



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
RELATIVA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE
ALUVIDGLASS CIA.LTDA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

BRAYAN ANDRÉS PATACHI BORJA

CARLOS AGUSTÍN RAMOS SAIGUA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
RELATIVA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE
ALUVIDGLASS CIA.LTDA”**

Trabajo de titulación

Tipo: Proyecto técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTORES:

BRAYAN ABRÉS PATACHI BORJA

CARLOS AGUSTÍN RAMOS SAIGUA

DIRECTOR: ING. WILSON OSWALDO BALDEÓN LÓPEZ

Riobamba – Ecuador

2022

© 2022, **Brayan Andrés Patachi Borja, Carlos Agustín Ramos Saigua**

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Nosotros, Brayan Andrés Patachi Borja y Carlos Agustín Ramos Saigua, declaramos que el presente trabajo de titulación es de nuestra autoría y que los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autores asumimos la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de marzo de 2022



Brayan Andrés Patachi Borja

060426351-7



Carlos Agustín Ramos Saigua

060458495-3

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto técnico, **“CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE ALUVIDGLASS CIA.LTDA”**, realizado por los señores **BRAYAN ANDRÉS PATACHI BORJA** y **CARLOS AGUSTÍN RAMOS SAIGUA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. José Enrique Guerra Salazar PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	_____	2022-03-14
Ing. Wilson Oswaldo Baldeón López DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN	_____	2022-03-14
Ing. Verónica Elizabeth Mora Chunllo MIEMBRO DEL TRIBUNAL	_____	2022-03-14

DEDICATORIA

El presente trabajo lo dedico a toda mi familia en especial a mi querida mamá Marcia Borja que es el pilar fundamental de mis estudios, a mis hermanos Jorge, Ximena, Dennis y Mikaela, que siempre me apoyaron en este largo y difícil camino que me ha tocado vivir, quiero hacer una dedicatoria muy especial a Jorge Patachi mi padre que hace un tiempo no está con nosotros, pero sé que donde se encuentre está cuidándome y viendo cómo se concluye un peldaño en mi carrera estudiantil.

Brayan

El presente trabajo va dedicado con todo mi cariño a Magdalena, Edith y Antonio, las personas más importantes en mi vida, ustedes son la inspiración que tengo para llegar a ser un gran profesional, tal vez me demoré haciendo realidad el sueño de convertirme en ingeniero, pero ustedes me han dado la fortaleza y el apoyo para no rendirme ante las adversidades de la vida.

Carlos

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a la empresa ALUVIDGLASS.CIA.LTDA. en especial a la Lic. Alejandra Lascano, por haber confiado y permitido utilizar sus recursos en la elaboración del presente proyecto, de igual manera el agradecimiento al Ing. Wilson Baldeón y a la Ing. Verónica Mora que formaron parte en la elaboración de dicho proyecto y sin olvidar a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, por brindarnos los conocimientos que nos permitan desarrollar una vida plena y en servicio a la comunidad.

A nuestras familias por su apoyo y entendimiento.

Brayan & Carlos

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	11
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	13
RESUMEN.....	14
SUMMARY	15
INTRODUCCIÓN	16
CAPÍTULO I	
1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	17
1.1 Antecedentes	17
1.2 Justificación teórica	17
1.3 Justificación aplicativa.....	18
1.4 OBJETIVOS.....	18
1.4.1 <i>Objetivo general</i>	18
1.4.2 <i>Objetivos específicos</i>	18
1.5 Metodología	19
CAPÍTULO II	
2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS	20
2.1 Realidad en los laboratorios de ensayos.....	20
2.2 Variables que medir en un laboratorio de ensayos	20
2.3 Situación climática en la zona	21
2.4 Automatización industrial	22
2.5 Cámara climática de ensayos	24
2.6 Actuadores eléctricos	27
2.6.1 <i>Motores de corriente alterna</i>	27
2.6.2 <i>Niquelinas</i>	28
2.6.2.1 <i>Principio de funcionamiento de niquelinas</i>	28
2.7 Sistemas de medida de las variables a controlar	29
2.7.1 <i>Escalas de medición de temperatura</i>	29
2.7.2 <i>Escala de medición de humedad relativa</i>	30
2.8 Selección del método de control	31
2.8.1 <i>Control en lazo abierto</i>	31
2.8.2 <i>Control en lazo cerrado</i>	31
2.8.3 <i>Control on/off</i>	32

2.9	PLC.....	32
2.9.1	<i>PLC EOPUS</i>	33
2.10	Programación	33
2.10.1	<i>Lenguajes de programación</i>	34
2.10.2	<i>Arduino IDE</i>	34
2.10.3	<i>STM 32 cubeprogrammer</i>	34
2.11	Mandos a distancia.....	34
2.11.1	<i>Contactor</i>	35
2.11.2	<i>Variador de frecuencia</i>	35
2.11.3	<i>Relé</i>	35
2.12	Protecciones eléctricas	35
2.12.1	<i>Disyuntor</i>	35
2.12.2	<i>Guardamotor</i>	35
CAPÍTULO III		
3.	MARCO METODOLÓGICO	36
3.1	Requerimientos del sistema CATH	36
3.2	Diagrama de bloques del sistema CATH	37
3.3	Selección del <i>hardware</i> que compone el sistema CATH	38
3.3.1	<i>Sensor de temperatura y humedad</i>	38
3.3.2	<i>PLC EOPUS CP06a</i>	40
3.3.3	<i>Motor de corriente alterna</i>	41
3.3.4	<i>Variador de Frecuencia</i>	42
3.3.5	<i>Niquelina de calentamiento</i>	43
3.3.6	<i>Disyuntor de 3 polos</i>	43
3.3.7	<i>Contactor EBSIC-3210</i>	44
3.3.8	<i>Guardamotor EGV2-M1</i>	45
3.3.9	<i>Luces piloto</i>	46
3.3.10	<i>Ductos de climatización</i>	46
3.3.11	<i>Circuito de relés</i>	46
3.3.12	<i>Laboratorio de ensayos</i>	46
3.4	Conexión eléctrica del <i>hardware</i> del sistema CATH	46
3.4.1	<i>Conexión del circuito de control</i>	48
3.4.2	<i>Conexión del circuito de fuerza</i>	49
3.5	Diseño del <i>software</i> del sistema CATH	50
3.5.1	<i>Activación de las salidas para los actuadores</i>	51
CAPÍTULO IV		
4.	RESULTADOS	53

4.1	Implantación del sistema	53
4.2	Linealidad del sensor AMT1001	54
4.3	Calibración del sensor.....	56
4.4	Validación del sensor mediante prueba estadística.....	57
4.5	Pruebas de control de temperatura.	60
4.5.1	<i>Incremento de temperatura</i>	60
4.5.2	<i>Decremento de temperatura</i>	61
4.6	Prueba de etapas de trabajo del sistema CATH.....	62
4.7	Visualización de mensajes	62
4.8	Pruebas de funcionamiento	63
4.8.1	<i>Sin el sistema CATH</i>	63
4.8.2	<i>Validación del sistema CATH</i>	64
4.9	Consumo energético del sistema CATH.....	66
4.9.1	<i>Consumo energético por eficiencia</i>	66
4.9.2	<i>Consumo energético total</i>	66
4.10	Evaluación económica.....	67
4.11	Análisis de costos de equipos	67
	CONCLUSIONES.....	69
	RECOMENDACIONES.....	70
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Principales características del laboratorio de ensayos	20
Tabla 2-2:	Lógica programable vs lógica cableada.....	24
Tabla 3-2:	Tipos de controladores	26
Tabla 4-2:	Tipos de niquelinas y aplicación	28
Tabla 5-2:	Sistema en lazo abierto vs sistema en lazo cerrado	32
Tabla 6-2:	Ventajas e inconvenientes de los PLC's.....	33
Tabla 1-3:	Principales características técnicas del sensor AMT1001	38
Tabla 2-3:	Principales características técnicas del PLC EOPUS CP06a	40
Tabla 3-3:	Dimensión del laboratorio	41
Tabla 4-3:	Especificaciones técnicas del motor de orriente alterna de 14 pulgadas	41
Tabla 5-3:	Principales características técnicas del variador de frecuencia CV20.....	42
Tabla 6-3:	Principales características técnicas de las niquelinas de calentamiento	43
Tabla 7-3:	Principales características técnicas del contactor EBS1C-3210.....	45
Tabla 8-3:	Características técnicas principales del guardamotor EGV2-M1	45
Tabla 9-3:	Activación de los actuadores en la inserción de aire caliente.....	52
Tabla 10-3:	Activación de los actuadores de extracción de aire caliente.....	52
Tabla 1-4:	Ubicación de la empresa.....	53
Tabla 2-4:	Lecturas obtenidas por el sensor de temperatura.....	55
Tabla 3-4:	Lectura del sensor de humedad relativa	56
Tabla 4-4:	Datos de lectura sin calibración.....	56
Tabla 5-4:	Análisis de probabilidad y el nivel de incertidumbre de temperatura	58
Tabla 6-4:	Análisis de probabilidad y el nivel de incertidumbre de humedad relativa.....	59
Tabla 7-4:	Cambios de temperatura de las niquelinas	61
Tabla 8-4:	Cambios de temperatura de ventilación.....	61
Tabla 9-4:	Valores para la prueba de verificación	62
Tabla 10-4:	Prueba de verificación	62
Tabla 11-4:	Datos del laboratorio con el sistema CATH apagado.....	64
Tabla 12-4:	Datos del laboratorio con el sistema CATH encendido.....	65
Tabla 13-4:	Datos para el cálculo del consumo energético.....	66
Tabla 14-4:	Medición de voltaje y corriente del sistema	67
Tabla 15-4:	Costos detallado de <i>hardware</i> del sistema electrónico implementado	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Temperatura promedio en Ambato	21
Figura 2-2:	Elaboración de un automatismo	23
Figura 3-2:	Arquitectura de una cámara climática.....	25
Figura 4-2:	Motor de corriente alterna.....	27
Figura 5-2:	Comparación de las escalas de temperatura.....	30
Figura 6-2:	Elementos de un sistema en lazo abierto	31
Figura 1-3:	Diagrama de bloques del sistema.....	37
Figura 2-3:	Sensor AMT1001.....	39
Figura 3-3:	PLC EOPUS CP06a.....	40
Figura 4-3:	Motor de CA de 14 pulgadas	41
Figura 5-3:	Variador de frecuencia KINCO	42
Figura 6-3:	Niquelinas	43
Figura 7-3:	Disyuntor de 3 polos a 20 A	44
Figura 8-3:	Contactador EBS1C-3210	44
Figura 9-3:	Guardamotor EGV2-M1	45
Figura 10-3:	Diagrama de conexión eléctrica del sistema CATH	47
Figura 11-3:	Conexiones del circuito de control del sistema CATH.....	48
Figura 12-3:	Conexiones del circuito de fuerza del sistema CATH.....	49
Figura 13-3:	Diagrama de flujo del sistema CATH.....	50
Figura 1-4:	Ubicación de la empresa	53
Figura 2-4:	Termohigrómetro a. Humedad relativa, b. Temperatura.....	57
Figura 3-4:	Verificación de la normalidad de las muestras de temperatura.....	58
Figura 4-4:	Verificación de la normalidad de las muestras de humedad relativa	58
Figura 5-4:	Resumen de comparación de las medidas de temperatura	59
Figura 6-4:	Resumen de comparación de las medidas de humedad relativa	60
Figura 7-4:	Niquelinas al rojo vivo y en temperatura máxima	60
Figura 8-4:	Ubicación de los motores.....	61
Figura 9-4:	Visualización de datos	63

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4:	Resistencia ($K\Omega$) vs temperatura ($^{\circ}C$).....	54
Gráfico 2-4:	Voltaje (V_{cc}) vs humedad relativa (%).....	55
Gráfico 3-4:	Datos con el sistema CATH apagado.....	63
Gráfico 4-4:	Datos con el sistema CATH encendido.....	64
Gráfico 5-4:	Comparación de temperaturas	65

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** DATOS TÉCNICOS SENSOR AMT1001
- ANEXO B:** CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL TERMOHIGRÓMETRO
- ANEXO C:** DATOS REGISTRADOS AL INTERIOR Y EXTERIOR DEL
LABORATORIO DE ENSAYOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD
RELATIVA
- ANEXO D:** DATOS TÉCNICOS VARIADOR DE FRECUENCIA
- ANEXO E:** DRIVERS PLC
- ANEXO F:** PROGRAMACIÓN PLC
- ANEXO G:** PROFORMA SENSORES
- ANEXO H:** PROFORMA MOTOR
- ANEXO I:** PROFORMA VARIADOR DE FRECUENCIA
- ANEXO J:** PROFORMA NIQUELINAS
- ANEXO K:** PLATAFORMA TABLERO DE CONTROL
- ANEXO L:** PROFORMA PLC Y QUEMADOR
- ANEXO M:** CERTIFICADO DE LA EMPRESA

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AC:	Corriente Alterna
BW:	Ancho de banda
CSS:	<i>Chirp</i> de espectro ensanchado
CC:	Corriente Continua
dB:	Decibelios
dBm:	Decibelio-milivatio
EDA:	Automatización de diseño electrónico
EMI:	Interferencia electromagnética
FM:	Frecuencia modulada
IEEE:	Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
IP:	Protocolo de internet
ISM:	Industrial, científico y médico
MHz:	Megahercio
TIC:	Tecnologías de la información y la comunicación
Wi-Fi:	Fidelidad inalámbrica

RESUMEN

El presente trabajo tuvo como objetivo la implementación de un sistema electrónico y eléctrico para el control automático de temperatura y humedad relativa, con el fin de desarrollar pruebas de control de calidad basado principalmente en una investigación de laboratorio. Para el desarrollo del sistema bajo investigación documental en el área de la automatización industrial y control de calidad se determinaron las principales variables, temperatura y humedad relativa, que posteriormente se monitorearon dentro de un laboratorio de ensayos. El uso de sensores de temperatura y humedad relativa conectados a un PLC a través de lógica programada permitió el control de actuadores. La información adquirida por los diferentes sensores se visualiza en una pantalla OLED, estos datos se muestran y se registran en tiempo real, para posteriormente realizar acciones de control de temperatura y humedad relativa. El mecanismo de actuación está conformado por un sistema de enfriamiento y calentamiento de aire controlado de manera local. Para la fase experimental se implementó el sistema en un laboratorio de ensayos, ubicado en la ciudad de Ambato, obteniendo como resultado la reducción del 50% del tiempo que tarda el laboratorio para enfriar un grado de temperatura sin intervención del sistema con un consumo de energía de 0,746kWh., por lo que se concluye que el sistema de control de temperatura y humedad relativa es eficiente en su consumo energético respecto a su funcionamiento. Se recomienda incorporar métodos de visión artificial para identificar los materiales que se analizan y así determinar los niveles de temperatura en el proceso de control de calidad.

Palabras clave: <SISTEMA ELECTRÓNICO>, <SISTEMA ELÉCTRICO>, <AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL>, <LÓGICA PROGRAMABLE>, <TEMPERATURA>, <HUMEDAD RELATIVA>, <PANTALLA OLED>.



Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH
FERNANDA AREVALO
MEDINA



0478-DBRA-UPT-2022

SUMMARY

The objective of this work was the implementation of an electronic and electrical system for the automatic control of temperature and relative humidity, in order to develop quality control tests based primarily on laboratory research. For development of the system under documentary research in the field of industrial automation and quality control, the main variables were determined, temperature and relative humidity, which subsequently were monitored within a testing laboratory. The use of temperature and relative humidity sensors connected to a PLC through programmed logic, allowed the control of the actuators. The information gathered by the different sensors is displayed on an OLED screen, this data is displayed and recorded in real time, to later perform temperature and relative humidity control actions. The mechanism of action is made up of a locally controlled air cooling and heating system. For the experimental phase, the system was implemented in a testing laboratory, which is in the city of Ambato, obtaining as a result the reduction of 50% of the time that the laboratory takes to cool one degree of temperature without intervention of the system with an energy consumption of 0.746kWh., so it is concluded that the temperature and relative humidity control system is efficient in its energy consumption regarding its operation. It is recommended to incorporate artificial vision methods to identify the materials that are analyzed and thus determine temperature levels in the quality control process.

Keywords: <ELECTRONIC SYSTEM>, <ELECTRICAL SYSTEM>, <INDUSTRIAL AUTOMATION>, <PROGRAMMABLE LOGIC>, <TEMPERATURE>, <RELATIVE HUMIDITY>, <OLED DISPLAY>.



Firmado electrónicamente por:
NELLY MARGARITA
PADILLA PADILLA

INTRODUCCIÓN

La Empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., ubicada en la ciudad de Ambato perteneciente a la provincia de Tungurahua, está dedicada a la fabricación de: vidrio templado, ventanas panorámicas para la industria carrocería y vidrio laminado. Esta empresa, realiza sus pruebas de control de calidad de acuerdo con la normativa NTE INEN 1730 (Determinación de la resistencia a la abrasión para vidrio templado y laminado), NTE INEN 1728 (Determinación de la estabilidad luminosa para vidrio templado y laminado) y NTE INEN 1727 (Determinación a la transmisión luminosa para vidrio templado y laminado).

Estas normativas de control de calidad de vidrio templado y laminado requieren en su instrumental de un recinto pre acondicionado para temperatura y humedad relativa. Debido a la falta de un recinto con las características indicadas en la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., la empresa realiza sus ensayos de control de calidad de materia prima fuera del país, esto ocasiona un gasto adicional y por ende un incremento en el precio final de sus productos.

La empresa se encuentra ubicada en el parque industrial de Ambato, la zona se ve afectada por una variación drástica de temperatura (CLIMATE-DATA, 2020), las condiciones ambientales no deben afectar negativamente a la calidad esperada de los ensayos, esto para que el proceso de control de calidad se realice de manera correcta. La norma NTE INEN- ISO/IEC 17025 (acreditación de laboratorios de ensayo y calibración) detalla que el laboratorio debe supervisar, controlar y registrar las condiciones ambientales.

El presente documento detalla el proceso aplicado para mantener estable la temperatura y humedad relativa del laboratorio de ensayos de la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., cumpliendo así con las normas NTE-INEN para realizar pruebas y ensayos de control de calidad en vidrio templado y laminado.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En este capítulo se presenta el origen del problema planteado, la importancia y los alcances.

1.1 Antecedentes

En el Ecuador se tiene 149 laboratorios de ensayos, sin embargo, no existe un laboratorio de dominio público que permita la realización de ensayos en vidrio templado y laminado requerido por la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., (SAE, 2020b). La empresa basa sus ensayos de control de calidad de acuerdo con las normas NTE INEN 1730, 1728 y 1727 en vidrio templado y laminado, esta normativa precisa en su instrumental la necesidad de un recinto pre acondicionado para una temperatura de 20°C con una variación de $\pm 5^\circ\text{C}$ y una humedad relativa del 60% con $\pm 20\%$ de variación (SEN-INEN, 2020).

1.2 Justificación teórica

Hasta este momento la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA, no cuenta con una cámara de ensayos, por lo que no ha visto la necesidad de realizar un estudio de la variación de temperatura y humedad relativa dentro de la misma, por lo que este trabajo sería la primera investigación que aborda este tópico de interés para esta empresa. Los resultados que se obtengan, de esta investigación, serán un aporte sustancial a la producción de vidrio de alta calidad en esta empresa, pues permitirán diseñar e implementar el sistema de control más adecuado para el laboratorio de ensayos a implementar. Este proyecto, busca resolver el problema de la falta de una cámara de ensayos climatizada para realizar pruebas de control de calidad de la materia prima de la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA.

Los estándares de calidad tienen como objetivo mejorar procesos y productos. La implementación de un cuarto climatizado permitirá cumplir con las regulaciones que exige el INEN, a una entidad, para concederle el respectivo permiso para que pueda realizar ensayos que sean confiables y óptimos. Por otro lado, si los ensayos se realizan en la empresa los resultados estarían disponibles inmediatamente

En la actualidad la competitividad de las empresas se mide directamente en su afán por la innovación comunicación y conceptualización, encaminada a las tendencias actuales del mercado. Es preciso tener el conocimiento de futuros cambios en las necesidades de diferentes entornos: social, político y económico, para que una empresa pueda mantenerse al ritmo de las necesidades de los consumidores haciéndola más competitiva, los laboratorios de ensayos deben garantizar la

seguridad de tener la capacidad de brindar resultados validos en los que se pueda confiar o que sea un laboratorio técnicamente capaz, para el control de calidad o verificar el cumplimiento de requisitos, normas o especificaciones (SAE, 2020a pág. 72).

La descripción de un laboratorio técnicamente capaz se refiere a si cuenta con personal competente y capacitado, equipos e instalaciones para el cumplimiento óptimo de los ensayos, además de contar con su respectivo mantenimiento. Los ensayos se realizan utilizando métodos y procedimientos validados por normativa. Por ello cuando una empresa decide realizar servicios de ensayo con garantía certificada opta por buscar laboratorios certificados por la norma ISO/IEC 17025(acreditación de laboratorios de ensayo y calibración). Es de suma importancia conocer el alcance de acreditación que permite conocer la competencia técnica para la que fueron acreditados (SAE, 2020a pág. 72).

1.3 Justificación aplicativa

Se realizó un análisis de datos ambientales en el cuarto sellado a climatizar durante un tiempo determinado, para enfocarse en los cambios más bruscos al que está expuesto ya sea por el incremento de la temperatura y la humedad relativa o el decremento de estas, para el diseño de un sistema que cumpla con las características necesarias para mantener la temperatura y la humedad relativa estables.

Se implementa un sistema que supervisa, controla y registra datos de temperatura y humedad relativa durante un tiempo determinado para poder verificar errores o fallos que nos ayudará para la corrección de estos. Se valida los datos de transmisión con un sistema en tiempo real para observar y graficar en un *software* especializado, esto verifica y permite realizar los primeros ensayos en el laboratorio a una temperatura de $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del $60\% \pm 20\%$.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Controlar automáticamente la temperatura y humedad relativa del laboratorio de ensayos de ALUVIDGLASS CIA.LTDA.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigar los componentes de un sistema de control de temperatura y humedad.
- Realizar un estudio base de temperatura y humedad presente en el laboratorio.

- Establecer los requerimientos de *software* y *hardware* para el funcionamiento de un sistema de control de temperatura y humedad relativa.
- Diseñar e implementar un sistema para el control automático de temperatura y humedad relativa que cumpla con los requerimientos funcionales del sistema.
- Validar el funcionamiento del sistema de control automático de temperatura y humedad relativa mediante pruebas.

