



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

PROPUESTA TECNOLÓGICA

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN PROCESO DE SECADO DE CACAO Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS EN HMI”

Proyecto de Titulación presentado previa a la obtención
del Título de
INGENIEROS EN ELECTROMECAÁNICA.

Autores:

Cortez Vega Willian Alexander
Saillema Infante Edgar Marcelo

Tutor:

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc

LATACUNGA -ECUADOR

MARZO 2021



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **Cortez Vega Willian Alexander** y **Sailema Infante Edgar Marcelo** declaramos ser autores de la presente Propuesta Tecnológica:

“Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI”, siendo el Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Cortez Vega Willian Alexander

CC: 050286604-9

Sailema Infante Edgar Marcelo

CC: 180440780-5



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el título: **“Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI”**, de Cortez Vega Willian Alexander y Sailema Infante Edgar Marcelo, de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo del 2021

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc.

CC: 050234776-8



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: Cortez Vega Willian Alexander con C.C. 050286604-9 y Sailema Infante Edgar Marcelo con C.C. 180440780-5 con el título de Proyecto de titulación:

“Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, Marzo del 2021

Para constancia firman:

Lector 1

Ing. Jefferson Alberto Porras Reyes
CC: 070440044-9

Lector 2

Ing. Mauro Dario Albarracín Álvarez
CC: 050311373-0

Lector 3

Ing. Cristian Fabián Gallardo Molina
CC: 050284769-2

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer principalmente, a Dios por darme salud, vida y por ayudarme a culminar mi carrera, a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirme las puertas, a todos sus docentes por el conocimiento impartido tanto en el salón de clases como en los talleres, también quiero agradecer a mis padres Fabiola y Willian que siempre me apoyaron y guiaron en transcurso de mi carrera, a mis hermanas Pame y Dany por siempre darme ánimos en momentos difíciles, a nuestro tutor Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos

WILLIAN

AGRADECIMIENTO

Me gustaría agradecer principalmente, a Dios por darme salud y vida agradezco a mis padres que siempre me brindaron su apoyo condicional cuando lo necesite, A la Universidad Técnica de Cotopaxi y a todos sus docentes por el conocimiento impartido, a mi familia, personas y colegas que me han apoyado durante este proceso de investigación, a mis hermanos y amigos que me apoyaron de una u otra manera, a nuestro tutor Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.Sc. por haberme orientado en todos los momentos que necesité sus consejos.

EDGAR

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado con todo mi cariño, a mi madre Fabiola y a mi padre Willian, quien a lo largo de mi vida han velado por mi educación y bienestar siendo mi apoyo en cada momento, a toda mi familia que me apoyaron en el transcurso de mi carrera profesional, también dedico este trabajo a mi novia Gaby por apoyarme y ser esa persona que me motiva a seguir adelante, y a todos mis amigos que me ayudaron en el transcurso de esta investigación.

WILLIAN

DEDICATORIA

Este trabajo de investigación va dedicado con todo mi cariño, a mi madre por darme la vida y enseñarme muchos valores, a mi padre por enseñarme el concepto de respeto y a toda mi familia en general por comprender y ayudarme en mi carrera profesional. También dedico este trabajo a todos mis amigos que me ayudaron y fueron testigos del arduo trabajo y tiempo empleado en esta investigación.

EDGAR

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	i
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	ii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN.....	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA.....	vi
ÍNDICE DE CONTENIDO	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xix
RESUMEN	xx
ABSTRACT	xxi
AVAL DE TRADUCCION.....	xxii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.2. TIPO DE ALCANCE	2
2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO.....	2
2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	2
2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA	3
2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA	4

2.8. OBJETIVO(S)	4
2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS	5
3. MARCO TEÓRICO	5
3.3. Sensores	13
3.4. Sistema SCADA	20
3.5. Procesos de secado de cacao	25
4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL	26
4.1. Definición de variables entrada y salida	26
4.2 Diseño Experimental	26
4.3. Diseño electrónico	28
4.4. Acondicionamiento	30
4.5. Calibración de sensores	36
Fuente: Autores.	36
4.6. Diseño del HMI	37
4.7. Estación meteorológica.	37
5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	38
5.1. Resultados de la toma de datos	38
5.2. Resultados y análisis de la toma de datos	40
5.3. HMI	51
5.4. Sistema de comunicación	52
5.5. Determinación de error en los módulos	53

