



UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACION
PARA EL MONITOREO Y
CONTROL DEL CUARTO
CLIMATIZADO DE LOS LABORATORIOS
ELMOR S.A. PLANTA GUACARA.**

Autor:
Ortiz, Oswaldo
CI.:24.294.817

Urb. Yuma II, calle N° 3. Municipio San Diego
Teléfono: (0241) 8714240 (master)



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE AUTOMATIZACION PARA EL MONITOREO Y
CONTROL DEL CUARTO CLIMATIZADO DE LOS LABORATORIOS
ELMOR S.A. PLANTA GUACARA.**

EMPRESA: LABORATORIOS ELMOR S.A.

Autor:
Ortiz, Oswaldo
CI.:24.294.817
Tutor: Ing. Jetro López

San Diego, Junio del 2019



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

ACEPTACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Jetro López, titular de la cédula de identidad N° 8.779.723 , en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano OSWALDO MANUEL ORTIZ PULIDO, titular de la cédula de identidad N° 24.294.817, titulado "PROPUESTA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DEL CUARTO CLIMATIZADO DE LOS LABORATORIOS ELMOR S.A. PLANTA GUACARA.", presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero en Electrónica, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los 28 días del mes de mayo del año 2019

Ing. Jetro López
C.I.: 8.779.723



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE AUTOMATIZACION PARA EL MONITOREO Y
CONTROL DEL CUARTO CLIMATIZADO DE LOS LABORATORIOS
ELMOR S.A. PLANTA GUACARA.

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Ing. Jetro López
C.I.: 8.779.723
Tutor Académico


Firma

15-01-14
Fecha

Ing. Oswaldo Quintero
C.I.: 15.533.358
Tutor Empresarial


Firma

15/01/14
Fecha

Autor:
Ortiz, Oswaldo
C.I.: 24.294.817

San Diego, Enero del 2019

ÍNDICE GENERAL

CONTENIDO	Pp.
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XI
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO	
I LA EMPRESA	
1.1 Ubicación.....	3
1.2 Descripción de la Empresa	3
1.3 Misión.....	3
1.4 Visión	3
1.5 Valores.....	4
1.6 Objetivos Generales	4
1.7 Política.....	5
1.8 Organigrama de la Empresa	5
1.8.1 Organigrama General.....	5
II EL PROBLEMA	
2.1 Planteamiento del problema	7
2.2 Formulación del Problema	7
2.3 Objetivos de la Investigación	7
2.3.1 Objetivo General.....	7
2.3.2 Objetivos específicos	8
2.4 Justificación de la Investigación.....	8
2.5 Alcance	8
2.6 Limitaciones	8

III MARCO TEORICO

3.1 Antecedentes de la investigación	9
3.2 Bases Teóricas	11
3.2.1 Automatización.....	11
3.2.1.1 Tipos de Automatización.....	11
3.2.2 Sistemas de Control	13
3.2.2.1 Componentes de un sistema de control	14
3.2.3 Controladores lógicos programables (PLC)	15
3.2.3.1 Características de los PLC.	16
3.2.3.2 Interfaz HMI de los PLC.....	17
3.2.3 PLC Siemens	18
3.2.3.1 Programación de PLC	18
Lenguajes de alto nivel.....	19
Lenguajes de bajo nivel.....	20
3.2.4 TIA Portal	21
3.2.5 Variables climáticas.....	21
3.2.5.1 Temperatura	21
3.2.5.2 Humedad relativa	22
3.2.5.3 Radiación luminosa.....	22
3.3 Definición de términos	23

IV MARCO METODOLOGICO

4.1 Tipo de la Investigación	24
4.2 Fases de la Investigación	25

V RESULTADOS

5.1 Fase I. Recolección de la información necesaria acerca de la problemática en la medición de las variables en el cuarto climatizado.	27
5.1.1 Observación directa	27

5.2 Fase II. Evaluar los elementos de hardware disponibles en el mercado que mejor se adapten a los requerimientos.	28
5.2.1 Control Lógico Programable (PLC)	28
5.2.2 Fuente de alimentación de 24V DC	29
5.2.3 Sensor de Humedad Relativa.....	30
5.2.4 Sensor de Temperatura	32
5.2.5 Sensor de Varilla de nivel.....	32
5.2.6 Válvula de control.....	33
5.2.7 Relé de 24V DC	34
5.2.8 Luz piloto.....	36
5.2.9 Sirena sonora de 110 V AC.	36
5.2.10 Selector On/Off.....	37
5.2.11 Contactores	38
5.3 Fase III. Diseñar una propuesta de automatización para el proceso de monitoreo y control del cuarto climatizado.	38
5.3.1 Configuración general	38
5.3.1 Configuración de entradas y salidas	40
5.3.2 Configuración de nombres de E/S	41
5.3.3 Configuración de contraseña	41
5.3.3.1 Configuración de encendido	42
5.3.3.2 Configuración de información adicional.....	42
5.3.4 Programación.....	43
5.3.4.1 Control de llenado de tanque suministrador de agua.	43
5.3.4.2 Control de Temperatura y Humedad Relativa.	44
5.3.4.3 Configuración de Texto de Aviso	47
5.4 Fase IV. Determinación de la factibilidad y viabilidad del proyecto propuesto sobre el sistema automatizado.	48
5.4.1 Evaluación operativa del proyecto.....	48
5.4.4.1 Prueba de control de llenado del Sistema suministrador de agua.	48

5.4.1.2 Simulación control de Temperatura y Humedad Relativa	49
5.4.1.3 Simulación Alarma Fuera de valores.	51
5.4.2 Evaluación económica del proyecto.	51
CONCLUSIONES.....	52
RECOMENDACIONES.....	53
BIBLIOGRAFÍA.....	54

ÍNDICE DE CUADROS

CONTENIDO

Pp.

Cuadro 1. Cronograma de Actividades **¡Error! Marcador no definido.**

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pp.
Figura 1. Organigrama General de Laboratorios Elmor, S.A.	6
Figura 2. Diagrama del control manual.....	12
Figura 3. Diagrama del control automático.....	13
Figura 4. Esquema básico de un sistema de control.....	14
Figura 5. Controlador lógico programable.....	15
Figura 6. Controlador lógico programable.....	17
Figura 7. Diagrama de bloques de un TP.....	18
Figura 8. Diagrama Ladder o escalera.	19
Figura 9. Diagrama de Bloques.....	20
Figura 10. PLC LOGO 12/24 RC	29
Figura 11. Fuente de alimentación modelo 6ep1332-1sh43	30
Figura 12. Sensor de Humedad Relativa Humicap.	31
Figura 13. Sensor de Temperatura PT100.....	32
Figura 14. Sensor de varilla de nivel.....	33
Figura 15. Válvula solenoide de uso general, 2 Vías - Acción Mixta, NC o NA.	34
Figura 16. Relé de 24 V DC marca Allen Bradley modelo 700-hk36z24	35
Figura 17. Luz piloto Metaltex.....	36
Figura 18. Sirena de motor marca Sassin modelo MS-390.....	37
Figura 19. Selector de dos posiciones Schneider	37
Figura 20. Contactor Siemens 3TH42.....	38
Figura 21. Configuración general PLC Logo.....	39
Figura 22. Configuración del hardware	39
Figura 23. Configuración E/S	40
Figura 24. Configuración de nombres de E/S	41
Figura 25. Configuración de contraseña	42

Figura 26. Configuración de encendido	42
Figura 27. Configuración de información adicional	43
Figura 28. Control de Llenado del Tanque suministrador de Agua.....	44
Figura 29. Demostración cambio de estado lógico.	45
Figura 30. Demostración salidas Alta y Baja Temperatura y Humedad Relativa.	45
Figura 31. Demostración salida a Contactores.....	46
Figura 32. Diagrama del Programa Finalizado	47
Figura 33. Configuración de Texto de Aviso.....	48
Figura 34. Simulación Sensores de nivel Alto y Bajo desactivados.	49
Figura 35. Simulación Falla de Llenado	49
Figura 36. Simulación valores normales.	50
Figura 37. Simulación Salidas Q2 y Q3 activas.....	50
Figura 38. Simulación Alarma fuera de valores.....	51

INTRODUCCIÓN

La empresa Laboratorios Elmor nace en abril del año 1959, como una pequeña casa de representaciones de marcas tales como TACHIPIRIN, PEREBRON, TANTUM, las cuales la acompañaron desde los inicios de este proyecto y que aún hoy en día ocupan posiciones de liderazgo en la industria. A lo largo de la trayectoria de Laboratorios Elmor se mencionan en importantes casos de éxito por eso un sistema de control de temperatura puede llegar a elevar su nivel más en la industria ya que a través de esto permitirá manejar otras líneas de producción que antes no se podía, puesto que este tipo de productos se necesita un excesivo control tanto en la temperatura como en la humedad para poder sacarlos al mercado.

Por otro lado un sistema puede tener varias aceptaciones o la combinación de varios elemento que pueden otorgar distintos resultados; el sistema de control de temperatura y humedad es bastante ignorando por muchas empresas ya que desconocen su función y aplicaciones. El objetivo de un sistema de control de temperatura y humedad es mantener en control el cuarto climatizado y al mismo tiempo incurrir en un ahorro energético; debemos señalar que no existe un solo tipo, aunque hasta hace un par de años atrás este sistema era único; hoy contamos con un control de temperatura y de humedad muy avanzado y con gran variedad en el mercado.

En consecuencia el objetivo principal de este proyecto busca realizar una propuesta de automatización para el monitoreo y control del cuarto climatizado de los laboratorios Elmor s.a. planta Guacara.El proyecto pretende la simulación y control climático en el interior de un cuarto, de esta forma se podrá manipular las variables mediante un sistema de control de la Temperatura y humedad, el cual se simulará y se creara su respectiva interfaz HMI.

Este trabajo está estructurado en 5 (cinco) capítulos de la siguiente manera:

Capítulo I: en el cual se realiza una breve descripción sobre la empresa, su historia, misión, visión entre otros.

Capítulo II: en el cual se realiza el planteamiento del problema, los objetivos y se señala la justificación, alcance y limitaciones.

Capítulo III: está comprendido por las bases teóricas en las cuales se sustenta la investigación, y reúne los elementos conceptuales que define el objeto de estudio.

Capítulo IV: se describe la metodología necesaria para desarrollar la investigación. Describe las fases metodológicas características de la investigación efectuada, especificando el tipo y diseño de investigación.

Capítulo V: presenta los recursos necesarios para la ejecución de las fases planteadas en el capítulo IV.

Y finalmente se incluyen referencias bibliográficas que dan soporte a la presente investigación.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1 Ubicación

La empresa Laboratorios Elmor, S.A.RIF: J-00219195-3, empresa ubicada en la Urbanización Industrial El Nepe, Calle 2 c / transversal 2, Apartado 134, 2015-A. Guacara, Estado Carabobo – Venezuela

1.2 Descripción de la Empresa

Laboratorios Elmor nace en abril del año 1959, como una pequeña casa de representaciones de marcas tales como TACHIPIRIN, PEREBRON, TANTUM, las cuales la acompañaron desde los inicios de este proyecto y que aún hoy en día ocupan posiciones de liderazgo en la industria. A lo largo de la trayectoria de Laboratorios Elmor, se pueden mencionar importantes casos de éxito, desarrollo de formulaciones únicas e innovadoras y un gran profesionalismo que ha posicionado a la empresa en un sitio de liderazgo. Por más de 5 años, Elmor ha ocupado el ranking N°1 en recetas, convirtiéndose en el Laboratorio más prescrito del país, lo que se traduce en que el gremio médico confía y recomienda los productos del portafolio Elmor. Por ello su compromiso es y seguirá siendo cumplir su misión en brindar calidad de vida a todos los venezolanos.

1.3 Misión

Satisfacer las necesidades del mercado nacional, mediante procesos de manufactura y distribución de productos de alta calidad, a través de la constante incorporación de tecnología de punta que garantizará efectividad y seguridad al consumidor.

1.4 Visión

Fortalecer a lo largo de los años la cartera de productos farmacéuticos con nuevos lanzamientos adaptándose a los cambios para alcanzar la excelencia, es por

ello que actualmente se encuentra en un proceso de reinvención de los pilares estratégicos a partir de departamentos, identificando nuevas áreas que garanticen el desarrollo continuo de productos innovadores, avalando así el crecimiento sostenido de la empresa.

1.5 Valores

Los valores son cualidades, principios o creencias que la empresa posee y nos permiten guiar u orientar las decisiones, acciones y conductas de los trabajadores en función de éstos y así, hacerles saber qué deben priorizar al momento de tomar una decisión, crear un producto o tratar con un cliente. Pero además de ello permite darle una identidad y personalidad, cimentar las bases para su cultura, inspirar y motivar a los trabajadores, y proyectar una imagen positiva ante los trabajadores, proveedores, público y comunidad.