1.5 Metodología

En la elaboración del documento la metodología usada es de tipo analítica-documental, describe cada componente que conforma un sistema de control de temperatura y humedad relativa, y el desarrollo del sistema se lo realiza mediante el modelo interactivo-incremental, por ende, esta es la primera interacción que se realiza del sistema y posibles correcciones se las realizara en una segunda iteración. Estructuralmente el proyecto consta de los siguientes capítulos: en el capítulo uno, se da una breve síntesis de laboratorios de ensayos, normas para su acreditación, variables a controlar, elementos que conforman un sistema de control de temperatura y humedad, lenguajes de programación y conceptos teóricos. En el capítulo dos, se describe todo el *hardware* implementado en el sistema, se realiza un análisis de los equipos, controlador, pantalla OLED, actuadores, elementos de accionamiento y se detalla las características técnicas, funcionamiento, conexiones y la aplicación de estos en el sistema, además se realiza un análisis del *software* de programación a implementar en el PLC, con la finalidad de desarrollar los programas de control. En el capítulo tres, se realiza una descripción de las pruebas realizadas en el sistema, esto permitió realizar correcciones en *software* como en *hardware*, se verifica el funcionamiento del *hardware*, contactores, disyuntores, variadores de frecuencia, motores, niquelinas, PLC, pantalla OLED, con la finalidad de garantizar el funcionamiento en el arranque final del sistema. En el capítulo cuatro, se realiza un análisis económico del sistema y se detallan las conclusiones con respecto al proyecto, tanto en la etapa de pruebas como en su arranque final, recopila los errores que se tuvo en la ejecución del trabajo en cada etapa en *software* como en *hardware* y los cambios que se hicieron para poder brindar un trabajo de calidad que funcione de manera óptima, finalmente las recomendaciones. A continuación, se encuentra su desarrollo.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

En el presente capítulo se investiga definiciones de temas de interés que aportan al desarrollo y comprensión del proyecto, para poner al alcance toda la información relacionada a sistemas de control de temperatura y humedad relativa.

2.1 Realidad en los laboratorios de ensayos

Son cuartos cerrados y aislados que permiten obtener una atmósfera controlada, su construcción está validada mediante la norma UNE-EN ISO/IEC 17025, al trabajar bajo los estándares de esta norma su competencia técnica y la validez de sus resultados queda reconocida, respondiendo de esta manera a las exigencias de los organismos o entidades y dotándose de credibilidad ante sus clientes (INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS, SA, 2020). Para que los resultados de los ensayos puedan ser de una alta confiabilidad, deben contar con una serie de requisitos mínimos que deben cumplirse obligatoriamente, por ejemplo, personal cualificado, metodología en los ensayos, equipos calibrados, entre otros.

Por entrevista realizada al Ing. Víctor Salcedo encargado del departamento de control de calidad de ALUVIDGLASS se necesita un laboratorio de ensayos que permita realizar pruebas en la empresa esto permite tener los resultados de manera inmediata, las características que debe tener el laboratorio se presentan en la tabla 1-2.

Tabla 1-2: Principales características del laboratorio de ensayos

Laboratorio de ensayos	
Característica	Valor
Altura (b)	3 m
Largo (a)	20 m
Ancho (h)	3,9 m
Rango de temperatura	20°C ±5°C
Rango de humedad relativa	60% ±20%

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

2.2 Variables que medir en un laboratorio de ensayos

Para el desarrollo de ensayos de control de calidad en vidrio templado y laminado se ve la necesidad de excluir variaciones inapropiadas de factores ambientales como la temperatura y humedad relativa en el laboratorio. Esto permite validar las pruebas, no tener incidencias negativas en los resultados y evitar datos falsos.

- **Temperatura:** Es una manifestación del promedio de energía cinética, ondulatoria y de traslación de las moléculas de una sustancia. Cuando un cuerpo se calienta, la velocidad de

vibración de sus moléculas aumenta rápidamente. Esto produce diferentes efectos físicos, por ejemplo: en el vidrio provoca que se expanda o se contraiga lo que puede causar que se rompa de manera más fácil o viceversa (TIPPENS, 2011).

- **Humedad relativa:** Es la relación entre la humedad absoluta y la cantidad de humedad en condición de saturación describe el contenido de vapor de agua presente en un gas, el cual se puede expresar en términos de varias magnitudes. Algunas de ellas se pueden medir directamente y otras se pueden calcular a partir de magnitudes medidas (MARTINES, 2007).

2.3 Situación climática en la zona

La empresa ALUVIDGLASS, está ubicada en la zona del parque industrial de Ambato, parroquia Santa Rosa, esta zona sufre variaciones extremas de temperatura como heladas, soles abrasivos y ventarrones, la temperatura va desde los 8°C hasta los 23°C en promedio, y se relaciona con el clima en Ambato que generalmente varía de 10°C a 20°C y rara vez se encuentra a menos de 6 °C o sube a más de 23 °C (WEATHER SPARK, 2020). La variación de temperatura en Ambato durante el año la podemos observar en la figura 1-2, al igual que el pico máximo y mínimo.

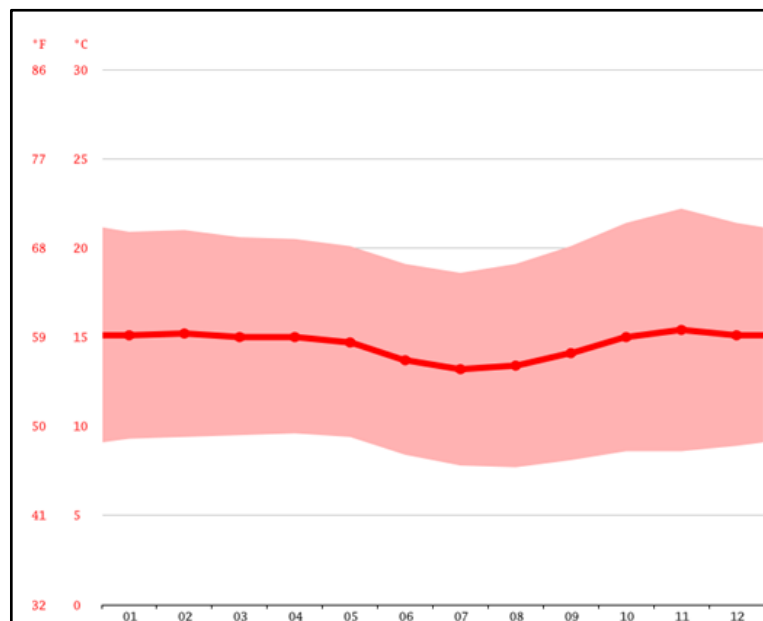


Figura 1-2: Temperatura promedio en Ambato

Fuente: (WEATHER SPARK, 2020)

De acuerdo con los datos registrados en la zona mediante el termohigrómetro de la empresa en el exterior y el interior del laboratorio, en un lapso de doce minutos por muestra se aprecia el cambio de temperatura. Se deduce mediante los datos del anexo C que:

- El área destinada para el laboratorio está bajo la influencia de las condiciones ambientales, y en consecuencia tanto en el interior como en el exterior del laboratorio están sometidas a estas mismas condiciones ambientales.

- Si al exterior del laboratorio sube o baja la temperatura el mismo tarda un mayor tiempo en igualar las condiciones, esto evidencia que el laboratorio retiene los niveles de temperatura por un tiempo de treinta y seis minutos promedio.
- La humedad está relacionada con la temperatura, cuando la temperatura aumenta la humedad relativa disminuye y cuando la temperatura disminuye la humedad aumenta.

Es importante que el laboratorio este aislado de las condiciones ambientales, mediante esta operación el método de control a elegir no va a recibir perturbaciones exteriores.

2.4 Automatización industrial

La automatización de un proceso cualquiera que fuera debe considerar los aspectos físicos, económicos e incluso sociales dentro del alcance de su método, debe realizar un análisis detallado y la ingeniería debe determinar su factibilidad y funcionalidad. En el estudio preliminar se debe conocer los mayores detalles posibles, características, funcionamiento y las distintas funciones que se debe de cumplir de la maquina o el proceso a automatizar. Con el fin de reducir los errores y aumentar la productividad, la industria se ha propuesto eliminar la mano de obra. Cabe señalar que el sistema automático requiere que el operador supervise su correcto funcionamiento, la automatización se debe de calibrar ya que el funcionamiento constante puede permitir variaciones en los valores (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 38). En la figura 2-2 se puede ver el desarrollo de una automatización tomando en cuenta si la lógica va a ser cableada o programada.

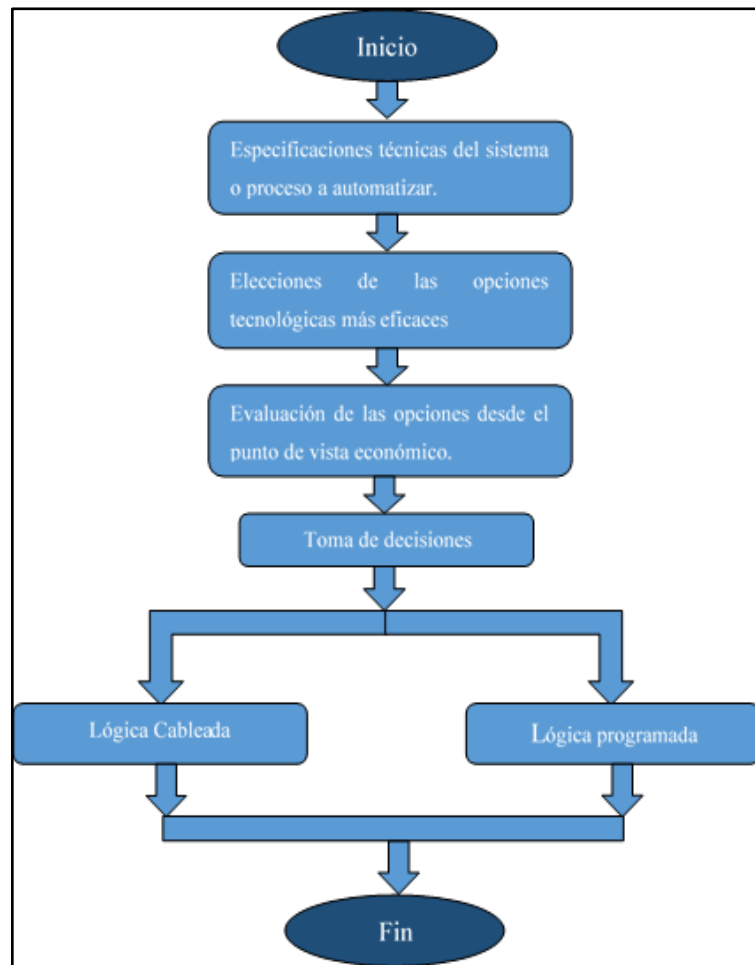


Figura 2-2: Elaboración de un automatismo

Fuente: (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 38)

- **Lógica cableada:** Tienen una arquitectura básica rígida, al diseñarlos se debe considerar que cualquier cambio en el proceso significa cambios en elementos, cambios en conexiones y cambios en general en el automatismo. En algunos casos, esto conlleva incluso hasta el rediseño de todo el sistema (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 39).
- **Lógica programada:** Esta lógica se ocupa en lugares donde se requiera trabajar en espacios reducidos, procesos secuenciales, procesos periódicamente cambiantes, maquinaria de procesos variables, etc. Este papel actúa como un controlador que recibe señales de cualquier tipo las interpreta y actúa de acuerdo con su previa programación o configuración (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 40).

En la tabla 2-2 se compara la lógica programada versus la lógica cableada de acuerdo con sus características. Esta comparación da como claro vencedor a la lógica programada que permite mejor adaptación a cualquier situación y un ahorro significativo en material.

Tabla 2-2: Lógica programable vs lógica cableada

Lógica cableada vs lógica programada		
Características	Lógica cableada	Lógica programada
Flexibilidad de adaptación al proceso	Baja	Alta
<i>Hardware</i> estándar para distintas aplicaciones	No	Si
Posibilidad de ampliación	Bajas	Altas
Interconexión y cableado exterior	Mucho	Poco
Tiempo de desarrollo del proyecto	Largo	Corto
Posibilidad de modificación	Difícil	Fácil
Mantenimiento	Difícil	Fácil
Herramientas para pruebas	No	Si
Stocks de mantenimiento	Medios	Bajos
Modificaciones sin parar el proceso	No	Si
Costo para pequeñas series	Alto	Bajo
Estructuración en bloques independientes	Difícil	Fácil

Fuente: (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 40)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

2.5 Cámara climática de ensayos

También llamadas cámaras climáticas de testing, son cámaras capaces de reproducir en su interior condiciones climáticas y realizar cambios de temperatura (gradiente térmico). La duración, así como las condiciones y gradientes térmicos varían en función de la finalidad del ensayo y en muchas ocasiones vienen determinados por una normativa específica de producto, permite realizar investigaciones o pruebas para verificar el rendimiento, la durabilidad y la calidad de los productos y materiales expuestos a las condiciones ambientales indicadas (MP CONTROL, 2020). Su automatización y programación es sencilla esto permite que se adapten a diferentes necesidades, aplicaciones y a los cambios climáticos.

Su arquitectura se puede observar en la figura 3-2, el sistema registra perturbaciones mediante un sensor, el acondicionador se encarga de procesar la señal recibida por el sensor y la transmite hacia el controlador, también se presenta los datos al supervisor o la respectiva alarma en caso de existir, el supervisor puede activar los actuadores del sistema de manera manual y automática mediante el controlador (CENTENO, 2008).

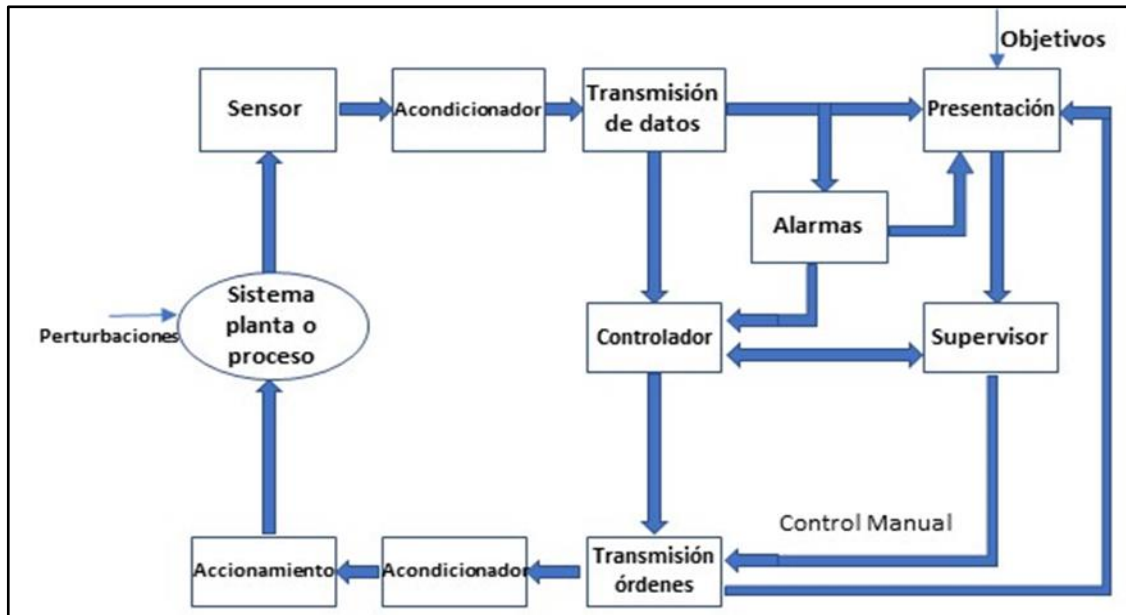


Figura 3-2: Arquitectura de una cámara climática

Fuente: (PALLAS, 2005 pág. 2)

Se detalla sus bloques a continuación:

- **Sensor:** Captura el fenómeno físico a medir y su salida muestra una señal eléctrica que depende del valor de la variable física, temperatura y humedad relativa. Se modifica la señal eléctrica acondicionándola y haciendo que su salida sea un voltaje. El sensor mediante su circuitería transforma o amplía la tensión de salida, esta tensión pasa por un transformador A/D que transforma la señal continua en una señal discreta (PALLAS, 2005 pág. 14). Los sensores analógicos son los de mayor uso en el control de temperatura, para cada instante de tiempo existe una tensión independiente que representa un valor único de temperatura o humedad, su calibración y configuración es sencilla.
- **Acondicionador:** Es una parte integral de la arquitectura, reciben la señal de salida del sensor y la preparan para convertirla en una señal adecuada para uso futuro (principalmente para procesamiento en un PLC o PC industrial). El regulador no solo puede amplificar la señal, sino también filtrarla, igualar la impedancia, realizar modulación o demodulación, primero se cuantifica la señal para codificarla, así, el autómata programable puede entenderla (CENTENO, 2008).
- **Transmisión de datos:** En el momento que se dispone los datos acondicionados se transmite hacia el controlador para su tratamiento. La transmisión se puede realizar a través de líneas independientes o buses, según la complejidad del sistema de control, la transmisión es a corta distancia o incluso global se puede realizar a través de redes WAN e Internet (CENTENO, 2008).

- **Alarmas:** El sistema puede presentar fallas que son necesarias notificar al supervisor y al controlador para realizar las acciones requeridas para su corrección, la pantalla clara y llamativa de la alarma permitirá al operador actuar lo más rápido posible (CENTENO, 2008). Para la notificación de alarmas es necesario el uso de luces piloto, debido a que se tendría una comunicación visual de las fallas, es de fácil adquisición y su instalación es básica por lo que no presenta problemas en su conexión.
- **Presentación:** Es la tarea básica de cualquier sistema de instrumentos. La visualización de importantes variables del proceso permite a los operadores calificados evaluar la calidad de los controles que realiza el sistema, reajustarlo o tomar otras decisiones. El registro permite un análisis más detallado de la evolución del sistema para modificar estrategias y realizar estudios de desempeño (CENTENO, 2008).
- **Controlador:** Una vez recolectados los datos del sistema y transmitidos al controlador, se analizan y calcula las acciones necesarias para alcanzar los objetivos especificados. En vista de las potentes funciones del sistema actual, se pueden utilizar métodos de control avanzados para controlar el sistema, realizar cálculos matemáticos muy complejos y aplicar redundancia al sistema de control en situaciones de emergencia (CENTENO, 2008). Existen tres tipos de controladores utilizados en la automatización industrial que se presentan en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Tipos de controladores

Controladores	
Tipo	Aplicación
PLC	Automatización de fabrica
DCS	Control de procesos industriales
PAC	Control de plantas

Fuente: (PALLAS, 2005 pág. 18)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

De acuerdo con la aplicación que vamos a realizar optamos por el uso de un controlador PLC para la automatización del sistema.

- **Transmisión de órdenes:** Una vez calculadas las actuaciones se envían a los actuadores para su aplicación, de igual manera que la transmisión de ordenes se puede realizar por buses o líneas autónomas (CENTENO, 2008).
- **Actuación:** Los actuadores son aquellos elementos que realizan la conversión de energía para actuar sobre el sistema a controlar para modificar, inicializar y corregir sus parámetros internos. Es la etapa final del proceso de control, estos comandos son enviados por el controlador y aplicados al sistema físico a través del actuador. Esta acción modificará el estado del sistema y el sensor lo medirá nuevamente para crear un nuevo lazo de control (CENTENO, 2008). En la arquitectura de las cámaras climáticas el bloque de actuadores esta compuesto por el sistema de calentamiento de aire y el sistema que enfría el aire de la cámara.

2.6 Actuadores eléctricos

Son elementos que mediante una conversión de energía actúan sobre el sistema a controlar con la finalidad de modificar, inicializar y corregir sus parámetros internos. De los actuadores disponibles en el mercado, los eléctricos se usan con mayor frecuencia, por su gran control, sencillez y precisión (CORONA, 2014). Las variables de temperatura y humedad relativa se pueden modificar mediante el uso de actuadores eléctricos por ello no se estudia otra familia de actuadores.

2.6.1 Motores de corriente alterna

Se sirven de un flujo eléctrico en el cual la intensidad cambia de dirección periódicamente, esto como consecuencia del cambio periódico de polaridad de la tensión aplicado en los bornes de alimentación del motor (CORONA, 2014).

Las principales características para la elección del motor de corriente alterna son:

- Alimentación por corriente alterna trifásica o monofásica.
- No usan escobillas; su velocidad no se limita.
- Son robustos y tienen un largo periodo de vida.
- La velocidad de un motor de corriente alterna es controlada mediante la variación de la frecuencia.
- No presentan problemas de mantenimiento ni de calentamiento.
- Mayor potencia que los motores de corriente continua.

En la figura 4-2, se observa un motor de corriente alterna y se aprecia la ubicación del estator y el rotor en un motor de corriente alterna.



Figura 4-2:Motor de corriente alterna

Fuente: (GOOGLE SITES, 2020)

2.6.2 Niquelinas

Son resistencias eléctricas que se usan como fuentes de generación de calor lo que permite aumentar la temperatura de sustancias, cuerpos o un espacio deseado (CONDOLO GALLEGOS, y otros, 2012). Su potencia de trabajo depende del calor que se necesita generar, por lo que, a mayor potencia generan mayor calor y su voltaje de funcionamiento puede ser monofásico o trifásico, su conexión es a una fase y neutro o dos fases. En la tabla 4-2, se observa los tipos de niquelinas de calentamiento existentes en el mercado y su aplicación.

Tabla 4-2: Tipos de niquelinas y aplicación

Niquelinas	
Tipo	Aplicación
M	Planchas metálicas
O	Corte de botellas o tubos
U	Calentamiento de líquidos
Espiral	Deshidratadoras
Lineal	Calentadores
Tubo de cuarzo	Ensayos
Liston	Incubadoras
Tubular	Maquinas selladoras
Alta potencia	Calentador de agua
Radiación	Calentar invernaderos
Collarín	Esterilizador

Fuente: (PALLAS, 2005 pág. 18)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Para la implementación de niquelinas en el proyecto se ve la necesidad de utilizar niquelinas lineales ya que su uso es en calentadores y su forma facilita su instalación.

2.6.2.1 Principio de funcionamiento de niquelinas

El efecto joule indica que todo elemento tiene una resistencia eléctrica de acuerdo con la característica del material y de la intensidad de corriente que circula a través emite un grado de calor (CONDOLO GALLEGOS, y otros, 2012).

- **Calor:** Es el término que se utiliza para describir una transferencia de energía interna de un sistema o cuerpo a otro, se refiere a la cantidad de energía que se agrega o se quita como producto de una diferencia de temperatura. El calor es energía en tránsito, y por lo tanto se mide en unidades estándar de energía, en el sistema internacional se mide en joule(J) (TIPPENS, 2011).

El proceso de transferencia de calor se da por convección y es diferente de la conducción porque el medio material se mueve. El calor se transfiere a través del movimiento de la masa, no a través de moléculas vecinas. Las corrientes de convección, por ejemplo, constituyen la base de los sistemas para calentar y enfriar la mayoría de las casas (TIPPENS, 2011).

