadores.....	19
2.1.7.4.1	Resistencias de calentamiento	19
2.1.7.4.2	Actuadores electromagnéticos.....	20
2.1.7.4.3	Relés	20
2.1.7.4.4	SSR - Relevador de estado sólido.....	21
2.1.7.4.5	Electroválvula	22
2.1.7.4.6	Bombas centrífugas	22
2.1.8	Proceso productivo industrial	23
2.1.9	Proceso productivo artesanal	24
2.1.10	Historia de la cerveza	24
2.1.11	La cerveza artesanal y la cerveza industrial.	25
2.1.12	Características generales entre la cerveza artesanal e industrial.	25
2.2	De la fundamentación teórica	26
2.2.1	Plan Nacional Para el Buen Vivir	26
2.2.2	Normativas básicas de buenas prácticas de manufactura	26
2.3	Del marco metodológico	27
2.4	De las justificaciones.....	28
3	PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	29
3.1	Etapas de diseño	29
3.2	Hardware.....	29
3.3	Software	37
3.4	Diseño mecánico.....	38
3.5	Etapas de montaje e implementación	39
3.5.1	Tarjeta interfaz	39
3.5.2	Tarjeta de suministro de voltaje y protección.....	40
3.5.3	Módulos de control	41
3.5.4	Implementación de los elementos en los tanques terminados.....	42
3.5.5	Funcionamiento general del equipo guía de usuario.....	46
3.5.6	Procesos, mensajes, acciones y procedimientos en el sistema.....	51

3.5.7	Análisis de costos y retorno de inversión	55
3.5.8	Eficiencia del sistema prototipo	58
CONCLUSIONES		59
RECOMENDACIONES.....		60
BIBLIOGRAFÍA		61
ANEXOS		63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Elementos de un sistema de control.....	7
Figura 2. Módulos generales de un sistema de control de lazo cerrado.....	9
Figura 3. Partes y componentes de una pantalla LCD	10
Figura 4. LCD 2x16.....	11
Figura 5. Teclado Matricial	11
Figura 6. LCD Keypad Shield	12
Figura 7. Disposición del conjunto de botones de entrada y resistencias asociadas en el Keypad Shield	13
Figura 8. Sensor flotador magnético	16
Figura 9. Flotador magnético en ángulo	16
Figura 10. Resistencias de calentamiento por inmersión.....	20
Figura 11. Relé. Vista en corte y símbolo	21
Figura 12. Relé de estado Sólido	22
Figura 13. Electroválvula	22
Figura 14. Bomba centrífuga acero inoxidable	23
Figura 15. Proceso Productivo	23
Figura 16. Arduino Mega 2560	29
Figura 17. LCD Keypad shield.....	30
Figura 18. Módulo de 8 relés	30
Figura 19. Diagrama de circuito de la tarjeta interfaz	31
Figura 20. Sensor de temperatura y de nivel de líquidos	31
Figura 21. Visión de pistas de la placa interfaz	32
Figura 22. Diagrama de circuito de la placa de suministro y protección	35
Figura 23. Visión de pistas de la placa de suministro y protección	35
Figura 24. Actuadores	36
Figura 25. Esquema básico del sistema	37
Figura 26. Flujograma del proceso.....	38
Figura 27. Estructura general del sistema de elaboración de cerveza artesanal	39
Figura 28. Placa interfaz para Arduino y módulo relés	40
Figura 29. Implementación placa interfaz para Arduino y módulo relés	40
Figura 30. Vista de pistas de la placa de suministro y protección.....	41
Figura 31. Implementación placa suministro y protección.....	41
Figura 32. Módulo general de control.....	42
Figura 33. Tablero de control instalado.....	42
Figura 34. Motor mezclador y sensor de nivel de líquido	43

Figura 35. Relé de estado sólido para el control de la niquelina de inmersión.....	43
Figura 36. Niquelina de inmersión.....	44
Figura 37. Bomba centrífuga de 1HP.....	44
Figura 38. Radiador y ventiladores transductor de calor.....	45
Figura 39. Sistema Completo para la elaboración de cerveza artesanal.....	45
Figura 40. Pantalla inicial.....	46
Figura 41. Mensaje de revisión de sensores.....	46
Figura 42. Mensaje de ingreso de temperatura máxima.....	47
Figura 43. Mensaje de ingreso el tiempo para el macerado.....	47
Figura 44. Botonera de selección.....	47
Figura 45. Mensaje de llenando tanque.....	48
Figura 46. Mensaje de aviso del inicio del macerado.....	48
Figura 47. Mensaje de temperatura máxima. Temperatura actual y tiempo de macerado para obtención del mosto.....	49
Figura 48. Conector sensor de nivel. Canastilla filtro. Motor y sensor de nivel.....	49
Figura 49. Mensaje de inicio del tiempo de cocción de la cerveza.....	50
Figura 50. Temperatura de cocción y tiempo de cocción.....	50
Figura 51. Temperatura del mosto en el tanque y valor de la temperatura a ser enfriado el mosto.....	50
Figura 52. Aviso de descarga del tanque.....	51
Figura 53. Aviso de fin de proceso.....	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Tabla de voltajes, amperajes y protecciones.....	33
Tabla 2. Tabla de procesos, mensajes, acciones y procedimientos en el sistema	54
Tabla 3. Tabla de costo total del equipo	55
Tabla 4. Detalle de valores para el cálculo de costo de producción de cerveza artesanal	56
Tabla 5. Tabla de constante tarifaria EEQ	56
Tabla 6. Tabla general de cálculos de tiempo de retorno de inversión.....	57
Tabla 7. Eficiencia en producción del sistema prototipo frente a producción manual. .	58

1 INTRODUCCIÓN

El proyecto comprende el diseño, construcción e implementación de un sistema electrónico prototipo que permita la automatización del proceso de fabricación de cerveza artesanal.

El dispositivo de control será desarrollado sobre un Arduino Mega 2560 que es una plataforma de hardware libre diseñada para aplicaciones de electrónica en proyectos multidisciplinarios, basada en una placa con un microcontrolador programable, puertos de entrada y salida y un entorno de desarrollo integrado. En la cual se encuentra cargado el software con las instrucciones para el manejo de los actuadores, dependiendo de las variables o constantes de entrada. Un LCD Keypad Shield que es una pantalla LCD con seis pulsadores que permitirá la visualización e ingreso de las variables en el sistema.

El dispositivo permitirá controlar automáticamente los diferentes actuadores en los procesos de maceración, cocción, enfriamiento, filtrado y finalmente la descarga del líquido al tanque de fermentación de cerveza.

El sistema prototipo podrá ser usado para la fabricación de cualquier tipo o variante de cerveza artesanal.

1.1 Antecedentes

La cerveza por su característica refrescante, por sus aromas, sabores y variedades se ha convertido a nivel mundial en una de las bebidas de moderación con mayor aceptación y consumo. El mercado ecuatoriano no ha sido la excepción.

La empresa cervecera predominante en el Ecuador es Cervecería Nacional, ubicada en Guayaquil, una subsidiaria de SABMiller PLC desde el 2005. Ésta posee casi la totalidad del mercado de ventas con su cerveza rubia tipo Pilsen, con un grado alcohólico de 4,2°, como la más representativa.

Aunque existen marcas de cervezas industrializadas fuertemente posicionadas en el mercado global, el consumidor ha vuelto los ojos a una variante altamente atractiva en este tipo de bebida. La cerveza artesanal. Que en comparación con la procesada industrialmente, en ésta la inclusión de algún tipo de aditivo químico artificial es inexistente, obteniendo características especiales que la hacen diferente. Considerando también que su elaboración por ser artesanal se la realiza en bajas cantidades esto

permite un cuidado personalizado y escrupuloso de cada uno de los detalles, desde los ingredientes, hasta los aspectos más minuciosos del proceso dando como resultado una cerveza alta en aromas, texturas y sabor.

Hace pocos años negocios de fabricación de cerveza artesanal no existían en el país. Ahora hay un aproximado de 42 micro-cervecerías artesanales y al menos la mitad se encuentran funcionando en Quito. *“Cada vez hay más gente interesada en hacer cervezas (...) va a crecer enormemente. En los próximos años quizá pasemos a tener 100 o 150 cervecerías”, dijo Fabián Gorostiaga, representante de la Sociedad Ecuatoriana de Cerveceros Artesanales (SECA, que está próxima a cambiar su denominación).* (Enríquez, 2014)

Esta perspectiva de mercado ha impulsado a la señorita Sherezada Arahí Cadena Garzón, Persona Natural, con número de Registro Único de Contribuyente (RUC) 1725799025001 cuya Actividad Económica Principal es la de SERVICIOS DE VENTA DE COMIDAS Y BEBIDAS PREPARADAS. En sociedad con el señor Alejandro Galán, plantear un proyecto de micro emprendimiento cuyo objetivo principal es la fabricación, distribución y expendio de cerveza artesanal en bares y establecimientos permitidos de hacerlo en el sector tradicional de la Ronda en el centro de Quito.

1.2 Problema Investigado

Actualmente la elaboración artesanal de la cerveza, en sus diferentes tipos, se realiza totalmente de forma manual. Las personas que están encargadas de producirla, tienen contacto totalmente directo con cada uno de los ingredientes.

La primera fase denominada *macerado*, consiste en mezclar los granos malteados con agua caliente entre 65°C (temperatura dependiendo de la receta a usar), para obtener un líquido dulce que es conocido como "mosto". El mezclado se lo realiza de manera manual con una paleta de madera y el control de la temperatura con un termómetro que permite saber si retirar o volver a colocar el recipiente en la fuente de calor.

La segunda fase conocida como *cocción*, consiste en llevar el líquido previamente filtrado a otro recipiente para someterlo a temperaturas de ebullición por aproximadamente 90 minutos, aquí se colocará progresivamente en el tiempo los lúpulos para aportación de aroma y amargor realizando una mezcla suave.

La tercera fase dentro del proceso es el *enfriamiento*, en el cual el líquido tiene que reducir su temperatura en el menor tiempo posible de entre 15°C a 12°C. Este procedimiento se lo realiza ingresando manualmente el recipiente dentro de agua fría o ingresar dentro del líquido un serpentín con recirculación de agua con temperatura baja para mediante transferencia de calor lograr reducir la temperatura al valor requerido.

En esta fase del proceso se toma una muestra del líquido en una probeta, y usando un densímetro se realiza la primera medición para calcular el grado de alcohol que va a contener la cerveza según la receta.

La cuarta fase es la *primera fermentación*, el líquido reducido en temperatura se coloca manualmente en el recipiente en donde va a reposar por una semana en un sitio fresco y seco. Se coloca aquí la levadura la cual transforma los azúcares fermentables del mosto en alcohol y gas carbónico. El recipiente debe ser herméticamente sellado y estar provisto de un air-lock o trampa de aire, la misma que permite escapar los gases de fermentación y evitar la contaminación. Esta etapa es muy delicada por la posible contaminación de agentes externos y bacterias que dañarían el producto final, motivo por el cual se debe tener mucho cuidado en su manipulación.

Al terminar esta fase del proceso se toma una muestra del líquido en una probeta y usando el densímetro se controla la cantidad de alcohol que va a contener la cerveza aplicando una relación entre las la dos muestras de densidades sobre el volumen de la muestras, de esta manera nos permite conocer el porcentaje de alcohol.

El último paso es el embotellado o embotellado, conocido como la *segunda fermentación o carbonatación*, la cerveza se envasa en botellas o en barril, se coloca un porcentaje de azúcar para lograr la espuma y gas característico de la cerveza. Se la deja reposar en un lugar de ambiente fresco y seco por entre dos a tres semanas para obtener ya el producto terminado.

Los diferentes pasos como: el control de temperatura, el batido del grano en el agua de maceración para obtener el mosto, el traspaso del líquido a los distintos recipientes destinados para cada una de las fases del proceso de fabricación, el enfriamiento del líquido; se los viene realizando totalmente de forma manual y poco técnica con un contacto directo del fabricante con los diferentes ingredientes en la elaboración de la cerveza generando inconvenientes como:

- Falta de homogeneidad en el sabor, características y calidad de la bebida.
- Posible contaminación de agentes externos y bacterias que dañarían el resultado final.
- Bajos estándares de inocuidad y salubridad en el cada paso del proceso de elaboración de la bebida.
- Peligro de quemaduras al manipular o manejar el traspaso del líquido con altas temperaturas.
- Mayor cantidad de tiempo y esfuerzo físico para la elaboración de la cerveza artesanal.
- Complejidad para repetir similares condiciones de elaboración sin un sistema que permita controlar las variables y constantes en la elaboración de la bebida.
- La negativa de los permisos correspondientes para su elaboración, distribución y expendio de la bebida.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo de un sistema automatizado que permita la elaboración de cerveza artesanal.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema prototipo que permita controlar de forma automatizada los diferentes pasos en el proceso de fabricación de la cerveza artesanal.
- Implementar con la tecnología apropiada un sistema que permita la automatización para la elaboración de cerveza artesanal.
- Comprobar con un método adecuado los resultados obtenidos del sistema instalado.

1.4 Del problema investigado

1.4.1 Problema principal

Afrontando el estudio del problema investigado se obtuvo el siguiente problema principal:

Qué; La Srta. Cadena y el Sr. Galán con el proyecto de emprendimiento de una micro empresa para la elaboración de cerveza artesanal, carecen de un sistema automatizado para la elaboración de la misma, que les permita cumplir los estándares de calidad y

correcta salubridad del producto, requeridos para la obtención de los diferentes permisos de fabricación otorgados por el ente regulador en el Ecuador.

1.4.2 Problema secundario

Juntamente dentro del proceso de investigación se recogieron los siguientes problemas secundarios:

- No existen en el país diseños de sistemas automatizados para la elaboración de cerveza artesanal.
- No se conoce la tecnología adecuada a aplicarse para la implementación de un sistema automatizado para la elaboración de cerveza artesanal.
- No existen muestras de resultados de investigaciones anteriores que con el uso de las correctas metodologías permitan lograr un comparativo con las obtenidas en la implementación del sistema automatizado para la elaboración de cerveza artesanal.

1.5 De la formulación del problema

El diseño e implementación del prototipo de un sistema automatizado para la elaboración de cerveza artesanal.

¿Permitirá controlar las variables y constantes como temperaturas y tiempos en los procesos en la elaboración de la bebida?

¿Se reducirá el tiempo para la elaboración del producto?

¿Se incrementará la producción en comparativo con la fabricación manual?

1.6 De la hipótesis

La intención del presente proyecto es que al momento de ser implementado el prototipo de un sistema automatizado para la elaboración de cerveza artesanal será posible controlar las temperaturas y los tiempos en los diferentes procesos en la fabricación de la bebida, con lo cual se reducirá el tiempo de fabricación e incrementará la producción en la elaboración del producto.

1.7 De los objetivos

Ante la necesidad de una micro empresa en formación que producirá y expondrá cerveza artesanal, nace el *objetivo general* de automatizar los diferentes procesos en la

fabricación de esta bebida para de esta forma cumplir con los requerimientos establecidos por la Ley Orgánica de Salud Pública del Ecuador.

Para cumplir con el objetivo general se plantean también aquellos de características específicas, para en primera instancia diseñar un sistema prototipo que permita controlar de manera automatizada los diferentes procesos dentro de la fabricación de la cerveza artesanal, para luego proceder a implementar con la tecnología apropiada este prototipo y finalmente con un procedimiento adecuado comprobar los resultados obtenidos del sistema implementado.

2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA Y METODOLÓGICA

2.1 Del Marco teórico

2.1.1 Sistemas de control automático

En muchos de los procesos de producción se ha presentado el control automático de sistemas como un aporte significativo de tecnología para resolver satisfactoriamente las formas de supervisión, regulación, tratamiento y control de las tareas involucradas en dichos procesos.

Para comprender de manera precisa lo que es la automatización es necesario conocer como concepto general, que un sistema de control automático es una interconexión de componentes que forman un arreglo denominado *sistema*, siendo esta configuración capaz de comandarse por sí misma.

En la figura 1 se muestra una señal $r(t)$ a manera de entrada a un sistema o componente de sistema a ser controlado con el objetivo de obtener una salida o respuesta $y(t)$. (Hernández, 2010)

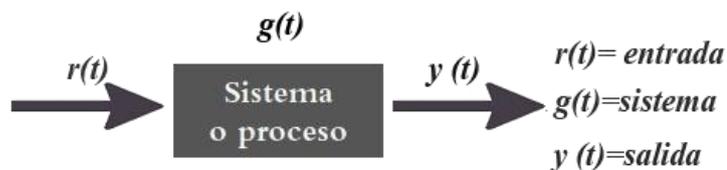


Figura 1. Elementos de un sistema de control

Hernández, 2010

2.1.2 Clasificación de los sistemas de control

Los sistemas de control se pueden clasificar en dos tipos; en sistemas no automáticos o de *lazo abierto* y sistemas retroalimentados denominados como automáticos o de *lazo cerrado*.