- Liderazgo: Motivar e impulsa a cumplir con nuestras funciones.
- Excelencia: Organizar, gestionar y hacer las cosas de la mejor manera logrando resultados integrales excelentemente planificados.
- Integridad: Implica rectitud, bondad, honradez y intocabilidad. Es hacer lo correcto, de la manera correcta, por las razones correctas.
- Colaboración: con la empresa, con la labor, con la calidad de cada uno de sus productos y de los procesos que involucran su manufactura.
- Respeto: Tratar a las personas con educación y cordura.

1.6 Objetivos Generales

En el convencimiento de que sus mayores activos lo constituyen sus clientes satisfechos y sus trabajadores capaces y motivados, Laboratorios ELMOR S.A. fundamenta el logro de su Política de la Calidad sobre los siguientes objetivos generales:

1. Dedicarse a la manufactura, comercialización y mercado de productos químicos farmacéuticos de alta calidad, para el consumo humano.

2. Ofrecer a los clientes productos y servicios de gran calidad y libre de error, para la plena satisfacción del cliente y a la vez cubrir todo el mercado de dichos productos.
3. Orientar la planeación administrativa de la empresa hacia el crecimiento de dichos productos.
4. Definir una estructura eficaz que permita la asignación de responsabilidades que faciliten la toma de decisiones.

1.7 Política

Se basa en las Buenas Prácticas de Manufactura la cual es una herramienta básica para la obtención de productos seguros para el consumo humano, que se centralizan en la higiene y la forma de manipulación.

- § Contribuyen al aseguramiento de una producción de alimentos seguros, saludables e ino cuos para el consumo humano.
- § Son útiles para el diseño y funcionamiento de los establecimientos, y para el desarrollo de procesos y productos relacionados con la alimentación.
- § Son indispensable para la aplicación del Sistema HACCP (Análisis de Peligros y Puntos Críticos de Control), de un programa de Gestión de Calidad Total (TQM) o de un Sistema de Calidad como ISO 9001.
- § Se asocian con el Control a través de inspecciones del establecimiento.

Las Buenas Prácticas de Manufactura (BPM) se aplican en todos los procesos de elaboración y manipulación de alimentos y son una herramienta fundamental para la obtención de productos ino cuos. Constituyen un conjunto de principios básicos con el objetivo de garantizar que los productos se fabriquen en condiciones sanitarias adecuadas y se disminuyan los riesgos inherentes a la producción y distribución.

1.8 Organigrama de la Empresa

1.8.1 Organigrama General

La estructura organizacional viene dada por un Director de operaciones, quien es el responsable de velar por el buen funcionamiento del laboratorio, Gerente General, Gerentes de distintos departamentos, quienes reportan al Gerente General y

tienen distintas responsabilidades como la comercialización y fuerza de ventas de productos, en el caso de Gerentes de Divisiones, las finanzas en el caso del Gerente de Administración y Finanzas; Gerente de Asuntos Regulatorios; Director Médico y Gerente de Operaciones, el cual tiene bajo su responsabilidad el buen funcionamiento de la planta a través del Gerente de Planta, quien se encarga de manera directa de la producción, mantenimiento y logística de insumos de la planta. Gerentes de distintas áreas que deben responder ante el Gerente de Planta y posteriormente ingenieros y especialistas del área de empaque. (Ver Figura N° 1)



Figura 1. Organigrama General de Laboratorios Elmor, S.A.

Fuente: Departamento de recursos humanos de Laboratorios Elmor, S.A.

CAPITULO II

EL PROBLEMA

2.1 Planteamiento del problema

El principal problema que se obtiene al no ser el proceso actual de medición de las variables, un proceso automatizado, es que no se tiene un control eficaz de los valores que debería mantener el cuarto climatizado para garantizar la estabilidad y duración de los productos aquí probados.

Además, para realizar el proceso de medición es necesario el ingreso directo de un operador al cuarto para poder visualizar las mediciones, ocasionando que al abrir la puerta, el cuarto salga inmediatamente de sus valores preestablecidos debido a la diferencia de temperatura y humedad relativa que hay en el ambiente con respecto al cuarto climatizado.

El hacer de un proceso de medición de una variable que debe mantenerse en valores preestablecidos un proceso humano, lo convierte en una tarea repetitiva para el operador que puede ocasionar grandes problemas por errores fortuitos.

2.2 Formulación del Problema

Mediante toda la información que ha sido expuesta anteriormente, llevó al investigador a formularse la siguiente interrogante ¿Cómo podría influir la implementación de un sistema automatizado de monitoreo y control en el cuarto climatizado de los Laboratorios ELMOR S.A.?

2.3 Objetivos de la Investigación

2.3.1 Objetivo General

Proponer la automatización de monitoreo y control del cuarto climatizado de los laboratorios ELMOR S.A. planta Guacara.

2.3.2 Objetivos específicos

- Identificar los problemas críticos del proceso de medición actual de las variables de interés del cuarto climatizado.
- Evaluar los elementos de hardware disponibles en el mercado que mejor se adapten a los requerimientos.
- Diseñar una propuesta de automatización para el proceso de monitoreo y control del cuarto climatizado.
- Estudiar la factibilidad técnica económica para la implementación del proyecto por parte de la empresa.

2.4 Justificación de la Investigación

La presente investigación se justifica ya que la empresa está dispuesta a mejorar el sistema actual de medición y control de parámetros para hacer de dicho proceso, un proceso eficiente.

2.5 Alcance

Con esta propuesta se pretende llegar al diseño del sistema automatizado del monitoreo y control del cuarto climatizado, incluyendo todo lo que tiene que ver con el manejo y control de los sistemas de enfriamiento y calefacción y los sensores que involucra dicho proceso.

2.6 Limitaciones

Para este proyecto se considera que son limitaciones las siguientes a plantearse:

- Referencias bibliográficas limitadas
- Los obstáculos relativos a las previsiones de seguridad de los laboratorios Elmor para proporcionar información acerca de su estructura de costo, en aspectos de salud de los operarios y seguridad industrial.
- Difícil acceso a la información por restricciones (patentes) sobre los materiales y equipos a utilizar.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

A continuación, se presentan varios proyectos o trabajos integradores efectuados en los últimos años, y tomando aportes valiosos para la investigación que pueda brindar cada uno de ellos.

3.1 Antecedentes de la investigación

Franco, I (2018) en su proyecto de investigación titulado “**Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa colgate-palmolive company**”. Presentado ante la Universidad José Antonio Páez para optar por el título en Ingeniería Electrónica. Este proyecto esta planteado para realizar la optimización del bombeo de agua utilizando un sistema automático para mejorar el rendimiento y la eficiencia a la hora de tener que surtir del vital líquido a toda esta área de la ya antes mencionada empresa. Puesto que el sistema no es automático y este presentaba un deterioro bastante notable y muy obsoleto, por lo tanto se propone la implementación de un PLC Siemens s7-300 usando el software especialmente desarrollado para las aplicaciones de programación de controladores lógicos TIA Portal Step 7, con el desarrollo de su respectivo diagrama de escalera y aunado a esto los módulos necesarios para el uso correcto de este sofisticado aparato.

El proyecto se vincula con el actual en función, de la selección del programa de simulación TIA Portal Step 7. La elección correcta del programa para la realización del proyecto es esencial, ya que a través de ella se realiza el control y se maneja la interfaz HMI y por ello es necesario considerar toda la información disponible y herramientas empleadas que sean los más actualizados posibles.

De la misma manera Calderón, J (2015) en su trabajo **“Sistema de seguridad con visualizadores de programación gráfica para el proceso de control”** presentado ante la Universidad Nacional Autónoma de México, México. Requisito fundamental para obtener el título de Ingeniero Eléctrico, el cual consiste en realizar un sistema de seguridad para procesos experimentales controlados por un PLC Siemens S7-300 con dos visualizadores de programación gráfica (LabVIEW y Touch Panel de Siemens) a través de diferentes interfaces para comunicación remota. Los sistemas de seguridad que se proponen son a través de diferentes protocolos de comunicación para la visualización del proceso en dos interfaces gráficas. Esto con el propósito de incrementar la confiabilidad del sistema en caso de alguna falla. La interfaz HMI ayudara a complementar métodos didácticos de manera que el operador pueda llevar a cabo más fácil su trabajo.

La investigación antes mencionada está vinculada a la actual ya que hace referencia al trabajo presentado que pretende utilizar un PLC Siemens S7-300 y su respectiva HMI para usarlo de manera didáctica en los procesos de control.

Por otra parte, Pérez, H. (2015) en tu trabajo titulado **“Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero”** presentado ante la Universidad de la Salle, Colombia. Para obtener el título de Ingeniero Electrónico. En este trabajo se presenta un modelo mejorado mediante una propuesta que incluye el efecto de la humedad sobre la temperatura dentro del invernadero. El cambio de las condiciones atmosféricas durante los ciclos climáticos hace necesario utilizar invernaderos para proteger ciertos cultivos. Esto puede considerarse como un avance en el diseño de modelos de clima de los invernaderos. Se presentan resultados de una simulación llevada a cabo en donde se muestra la eficacia del modelo propuesto.

El trabajo anteriormente expuesto está relacionado con la investigación actual en función de que incorpora nuevas tecnologías que brindan la facilidad y oportunidad de controlar la temperatura y humedad en un cuarto climatizado. El control efectivo de esta variables es de vital importancia ya que la producción está

expuesta a los cambios que puedan tener estas variables, y si no se lleva con control constantemente puede ser una pérdida de producción y ganancia para la empresa.

3.2 Bases Teóricas

3.2.1 Automatización

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos. Un sistema automatizado consta de dos partes principales:

- **Parte de Mando:** suele ser un autómata programable (tecnología programada), aunque hasta hace bien poco se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema de fabricación automatizado el autómata programable está en el centro del sistema. Este debe ser capaz de comunicarse con todos los constituyentes de sistema automatizado.
- **Parte Operativa:** es la parte que actúa directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina se mueva y realice la operación deseada. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores y los captadores como fotodiodos, finales de carrera.

3.2.1.1 Tipos de Automatización

- **Control Manual:** un sistema de control manual es cuando interviene el hombre sobre el elemento de control, la acción del hombre es la que actúa siempre sobre el sistema por ejemplo: el frenado de un auto, el encendido y apagado de las luces de una habitación o el control del agua de una canilla. El control posee las siguientes características:
 - ü Excesiva intervención humana.
 - ü Operación riesgosa.
 - ü Baja calidad.
 - ü Sólo para procesos simples.

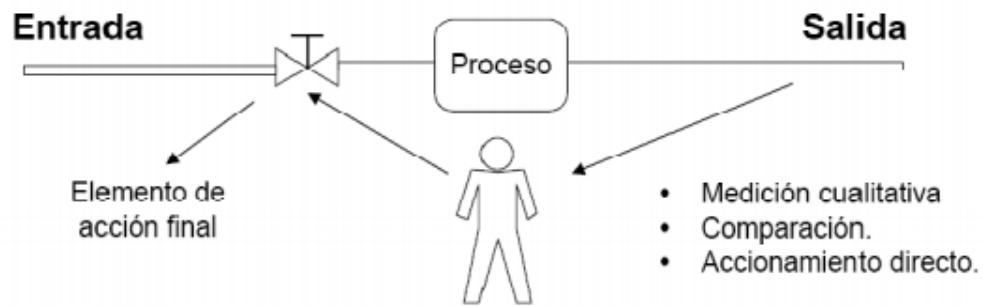


Figura 2. Diagrama del control manual.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

- **Control semiautomático:** se emplea principalmente para facilitar las maniobras de mando y dar flexibilidad a las maniobras de control de aquellas instalaciones en las que el control manual no es posible. Este tipo de control requiere un operador que inicie cualquier cambio en la posición o condición de funcionamiento de la máquina. En la siguiente figura se muestra un control semiautomático.
- **Control Automático:** este control se basa en la realimentación o feedback (medición tomada desde el proceso que entrega información del estado actual de la variable que se desea controlar) cuya característica especial es la de mantener al controlador central informado del estado de las variables para generar acciones correctivas cuando así sea necesario. Este mismo principio se aplica en campos tan diversos como el control de procesos químicos, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas herramientas, control de variables a nivel médico e incluso en el control de trayectoria de un proyectil militar. El control posee las siguientes características:
 - Ü Intervención humana moderada.
 - Ü Poca capacidad de adaptación
 - Ü Lazos locales de control.

- Ü Alto mantenimiento.
- Ü Poca capacidad de supervisión central.