La ecuación 1-2 determina el calor emitido en un circuito, para su cálculo es necesario saber la corriente que circula por el material y su resistencia.

$$Q = R * I^2 * t * 0,24$$

Ecuación 1-2

Donde:

Q : → *Calor emitido por el circuito [cal]*

R → *Resistencia eléctrica del material [Ω]*

I → *Intensidad de corriente que circula a través del material[A]*

t → *Tiempo medido*

0,24 → *Número de calorías que se generan por cada julio de energía*

2.7 Sistemas de medida de las variables a controlar

Su función principal es asignar números a los atributos o cualidades de objetos o eventos de manera objetiva, empírica y descriptiva. En otras palabras, el resultado de la medición debe ser: independiente del observador, basado en el experimento, y existe una correspondencia entre la relación numérica y la relación entre los atributos descritos. El objetivo de la medición puede ser: monitoreo o monitoreo de procesos, como temperatura ambiente, medición de medidores de gas y agua, monitoreo clínico y, ingeniería experimental en control de procesos, como termostato. En un sentido amplio, la realización de la medición significa no solo la adquisición de información a través de sensores, sino también el procesamiento de información y la expresión de resultados para que puedan ser percibidos por nuestros sentidos (PALLAS, 2005 pág. 1).

2.7.1 Escalas de medición de temperatura

Fahrenheit (°F), creada en 1714 por Gabriel Daniel Fahrenheit y basada en puntos fijos: la congelación de una solución de agua salada para 0°F que es el valor inferior, y la temperatura del cuerpo humano para su valor superior establecido en 96°F. Celsius (°C), creada por Anders Celsius tiene sus puntos fijos en la congelación (0°C) y ebullición (100°C) del agua. Kelvin (K), creada por lord Kelvin es una escala de temperatura absoluta basada en la idea del cero absoluto como su punto cero y usa la misma unidad de división que la escala Celsius (TIPPENS, 2011). Esto se muestra en la figura 5-2.

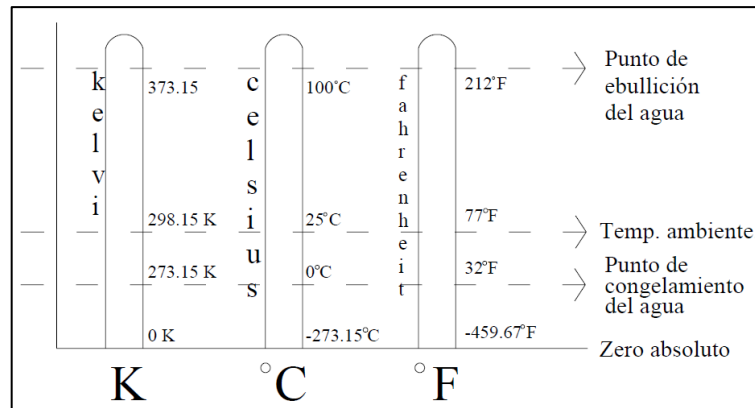


Figura 5-2: Comparación de las escalas de temperatura

Fuente: (CORONA, 2014)

Las escalas de temperatura se pueden relacionar en Fahrenheit, ecuación 2-2, 3-2, Celsius ecuación 4-2, 5-2 y Kelvin ecuación 6-2, 7-2, como se indica a continuación:

$$^{\circ}F = (^{\circ}C * 1,8) + 32 \quad \text{Ecuación 2-2}$$

$$^{\circ}F = (K - 273,15) * \frac{9}{5} + 32 \quad \text{Ecuación 3-2}$$

$$^{\circ}C = \frac{(^{\circ}F - 32)}{1,8} \quad \text{Ecuación 4-2}$$

$$^{\circ}C = (K - 273,15) \quad \text{Ecuación 5-2}$$

$$K = (^{\circ}F - 32) * \frac{5}{9} + 273,15 \quad \text{Ecuación 6-2}$$

$$K = (^{\circ}C + 273,15) \quad \text{Ecuación 7-2}$$

2.7.2 Escala de medición de humedad relativa

Se expresa en porcentaje, y su escala va desde el 0% que es aire absolutamente seco hasta el 100% que es aire completamente saturado, como niebla, nubes o un baño de vapor. La medición se la realiza mediante higrómetros que pueden tener un rango de medición limitado. Si el aire se calienta, la cantidad de vapor a saturación aumenta. El resultado es una disminución en porcentaje de H.r. incluso si el volumen real de agua sigue siendo el mismo. Algo similar sucede cuando el aire se enfría, reduciendo la cantidad de vapor de agua. Esto aumenta el porcentaje de H.r. El condensado se forma cuando hay exceso de agua en un ambiente saturado (PCE IBERICA, 2020).

2.8 Selección del método de control

Se define como un conjunto de componentes que ajustan el comportamiento de sí mismo o de otro sistema para lograr una operación predeterminada, reduciendo así la probabilidad de falla y logrando el resultado deseado (PALLO NOROÑA, y otros, 2010). Debido a la falta de recursos económicos se plantea una solución eficiente y económica por tanto se determina el uso de un control en lazo abierto.

2.8.1 Control en lazo abierto

Son sistemas en los que su salida no afecta las acciones de control. No se realiza una comparación de valores entre su salida y los valores de entrada referencial. Esto resulta que cada entrada de referencia se ve correspondida con una condición operativa fija. La precisión del sistema depende de la calibración. En presencia de interferencia, el sistema de control de bucle abierto no puede realizar las tareas requeridas. De hecho, el control de bucle abierto solo se utiliza cuando se conoce la relación entre la entrada y la salida y no hay interferencias internas o externas (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010). En la figura 6-2, se observa los elementos de un sistema en lazo abierto: señal de entrada, elemento de control, elemento de corrección, proceso y la salida que controlara la variable.

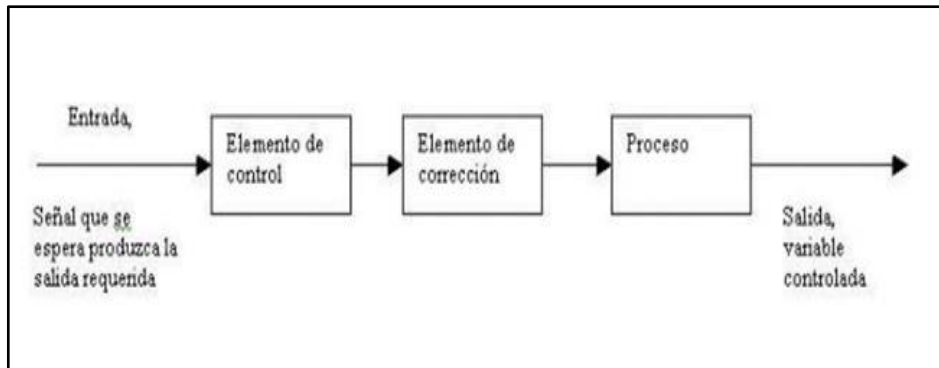


Figura 6-2:Elementos de un sistema en lazo abierto

Fuente: (PALLAS, 2005 pág. 35)

2.8.2 Control en lazo cerrado

Toma la salida del proceso y la compara con la señal de referencia para conocer en todo momento la evolución de la variable. Se monitorea constantemente la variable que se desea controlar y su evolución. En la tabla 5-2 se puede observar las ventajas y desventajas en el uso de un sistema en lazo cerrado y lazo abierto.

Tabla 5-2: Sistema en lazo abierto vs sistema en lazo cerrado

Sistema en lazo abierto vs sistema en lazo cerrado		
	Ventajas	Desventajas
Sistema en lazo abierto	Son de diseño simple y fáciles de implementar.	El sistema no tiene retroalimentación por lo que no facilita la automatización del proceso.
	Son más económicos que otro sistema de control.	Son sistemas inexactos y poco precisos.
	Son convenientes para cumplir tareas por ciclos o tiempos.	Es afectado por las perturbaciones externas del proceso
	Requieren poco mantenimiento	No es capaz de corregir las desviaciones de la salida de forma automática.
Sistema en lazo cerrado	Tienen una señal de retroalimentación para controlar la salida por lo tanto precisos y menos propensos a errores.	Son más complejos de ser diseñados y ajustados.
	Corrigen errores mediante la señal de realimentación.	Son sistemas caros.
	Son menos afectados por el ruido del proceso	Requieren alto mantenimiento.
	Soportan automatización del proceso	Provocan oscilaciones dentro del proceso si no son bien ajustados.

Fuente: (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 40)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Después de analizar las ventajas y desventajas de cada sistema optamos por el uso de un control en lazo abierto de tipo on-off por su bajo costo de implementación, su diseño simple, control en ciclos de tiempo largos y a que requieren poco mantenimiento. Para ajustar sus desventajas se debe realizar un estudio del lugar a implementar el sistema, evitar variaciones externas que afecten su funcionamiento.

2.8.3 Control on/off

También puede ser llamado todo o nada, su algoritmo se basa en revisar si la variable de un proceso está por encima o por debajo de un setpoint fijo. La señal de control del controlador cambia entre “encendido” o “apagado”, sin estados intermedios. El control de la variable es irregular por lo que el sistema debe ser calibrado y se debe tomar en consideración que no afecten el proceso variables externas (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010). Su uso es cuando no se requiere de una precisión en el control o las variables tardan en variar, el uso del control on-off es en sistemas de climatización precisamente por el tiempo que tardan las variables de temperatura y humedad relativa en variar es el método de control a incorporar en el sistema después de aislar al laboratorio de las condiciones ambientales externas.

2.9 PLC

El autómatas programable o (controlador lógico programable) es una máquina electrónica programable diseñada para entornos industriales debido a la robustez en su construcción. Utiliza memoria programable para almacenar instrucciones orientadas al usuario para implementar soluciones específicas, como funciones lógicas, secuencia, temporización, conteo y funciones aritméticas, permitiendo la compilación de tareas y ahorro de gastos. Se los utiliza para controlar diversos tipos de máquinas o procesos mediante entradas y salidas digitales y analógicas

(MATEOS, 2001). El PLC es un ejemplo de un sistema duro en tiempo real, donde debe responder a las condiciones de entrada dentro de un tiempo limitado para producir resultados de salida

En la tabla 6-2, se tienen las principales ventajas e inconvenientes de los PLC's dándonos a entender que la aplicación de este es la mejor opción al momento de automatizar evitándonos exceso de cableado, facilidad al momento de la reparación del sistema.

Tabla 6-2: Ventajas e inconvenientes de los PLC's

Ventajas	Inconvenientes
Disminución del tiempo empleado en el diseño y montaje del proyecto.	Necesidad de un programador capacitado
Posibilidad de realizar modificaciones sin necesidad de tocar el cableado.	Un coste inicial de instalación elevado debido al precio del PLC.
Permite la implementación de proyectos sin ocupar demasiado espacio.	Un error en la selección del PLC puede complicar la aplicación en la tarea que se tiene planeada.
Ahorro en la mano de obra en la instalación.	
Optimización de tiempo al no necesitar demasiado cableado.	
Control de varias máquinas con el mismo autómata.	
Reutilización del autómata.	

Fuente: (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 40)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

A nivel comercial, dentro del mercado de nuestro país existen diferentes equipos para poder implementar en el proyecto, el inconveniente en su elección es el costo que tienen, por ello la elección será de un módulo de bajo costo que sea completo para cumplir el proceso de control de temperatura y humedad relativa.

2.9.1 PLC EOPUS

Son una serie de equipos técnicos diseñados para el control y automatización de sistemas industriales y residenciales. Los productos de la serie EOPUS son productos calificados que pueden garantizar la inversión porque están fabricados de acuerdo con estándares de calidad, durabilidad, versatilidad e innovación (PRODUCTS-ACSIMB, 2017). Estos equipos se ajustan a necesidades específicas, una de ellas es incorporar una pantalla que permite la visualización de datos o mensajes sin necesidad de recurrir a periféricos externos en caso de otro modelo de PLC, esta es la principal razón para considerar el uso de esta marca.

2.10 Programación

El propósito de la programación es crear un programa de computadora que generalmente sigue un algoritmo, el propósito principal es definir y organizar una secuencia de instrucciones para preparar algún artefacto o dispositivo para que comience a funcionar cuándo y cómo lo diseñó el programador (GONZÁLEZ, y otros, 2010).

2.10.1 Lenguajes de programación

Se podría definir como un “*idioma artificial*” prediseñado para que exista una comunicación entre el programador y el ordenador, el programador mediante un algoritmo crea las instrucciones que debe seguir el ordenador para alcanzar un objetivo propuesto, para que luego estas sean traducidas a un lenguaje máquina que el microprocesador entienda, interprete y ejecute (GONZÁLEZ, y otros, 2010).

2.10.2 Arduino IDE

Es un programa con un conjunto de instrumentos de programación fue introducido al mercado por Arduino.cc y se utiliza principalmente para crear, editar, compilar y cargar el código a los módulos Arduino. Está disponible para sistemas operativos como MAC, Windows, Linux y se ejecuta en la plataforma Java que viene con funciones y comandos incorporados que juegan un papel vital dentro del entorno (ARDUINO, 2021a). IDE es un entorno de desarrollo de código abierto, dispone de librerías que facilitan la relación entre el *hardware* y las distintas instrucciones y operaciones que se desean ejecutar, por ejemplo:

- **Adafruit_GFX:** Esta librería es la principal encargada de proporcionar un conjunto de primitivas como (puntos, líneas, círculos, etc.). Debe emparejarse con una librería específica de *hardware* para cada dispositivo de visualización (ARDUINO, 2021a).
- **Adafruit_SSD1306:** Esta librería define los colores a ocupar en la pantalla OLED letras negras con pantalla blanca o inverso (ARDUINO, 2021a).

2.10.3 STM 32 cubeprogrammer

Es una herramienta de *software* capaz de adaptarse a diferentes sistemas, dispuesto para programar productos STM32. Proporciona un ambiente eficiente y fácil de usar para leer, escribir y verificar la memoria del dispositivo a través de la interfaz de depuración y la interfaz del cargador de arranque. Brinda una amplia serie de opciones para programar memorias internas y externas.

2.11 Mandos a distancia

Son dispositivos que ayudan al control de diferentes mecanismos, se pueden activar o desactivar dependiendo de la necesidad, actúan en función de una señal de entrada (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 69).

2.11.1 Contactor

Es un dispositivo de conexión y desconexión eléctrica, y puede establecer, soportar e interrumpir la corriente en condiciones normales de circuito incluidas las condiciones de sobrecarga (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 69).

2.11.2 Variador de frecuencia

Es un dispositivo electrónico que permite controlar y regular la velocidad de motores eléctricos de inducción, esta regulación se realiza por medio del control de la frecuencia de alimentación que se le suministra al motor. Los variadores de frecuencia permiten el correcto funcionamiento de los motores eléctricos, ya que regulan la velocidad a la cual funcionan (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 69).

2.11.3 Relé

Es un dispositivo electromagnético que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico, mediante una bobina y un electroimán, se acciona uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos independientes (ENCARNACIÓN GALLO, y otros, 2010 pág. 69).

2.12 Protecciones eléctricas

Son equipos cuya principal función es la protección de elementos los cuales pueden verse afectados por la incidencia o variaciones bruscas eléctricas, por ejemplo, en caso de un sobre voltaje, cortocircuito, etc. Los equipos tienen una reacción inmediata para salvaguardar sistemas complejos (DEFINICIÓN DE, 2019).

2.12.1 Disyuntor

Es un elemento que interrumpe automáticamente la corriente cuando supera una cierta intensidad. Es un dispositivo de seguridad que, según sus características, puede proteger los equipos eléctricos y proteger la integridad de los usuarios (DEFINICIÓN DE, 2019).

2.12.2 Guardamotor

Es un dispositivo electromecánico especial que se utiliza para controlar y proteger el motor, está compuesto por un relé térmico más un contactor, por lo que puede arrancar el motor manualmente mediante los botones de arranque y parada o automáticamente (por línea) (NIVIHE, 2018).

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En el presente capítulo luego de reunir toda la documentación se procederá con el diseño e implementación del sistema, para esto se presentan los requerimientos del proyecto, en base a esto se va a realizar el diagrama de bloques del sistema, se seleccionan los componentes hardware con los que se diseña el circuito eléctrico y electrónico y sus diagramas de conexiones. La implementación de este proyecto se va a realizar en un laboratorio de ensayos con un área de $60m^2$, el laboratorio perteneciente a la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA. es donde se instalará el sistema de control automático de temperatura y humedad relativa (CATH), utilizaremos para esto lógica programada mediante un PLC. La metodología experimental se aplica en cuanto al control de las variables, puesto que el sensor debe calibrarse de acuerdo con el sensor referencial de la empresa. Para cumplir con esto se va a realizar varias pruebas de campo y así afinar el ajuste para el control de variables del sistema.

3.1 Requerimientos del sistema CATH

Los requerimientos con los que debe contar el sistema se establecen de acuerdo con la documentación revisada y las necesidades de la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., por tal razón el sistema CATH debe tener los siguientes requerimientos:

- El sistema debe ser de fácil instalación, operación y bajo costo.
- El sistema debe mantener en el laboratorio un rango de temperatura de $20^{\circ} C \pm 5^{\circ} C$.
- El sistema debe mantener en el laboratorio un rango de humedad relativa de $60\% \pm 20\%$.
- El sensor de temperatura y humedad relativa debe ser analógico.
- La inserción y extracción de aire será mediante el uso de motores de corriente alterna.
- El calentamiento del aire será mediante el uso de niquelinas de tipo lineal.
- El controlador del sistema será un PLC de la marca EOPUS.
- El PLC debe incorporar una pantalla para la visualización de datos.
- Se utilizará contactores para la transmisión de órdenes.
- Los datos de temperatura y humedad se medirán en intervalos de 10 segundos según requerimiento del personal técnico.
- El sistema debe tener capacidad de funcionamiento continuo mínimo de dos horas diarias, que es el tiempo máximo que toma realizar las pruebas de control de calidad.
- Los circuitos eléctricos y electrónicos deben estar protegidos contra sobretensiones o cortocircuitos.

- El sistema debe poder emitir una alarma visual mediante el uso de luces piloto.

3.2 Diagrama de bloques del sistema CATH

Para tener una apreciación más clara y precisa del diseño, en la figura 1-3, se indica el diseño base del sistema CATH, muestra las etapas de entrada y salida relacionadas entre sí para informar el funcionamiento de cada proceso, se representa de manera sencilla y organiza las tareas de cada elemento dentro del sistema. Está compuesto por numerosos mecanismos que actúan en conjunto para cumplir las tareas programadas. Describe el funcionamiento del sistema con los requerimientos técnicos para su implementación.

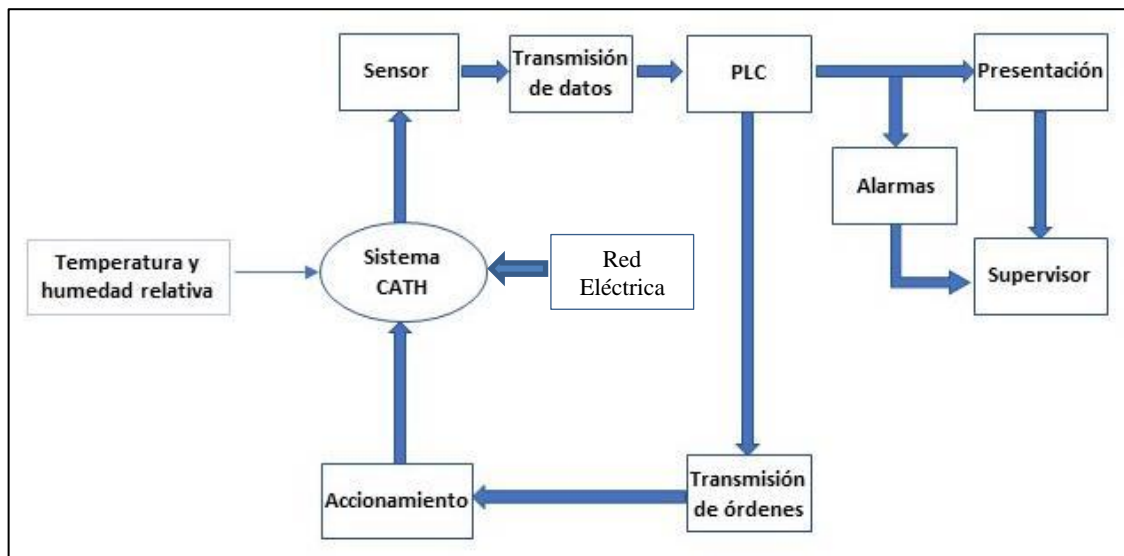


Figura 1-3: Diagrama de bloques del sistema

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Los diferentes bloques son:

- **Energización:** La red eléctrica energiza el sistema CATH mediante el suministro eléctrico que recibe la empresa ALUVIDGLASS de la EEASA, el servicio es trifásico a 127/220V.
- **Sensor:** Registra los datos de temperatura y humedad relativa mediante una señal continua.
- **Transmisión de datos:** Se encarga de transformar la salida analógica del sensor en digital para la interpretación del controlador.
- **PLC:** Es el controlador del sistema y se encarga de procesar los datos adquiridos y determinar las acciones que deben tener los actuadores. Estos datos son procesados mediante un algoritmo preprogramado en el PLC.
- **Presentación:** Los datos adquiridos se presentan en la pantalla que incorpora el PLC al supervisor del laboratorio.
- **Alarmas:** Se debe notificar en caso de fallos en la inicialización del sistema y durante el funcionamiento.

- **Transmisión de ordenes:** El PLC envía las acciones hacia los actuadores mediante el uso de contactores.
- **Accionamiento:** Una vez recibidas las acciones a tomar se activan los diferentes actuadores.

3.3 Selección del *hardware* que compone el sistema CATH

En este apartado se selecciona y describe cada uno de los elementos físicos que compone el sistema CATH, para su seleccionan debemos tomar en cuenta el presupuesto fijado por la empresa que es de 2000\$ con un 20% de incremento en caso de imprevistos.

3.3.1 *Sensor de temperatura y humedad*

La elección del sensor es por su fácil accesibilidad en el mercado y su bajo costo, lo que facilita su remplazo en caso de daños, al tratarse de un laboratorio de ensayos el sensor no exige ser de tipo industrial porque no va a estar expuesto a condiciones extremas de trabajo. El sensor a usar es el AMT1001 capaz de registrar la temperatura y la humedad relativa mediante una resistencia de polímero. En la tabla 1-3, se observa las principales características técnicas.

Tabla 1-3: Principales características técnicas del sensor AMT1001

Sensor AMT1001	
Característica	Valor
Voltaje de entrada (DC)	4-5,5V
Señal de Salida	Analógica (0,6-2,7V DC)
Rango de Operación (Temperatura Humedad)	0~60°C 20~90%RH
Exactitud (Temperatura humedad)	±1°C ±5%RH
Resolución o sensibilidad	1
Tiempo de respuesta	10s (promedio)

Fuente: (DATASHEETS, 2020a), (DATASHEETS, 2020b)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

El sensor AMT1001 nos permite una lectura de datos a través de un terminal analógico lo que permite un mayor abanico de estados en función de la magnitud física que detecta haciendo que esta se pueda escalar y obtener un valor real, además nos proporciona valores con $\pm 1^\circ\text{C}$ de variación de temperatura y $\pm 5\%$ en humedad relativa y 10s de tiempo de repuesta promedio para un registro constante de datos.

En la figura 2-3, se observa el sensor AMT1001 a implementar en el sistema.