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS	53
6.1. Presupuesto	53
6.2. Análisis de impacto	56
6.3. Beneficiarios del proyecto	56
7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
7.1. Conclusiones.....	57
7.2. Recomendaciones	57
8. BIBLIOGRAFÍA	58
ANEXOS	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Etapas requeridas para los DAQ a implementar.	7
Figura 3.2. Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos.	8
Figura 3.3. Bus de datos de 16 y 32 bits.....	9
Figura 3.4. Microcontrolador Arduino uno	10
Figura 3.5. Microcontrolador Arduino 2560 mini.....	10
Figura 3.6. Pines del microcontrolador Atmega 328.....	11
Figura 3.7. Acondicionamiento de la señal de los transductores.	13
Figura 3.8. Esquema de una termocupla o termopar.	16
Figura 3.9. Curva de termistores NTC y PTC	16
Figura 3.10. Esquema de un sensor infrarrojo.....	17
Figura 3.11. Esquema de sensor piezoeléctrico.....	18
Figura 3.12. Esquema de construcción de un sensor capacitivo.	18
Figura 3.12. Piranómetro.....	19
Figura 3.13. Pirheliómetros.	19
Figura 3.14. Estación meteorológica.	20
Figura 3.15. Pirámide de automatización.	21
Figura 3.16. Estructura lógica general de una base de datos.....	22
Figura 3.17. Diagrama M-R.	23
Figura 3.18. Modelo básico basado en registros.	23
Figura 3.19. Modelo básico basado en registros.	24

Figura 3.20. Secado natural de cacao.....	25
Figura 3.21. Secado artificial de cacao.....	25
Figura 4.1. Termistor 100k Ntc 3950.....	27
Figura 4.2. Termocupla tipo K.....	28
Figura 4.3. Atmega2560.....	29
Figura 4.4. Atmega328.....	29
Figura 4.5. Circuito acondicionador del termistor.....	30
Figura 4.6. Circuito acondicionador de termocupla.....	30
Figura 4.7. Circuito Atmega 2560.....	31
Figura 4.8. Esquema de reloj a tiempo real.....	31
Figura 4.9. Esquema de la tarjeta SD card.....	32
Figura 4.10. Puertos de entrada del módulo maestro.....	32
Figura 4.11. Diagrama de flujo de módulo maestro.....	33
Figura 4.12. Esquema completo del módulo de esclavos.....	34
Figura 4.13. Diagrama de flujo de módulo de esclavos.....	35
Figura 4.14. Curva de dispersión.....	36
Figura 4.15. HMI realizado en Unity.....	37
Figura 4.16. Estación meteorológica.....	37
Figura 5.1. Datos censados adquiridos por la estación meteorológica.....	40
Figura 5.2. Distribución de las secciones del colector.....	41
Figura 5.3. Temperatura el punto A.....	41

Figura 5.4. Temperatura el punto B.	42
Figura 5.5. Temperatura el punto C.	43
Figura 5.6. Temperatura de entrada y salida	43
Figura 5.7. Temperatura en el vidrio del punto A de los 6 módulos.....	44
Figura 5.8. Temperatura en la mitad del punto A de los 6 módulos.	45
Figura 5.9. Temperatura en la placa del punto A de los 6 módulos.	45
Figura 5.10. Temperatura en el vidrio del punto B de los 6 módulos.....	46
Figura 5.11. Temperatura en la mitad del punto B de los 6 módulos.....	47
Figura 5.12. Temperatura en la placa del punto B a de los 6 módulos.	47
Figura 5.13. Temperatura en el vidrio del punto C de los 6 módulos.....	48
Figura 5.14. Temperatura en el punto C medio de los 6 módulos.....	49
Figura 5.15. Temperatura en la placa en el punto C de los 6 módulos.	49
Figura 5.16. Temperatura a la entrada de los 6 módulos.....	50
Figura 5.17. Temperatura a la salida de los 6 módulos.....	51
Figura 5.18. Módulos RS485	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Actividades y tareas.....	5
Tabla 3.1. Tipos, características y acondicionamiento de transductores.....	11
Tabla 3.2. Clasificación de los sensores.....	14
Tabla 3.3. Materiales utilizados en la construcción de RTD.....	14
Tabla 3.4. Rango de temperaturas de diferentes tipos de termopar.....	15
Tabla 4.1. Operacionalización de las variables de entrada.....	26
Tabla 4.3. Procedimiento experimental.....	26
Tabla 4.4. Características de termocupla tipo K + módulo sensor Max6675.....	28
Tabla 5.1. Análisis y resultados.....	38
Tabla 5.2 Toma de datos del módulo maestro.....	39
Tabla 5.3 Tiempos de comunicación.....	53
Tabla 5.4. Comparación de datos con el dato patrón.....	53
Tabla 6.1. Materiales Electrónicos.....	54
Tabla 6.2. Estructura del sistema y diseño de ingeniería.....	54
Tabla 6.3. Gastos varios.....	55
Tabla 6.4. Gastos directos totales.....	55
Tabla 6.5. Gastos indirectos totales.....	55
Tabla 6.6. Gastos totales.....	56