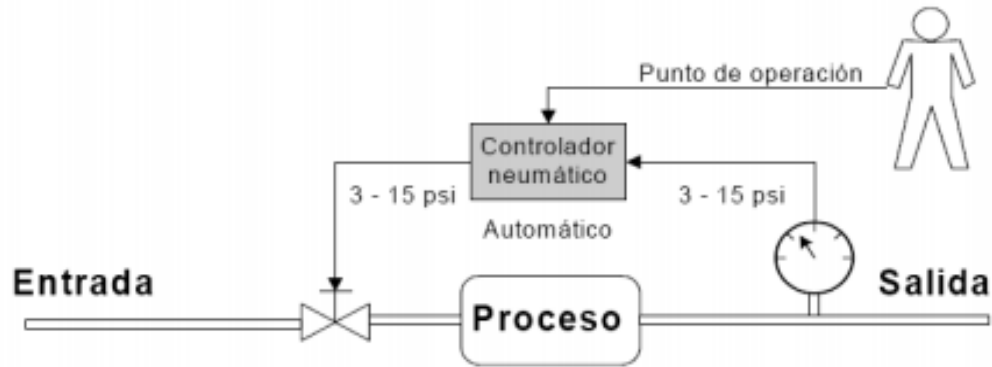


Figura 3. Diagrama del control automático.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

3.2.2 Sistemas de Control

En un sistema de aire acondicionado la función primordial de los controles es mantener las condiciones de diseño interior del ambiente (temperatura, humedad); tomando en consideración que el sistema frecuentemente opera a carga parcial pero es seleccionado para su operación en el día de diseño cuando se tiene la máxima carga térmica en dicho ambiente.

Todo sistema de control tiene 3 partes indispensables: operador, sistema de control y planta. El operador indica los parámetros deseados al sistema de control, con comandos que se transmiten a actuadores que realizan la acción solicitada, es decir, lleva al sistema a los parámetros deseados. El sistema retroalimenta información sobre su estado mediante sensores, con el fin de notificar el valor actual y definir si es necesario corregir algún parámetro o, por el contrario, indicar que se encuentra en el valor deseado. Por último dicha información es mostrada al operador mediante una HMI.

Dicho proceso se puede ver en la figura 4, y al analizarlo es claro que los sistemas de control buscan automatizar procesos industriales, es decir, se crean algoritmos para realizar tareas que son repetitivas en una planta.

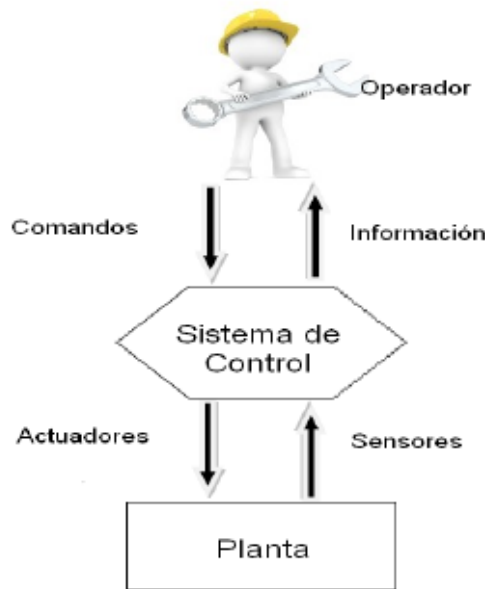


Figura 4. Esquema básico de un sistema de control.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

3.2.2.1 Componentes de un sistema de control

Cada sistema de control tiene los siguientes componentes:

- **Variable controlada:** condición como la temperatura o humedad que deberá ser controlada.
- **Controlador:** consistente de dos partes básicas, el elemento sensor que recibe la señal externa y el elemento de control o transmisor que compara el valor de la variable controlada con el valor deseado y genera una acción al componente controlado para hacer el ajuste correspondiente.
- **Fuente de energía:** medio de potencia para la transmisión de la acción del controlador, puede ser aire comprimido, energía eléctrica, etc.
- **Componente controlado:** elemento que recibe la acción del controlador como válvulas, compuertas, motor del ventilador.

- **Agente de control:** medio que regula el componente controlado, como agua circulando por la válvula, aire a través de una compuerta, corriente eléctrica de un motor.
- **Equipo de control:** la regulación del agente de control cambia sus condiciones de operación, como el ventilador, serpentín de enfriamiento y deshumidificación, el compresor.

Para el ajuste continuo de la variable controlada, el sistema deberá responder continuamente a la señal de retroalimentación.

3.2.3 Controladores lógicos programables (PLC)

Un PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico de estado sólido que puede controlar un proceso o una máquina y que tiene la capacidad de ser programado o reprogramado rápidamente según la demanda de la aplicación. Fue inventado para reemplazar los circuitos secuenciales basados en relés que eran necesarios para el control de las máquinas. El PLC funciona monitoreando sus entradas, y dependiendo de su estado, activando y desactivando sus salidas. El usuario introduce al PLC un programa, usualmente vía Software, lo que ocasiona que el PLC se comporte de la manera deseada.



Figura 5. Controlador lógico programable.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

Los PLC son usados en muchas aplicaciones: Maquinado de piezas, Embaladoras, Manipulación de materiales, ensamblado automático, y en general

cualquier tipo de aplicación que requiera de controles eléctricos puede usar más bien un PLC.

3.2.3.1 Características de los PLC.

- **Poseen memoria volátil y no volátil:** tanto el programa de aplicación escrito por el usuario como los datos internos del PLC, normalmente es guardado en una RAM (memoria volátil), lo que le permite tener un acceso más veloz a las instrucciones de programa y a los datos internos de registros, contadores, temporizadores, bits internos, etc. También, una vez que se ha depurado el programa de aplicación, los PLC permiten la opción de salvaguardar el programa en memorias tipo EEPROM (no volátiles) para así recuperar el mismo en caso de un corte muy prolongado de energía que ocasiona una pérdida de datos de la RAM.
- **Capacidad modular de entradas-salidas:** esto permite la combinación de distintos niveles y tipos de señal de entrada, así como también el manejo de salidas para distintos tipos de carga. Igualmente si la aplicación crece, y se requiere mayor número de entradas / salidas, casi sin ningún problema los PLC pueden adecuarse al nuevo requerimiento.
- **Auto diagnóstico:** el PLC monitorea el funcionamiento de su CPU, Memoria y circuito de interfases de entrada y de salida, e igualmente funcionamiento del pro medio de led en su cara frontal el estado respectivo. Obviamente esta capacidad es de gran utilidad para efectos de mantenimiento y corrección de fallas.
- **Programación de la lógica de control:** esto permite la fácil adaptación a los cambios en la lógica de operación de las máquinas y procesos.
- **Capacidad para generar reportes y comunicarse con otros sistemas:** con esta facilidad se pueden integrar interfaces de explotación Hombre-Máquina, sacándole al sistema mayor cantidad de información. Igualmente los PLC pueden participar en redes de datos comunicándose con otros PLC para

formar sistemas de control distribuidos, o integrándose a las redes administrativas de la producción.

3.2.3.2 Interfaz HMI de los PLC

El concepto de visualización surge cuando se comienzan a fabricar máquinas electromecánicas que reciben órdenes de un operador y utilizan interruptores o pulsadores para controlar válvulas lógicas y potenciómetros. Para visualizar variables analógicas se empleaban galvanómetros y para las variables digitales se utilizaban lámparas incandescentes que fueron sustituidas en 1960 por Led. La finalidad de los sistemas de visualización es ver lo que pasa en un proceso, facilitando la extracción de información y el entendimiento de los procesos. Para presentar al operador de una forma amigable y simple los valores de las variables, se implementa una codificación gráfica conocida como HMI, con ellas se pueden realizar varias tareas como monitoreo, supervisión, alarmas, control, históricos.

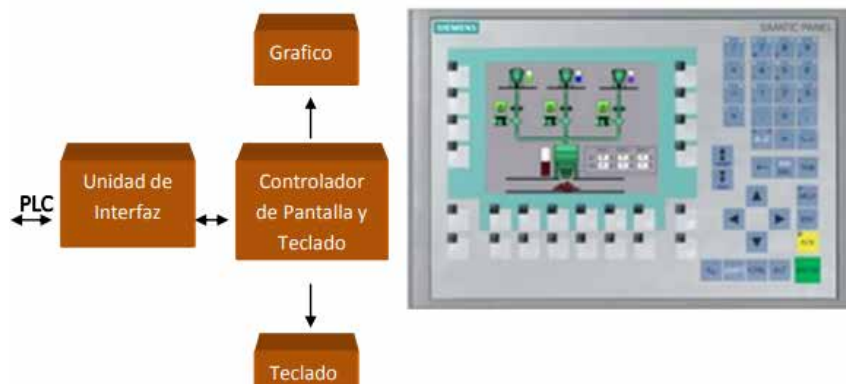


Figura 6. Controlador lógico programable.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

Los equipos que pueden visualizar y controlar un proceso industrial se conocen como Interfaz Hombre Maquina, su utilización se ha vuelto necesaria cuando se requiere modificar parámetros del programa de control y dar órdenes a actuadores, recibir información del estado de las variables, y detectar fallos. Hoy en día contamos con varias formas de realizar un HMI, aquí hablaremos de 2: el panel de operación y la pantalla táctil. Los paneles de operación OP (Operation Panel) está

formado por una pantalla gráfica, un teclado de pulsadores de membrana, este par de elementos están gobernados por un procesador (controlador de pantalla y teclado) capaz de acoplarse con un PLC mediante un interfaz, en la figura 7 se puede observar el diagrama de bloques de un OP y una imagen de un OP277B de SIEMENS.

Las pantallas táctiles TP (Touch Panel) cuentan con una pantalla gráfica con sensores sensibles al tacto, por lo que la pantalla tiene la función tanto de entrada como de salida y tiene un controlador de pantalla para manejar dicha dualidad, en la figura 6 se puede observar el diagrama de bloques de un touch panel y una imagen de un TP 177^a de SIEMENS.

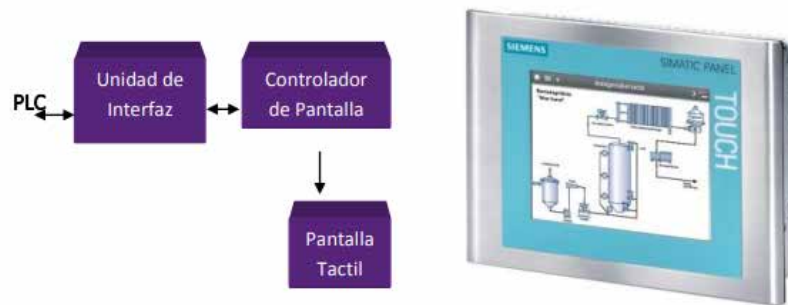


Figura 7. Diagrama de bloques de un TP.

Fuente: <http://saber.ucv.ve/bitstream/123456789/6522/1/20Luis%20Boscan.pdf>

3.2.3 PLC Siemens

El uso de controladores de PLC se ha incrementado en la industria, ayudando a la automatización de procesos cada vez más complejos, y con una mínima cantidad de errores. SIEMENS ha desarrollado varias familias de autómatas programables, los primeros fueron la serie S5-100, le siguió la serie S7-200, S7-300, S7-1200 por último la serie S7-400

3.2.3.1 Programación de PLC

La norma IEC 1131-3 fue aprobada como estándar internacional para los lenguajes de programación de PLC. Establece como lenguaje de programación de PLC:

- LD: Diagrama a contactos o de escalera (Ladder Diagram).
- IL: Lista de instrucciones.
- FBD: Diagrama de Bloques Funcionales (Function Block Diagram)
- ST: Texto Estructurado
- SFC: Carta de Funciones Secuenciales.

En la programación de los PLC SIEMENS se realiza con STEP7 y se pueden utilizar varios tipos de datos dependiendo de lo que se esté programando.

Lenguajes de alto nivel

En esta clase se encuentran los lenguajes gráficos, estos utilizan una interfaz de símbolos para declarar las instrucciones de control, una de las desventajas de estos lenguajes visuales es que la programación está limitada a los símbolos que se proporcionan.

- **Diagrama escalera o Ladder:** Este lenguaje fue uno de los pioneros ya que fue uno de los primeros en ser utilizados, ya que se asemeja mucho a los diagramas con relevadores. Se le llama de escalera porque es muy similar a la estructura de una escalera, ya que contiene dos rieles verticales, y varios rieles horizontales (en este caso serían los escalones). Este tipo de diagrama se puede observar en la figura 8.

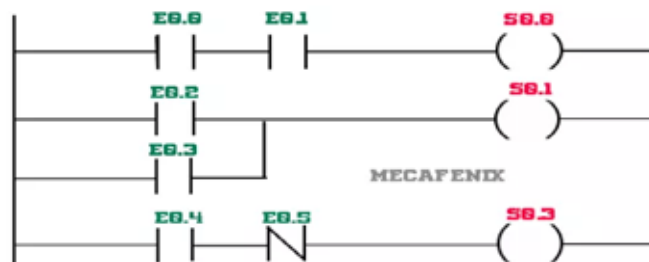


Figura 8. Diagrama Ladder o escalera.

Fuente: http://www.ieec.uned.es//PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf

- **Diagrama de bloques:** en este tipo de programación se utilizan bloques de símbolo lógicos. Las salidas no se requieren incorporar a una bobina de salida, porque la salida está asignada en las salidas de los bloques lógicos.

Estos diagramas en su mayoría son preferidos por personas acostumbrados a trabajar con circuitos de compuertas lógicas, ya que la simbología utilizada es equivalente. Este tipo de diagrama se puede observar en la figura 9.