El sistema de control de lazo abierto es aquel en el cual la acción de control es de alguna manera independiente de la salida. Estos sistemas por lo general utilizan algún actuador para obtener la respuesta deseada y comúnmente están regulados en función del tiempo.

El sistema de control de lazo cerrado es aquel en el cual la acción de control está en función de la salida motivo por el cual se lo denomina retroalimentado. La forma más característica de este sistema se puede observar en un sensor que detecta una respuesta real para compararla en el sistema con una referencia a manera de entrada, y por consiguiente si el sistema lo requiere aplica una acción correctora sobre el proceso a controlar.

2.1.3 Términos Básicos

- **Planta.** Se considera al equipo o conjunto de equipos que operan en conjunto para realizar un trabajo determinado. El conjunto de equipos que actúan entre sí para dar un producto terminado se denomina planta industrial.
- **Proceso.** Es el conjunto de operaciones coordinadas sistemáticamente que someten a una materia prima para elaborarla o transformarla en un resultado final.
- **Sistema.** Es la combinación de componentes o elementos físicos que interactúan conjuntamente para lograr un determinado resultado.

2.1.4 Elementos de un sistema de control

- **Procesos a controlar.** Es el proceso que se busca controlar o regular.
- **Variable controlada.** Es aquella que se requiere controlar para mantenerla en una condición específica deseada.
- **Variable manipulada.** Es la señal sobre la cual actúa o modifica el sistema cuando sea requerido para de esta manera lograr que la variable controlada se mantenga en el valor deseado.
- **Señal de referencia.** Es el valor sobre el cual se observa mantener la variable controlada.
- **Error.** Es la diferencia entre la señal de referencia y la variable controlada.
- **Perturbación.** Es una agente no deseado en el proceso que tiende a afectar adversamente las condiciones de la variable controlada.
- **Elemento de medición.** Es el que determina el valor de la variable controlada.
- **Controlador.** Es el encargado de monitorear y determinar qué tipo de acción a adoptar tomando como referencia la existencia de un error.

- **Entrada.** Es el estímulo o excitación que desde una fuente externa se aplica a un sistema con el fin de obtener de parte del sistema, una respuesta específica.
- **Salida.** Es la respuesta obtenida por parte del sistema. (Dulhoste, 2012)

2.1.5 Módulos generales de Control de lazo cerrado

A un sistema automatizado de control de lazo cerrado se lo puede dividir en tres módulos generales como se observa en la figura 2. El módulo de supervisión, el de control, y el módulo operativo, cada uno de los cuales cuenta con sus elementos característicos que cumplen las respectivas funciones dentro de los mismos.

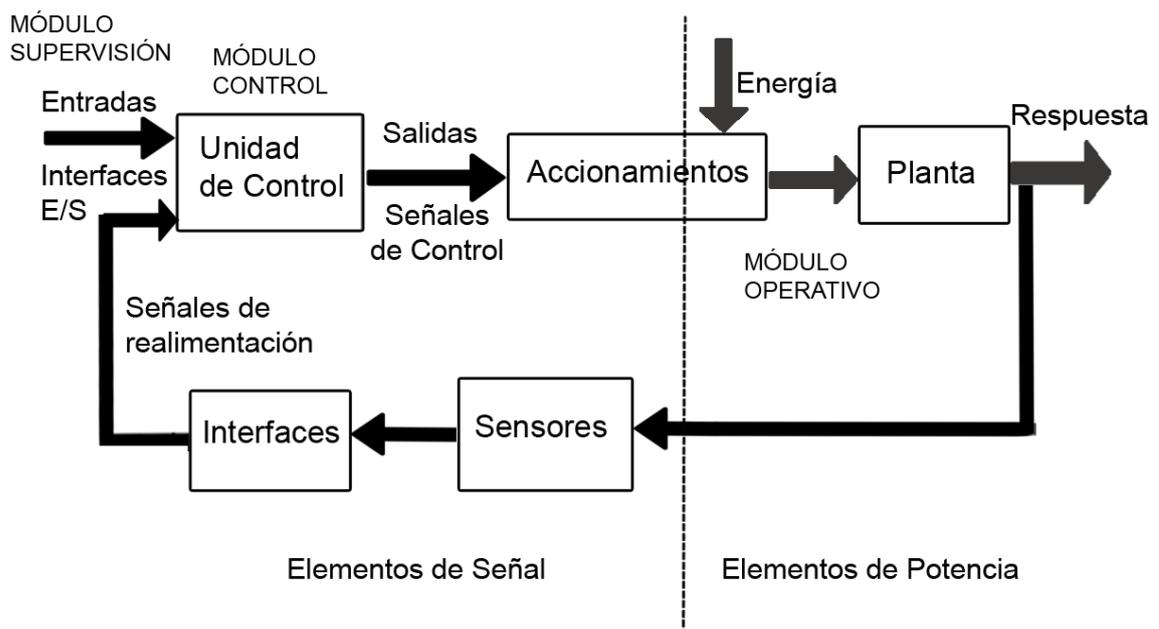


Figura 2. Módulos generales de un sistema de control de lazo cerrado

2.1.6 Módulo de supervisión

Es necesario que el sistema posea una comunicación con el exterior mediante un interfaz hombre-máquina para el ingreso de órdenes y el posterior control en el funcionamiento general. O a su vez recibir información elaborada dentro del mismo proceso.

Este módulo de control está formado generalmente por periféricos de entrada y salida. Estos pueden ser diferentes tipos de teclados o botoneras para el ingreso de las órdenes

y displays o pantallas LCD que permitan visualizar el ingreso de las variables o el estado de sensores y del proceso en sí mismo.

2.1.6.1 Pantalla LCD

LCD (Liquid Crystal Display), es una pantalla delgada y plana que consiste en capas múltiples de distintos componentes como se observa en la figura 3. Está formada por dos filtros de polarización, dos capas de vidrio con electrodos, así como moléculas de cristal líquido. Una matriz de puntos en color o monocromos colocados delante de una fuente o luz reflectora que sirve para mostrar caracteres como letras, números o símbolos. (Sarango, 2011)

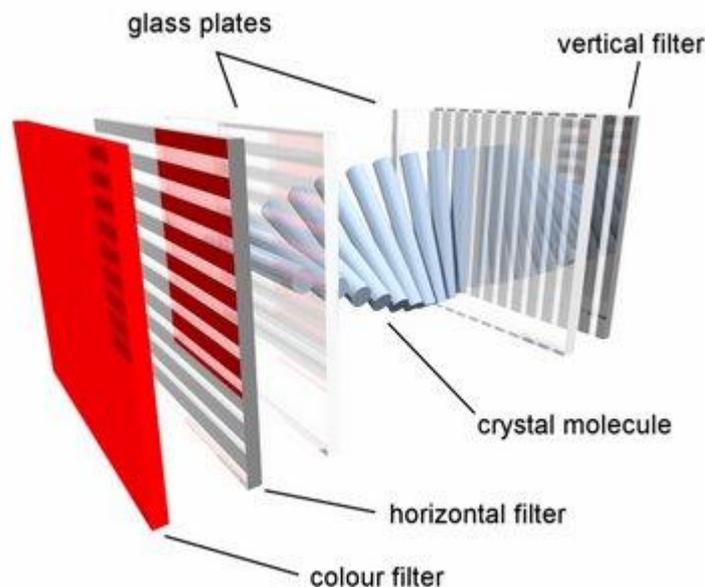


Figura 3. Partes y componentes de una pantalla LCD

<http://blog.espol.edu.ec/ylambert/2011/01/05/%C2%BFlcd-vs-plasma-vs-led-ventajas-y-desventajas-calidad-imagen-consumo-energia-vida-util-y-precio/>

Se encuentran en diferentes formatos, y estas pueden ser touch según el requerimiento. Teniendo como las más usadas 2x8, 2x16, 4x20. En donde el primer dígito indica el número de filas y el segundo el número de columnas.

Este dispositivo mostrado en la figura 4 es manejado internamente por un microcontrolador Hitachi 44780 el cual regula los parámetros de presentación.



Figura 4. LCD 2x16

<https://www.planetaelectronico.com/images/productos/display-lcd-2x16-con-retroiluminacion-azul-1-17746.jpeg>

2.1.6.2 Teclado matricial

Un *teclado matricial* es un simple arreglo de botones conectados en filas y columnas, de modo que se pueden leer varios botones con el mínimo número de pines requeridos.

Un teclado matricial 4x4 solamente ocupa 4 líneas de un puerto para las filas y otras 4 líneas para las columnas, de este modo se pueden leer 16 teclas utilizando solamente 8 líneas de un microcontrolador. (ElectroCrea, 2014)

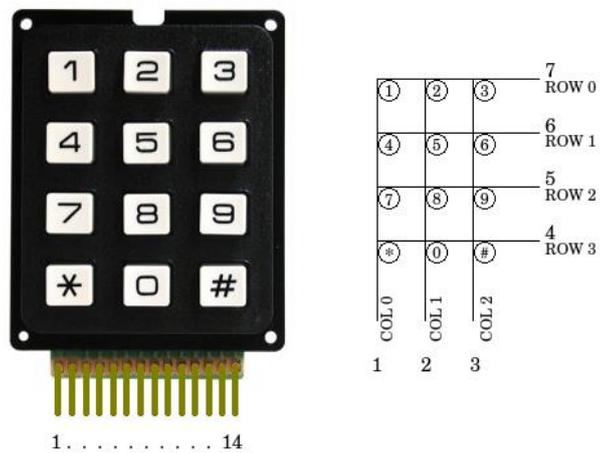


Figura 5. Teclado Matricial

http://playground.arduino.cc/uploads/Main/keypad_pin_diagram.png

2.1.6.3 LCD Keypad Shield

Este es un teclado LCD desarrollado para Arduino y otras variantes. Incluye una pantalla LCD de 2x16 y 6 pulsadores. Los pines 4, 5, 6, 7, 8, 9 y 10 se utilizan para interconectar con el LCD. La figura 6 permite observar cada uno de los componentes que forman parte del Keypad Shield.



Figura 6. LCD Keypad Shield

http://www.vistronica.com/2347-large_default/lcd-keypad-shield-para-arduino.jpg

Con sólo unas pocas líneas de código brinda flexibilidad para hacer proyectos avanzados como visualización de elementos de menú y seleccionarlos con los botones que vienen incluidos en el mismo.

El Keypad LCD incluye 5 botones diseñados para su uso como entrada de navegación o control. Los botones están dispuestos en un patrón para control o navegación colocada en disposición de arriba, abajo, izquierda, derecha, y select. (Freetronics, 2010)

Todos los botones están conectados a una sola entrada analógica, A0, usando una cadena de resistencias, que hace de divisor de voltaje de referencia, aplicado a A0, dependiendo del botón pulsado. A continuación en la figura 7, se muestra el diagrama esquemático de los botones de entrada y resistencias asociadas:

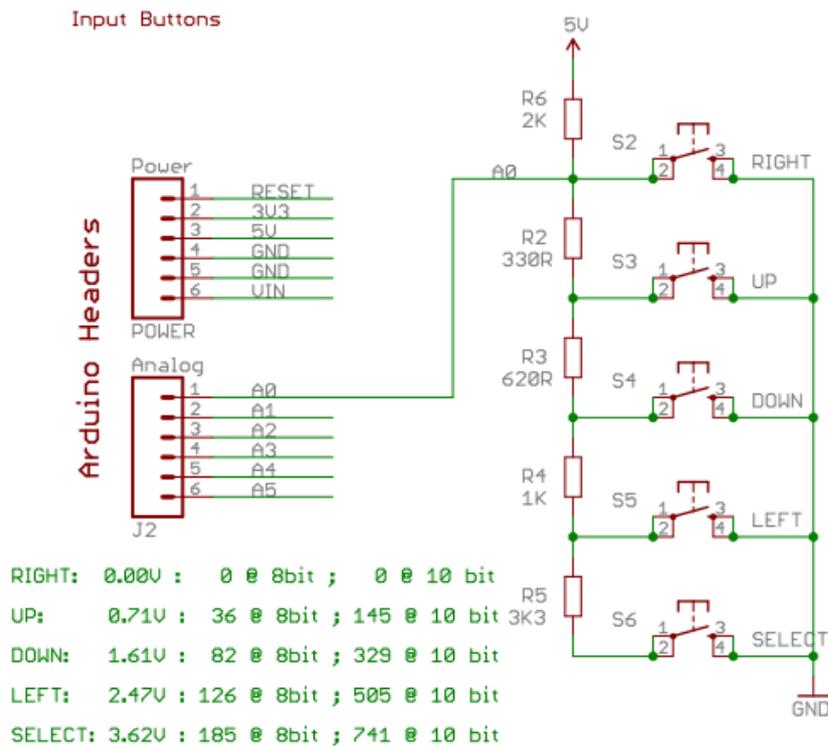


Figura 7. Disposición del conjunto de botones de entrada y resistencias asociadas en el Keypad Shield

<http://linksprite.com/wiki/images/thumb/d/d2/Lcd-button-ladder.png/400px-Lcd-button-ladder.png>

2.1.7 Módulo de control

Está conformado principalmente por la Unidad de Control, la cual en esencia es un **microcontrolador** que cuenta con un software, cuya lógica le permite tomar decisiones mediante la conexión del mismo a una serie de sensores que le proporcionan la información del entorno, y actuadores que ejecutan los comandos.

2.1.7.1 El microcontrolador

Un microcontrolador es un circuito integrado, en cuyo interior posee toda la arquitectura de un computador, esto es CPU, memorias RAM, EEPROM, y circuitos de entrada y salida. (Reyes, 2006)

La capacidad de ejecutar tareas, operaciones y procesos a gran velocidad, juntamente con la disponibilidad de ser programable, permite al microcontrolador ser utilizado en la automatización y control en tiempo real de pequeños sistemas, así como también en aplicaciones industriales.

Por su estructura interna, el microcontrolador es una pequeña computadora que permite llevar a cabo aplicaciones puntuales. Por consiguiente contiene en sí mismo las siguientes unidades:

- Procesador (UCP) Unidad Central de Proceso.
- Memoria RAM para contener los datos.
- Memoria para el programa tipo ROM/PROM/EEPROM.
- Líneas de entrada y salida E/S para comunicarse con el exterior.
- Diversos módulos para el control de periféricos (temporizadores, puertas serie y paralelo, CAD: Conversores Analógico/Digital, CDA: Conversores Digital/Analógico, etc.)
- Generador de pulsos de reloj que sincronizan el funcionamiento de todo el sistema.

2.1.7.2 Arduino

Es una plataforma de hardware libre, basada en una sencilla placa con un microcontrolador y puertos de entradas y salidas (E/S). Diseñada para facilitar el uso de la electrónica en proyectos multidisciplinarios.

El Arduino Mega está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 pines de entradas/salidas digitales (14 de las cuales pueden ser utilizadas como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UARTs (puertos serial por hardware), cristal oscilador de 16 Mhz, conexión USB, jack de alimentación, conector ICSP y botón de reset. Incorpora todo lo necesario para que el microcontrolador trabaje; simplemente conectar a la PC por medio de un cable USB o con una fuente de alimentación externa. (Arduino, 2016).

2.1.7.3 Sensor

Los sensores son dispositivos que transforman una magnitud física en una señal eléctrica. Existen muchos tipos de sensores y su clasificación se basa dependiendo del tipo o forma de funcionamiento.

Los sensores en un sistema electrónico son elementos dispuestos expresamente para obtener información del sistema o del medio.

La palabra sensor es el nombre común con el que se denominan a los “transductores”. Existen gran variedad de transductores, diseñados para convertir cualquier parámetro físico, químico o biológico en una magnitud eléctrica.

El fenómeno de la transducción puede darse de dos modos:

Activo: cuando la magnitud física a detectar es la que proporciona la energía necesaria para la generación de la señal eléctrica, como por ejemplo los sensores piezoeléctricos o magnéticos.

Pasivo: cuando la magnitud a detectar modifica algunos de los parámetros eléctricos característicos del elemento sensor, tales como resistencia, capacidad, reluctancia, etc. Casi siempre es necesario algún tipo de acondicionamiento de la señal eléctrica, aunque no se precise alimentación. Determinados sensores suministran la señal de salida en modo digital, sin embargo lo más frecuente es encontrar que la magnitud eléctrica que proporciona sea de tipo analógica.

Clasificación de los sensores

La respuesta que suministra un sensor depende de la magnitud física que puede ser detectada y “traducida” en una variación eléctrica y del principio físico en que se base. Existen gran cantidad de sensores que miden parámetros muy diversos. Para su estudio basándose en el principio de funcionamiento se los ha clasificado en los siguientes tipos:

- Magnético.
- Por efecto hall.
- Por conductividad eléctrica.
- Termoeléctricos.
- Fotoeléctricos.
- Piezoeléctricos.
- Por ultrasonidos.
- Por radiofrecuencia.
- Interruptores y conmutadores.