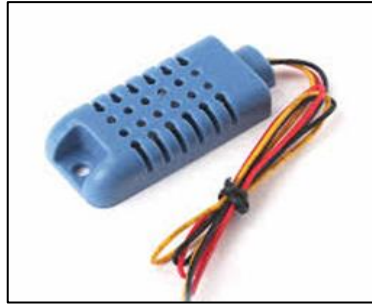


Figura 2-3: Sensor AMT1001

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Al trabajar con el sensor tenemos que trabajar con un voltaje máximo de 3,3V en el caso del AMT1001 trabajaremos con un voltaje de 3VDC por lo que la precisión sería de 2,93mV. La humedad tiene el intervalo de funcionamiento del 20% que se representa con un voltaje de 0,6VDC a 90% de humedad representado por 2,7 VDC. La ecuación 1-3, se encarga de transformar la señal analógica en un valor numérico que representa la humedad relativa.

$$HR = \frac{\frac{valm * 2,7}{1023} * 100}{3}$$

Ecuación 1-3

Donde:

HR → Humedad relativa.

valm → Valor promedio por parte del sensor y entregado al PLC.

Los datos de temperatura son lineales con un rango de 0°C a 50°C, el usar una resistencia de 10k ohmios entre los pines de temperatura y el pin de entrada evita errores en la lectura, en la ecuación 2-3, se observa la fórmula de cálculo a emplearse para la temperatura:

$$Temp = \log(10000,0 * (\frac{1024,0}{val-1}))$$

Ecuación 2-3

Donde:

Temp → Temperatura en grados Kelvin.

val → Valor medido (*v*).

3.3.2 PLC EOPUS CP06a

Nos permiten el procesamiento de datos para nuestro sistema receptando y procesando la señal eléctrica del sensor AMT1001, en la tabla 2-3, muestra las principales características técnicas del PLC.

Tabla 2-3: Principales características técnicas del PLC EOPUS CP06a

PLC EOPUS CP06a	
Características	Valor
Microcontrolador	STM32F103CBTx
Voltaje de alimentación	127/220 V
Corriente de consumo máximo (microcontrolador)	50 mA
Terminales de Entrada Digitales	8 (Tipo N)
Terminales de Entrada Analógica	3 (12 bits, 0-10 v)
Terminales de salidas Digitales	-
Terminales de salidas Analógicas	1 (12 Bits, 0-10 v)
Terminales de salida tipo relé	4
Terminales de salida tipo transistor	3
Memoria Flash	128 KB
SRAM	20 KB
EEPROM	-
Velocidad de reloj	72 MHZ
Uso Industrial	si
Pantalla de visualización de datos	si

Fuente: (ACSIMB, 2019)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

El PLC EOPUS CP06a el cual se muestra en la figura 3-3, dispone de características como un voltaje de alimentación de 220/127V lo que elimina el uso de una fuente de alimentación externa y permite una conexión directa a la red eléctrica, una pantalla para la visualización de datos incorporada, una mayor velocidad de procesamiento de datos, una programación en *software* libre, dispone de salidas de relé y analógicas suficientes para los elementos a conectar, una constitución industrial, estas razones cumple las necesidades requeridas para una correcta implementación en el sistema CATH.



Figura 3-3: PLC EOPUS CP06a

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

3.3.3 Motor de corriente alterna

Para la selección del motor, se tomará en cuenta el volumen de aire presente en el laboratorio, tenemos como datos las dimensiones del laboratorio, que se puede observar en la tabla 3-3.

Tabla 3-3: Dimensión del laboratorio

Dimensión	
Altura (b)	3 m
Largo (a)	20 m
Ancho (h)	3,9 m

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la ecuación 3-3, se observa la fórmula para el cálculo de volúmenes de prismas rectangulares, en la ecuación 4-3, se obtiene el volumen total del laboratorio.

$$V = b * a * h$$

Ecuación 3-3

$$V_T = 3m * 20m * 3,9m = 234m^3$$

Ecuación 4-3

Al revisar el volumen total del laboratorio dada en la ecuación 4-3, se decide utilizar el motor de 14 pulgadas de la marca ALASKA, que se observa en la figura 4-3.



Figura 4-3: Motor de CA de 14 pulgadas

Fuente: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 4-3, se tiene las principales características técnicas. Para la implementación del sistema CATH se requiere de dos motores uno encargado de la inserción de aire caliente y otro para la expulsión de aire de la habitación.

Tabla 4-3: Especificaciones técnicas del motor de corriente alterna de 14 pulgadas

Motor 14 pulgadas	
Tipo de Motor	Monofásico
Voltaje	127/220
Potencia	0,5 HP
Número de polos	4
RPM	1720
Caudal	160 CMM

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

La marca ALASKA brinda equipos de calidad a un bajo costo y con una garantía de trabajo, su elección está dada por su relación calidad-costos. El motor tiene un consumo de 0,5HP y un caudal de 160CMM.

3.3.4 Variador de Frecuencia

La selección fue el modelo CV20-2s-007G de la marca KINCO, figura 5-3, para su elección es necesario conocer la potencia del motor que se va a controlar y su elección fue mediante una cotización identificando el mejor precio en el mercado comercial que tenga una relación costo-beneficios.



Figura 5-3: Variador de frecuencia KINCO

Fuente: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 5-3, se tiene las principales características técnicas del variador de frecuencia.

Tabla 5-3: Principales características técnicas del variador de frecuencia CV20

Variador de frecuencia KINCO CV20-2S-007G	
Característica	Valor
Capacidad Nominal (kVA)	1,5
Capacidad de corriente de entrada (A)	8,2
Capacidad de corriente de salida (A)	4
Potencia de Motor (kW)	0,75
Entrada: Voltaje nominal y de Frecuencia	4T: 3-fases, 380V-440V AC; 50Hz/60Hz 2S: Sencilla-fase, 200V-240V; 50Hz/60hz 1S: Sencilla-fasee, 100-120V;50Hz/60Hz
Terminales de control	4 entradas multifunción 1 entrada análoga de 0V a +10V 1 salida de relé programable 1 entrada RS485 modbus
Salida: Voltaje nominal	4T:0-440V; 2S:0-240V; 1S:0-240V
Salida: Frecuencia	0 Hz-300 Hz

Fuente: (KINCO, 2020)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

El variador de frecuencia KINCO se adapta a diferentes formas de trabajo y activación, lo que nos permite ampliar el diseño trabajando con diferentes velocidades de inserción o extracción de aire.

3.3.5 Niquelina de calentamiento

Después de una investigación de mercado comercial se escogió las niquelinas tipo lineal que se adaptan al presupuesto y que nos permita una manipulación constante en la figura 6-3 se observa las niquelinas escogidas.

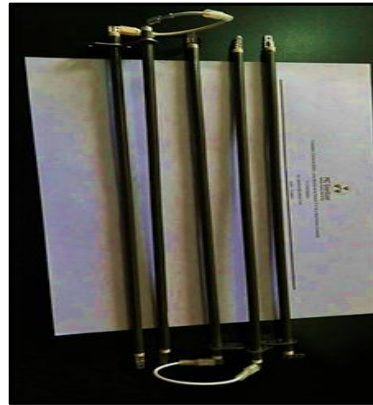


Figura 6-3: Niquelinas

Fuente: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 6-3, se tiene las principales características técnicas de las niquelinas de calentamiento del sistema.

Tabla 6-3: Principales características técnicas de las niquelinas de calentamiento

Niquelina tipo lineal	
Característica	Valor
Voltaje de entrada	220 V
Potencia (W)	700 W
Temperatura	200° C

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

3.3.6 Disyuntor de 3 polos

De la ecuación 5-3 se deduce la fórmula para calcular la corriente mediante la potencia y el voltaje que son valores que se conoce, a partir de esa ecuación se realiza los siguientes cálculos para la selección de los disyuntores, la protección de las niquelinas se obtiene mediante la ecuación 6-3 tomando en cuenta que son dos niquelinas conectadas en el mismo circuito en paralelo, el factor de seguridad se considera el 25% de la corriente calculada esto se observa en la ecuación 7-3. La protección del motor se determina mediante la placa que nos indica la máxima corriente alcanzada a plena carga.

$$P = I * V$$

Ecuación 5-3

Corriente de niquelinas:

$$I = P/V = 1400W/220V = 6,36 A$$

Ecuación 6-3

Factor de seguridad:

$$I_s = 6,36A * 125\% = 7,95A$$

Ecuación 7-3

La ecuación 7-3 indica el valor calculado para la selección de la protección, este valor calculado no es comercial en el mercado, por lo que se escoge el valor próximo superior seleccionando un disyuntor para riel din de 20A a tres polos según se observa en la figura 7-3.



Figura 7-3: Disyuntor de 3 polos a 20 A

Fuente: Patachi B., Ramos C., 2022.

3.3.7 Contactor *EBS1C-3210*

Es uno de los elementos principales para la transmisión de órdenes, el contactor que elegimos es de la marca EBASEE de la serie EBS1C-3210 que se ve la figura 8-2.



Figura 8-3: Contactor EBS1C-3210

Fuente: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 7-3 se especifica las principales características técnicas del contactor.

Tabla 7-3: Principales características técnicas del contactor EBS1C-3210

Contactor EBS1C-3210	
Características	EBS1C-3210
Trabajo a corriente nominal (A)	32
Potencia de motor soportada (kW)	7,5
Frecuencia de operación (veces/hora)	600
Veces de contacto eléctrico (10 ⁴)	80

Fuente: (EBASEE, 2020)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

El contactor trabaja a una corriente nominal de 32A y su frecuencia de operación máxima es de 600 veces en una hora y soporta un motor con un consumo de potencia de 7,5kW.

3.3.8 Guardamotor EGV2-M1

Para la selección del guardamotor se toma en consideración la corriente a plena carga, según el estudio realizado se considera los parámetros de corriente y frecuencia en este caso el guardamotor seleccionado es de la marca EBASSE de la serie EGV2-M1, figura 9-3.



Figura 9-3: Guardamotor EGV2-M1

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

A continuación, se expone las principales características técnicas en la tabla 8-3.

Tabla 8-3: Características técnicas principales del guardamotor EGV2-M1

Características	EGV2-M1
Corriente nominal (A)	1-80
Tensión nominal (V)	0-660 V
Frecuencia nominal	50Hz/60Hz

Fuente: (SUPER ELECTRICO, 2020)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

La corriente nominal que soporta va desde 1A hasta los 80A, soporta una tensión nominal de hasta 660V y trabaja a una frecuencia de 50 o 60Hz.

3.3.9 Luces piloto

Las luces piloto que se eligieron para el sistema fueron tres, de color verde, amarillo y rojo.

3.3.10 Ductos de climatización

Estos elementos fueron adquiridos por la empresa bajo la autorización del ingeniero a cargo del laboratorio por lo que no se realizó un estudio o análisis, se dispone de dos ductos metálicos uno para la inserción de aire caliente y otro para la extracción. Se ubican a lo largo del laboratorio uno frente al otro de extremo a extremo.

3.3.11 Circuito de relés

La placa dispone de 6 relés para el control de dos variadores de frecuencia y su construcción implicó la adquisición de 6 relés soldados en una placa PCB conectados a una bornera para su fácil conexión.

3.3.12 Laboratorio de ensayos

El laboratorio fue provisto por la empresa el cual fue acondicionado mediante una espuma aislante en el techo, además las ventanas del laboratorio fueron sustituidas por vidrio antirreflejo, esto permite excluir las condiciones climáticas externas del laboratorio y enfocarse en una calibración del sistema sin perturbaciones.

3.4 Conexión eléctrica del *hardware* del sistema CATH

En la figura 10-3 se visualiza el diagrama de conexión a la red eléctrica del sistema, su conexión se divide en dos circuitos el circuito de fuerza y circuito de control.

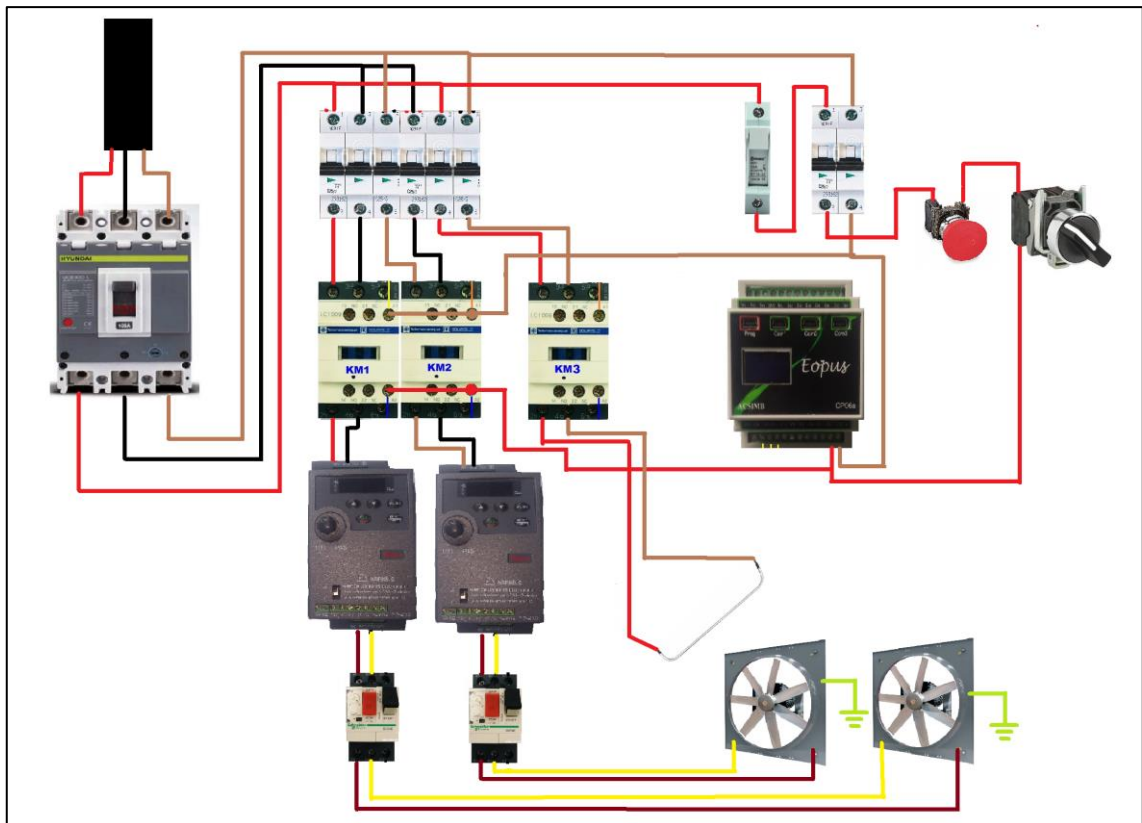


Figura 10-3: Diagrama de conexión eléctrica del sistema CATH

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

- El sistema se conecta a una red trifásica a 127/220V.
- La protección principal del sistema es de 60A 3polos.
- Desde la protección principal se conectan los pines a y b hacia el circuito que controla el primer motor.
- Desde la protección principal se conectan los pines b y c hacia el circuito que controla el segundo motor.
- Desde la protección principal se conectan los pines a y c hacia el circuito que controla las niquelinas.
- Desde la protección principal se conectan los pines a y c hacia el circuito de control.
- La protección del circuito de niquelinas es de 20A 3polos.
- La protección de los motores es de 20A 3polos.
- La protección del PLC es mediante un porta fusible con un fusible tipo cartucho de 6A para una fase y la segunda fase está conectada a un disyuntor de 20A.
- Se dispone de un pulsador de paro de emergencia que corta el suministro eléctrico al circuito de fuerza y circuito de control.
- Se tiene un selector de dos estados que enciende o apaga el sistema CATH.
- Para la conexión del circuito de fuerza se utilizó cable de cobre #10 THHN.

- Para la conexión del circuito de control se utilizó cable de cobre #12 THHN.
- Los motores son aterrados mediante cable de cobre THHN #14 a una varilla copperweld enterrada a tierra y conectadas entre si mediante un conector tipo ojo.
- Para optimizar el uso energético se realizó un balanceo de cargas en el sistema.

3.4.1 Conexión del circuito de control

En la figura 11-3, se observa las conexiones realizadas en el circuito de control del sistema CATH.

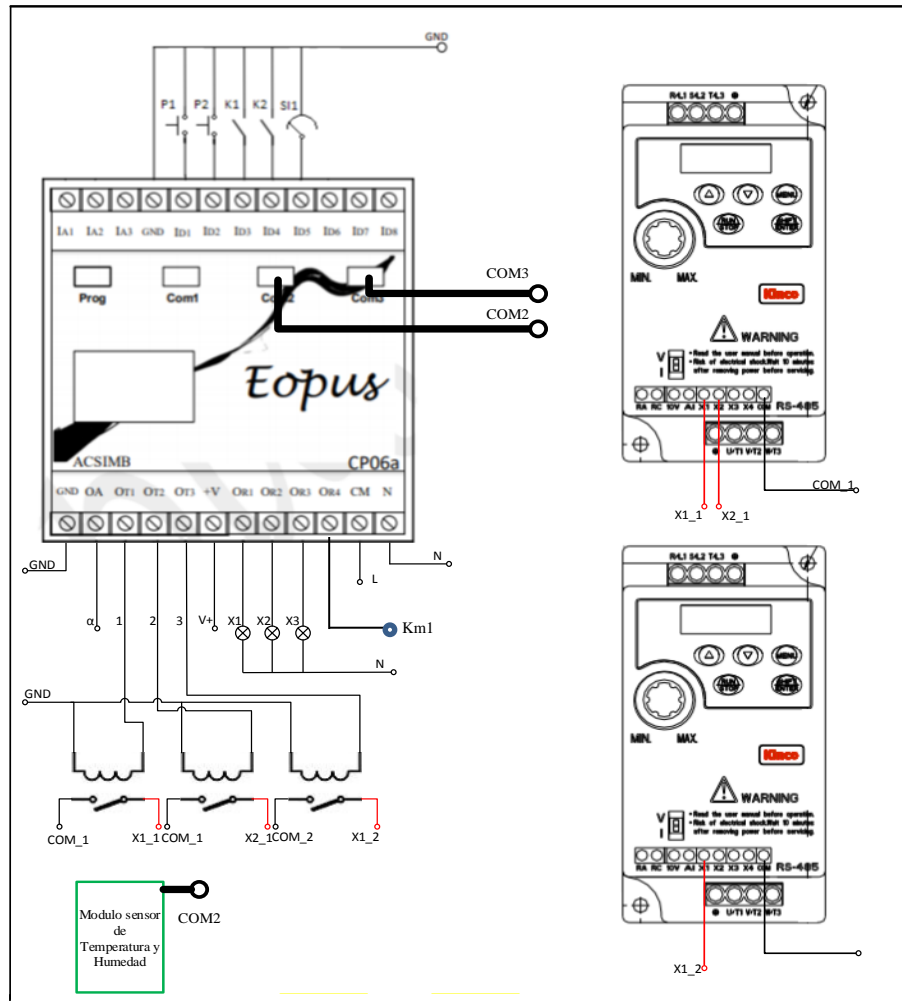


Figura 11-3: Conexiones del circuito de control del sistema CATH

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

- Los terminales ID1 e ID2 son conectados con dos pulsadores de inicio y paro respectivamente.
- Los terminales ID3 e ID4 son conectados a los contactos auxiliares de los contactores M1 y M2 esto nos permite asegurarnos que el sistema no tiene fallos de conexión y está listo para iniciar.
- El terminal ID5 se conecta a un selector de dos posiciones.

- Los terminales OT1, OT2 y OT3 son salidas por transistor conectados a un circuito de relés, los cuales activan y seleccionan la velocidad de los motores mediante variadores de frecuencia.
- Los terminales OR1, OR2 y OR3 son salidas por relé y son conectados a las luces piloto Verde, Roja y Amarilla respectivamente, las luces indica el estado y el trabajo del sistema.
- El terminal OR4 activa el contactor KM3 que controla el energizado del grupo de niquelinas.
- Los terminales CM y N son conectados a fase 1 y fase 3 para la alimentación de nuestro PLC, además el terminal CM es el común para las salidas de relé.
- En el puerto de comunicación COM2 se conecta el sensor AMT1001.

3.4.2 Conexión del circuito de fuerza

En la figura 12-3 se aprecia el diagrama de conexión del sistema CATH.

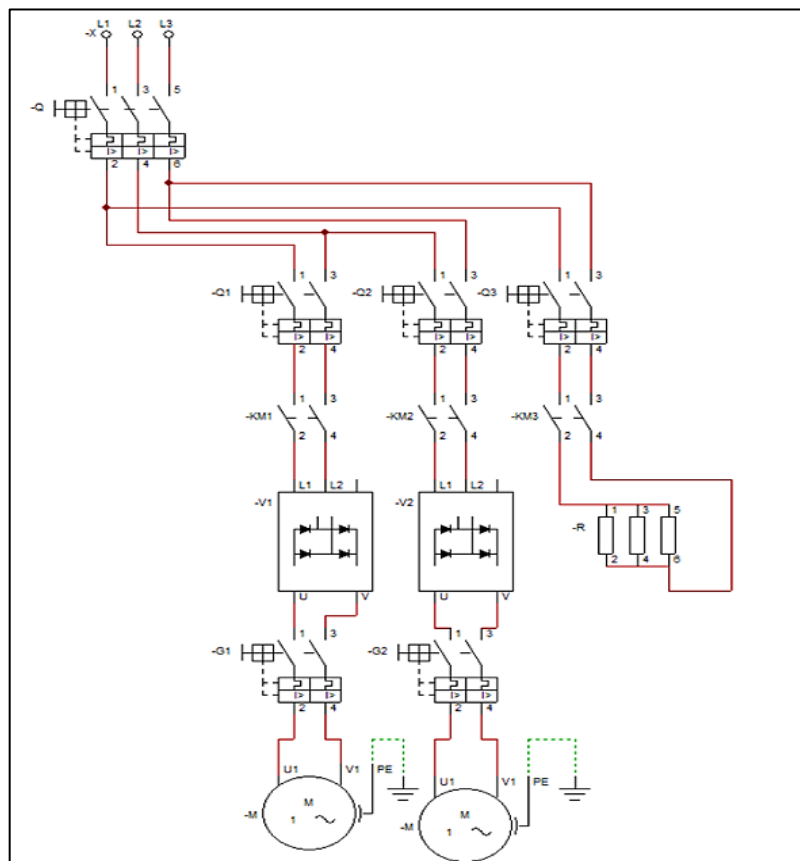


Figura 12-3: Conexiones del circuito de fuerza del sistema CATH

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se puede observar la conexión del sistema a partir de la protección principal.

- Los dos motores tienen idénticas conexiones.

- Desde la protección principal se deriva dos cables hacia el disyuntor de 20 A del motor 1 y 2 respectivamente que conectan a los contactores km1 y km2.
- Desde los contactores km1 y km2 se conecta a los variadores de frecuencia.
- Desde los variadores de frecuencia se alimenta los guardamotores que protegen a los motores.
- De la protección principal se derivan dos cables hacia una protección de 20A hacia el contactor km3 encargado del control de las niquelinas.
- El contactor km1 y km2 es activado mediante el selector del circuito de control y el contactor km3 mediante la salida OR4 del PLC.