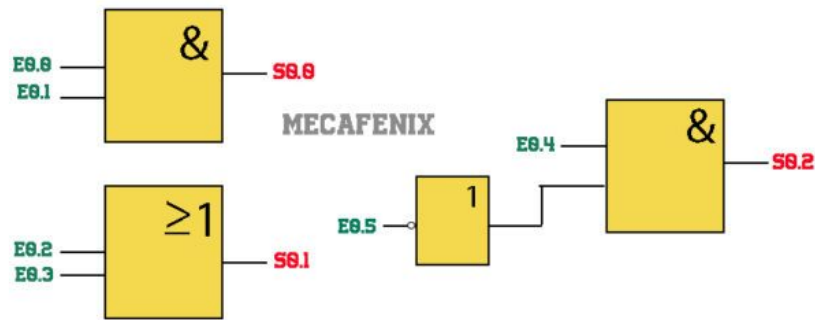


Figura 9. Diagrama de Bloques.

Fuente: http://www.ieec.uned.es/PAC/archivos/Informacion_de_referencia_ISE6_1_1.pdf

Lenguajes de bajo nivel

En esta clase se encuentra los lenguajes de programación textual, su programación es a través de texto utilizando cadenas de caracteres para indicar las instrucciones de control.

- **Texto estructurado:** el texto estructurado se compone de una serie de instrucciones que se pueden ejecutar, como sucede con los lenguajes superiores, de forma condicionada. Este lenguaje es muy similar al lenguaje C y sobre todo a PASCAL (“IF..THEN..ELSE”) o en bucles secuenciales (WHILE..DO).
- **Lista de instrucciones:** este tipo de lenguaje es el más antiguo y es la base para todos los lenguajes de programación que existen, este lenguaje es el precursor del diagrama escalera ya que este se utilizaba cuando las computadoras aun no tenían capacidad gráfica. Todos los lenguajes son traducidos a lista de instrucciones.

3.2.4 TIA Portal

El Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal) integra diferentes productos SIMATIC en una aplicación de software que le permitirá aumentar la productividad y la eficiencia del proceso. Dentro del TIA Portal, los productos TIA interactúan entre sí, ofreciéndole soporte en todas las áreas implicadas en la creación de una solución de automatización. Una solución de automatización típica abarca lo siguiente:

- Un controlador que controla el proceso con la ayuda del programa.
- Un panel de operador con el que se maneja y visualiza el proceso.

El TIA Portal ofrece las siguientes ventajas:

- Gestión conjunta de los datos
- Manejo unitario de los programas, los datos de configuración y los datos de visualización
- Fácil edición mediante Drag & Drop
- Comodidad de carga de los datos en los dispositivos
- Manejo unitario
- Configuración y diagnóstico asistidos por gráficos. (I IA AS SM ID 3, 2010).

3.2.5 Variables climáticas

Las principales variables climáticas envueltas en el proceso de producción vegetal son: la temperatura, la humedad relativa, la radiación luminosa y la concentración de CO₂ (dióxido de carbono). La presencia de esos factores dentro de ciertos límites mínimos y máximos, proporcionan condiciones propicias para el desenvolvimiento de la planta, en cuanto fuera de esos límites, el desenvolvimiento es perjudicial, pudiendo llevar a la misma muerte de la planta.

3.2.5.1 Temperatura

La temperatura es un factor determinante de la actividad metabólica, el crecimiento, el desenvolvimiento del vegetal y también en el control de la morfología del vegetal. Para la manipulación de la temperatura es importante conocer las

limitaciones y necesidades de cada especie cultivada. Por ejemplo las hortalizas comestibles como el pimentón, tomate, berenjena y pepino, entre otras, poseen una necesidad mínima de temperatura en torno a los 12 °C, abajo del cual ocurre un crecimiento en la presencia de síntomas de deterioro. Por otro lado a partir de un valor, que oscila entre 35-40 °C, se reduce la sintetización proteínica.

Desde el punto de vista de la temperatura, son parámetros importantes:

- **Temperaturas máximas y mínimas biológicas:** son valores específicos para el alcance de una determinada fase vegetativa, como la florificación y fructificación, entre otras.
- **Temperaturas diurnas y nocturnas:** niveles recomendados para el correcto desenvolvimiento del vegetal.

3.2.5.2 Humedad relativa

La humedad relativa está relacionada con el rendimiento de los vegetales. Cuando es elevada, los vegetales reducen la transpiración, y consecuentemente reducen su crecimiento, pudiendo ocurrir incluso abortos florales por aumento de las enfermedades causadas por hongos o bacterias. Por otro lado, cuando la humedad relativa es baja los vegetales transpiran en exceso, lo que causa deshidratación.

3.2.5.3 Radiación luminosa

La radiación luminosa es un componente esencial para que ocurra la fotosíntesis, que es un proceso de síntesis orgánica realizado por los vegetales portadores de clorofila. El sol es el principal abastecedor de esta energía radiante, que llega a la tierra principalmente en forma de rayos ultravioleta. En el espectro de frecuencia de radiación solar se encuentra en un intervalo particular, entre 400-700nm, en la cual ocurre el proceso de fotosíntesis. Este intervalo es conocido como radiación fotosintética activa, representada comúnmente por la sigla inglesa PAR (Photosynthetically Active Radiation). Existen dos dimensiones de la radiación que deben ser resaltadas. La primera es la intensidad de la luz y la segunda el fotoperiodo (periodo de la duración de la luz). La intensidad es responsable de la maximización

del crecimiento de la planta y el fotoperiodo es responsable del metabolismo. El control de la radiación es benéfico como un complemento para invernaderos con bajo nivel de luz natural. Puede ser utilizado para extender la duración natural del día.

3.3 Definición de términos

Automatizar: Automático o mecanizado nuestros movimientos y acciones, el trabajo y la producción en general.

Controladores: Dispositivos electrónicos con fin de lograr que una máquina o dispositivo funcione mediante mandos.

Interfaz: Es el mecanismo o herramienta que posibilita esta comunicación mediante la representación de un conjunto de objetos, iconos y elementos gráficos que vienen a funcionar como metáforas o símbolos de las acciones o tareas que el usuario puede realizar en la computadora.

PLC: Controladores lógicos programables.

Proceso: Conjunto de fases sucesivas de un fenómeno o hecho complejo.

Programación: la programación refiere a la acción de crear programas o aplicaciones, a través del desarrollo de un código fuente, el cual se basa en el conjunto de instrucciones que sigue el ordenador para ejecutar un programa.

Sistema: Conjunto de cosas ordenadas y relacionadas entre sí. Método o grupo de órganos que regulan una función.

Software: está compuesto por un conjunto de programas que son diseñados para cumplir una determinada función dentro de un sistema, ya sean estos realizados por parte de los usuarios o por las mismas corporaciones dedicadas a la informática.

CAPITULO IV

MARCO METODOLOGICO

4.1 Tipo de la Investigación

Este proyecto se define bajo el enfoque de proyecto factible, ya que las soluciones que se proponen son completamente prácticas y accesibles al problema que existen para el monitoreo y control del cuarto en la empresa de los Laboratorios ELMOR S.A., planta Guacara.

Basado en lo anteriormente descrito Mijares y García (2007) definen como proyecto factible a:

“... la investigación elaboración y desarrollo de una propuesta de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos o necesidades de organización o grupos sociales; puede referirse a la formulación de políticas, programas tecnologías, métodos o procesos. El proyecto factible debe tener apoyo en una investigación de tipo documental, de campo o un diseño que incluya ambas modalidades...”
(p5).

De igual manera, la Universidad Simón Rodríguez (1980) considera que un proyecto factible está orientado a resolver un problema planteado o a satisfacer las necesidades en una institución.

De las definiciones anteriores se deduce que, un proyecto factible se compone de un conjunto de actividades vinculadas entre sí, cuya ejecución permitirá el logro de objetivos previamente definidos en atención a las necesidades que pueda tener la empresa. Es decir, la finalidad del proyecto factible radica en el diseño de una propuesta de acción dirigida a resolver un problema previamente detectado en el medio. Situación a la que se dará respuesta desarrollando la propuesta de

automatización para el monitoreo y control del cuarto climatizado todo esto será visualizado y controlado por un HMI (del inglés, human machine interface).

4.2 Fases de la Investigación

Fase I. Identificar los problemas críticos del proceso de medición actual de las variables de interés del cuarto climatizado.

Se realizará la identificación sobre el problema crítico del cuarto de climatizado de la empresa. Para ello primeramente es necesario realizar un estudio de sobre el control climático actual en la empresa. Se realizaran las evaluaciones pertinentes y la observación directa en las mediciones de interés. Se tomaran los valores característicos actuales que posee el cuarto climatizado.

Fase II. Evaluar los elementos de hardware disponibles en el mercado que mejor se adapten a los requerimientos.

Luego de identificar el problema crítico de la empresa, es necesario seleccionar un PLC adecuado ya que este se encargará del proceso de control. Seleccionar el HMI de una manera que sea de sencillo para el entendimiento del personal de mantenimiento de la empresa y aparte de esto la disponibilidad en el mercado de los componentes que sean requeridos para la correcta ejecución de este proyecto.

Fase III. Diseñar una propuesta de automatización para el proceso de monitoreo y control del cuarto climatizado.

En esta etapa se pretende hacer un diseño que se acople a las necesidades y posibilidades que tenga la empresa a fin de realizar una propuesta de automatización la cual cumpla con el monitoreo y control del cuarto climatizado de hacer los planos eléctricos que sean fáciles de entender por el personal calificado de la planta, una correcta programación del PLC y las simulaciones de todo el proceso antes de que sea ejecutado para examinar cuál sería su hipotético resultado ya que en un software se hace en las condiciones más ideales.

Fase IV. Determinación de la factibilidad y viabilidad del proyecto propuesto sobre el sistema automatizado

En esta fase de la investigación, se determinará si el proyecto es factible y viable analizando todos los componentes que beneficien, o bien perjudiquen de algún modo el proyecto, tomando en cuenta el enfoque técnico, operativo y económico.

CAPITULO V

RESULTADOS

5.1 Fase I. Recolección de la información necesaria acerca de la problemática en la medición de las variables en el cuarto climatizado.

5.1.1 Observación directa

Las variables que son fundamentales en el cuarto climatizado, es la humedad relativa y la temperatura, es necesario mantener dichas variables dentro de un rango de $75\% \pm 5\%$ y $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ respectivamente, ya que de esto depende el control de calidad del lote de medicinas que se necesite verificar en dicho momento, las medicinas se introducen en el cuarto por un periodo aproximado de dos meses, al cumplir con el tiempo requerido, se realizan estudios sobre los componentes activos de los medicamentos para ver si aún siguen teniendo la misma concentración que al ser ingresadas bajo estas condiciones establecidas por el cuarto, si las medicinas aprueban los chequeos, esto garantiza que pueden estar en Stock en un almacén farmacéutico hasta por dos años sin sufrir el componente activo algún desgaste o sin perder cualidades.

Actualmente el proceso de control de humedad relativa y calefacción del cuarto climatizado depende de un sistema de calefacción que es una vaporizadora (maquina generadora de vapor) este instrumento funciona con una resistencia sumergida en agua que se calienta debido al paso de corriente a través de dicha resistencia ocasionando que el agua alcance su punto de ebullición y se evapore por el cuarto climatizado con la ayuda de un electro ventilador que esta ubicado en la parte superior de su estructura. El encargado del enfriamiento, en caso de que la temperatura sobrepase los 32°C en el cuarto climatizado, es una unidad enfriadora de 5.000 btu. Ambos equipos electrónicos cumplen con su función que es la de mantener la humedad relativa en $75\% \pm 5\%$ y la temperatura en $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$. se hace énfasis más

que todo es en el control de estos equipos, ya que en el caso de la vaporizadora, no cuenta con un encendido automático, ni con un sistema de alarmas en caso de que alguna variable este fallando y el llenado del tanque que suministra el agua que se evapora es manual, si en algún momento se pasa por alto este proceso, la máquina que genera el vapor se quede sin agua y la resistencia como es una resistencia sumergible, al estar en funcionamiento fuera del agua, este elemento tiende a fracturarse y se daña.

Ahora bien, si hablamos del proceso de medición, para visualizar los valores que los equipos nos facilitan, es necesario el ingreso directo al cuarto climatizado, al abrir la puerta, el cuarto sale inmediatamente de sus valores pre establecidos debido al cambio de temperatura y humedad relativa que hay en el ambiente, esto nos arroja datos de medición fuera de rango, para poder observar que los valores estén en orden, el encargado de esta tarea debe mantenerse dentro del cuarto alrededor de 5-10min hasta que los equipos logren llevar las variables a su valor preestablecido.

5.2 Fase II. Evaluar los elementos de hardware disponibles en el mercado que mejor se adapten a los requerimientos.

Una vez que se han detectado las fallas primordiales en el proceso de medición y control del cuarto climatizado, se realiza un estudio acerca de los componentes necesarios para llevar a cabo la implementación de este proyecto, teniendo en cuenta los inventarios de repuestos y equipos que tiene el laboratorio en su almacén actualmente y si sus funciones son las adecuadas para dicho proceso, además de su costo en el mercado.