Generalmente los sensores trabajan directamente con la Unidad de Control Electrónico, donde se produce el acondicionamiento de la señal. (Organización de Servicio - SEAT, S.A., 1998)

2.1.7.3.1 Interruptores de Nivel tipo flotador magnético

Estos sensores son adecuados para la obtención de la posición nivel de líquidos y basan su medición justamente mediante la posición de un flotador magnético. En el lugar de medición (nivel) se encuentra un flotador con imán permanente. Cuando el flotador asciende y desciende con el nivel del líquido, el campo magnético, generado desde

dentro del flotador, activa un interruptor magnético herméticamente sellado cerrando un circuito eléctrico. (coparoman, 2014). Estos sensores se los puede encontrar en una barra de eje vertical o en ángulo de 90 grados como se presentan en las figuras esquemáticas 8 y 9.

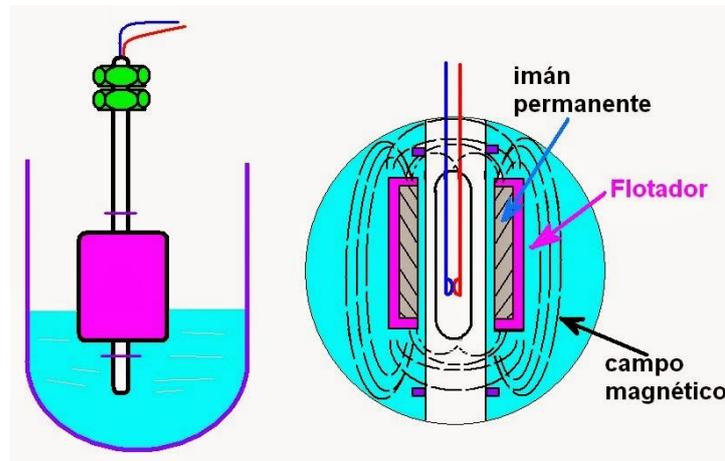


Figura 8. Sensor flotador magnético

<http://coparoman.blogspot.com/2014/03/interruptores-de-nivel-tipo-flotador.html>

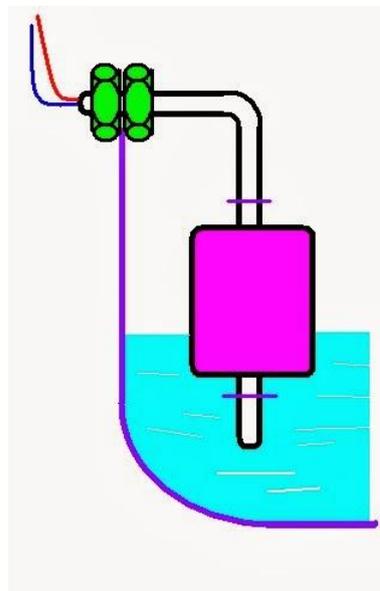


Figura 9. Flotador magnético en ángulo

<http://coparoman.blogspot.com/2014/03/interruptores-de-nivel-tipo-flotador.html>

2.1.7.3.2 Sensor de temperatura

Son dispositivos que transforman los cambios de temperatura en cambios de señales eléctricas que son procesados por equipo eléctrico o electrónico.

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por los cambios térmicos y entre las cuales figuran:

- Variaciones en volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases);
- Variación de resistencia de un conductor (sondas de resistencia);
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores);
- F.e.m. creada en la unión de dos metales distintos (termopares); (Creus Solé, 1997)

Existen varios tipos de transductores para medir temperatura, como la termocupla, la resistencia detectora de temperatura RTD, el termistor y los circuitos integrados, cada uno tiene sus ventajas y desventajas.

El sensor de temperatura, generalmente está formado por tres partes; el elemento sensor, de cualquiera de los tipos anteriores. La vaina que lo recubre y que está rellena de un material muy conductor de la temperatura, para que los cambios puedan ser transmitidos rápidamente al elemento sensor y del cable que permitirá conectar al equipo electrónico.

▪ **Termistor**

El funcionamiento del termistor se basa en el comportamiento de la variabilidad de la resistencia de los semiconductores en función de la temperatura.

Se pueden encontrar termistores tipo NTC y termistores tipo PTC. En los primeros, al aumentar la temperatura, se produce una disminución de la resistencia. En los PTC, al aumentar la temperatura, también se incrementa la resistencia.

El principal problema de los termistores es que no son lineales según la temperatura por lo que es necesario aplicar fórmulas complejas para determinar la temperatura según la corriente que circula y siendo complicados de calibrar.

▪ **RTD (Resistance Temperature Detector)**

Un RTD es un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con respecto a la temperatura.

Los metales empleados normalmente como RTD son platino, cobre, níquel y molibdeno.

De entre los anteriores, los sensores de platino son los más comunes por tener mejor linealidad, más rapidez y mayor margen de temperatura.

- **Termopar**

El termopar, también llamado termocupla y que recibe este nombre por estar formado por dos metales, es un instrumento de medida cuyo principio de funcionamiento es el efecto termoeléctrico.

Un material termoeléctrico permite transformar directamente el calor en electricidad, o bien generar frío cuando se le aplica una corriente eléctrica.

El termopar genera una tensión que está en función de la temperatura que se está aplicando al sensor. Midiendo con un voltímetro la tensión generada, conoceremos la temperatura.

Los termopares tienen un amplio rango de medida, son económicos y están muy extendidos en la industria. El principal inconveniente estriba en su precisión, que es poca en comparación con sensores de temperatura RTD o termistores.

2.1.7.3.3 Sensor digital o de circuito integrado

Son aquellos que mediante el uso de materiales transductores generan variaciones de tensión que luego pueden ser convertidas en rangos numéricos para ser presentados en un visualizador.

2.1.7.3.4 Termómetro digital DS1820

El dispositivo sensor de temperatura utiliza una comunicación digital. Es un dispositivo en encapsulado “tipo transistor” PR35 o “tipo integrado” SSOP (en lugar del tradicional botón), cuenta con tres pines o terminales, dos de alimentación y el pin “data”. Permite medir temperaturas desde -55°C a $+125^{\circ}\text{C}$ en incrementos de 0.5°C con 9 bits de precisión en un tiempo típico de 200 ms.

Principio de funcionamiento

El DS1820 utiliza comunicación OneWire. Fundamentalmente se trata de un protocolo que permite enviar y recibir datos utilizando un solo cable. Posee un circuito medidor de

temperatura que junto a dos registros estos pueden ser empleados como alarmas de mínima y máxima temperatura.

Este sensor se basa en un par de osciladores de frecuencia proporcional a la temperatura.

Y un circuito (Slope Accumulator) encargado de compensar las alinealidades de la variación de frecuencia de los osciladores con la temperatura. (Romeo, 2009)

2.1.7.4 Actuadores

En un sistema de gestión electrónica los sensores son los elementos encargados de obtener la información, es decir, proporcionan las señales de entrada a la Unidad de Control para que ésta pueda determinar la acción de salida.

Esta salida es convertida en una señal eléctrica que se envía a un accionador o actuador que la convertirá en otra forma de energía.

2.1.7.4.1 Resistencias de calentamiento

- **Resistor**

Podemos definir resistencia (R) como la oposición de un material determinado al flujo de cargas eléctricas a través de él. La unidad de medida de la resistencia es el Ohm (Ω). Los elementos que ofrecen resistencia en un circuito eléctrico se los denomina resistores o resistencias.

El empleo de resistores es amplio, como así también sus aplicaciones.

Ellos se encuentran en calentadores eléctricos, elementos divisores de corriente y de tensión, dispositivos limitadores, sensores, etc. (Rodríguez, 2001)

- **Resistencias de calentamiento por inmersión**

Son elementos que se fabrican a base de níquel y cromo, donde la energía eléctrica se transforma en calor. Se las puede encontrar de diferentes tamaños y formas según los requerimientos como se observan en la figura 10.

Las resistencias de inmersión son muy utilizadas en la industria para el calentamiento directo de agua o soluciones acuosas.

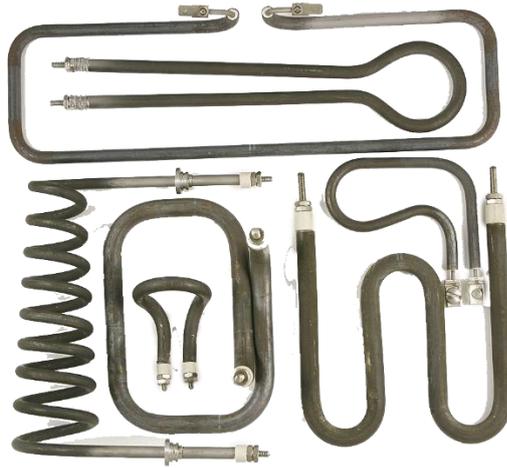


Figura 10. Resistencias de calentamiento por inmersión.

http://1.bp.blogspot.com/_UsPSxZr768A/S__gHXAGudI/AAAAAAAAABCg/1zPW05aT8II/s1600/elemento-calefactor-tubular-292960.jpg

2.1.7.4.2 Actuadores electromagnéticos

Los actuadores electromagnéticos se basan en el magnetismo, que puede ser de origen natural, mediante un imán, o creado por la electricidad (efecto electroimán). También se incluyen aquí otros fenómenos relacionados con la electricidad y el magnetismo: como la inducción electromagnética.

2.1.7.4.3 Relés

Un relé es un interruptor accionado electromagnéticamente, en el que el circuito controlado y el circuito controlador están separados entre sí galvánicamente. Esencialmente está compuesto por una bobina con núcleo de hierro ((3) (1)), un inducido como elemento de accionamiento mecánico (4), un muelle de recuperación (2) y los contactos de conmutación (6) expuestos en la figura 11. Al conectar una tensión en la bobina del electroimán se produce un campo electromagnético. De esta manera, el inducido móvil es atraído por el núcleo de la bobina. El inducido actúa sobre los contactos del relé. Dependiendo del tipo de relé, los contactos se abren o cierran. Si se interrumpe el flujo de corriente a través de la bobina, el inducido recupera su posición inicial mediante la fuerza de un muelle. (Ebel, 2008)

Dispone de dos circuitos, uno de mando, de bajo consumo, que puede ser gobernado con corrientes débiles desde cualquier Unidad de Control. Y el de potencia por donde circulará la corriente hacia el elemento consumidor.

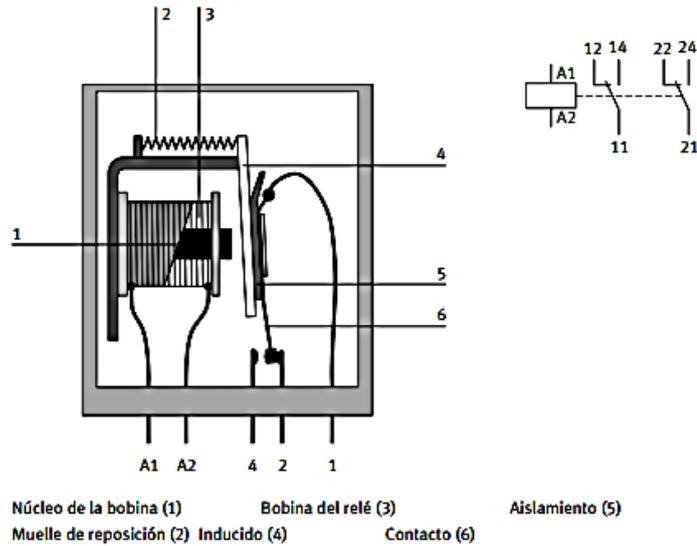


Figura 11. Relé. Vista en corte y símbolo

Ebel, 2008

2.1.7.4.4 SSR - Relevador de estado sólido

Es un switch eléctrico que conmuta entre estados de conexión o no conexión. Su construcción se basa en semiconductores de potencia como transistores, tiristores o triacs que sustituyen a los contactos metálicos y permiten controlar elevadas cargas de potencia a partir de señales de control de bajo voltaje e intensidad.

La mayoría de los SSR utilizan acoplamiento óptico. Como se muestra en la figura 12, el voltaje de control enciende un led interno que ilumina y activa un diodo fotosensible; la corriente del diodo activa un tiristor, SCR, o MOSFET para conmutar la carga. El opto acoplamiento permite que el circuito de control esté eléctricamente aislado de la carga.

Los SSR encuentran muchas aplicaciones en controles industriales por ejemplo en control de carga de motores, transformadores, calefacción por resistencia, en donde es necesario aislar la parte de control de la de potencia. (Rashid, 1995)

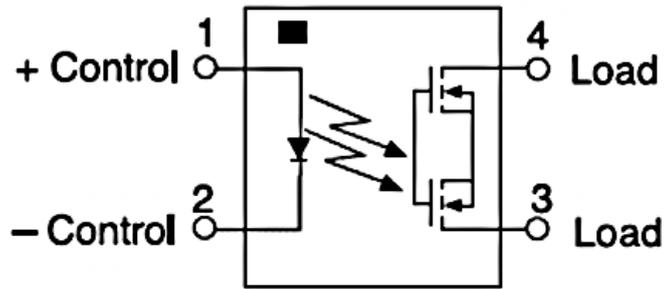


Figura 12. Relé de estado sólido

<http://doranscales.com/sites/default/files/solid-state-relay-diagram.gif>

2.1.7.4.5 Electroválvula

Estas válvulas se utilizan cuando la señal proviene de un temporizador eléctrico, un final de carrera eléctrica o sensor de cualquier tipo (inductivo, capacitivo, óptico, etc.), presóstatos o mandos electrónicos, excitando a un solenoide que por acción magnética provoca el desplazamiento de un núcleo móvil interno que habilita o no el pasaje de fluido. (MICRO, 2016). En la figura 13 se observa un explicativo de las partes de una electroválvula.

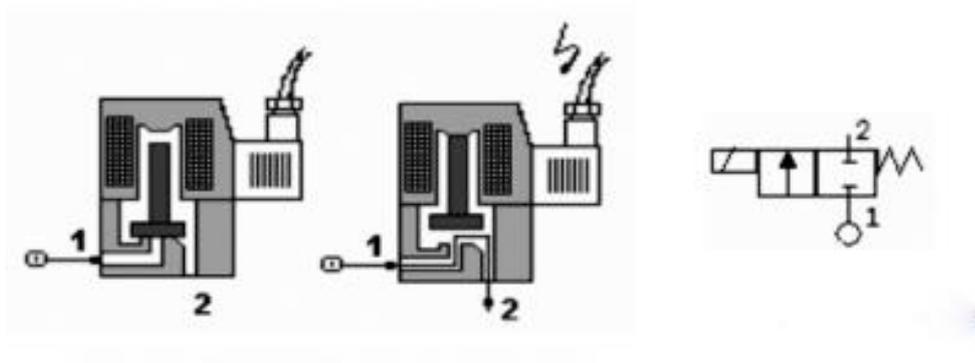


Figura 13. Electroválvula

MICRO, Manual Capacitación, 2016

2.1.7.4.6 Bombas centrífugas

La bomba centrífuga es una maquina hidráulica compuesta en esencia por un impulsor con alabes, que accionado desde el exterior transmite al líquido la energía necesaria para obtener una presión determinada. El cuerpo de bomba o voluta recibe el líquido

salido del impulsor y por su construcción especial transforma su energía cinética en presión, dirigiéndolo al mismo tiempo hacia el exterior por la tabuladora de descarga. (BOMBAS IDEAL S.A., 2008)



Figura 14. Bomba centrífuga acero inoxidable

<http://www.bombashasa.com/imag/fotoHI/030-HM-S-f.jpg>

2.1.8 Proceso productivo industrial

Un proceso productivo industrial es una serie de actividades u operaciones industriales que tienden a modificar las propiedades de las materias primas para obtener un producto terminado, listo para su utilización.

Esta definición es comúnmente aplicada a la producción industrial, en la cual las materias primas son transformadas en bienes terminados a gran escala.

Una definición descriptiva de proceso productivo puede resultar muy complicada, puesto que hay muchas clases de procesos, siendo más sencillo dar una definición de tipo “entrada-salida”: Como se muestra en la figura 15. Un proceso productivo es un sistema dinámico de control cuya entrada es un flujo de producto (materias primas) y cuya salida es otro flujo de productos (productos terminados). (González de Durana, 2004)

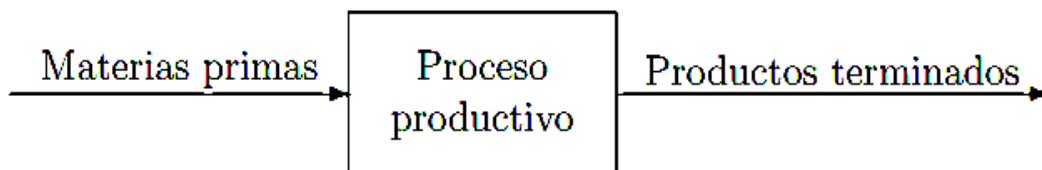


Figura 15. Proceso Productivo

González de Durana, 2004

2.1.9 Proceso productivo artesanal

La producción artesanal elabora objetos mediante la transformación de materias primas naturales básicas, a través de procesos de producción no industrial que involucran máquinas y herramientas simples con predominio del trabajo físico y mental. Según la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por su siglas en inglés) la importancia trascendental de la producción artesanal radica, además de los productos en sí mismos, en las competencias y los conocimientos que son imprescindibles para que no desaparezca este tipo de producción.