3.5 Diseño del *software* del sistema CATH

En la figura 13-3, se aprecia de manera general el diagrama de flujo del sistema con las diferentes etapas necesarias para realizar el control de temperatura y humedad.

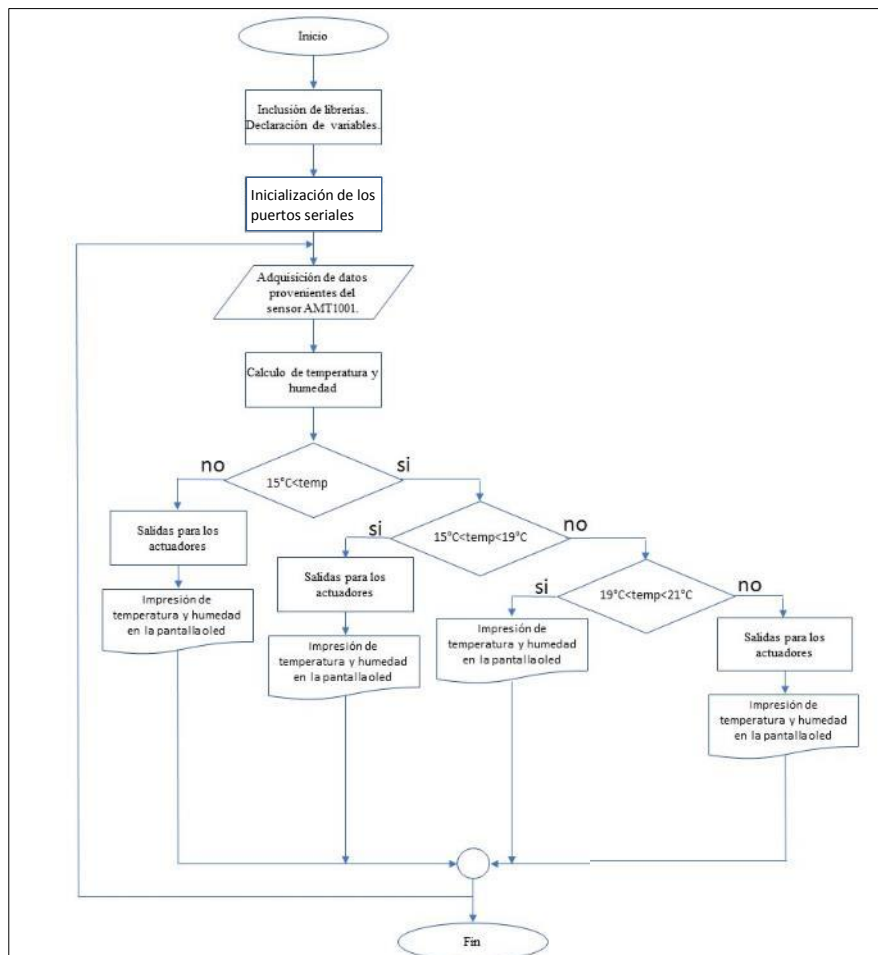


Figura 13-3: Diagrama de flujo del sistema CATH

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Los pasos que se realizan en el algoritmo del sistema CATH son y el código se lo puede revisar en el anexo F:

- **Inclusión de librerías y declaración de variables:** El primer paso es definir las librerías con las que va a trabajar el PLC este paso es fundamental ya que así puede conectarse la pantalla OLED y servirá para la visualización de datos en tiempo real, y se declara las variables que va a tener nuestro código.
- **Inicialización de los puertos seriales:** Para habilitar la comunicación entre el sensor, la pantalla OLED y el PLC se necesita inicializar los puertos seriales para recibir los datos continuos del sensor.
- **Adquisición de datos:** La placa STM32 que es el núcleo del PLC EOPUS CP06a se puede configurar y programar mediante el entorno de Arduino. Los datos de humedad y temperatura se los obtiene a través del sensor AMT1001 que brinda una respuesta en voltios de 4,5 a 5VDC.
- **Cálculo de temperatura y humedad:** En esta etapa se recibe los datos del sensor y se procede a su cálculo para su visualización y control.
- **Comparación del valor de temperatura deseado:** En esta fase del algoritmo se realiza una comparación entre el valor registrado y el valor deseado. Si la temperatura es mayor que 15°C se realiza una segunda comparación, si no continua a definir las salidas que controlan los actuadores. Si la temperatura esta entre 15°C y 19°C se continua a definir las salidas que controlan los actuadores, si no realiza una nueva comparación. Si la temperatura esta entre 19°C y 21°C está condición es la indicada para nuestro sistema por lo que si se da se procede a la impresión de temperatura y humedad relativa, si no se define las salidas que controlan los actuadores.

3.5.1 Activación de las salidas para los actuadores

El funcionamiento consiste en operar las tres salidas de transistor que dispone el PLC las cuales controlan tres velocidades programadas en los dos variadores de frecuencia uno para cada motor. Y una salida de relé se encarga de activar o desactivar las niquelinas. Se maneja las tres velocidades en los variadores de frecuencia ya que a distinta temperatura el aire que entra tiene que ser diferente para permitir que las niquelinas se calienten y si la condición de temperatura es alta el motor 2 se debe expulsar aire caliente de la habitación a su máxima capacidad. La velocidad en los motores se varia respecto a su frecuencia de entrada.

La inserción de aire caliente se la realiza mediante el uso del motor uno controlado por el variador de frecuencia 1 y el grupo de niquelinas que está ubicado al interior del ducto uno y se lo describe en la tabla 9-3.

Tabla 9-3: Activación de los actuadores en la inserción de aire caliente

Inserción de aire caliente			
Variador de frecuencia #1			Grupo de niquelinas
v1	Motor 1	50% de su capacidad	On
v2	Motor 1	75% de su capacidad	On
v3	Motor 1	100% de su capacidad	Off

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

La extracción de aire caliente se la realiza mediante el motor 2 controlado por el variador de frecuencia 2 dispuesto en el ducto número 2 y se describe las velocidades que maneja en la tabla 10-3.

Tabla 10-3: Activación de los actuadores de extracción de aire caliente

Extracción de aire caliente		
Variador de frecuencia #2		
v1	Motor 2	50% de su capacidad
v2	Motor 2	100% de su capacidad

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

En el presente capítulo se realizan, las pruebas correspondientes que permita validar el sistema de control automático de temperatura y humedad en el laboratorio de ensayos de ALUVIDGLASS, las pruebas a realizar son las que se muestran en el apartado siguiente.

4.1 Implantación del sistema

Se localiza la empresa a través de Google maps con esto se facilita la obtención de datos a través del tiempo de las condiciones ambientales que pueden variar en el lugar, según los datos que se obtienen se analizan para posteriores estudios. El sistema se instaló en el laboratorio de la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., La tabla 1-4, indica la ubicación de la empresa.

Tabla 1-4: Ubicación de la empresa

Provincia	Tungurahua
Cantón	Ambato
Parroquia	Santa Rosa
Dirección	Chilcaloma Monseñor B. Echeverría Ruiz s/n y S/N

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Para una apreciación mucho mejor de la ubicación de la empresa ALUVIDGLASS CIA.LTDA., se indica en la figura 1-4 el sitio exacto de la empresa extraída desde Google Maps.

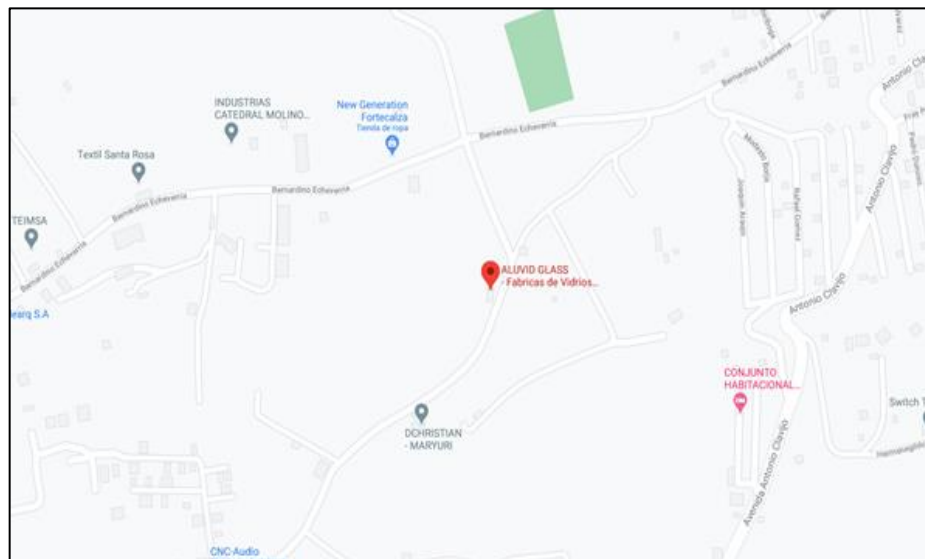


Figura 1-4: Ubicación de la empresa

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

4.2 Linealidad del sensor AMT1001

El objetivo de la linealidad del sensor se basa en realizar la comparación de datos con el sensor patrón y se obtenga una resolución óptima para su uso. Para la validación de linealidad del sensor AMT1001, se parte de la hoja técnica de datos anexo A, la cual describe la humedad relativa mediante la ecuación 1-4, para la temperatura se realiza un análisis resistencia-temperatura por lo siguiente se obtiene que 0° es 28,271 K Ω , por lo cual se decide comprobar su linealidad mediante 20 muestras (DATASHEETSPDF, 2020).

$$\text{Humedad} = \text{Voltaje de salida} \div 0,03 (\%RH)$$

Ecuación 1-4

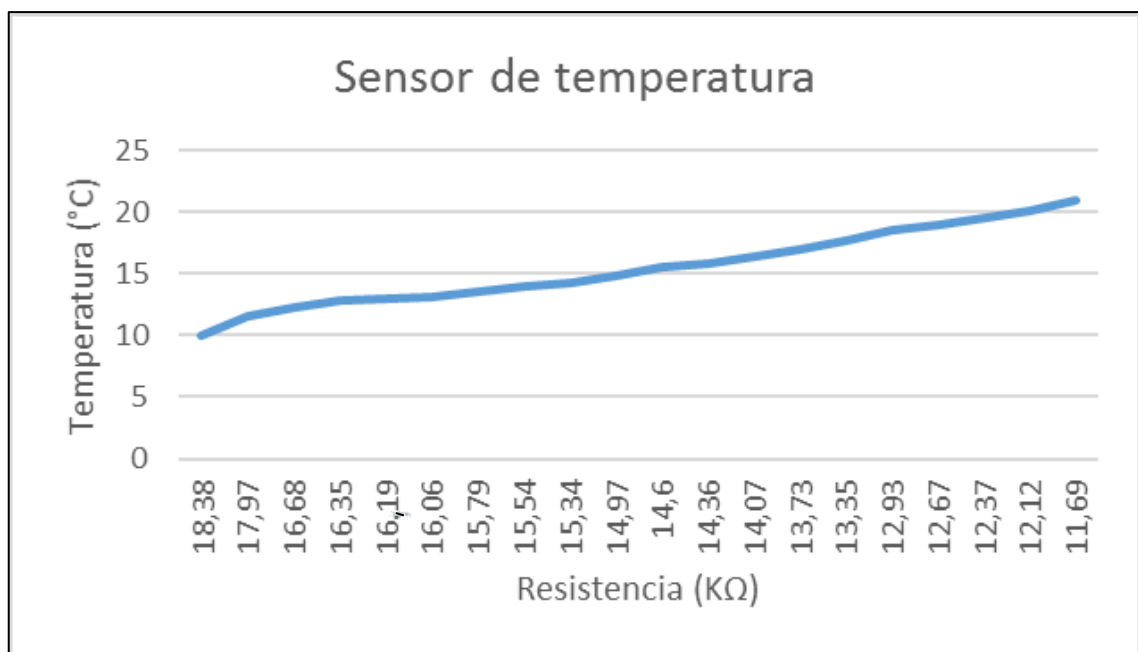


Gráfico 1-4: Resistencia (K Ω) vs temperatura ($^\circ$ C)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se observa en el gráfico 1-4, que el comportamiento del sensor AMT1001 en la medición de temperatura tiene un comportamiento lineal, la temperatura aumenta mientras la resistencia disminuye.

En la tabla 2-4 se tiene las lecturas obtenidas por el sensor de temperatura.

Tabla 2-4: Lecturas obtenidas por el sensor de temperatura

Temperatura (°C)	Resistencia (KΩ)
10°	18,38
11,5°	17,97
12,3°	16,68
12,8°	16,35
13°	16,19
13,2°	16,06
13,6°	15,79
14°	15,54
14,3°	15,34
14,9°	14,97
15,5°	14,60
15,9°	14,36
16,4°	14,07
17°	13,73
17,7°	13,35
18,5°	12,93
19°	12,67
19,6°	12,37
20,1°	12,12
21°	11,69

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se tiene 20 muestras que oscilan entre los 10 °C y los 21 °C su resistencia varia desde 18,38 KΩ a los 11,69 KΩ respectivamente, se decide realizar la linealidad con la cantidad de datos mencionados porque son suficientes para una comparación gráfica con su datasheet.

En el gráfico 2-4, se observa el comportamiento del sensor de humedad relativa incorporado en el sensor AMT1001 que se utiliza en el sistema CATH, tiene un comportamiento lineal, es decir la humedad relativa es directamente proporcional al voltaje de salida.

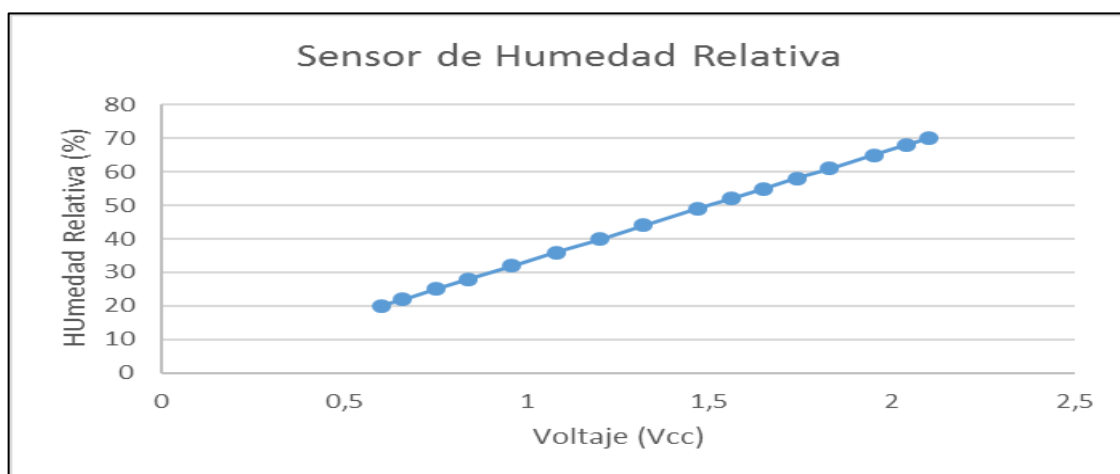


Gráfico 2-4: Voltaje (Vcc) vs humedad relativa (%)

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 3-4 se tiene las lecturas del sensor de humedad relativa.

Tabla 3-4: Lectura del sensor de humedad relativa

Humedad relativa (%)	Voltaje de salida (VCC)
20	0,6
22	0,66
25	0,75
28	0,84
32	0,96
36	1,08
40	1,2
44	1,32
49	1,47
52	1,56
55	1,65
58	1,74
61	1,83
65	1,95
68	2,04
70	2,1

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se tiene 20 muestras que oscilan entre el 20% y el 70% de humedad relativa su voltaje de salida varía desde 0,6 VCC a los 2,1 VCC respectivamente.

4.3 Calibración del sensor

Se realiza una comparación de medidas experimental prueba y error, para que se determine un valor en el cual el sensor experimente errores menos perceptibles, en este caso al ser un sensor análogo se puede llegar a una calibración por medio de *software* ya que nos permite realizar cambios en la programación. En la tabla 4-4, se observa los datos del sensor de temperatura sin calibración

Tabla 4-4: Datos de lectura sin calibración

Numero de muestra	Temperatura	
	Sensor AMT1001	Termohigrómetro CENTER342
1	15,4	15,6
2	15,7	15,9
3	16,2	16,3
4	16,4	16,5
5	17,2	17,4
6	18,3	18,3
7	18,5	18,7
8	18,8	19
9	19	19,3
10	19,5	19,6
11	19,8	20
12	20,3	20,6
13	20,9	21,2
14	21,3	21,5
15	21	21
16	20,7	20,6
17	20,4	20,3
18	20,1	19,8
19	19,6	19,4
20	19,5	19,2

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se obtiene un error de 0,94% en comparación a los datos del termohigrómetro, por tanto, se omite una calibración al sensor.

4.4 Validación del sensor mediante prueba estadística

Para la validación del sensor AMT1001, se comparó con el termohigrómetro Center 342 que se muestra en la Figura 2-3, la calibración y validación del termohigrómetro se muestra en el ANEXO B, este sensor mide la temperatura y la humedad relativa, el cual tiene un rango de -30° a 70°C y 0% a 100% RH respectivamente, teniendo una precisión en temperatura de $\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ y en Humedad Relativa de $\pm 3\% \text{RH}$ (MANUALSLIB, 2020).

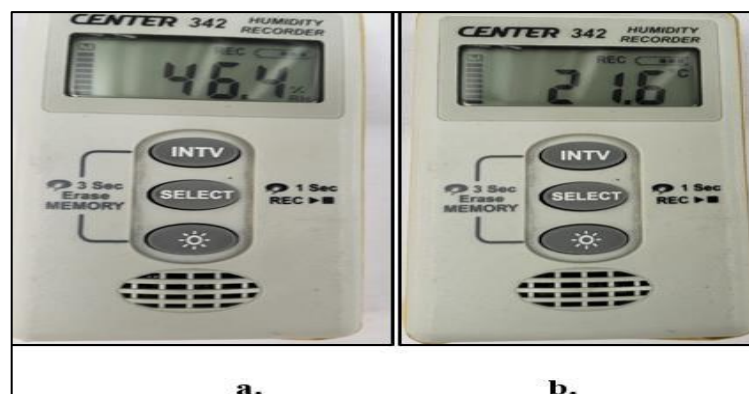


Figura 2-4: Termohigrómetro a. Humedad relativa, b. Temperatura

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Para la prueba se toma 100 datos de temperatura y de humedad relativa, los cuales son recolectados en cinco días diferentes en distintos horarios en la mañana, medio día y tarde, además los sensores se sitúan en la misma ubicación, la información es tomada cada 12 minutos dando como resultado un total de 20 datos, todos los datos recolectados para esta prueba se encuentran en el anexo D.

Se lleva a cabo el análisis con la prueba T de Student de las muestras relacionadas, puesto que se trabaja con cuatro variables y se divide en dos grupos que se relacionan entre sí, medidas en las mismas condiciones; es decir tiempo, clima y ubicación de los sensores. El análisis se lleva a cabo en el *software* IBM SPSS Statics Base, se encarga de normalizar datos y de esta forma comprobar si los datos son correctos.

Planteamiento de la hipótesis:

- **H_n = Hipótesis nula:** No existe diferencia mayor a la incertidumbre entre los datos obtenidos con el sensor AMT1001 y el equipo patrón.
- **H_a = Hipótesis alterna:** Existe diferencia mayor a la incertidumbre entre los datos obtenidos con el sensor AMT1001 y el equipo patrón.

Nivel de incertidumbre:

- $\alpha=5\%=0,05$

Para la prueba se recomienda un nivel de 5% de incertidumbre y el *software* SPSS está configurado con ese nivel, ya que se considera el error apropiado para este tipo de proyectos.

Normalidad:

- **P-valor $\geq \alpha$. Aceptar H_0 :** Los datos provienen de una distribución normal.
- **P-valor $< \alpha$. Aceptar H_a :** Los datos NO provienen de una distribución normal.

En la figura 3-4, se verifica la normalidad de las muestras.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AMT1001	,053	100	,200*	,986	100	,363
CENTER342	,051	100	,200*	,985	100	,299

Figura 3-4: Verificación de la normalidad de las muestras de temperatura

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 5-4, se analiza la probabilidad y el nivel de incertidumbre de temperatura.

Tabla 5-4: Análisis de probabilidad y el nivel de incertidumbre de temperatura

Normalidad		
Probabilidad	Comparación	Nivel de incertidumbre
P-valor=0,200	>	0,05
P-valor=0,200	>	0,05

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se observa un valor de probabilidad de 0,200 para los dos casos se tiene una distribución normal ya que supera el valor de incertidumbre.

En la figura 4-4, se verifica la normalidad de las muestras de humedad relativa.

Pruebas de normalidad						
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
AMT1001	,088	100	,057	,970	100	,024
CENTER342	,084	100	,078	,978	100	,090

Figura 4-4: Verificación de la normalidad de las muestras de humedad relativa

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 6-4, se analiza la probabilidad y el nivel de incertidumbre de humedad relativa.

Tabla 6-4: Análisis de probabilidad y el nivel de incertidumbre de humedad relativa

Normalidad		
Probabilidad	Comparación	Nivel de incertidumbre
P-valor=0,057	>	0,05
P-valor=0,078	>	0,05

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se observa un valor de probabilidad de 0,057 y 0,078 para los dos casos se tiene una distribución normal ya que supera el nivel de incertidumbre.

Conclusión: En función a las figuras 3-4 y 4-4 y a las tablas 5-4 y 6-4 se determina que los datos obtenidos durante el muestreo tanto con el sensor AMT1001 y el termohigrómetro Center 342 responden a un comportamiento normal.

Comparación de medidas:

- Si la probabilidad obtenida $P\text{-valor} \leq \alpha$, rechace la H_n (Se acepta la H_a)
- Si la probabilidad obtenida $P\text{-valor} > \alpha$, no rechace la H_n (Se acepta H_n)

En la figura 5-4, se resume la comparación de las medidas de temperatura.

Estadísticas de muestras emparejadas					
	Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar	
Par.1	CENTER342	17,1980	100	2,13153	,21315
	AMT1001	17,4660	100	2,18222	,21822

Correlaciones de muestras emparejadas			
	N	Correlación	Sig.
Par.1	CENTER342 & AMT1001	100	,949
			,238

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
	Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)	
				Inferior	Superior				
Par.1	CENTER342 - AMT1001	-,26800	,68856	,06886	-,40463	-,13137	-3,892	99	,238

Figura 5-4: Resumen de comparación de las medidas de temperatura

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

- $P\text{-valor}=0,238 > 0,05$

En la figura 6-4, se resume la comparación de medidas de humedad relativa.