5.2.1 Control Lógico Programable (PLC)

Como controlador lógico programable se utilizara un PLC LOGO SIEMENS, que actualmente se encuentra en los laboratorios Elmor sin uso, con la finalidad de reducir costos a la empresa y dicho componente cumple con lo necesario para implementar el proyecto. El Logo de Siemens se define como un Módulo Lógico Inteligente que permite el control de varias Salidas Mediante la Programación de Varias Entradas.

Toda la programación se realiza de una forma bastante sencilla con las 6 teclas que están situadas en su panel frontal y desde las que podemos introducir el programa. La visualización del programa, estado de entradas y salidas, parámetros, etc., se realiza en una pequeña pantalla LCD de forma gráfica.

Otra forma de trabajo es creando el programa en un ordenador externo mediante el software especial que es gratuito de SIEMENS y posteriormente introducir el programa en el LOGO, conectando la ordenador con LOGO, mediante un cable que distribuye la propia SIEMENS. Incluso se puede simular el programa en el ordenador antes de introducirlo en el LOGO.



Figura 10. PLC LOGO 12/24 RC

Fuente: https://media.automation24.com/Artikelbilder/Sho/LOGO8_RCE_1.jpg

5.2.2 Fuente de alimentación de 24V DC

La fuente de poder o de alimentación (PSU en inglés) es el dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial que se recibe en las industrias en corriente continua o directa; que es la que utilizan los dispositivos electrónicos, suministrando los diferentes voltajes requeridos por los componentes, incluyendo usualmente protección frente a eventuales inconvenientes en el suministro eléctrico, como la

sobretensión. La fuente seleccionada es de la familia Siemens modelo 6ep1332-1sh43 que cuenta con las siguientes especificaciones, estabilizada entrada: AC 100-240 V (DC 110-300 V) salida DC 24 V/2,5 A. Ver figura 4.



Figura 11. Fuente de alimentación modelo 6ep1332-1sh43

Fuente: https://media.rs-online.com/t_large/F7342718-01.jpg

5.2.3 Sensor de Humedad Relativa

El sensor de humedad mide la humedad relativa con el 0 a 100% en el rango de temperaturas de 203 °K – 323 °K, con una precisión mejor que el 10% de humedad relativa y una resolución de 1% de humedad relativa.

El sensor de humedad se encuentra en uno de los booms de REMS colocado en el mástil Rover MSL. El sensor de humedad está desarrollado por el Instituto Meteorológico de Finlandia, y se basa en la tecnología patentada de Vaisala, Inc. Las observaciones de Humedad hacen uso del sensor de humedad de Vaisala HUMICAP y sensor de temperatura de Thermocap. El HUMICAP contiene una película del sensor activo de polímero, que cambia su capacidad en función de la humedad relativa de 0 – 100% de rango de medición de humedad relativa. La capacidad de la película es también dependiente de la temperatura, las mediciones tan precisas de la temperatura por Thermocap ® son necesarias para poder interpretar correctamente los resultados de humedad. La cabeza del sensor HUMICAP también tienen resistencias

Pt calefactoras que se utilizan periódicamente para calentar el sensor y se dirige a estimar la distancia de los posibles contaminantes que pueden afectar a la capacidad.

El control del sensor se basa en un transductor de baja potencia controlado por un ASIC dedicado, que a su vez es controlada por un FPGA en la unidad de control del instrumento REMS. La electrónica del transductor y la cabeza del sensor se colocan en un solo PCB multicapa protegido por una jaula de Faraday metálica. El PCB es compatible con la interfaz mecánica montada sobre el boom de REMS. La jaula de Faraday está perforada para permitir la ventilación suficiente, y cubierto con un filtro blanco PTFE para proteger la cabeza del sensor de polvo.

Las características generales de la sonda de humedad son:

- Dimensiones 40 x 40 x 25 mm.
- Masa 15 g.
- Potencia 15 mW.
- Ratio de datos 208 bits/s, 1.4 Mbits/sol.
- Temperatura de funcionamiento 150 – 400 °K.
- Temperatura de Operación 203 – 323 °K.
- Rango 0 – 100% RH.
- Precisión típica $\pm 8\%RH$ in $-70^{\circ}C$, $\pm 5\%RH$ in $-40^{\circ}C$, $\pm 3\%RH$ in $-20^{\circ}C$.
- Resolución 1% RH.



Figura 12. Sensor de Humedad Relativa Humicap.

Fuente: <https://www.vaisala.com/sites/default/files/hnology-description-B210781ES-C.pdf>

5.2.4 Sensor de Temperatura

Sensor de temperatura Pt100 de resistencia con aislamiento mineral SITRANS TS100 La gama de sensores de temperatura se suministra con un cable montado directamente. La versión con aislamiento mineral cubre un amplio campo de aplicación. El montaje es muy sencillo y flexible gracias a un prensaestopas o a una boquilla para soldar. El adaptador opcional permite medir superficies fácilmente. El modelo de seguridad intrínseca cuenta con una homologación para zona 0 sin vaina de protección adicional. El excelente tiempo de respuesta del sensor es una ventaja indudable para este tipo de aplicación. Máx.: 400 °C (752 °F) Mín.: -30 °C (-22 °F)



Figura 13. Sensor de Temperatura PT100

Fuente: http://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation/product-18343-934509.html?utm_source=ProductDetail&utm_medium=Web&utm_content=SimilarProduct&utm_campaign=CA

5.2.5 Sensor de Varilla de nivel

Los sensores Liquipoint T se utilizan para la detección de nivel en líquidos conductivos. En función del número de puntos de medida, pueden implementarse para una conexión a proceso diversas tareas de medida, como la protección contra rebosa, la protección de bombas contra el funcionamiento en vacío, el control de dos

puntos de bombas o la detección multipunto. Cuando el depósito está vacío, hay una tensión alterna entre las sondas. Tan pronto como el líquido conductor crea un cortocircuito entre la sonda de varilla de referencia y la sonda de varilla de máximo, se produce una corriente medible, haciendo que el Liquipoint T conmute. Al utilizar una tensión alterna, se impide la corrosión de las sondas y la destrucción electrolítica del producto. Longitud del Sensor: Varilla: 100 a 4000 mm (4 a 157 pulg.); Cable: 250 a 15000 mm (10 a 590 pulg.)



Figura 14. Sensor de varilla de nivel

Fuente: <https://www.e-direct.endress.com/mx/es/detector-nivel-multipunto-ftw31-ftw32>

5.2.6 Válvula de control

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el paso de un fluido por un conducto o tubería. La válvula se mueve mediante una bobina solenoide. Generalmente no tiene más que dos posiciones: abierto y cerrado, o todo y nada. Las electroválvulas se usan en multitud de aplicaciones para controlar el flujo de todo tipo de fluidos.

No se debe confundir la electroválvula con válvulas motorizadas, en las que un motor acciona el mecanismo de la válvula, y permiten otras posiciones intermedias entre todo y nada.

La válvula seleccionada es de la empresa ALTEC S.A, empresa vanguardista en el diseño de válvulas de control, el modelo que se adata al proceso antes expuesto es el modelo válvula solenoide 21HN, ver figura 7, cuyas características técnicas son:

- Tamaño del puerto: 1/4" a 1".
- Material: latón.
- Rosca tipo Gas: 2 Vías - Acción Mixta.
- Material del diafragma: buna + poliamida o Viton.
- Buna (NBR) + Poliamida (PA) soporta temperaturas del fluido entre - 10 + 90°C.
- Viton para aceite ligero (2°E), gasolina y diesel (-10 + 140°C).
- Presión mínima de 0 psi.
- Presión máxima permisible (PS): 16 bar.
- Bobina estándar (serie F) de 8 Watts.
- Aplicaciones más comunes: automatización, envasado al vacío, calefacción.



Figura 15. Válvula solenoide de uso general, 2 Vías - Acción Mixta, NC o NA.

Fuente: <https://www.altecdust.com/images/stories/virtuemart/product/21hn.jpg>

5.2.7 Relé de 24V DC

Un relé de estado sólido (SSR en inglés) es un dispositivo interruptor electrónico que conmuta el paso de la electricidad cuando una pequeña corriente es aplicada en sus terminales de control. Los SSR consisten en un sensor que responde a

una entrada apropiada (señal de control), un interruptor electrónico de estado sólido que conmuta el circuito de carga, y un mecanismo de acoplamiento a partir de la señal de control que activa este interruptor sin partes mecánicas. El relé puede estar diseñado para conmutar corriente alterna o continua. Hace la misma función que el relé electromecánico, pero sin partes móviles.

Los relés de estado sólido utilizan semiconductores de potencia como tiristores y transistores para conmutar corrientes hasta más de 100 amperios. Los relés SSR pueden conmutar a muy altas velocidades (del orden de milisegundos) en comparación a los electromecánicos, y no tienen contactos mecánicos que se desgasten. A la hora de aplicar este tipo de relés debe tenerse en cuenta su baja tolerancia para soportar sobrecargas momentáneas, comparado con los relés electromecánicos, y su mayor resistencia al paso de la corriente en su estado activo.

Laboratorios ELMOR tiene disponibles en su almacén de partes eléctricas relé de 24 V DC marca Allen Bradley modelo 700-hk36z24 de 8 pines para una capacidad de corriente máxima de trabajo de 10 A, y cuenta con tres contactos NA y los otros dos NC, ver figura 16.



Figura 16. Relé de 24 V DC marca Allen Bradley modelo 700-hk36z24

Fuente: <https://rexel-cdn.com/Products/43094.jpg?i=BBB0D681-669A-467D-8F4D-A09C00FE5DA0&f=300-sq>

5.2.8 Luz piloto

Esta luz piloto de baja potencia tiene como propósito darnos un aviso visual de que tenemos encendido un equipo electrónico. Mientras el equipo electrónico esté funcionando la luz piloto está encendida demostrando que hay consumo de energía. Para el desarrollo del proyecto es necesario utilizar varias luces pilotes para indicar el estado en el que se encuentra el proceso, existen distintos fabricantes de luz piloto, pero todas tienen el mismo propósito la luz piloto marca Metaltex modelo L2- DR7-R, tiene una alimentación de 24 V AC/DC. Ver figura 17.



Figura 17. Luz piloto Metaltex

Fuente: <https://http2.mlstatic.com/lampara-luz-piloto-led-22mm-220vac-amarillo-metaltex->

5.2.9 Sirena sonora de 110 V AC.

Un dispositivo de notificación acústico es un elemento del Sistema de alarma contra anomalías. Es una notificación audible, visible y adicionalmente puede tener estímulos visuales para alertar a los ocupantes de un área de alguna emergencia. Los dispositivos acústicos fueron los primeros en utilizarse en los inicios del sistema de detección de incendio. La mayoría de estos dispositivos acústicos generan una presión acústica entre 45 y 120 decibeles a un metro.

Este dispositivo puede ser electromecánico, electrónico, electroacústica, de campana o de bocina. La sirena recomendada para el proyecto (ver figura 11), tiene las siguientes especificaciones, sirena de motor marca Sassin modelo MS-390, tensión nominal 110 V, corriente nominal 1.5 A, decibelios 125 dB.



Figura 18. Sirena de motor marca Sassin modelo MS-390

Fuente: <https://sc01.alicdn.com/kf/HTB1xG2Ia6DuK1Rjy1zjq6zraFXal/motor-siren-ms-390-110v-220-240v.jpg>

5.2.10 Selector On/Off

El interruptor giratorio LW26 serie se aplica principalmente a 440 V y a menos de 50Hz CA o 240 V y a menos de circuitos de CC. para romper y cerrar, cambio de circuitos en un funcionamiento manual no frecuente. Y la aplicación típica: Interruptor de control de fase 3 motores interruptor de control de equipo interruptor de control de instrumentos y cambio interruptor de maquinaria de soldadura.



Figura 19. Selector de dos posiciones Schneider

Fuente: https://media.rs-online.com/t_large/F3308694-01.jpg

5.2.11 Contactores

Se necesitan dos contactores que energicen y desenergicen tanto el vaporizador como el aire acondicionado, aprovechando la fuente de 24Vdc y que las salida del Logo son de 24Vdc, se utilizaran dos contactores Siemens 3TH42 44-0BB4 de bobina 24V que están disponibles en el almacén de repuestos de la empresa.



Figura 20. Contactor Siemens 3TH42

Fuente: <https://docs-emea.rs-online.com/webdocs/14b3/0900766b814b3314.pdf>

5.3 Fase III. Diseñar una propuesta de automatización para el proceso de monitoreo y control del cuarto climatizado.

Para realizar un sistema de trasegado automatizado se escogió el software LOGO Soft Comfort V8, el cual permite configurar y programar todas las versiones de los módulos de la gama LOGO!. Este software nos permite hacer simulación para determinar el funcionamiento del programa antes de cargarlo al PLC. Antes de empezar a realizar el programa es necesario configurar unos parámetros del PLC LOGO tales como:

5.3.1 Configuración general

En esta opción permite definir el nombre y la IP del depósito. Existe la posibilidad de introducir la dirección, mascara de subred y pasarela para asignar una IP al módulo base LOGO. En el campo nombre del programa se introduce un nombre para el programa. El nombre puede comprender 6 caracteres como máximo, después de la

transferencia del programa de la Pc al PLC, el display integrado mostrara el programa con el nombre. Ver figura 21.