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN PROCESO DE SECADO DE CACAO Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS EN HMI”

Autores:

Willian Alexander Cortez Vega

Edgar Marcelo Sailema Infante

RESUMEN

Hoy en día el desarrollo en la electrónica ha motivado a que la sociedad humana busque formas para automatizar el hogar, la industria, la agricultura, el transporte etc. En este proceso de automatización el microcontrolador juega un papel muy importante para el desarrollo de sistemas inteligentes, la adquisición de datos aporta un mayor control a los procesos de una organización y una respuesta más rápida a los fallos que se puedan producir, la falta de estos sistemas y la visualización de los parámetros a monitorizar provoca que los productos no cumplan con los estándares de calidad, también pérdidas económicas y de tiempo al no disponer de información base para el análisis.

El presente estudio consiste en la toma de datos, almacenamiento y monitoreo en la cámara interna de seis paneles solares de placa plana existentes, el sistema mide las magnitudes de temperatura mediante 66 sensores, la distribución de los dispositivos se encuentran a la entrada, en la superficie de la placa de metal, en la mitad y en la parte superior donde se encuentra el vidrio, también un sensor estará ubicado en la salida de cada uno de los módulos esto con la finalidad de tener una medida precisa en las diferentes secciones, se utilizó un software libre para la visualización de los parámetros como lo es Unity, el sistema de adquisición de datos tendrá la ventaja de almacenar los parámetros medidos en el transcurso del día, también contará con una estación meteorológica que medirá humedad relativa, radiación solar y velocidad de viento en el exterior. El sistema de comunicación inalámbrico Xbee envía 7 segundos al HMI debido alto número de datos, esto no causa problemas debido a que en la memoria SD, los datos almacenados llegan a cada minuto.

Palabras claves: Adquisición de datos, sensores, HMI.

COTOPAXI TECHNICAL UNIVERSITY
FACULTY ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

TITLE: “IMPLEMENTATION OF A DATA ACQUISITION SYSTEM OF A COCOA DRYING PROCESS AND PARAMETER VISUALIZATION IN HMI”

Authors:

Willian Alexander Cortez Vega

Edgar Marcelo Sailema Infante

ABSTRACT

Today the development in electronics has motivated human society to seek ways to automate the home, industry, agriculture, transportation, etc. In this automation process, the microcontroller plays a very important role for the development of intelligent systems, the acquisition of data provides greater control to the processes of an organization and a faster response to the failures that may occur, the lack of these systems and the visualization of the parameters to be monitored causes that the products do not comply with the quality standards, also economic and time losses due to the lack of basic information for the analysis.

This study consists of data collection, storage and monitoring in the internal chamber of six existing flat-plate solar panels, the system measures the temperature magnitudes by means of 66 sensors, the distribution of the devices are at the entrance, in the surface of the metal plate, in the middle and in the upper part where the glass is located, also a sensor will be located at the output of each of the modules this in order to have a precise measurement in the different sections, it is used a free software for the visualization of the parameters such as Unity, the data acquisition system will have the advantage of storing the parameters measured during the day, it will also have a meteorological station that will measure relative humidity, solar radiation and speed wind outside. The Xbee wireless communication system sends 7 seconds to the HMI due to the high number of data, this does not cause problems because in the SD memory, the stored data arrives every minute.