La habilidad e ingenio del artesano para llevar a cabo su trabajo se ve beneficiado cuanto más flexible es la máquina y más amplias las posibilidades de aplicación en el proceso.

Normalmente, la producción artesanal se adapta a las exigencias de los consumidores debido a que posee una gran flexibilidad para adaptarse y llevar a cabo los procedimientos necesarios para la conformación del producto final. (Bustos, 2009)

2.1.10 Historia de la cerveza

Por su forma de fabricación de la cerveza y debido a la complejidad de su proceso resulta interesante conocer cómo se logró esta bebida. Por esta razón aunque no se sabe a ciencia cierta cómo se llegó hasta esta bebida, entrar en sus posibles orígenes es una obligación para hablar acerca de ella.

Los orígenes de la cerveza se remontan en tiempos remotos dentro de la misma humanidad. Los historiadores catalogan su existencia en Mesopotamia y Sumeria en el año 10.000 antes de cristo. La preparación que hacían los sumerios de esta bebida consistía en usar pan hecho con harina de trigo el cual cortado en trozos lo introducían en vasijas a las cuales le agregaban agua y exponerlos al sol durante varios días. Esta exposición al calor generaba una fermentación de la harina de trigo, debido a este proceso lograban una bebida alcohólica que luego de ser filtrada la bebían.

Resalta también dentro de la historia una tablilla de piedra que describe un tipo de cerveza elaborada en babilonia en el año 6000 antes de cristo.

En la antigua china se sabe de la elaboración de una bebida fermentada con características propias de la cerveza, realizada en base de arroz en lugar de cebada, bebida muy similar como la que se conoce en algunas civilizaciones precolombinas de América. En la antigua Britania se elaboraba cerveza a base de trigo malteado antes que los romanos introdujeran la cebada.

2.1.11 La cerveza artesanal y la cerveza industrial.

La industrialización en la fabricación de la cerveza observa dentro de su mismo concepto una reproducción exacta y absolutamente controlada casi en su totalidad por recursos tecnológicos en cada uno de los pasos que conforman dicho proceso, buscando de esta manera evitar en lo mínimo la intervención humana llegando a abaratar costos de producción por la sistematización de los mismos.

Dentro de la elaboración de la cerveza artesanal se sostienen los principios básicos y fundamentales para la fabricación del producto. Observando como el eje esencial de control dentro del proceso de elaboración al maestro o maestros cerveceros, logrando de esta manera flexibilidad para adaptar al producto a nuevos conceptos en su elaboración y resultado obteniendo un sabor y olor característico.

2.1.12 Características generales entre la cerveza artesanal e industrial.

La característica esencial de una cerveza artesanal es que para la obtención de la misma no se añaden elementos no tradicionales de la receta básica o primaria, manteniendo en su elaboración los elementos naturales que la conforman como son el agua, cereales malteados, lúpulo y levadura.

Su fabricación es en pequeñas cantidades para evitar su almacenamiento prolongado. Que a diferencia de las cervezas industriales, estas utilizan conservantes anti oxidantes y estabilizantes químicos para prolongar el tiempo de conservación del producto.

Dentro del mismo concepto de artesanal se puede observar como otra característica notoria el procedimiento para la obtención del gas, propiedad general de esta bebida. Esto se logra incluyendo una pequeña cantidad de mosto sin fermentar para que la propia cerveza continúe el proceso de fermentación dentro de la botella. Esto se conoce como segunda fermentación la cual proporciona al producto cuerpo y creará espuma al abrirla por los gases extras generados en este procedimiento. Dentro del proceso

industrial por la inexistencia de la segunda fermentación la gasificación se logra inyectando el gas carbónico de forma artificial.

A diferencia de la cerveza industrial, la cerveza artesanal no se pasteuriza, esto garantiza la conservación de las propiedades alimenticias los aromas y sabores de los ingredientes originales.

El filtrado es otro punto a diferenciar ya que en la práctica artesanal este es moderado, es por ello que suele encontrarse en el producto una sedimentación aunque en no altas proporciones, de esta manera manteniendo muchas de las levaduras y proteínas de la cerveza que se pierden en un filtrado industrializado.

2.2 De la fundamentación teórica

2.2.1 Plan Nacional Para el Buen Vivir

El fundamento del tema propuesto en el desarrollo e implementación del presente proyecto, se apoya como base aplicativa en algunas de las normativas dentro del Plan Nacional para el Buen Vivir desarrollado en el presente gobierno 2013-2017. El cual propone una gestión del “conocimiento común y abierto”. Este modelo de gestión incluye la generación de ideas creativas, su aprovechamiento, la potencial producción de nuevos bienes y servicios y la distribución de sus beneficios. (Senplades, 2013) Fortaleciendo la investigación para la innovación científica y tecnológica responsable con la sociedad y la naturaleza.

Otro de los objetivos relacionados de esta ley es aquel que hace referencia a la transformación productiva orientada a buscar la soberanía nacional en la producción y consumo internos, y salir de la dependencia primario exportadora con la conformación de nuevas industrias que sujetas a los desafíos actuales suponen la interacción científico-tecnológica para lograr cambios en las formas tradicionales de los procesos, hacia nuevas formas de producir, apuntando al fortalecimiento del conocimiento y de los sectores productivos.

2.2.2 Normativas básicas de buenas prácticas de manufactura

Los actuales exigencias en el consumo de alimentos requiere como característica principal que los productos cumplan cada vez más estrictas normas de sanidad, inocuidad y calidad. Motivo por el cual en cualquier sistema ya sea este de manipulación,

fabricación o procesamiento alimentario, las correctas prácticas de higiene son indispensables.

En el Ecuador se cuentan con normativas regidas por el Ministerio de Salud Pública. Que; en el artículo 6 de la Ley orgánica de Salud establece entre las responsabilidades del Ministerio de Salud Pública: "(...) 18. Regular y realizar el control sanitario de la producción, importación, distribución, almacenamiento, transporte, comercialización, dispensación y expendio de alimentos procesados, medicamentos y otros productos para uso y consumo humano; así como los sistemas y procedimientos que garanticen su inocuidad, seguridad y calidad; (...);

Juntamente la Ley Orgánica de Salud en el artículo 132 preceptúa que las actividades de vigilancia y control sanitario incluyen las de control de calidad, inocuidad y seguridad de los productos procesados de uso y consumo humano, así como la verificación del cumplimiento de los requisitos técnicos y sanitarios en los establecimientos dedicados a la producción, almacenamiento, distribución, comercialización, importación y exportación de los productos señalados;

Y en observancia del artículo 130 de la Ley Orgánica de Salud prescribe que los establecimientos sujetos a control sanitario para su funcionamiento deberán contar con el permiso otorgado por la Autoridad Sanitaria Nacional, el mismo que tendrá vigencia de un año calendario.

Cabe resaltar que aunque dentro del proceso de elaboración de la cerveza la etapa siguiente al macerado culmina con una ebullición prolongada antes de la siguiente fase de fermentación en la cual la aparición de alcohol, la presencia de anhídrido carbónico y la virtual ausencia de oxígeno tienen un efecto inhibitor para microorganismos, aun así, en vista del conocimiento de las leyes y observaciones antes expuestas, es notoria la necesidad del diseño e implementación de un sistema adecuado que aporte en un mejor manejo de las líneas de proceso, brindando protección de la contaminación, permitiendo la sanidad e inocuidad necesarias tanto en la elaboración como la facilidad de limpieza y mantenimiento del equipo. Características obligatorias para la obtención de los permisos otorgadas por el ente regulador en el Ecuador.

2.3 Del marco metodológico

En el proyecto se aplicaron diferentes métodos de investigación de acuerdo a las etapas de desarrollo del mismo como son:

Inductivo de observación y análisis, que permitió determinar en forma tangible la realidad del modo actual de elaboración de la cerveza en el manejo de los ingredientes y los pasos dentro del proceso de fabricación.

Con el *método comparativo* se determinó la factibilidad y la mejor alternativa para la implementación del sistema prototipo en la automatización del proceso de elaboración de la cerveza artesanal.

Utilizando el *método experimental* se verificaron los resultados obtenidos con el sistema de automatización.

2.4 De las justificaciones

En el sistema implementado de automatización para la elaboración de cerveza artesanal se plantea como módulo principal la placa Arduino Mega 2560, es una plataforma basada en un microcontrolador y un entorno de desarrollo integrado que permite el compilado y carga del programa a ser ejecutado, siendo simple y directa la programación en el módulo. Considerando a su vez su fácil adquisición en el mercado local y con costos muy accesibles.

Arduino juntamente con sensores de nivel de flotador magnéticos y un módulo de relés controlarán dentro del sistema un conjunto de bombas eléctricas y electro válvulas de 110 voltios como la mejor forma de hacer recircular el líquido entre el tanque de macerado y de cocción y la descarga final al tanque de fermentación evitando el contacto del líquido directamente con el ambiente en el proceso.

Teniendo presente los cambios en la matriz energética residencial que a más de entregar 110 voltios se contará con un suministro de 220 voltios y la supresión del subsidio al gas licuado de petróleo se planteó como mejor opción en costos de fabricación de la bebida la utilización de una niquelina de inmersión para llevar a ebullición al líquido en la etapa de cocción.

La reducción de la temperatura del líquido en la etapa de enfriamiento se realiza mediante un radiador como disipador de calor en el cual el líquido pasa por un sistema de tubería en espiral expuesto a la acción de dos ventiladores siendo la forma óptima para evitar el ingreso directo en el líquido de un serpentín de enfriamiento para el proceso de reducción de temperatura por transferencia de calor.

Este sistema de automatización para la elaboración de la cerveza artesanal podrá ser aplicado para las diferentes fases de producción de la bebida, dando como resultado lograr la sistematización de cada paso del proceso.

Brindando de esta manera una solución a la falta de control efectivo de los tiempos y temperaturas relacionadas con el proceso. Ayudando a aumentar la producción al reducir el tiempo que toma la fabricación de forma manual.

3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

La implementación del presente proyecto se basó en dos etapas, la etapa de diseño e implementación.

3.1 Etapa de diseño

La fase de diseño está conformada en tres bloques de desarrollo. La etapa aplicada de hardware, la etapa de software y una parte de diseño mecánico.

3.2 Hardware

Esta etapa está basada principalmente en una placa Arduino mega 2560 como módulo de control.

La plataforma Arduino tiene dos componentes el software que consta del entorno de desarrollo integrado (IDE) que permite escribir y compilar el programa y cargarlos al hardware. El componente de hardware es la placa física en sí misma la cual se muestra en la figura 16.

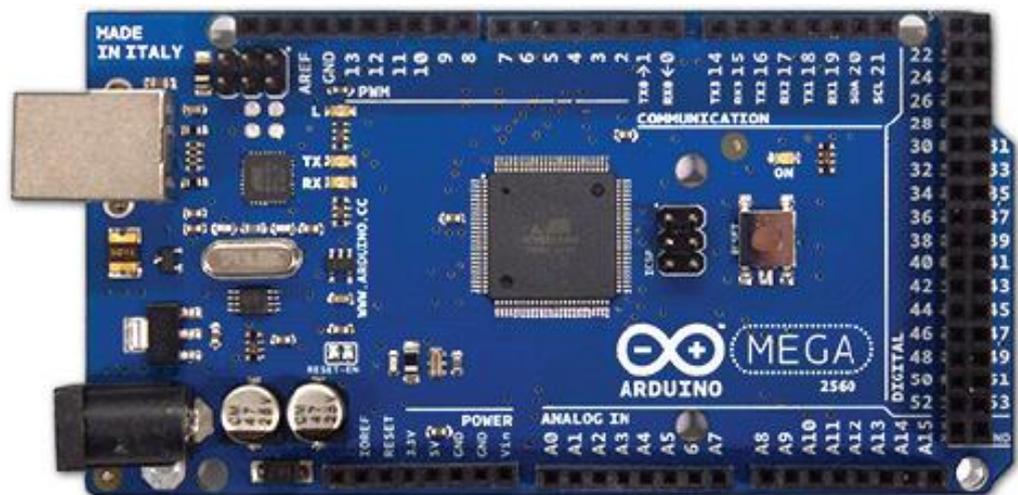


Figura 16. Arduino Mega 2560

http://marsyard.com/wp-content/uploads/2015/10/arduino_mega_2560.png

Características

Microcontroladores	Atmega2560
Tensión De Funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendado)	7-12V
Voltaje de entrada (límites)	6-20V
Digital pines I / O	54 (de las cuales 15 proporcionan salida PWM)

Botones de entrada analógica	16	
Corriente DC por E / S Pin	40 mA	
Corriente DC de 3.3V Pin	50 mA	
Memoria Flash	256 KB de los cuales 8 KB utilizado por el gestor de arranque	
SRAM	8 KB	
EEPROM	4 KB	
Velocidad De Reloj	16 MHz	(www.arduino.cc)

Como interfaz entre el usuario y el módulo de control para la visualización e ingreso de las variables de temperatura y tiempo a ser usadas en el proceso general de elaboración es utilizando un display Keypad Shield el cual está conformado por una pantalla LCD 2x16 y seis pulsadores como se muestra en la figura 17.

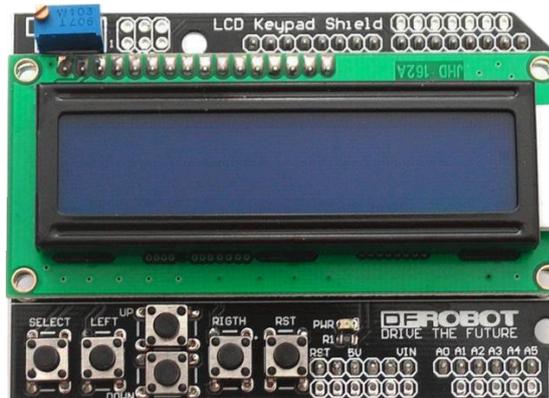


Figura 17. LCD Keypad shield

http://www.vistronica.com/2347-large_default/lcd-keypad-shield-para-arduino.jpg

Un módulo relé de ocho canales, como se muestra en la figura 18, permitirá tomar las salidas desde el Arduino y permitir que el respectivo relé se active o desactive en el control de los actuadores.



Figura 18. Módulo de 8 relés

<http://www.prometec.net/wp-content/uploads/2015/11/8-relay.png>

El diagrama esquemático representado en la figura 19 y su presentación de circuito impreso en la figura 21 corresponden a la placa interfaz entre el módulo Arduino Mega y el conjunto de relés, que es la encargada de llevar las señales de salida de Arduino al módulo de relés y dar acceso a las señales de entrada tanto del sensor de temperatura como de los sensores de nivel que se muestran en la figura 20.