Figura 21. Configuración general PLC Logo.
Fuente: Ortiz (2019)

Tipo de hardware

En esta sección se muestra la información básica de Logo, los bloques conocidos las constantes, conectores, funciones básicas, funciones especiales, perfil de registró de datos, juego de caracteres, así como el número de entradas digitales. Ver figura 22.

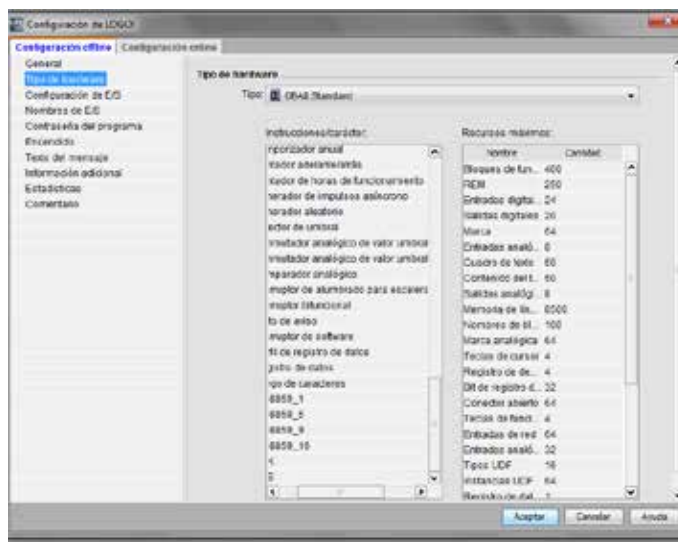


Figura 22. Configuración del hardware
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.1 Configuración de entradas y salidas

Cuando se descarga el programa, LOGO! Soft Comfort también transfiere los ajustes de entradas y salidas al PLC. El ajuste permite especificar el comportamiento de las salidas analógicas cuando el PLC está en modo stop, así como el rango del valor de salida. Ver figura 23.

El comportamiento de las salidas analógicas en modo stop se pueden configurar de dos maneras:

Todas las salidas conservan el último valor.

- AQ1 a AQ8 adoptan los valores definidos por el usuario.

El ajuste para el valor de las salidas analógicas es de dos formas:

- 0 V a 10 V.
- mA a 20 Ma.

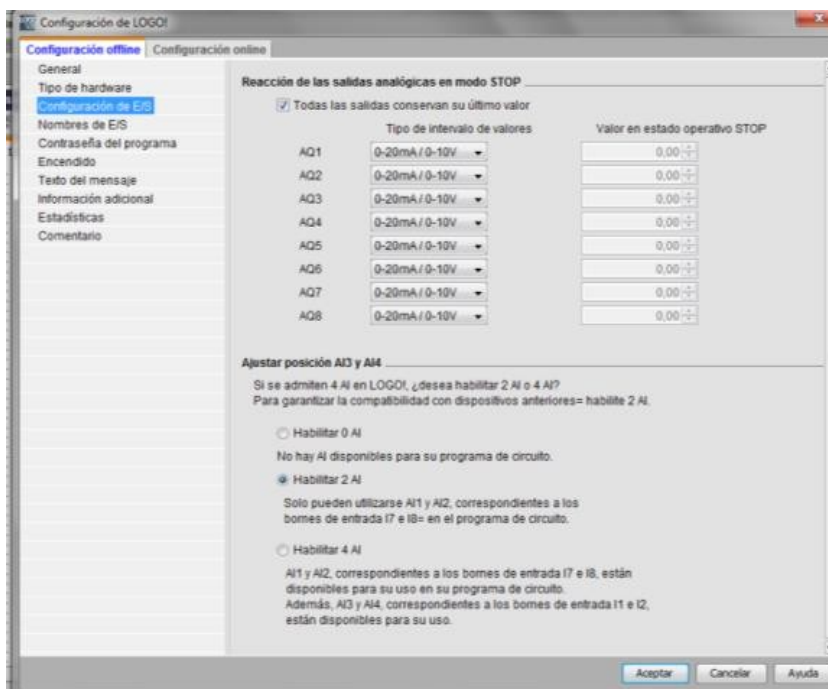


Figura 23. Configuración E/S

Fuente: Ortiz (2019)

5.3.2 Configuración de nombres de E/S

Este comando de menú permite introducir las denominaciones de las entradas y las salidas (nombres de conectores). También se puede configurar si los nombres de los conectores deben visualizarse en la interfaz de programación. El comando abre un cuadro de dialogo en el que puede indicar si los nombres de conectores y la lista de conexión deben imprimirse junto al programa. Ver figura 24.

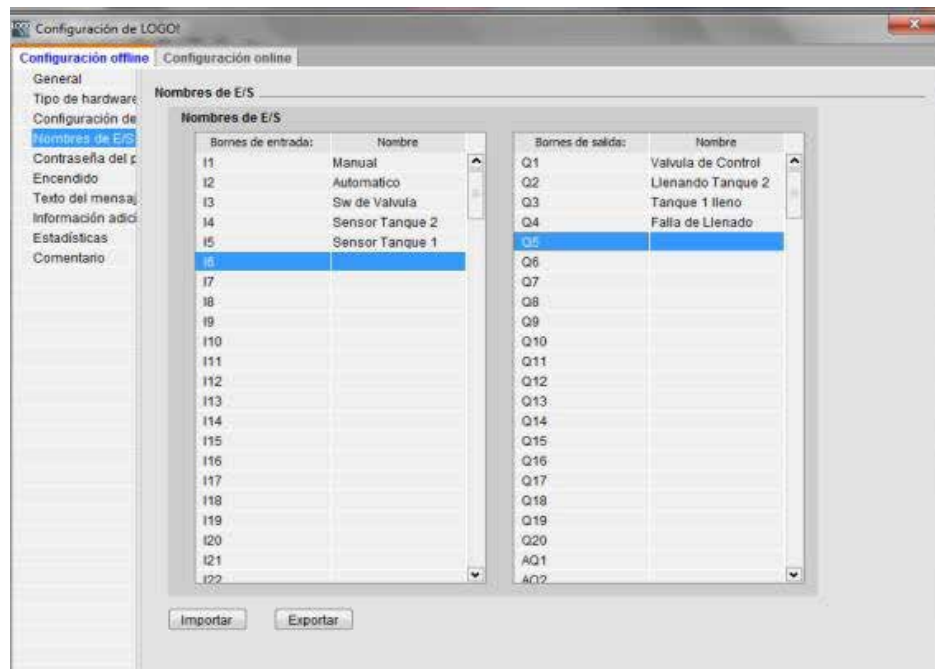


Figura 24. Configuración de nombres de E/S

Fuente: Ortiz (2019)

5.3.3 Configuración de contraseña

La configuración de una contraseña para el programa lo protege, los programas se pueden abrir y editar en cualquier momento en LOGO! Soft Comfort, sin importar si el programa está protegido por contraseña o no. La contraseña se requiere para visualizar o modificar directamente en el PLC un programa protegido por contraseña, o bien para transferirlo del PLC a la PC. Ver figura25.

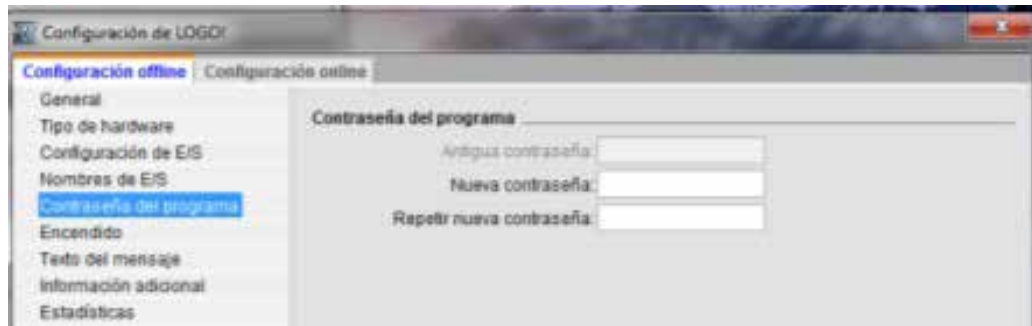


Figura 25. Configuración de contraseña
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.3.1 Configuración de encendido

Esta opción nos permite visualizar en la pantalla del LOGO!, al encenderse tres funciones, la primera sería visualizar la fecha y la hora, la segunda opción es visualizar las entradas y salidas y la tercera visualizar el menú. Ver figura 26.

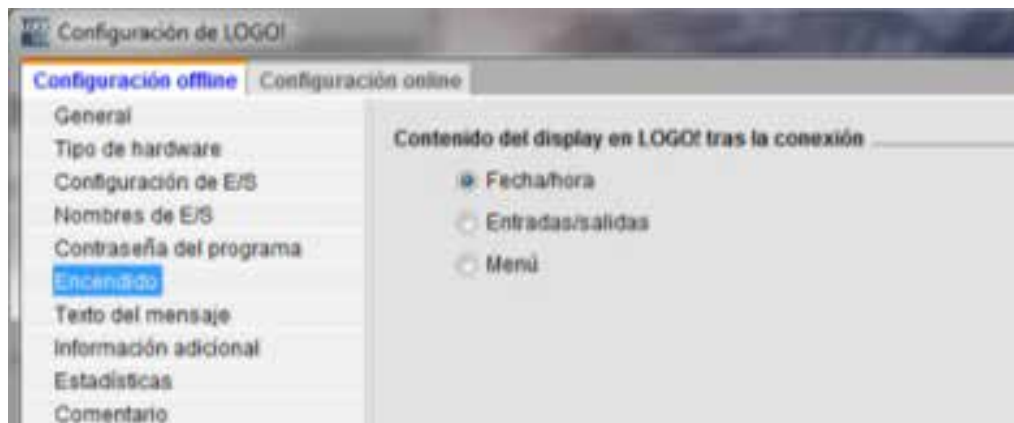


Figura 26. Configuración de encendido
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.3.2 Configuración de información adicional

En esta sección se configura los detalles del programa, este cuadro de dialogo incluye campos de entradas para datos relacionados con el proyecto, datos internos de la empresa y la versión del programa. Ver figura 27.

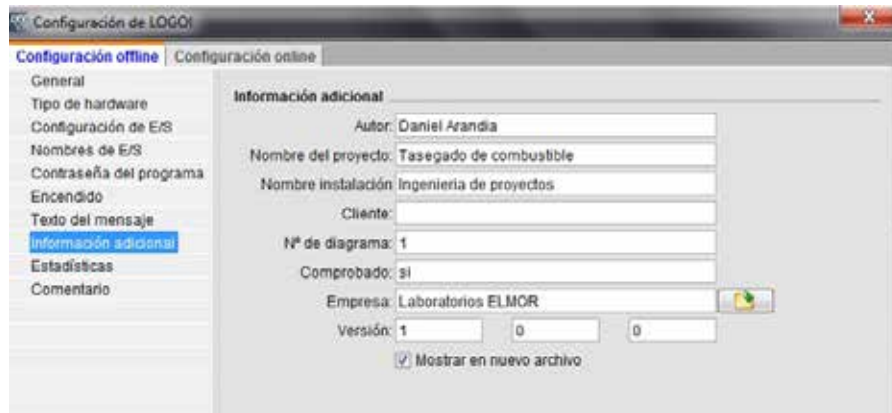


Figura 27. Configuración de información adicional
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.4 Programación

Ya con todos los componentes a utilizar seleccionados y la configuración inicial realizada, se da inicio a la programación del LOGO.

5.3.4.1 Control de llenado de tanque suministrador de agua.

Para el control de llenado del tanque de agua del evaporizado, se utilizarán dos sensores de electrodo, uno para el nivel bajo (I1) y otro para el nivel alto (I2). Es necesario que el sensor de nivel bajo vaya a una compuerta inversora NOT(B005) debido a que ambas entradas van a un relé auto enclavador que se activa justo cuando el sensor de nivel bajo deja de hacer contacto con el agua para así activar la salida de la electroválvula (Q4) y empezar el llenado del tanque. En el programa, la salida Q4 va conectada mediante un Retardo a la Conexión a una salida de Falla de Llenado (Q5), al activarse Q4 comienza un conteo de 5min que es el tiempo en el que se debería llenar el tanque de agua por completo. Transcurridos estos 7min sin terminar el proceso de llenado de tanque, se activa la salida de Falla de Llenado (Q5). Ver figura 28.