Keywords: Data acquisition, sensors, HMI



Universidad
Técnica de
Cotopaxi

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCION

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que: La traducción del resumen de la propuesta tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores Egresados de la Carrera de **ELECTROMECAÁNICA** de la **FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y**

APLICADAS: CORTEZ VEGA WILLIAN ALEXANDER y SAILEMA INFANTE EDGAR MARCELO, cuyo título versa “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS DE UN PROCESO DE SECADO DE CACAO Y VISUALIZACIÓN DE PARÁMETROS EN HMI**”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, marzo del 2021

Atentamente,

LIC. MARÍA FERNANDA AGUAIZA IZA
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS
050345849-9

Firmado digitalmente por
1803027935
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
1803027935
VICTOR HUGO ROMERO GARCIA
Fecha: 2021.03.10
17:05:14 -05'00'

1. INFORMACIÓN GENERAL

PROPUESTO POR:

Cortez Vega Willian Alexander.

Sailema Infante Edgar Marcelo.

TEMA APROBADO:

“Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI.”

CARRERA:

Ingeniería Electromecánica.

DIRECTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.sC.

EQUIPO DE TRABAJO:

Sr. Willian Alexander Cortez Vega.

Sr. Edgar Marcelo Sailema Infante.

Ing. Byron Paúl Corrales Bastidas M.sC. (Tutor)

LUGAR DE EJECUCIÓN:

Zona 3, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Poalo.

TIEMPO DE DURACIÓN DE LA PROPUESTA:

6 meses.

FECHA DE ENTREGA:

Marzo 2021.

EL PROYECTO RECAE SOBRE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

De acuerdo a lo establecido por el departamento de investigación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, línea 4 Procesos Industriales.

SUB LÍNEA DE INVESTIGACIÓN DE LA CARRERA:

Automatización, control y protecciones de sistemas electromecánicos.

PROCESOS PROPUESTA TECNOLÓGICA:

Es una propuesta tecnológica ya que se analizan diversos parámetros de temperatura en los colectores solares de placa plana, los mismos que ayudarán a recaudar información para su posterior estudio, utilizando Software libre como lo es Unity para la adquisición de datos.

2. DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

2.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI.

2.2. TIPO DE ALCANCE

a) Multipropósito: La implementación de un sistema de adquisición de datos en el proceso de secado de cacao, brindara ayuda a las personas a la visualización y monitoreo de temperaturas, también se enfoca en el desarrollo de técnicas en los procesos industriales.

2.3. ÁREA DEL CONOCIMIENTO

- **Campo Amplio**
- 33 ciencias tecnológicas
- **Campo específico**
- 3306 ingeniería y Tecnología Eléctricas
- **Campo detallado**
- 3306.02 Aplicaciones Eléctricas
- **Campo específico**
- 3311 tecnología de la Instrumentación
- **Campo detallado**
- 3311.06 Instrumentos Eléctricos
- 3311 tecnología de la Instrumentación
- **Campo detallado**
- 3311.01 Tecnología de la Automatización
- 3311.02 Ingeniería de Control
- 3311.05 Equipos Eléctricos de Control
- 3311.16 Instrumentos de Medida de la Temperatura (Ver 2213.08)

2.4. SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

La presente propuesta tecnológica está encaminada en la utilización de técnicas de medición, al emplear un sistema de adquisición, monitoreo y almacenamiento de parámetros de temperaturas, en la cámara interna de seis colectores de placa plana, se utilizaron diferentes sensores de variación de voltaje y resistencia para cada uno de los materiales, estos estarán ubicados en varias secciones tales como la entrada, en la parte inferior, en la mitad, en la parte superior y a la salida, con la finalidad de tener una medición precisa en todos los puntos, la visualización de los parámetros medidos será mediante un software libre como lo es Unity

debido a que su lenguaje de programación es universal basado en C++ y es de fácil uso, la comunicación será inalámbrica tratando así llevar un registro de los parámetros medidos en tiempo real, estos datos se guardarán en una memoria micro SD automáticamente ubicada en la placa PCB principal, la cual envía y recibe los datos de los cinco esclavos, la comunicación entre el módulo principal y los esclavos será serial a través de cable RJ14, también contará con una estación meteorológica la cual medirá las condiciones ambientales exteriores para poder comparar la temperatura al ambiente y la de los colectores, lo que se pretende llegar con este proyecto de investigación es brindar la facilidad de tener un historial confiable de las temperaturas para un posterior estudio.

2.5. OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.5.1. Objeto de estudio

Sistema de adquisición de datos en un proceso de secado de cacao.

2.5.2. Campo de acción

Tecnología de la Automatización y Equipos Eléctricos de Control.