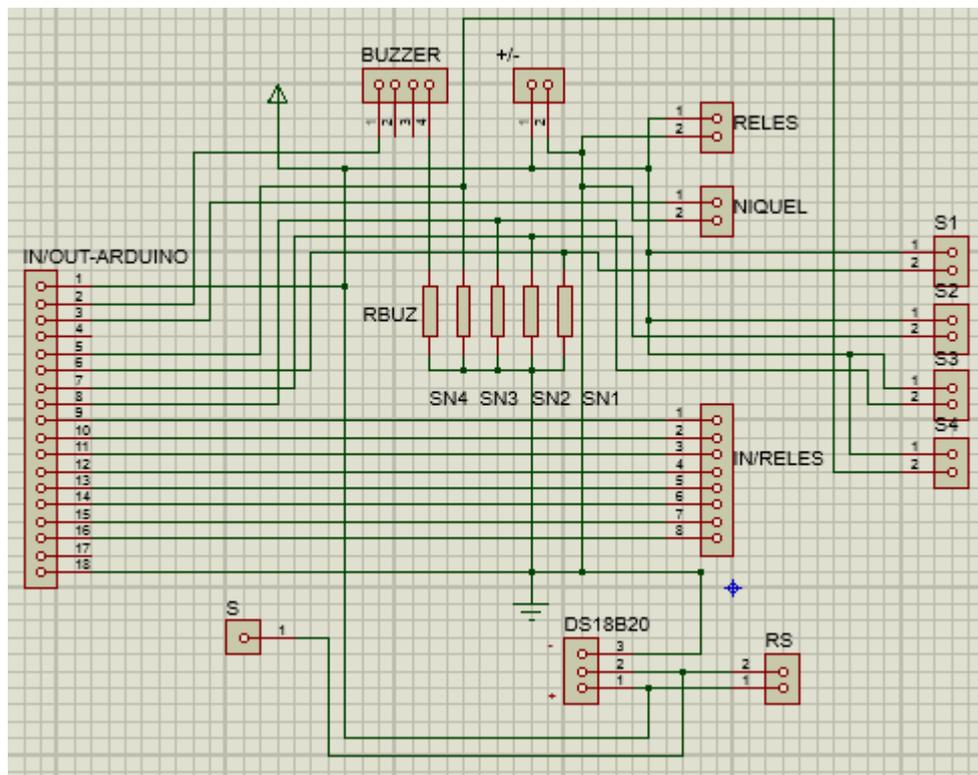


Figura 19. Diagrama de circuito de la tarjeta interfaz



Sensor de temperatura ds18b20



Sensor de nivel tipo flotador en acero inoxidable

Figura 20. Sensor de temperatura y de nivel de líquidos

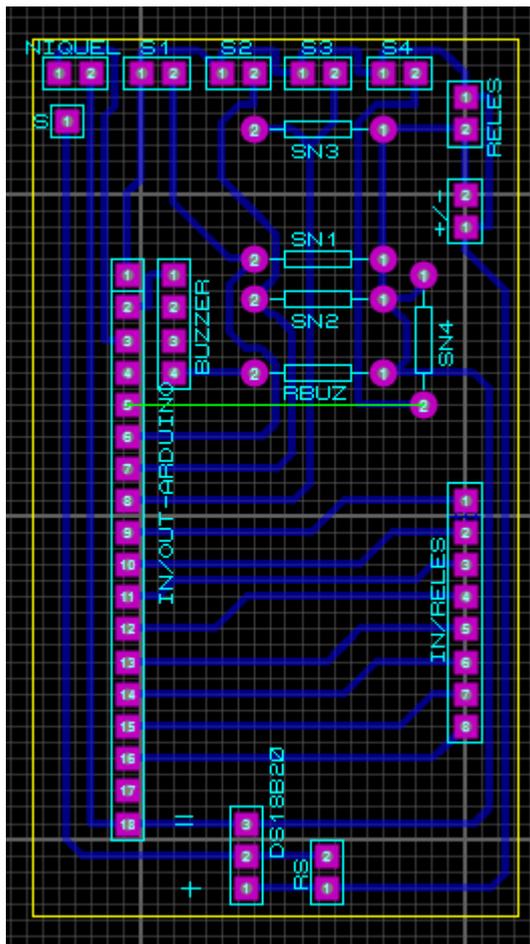


Figura 21. Visión de pistas de la placa interfaz

La placa de circuito impreso de suministro y protección se conecta directamente al módulo de 8 relés, para que mediante cada relevador, según corresponda, y por su conformación de pistas permitir en el momento requerido la alimentación de voltaje (110V AC) a cada uno de los elementos actuadores, para su funcionamiento dentro del proceso. A su vez, esta contiene un conjunto de fusibles que mediante cálculo de sus valores presentados a continuación, individualmente permiten proteger de una sobrecarga de corriente a cada uno de los elementos. Esta placa también permite dar alimentación a una fuente de laptop que es usada para otorgar la alimentación de 5V DC al módulo de control y al módulo de 8 relés.

En las figura 22 y 23 se muestra, el diagrama esquemático y de pistas para circuito impreso de la placa de suministro y protección.

- **Cálculo de protecciones.**

Tabla de amperaje de motores

HP	KW	Intensidad	Fusible	Protección	Intensidad	Fusible	Protección
		115	115	115	220	220	220
1/6	0.12	4.4	8	16			
1/4	0.19	5.8	10	16			
1/3	0.25	7.2	16	20			
1/2	0.37	9.8	20	25	2.2	4	6
3/4	0.56	13.8	25	40	3.2	6	10
1	0.75	16	32	40	4.2	8	10
1.5	1.12	20	40	50	6	10	16
2	1.49	24	50	63	6.8	16	20
3	2.24	34	63	82	9.6	20	25
5	3.73	56	100	150	15.2	32	40
7.5	5.60	80	160	200	22	40	63
10	7.46	100	200	250	28	50	80
15	11.2	131	250	350	42	80	125
20	14.9				54	100	150
25	18.7				68	125	175
30	22.4				80	160	200
40	29.8				104	200	300
50	37.3				130	250	300

Tabla 1. Tabla de voltajes, amperajes y protecciones.

http://ramonmar.mex.tl/848681_tabla-de-amperajes-de-motores.html

Cálculo de protección para la bomba centrífuga

La tabla anterior proporciona la corriente que consume un motor en las tensiones correspondientes a 115V, 220V y 440V. Así como el valor de la protección recomendada a ser utilizada ya sea esta un fusible o interruptor termo magnético.

Los cálculos son verificados a continuación.

La bomba centrífuga para la cual se desea encontrar la protección cumple las características de potencia de 1HP=0.75Kw con un factor de potencia de 0.68 (Cos ϕ) y con un rendimiento (N) de 62%, esta será alimentada por 110 Voltios AC.

Para encontrar la magnitud del fusible (I_F) es necesario conocer la corriente nominal (I_N).

Parámetros

Motor monofásico

$$P = 1 \text{ HP} = 0.75 \text{ Kw} = 750\text{w}$$

$$V = 110\text{V}$$

$$\text{Cos } \emptyset = 0.70$$

$$N = 0.62$$

K = Constante de protección la cual se toma en el rango de 1.8 A 2.1

$$I_N = ?$$

$$I_F = ?$$

Ecuaciones

$$P = V * I_N * (\text{cos } \emptyset) * N$$

$$I_N = \frac{P}{V * (\text{cos } \emptyset) * N} \quad I_N = \frac{750\text{w}}{110 * 0.70 * 0.62}$$

$$I_N = \frac{750\text{w}}{48.484} \quad I_N = 15.71 \text{ A}$$

$$I_F = K * I_N$$

$$I_F = 2 * 15.71 \quad I_F = 31.42 \text{ A}$$

El resultado obtenido en las ecuaciones es semejante al presentado en la tabla 1. Permitiendo tomar como opción más próxima un fusible de 32 A que se lo puede encontrar en el mercado.

Cálculo de la protección para la resistencia tubular

Parámetros

$$V = 220\text{V AC}$$

$$P = 6600 \text{ W}$$

Ecuaciones

$$P = V * I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{6600\text{W}}{220\text{V}} \quad I = 30 \text{ A}$$

Permitiendo tomar como opción más próxima una protección termo magnética fusible de 30 A que se lo puede encontrar en el mercado.

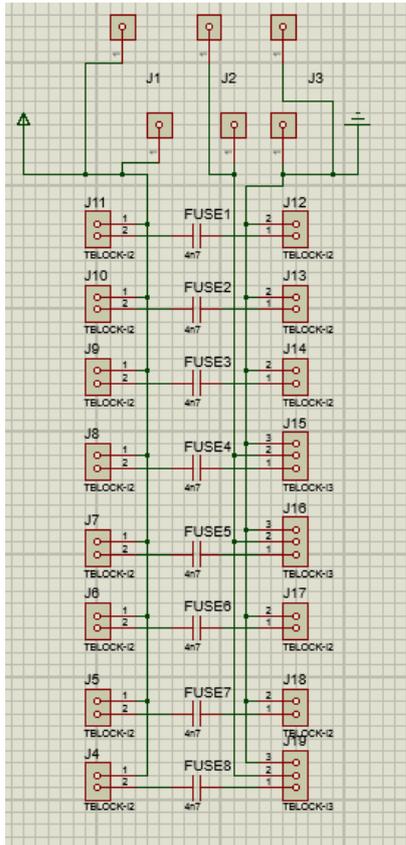


Figura 22. Diagrama de circuito de la placa de suministro y protección

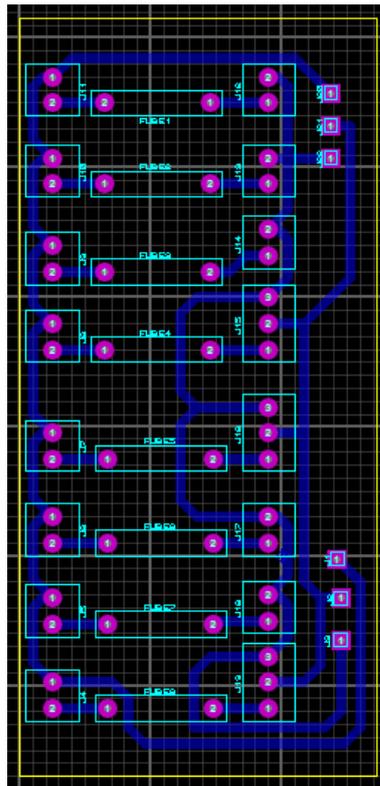


Figura 23. Visión de pistas de la placa de suministro y protección

El conjunto de cuatro módulos permite el control de cada uno de los actuadores aplicados en el sistema. Los actuadores se detallan en un buzzer mostrado en la figura (a), 3 electro válvulas figura (b), 2 bombas de recirculación (centrífuga) figura (c), 2 ventiladores de enfriamiento figura (e) y la parte de potencia conformada por una resistencia de inmersión figura (d) y un motor AC figura (f). Elementos mostrados gráficamente en la figura 24.

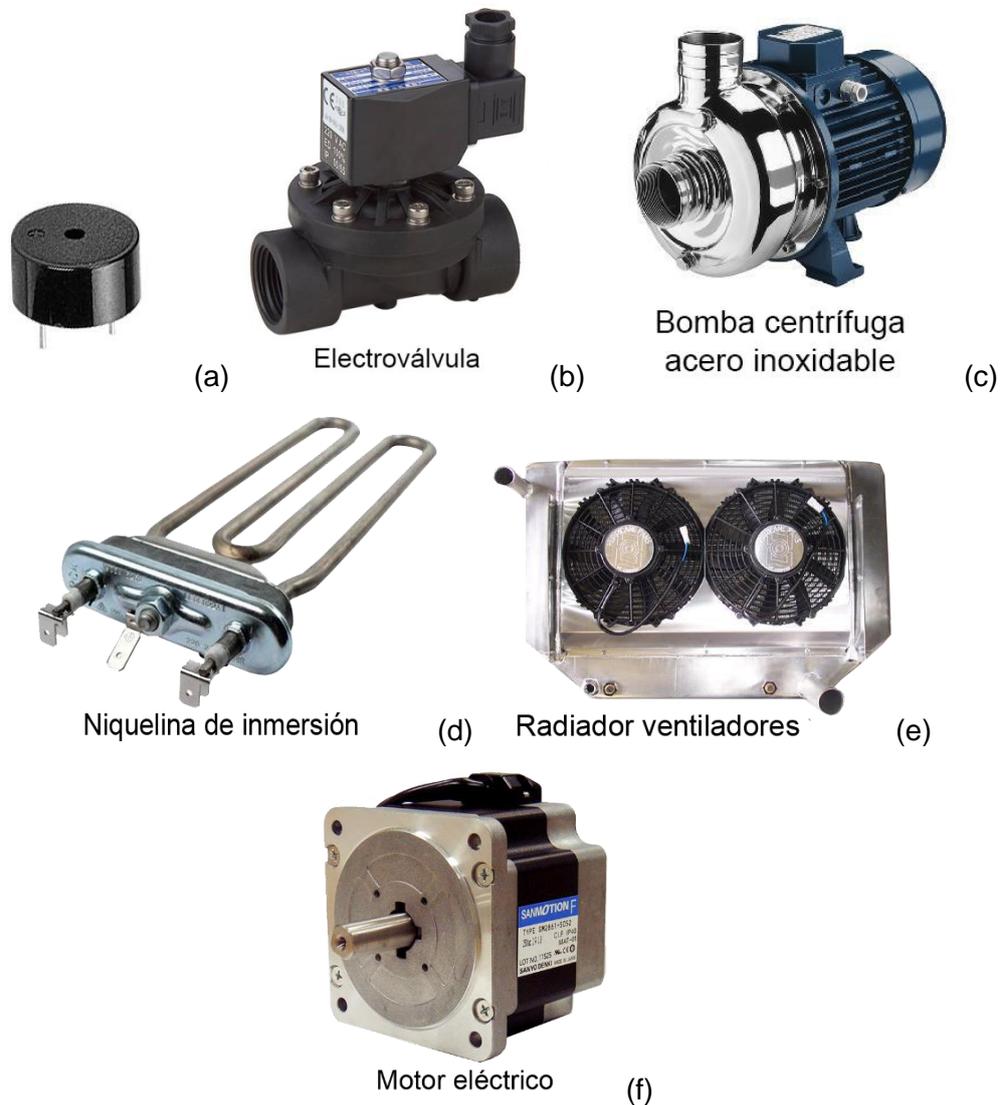


Figura 24. Actuadores

Con todas las características mencionadas anteriormente a continuación la siguiente figura representa el esquema básico de la conformación en conjunto de los módulos, elementos y actuadores utilizados en el diseño del sistema.

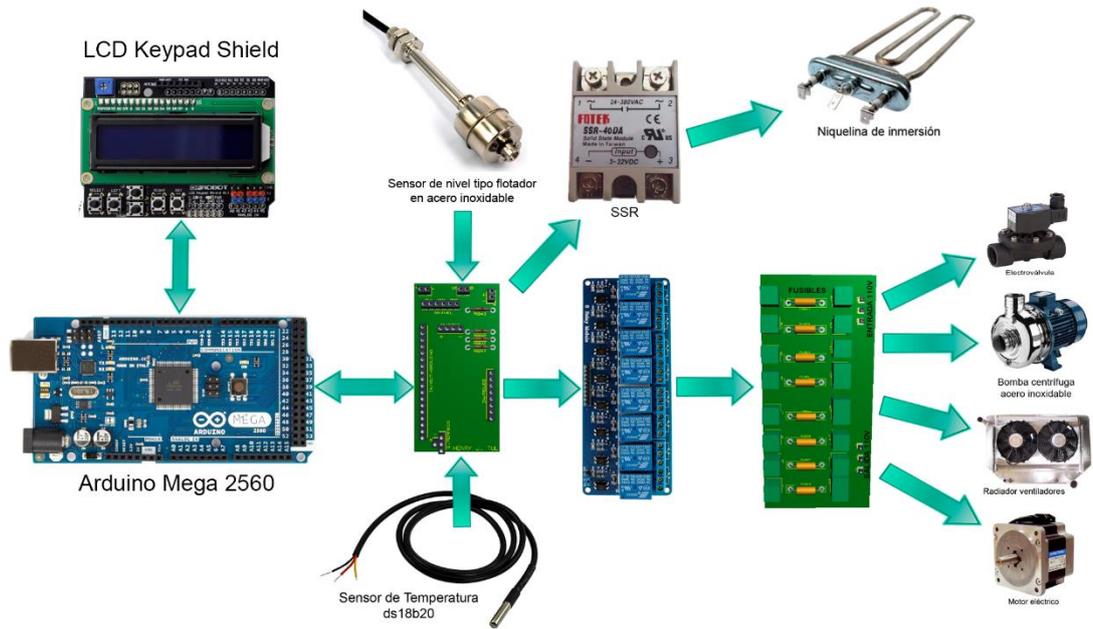


Figura 25. Esquema básico del sistema

3.3 Software

El funcionamiento del hardware está controlado por líneas de instrucción almacenadas en el espacio memoria de la placa del Arduino mega las mismas que son las encargadas de permitir que los módulos interactúen con el entorno a través de sus diferentes puertos de entrada-salida permitiendo de esta forma leer en las señales analógicas o digitales que son datos enviados por los periféricos de entrada como sensores para controlar los diferentes actuadores involucrados en el sistema haciendo que cumplan la función requerida en cada uno de los procesos.

Es decir la programación consiste básicamente en decirle a Arduino y a los actuadores como y cuando actuar.

El código de programación utilizado para la automatización del sistema de elaboración de cerveza artesanal permite que el usuario ingrese mediante teclado la temperatura referencial y el tiempo de macerado del cereal para la obtención del mosto. Esta temperatura referencial hará que se mantenga el líquido en el rango ingresado y por el tiempo determinado para una vez finalizado pasar al bloque de instrucción de cocción que está regido por una constante de tiempo de una hora. Para finalmente dar paso al conjunto de instrucciones de descargo del líquido al tanque de fermentación. Dentro de cada uno de los procesos antes mencionados se debe tomar en cuenta que las líneas de programación controlan el encendido o apagado de cada uno de los actuadores.

El siguiente flujograma muestra cada uno de los momentos de las instrucciones en la programación y también los estados de los actuadores relacionados dentro del proceso de la elaboración de la cerveza.