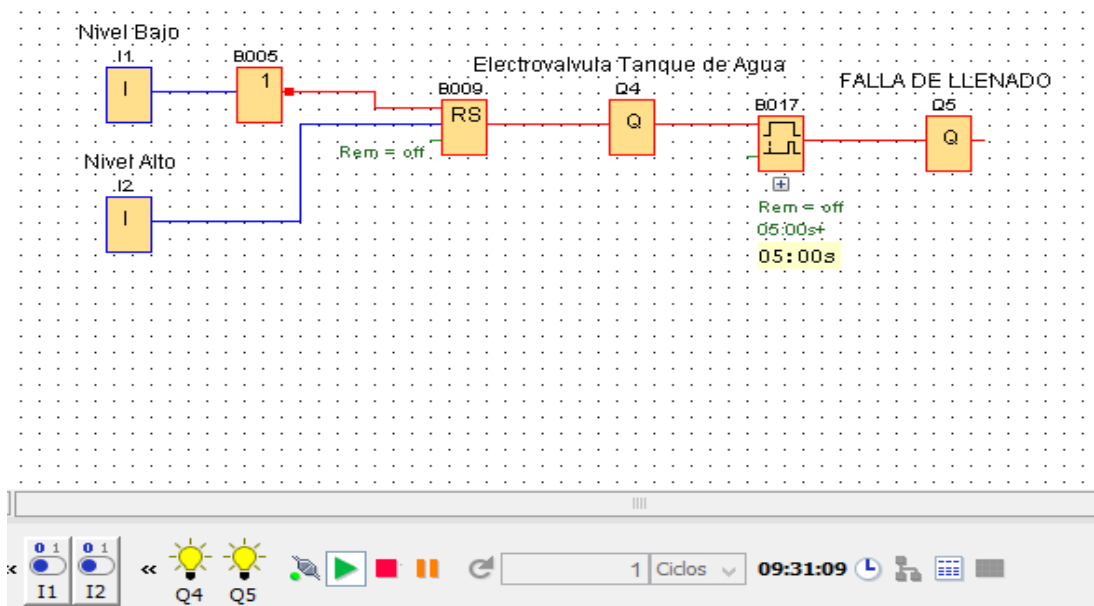


Figura 28. Control de Llenado del Tanque suministrador de Agua.
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.4.2 Control de Temperatura y Humedad Relativa.

Para el control de la temperatura y la humedad relativa, se usan dos entradas analógicas llamadas Sensor de Temperatura (AI1) y Sensor de Humedad Relativa (AI2). Conectados internamente en el LOGO a un conmutador analógico de valor umbral, este es el encargado de enviar la señal cuando la temperatura este por debajo de los 28°C o por encima de los 32°C o cuando la humedad relativa este por debajo del 71% o por encima del 74%.

Estas 4 salida analógicas van conectadas cada una a una compuerta inversora que se encarga de enviar un pulso cuando estas se desenergicen (valores fuera de rango). Tal como se muestra en la figura, al estar dentro del rango establecido, las compuertas inversoras permanecen con un cero lógico, al salir de los valores, inmediatamente esta cambia su estado lógico a 1. Ver Figura 29.

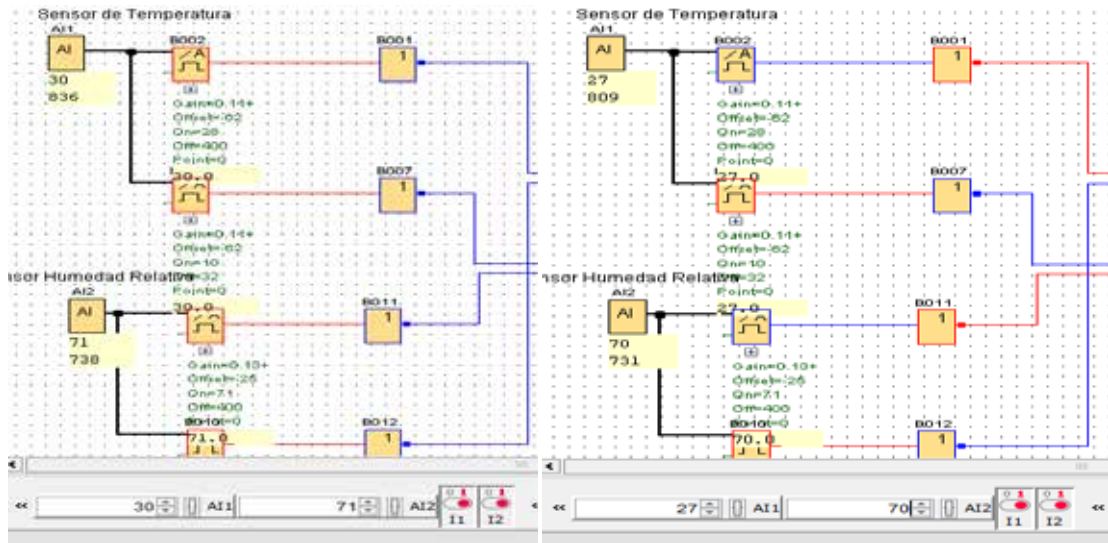


Figura 29. Demostración cambio de estado lógico.
Fuente: Ortiz (2019)

La salida de las cuatro inversoras van conectadas a dos compuertas OR, la cual cambia su salida de cero a uno logico cuando cualquiera de sus entradas pasa a ser activada, se usaron dos compuertas NOR, una que tiene por entradas la salida de Baja Temperatura y Alta HR y la otra compuerta es la que le llega la salida de Alta Temperatura y Baja HR. Ver Figura 30

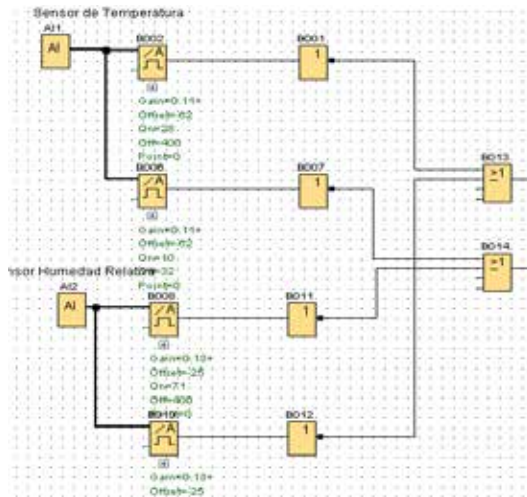


Figura 30. Demostración salidas Alta y Baja Temperatura y Humedad Relativa.
Fuente: Ortiz (2019)

La salida de las compuertas OR son las encargadas de activar los contactores tanto de enfriamiento(Q2) como de calefacción(Q1), la salida de estas compuertas van conectadas a un Retardo a la Desconexión que cuenta con 5min de retardo para desactivar los contactores, esto permite que al entrar nuevamente las variables dentro de su rango establecido ($30^{\circ}\text{C}\pm 2^{\circ}\text{C} - 75\%\pm 5\%$) el contactor siga enclavado, permitiendo que la variable llegue al valor central que le corresponde. de realizar el programa sin esta parte de los retardos, ocurriría que al estar activos los contactores y llegar al valor critico que los activa (32°C , 28°C , 70% , 80%) se desactivarían y muy probablemente se activarían y desactivarían constantemente debido a que estarían lejos del valor central de las variables del cuarto climatizado. Ver Figura 31.

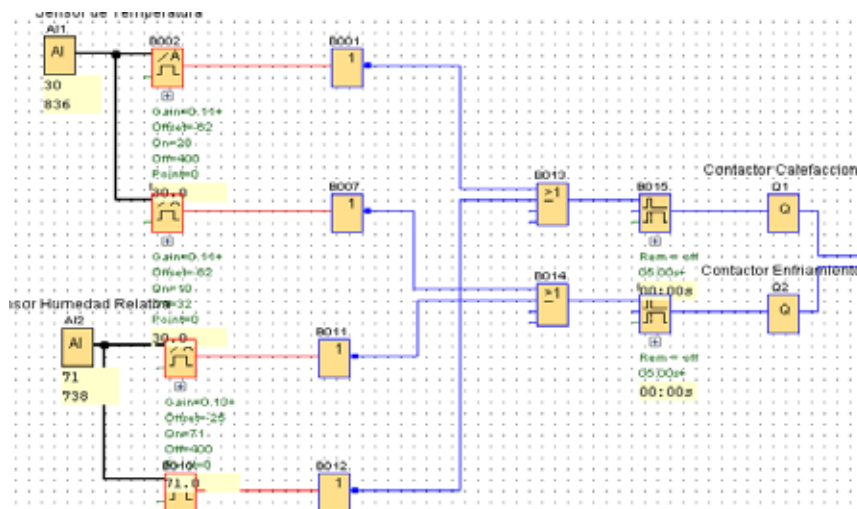


Figura 31. Demostración salida a Contactores.

Fuente: Ortiz (2019)

La salida de ambos contactores va conectadas a una compuerta OR que manda la señal a un Retardo a la Conexión/Desconexión que le da un tiempo de 20min a los equipos que regulan las condiciones del cuarto para que vuelvan los valores a la normalidad, de no ser así, este activa la salida Q3 que es llamada Alarma Fuera de Valores, esta alarma visual y sonora, indica que el cuarto climatizado está presentando un problema con algunos de los equipos de regulación y por ende, debe

ir un operador a revisar la falla, este retardo también cuenta con 30min de desconexión en caso de que transcurrido los 20min la alarma se active y el cuarto entre en sus valores establecidos, la alarma quedara activa durante 30min para que de igual manera algún operador cheque porque ocurrió el accionamiento de la alarma. Ver Figura 32.

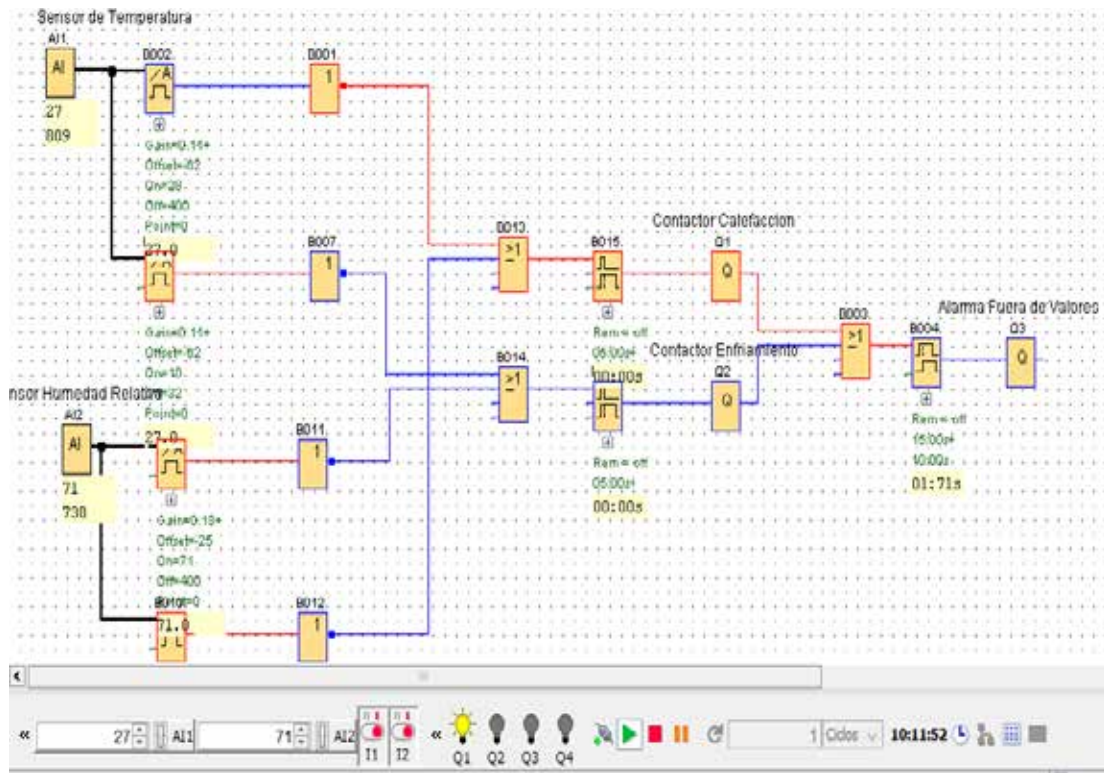


Figura 32. Diagrama del Programa Finalizado
Fuente: Ortiz (2019)

5.3.4.3 Configuración de Texto de Aviso

En la configuración del texto de aviso, se establecen los parámetros que se deseen visualizar en el Display del LOGO, en este caso se hará visible la hora, el valor actual de la Temperatura, Humedad Relativa y el tiempo que resta para que se active la alarma “Fuera de Valores”. Ver Figura 33.



Figura 33. Configuración de Texto de Aviso
Fuente: Ortiz (2019)

5.4 Fase IV. Determinación de la factibilidad y viabilidad del proyecto propuesto sobre el sistema automatizado.

En esta fase se evaluará la factibilidad operativa y económica del proyecto para establecer si es viable realizarlo o no.