2.6. SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA

2.6.1. Situación problemática.

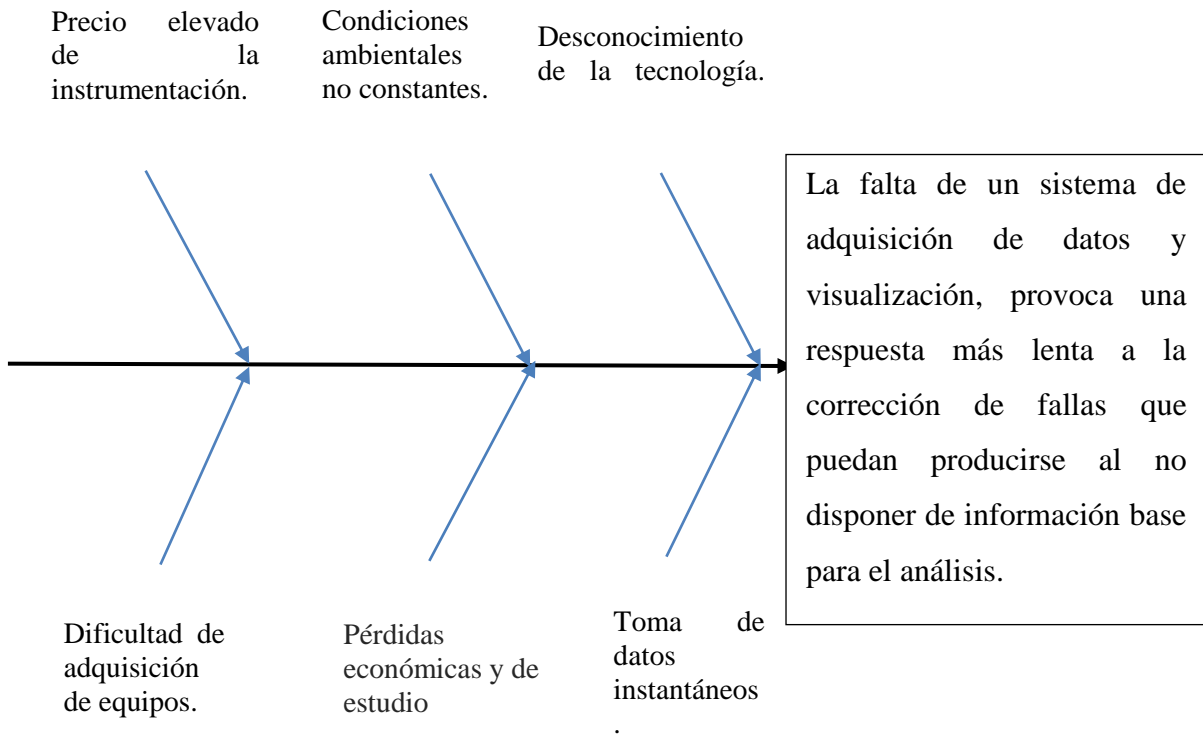
Dentro de las industrias se debe contar con herramientas automatizadas, que faciliten a los operarios la manipulación y control de varios parámetros necesarios en cada proceso para tener una respuesta más rápida a fallos que puedan producirse, los microcontroladores ayudan de manera importante al desarrollo de sistemas inteligentes haciendo más fácil la vida de las personas en el hogar, la agricultura, el transporte, en las industrias etc.

Hoy en día la evolución de procesos que necesitan de monitorización y visualización en HMI apuntan hacia sistemas que cuenten con las necesidades de las personas, mediante el previo análisis de los requerimientos tales como la calidad, seguridad y eficiencia, proporcionando conexiones sencillas de los instrumentos y equipos, los cuales son parte del proceso, así como también ofreciendo al usuario una interfaz de fácil uso.

En la actualidad y en pleno siglo XXI la adquisición de datos es de suma importancia para los procesos que necesitan monitoreo y recopilación de información, la calidad de un producto depende mucho de un buen sistema de adquisición de datos, una de las mayores desventajas es que, un sistema robusto y bien estructurado lleva demasiado tiempo y mucho esfuerzo a la vez costoso, y no se implementa debido a los altos costos que esto implica, existen varios procesos que lo hacen de forma artesanal uno de ellos es el secado del grano de cacao, el cual se tiende sobre un tendal y se lo deja a la intemperie, lo cual es un problema debido a que las

condiciones ambientales varían de acuerdo a la situación geográfica de la zona y la estación del año, esto causa retrasos y pérdidas.