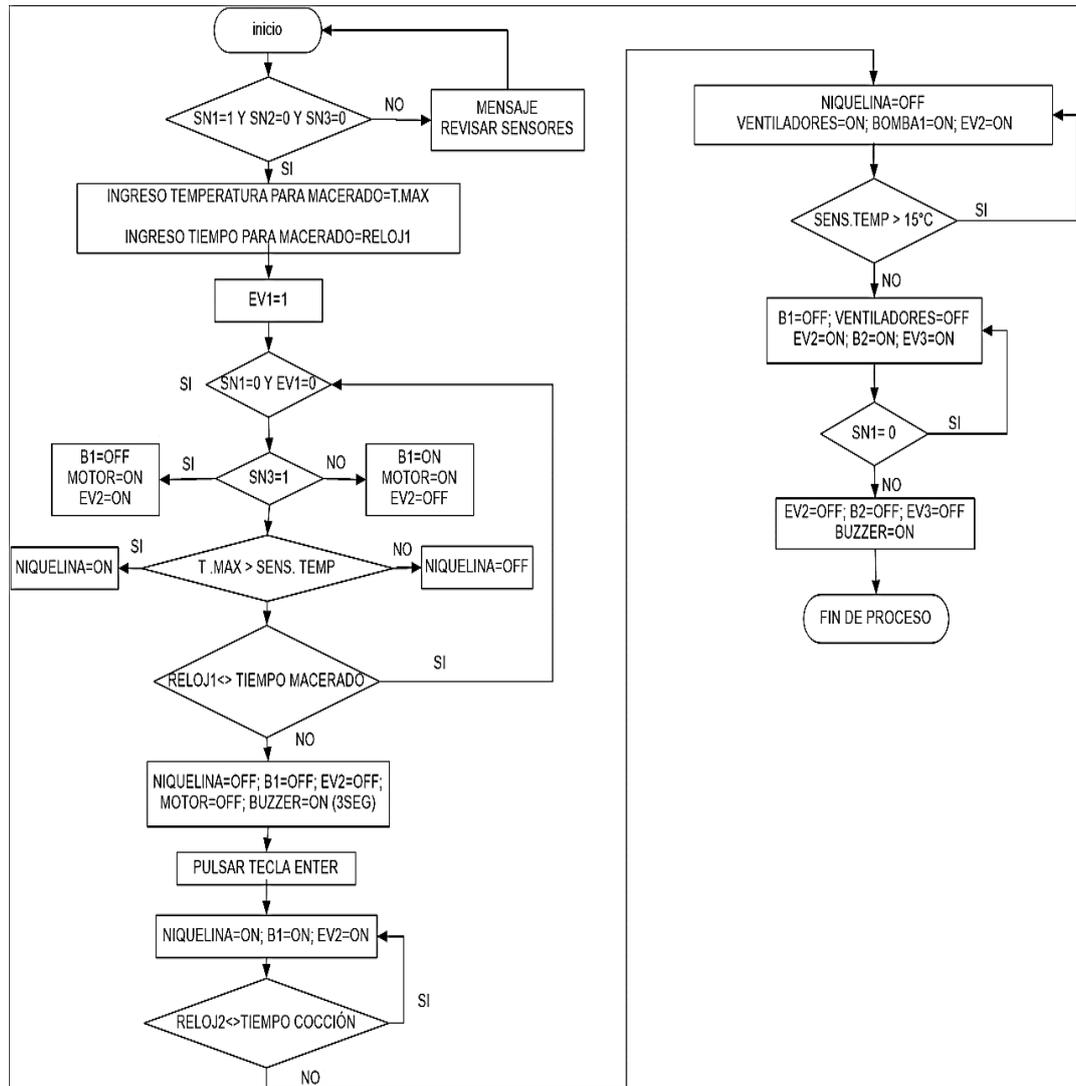


Figura 26. Flujograma del proceso

3.4 Diseño mecánico

En su parte mecánica el sistema está conformado por una estructura y un conjunto de recipientes en acero inoxidable que conforman la parte física sobre la cual cada uno de los procesos son llevados a ejecución en el plano general de la elaboración de la bebida.

En la figura 27 se muestra un esquema de la conformación física en su estructura general en el cual se muestran la disposición de cada uno de los recipientes y actuadores involucrados en la producción.

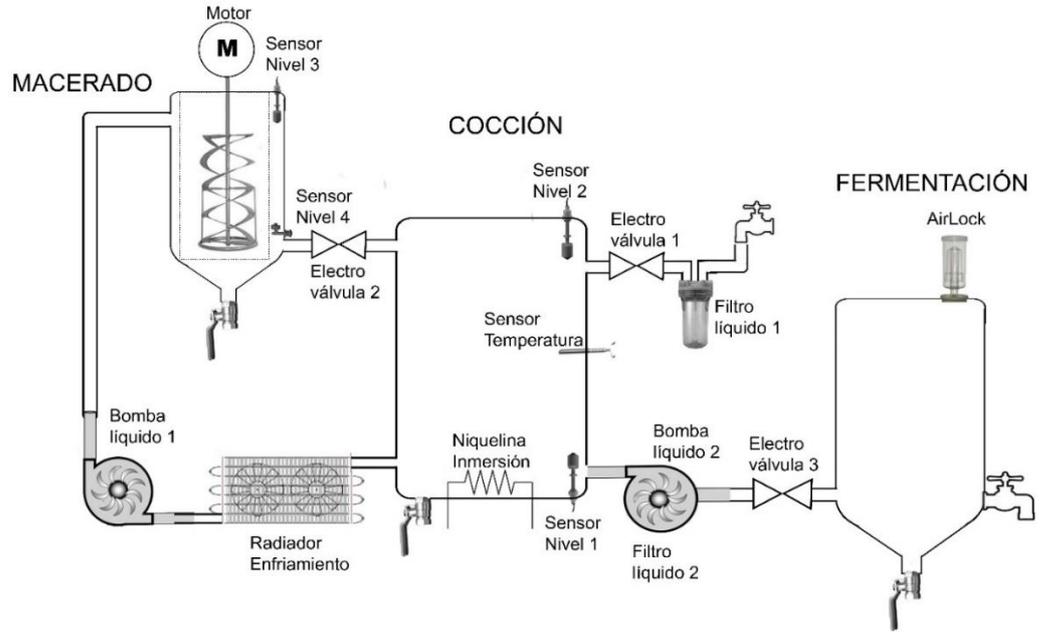


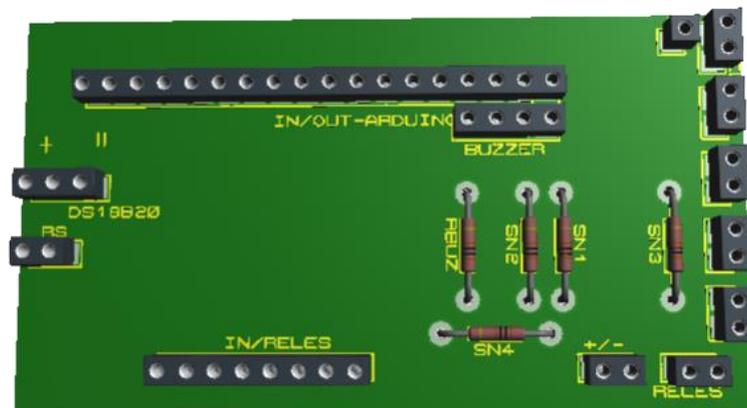
Figura 27. Estructura general del sistema de elaboración de cerveza artesanal

3.5 Etapa de montaje e implementación

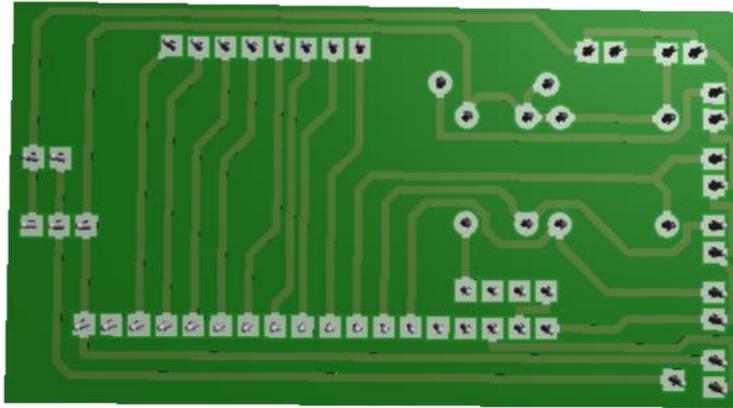
3.5.1 Tarjeta interfaz

Esta tarjeta electrónica fue diseñada con el objetivo de servir como puente de conexión entre la placa Arduino y el conjunto de 8 relés, a la vez también para suministrar de forma ordenada puertos de entrada para cada uno de los sensores y un puerto de salida para controlar el SSR que maneja la nichelina de inmersión.

En los esquemas de la figura 28 (a) y (b) y fotografía figura 29 se muestran a continuación la tarjeta electrónica implementada con cada uno de los elementos que la constituyen.



(a)



(b)

Figura 28. Placa interfaz para Arduino y módulo relés

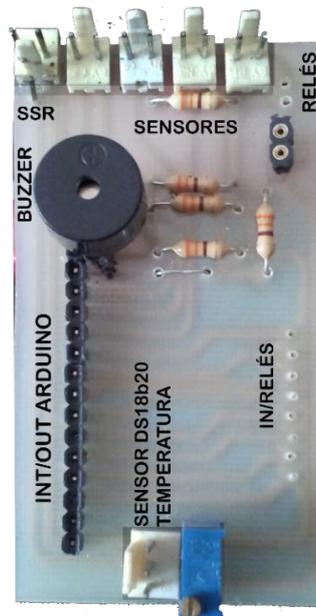


Figura 29. Implementación placa interfaz para Arduino y módulo relés

3.5.2 Tarjeta de suministro de voltaje y protección

Al módulo de 8 relés se conecta la placa de suministro general y protección con fusibles. En el momento que se acciona el respectivo relé y por medio de éste, esta placa se encarga de entregar la alimentación de 110 voltios AC y proteger por medio de un fusible tipo encapsulado de vidrio según corresponda a cada uno de los actuadores que trabajan en este rango de voltaje.

En los esquemas de la figura 30 y fotografía figura 31 se muestran a continuación la tarjeta electrónica implementada con cada uno de los elementos que la constituyen.

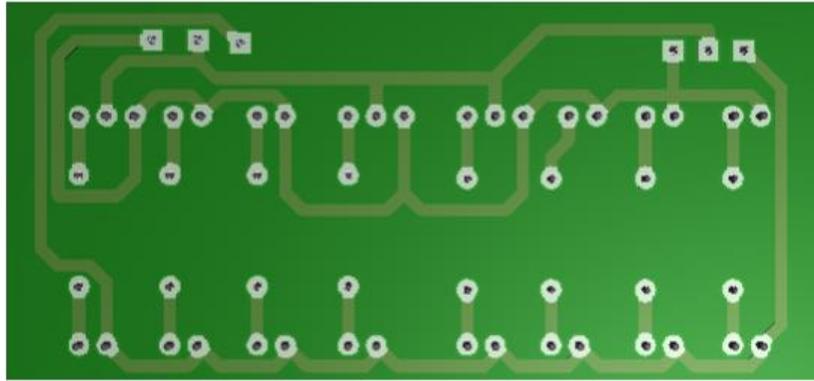


Figura 30. Vista de pistas de la placa de suministro y protección

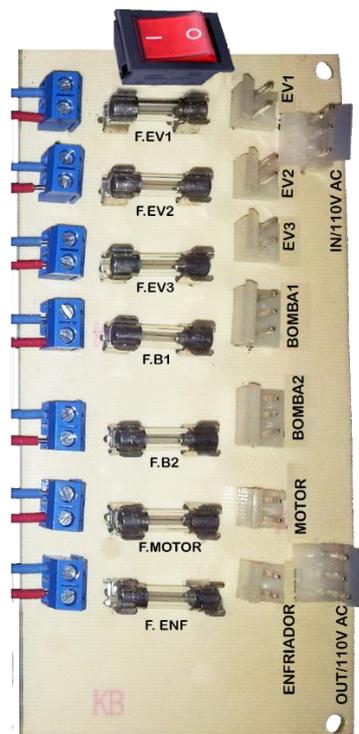


Figura 31. Implementación placa suministro y protección

3.5.3 Módulos de control

A continuación en la figura 32 se muestra como cada uno de los módulos se vinculan entre sí para conformar el módulo general de control del sistema. El cual está conformado por el Arduino Mega, el LCD Keypad Shield, la tarjeta interfaz, el módulo de 8 relés y la tarjeta de suministro de voltaje y protección.

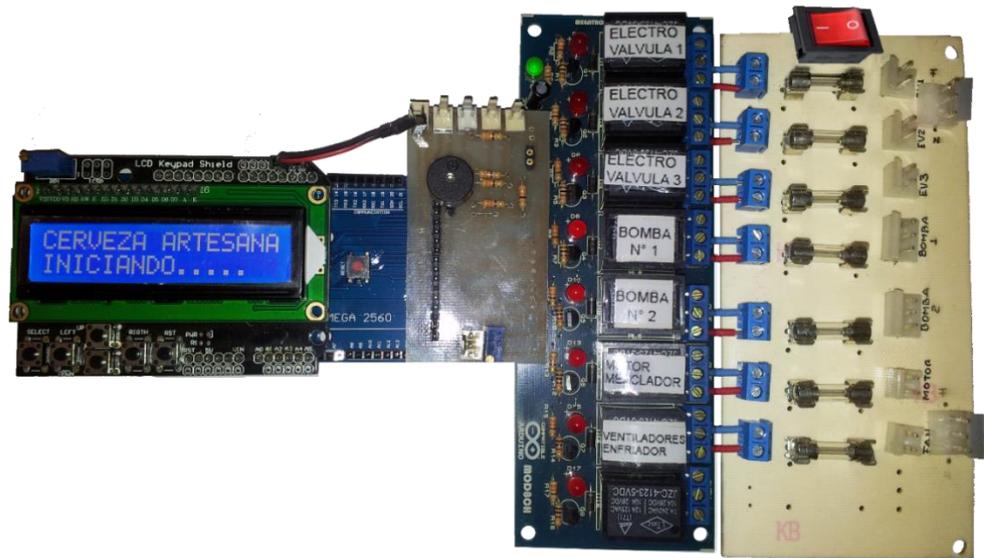


Figura 32. Módulo general de control

3.5.4 Implementación de los elementos en los tanques terminados.

Cada uno de los módulos vinculados entre sí, en conjunto con los sensores de nivel de líquido y el sensor de temperatura conforman el tablero de control como se muestra en la figura 33, y permiten el control de cada uno de los actuadores como electro válvulas, ventiladores, bombas centrífuga, SSR, motor mezclador, resistencia tubular las cuales están instaladas en los diferentes tanques a ser usados en el proceso de la elaboración de la cerveza como se muestra en las siguientes imágenes.