Estadísticas de muestras emparejadas					
		Media	N	Desviación estándar	Media de error estándar
Par 1	CENTER342	63,0700	100	12,35441	1,23544
	AMT1001	63,4800	100	12,42227	1,24223

Correlaciones de muestras emparejadas				
		N	Correlación	Sig.
Par 1	CENTER342 & AMT1001	100	,993	<,001

Prueba de muestras emparejadas									
Diferencias emparejadas									
		Media	Desviación estándar	Media de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia		t	gl	Sig. (bilateral)
					Inferior	Superior			
Par 1	CENTER342 - AMT1001	-,41000	1,48457	,14846	-,70457	-,11543	-2,762	99	,665

Figura 6-4: Resumen de comparación de las medidas de humedad relativa

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

- P-valor=0,665>0,05

Conclusión: Analizando las figuras 5-4 y 6-4 provenientes del *software* SPSS, se indica que la hipótesis alterna (Ha) es rechazada, la cual expresa una diferencia mayor a la incertidumbre entre los datos obtenidos con el sensor AMT1001 y el equipo patrón y se aprueba la hipótesis nula (Hn), es decir no hay diferencia mayor a la incertidumbre entre los datos obtenidos con el sensor AMT1001 y el equipo patrón.

4.5 Pruebas de control de temperatura.

Esta prueba consiste en la verificación del correcto funcionamiento de componentes seleccionados de nuestro sistema, se tiene las pruebas de incremento y decremento de temperatura.

4.5.1 Incremento de temperatura

Se tiene como objetivo evidenciar los cambios de temperatura por parte de las niquelinas, con la ayuda de un pirómetro se verifica la temperatura, y con la ayuda del cronometro se evidencia el tiempo en el cual su temperatura es máxima, de igual manera visualmente al llegar a su temperatura máxima estas cambian de color por efecto de su alta temperatura como se muestra en la figura 7-4.



Figura 7-4: Niquelinas al rojo vivo y en temperatura máxima

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 7-4 se detallan los cambios de temperatura de las niquelinas.

Tabla 7-4: Cambios de temperatura de las niquelinas

Niquelinas	
Temperatura (°C)	Tiempo (s)
0	0
150	300
180	420
205	600

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se evidencia que el grupo de niquelinas aumentan su temperatura de acuerdo con el tiempo y con la ayuda de la tabla de datos se concluye que el tiempo para que las niquelinas alcancen la temperatura máxima es de 10 minutos lo que valida su funcionamiento.

4.5.2 Decremento de temperatura

Para la prueba se lleva a la máxima capacidad de giro a plena carga del motor con la ayuda del termohigrómetro se evidencia la disminución de temperatura del aire, y su inserción es por medio de los ductos metálicos dispuestos en el laboratorio.

En la tabla 8-4, se observan los cambios de temperatura de ventilación.

Tabla 8-4: Cambios de temperatura de ventilación.

Temperatura inicial aire (°C)	Temperatura final aire (°C)
21°	17°
18°	14°
23°	20°
17°	14°

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se aprecian los valores del aire exterior inicial y la temperatura final al ser afectados por la inserción de aire del motor de esta manera se enfría el laboratorio, se aprecia un decremento de 4°C en promedio.

En la figura 8-4 se observa la ubicación de los motores instalados en los ductos.



Figura 8-4: Ubicación de los motores

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

4.6 Prueba de etapas de trabajo del sistema CATH

Esta prueba consiste en la verificación de la correcta información visual difundida al agente encargado del laboratorio, es decir que, de acuerdo con los valores, las luces del panel cambiaran de estado, para esta prueba se establece valores predefinidos de temperatura que ayudara para su verificación.

En la tabla 9-4 se detalla los valores para la prueba de verificación.

Tabla 9-4: Valores para la prueba de verificación

Luces piloto	
Color	Activación
Verde	El sistema se encuentra dentro del rango de trabajo
Amarillo	El sistema entro en funcionamiento para llegar al rango de trabajo
Rojo	Existencia de errores al iniciar el sistema

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

De acuerdo con el color que se activa se evidencia el estado de funcionamiento que se encuentra el sistema CATH.

En la tabla 10-4 se realiza la prueba de verificación.

Tabla 10-4: Prueba de verificación

Valores de Temperatura	Luces Piloto Establecidas	Comprobación
≤ 15	Amarilla	Correcta
$15 > T \leq 18$	Amarilla	Correcta
$18 > T \leq 19,5$	Amarilla	Correcta
$19,5 > T \leq 20,5$	Verde	Correcta
$20,5 > T \leq 23$	Amarilla	Correcta
$T > 23$	Amarilla	Correcta
$T = 0$	Roja	Correcta

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se muestra en la parte izquierda el rango para el encendido de los diferentes indicadores visuales, en la parte central se establece el color a encender y en la parte derecha se muestra la comprobación del sistema electrónico de visualización, por consiguiente, se establece que el sistema trabaja correctamente acorde a lo establecido.

4.7 Visualización de mensajes

Para esta verificación nos ayudamos con la programación, la comunicación de datos y la visualización de datos en la pantalla OLED implementada en el PLC, para esta prueba se conecta el sensor para la obtención de datos de temperatura y humedad relativa del laboratorio, en la figura 9-4, se visualiza los datos de temperatura y humedad.



Figura 9-4: Visualización de datos

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se observa la temperatura y la humedad de forma clara y entendible esto indica que la comunicación se realiza de forma correcta.

4.8 Pruebas de funcionamiento

Esta prueba tiene como objetivo analizar como el sistema CATH afecta al laboratorio con una comparación de datos con el sistema en funcionamiento.

4.8.1 Sin el sistema CATH

Para esta prueba se toma en cuenta los datos obtenidos de temperatura y humedad sin el funcionamiento del sistema CATH para que se realice una comparación de datos.

En el gráfico 3-4, se tiene la gráfica de temperatura y humedad relativa en el laboratorio con el sistema CATH apagado.

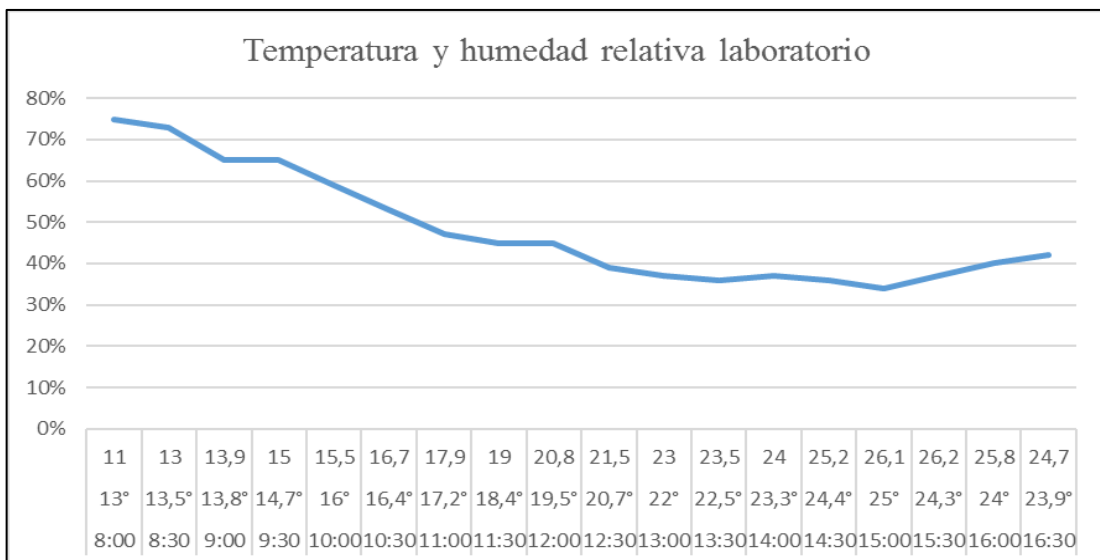


Gráfico 3-4: Datos con el sistema CATH apagado

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

En la tabla 11-4 se muestra los datos del laboratorio con el sistema CATH apagado.

Tabla 11-4: Datos del laboratorio con el sistema CATH apagado

Datos del laboratorio			
Hora	Temperatura externa	Temperatura de laboratorio	Humedad relativa laboratorio
8:00	13°	11,5°	75%
8:30	13,5°	13°	73%
9:00	13,8°	13,9°	65%
9:30	14,7°	15°	65%
10:00	16°	15,5°	59%
10:30	16,4°	16,7°	53%
11:00	17,2°	17,9°	47%
11:30	18,4°	19°	45%
12:00	19,5°	20,8°	45%
12:30	20,7°	21,5°	39%
13:00	22°	23°	37%
13:30	22,5°	23,5°	36%
14:00	23,3°	24°	37%
14:30	24,4°	24,8°	36%
15:00	25°	25,2°	34%
15:30	24,3°	25°	37%
16:00	24°	25°	40%
16:30	23,9°	24,4°	42%

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

De acuerdo con los datos se concluye que el laboratorio no es apto para realizar las pruebas de control de calidad ya que se tiene una variación de temperatura y humedad relativa que superan los valores establecidos en las normas NTE INEN para vidrio templado y laminado.

4.8.2 Validación del sistema CATH

Se pone en funcionamiento el sistema CATH, para la obtención de datos se realizan varias pruebas en diferentes situaciones medioambientales, ya que se requiere que el sistema se valide para cualquier situación meteorológica, el gráfico 4-4, muestra los datos con el sistema CATH encendido.

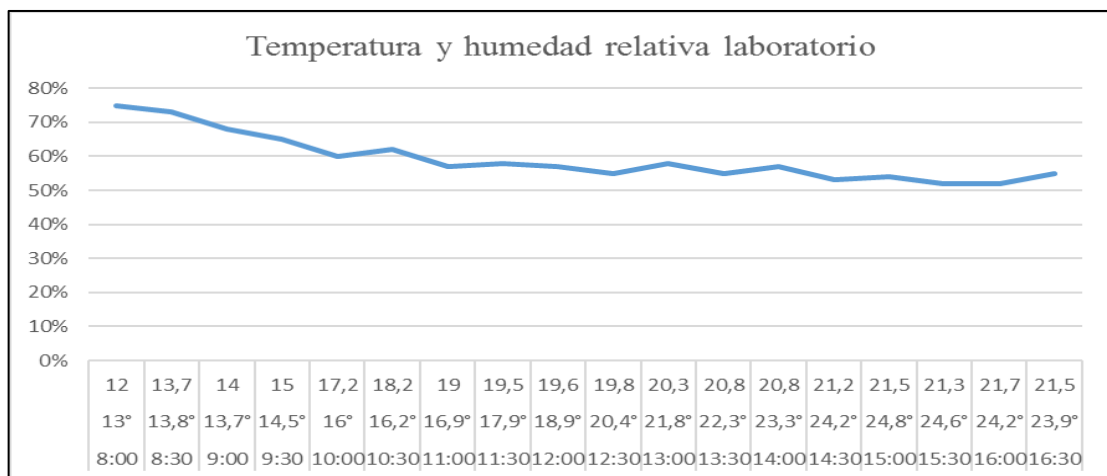


Gráfico 4-4: Datos con el sistema CATH encendido

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

La tabla 12-4, muestra los datos del laboratorio con el sistema CATH encendido.

Tabla 12-4: Datos del laboratorio con el sistema CATH encendido

Hora	Temperatura externa	Temperatura de laboratorio	Humedad relativa laboratorio
8:00	13°	12°	75%
8:30	13,8°	13,7	73%
9:00	13,7°	14	68%
9:30	14,5°	15°	65%
10:00	16°	17,2°	60%
10:30	16,2°	18,2°	62%
11:00	16,9°	19°	57%
11:30	17,9°	19,5°	58%
12:00	18,9°	19,6°	57%
12:30	20,4°	19,8°	55%
13:00	21,8°	20,3°	58%
13:30	22,3°	20,8°	55%
14:00	23,3°	20,8°	57%
14:30	24,2°	21,2°	53%
15:00	24,8°	21,5°	54%
15:30	24,6°	21,3°	52%
16:00	24,2°	21,7°	52%
16:30	23,9°	21,5°	55%

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se observa que el sistema CATH puede estabilizar las condiciones de temperatura y humedad relativa, esto permite realizar pruebas de control de calidad de acuerdo con la norma NTE INEN para vidrio templado y laminado, las condiciones en el laboratorio varían de forma estable.

En el gráfico 5-4, se realiza la comparación de temperaturas del sistema CATH, se analiza que el sistema CATH proporciona una mayor estabilidad y un mejor rendimiento a lo largo del tiempo no ocurre cambios bruscos de temperatura manteniéndose dentro del rango de $20\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$.

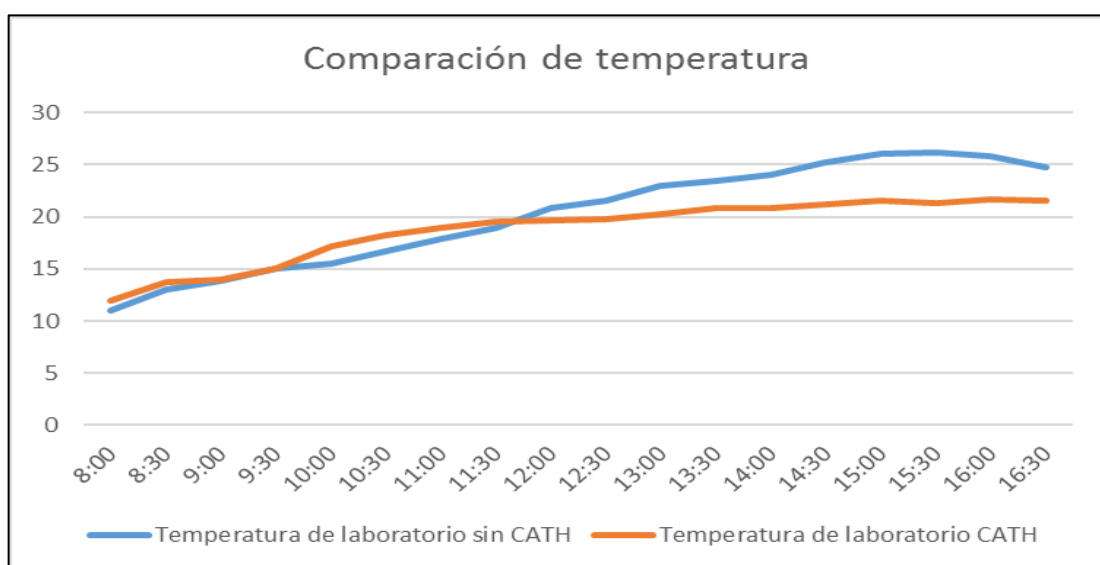


Gráfico 5-4: Comparación de temperaturas

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

4.9 Consumo energético del sistema CATH

El objetivo de esta prueba es obtener el consumo por eficiencia energética y un consumo total, se lo realiza en varias pruebas en diferentes puntos de tiempo.

4.9.1 Consumo energético por eficiencia

La prueba por eficiencia se la realiza con la variación de velocidades de los motores mediante los variadores de frecuencia y el encendido de las niquelinas.

En la tabla 13-4, se registra los datos para el cálculo del consumo energético.

Tabla 13-4: Datos para el cálculo del consumo energético

Muestra	Temperatura inicial	Humedad Inicial (%)	Tiempo de funcionamiento (min.)	Frecuencia Motor 1	Frecuencia Motor 2	Niquelinas	Temperatura final	Humedad final (%)	Consumo energético (kWh)
1	15°	72	60	60	60	On	15,2°	68,8	3,38
2	15°	71,8	60	60	0	On	15,4°	65,3	3,01
3	15°	70,3	60	30	0	On	16°	62,6	2,82
4	15°	68,6	60	30	30	On	15,6°	65,5	3,01
5	15°	67,5	60	45	0	On	16,8°	58,6	2,80
6	23°	48,4	60	60	60	Off	21,3°	55,3	0,746
7	23°	53,3	60	30	0	Off	22,5°	54,2	0,187
8	23°	55,2	60	30	30	Off	21,9°	56,3	0,373
9	23°	56,3	60	0	30	Off	22,6°	56,6	0,187

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Las muestras 1 a la 5 son para el proceso de calentamiento y de la 6 a la 9 son para el proceso de enfriamiento, de acuerdo a la configuración de los actuadores, se determina que los datos de la muestra 5 es la indicada para el proceso de calentamiento ya que indica un incremento mayor en la temperatura, para el caso del enfriamiento se denota que la muestra 6 es la óptima para el proceso ya que muestra un mayor descenso en el nivel de temperatura, esto refleja que el proceso de calentamiento tiene un consumo de 2,80 kWh y para el proceso de enfriamiento se tiene un consumo de 0,746 kWh quedando la configuración en los actuadores como eficientes.

4.9.2 Consumo energético total

El objetivo de la prueba es obtener la potencia total que consume el sistema CATH mediante la activación de los actuadores.

La tabla 14-4, muestra la medición de voltaje y corriente del sistema.

Tabla 14-4: Medición de voltaje y corriente del sistema

Muestra	Voltaje (VAC)	Corriente (A)
1	219,2	15,5
2	219,2	15,8
3	219,2	16,7
4	219,2	16,4
5	219,2	15,7
6	219,2	14,8
7	219,2	15
8	219,2	15,4
9	219,2	16,2
10	219,2	14,2
11	219,2	15,5
12	219,2	16
13	219,2	15,1
14	219,2	15,8
15	219,2	14,7
16	219,2	16,1
17	219,2	16,8
18	219,2	15,9
19	219,2	15,1
20	219,2	14,8
21	219,2	16,2
22	219,2	15,7
23	219,2	16,3
24	219,2	15,4
25	219,2	16,2
26	219,2	15
27	219,2	14,7
28	219,2	16,7
29	219,2	15,6
30	219,2	15,4
Media	219,2	15,62

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

Se muestra que al analizar los datos de voltaje y corriente el consumo promediado es de 219,2 V y 15,62 A, para el cálculo de la potencia se emplea la ecuación 2-4, se obtiene que la potencia de consumo total del sistema CATH es de 3,42 kWh.

$$P = V_{AC} * I_{AC} = 219,2 * 15,62 = 3,42 \text{ kW}$$

Ecuación 2-4

4.10 Evaluación económica

El costo del sistema eléctrico-electrónico en lo que se refiere a *hardware* es de \$ 2106.93 dólares americanos (USD) y se detalla en la tabla 15-4.

4.11 Análisis de costos de equipos

En la tabla 15-4, se detalla la lista de todos los equipos utilizados en la ejecución y desarrollo del sistema con sus respectivos precios.

Tabla 15-4: Costos detallado de *hardware* del sistema electrónico implementado

Cantidad	Descripción	V. Unitario (\$)	V. Total (\$)
4	Disyuntores de riel, 220V a 50 A	9,52	38,08
3	Focos Piloto, Ama, Azul, Rojo	2	6
1	Paro de Emergencia	8,51	8,51
1	Perilla on-off, 2 posiciones	2,3	2,3
2	Pulsadores Industriales: Verde y Rojo	5	10
2	Fusibles tipo cartucho 8 A	0,5	1
2	Porta Fusibles tipo Cartucho	2	4
1	Cuadro de control metálico	25	25
1	Sensores	110	110
2	Rollos de Cable: Rojo, negro 12 AWG	100	200
8	Niquelinas de calentamiento. c/u 300W	14	112
20	Canaletas para cable	2,4	48
2	Extractor o Ventilador 1/2 HP	478,52	957,04
1	PLC	200	200
1	Pantalla OLED (se incluye en el PLC)	0	0
2	Variadores de Frecuencia	185	370
1	Otros, Materiales extras ej: taípe, tornillos, cintas termorresistentes etc.	100	100
Total			2191,93

Realizado por: Patachi B., Ramos C., 2022.

- Toshiba MONTECARLO 110 = \$4780
- Seasonal Classic FHA140A + RZQSG140L9V1 = \$ 6364

Los sistemas comerciales para el mismo propósito tienen un elevado costo de comercialización, se toma en cuenta que los precios son estimados por razones de dimensionamiento del laboratorio y demás, se llega a demostrar que nuestro sistema CATH tiene un ahorro con la primera marca Toshiba del 54,14%, y en el caso de la segunda marca Seasonal Classic se tiene un ahorro del 65,55% por lo que se considera un porcentaje aceptable de inversión.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema para el control automático de temperatura y humedad relativa acorde a las normas NTE INEN para el control de calidad en vidrio templado y laminado. A través de un sensor que monitorea las variables, con el uso del PLC EOPUS C06a que permite controlar grados de temperatura que oscilan entre $20^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa del $60\% \pm 20\%$.
- La implementación del sistema fue en el laboratorio de ensayos de ALUVIDGLASS.CIA. LTDA. ubicada en Ambato en la parroquia de Santa Rosa, se realizó un estudio comparativo debido a los distintos tipos de *hardware* y *software* que el mercado actual ofrece, para su elección, se da prioridad a mecanismos que sean eficientes y que existan en el mercado local ecuatoriano.
- La medición se realiza a través del sensor AMT1001, su calibración no fue necesaria debido a que presenta un error de 0,92% que es aceptable para la implementación en el sistema CATH. La prueba estadística valida el sensor mediante una comparación con el termohigrómetro CENTER342.
- Las etapas de trabajo del sistema CATH se representan mediante la activación de luces piloto y la visualización de datos es mediante la pantalla OLED que incluye el PLC EOUPUS CP06a.
- Se determinó que no se pueden realizar pruebas de control de calidad para vidrio templado y laminado sin la activación del sistema CATH, por la variación de temperatura y humedad relativa que sufre el laboratorio.
- Mediante las pruebas del consumo energético, se establece un consumo para el aumento de temperatura de 2,8kWh y para la disminución de temperatura 0,746kWh dando una eficiencia energética, ya que en el lapso de dos horas se consumirá 5,6kW como máximo.
- Del análisis de costos se determinó que el sistema implementado representa un ahorro promedio de 59,84% en comparación a sistemas comerciales, llegando al precio de \$ 2191,93 precio acorde al presupuesto de la empresa.

RECOMENDACIONES

- Ampliar los tiempos de prueba para encontrar posibles mejoras al diseño del sistema CATH.
- Incorporar métodos de visión artificial para identificar los materiales que se analizan y así determinar los niveles de temperatura en el proceso de control de calidad.
- Estudiar la posibilidad de nuevas prestaciones al sistema como la purificación de aire o el control inalámbrico por voz.
- Incorporar al sistema CATH tecnologías que permitan la conexión con la internet permitiendo crear una base de datos en la nube para el análisis de datos en el comportamiento cotidiano.
- El sistema es escalable ya que su desarrollo brinda las bases y conocimientos necesarios para diseñar sistemas similares en distintos campos relacionados con el control de temperatura.

BIBLIOGRAFÍA

ACSIMB. Eopus CP06a. *Acsimb*. [En línea] 2019. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <http://www.acsimb.com/productos/>.

ARDUINO. *Software Arduino. Arduino*. [En línea] 2021a. [Citado el: 20 de Agosto de 2021.] <https://www.arduino.cc/en/software>.

BARBOSA ABRIL, Sergio Daniel; & GAMBOA ORJUELA, Juan Guillermo. Desarrollo de la ingeniería de detalle de la cámara climatizada para pruebas de equipos y materiales. *Universidad de América*. [En línea] 2019. [Citado el: 03 de Julio de 2021.] <https://hdl.handle.net/20.500.11839/7318>.

CENTENO, José. Mediciones industriales. *Joseal*. [En línea] 2008. [Citado el: 05 de Agosto de 2021.] <http://joseal-medicionesindustriales.blogspot.com/2008/05/2-identificacion-del-sistema-de-medida.html>.