2.6.2. Matriz causa efecto.



2.6.3. Problema

La falta de un sistema de adquisición de datos y visualización de los procesos, provoca una respuesta lenta a la corrección de fallas que puedan producirse al no disponer de información base para el análisis.

2.7. HIPÓTESIS O FORMULACIÓN DE PREGUNTA CIENTÍFICA

La implementación de un sistema de adquisición de datos en tiempo real ayudará a visualizar y llevar un registro diario de los valores asociados a los procesos.

2.8. OBJETIVO(S)

2.8.1. Objetivo general

- Implementar un sistema de adquisición de datos empleando instrumentación en los colectores de placa plana y visualización de los parámetros en HMI.

2.8.2. Objetivos específicos

- Investigar sobre los sistemas de adquisición de datos en procesos de temperatura.
- Seleccionar los diferentes componentes del sistema de adquisición de datos.
- Diseñar el sistema de control de temperaturas y la interfaz de comunicación en HMI.
- Validar el funcionamiento mediante pruebas y toma de datos diarios.

2.9. DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS

Tabla 2.1. Actividades y tareas.

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la Actividad	Medios de verificación
Investigar sobre los sistemas de adquisición de datos en procesos de temperaturas	Revisión bibliográfica sobre los sistemas de adquisición de datos. Revisión sobre sensores.	Análisis de bibliografía.	Papers, libros, tesis.
Seleccionar los diferentes componentes del sistema de adquisición de datos.	Selección de sensores. Selección de microcontroladores.	Análisis de datasheets. Búsqueda de sensores.	Simulaciones. Experimentaciones.
Diseñar el sistema de control de temperaturas y la interfaz de comunicación en HMI.	Diseño de los módulos principales y esclavos. Diseño de la comunicación inalámbrica.	Instalación de módulos. Mediciones.	Módulo funcionando.
Validar el funcionamiento mediante pruebas y toma de datos diarios.	Pruebas de funcionamiento del sistema.	Adquisición de datos. Visualización en el HMI.	Sistema funcionando. Informe final.

Fuente: Autores.

3. MARCO TEÓRICO

3.1. Antecedentes

- En el año 2015, Guzmán, Quevedo, Tijerina y Castro en su artículo de investigación de un sistema de adquisición de datos meteorológicos en la actualidad y previas determinaciones, concluye es dispositivo mide y guarda de manera correcta los datos obtenidos de las diferentes variables medidas encontrando para hoy en día y en la actualidad ser una alternativa a una estación meteorología fabricada, y el sistema HMI tiene la capacidad de realizar varias funciones de visualización extremadamente fácil y

muy didáctica a la vez [1].

- En el año 2011, Gómez y Gómez en su trabajo de investigación de un sistema de adquisición de datos de bajo costo, basado en hardware y software libre concluyen que el modelo final tiene una versatilidad del sistema, y que el mundo del hardware y software libre de bajo costo van encaminados al futuro ya que las alternativas comerciales son caras y difíciles de conseguir y ayuda a la investigación y de trabajo instrumental [2].
- En el año 2019, Barbecho y Loja en su trabajo investigación de desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de granos de cacao con sistema automático de control de temperatura, concluye que el sistema de control el cual permite al usuario tener el mando desde un tablero principal evitando así al usuario que tenga contacto con los componentes, afirma que la temperatura controlada está dentro del rango establecido para el secado [3].
- En el año 2016, Rodríguez, Suárez, y Montaña en su artículo de investigación de la caracterización de sensores de temperatura termopar, termistor y RTDs concluye que los mejores sensores de temperatura para implementar en superficies es los termistores debido a su baja histéresis y a que soporta temperaturas muy altas como su exactitud y en cuanto a las termopares o termocuplas la implementación es difícil ya que tiene una histéresis elevada pero eso se soluciona mediante la calibración que se la realiza con la curva de dispersión [4].
- En el año 2012, González, Nuñez y Molinares en su trabajo de investigación de un sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura concluye la calibración del sistema se basó en la escala de 0°C hasta 95°C debido a que los requerimientos necesarios para el estudio la investigación y la lógica y los datos obtenidos mediante un aparato de medición fue los esperados [5].

La información de trabajos previos ha sido de gran ayuda para la realización de este proyecto.