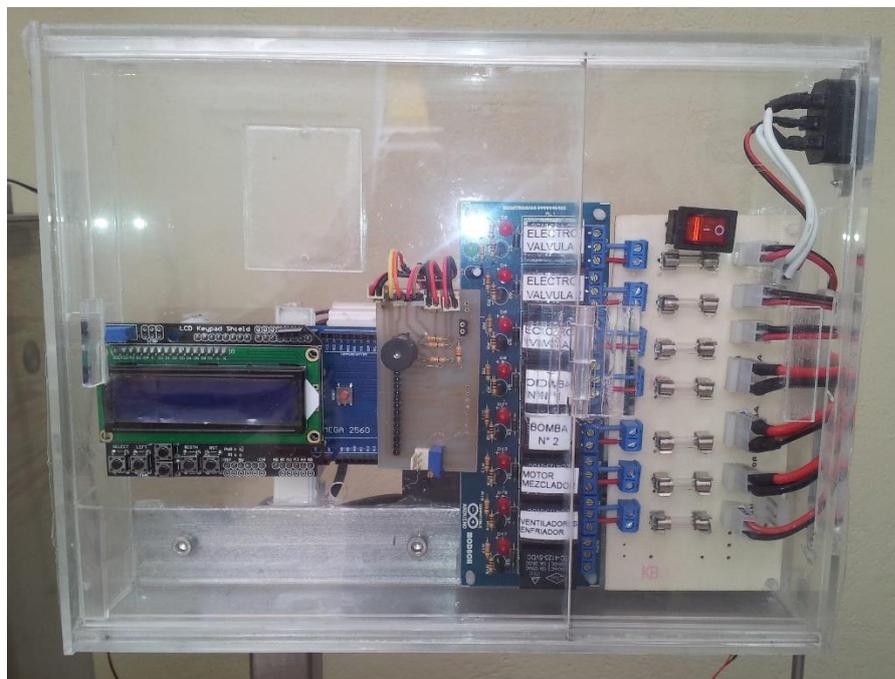


Figura 33. Tablero de control instalado



Figura 34. Motor mezclador y sensor de nivel de líquido



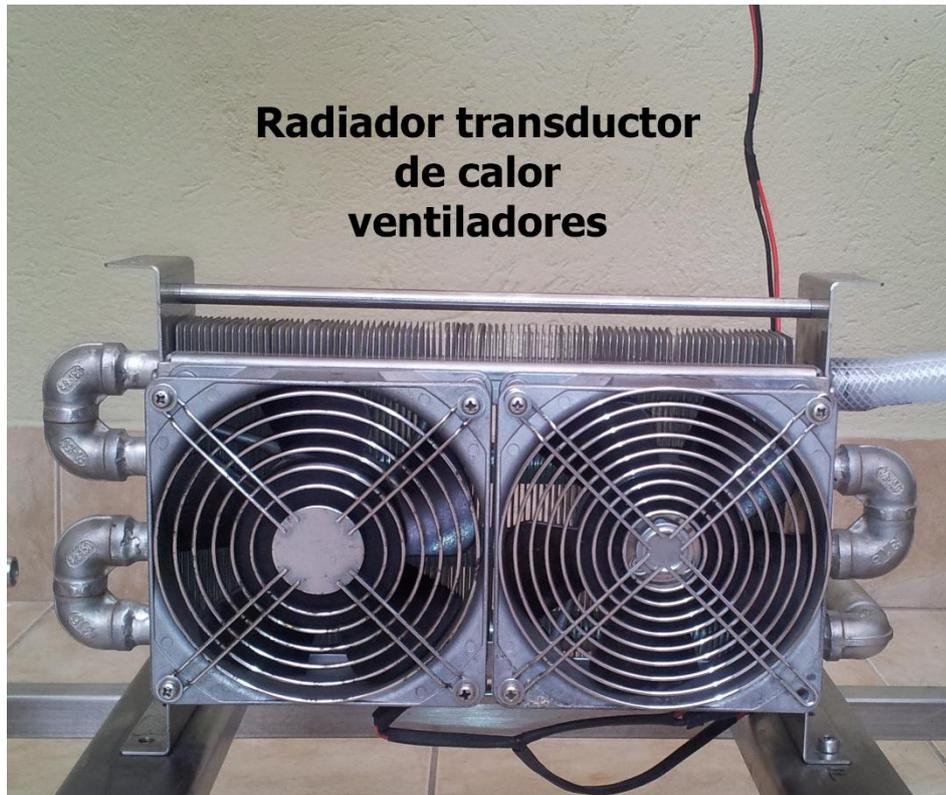
Figura 35. Relé de estado sólido para el control de la niquelina de inmersión



Figura 36. Niquelina de inmersión



Figura 37. Bomba centrífuga de 1HP



**Radiador transductor
de calor
ventiladores**

Figura 38. Radiador y ventiladores transductor de calor



**Sistema completo
para la
Elaboración de Cerveza Artesanal**

Figura 39. Sistema Completo para la elaboración de cerveza artesanal

3.5.5 Funcionamiento general del equipo guía de usuario

Al momento de encender el equipo se presentará el mensaje en pantalla de “CERVEZA ARTESANA INICIANDO...”. Como se muestra en la figura 40.



Figura 40. Pantalla inicial

El equipo verificará que los cuatro sensores de nivel de líquido se encuentren en los estados correspondientes de tanques vacíos. Se debe tener en consideración que previamente al encendido, en el equipo debe estar colocada la cebada dentro de la canastilla en el tanque de macerado.

Si la pantalla del panel de control presenta como segundo mensaje el texto “REVISAR SENSORES”, como se muestra en la figura 41. Este indicará al operario que compruebe que no exista líquido dentro de los tanques o en su defecto la desconexión o atasco de alguno de los sensores de nivel.

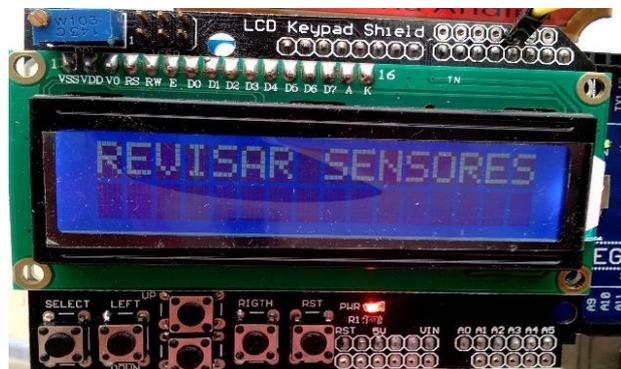


Figura 41. Mensaje de revisión de sensores

Si la verificación de los sensores por parte del sistema es exitosa presentará directamente el mensaje en pantalla de “INGRESAR TEMP. MÁXIMA”. Que es la temperatura del agua en la cual se va a realizar el macerado para la obtención del extracto conocido como mosto. En la figura 42 se puede observar el mensaje.



Figura 42. Mensaje de ingreso de temperatura máxima.

A continuación será solicitado el ingreso del tiempo para el proceso de maceración "TIEMPO1". Como se puede observar en la figura 43. El cual será el lapso en que se mezclará el agua con la cebada para la obtención del mosto.

El valor de temperatura y los tiempos dependen de los requerimientos del tipo de cerveza y la receta a usar.



Figura 43. Mensaje de ingreso el tiempo para el macerado.

El botón superior (UP) e inferior (DOWN) del teclado en el panel nos permitirán el incremento o decremento de la temperatura o tiempo a elegir por el usuario y que serán seleccionados presionando la tecla (Select). En la figura 44 se puede observar los botones de selección.

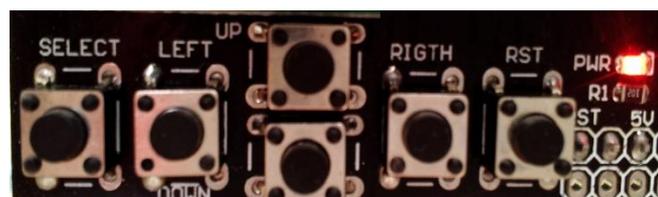


Figura 44. Botonera de selección.

A continuación inmediatamente aparecerá en pantalla el mensaje “LLENANDO TANQUE”, como se muestra en la figura 45.



Figura 45. Mensaje de llenando tanque.

Este aviso será presentado hasta que el sensor de nivel alto entregue estado de tanque lleno.

Posterior a esto se muestra en pantalla el mensaje “INICIO MACERADO”. Como se observa en la figura 46.



Figura 46. Mensaje de aviso del inicio del macerado

En este proceso el líquido recirculará por medio de la bomba centrífuga de acero inoxidable entre los tanques durante el **Tiempo1** establecido anteriormente en el sistema, dentro del cual la **Temperatura Máxima** es controlada mediante el sensor de temperatura para mantenerla dentro de la misma.

En pantalla se mostrará la temperatura ingresada por el usuario según la receta a usar y la temperatura del líquido dentro del tanque la cual va a ser controlada en el sistema por comparación con respecto a la temperatura ingresada. También la pantalla mostrará el avance del tiempo de maceración como se muestra en la figura 47.



Figura 47. Mensaje de temperatura máxima. Temperatura actual y tiempo de macerado para obtención del mosto.

Concluido este tiempo el sistema emitirá tres pitidos dando aviso de la finalización de este paso y a su vez permitiendo al operario tomar el tiempo necesario para desconectar el motor y el sensor de la tapa del tanque de macerado y retirarlos junto con la canastilla filtro que contiene los residuos de la cebada. Como se muestran en la figura 48.



Figura 48. Conector sensor de nivel. Canastilla filtro. Motor y sensor de nivel.

Retirado los residuos de la cebada. Se coloca nuevamente la tapa con el motor y el sensor de nivel en el tanque de macerado, y se vuelven a conectar cada uno de ellos.

El equipo estará en modo espera, siendo necesario presionar en el tablero de control el botón (SELECT) para continuar el proceso.

La pantalla mostrará a continuación el mensaje "CERVEZA COCCIÓN", como se muestra en la figura 49.



Figura 49. Mensaje de inicio del tiempo de cocción de la cerveza.

En la cocción mediante la niquelina de inmersión el mosto será llevado a ebullición por el tiempo establecido como constante de una hora. En la pantalla se podrá observar la temperatura en que se encuentra el líquido y el avance del tiempo en el proceso. Como se presenta en la figura 50.



Figura 50. Temperatura de cocción y tiempo de cocción.

Al finalizar el tiempo de cocción, el paso siguiente es el de enfriamiento del mosto. Se muestra en pantalla la temperatura del líquido en el tanque y la temperatura a la cual va a ser enfriado el mismo. Como se observa en la figura 51.



Figura 51. Temperatura del mosto en el tanque y valor de la temperatura a ser enfriado el mosto.

En este proceso se encenderán los ventiladores, el líquido pasará a través del radiador enfriador para lograr junto con los ventiladores el decremento de la temperatura del líquido a los 20 grados requeridos. Alcanzada esta temperatura un nuevo aviso sonoro será el indicativo del vaciado del tanque de cocción hacia el tanque de fermentación, mostrando en pantalla el aviso de descarga del tanque como se observa en la figura 52.



Figura 52. Aviso de descarga del tanque.

Terminado el vaciado del tanque aparecerá el aviso en pantalla de “FIN DE PROCESO” con un sonido prolongado hasta ser presionada la tecla (RESET) que dará paso al inicio de un nuevo proceso. Mensaje mostrado en la figura 53.



Figura 53. Aviso de fin de proceso

3.5.6 Procesos, mensajes, acciones y procedimientos en el sistema.

En la tabla 2 se muestran los pasos para el funcionamiento del equipo, los procesos que cumple la máquina en cada uno de estos pasos, los mensajes mostrados en los mismos y las acciones y procedimientos a seguir si existiese un aviso de error o funcionamiento no deseado.

Proceso	Desempeño/Mensaje	Acción	Procedimiento
1. Encendido	Revisar conexiones de alimentación de 110v y 220 v. Posición de breaker niquelina de inmersión en ON.	Estado correcto	Ninguna
		-Revisar conexiones de enchufes a los tomas de corriente. -Revisar la clavija de caja de breaker de niquelina de inmersión a posición ON.	
2. Llenado de tanque	LLENADO TANQUE	Llenado correcto	Ninguna
	No se produce el llenado de los tanques.	-Revisar ingreso de líquido. - Revisar correcto acople del conector de electro válvula 1 al tablero de control. -Revisar funcionamiento de electro válvula.	- Abrir fuente de ingreso de agua. -Acoplar correctamente conector. -Cambio de electro válvula.
3. Macerado	REVISAR SENSORES	-Revisar visualmente existencia de líquido en el tanque. -Revisar atasco en los sensores de nivel de líquido. -Revisar correcto acople de conector de sensores de nivel al tablero de control. -Revisar correcto funcionamiento del sensor.	-Descargar manualmente el líquido. -Soltar el flotador del sensor de forma manual. -Juntar correctamente conectores. -Cambio de sensor de nivel de líquido.

4. Macerado	Valor de temperatura mostrado en pantalla fuera de proporción.	-Revisar correcto acople de conector del sensor al tablero de control.	- Cambio de sensor de temperatura.
5. Macerado	No existe recirculación de líquido.	<p>- Revisar correcto acople del conector de electro válvula 2 al tablero de control.</p> <p>-Revisar funcionamiento de electro válvula.</p> <p>-Revisar correcto acople de conector de bomba centrífuga 1 al tablero de control.</p> <p>-Revisar correcta conexión entre enchufe y toma de corriente de bomba centrífuga.</p> <p>-Revisar funcionamiento de bomba centrífuga.</p>	<p>-Acoplar correctamente conector.</p> <p>-Cambio de electro válvula</p> <p>-Acoplar correctamente conector.</p> <p>-Conectar correctamente enchufe al toma de corriente.</p> <p>-Cambio de bomba centrífuga.</p>
6. Macerado / Cocción	-No existe variación de temperatura en el sistema.	<p>-Revisar conexión de enchufe de 220v al toma de corriente.</p> <p>-Revisar posición de la clavija de caja de breaker de niquelina de inmersión en posición ON.</p> <p>-Revisar funcionamiento de la niquelina de inmersión.</p>	<p>-Conectar correctamente el enchufe al toma de corriente.</p> <p>-Colocar clavija del breaker a la posición ON.</p> <p>-Cambiar niquelina de inmersión.</p>

7. Enfriado del Mosto	ENFRIANDO A 20 °C -No existe decremento de temperatura en el sistema.	Enfriado correcto	Ninguna
		-Revisar correcto acople de conector de ventiladores al tablero de control. -Revisar funcionamiento del ventilador.	-Acoplar correctamente conectores. -Cambiar ventilador
8. Descarga de tanques.	DESCARGANDO No se produce la descarga de	Descarga Correcta	Ninguna
		- Revisar correcto acople del conector de electro válvula 3 al tablero de control. -Revisar funcionamiento de electro válvula. -Revisar correcto acople de conector de bomba centrífuga 2 al tablero de control. -Revisar correcta conexión entre enchufe y toma de corriente de bomba centrífuga. -Revisar funcionamiento de bomba centrífuga.	-Acoplar correctamente conector. -Cambio de electro válvula -Acoplar correctamente conector. -Conectar correctamente enchufe al toma de corriente. -Cambio de bomba centrífuga.

Tabla 2. Tabla de procesos, mensajes, acciones y procedimientos en el sistema

3.5.7 Análisis de costos y retorno de inversión

En tabla 3 se muestran los valores correspondientes a cada uno de los elementos que conforman el sistema prototipo para la elaboración de cerveza artesanal, con el objetivo de conocer el costo de inversión realizado para el respectivo cálculo del precio de producción de cerveza y a su vez obtener el tiempo de retorno de inversión del capital.

COSTO EQUIPO		
Elementos	USD \$	
Tanque de Macerado		2,023.00
Tanque de Cocción		963.00
Estructura porta elementos		375.00
Accesorios:		1,639.00
Arduino Mega 2560	50.00	
Keypad Shield	13.00	
Canastilla con lámina Perforada	228.00	
Hélice tipo ancla	200.00	
Sensor de Nivel (4unds a \$25,00 c/u)	100.00	
Motor	100.00	
Bomba Centrífuga	380.00	
Electroválvula (2 unds a \$45 c/u)	90.00	
Niquelina de 660w	80.00	
Extras	398.00	
Costo de diseño y desarrollo		3,000.00
TOTAL COSTO MAQUINARIA		8,000.00

Tabla 3. Tabla de costo total del equipo

En la tabla 4 se presenta el detalle de los valores a considerar para obtener un costo estimado de producción de 1 litro de cerveza artesanal.

Para elaborar 1 litro de cerveza artesanal

Materia Prima	Costo Unitario USD \$	Costo por Litro USD \$	Producción Estimada Litros Diarios	Costo Diario USD \$ /día
1 litro de agua	0.00058	0.00058	100	0.06
Malta 170gramos por litro	0,0035 c/gr	0.60	100	59.50
Lúpulo 3gramos por litro	0,20 c/gr	0.60	100	60.00
Levadura 0,55 gramos por litro	0,06 c/gr	0.03	100	3.00
Consumo de Energía eléctrica	49,20 mes			1.64
Costo estimado de producción de 100 lts diarios de cerveza artesanal				124.20 USD

Tabla 4. Detalle de valores para el cálculo de costo de producción de cerveza artesanal

Costo por litro de cerveza USD \$ / L	1.24 USD
Margen de Utilidad estimado 58.6%	1.76 USD
Precio de venta al Público por litro de cerveza artesanal	3.00 USD

Nota: El costo en Quito por cada 1000 litros de agua es de **0,58 USD**.

Costo estimado kilovatio hora al mes:

$$\text{Consumo} = \frac{6600w * 2.5\text{horas} * 30\text{días}}{\text{KWH (1000)}} = 495\text{KWh/mes}$$

<http://www.centrosur.com.ec/?q=calcular-consumo>

Empresa eléctrica Quito, pliego tarifario vigente para tarifas de baja tensión aplicada a consumidores Residenciales (R1), industrial Artesanal (G2).

BLOQUE DE CONSUMO KWh	CARGOS POR CONSUMO USD \$
251-500	0.0994

Tabla 5. Tabla de constante tarifaria EEQ

<http://www.eeq.com.ec:8080/documents/10180/143788/PLIEGO+TARIFARIO+JUNIO+2016/87150aa8-df3f-4390-9c2b-b08710a7c3e1>

$$\text{Valor KWh} = 495 * 0.0994 = \mathbf{49.20 \text{ USD}}$$

CÁLCULO DE TIEMPO PARA RETORNO DE INVERSIÓN

En la tabla 6 se presentan las diferentes variables que actúan en análisis y cálculos para la obtención del tiempo de retorno de inversión.