5.4.1 Evaluación operativa del proyecto

Se determinará el desempeño operativo del proyecto y su funcionamiento a través de simulaciones en el software de programación del PLC LOGO

5.4.4.1 Prueba de control de llenado del Sistema suministrador de agua.

El control sistema de llenado del tanque que le suministra el agua al vaporizador, se basa en dos sensores de nivel que mientras estén en contacto con el agua, envían un uno lógico a la entrada, al desactivarse el Sensor de Nivel Bajo (I1) se activa el relé de auto enclavamiento y este activa la electroválvula (Salida Q4) para comenzar el proceso de llenado del tanque. Ver Figura 34. Transcurridos 7min sin llenarse el tanque, se activa la salida Q3 que es una alarma sonora y visual que indica que algo está mal en el cuarto climatizado. Ver figura 35.

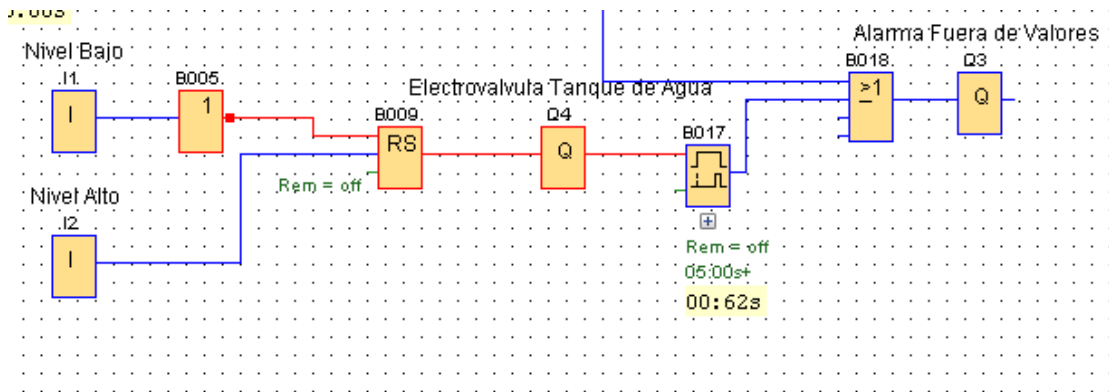


Figura 34. Simulación Sensores de nivel Alto y Bajo desactivados.

Fuente: Ortiz (2019)

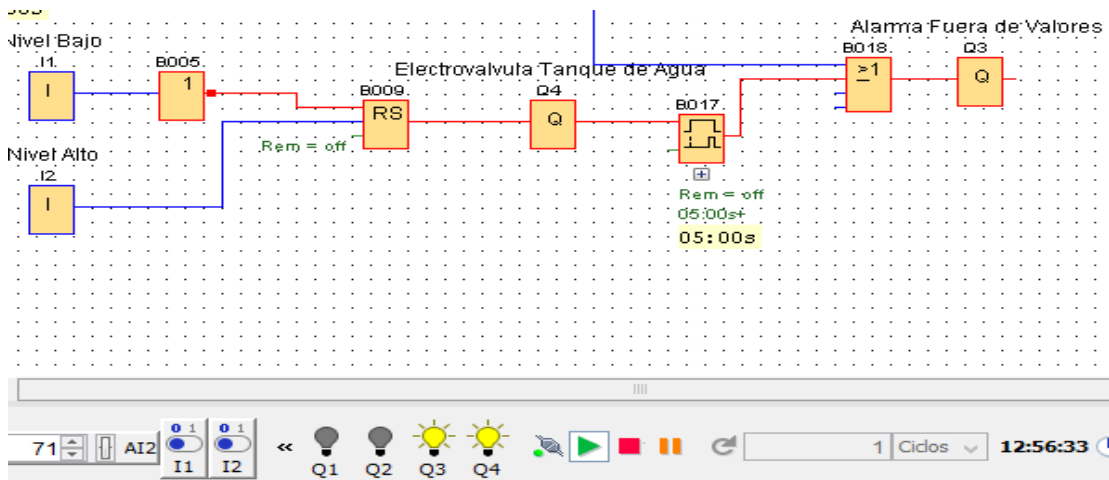


Figura 35. Simulación Falla de Llenado

Fuente: Ortiz (2019)

5.4.1.2 Simulación control de Temperatura y Humedad Relativa

Se simula el programa en condiciones normales del cuarto climatizado ($75\% \pm 5\%$ y $30^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$) notando que no activa el sistema de enfriamiento o calefacción debido a que las condiciones no lo ameritan. Ver Figura 36. Al alterar los valores a 32°C y 70% se observa que inmediatamente se activan las salidas Q1 y Q2 que son las encargadas de energizar la bobina de los contactores para que estos activen el sistema de enfriamiento o calefacción bien sea la necesidad. Ver Figura 37.

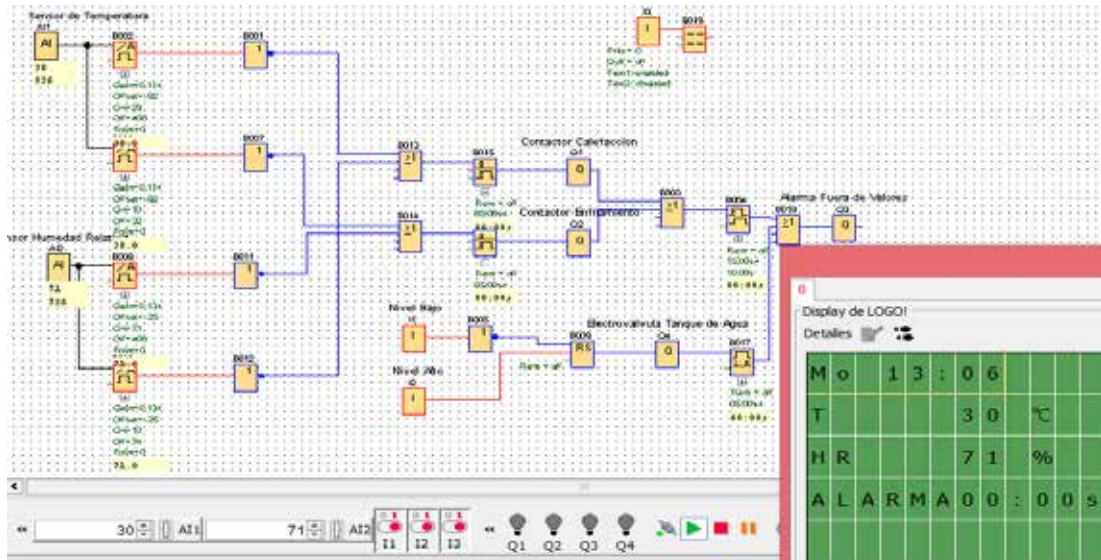


Figura 36. Simulación valores normales.
Fuente: Ortiz (2019)

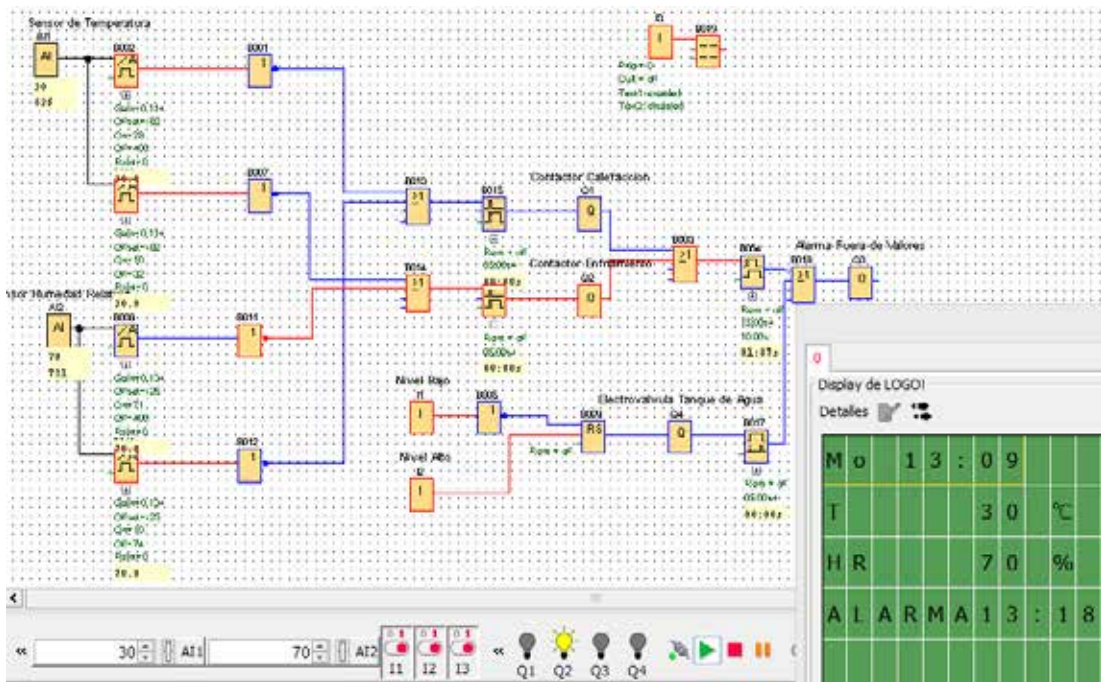


Figura 37. Simulación Salidas Q2 y Q3 activas
Fuente: Ortiz (2019)

CONCLUSIONES

En el presente proyecto de investigación se ha realizado un sistema de control automatizado para el monitoreo y control de la temperatura y humedad relativa en el cuarto climatizado de los laboratorios ELMOR. El cual se encargara de monitorear las variables mediante dos sensores de salidas analógicas que serán los responsables de indicarle al PLC cuando el cuarto este fuera de parámetros.

De la investigación y el trabajo desarrollado se desprenden una serie de conclusiones como son:

- Realizar la instalación de los sensores de humedad relativa, temperatura y el cableado dentro del cuarto climatizado, fue una tarea tediosa, debido que el ingreso a dicho cuarto es restringido para personal no autorizado y las condiciones ambientales son de 30°C y un 75% de humedad relativa, lo que lo hace un ambiente de trabajo inadecuado.
- La automatización con el PLC LOGO se ajusta a las necesidades del proyecto técnicas y económicas, este tipo de PLC tiene la particularidad que puede ser programado a través de un software LOGO Soft Confort o también puede ser programado en consola del mismo, la programación por el software es gráfica y didáctica entendible de manera rápida.

RECOMENDACIONES

La automatización del monitoreo y control del cuarto climatizado es un proyecto adaptable a mejoras, para lograr que este diseño tenga mayor funcionalidad y sacarle más provecho por parte de la empresa, se puede tener en cuenta las siguientes recomendaciones:

- Crear un HMI para visualizar de manera gráfica el proceso y poder controlarlo a través de una pantalla.
- Establecer una base de datos para tener un registro de los valores de la temperatura y humedad relativa y así poder generar comparaciones del comportamiento de estas variables.
- Mejorar el sistema de suministro de agua colocando una unidad de mayor capacidad o conectando la entrada directamente a una tubería de agua continua controlada por una electroválvula.

BIBLIOGRAFÍA

Bibliográficas

- Arias, F. (1999). **El proyecto de investigación: Introducción a la metodología científica**. 3ra Edición. Caracas: Editorial Episteme.
- Arias, F. (2012). **El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica**. Caracas: Editorial Episteme.
- Dubs de Moya, R. (2002). **El Proyecto Factible: una modalidad de investigación**. Caracas, Venezuela.
- Hurtado, J. (2007). **El proyecto de investigación**. Caracas: Editorial Quirón.
- Mijares, H y García, L. (2007). **Normas para la Elaboración y Presentación de los Anteproyectos, Proyectos y Trabajos de Grado**. Carabobo: Editorial UJAP
- Palella, S. y Martins, F. (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa**. Caracas: Editorial Fedupel.
- Sabino, C. (1996). **Introducción a la Metodología de Investigación**. Caracas: Editorial: Panapo.
- Tamayo, M. (1998). **El proceso de la investigación científica**. 3ra edición. México: Editorial Limusa.

Electrónicas

- Calderón, J (2015). **Sistema de seguridad con visualizadores de programación gráfica para el proceso de control**. Recuperado en:
<http://sistemasS.net/Documents/Biblioteca20Hampton-ECG%20Facil%20-%208%C2%B0%20%282014%29.pdf>
- Díaz, E (2011). **Propuesta del sistema de control de temperatura y humedad**. Recuperado en:
[https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION%20MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Pérez, H. (2015) en tu trabajo titulado “**Simulación y control de la temperatura dentro de un invernadero**”. Recuperado en:

[https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION
MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://tesis.ipn.mx/bitstream/handle/123456789/4548/AUTOMATIZACION%20MAQ.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Ramos, F. (2018) **Propuesta de mejora del proceso de distribución de agua mediante la implementación de un sistema automatizado para la empresa colgate-palmolive company.** Recuperado en:
<http://biblioteca.usac.ujapenlinea.pdf>