3.2. Adquisición de datos

En la actualidad existen un sin número de herramientas que permiten manipular diversos recursos para el control y monitorización de diversas variables, estas herramientas se las conocen con el nombre de sistema de adquisición de datos o DAQ, estos sistemas están conformados de distintas etapas, en la primera etapa se pretende determinar todas las variables que ayudaran al análisis y los tipos de transductor adecuados, en la segunda etapa se acondicionan estas variables, con el fin de convertirlas en señales eléctricas que se adecuen a

las especificaciones de los sistemas de adquisición de datos, la tercera etapa calculará y convertirá las señales obtenidas en un código digital esto con el fin de enviarlas a un ordenador mediante uso de herramientas de programación y microcontroladores, la cuarta y última etapa consiste en la utilización de software complejo, los datos de las variables serán procesados para su correcta visualización y manipulación en la figura 3.1 se puede observar las etapas para implementar un sistema de adquisición de datos [6].

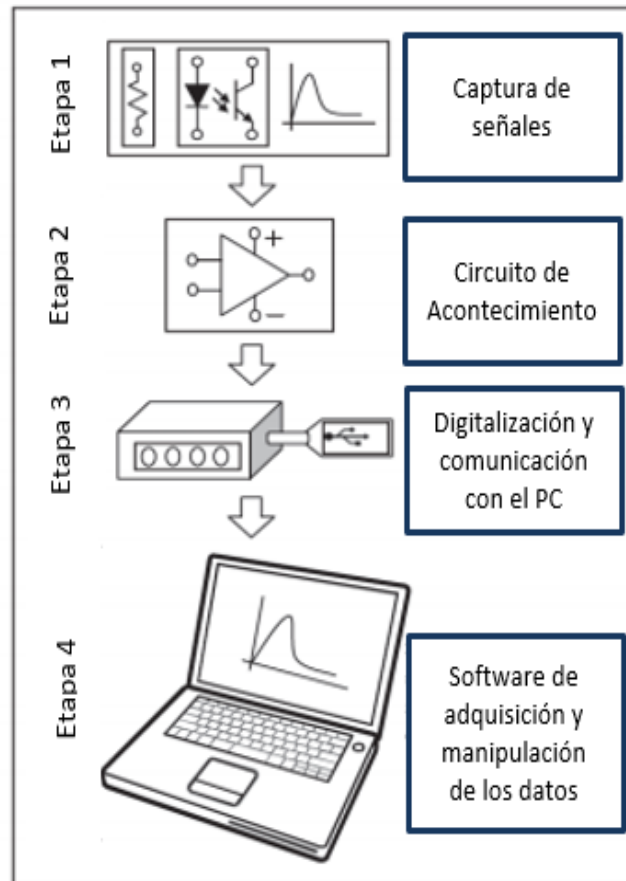


Figura 3.1. Etapas requeridas para los DAQ a implementar.

Fuente: [6].

3.2.1. Tarjeta de adquisición de datos

Las tarjetas de adquisición de datos sirven para obtener muestras de una variable física como puede ser de voltaje, temperatura, radiación, humedad etc. Las tarjetas de adquisición de datos han ido evolucionando con el pasar del tiempo hasta llegar a velocidades de muestreo altas con unidades de GS/s, esto permite que las características de las señales sean muy rápidas y la transferencia a la memoria RAM del computador, un elemento central de la tarjeta de adquisición de datos es el convertidor analógico - digital que es un chip que brinda una representación digital de una señal analógica en un instante de tiempo, las señales analógicas

continuamente cambian con el tiempo y un conversor de señal analógico digital realiza muestras con intervalos de tiempo de la señal estas muestras son transferidas a un computador a través del bus de datos, donde la señal original es ajustada para transformarla en un dato que pueda ser reconocido y adjuntado por un software, como características más relevantes de las tarjetas de adquisición de datos tenemos [7].

- Número de canales analógicos.
- Velocidad de muestreo.
- Resolución.
- Rango de entrada.
- Interfaz de comunicación.

Número de canales analógicos: Es el número de canales de entrada disponibles en la tarjeta, es necesario tomar en cuenta el número de variables que se va a utilizar para un correcto diseño de la instalación.

Velocidad de muestreo: es la velocidad con la que el software de adquisición realizara la toma de muestras, si la velocidad de muestreo es alta mejor será la visualización de las señales analógicas.

Resolución: la resolución está ligada al número de bits del conversor de señal analógica a digital que se utilizan para representar cada muestra.

Rango de entrada: son los límites de tensión máxima de entrada de la tarjeta, para esto existen dos configuraciones.

- Unipolares: solo pueden tener niveles de tensión positiva.
- Bipolares: permiten las dos polaridades sea positiva o negativa.