PRODUCCIÓN ESTIMADA		
Días de Producción semanal (Miércoles a Sábado)		4 días
Total días de producción al mes (4 semanas por 4 días laborables)		16 días
INGRESOS ESTIMADOS MENSUALES		
Precio de Venta al Público		\$ 3
Producción mensual en litros		
ltrs diarios 100 * 16 días de producción mes	1600	4800

(-) COSTO DE PRODUCCIÓN			
Costo de Producción Mensual	1.24		1984
Producción mensual en litros	1600		
(=) MARGEN DE UTILIDAD BRUTO	4800-1984		2816
(-) OTROS GASTOS			
Gastos Generales de Operación			2000
(=) UTILIDAD NETA	2816-2000		816
COSTO TOTAL MAQUINARIA			\$ 8,000
Tiempo estimado de Recuperación de la Inversión			
(COSTO TOTAL / UTILIDAD NETA)			9.80 MESES

Tabla 6. Tabla general de cálculos de tiempo de retorno de inversión.

3.5.8 Eficiencia del sistema prototipo

En la tabla número 7 se presenta la eficiencia de producción del sistema prototipo automatizado frente a la producción manual, tomando como referencia dos momentos de elaboración dentro de una jornada normal diaria de trabajo.

	Proceso Normal		Proceso con Máquina		Eficiencia diaria Máquina
Capacidad	40 litros		60 litros		20
Proceso 1	40	litros	60	litros	20
Proceso 2	40	litros	60	litros	20
	80 litros		120 litros		40
Procesos					
Macerado	33	minutos	30	minutos	3
Cocción	95	minutos	90	minutos	5
Filtrado	3	minutos	0	Minutos	3
Enfriado	15	minutos	10	Minutos	5
Paso a tanque de Fermentación	2	minutos	5	Minutos	-3
Total minutos	148	minutos	135	Minutos	13
					optimizados por proceso productivo
Horas al día	2,47	Horas día	2,25	Horas	

EFICIENCIA:		Día	Semanal	Mes	Anual
PROCESOS PRODUCTIVOS			4 días	16 días	192 días
1. En Tiempo	Proceso 1	13	52	208	2496
	Proceso 2	13	52	208	2496
	Minutos	26,00	104,00	416,00	4992,00
	Horas Optimizadas		1,73	6,93	83,20
2. En Capacidad de Producción	Proceso 1	20	80	320	3840
	Proceso 2	20	80	320	3840
	Litros	40	160	640	7680
Con el sistema implementado obtenemos una reducción del tiempo de producción en 13 minutos por proceso, a su vez un incremento del 50% de producción, lo que representa la optimización de 83 horas anuales y una producción de 7680 litros de cerveza en el mismo tiempo de producción anual					

Tabla 7. Eficiencia en producción del sistema prototipo frente a producción manual.

CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó e implementó un sistema prototipo que permite la automatización del proceso de elaboración de cerveza artesanal.
- En las diferentes etapas de diseño, construcción e implementación se aplicaron de manera adecuada los conocimientos logrados en las diferentes áreas de estudio como programación, diseño eléctrico, diseño electrónico, automatización y control. El control de los diferentes pasos en el proceso de la fabricación se consiguió realizarlos de manera automatizada.
- En la puesta en marcha del sistema se concluyó de forma experimental que los sensores de nivel usados en el recipiente de cocción deben ser de acero inoxidable por su exposición directa a las altas temperaturas debido a sus especificaciones técnicas para soportar dichas temperaturas.
- Mediante el uso del método comparativo se verificó la reducción en los tiempos en la elaboración del producto y el aumento en el volumen de producción por día.
- Se logró reducir casi en su totalidad la manipulación directa del producto en proceso con el operario.

RECOMENDACIONES

- Por el tiempo que tomará la transición del modelo energético de 110v a 220v en el país, sería recomendable que la niquelina de inmersión solo sea usada en el proceso de maceración y en el inicio de la cocción mediante la programación esta quede inactiva y apoyarse en un quemador industrial a gas doméstico para abaratar costos de producción.
- Es recomendable que el recipiente de cocción se fabricado de doble capa (camisa) con alma intermedia de aceite de alta temperatura para una distribución homogénea del calor en el líquido ayudando también a la reducción del tiempo para llegar al punto de ebullición.
- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo general del sistema dentro en un periodo de seis meses.
- Es recomendable que después de cada fin de proceso realizar una limpieza general del equipo y usando el mismo sistema en fase “maceración” hacer recircular agua limpia para obtener un lavado en las bombas y tuberías.

BIBLIOGRAFÍA

Arduino. (2016). *Arduino Arduino Mega 2560 Genuino Mega 2560*. Obtenido de <http://arduino.cl/arduino-mega-2560/>

BOMBAS IDEAL S.A. (2008). *DATOS TÉCNICOS DE HIDRÁULICA BOMBAS*. Valencia.

Bustos, C. (2009). La producción artesanal. *Visión Gerencial*, 52.

coparoman. (25 de 03 de 2014). *Blog*. Obtenido de <http://coparoman.blogspot.com/2014/03/interruptores-de-nivel-tipo-flotador.html>

Creus Solé, A. (1997). *Instrumentación Industrial*. Barcelona: Marcombo, S.A.

Dulhoste, J. (8 de 06 de 2012). *Web del profesor*. Obtenido de TEORIA DE CONTROL:
http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/djean/index_archivos/Documentos/Teoria_Control.pdf

Ebel, F. (2008). *Fundamentos de la técnica de automatización*. Festo Didactic GmbH & Co. KG • 563062.

ElectroCrea. (20 de 11 de 2014). *ElectroCrea. Electrónica modular, Componentes y Microcontroladores*. Obtenido de <https://electrocrea.com/blogs/tutoriales/18188479-teclado-matricial-4x4>

Enríquez, C. (20 de 09 de 2014). *El comercio.com*. Obtenido de <http://www.elcomercio.com/actualidad/cervezas-artesanales-multiplican-quito.html>

Freetronics. (2010). Obtenido de http://www.freetronics.com.au/pages/16x2-lcd-shield-quickstart-guide#.VhMIZPI_Oko

González de Durana, J. M. (2004). *Automatización de Procesos Industriales. Ingeniero de Organización. Curso 1o*. Vitoria-Gasteiz; España.

Hernández, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control: Conceptos, aplicaciones y simulación con MATLAB*. México: PEARSON EDUCACIÓN.

http://www.juntadeandalucia.es/averroes/~23005153/d_tecnologia/bajables/2%20bachillerato/SISTEMAS%20AUTOMATICOS%20DE%20CONTROL.pdf. (s.f.).

- MICRO, M. (2016). INTRODUCCIÓN A LA NEUMÁTICA. Buenos Aires . Argentina:
Departamento de capacitación/ capacitación@micro.com.ar.
- Organización de Servicio - SEAT, S.A. (1998). *Gestiones Electrónicas. Sensores y Actuadores (C.B. n.º 6)*. Barcelona.
- Rashid, M. H. (1995). *Electrónica de potencia. Circuitos, dispositivos y aplicaciones* (Segunda edición ed.). México: PRENTICE HALL HISPANOAMERICANA, S.A.
- Reyes, C. A. (2006). *Microcontroladores PIC, Programación en BASIC*. Quito: RISPGRAF.
- Rodríguez, P. C. (2001). *Componentes Electrónicos. Teoría constructiva. Montajes y circuitos típicos*. Buenos Aires. Argentina: Librería y Editorial Alsina.
- Romeo, M. (2009). *Dispositivos de Medición de Temperatura y herramientas*. Obtenido de <http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/temperatura/termometro.pdf>
- Sarango, Y. L. (05 de 01 de 2011). *Yamil Lambert Sarango*. Obtenido de <http://blog.espol.edu.ec/ylambert/tag/lcd-vs-plasma-vs-led/>
- Senplades, S. N. (2013). *Plan Nacional para el Buen Vivir 2013-2017*. Quito, Ecuador.
- Wikipedia. (s.f.). https://es.wikipedia.org/wiki/Pantalla_de_cristal_1%C3%ADquido.
- www.arduino.cc, A. (s.f.). <https://www.arduino.cc/en/Main/arduinoBoardMega2560>.

ANEXOS

Código de programación Arduino Mega 2560 para el control del proceso en la elaboración de la cerveza artesanal

```
#include <OneWire.h>//importa librerías
#include <DallasTemperature.h>
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal.h>
#define Pin 2 //pin para data
OneWire ourWire(Pin);//se establece el pin declarado como bus
DallasTemperature sensors(&ourWire); //Se instancia la librería DallasTemperature

// initialize the library with the numbers of the interface pins
LiquidCrystal lcd(8,9,4,5,6,7);
int sn4=29;
int sn1=31;
int sn2=33;
int sn3=35;
int ev1=37;
int ev2=39;
int ev3=41;
int b1=43;
int b2=45;
int m=47;
int fan1=49;
int buz=23;
int n1=25;

int minu=0;
int segu=0;
int valor=0;
int ky=0;
```

```
int tmax=20;
int tiempo1=1;
int tiempo2=1;
long aux=0;

void setup() {
  pinMode(b1, OUTPUT);
  pinMode(b2, OUTPUT);
  pinMode(buz, OUTPUT);
  pinMode(ev1, OUTPUT);
  pinMode(ev2, OUTPUT);
  pinMode(ev3, OUTPUT);
  pinMode(m, OUTPUT);
  pinMode(n1, OUTPUT);
  pinMode(fan1, OUTPUT);

  pinMode(sn1, INPUT);
  pinMode(sn2, INPUT);
  pinMode(sn3, INPUT);
  pinMode(sn4, INPUT);

  lcd.begin(16,2);
  // Print a message to the LCD.
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("CERVEZA ARTESANA");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("INICIANDO");
  lcd.setCursor(0,1);
  delay (400);
  lcd.print("INICIANDO.");
```

```

delay (400);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("INICIANDO..");
delay (400);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("INICIANDO...");
delay (400);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("INICIANDO....");
delay (400);
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print("INICIANDO.....");
delay (1500);
}

/////SONDEO DE SENSORES////////

void loop() {
  if ((digitalRead(sn1) == LOW)&&(digitalRead(sn2) == HIGH)&&(digitalRead(sn3) ==
HIGH)&&(digitalRead(sn4) == LOW)) {
    proceso();
    fin();
  }
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("REVISAR SENSORES");
  delay(500);
}

void fin(){
}

/////LEER TECLAS/////

void leerb(){
  ky=0;

```

```

valor= analogRead(A0);
if (valor<60){
  ky=1;//right
}
else if (valor<200){
  ky=2;//up
}
else if (valor<400){
  ky=3;//down
}
else if (valor<600){
  ky=4;//left
}
else if (valor<800){
  ky=5;//select
}
}
/////INGRESO TIEMPO UNO Y TEMPERATURA MACERADO/////
void tempm(){
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);
  lcd.print("INGRESE T.MAX");
  delay(1000);
  int c=0;

  while(c==0){
    leerb();

    if(ky==2){
      tmax++;
    }
  }
}

```

```

if(ky==3){
tmax--;}
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tmax);
lcd.print(" oC");
delay(200);
if(ky==5){
c=2;}//salir
} }
void tiempo(){
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("INGRESE TIEMPO1");
delay(1000);
int c=0;
while(c==0){
leerb();

if(ky==2){
tiempo1++; }
if(ky==3){
tiempo1--;}
lcd.setCursor(0,1);
lcd.print(tiempo1);
lcd.print(" minutos");
delay(200);
if(ky==5){
c=2;}//salir } }
////////MACERADO////////
void proceso(){
lcd.clear();

```

```
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("PROCESO MACERADO");  
delay (2000);  
tempm();  
tiempo();  
lcd.clear();  
lcd.setCursor(0,0);  
lcd.print("TEMPMAX:");  
lcd.print(tmax);  
lcd.setCursor(0,1);  
lcd.print("TIEMPO1:");  
lcd.print(tiempo1);  
delay(500);
```

```
digitalWrite(ev1,HIGH);  
while(digitalRead(sn2) == HIGH){  
digitalWrite(ev1,HIGH);  
}  
digitalWrite(ev1,LOW);
```

```
while(minu<tiempo1){  
digitalWrite(m,HIGH);
```

```
if(digitalRead(sn3) == HIGH){  
digitalWrite(b1,HIGH);  
digitalWrite(ev2,LOW);  
} else {  
digitalWrite(b1,LOW);  
digitalWrite(ev2,HIGH);  
}
```

```
sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura
```

```

lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("TMAX:");
lcd.print(tmax);
lcd.setCursor(8,0);
lcd.print("Tmp:");
lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //imprime en pantalla la temperatura del
tanque
    if(tmax>sensors.getTempCByIndex(0)){
        digitalWrite(n1,HIGH);
    }else{
        digitalWrite(n1,LOW);
    }
    delay(300);
    reloj();
    lcd.setCursor(11,1);
    lcd.print(minu);
    lcd.print(":");
    lcd.print(segu);
    lcd.print("      ");
}
while(digitalRead(sn4) == HIGH){
    digitalWrite(ev2,HIGH);
    digitalWrite(n1,LOW);
    digitalWrite(b1,LOW);
}
digitalWrite(n1,LOW);
digitalWrite(b1,LOW);
digitalWrite(ev2,LOW);
digitalWrite(m,LOW);
digitalWrite(buz,HIGH);
delay(4000);

```

```
digitalWrite(buz,LOW);
```

```
leerb();
```

```
while(ky!=5){
```

```
leerb();
```

```
delay(100);
```

```
}
```

```
////////COCCIÓN////////
```

```
minu=0;
```

```
lcd.clear();
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("CERVEZA COCCION");
```

```
delay (2000);
```

```
lcd.clear();
```

```
while(minu<1){ //t2=120 minutos
```

```
digitalWrite(n1,HIGH);
```

```
digitalWrite(ev2,LOW);
```

```
delay(100);
```

```
reloj();
```

```
lcd.setCursor(11,1);
```

```
lcd.print(minu);
```

```
lcd.print(":");
```

```
lcd.print(segu);
```

```
lcd.print(" ");
```

```
sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.setCursor(0,0);
```

```
lcd.print("TEMP.ACTUAL:");
```

```

    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //imprime en pantalla la temperatura del
tanque

    lcd.setCursor(0,1);

    lcd.print("TIEMPO2:");

    delay(500);

}

////////ENFRIADO////////

digitalWrite(buz,HIGH);

delay(500);

digitalWrite(buz,LOW);

delay(500);

digitalWrite(buz,HIGH);

delay(500);

digitalWrite(buz,LOW);

delay(500);

digitalWrite(buz,HIGH);

delay(500);

digitalWrite(buz,LOW);

sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura

while(sensors.getTempCByIndex(0)>18){

digitalWrite(n1,LOW);

digitalWrite(fan1,HIGH);

digitalWrite(b1,HIGH);

digitalWrite(ev2,HIGH);

}

lcd.clear ();

sensors.requestTemperatures(); //Prepara el sensor para la lectura

lcd.setCursor(0,0);

lcd.print("TEMP.ACTUAL:");

    lcd.print(sensors.getTempCByIndex(0)); //imprime en pantalla la temperatura del
tanque

```

```

    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("ENFRIANDO A 18G");
    delay(700);
}
while (digitalRead(sn1) == HIGH){
    digitalWrite(b1,LOW);
    digitalWrite(fan1,LOW);
    digitalWrite(b2,HIGH);
    digitalWrite(ev3,HIGH);
    delay (10000); }
    digitalWrite(buz,HIGH);
    lcd.clear();
    lcd.print("FIN DE PROCESO");
    delay (30000); //}

digitalWrite(ev2,LOW);
digitalWrite(ev3,LOW);
digitalWrite(b2,LOW);
}

void reloj(){
    if (millis() - aux >= 1000) { // El contenido de esta funcion condicional se ejecutara
    cada vez que exista una diferencia igual a 1000 entre la cantidad de milisegundos
    transcurridos y el ultimo millar de milisegundos registrado.

        segu++; // Incremento de variable (segundos transcurridos).
        aux = millis(); // Registro de un nuevo millar de milisegundos
        if (segu >= 60){ // Si los segundos transcurridos son 60...
            minu++; // Incremento de variable (minutos transcurridos).
            segu=0; // La variable (segundos transcurridos) se reinicia para dar conteo a los
            segundos de un nuevo minuto, no así la variable (segundos acumulados).
        } } }

```

Trimod^oBesta

Transmisor de nivel de flotador / para líquido / para tanque /
de acero inoxidable

MG 02



- Tecnología:
De flotador
- Producto medido:
Para líquido
- Aplicaciones:
Para tanque
- Otras características:
De acero inoxidable
- Presión de proceso:
40 bar (580.15 psi)
- Temperatura de proceso:
Mín.: -30 °C (-22 °F)
Máx.: 120 °C (248 °F)