CLIMATE-DATA. Clima Ambato. *Climate-data*. [En línea] 2020. [Citado el: 01 de Julio de 2021.] <https://es.climate-data.org/america-del-sur/ecuador/provincia-de-tungurahua/ambato-2957/>.

CONDOLO GALLEGOS, Hugo David, & PÁEZ CHACHA, Diego Marcelo. Construcción de un reservorio y calentador de agua en la planta alta de un domicilio, para el suministro de agua temperada hacia un conjunto de tres lavadoras de ropa semi-industriales, controlado automáticamente mediante pics. *Escuela Politécnica Nacional*. [En línea] 2012. [Citado el: 02 de Agosto de 2021.] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/4960>.

CORONA, Leonel; et al. *Sensores y actuadores: Aplicaciones con Arduino*. Primera. México : PATRIA, 2014. pág. 317. 978-607-438-936-4.

DATASHEETS. DHT11. *Datasheet*. [En línea] 2020a. [Citado el: 02 de Septiembre de 2021.] <https://datasheetspdf.com/pdf/792210/ABCPROYECTOS/DHT11/1>.

DATASHEETS. DHT12. *Datasheet*. [En línea] 2020b. [Citado el: 03 de Septiembre de 2021.] <https://datasheetspdf.com/pdf/1147840/Aosong/DHT12/1>.

DATASHEETSPDF. AMT1001 Datasheet. *Datasheets*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://datasheetspdf.com/datasheet/AMT1001.html>.

DEFINICIÓN DE. Definición de disyuntor. *Definición*. [En línea] 2019. [Citado el: 10 de Agosto de 2021.] <https://definicion.de/disyuntor/>.

Ebasee. EBS1C AC Contactor. *Ebasee*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] https://www.ebasee.com/products_46/EBS1C-AC-Contactor.html.

ENCARNACIÓN GALLO, Andrea Geovanna; & MAYORGA PARDO, Alex Santiago. Implementación del control de tiempo en las diferentes fases de los procesos de lavado en la empresa lava jeans de la ciudad de Ambato. *Universidad técnica de Ambato*. [En línea] 2010. [Citado el: 07 de Agosto de 2021.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/1836>.

GONZÁLEZ, Ricardo; & AGUILAR, Clara. Tecnología Oled y Moled. *Universidad distrital Francisco de Caldas*. [En línea] 2010. [Citado el: 19 de Agosto de 2021.] <https://doi.org/10.14483/22484728.267>.

GOOGLE SITES. Motores CA. *Sites Google*. [En línea] 2020. [Citado el: 01 de Agosto de 2021.] <https://sites.google.com/site/aleblogtecinc/home/2-electronica-1/corriente-alterna-motores-de-ca>.

INSTRUMENTOS CIENTÍFICOS, SA. Norma ISO 17025: Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración. *Icsa*. [En línea] 2020. [Citado el: 07 de Julio de 2021.] <https://www.icsa.es/laboratorios-analiticos/consultoria-de-laboratorios/norma-iso-17025/>.

ISO. Organización Internacional para la Estandarización. *ISO*. [En línea] 2021. [Citado el: 06 de Julio de 2021.] <https://www.iso.org/about-us.html>.

KINCO. CV20 Series, características. *Kinco*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://en.kinco.cn/productdetail/cv20x1bpq14.html>.

LLUMIGUSIN, Pablo; & HERRERA, William. Diseño y construcción de un prototipo para el control y monitoreo de registro de tiempos de transporte urbano mediante el uso de tecnología rfid, arduino mega y raspberry pi 2. *EPN*. [En línea] 2017. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/18366>.

MANUALSLIB. Manual instructivo 342. *Manualslib*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.manualslib.com/manual/1285783/Center-342.html>.

MARTINES, Enrique. Definiciones de humedad y su equivalencia. *Cenam*. [En línea] ENME, 2007. [Citado el: 09 de Julio de 2021.] <https://www.cenam.mx/dme/pdf/tm02.pdf>.

MARTÍNEZ LENDECH, José Francisco. Tecnologías de actuadores. *Universidad Autónoma del Estado de México*. [En línea] 2020. [Citado el: 14 de Julio de 2021.] https://ri.uaemex.mx/bitstream/handle/20.500.11799/70439/secme-35342_1.pdf?sequence=1&isAllowed=y.

MATEOS, Felipe. Sistema automatizado PLC's. *Isa*. [En línea] 2001. [Citado el: 08 de Agosto de 2021.] <http://isa.uniovi.es/docencia/iea/teoria/plc.pdf>.

MEMMERT. Cámaras climáticas y cámaras de humedad. *Memmert*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Julio de 2021.] <https://www.memmert.com/es/el-producto/camaras-climaticas/>.

MP CONTROL. ¿Qué es una cámara climática? *Mp Control*. [En línea] 2020. [Citado el: 11 de Julio de 2021.] <http://www.mpcontrol.es/index.php/definicion-camara-climatica/>.

NIVIHE. ¿Qué es un guardamotor y para que se usa? *Motores eléctricos*. [En línea] 2018. [Citado el: 01 de Septiembre de 2021.] <https://motores-electricos.com.ar/que-es-un-guardamotor/>.

PALLAS, Ramón. Sensores y acondicionadores de señal. *Baixardo*. [En línea] 2005. [Citado el: 04 de Agosto de 2021.] <https://baixardoc.com/preview/sensores-y-acondicionadores-de-seal-4-ed-ramon-pallas-areny-5c9fd1f05dabf>.

PALLO NOROÑA, Juan Pablo; & AILLÓN ABRIL, Marco Xavier. Diseño de un sistema scada de control automático de temperatura y humedad para los lechos de producción de humus de lombriz en la empresa bioagrotecsa cía. Ltda. *Universidad técnica de Ambato*. [En línea] 2010. [Citado el: 06 de Agosto de 2021.] <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/101>.

PATIÑO, Alfonso. Diseño y elaboración de la guía para sistemas digitales con arduino uno r3. *Repositorio latinoamericano*. [En línea] 2014. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/141125>.

PCE IBERICA. Información sobre la humedad relativa. *Pce iberica*. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de Agosto de 2021.] <https://www.pce-iberica.es/medidor-detalles-tecnicos/humedad-relativa.htm>.

PRODUCTS-ACSIMB. Automatización y control. *Acsimb*. [En línea] 2017. [Citado el: 09 de Agosto de 2021.] <http://www.acsimb.com/productos/>.

PROINDURSA. Cámaras para refrigeración. *Proindursa*. [En línea] 2015. [Citado el: 12 de Julio de 2021.] <http://proindursa.com/producto/camaras-para-refrigeracion/>.

SAE. Acreditación y excelencia: retos de un laboratorio. *Servicio de Acreditación Ecuatoriano*. [En línea] 2020a. [Citado el: 02 de Julio de 2021.] <https://online.fliphtml5.com/asyed/nrtb/#p=72>.

SAE. Organismos de evaluación de la conformidad acreditados. *Servicio de acreditación Ecuatoriana*. [En línea] 2020b. [Citado el: 04 de Julio de 2021.] <https://www.acreditacion.gob.ec/revista-tecnica-acreditando/>.

SEN-INEN. Trámites y Servicios Institucionales. *Servicio Ecuatoriano de Normalización*. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de Julio de 2021.] <https://www.gob.ec/inen>.

SUPER ELECTRICO. Guardamotor 2,5-4 A 1HP. *Super eléctrico*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Septiembre de 2021.] <https://www.superelectrico.com/producto/guardamotor-2-5-4a-1hp/>.

TIPPENS, Paul. *Física conceptos y aplicaciones*. Séptima. México : McGRAW-HILL, 2011. pág. 828. 978-607-15-0471-5.

WEATHER SPARK. El clima y el tiempo promedio en todo el año en Ambato. *Weather Spark*. [En línea] 2020. [Citado el: 10 de Julio de 2021.] <https://es.weatherspark.com/y/20027/Clima-promedio-en-Ambato-Ecuador-durante-todo-el-a%C3%B1o>.

ANEXOS

ANEXO A: DATOS TÉCNICOS SENSOR AMT1001

AOSONG

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Humidity sensor --Voltage output, Model: AM1001/AMT1001

1. Feature & Application:

- Temperature compensated!
- Good price, Fast delivery!
- 0.6-2.7V DC output for humidity!
- Humidity Accuracy +/-5.0%RH!
- Range 20 to 90% RH !
- Light weight, easy installation!

The outstanding accuracy of AM1001/AMT1001 over the entire range is based on very precise calibration methods and the latest microprocessor technology. Well-proven Aosong humidity sensor ensure excellent long-term stability.





2. Technical Specification:

Model AM1001 only detect relative humidity, AMT1001 detect relative humidity and temperature both.

Model	AM1001
Power supply	4-5.5V DC
Output signal	0.6- 2.7V DC
Sensing element	Polymer resistor
Operating range	humidity 20-90%RH; temperature 0~50Celsius
Accuracy	humidity +/-5%RH
Resolution or sensitivity	humidity 1%RH; temperature 1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH; temperature +/-1Celsius
Humidity hysteresis	+/-1%RH
Long-term Stability	+/-1%RH/year
Response time	10s(average)
Interchangeability	fully interchangeable

ANEXO B: CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN DEL TERMOHIGRÓMETRO

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN No: CC-2063-001-20

							
IDENTIFICACIÓN DEL CLIENTE							
NOMBRE:	ALUVIDGLASS CIA. LTDA						
DIRECCIÓN:	TUNGURAHUA / AMBATO / AV. BENARDINO ECHEVERRIA Y JUSTO ALCIDEZVALENCIA						
TELÉFONO:	(593) (3) 2755506/2755356						
PERSONA(S) DE CONTACTO:	CARLOS LASCANO						
IDENTIFICACIÓN DEL ÍTEM DE CALIBRACIÓN							
ÍTEM:	TERMOHIGROMETRO	UNIDAD DE MEDIDA (TEMPERATURA):	°C				
MARCA:	CENTER	RESOLUCIÓN (TEMPERATURA):	0,1				
MODELO:	342	INTERVALO DE MEDIDA (TEMPERATURA) ⁽¹⁾ :	(-30 a 70)				
SERIE:	170200885	UNIDAD DE MEDIDA (HUMEDAD):	%HR				
CÓDIGO ⁽²⁾ :	ALUV-THTH-001	RESOLUCIÓN (HUMEDAD):	0,1				
UBICACIÓN ⁽²⁾ :	LABORATORIO	INTERVALO DE MEDIDA (HUMEDAD) ⁽¹⁾ :	(5 a 98)				
EQUIPAMIENTO UTILIZADO							
CÓDIGO	NOMBRE	MARCA	MODELO	SERIE	FECHA CAL.	VENCE CAL.	
EL.PT.696	CAMARA DE ESTABILIDAD	KAMBIC	KK-105 CHLT	17075513	2019-12-04	2020-12-04	
EL.PC.013	TERMOHIGROMETRO PATRON	VAISALA	M170 / HMP76B	H4510020 / H4950006	2019-06-10	2021-06-10	
EL.PT.773	TERMOMETRO DIGITAL	CONTROL COMPANY	6412	181228173	2019-12-19	2020-12-19	
EL.PT.597	BAROMETRO	CONTROL COMPANY	1081	160458369	2020-05-15	2021-05-15	
EL.PT.365	TERMOHIGROMETRO	CENTER	342	190601459	2020-04-01	2021-04-01	
DECLARACIÓN DE TRAZABILIDAD METROLÓGICA							
Los resultados de calibración contenidos en este certificado son trazables al Sistema Internacional de Unidades (SI) por medio de una cadena ininterrumpida de calibraciones a través del NIST (National Institute of Standards and Technology - Estados Unidos) o de otros Institutos Nacionales de Metrología (INMs).							
CALIBRACIÓN							
MÉTODO:	COMPARACIÓN DIRECTA CON TERMOHIGRÓMETRO PATRÓN Y CÁMARA DE ESTABILIDAD						
DOCUMENTO DE REFERENCIA:	CEM TH-007-2008 (EDICIÓN DIGITAL 1)						
PROCEDIMIENTO:	PEC.EL.04						
LUGAR DE CALIBRACIÓN:	LAB. TEMPERATURA Y HUMEDAD (ELICROM)						
TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA:	20,1 °C	±0,0 °C					
HUMEDAD RELATIVA MEDIA:	50,9 %HR	±0,1 %HR					
PRESIÓN ATMOSFÉRICA MEDIA:	1013 hPa	±0 hPa					
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN EN TEMPERATURA							
Nominal	Lectura Ítem	Lectura Patrón	Error de Medición	Incertidumbre	Factor de Cobertura		
°C	°C	°C	°C	°C	(k)		
28	28,0	28,089	-0,089	0,40	2,00		
RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN EN HUMEDAD RELATIVA							
Nominal	Lectura Ítem	Lectura Patrón	Error de Medición	Incertidumbre	Factor de Cobertura		
%HR	%HR	%HR	%HR	%HR	(k)		
25	29,9	25,03	4,87	2,2	2,00		
45	48,5	45,11	3,39	2,2	2,00		
75	76,2	75,04	1,16	2,6	2,00		
OBSERVACIONES							
La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición (intervalo de confianza), la cual se evaluó con base en el documento JCGM 100:2008 (GUM 1995 with minor corrections) "Evaluation of measurement data - Guide to the expression of uncertainty in measurement", multiplicando la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k , que para una distribución t (de Student) corresponde a un nivel de confianza de aproximadamente el 95,45%. Este certificado no podrá reproducirse excepto en su totalidad sin la aprobación escrita del laboratorio Elicrom-Calibración. Los resultados contenidos en este certificado son válidos únicamente para el ítem aquí descrito, en el momento y bajo las condiciones en que se realizó la calibración.							
NOTA: La lectura del patrón y el error de medición (mejor estimación del valor verdadero) se muestran con la misma cantidad de decimales que la resolución del patrón empleado.							
⁽¹⁾ Información proporcionada por el cliente. Elicrom no es responsable de dicha información.							
⁽²⁾ Información tomada de las especificaciones del ítem de calibración (proporcionada por el fabricante).							
CALIBRACIÓN REALIZADA POR:	Mario Tigreros						
FECHA DE RECEPCIÓN DEL ÍTEM:	2020-07-10	FECHA DE EMISIÓN:	2020-07-14				
FECHA DE CALIBRACIÓN:	2020-07-10						



Autenticación de certificado

Autorizado y firmado electrónicamente por:

Gerente técnico - Autorización EC220319SP



Sustento legal de firma electrónica

ANEXO C: DATOS REGISTRADOS AL INTERIOR Y EXTERIOR DEL LABORATORIO DE ENSAYOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Exterior del laboratorio		
Número de muestra	Temperatura	Humedad relativa
1	15	85
2	15,1	85
3	15,3	80
4	15,3	78
5	15,4	77
6	15,7	74
7	16,2	74
8	16,2	73
9	16,3	70
10	16,6	70
11	17	68
12	17,1	65
13	17,3	62
14	17,5	62
15	17,8	50
16	18,1	49
17	18,4	48
18	18,8	45
19	19	45
20	19,2	44
21	13,2	80
22	13,5	75
23	13,5	72
24	13,5	67
25	13,7	66
26	14	65
27	14,1	62
28	14,4	60
29	14,6	57
30	14,9	54
31	15,4	52
32	16	49
33	16,2	45
34	16,7	42
35	17,2	40
36	17	38
37	17,4	38
38	17,5	36

Interior del laboratorio		
Número de muestra	Temperatura	Humedad relativa
1	15,5	75
2	15,5	75
3	15,5	70
4	15,5	68
5	15,4	69
6	15,7	67
7	15,7	66
8	15,8	65
9	16	65
10	16,3	63
11	16,5	62
12	16,8	62
13	16,8	62
14	17	60
15	17,2	55
16	17,5	53
17	17,9	50
18	18	49
19	18,3	49
20	18,5	47
21	13,5	75
22	13,5	75
23	13,5	72
24	13,5	70
25	13,5	70
26	13,6	69
27	13,7	68
28	13,8	66
29	14	64
30	14,1	63
31	14,2	60
32	14,5	58
33	14,8	58
34	14,9	57
35	15,2	55
36	15,6	55
37	15,9	54
38	16	52

39	18,1	36
40	18,3	36
41	16	75
42	16,2	73
43	16,1	73
44	16,3	72
45	16,6	71
46	17	66
47	17,2	62
48	17,3	60
49	17,5	53
50	17,9	53
51	18,2	54
52	18,7	52
53	19,3	52
54	19,5	51
55	19,6	50
56	19,7	50
57	19,8	51
58	20	51
59	20,2	49
60	20,2	48
61	23	45
62	22,8	45
63	22,7	44
64	22,5	46
65	22,1	46
66	21,9	46
67	21,8	48
68	21,7	48
69	21,6	48
70	21,4	48
71	21,3	48
72	21,1	49
73	21	50
74	20,8	50
75	20,5	50
76	20,3	52
77	20	52
78	20,1	53
79	20,2	53
80	20,3	53
81	19,8	55
82	19,7	55
83	19,6	56

39	16,5	50
40	16,8	45
41	16,1	75
42	16,1	75
43	16,2	73
44	16,2	72
45	16,3	71
46	16,5	68
47	16,8	65
48	17	63
49	17,1	60
50	17,3	58
51	17,5	58
52	17,9	55
53	18,3	52
54	18,6	52
55	18,9	51
56	19	51
57	19,2	52
58	19,3	51
59	19,5	50
60	19,7	50
61	23	45
62	23	45
63	23	44
64	23	44
65	22,8	44
66	22,7	45
67	22,6	45
68	22,6	45
69	22,5	45
70	22,3	46
71	22	45
72	22	46
73	21,9	46
74	21,8	46
75	21,7	48
76	21,6	49
77	21,5	49
78	21,5	49
79	21,4	50
80	21,2	50
81	20,2	45
82	20,1	48
83	20,0	48

84	19,5	58
85	19,3	59
86	19,1	60
87	19,0	61
88	18,7	63
89	18,6	64
90	18,4	66
91	18,2	67
92	17,9	67
93	17,6	68
94	17,4	69
95	17	70
96	16,8	70
97	16,7	71
98	16,6	71
99	16,4	72
100	16,3	72

84	19,9	48
85	19,8	49
86	19,7	50
87	19,7	50
88	19,6	51
89	19,5	52
90	19,3	53
91	19,1	53
92	19,0	54
93	18,8	55
94	18,7	58
95	18,5	59
96	18,3	60
97	18,2	61
98	18,0	62
99	17,9	62
100	17,7	63

ANEXO D: DATOS REGISTRADOS DE TEMPERATURA Y HUMEDAD RELATIVA

Temperatura		
Número de muestra	Sensor AMT1001	Termohigrómetro CENTER342
1	14,9	15
2	15	15,1
3	15,1	15,3
4	15	15,1
5	15,4	15,4
6	15,6	15,7
7	16	16,2
8	16,2	16,2
9	16,2	16,3
10	16,5	16,6
11	16,8	17
12	17	17,1
13	17,2	17,3
14	17,4	17,5
15	17,8	17,8
16	18	18,1
17	18,3	18,4
18	18,6	18,8
19	18,9	19
20	19	19,2
21	13	13,2
22	13,3	13,5
23	13,4	13,5
24	13,5	13,5
25	13,6	13,7
26	13,8	14
27	14	14,1
28	14,3	14,4
29	14,5	14,6
30	14,9	14,9
31	15,4	15,4
32	16	16
33	16,1	16,2
34	16,7	16,7
35	17,1	17,2
36	16,9	17
37	17,3	17,4
38	17,4	17,5
39	18	18,1

Humedad Relativa		
Número de muestra	Sensor AMT1001	Termohigrómetro CENTER342
1	86	85
2	86	85
3	82	80
4	80	78
5	79	77
6	75	74
7	75	74
8	73	73
9	71	70
10	70	70
11	65	68
12	62	65
13	60	62
14	57	62
15	54	50
16	50	49
17	50	48
18	48	45
19	48	45
20	47	44
21	75	73
22	73	73
23	70	72
24	68	67
25	68	66
26	65	65
27	63	62
28	61	60
29	58	57
30	52	54
31	49	52
32	47	49
33	43	45
34	40	42
35	40	40
36	38	38
37	38	38
38	38	36
39	37	36

40	18,2	18,3
41	15,8	16
42	16,1	16,2
43	16,1	16,1
44	16,2	16,3
45	16,5	16,6
46	16,9	17
47	17,1	17,2
48	17,2	17,3
49	17,4	17,5
50	17,8	17,9
51	18,1	18,2
52	18,6	18,7
53	19,3	19,3
54	19,4	19,5
55	19,5	19,6
56	19,6	19,7
57	19,7	19,8
58	19,9	20
59	20,1	20,2
60	20,1	20,2
61	14,8	15
62	15	15,1
63	15,3	15,4
64	15,7	15,7
65	15,9	16
66	16,1	16,2
67	16,2	16,3
68	16,3	16,4
69	16,6	16,7
70	17	17
71	17,1	17,2
72	17,3	17,4
73	17,7	17,8
74	18,3	18,3
75	18,5	18,6
76	18,8	18,9
77	19,4	19,5
78	19,7	19,8
79	20,1	20,2
80	20,4	20,5
81	16	16,4
82	16,5	16,6
83	16,9	16,9
84	17,1	17,2

40	37	36
41	75	75
42	75	73
43	73	73
44	71	72
45	71	71
46	65	66
47	59	62
48	59	60
49	54	53
50	54	53
51	55	54
52	53	52
53	52	52
54	53	51
55	51	50
56	51	50
57	52	51
58	51	51
59	50	49
60	50	48
61	82	80
62	82	80
63	81	80
64	80	79
65	80	78
66	78	78
67	78	78
68	77	77
69	75	76
70	72	74
71	72	72
72	69	70
73	69	69
74	67	66
75	67	67
76	66	66
77	66	65
78	65	65
79	65	64
80	62	62
81	75	75
82	76	75
83	75	74
84	74	74

85	17,4	17,5
86	17,6	17,7
87	18,1	18,2
88	18,3	18,4
89	18,4	18,5
90	18,6	18,7
91	19	19,1
92	19,2	19,3
93	19,3	19,3
94	19,6	19,7
95	20	20,1
96	20,2	20,3
97	20,4	20,4
98	20,7	20,8
99	21,1	21,2
100	21,3	21,4

85	74	73
86	73	71
87	73	71
88	72	72
89	72	72
90	70	68
91	68	67
92	68	67
93	64	63
94	62	62
95	59	59
96	59	59
97	58	59
98	58	57
99	57	57
100	56	55

ANEXO E: DATOS TÉCNICOS VARIADOR DE FRECUENCIA

Mid-type VFD of CV20 series

Mid-type VFD of CV20 series (medium frequency) is a high performance, high efficiency, high reliability, and compactly designed VFD. It is suitable for driving three-phase induction motors with a power range of 0.75kW to 150kW. The VFD is designed to be used in a wide range of applications, such as pumps, fans, conveyors, and cranes. It features a built-in DC link reactor to reduce torque ripple and a built-in soft starter to reduce inrush current. The VFD is also equipped with a built-in regenerative braking unit to recover energy during deceleration.

Key features:

- High efficiency and low energy consumption
- High reliability and long service life
- Compact design and easy installation
- Wide speed range and high torque
- Built-in DC link reactor and soft starter
- Built-in regenerative braking unit
- Advanced protection functions

Operation Section Description

Warning: Before starting the VFD, please read the manual carefully. The VFD is a high-voltage device and should be handled with care. Always use proper safety procedures when working with the VFD.

Operation: The VFD is controlled by a terminal block. The terminal block is located on the front panel of the VFD. The terminal block is used to connect the VFD to the motor and the power supply. The terminal block is also used to connect the VFD to the control circuit.

Stop: The VFD can be stopped by pressing the stop button on the terminal block. The stop button is located on the front panel of the VFD. The stop button is used to stop the VFD and the motor.

Restart: The VFD can be restarted by pressing the restart button on the terminal block. The restart button is located on the front panel of the VFD. The restart button is used to restart the VFD and the motor.

External Dimensions

External dimensions of the VFD are as follows:

- Height: 180mm
- Width: 180mm
- Depth: 180mm

Terminal Block

The terminal block is used to connect the VFD to the power supply, the motor, and the control circuit. The terminal block is located on the front panel of the VFD. The terminal block is used to connect the VFD to the power supply, the motor, and the control circuit.

Weight and Dimensions

Model	Weight (kg)	Dimensions (mm)
CV20-0.75	0.7	180x180x180
CV20-1.5	1.5	180x180x180
CV20-3.0	3.0	180x180x180
CV20-4.5	4.5	180x180x180
CV20-7.5	7.5	180x180x180
CV20-15	15	180x180x180

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

General Information

Input Voltage: 220VAC, 230VAC, 240VAC, 250VAC, 260VAC, 270VAC, 280VAC, 290VAC, 300VAC, 310VAC, 320VAC, 330VAC, 340VAC, 350VAC, 360VAC, 370VAC, 380VAC, 390VAC, 400VAC, 410VAC, 420VAC, 430VAC, 440VAC, 450VAC, 460VAC, 470VAC, 480VAC, 490VAC, 500VAC, 510VAC, 520VAC, 530VAC, 540VAC, 550VAC, 560VAC, 570VAC, 580VAC, 590VAC, 600VAC, 610VAC, 620VAC, 630VAC, 640VAC, 650VAC, 660VAC, 670VAC, 680VAC, 690VAC, 700VAC, 710VAC, 720VAC, 730VAC, 740VAC, 750VAC, 760VAC, 770VAC, 780VAC, 790VAC, 800VAC, 810VAC, 820VAC, 830VAC, 840VAC, 850VAC, 860VAC, 870VAC, 880VAC, 890VAC, 900VAC, 910VAC, 920VAC, 930VAC, 940VAC, 950VAC, 960VAC, 970VAC, 980VAC, 990VAC, 1000VAC

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

Production Information

Model: CV20-0.75, CV20-1.5, CV20-3.0, CV20-4.5, CV20-7.5, CV20-15

Power: 0.75kW, 1.5kW, 3.0kW, 4.5kW, 7.5kW, 15kW

Frequency: 50Hz, 60Hz

Speed: 0.1Hz to 100Hz

Current: 1.5A, 3.0A, 4.5A, 7.5A, 15A

Weight: 0.7kg, 1.5kg, 3.0kg, 4.5kg, 7.5kg, 15kg

ANEXO F: DRIVERS PLC

```
/******PLC LIBRARY*****/  
/******PLC LIBRARY*****/  
  
#define RELAY1_ON digitalWrite(PB12,1)  
#define RELAY1_OFF digitalWrite(PB12,0)  
#define RELAY2_ON digitalWrite(PB13,1)  
#define RELAY2_OFF digitalWrite(PB13,0)  
#define RELAY3_ON digitalWrite(PB14,1)  
#define RELAY3_OFF digitalWrite(PB14,0)  
#define RELAY4_ON digitalWrite(PC13,1)  
#define RELAY4_OFF digitalWrite(PC13,0)  
  
#define TRANSISTOR_1_ON digitalWrite(PB0,1)  
#define TRANSISTOR_1_OFF digitalWrite(PB0,0)  
#define TRANSISTOR_2_ON digitalWrite(PB9,1)  
#define TRANSISTOR_2_OFF digitalWrite(PB9,0)  
#define TRANSISTOR_3_ON digitalWrite(PB8,1)  
#define TRANSISTOR_3_OFF digitalWrite(PB8,0)  
  
#define LEER_IN_PLC_1 digitalRead(PB5)  
#define LEER_IN_PLC_2 digitalRead(PB4)  
#define LEER_IN_PLC_3 digitalRead(PA15)  
#define LEER_IN_PLC_4 digitalRead(PA12)  
#define LEER_IN_PLC_5 digitalRead(PA11)  
#define LEER_IN_PLC_6 digitalRead(PB15)  
#define LEER_IN_PLC_7 digitalRead(PA7)  
#define LEER_IN_PLC_8 digitalRead(PA6)  
  
#define LEER_ANALOGA_0 analogRead(0)  
  
void PLC_Init(void){  
    pinMode(PB12,OUTPUT);  
    pinMode(PB13,OUTPUT);  
    pinMode(PB14,OUTPUT);  
    pinMode(PC13,OUTPUT);  
    pinMode(PB0,OUTPUT);  
    pinMode(PB9,OUTPUT);
```

ANEXO G: PROGRAMACIÓN PLC

```
#include"DS18B20.h"
#include"Drivers_PLC.h"
#include"Funciones.h"
#include <SPI.h>
#include <Wire.h>
#include <Adafruit_GFX.h>
#include <Adafruit_SSD1306.h>
#define SCREEN_WIDTH 128 // OLED display width, in pixels
#define SCREEN_HEIGHT 64 // OLED display height, in pixels
#define OLED_RESET 4 // Reset pin # (or -1 if sharing Arduino reset pin)
#define SCREEN_ADDRESS 0x3C ///< See datasheet for Address; 0x3D for 128x64, 0x3C for 1
Adafruit_SSD1306 display(SCREEN_WIDTH, SCREEN_HEIGHT, &Wire, OLED_RESET);
#define NUMFLAKES 10
#define LOGO_HEIGHT 16
#define LOGO_WIDTH 16
uint8_t Humedad;
static const unsigned char PROGMEM logo_bmp[] =
{ B00000000, B11000000,
  B00000001, B11000000,
  B00000001, B11000000,
  B00000011, B11100000,
  B11110011, B11100000,
  B11111110, B11111000,
  B01111110, B11111111,
  B00110011, B10011111,
  B00011111, B11111100,
  B00001101, B01110000,
  B00011011, B10100000,
  B00111111, B11100000,
  B00111111, B11110000,
  B01111100, B11110000,
  B01110000, B01110000,
  B00000000, B00110000 };
boolean M1=false;//M2=false, Maux=false;//memorias a usar
const int ledPin = PB12;
int ledState = LOW;
unsigned long previousMillis = 0, previousMillis_P = 0;
const long interval=60000, interval_P=2000;
unsigned long currentMillis = millis(), currentMillis_P = millis();
int val_h = analogRead(3);
int H;
void(* Resetea) (void) = 0;
int botonv = 1;
//int M1 = 0;
int Maux = 1;
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  PLC_Init();
  // SSD1306_SWITCHCAPVCC = generate display voltage from 3.3V internally
  if(!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, SCREEN_ADDRESS)) {
    Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
    for(;;); // Don't proceed, loop forever
  }
  display.display();
  delay(2000);
  display.clearDisplay();
  display.drawPixel(10, 10, SSD1306_WHITE);
  display.display();
  delay(2000);
  display.invertDisplay(true);
```

```

delay(1000);
display.invertDisplay(false);
delay(1000);
DS18B20_Init();
}
void loop() {
// put your main code here, to run repeatedly:
botonv= digitalRead(PB5);
if((botonv == LOW) && (Maux == LOW)){
  M1=HIGH;
  delay (100);
}
Maux = botonv;
while(M1==HIGH){
Humedad = map(analogRead(3), 155, 853, 20, 90);
Humedad = Humedad + 2;
//Lectura de las termocuplas
double temp3 = TempRead();
temp3 = temp3 * 0.0625; // conversion accuracy is 0.0625 / LSB
double temp2 = TempRead_1();
temp2 = temp2 * 0.0625; // conversion accuracy is 0.0625 /
display.clearDisplay();
display.setTextSize(2); // Normal 1:1 pixel scale
display.setTextColor(SSD1306_WHITE); // Draw white text
display.setCursor(0,0); // Start at top-left corner
display.println(F("Temp:"));display.println(temp2);
display.setCursor(0,32);
display.println(F("Hum:"));display.println(Humedad);
display.display();
if(temp2<=15 && temp2>5){
  RELAY2_ON;
  RELAY3_OFF;
  RELAY4_OFF;
  if(temp3<=14){
    TRANSISTOR_1_OFF;
    ledState = HIGH;
    digitalWrite(ledPin, ledState);
    if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
      previousMillis = currentMillis;
      TRANSISTOR_1_ON;
      TRANSISTOR_2_OFF;
      TRANSISTOR_3_OFF;
    }
  }
}else{
  ledState = HIGH;
  TRANSISTOR_1_ON;
  TRANSISTOR_2_OFF;
  TRANSISTOR_3_OFF;
  digitalWrite(ledPin, ledState);
}
}
if(temp2<=18 && temp2>15){
  RELAY2_ON;
  RELAY3_OFF;
  RELAY4_OFF;
  if(temp3>=18){
    ledState = LOW;
    TRANSISTOR_1_ON;
    TRANSISTOR_2_OFF;
    TRANSISTOR_3_OFF;
  }
}
}
}

```



```

    digitalWrite(ledPin, ledState);
}
else{
    ledState=HIGH;
    TRANSISTOR_1_ON;
    TRANSISTOR_2_OFF;
    TRANSISTOR_3_OFF;
    digitalWrite(ledPin, ledState);
}
}
if(temp2>18 && temp2<19.5){
    RELAY2_ON;
    RELAY3_ON;
    RELAY4_OFF;
    if(temp3>=19.5){
        ledState = LOW;
        TRANSISTOR_1_ON;
        TRANSISTOR_2_OFF;
        TRANSISTOR_3_OFF;
        digitalWrite(ledPin, ledState);
    }
    else{
        ledState=HIGH;
        TRANSISTOR_1_ON;
        TRANSISTOR_2_OFF;
        TRANSISTOR_3_OFF;
        digitalWrite(ledPin, ledState);
    }
}
if(temp2<=20.5 && temp2>=19.5){
    RELAY2_OFF;
    RELAY3_ON;
    RELAY4_OFF;
    ledState = LOW;
    TRANSISTOR_1_OFF;
    TRANSISTOR_2_OFF;
    TRANSISTOR_3_OFF;
    digitalWrite(ledPin, ledState);
}
if(temp2<=22 && temp2>19.5){
    RELAY2_ON;
    RELAY3_ON;
    RELAY4_OFF;
    TRANSISTOR_1_ON;
    TRANSISTOR_2_OFF;
    TRANSISTOR_3_OFF;
}
if(temp2>22 && temp2<24){
    RELAY2_ON;
    RELAY3_OFF;
    RELAY4_OFF;
    TRANSISTOR_1_ON;
    TRANSISTOR_2_OFF;
    TRANSISTOR_3_ON;
}
if(temp2>=24){
    RELAY2_ON;
    RELAY3_OFF;
    RELAY4_ON;
    TRANSISTOR_1_ON;
    delay(100);
    TRANSISTOR_2_OFF;
}

```

```
delay(100);
TRANSISTOR_3_ON;
delay(100);
}
if(temp2==0 || temp3==0){

RELAY2_OFF;
RELAY3_OFF;
RELAY4_ON;
TRANSISTOR_1_OFF;
TRANSISTOR_2_OFF;
TRANSISTOR_3_OFF;
}
if(LEER_IN_PLC_2==1){
M1=false;
}
/* if(LEER_IN_PLC_3==0){
Resetea();
}*/
}
TRANSISTOR_1_OFF;
TRANSISTOR_1_OFF;
TRANSISTOR_1_OFF;
RELAY2_OFF;
RELAY3_OFF;
RELAY4_OFF;
}
```

ANEXO H: PROFORMA SENSORES



AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL SISTEMAS INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES

Fernando Muñoz.
ING. ELECTRÓNICA Y CONTROL
acsimb.automatizacion@gmail.com
Teléfono: +593 996269430 +593421418
www.acsimb.com

Proforma N° 601

FECHA	18/01/2021
CLIENTE ID	A307
VÁLIDO HASTA	18/02/2021

CLIENTE

Nombre:
Dirección:
[Teléfono].....

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
Equipo de sensores Eopus PLC CP06a:	98,00	1	98,00
1 Módulo de sensor Temperatura y Humedad 5m			
1 Módulo de sensor Temperatura 10m			
1 Módulo de sensor Temperatura 15m			-
			-
			-

SUBTOTAL	\$	98,00
IVA	\$	11,76
TOTAL		109,76

TÉRMINOS Y CONDICIONES

El Equipo se entregará 48 horas luego de confirmar el pago

Si usted tiene alguna pregunta, por favor, póngase en contacto con nosotros

Lalama 103 y Lizardo Ruiz Ambato – Ecuador

ANEXO I: PROFORMA MOTOR



COMERCIALIZADORA TIANJIN SEAMLESS STEEL PIPE PLANT ECUADOR TSPP
TSPP ECUADOR CIA. LTDA.

RUC 1792625815001 TELEFONOS: 2233056-2224465

Cliente: PATACHI BORJA BRAYAN ANDRES
RUC: 0604263517
Direccion: CHIMBORAZO
Telefonos: 0961833308 0
Fecha: 18/11/2020

PROFORMA

P000000522

CANTIDAD	DESCRIPCION	MEDIDA	PRECIO	IVA	DESC.	TOTAL
1,00	EXTRACTOR DE PARED INDUSTRIAL 14" 41X41CM 110/220V 1/4 HP 4 POLOS 1720 RPM 5644CFM 160CMM 14 AL602R	UND	269,480000	12,00	0,00	301,82

	SUBTOTAL	269,48
Observaciones:	DESCUENTO	0,00
FORMA DE PAGO: EFECTIVO, CHEQUE CERTIFICADO, TRANSFERENCIA BANCARIA, TARJETA DE CRÉDITO.	SUBTOTAL NETO	269,48
NOTA:DESCUENTO SOLO APLICA PARA: EFECTIVO O TRANSFERENCIA.	SUBTOTAL 0%	0,00
SI VA A REALIZAR TRANSFERENCIA, FAVOR HACERLO A LA CTA. CTE BANCO. PICHINCHA No.- 2100192167 A NOMBRE DE TSPP ECUADOR CÍA. LTDA.	SUBTOTAL 12 %	269,48
	IVA 12 %	32,34
	TOTAL	301,82

ANEXO J: PROFORMA VARIADOR DE FRECUENCIA



RUC:1717348070001
 Duchicela 1200 y Maria Lt 350
www.imservo.com
 Quito-Ecuador.
 TELF: 02-6002 590/02-2821 278/0999073420.
 Venta de Material Eléctrico e Importaciones.
 Desarrollo de Proyectos Eléctricos y Electrónicos.
 Asesoría Técnica.
contabilidad@imservo.com



QUITO, 15 DE DICIEMBRE DE 2020
 PROFORMA Nro: #5039

EMPRESA:
 PARA: BRAYAN PATACHI.
 DIREC:

Item	Descripción del producto	Cant.	Valor. U.	dcto.	Valor T.
1	VARIADOR DE FRECUENCIA KINCO CV20-2S-0004G 0.5HP/220V ENTRADA MONOFÁSICA - SALIDA TRIFÁSICA	2	206,00	25%	309,00
Incluye: Soporte técnico					

Plazo de entrega : INMEDIATA
 Condiciones de pago: CRÉDITO
 Validez de la oferta: 7 Días

SUBTOTAL	309,00
IVA (12%)	37,08
TOTAL	346,08

Nota: Nuestros equipos tiene un año de garantia contra defectos de fábrica

Ing.Mateo Siza.
 Analista de Ventas
 Telf:02-6 002 590/0992679083 
ventas1@imservo.com

TODOS RELACIONADOS EN MATERIAL ELÉCTRICO-ELECTRÓNICO Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
 DISTRIBUIDOR DIRECTO:

XINJE-SIEMENS-SCHNEIDER-AUTONICS-CHINT-ABB-LG-TIBOX-DELTA



ANEXO K: PROFORMA NIQUELINAS



Ciudadela: Clemente Ballén, calle Nicolás de la Peña # 514-92 y Maximiliano Ontaneda
1717000366001
mc_sterilizer@outlook.com
Quito – Ecuador

PROFORMADO: ATENCIÓN: Brayan Patachi REFERENCIA: Niquelinas DIRECCIÓN: Guano RUC: 0604263517 TELÉFONO: 0961833308	Fecha: 16/12/2020 Validez: 5 días o hasta agotar stock Consultor: Ing. Stalin Celi
Proforma: 001-001-012102313	

MC STERILIZER agradece la oportunidad de permitirnos ofertar nuestros productos esperamos que esta información cumpla con sus requerimientos. Nuestros 14 años en el mercado nacional nos sustentan.

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	V. UNITARIO	VALOR TOTAL
1	DESCRIPCIÓN GENERAL: Niquelinas metálicas, 110V- 60Hz	4	\$25,00	\$100,00
	CONDICIONES DE NUESTRA OFERTA: -Tiempo de entrega: En la ciudad de Quito el tiempo de entrega es inmediato. Para otras provincias, el tiempo de entrega es de 24 a 48 horas según la ubicación y logística de la empresa de transporte. - Forma de pago: Contado, transferencia o depósito. No se aceptan cheques. - Por Servientrega o Tramacó en caso de ser entrega a provincias con costo adicional asumido por el cliente. O la mercadería puede ser retirada de nuestras oficinas. - En caso de requerir entregas a domicilio existe un costo de envío adicional. La presente proforma no consta del valor de envío.		Sub. Total: \$100,00 12% I.V.A.: \$12,00 TOTAL \$112,00	
TOTAL: Ciento doce con 00/100 dólares.				

Atte.



Ing. Stalin Celi
MC STERILIZER
0998149713/ 0995257893/ 0984498684

ANEXO L: PLATAFORMA TABLERO DE CONTROL



Ambato, 14 de diciembre del 2020.

Proforma N°239

Proforma a nombre de Brayan Patachi.

Lista de Materiales

Cantidad	Producto	Descripción
4	Disyuntores de riel	220 a 50 A
3	Focos Pilotos	Verde, Amarillo, Rojo
1	paro de emergencia	Rojo
1	Perilla ON-OFF	2 posiciones
2	fusibles	Cartucho 8 amp
2	porta fusibles	Cartucho
2	Contactores	
2	guardamotores	Motor 1/2 hp
1	caja de control metálica	30*30
2	pulsadores industriales	Rojo y verde

Código	Descripción	Tipo	Cantidad	Precio	PVP	Total
BR3P5CA	BREAKER EBASEE 3P 50A	U	4.00	7.9464	8.9000	35.5999
LUZ04	LUZ 22MM CSC. VERDE 220V	U	1.00	1.5179	1.7000	1.7000
LUZ02	LUZ 22MM CSC AMARILLO 220V	U	1.00	1.5179	1.7000	1.7000
LUZ01	LUZ 22MM CSC ROJA 220V	U	1.00	1.3393	1.5000	1.5000
EBSA4-B5542	PULSADOR 22MM METALICO HONGO 40MM EBASEE	U	1.00	3.5714	4.0000	4.0000
EBSA4-BD21	SELECTOR 2 POSICIONES METALICO EBASEE	U	1.00	3.1250	3.5000	3.5000
R14-20-6A	FUSIBLE 10X38 6A CSC	U	2.00	0.4464	0.5000	0.9999
RT18-32/1P	BASE FUSIBLE 10X38 32A 1P CSC	U	2.00	1.8750	2.1000	4.2000
EBS1C-32/22	CONTACTOR 10HP 32A 220V EBASSE	U	2.00	19.6429	22.0000	44.0001
EGV2-M10-4-	GUARDAMOTOR EBAS 4-6.3 A	U	2.00	20.5357	23.0000	46.0000
BJS1-3030/1:	TABLERO METALICO SBOX 30X30X15CM	U	1.00	25.8929	29.0000	29.0000
FPB-EA2/R	PULSADOR 22MM PLAST ROJO 1NC CSC	U	1.00	1.6071	1.8000	1.8000
FPB-EA1/G	PULSADOR 22MM VERDE PLASTICO CSC	U	1.00	1.6964	1.9000	1.9000



ANEXO M: PROFORMA PLC Y QUEMADOR



AUTOMATIZACION Y CONTROL
SISTEMAS INDUSTRIALES Y RESIDENCIALES

Ing. Fernando Muñoz.
ING. ELECTRÓNICA Y CONTROL
fermu62@gmail.com
Teléfono: +593 996269430 +593421418

Proforma N° 1323

FECHA	16/12/2020
CLIENTE ID	EBP01
VÁLIDO HASTA	16/1/2021

CLIENTE

Nombre: Brayan Patachi
Dirección:
[Teléfono: 0961833308.....]

DESCRIPCIÓN	PRECIO UNIT.	CANT.	TOTAL
PLC Eopus CP06 24Vdc 8 in dc, 4 out rele, 3In Analog (1-10v, 1 0-20mA 1 NTC 10 k), 1 Out analog 0-10V	185,00	1	185,00
Cable de programacion,	22,00	1	22,00
			-
			-
			-
			-

TOTAL \$ 207,00
I.V.A. \$ 24,84
TOTAL \$ 231,84

TÉRMINOS Y CONDICIONES

*No incluye costo de envío fuera de la ciudad de Ambato

*

X _____
Cliente

X _____
Vendedor

Si usted tiene alguna pregunta, por favor, póngase en contacto con nosotros

Lalama 103 y Lizardo Ruiz Ambato – Ecuador

ANEXO N: CERTIFICADO DE LA EMPRESA



Ambato, 28 de enero de 2022

CERTIFICA:

Que el Señor **BRAYAN ANDRES PATACHI BORJA**, con la cédula de ciudadanía número 060426351-7 y el Señor **CARLOS AGUSTIN RAMOS SAIGUA**, con la cédula de ciudadanía número 060458495-3, estudiantes de la Carrera de Electrónica y Automatización de la Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, realizaron la implementación de un sistema de control automatizado para mantener dentro de los límites permitidos la temperatura y húmeda relativa de nuestro laboratorio, según los requisitos de las normas NTE INEN 1722, NTE INEN 1723, NTE INEN 1727, NTE INEN 1728, NTE INEN 1730, permitiendo ampliar nuestra capacidad de ensayos para mantener la certificación INEN. El sistema de control está funcionando conformemente.

Atentamente,


Alejandra Lascano
Representante del Laboratorio




Carlos Lascano
Gerente

 (03)2 275 5356 / 2 755 506 / 2 755 507 / 098 736 4069
 aluvidlascano@hotmail.com
 Monseñor B. Echeverría Rutz (Sector Santa Rosa) Ambato - Ecuador
 www.aluvidglass.com  aluvidglass