El bus de datos es la forma como se desea comunicarse con el computador [7].

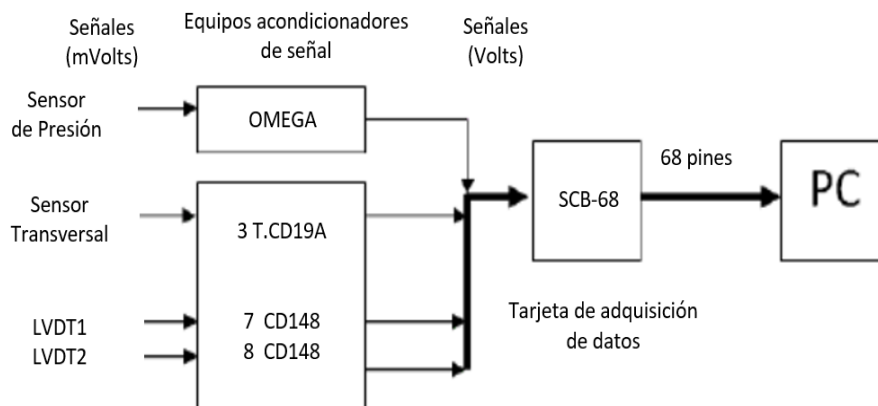


Figura 3.2. Diagrama de bloques de un sistema de adquisición de datos.

Fuente: [8].

3.2.2. Microcontroladores

Los microcontroladores son dispositivos electrónicos capaces de realizar procesos lógicos. Las acciones son programadas en diferentes lenguajes según el usuario, los microcontroladores fueron diseñados y orientados al mercado de las computadoras portátiles y en diversos trabajos que necesitan de una elevada potencia de cálculo y el manejo de una gran cantidad de datos, el tamaño de registro de datos varía dependiendo las necesidades y de los bits que puedan procesar simultáneamente en el mercado generalmente se encuentran de (8, 16, 32 y 64) bits en la figura 3.3 se muestra un esquema de bus de datos de 16 y 32 bits [9].

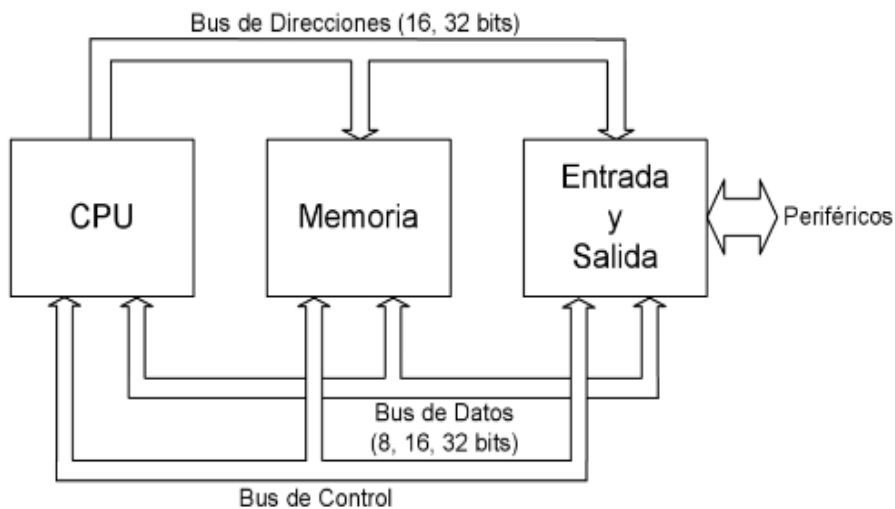


Figura 3.3. Bus de datos de 16 y 32 bits.

Fuente: [9].

Los fabricantes han desarrollado un conjunto de microcontroladores que se caracterizan de tener el mismo diseño, pero diversas funciones tales como.

- Capacidad de operar en paralelo.
- Capacidad de memoria.
- Construcción externa.
- Modos de operación.
- Circuito de interfaz de entrada y salida [10].

3.2.2.1. Plataforma Arduino microcontroladores.

La plataforma Arduino es un microcontrolador de código abierto su principal ventaja es contar con software y hardware de fácil programación y lenguaje universal es una forma fácil de realizar proyectos interactivos para cualquier persona es de libre distribución y utilización, a continuación, detallaremos algunos de los Arduino más utilizados.

3.2.2.2. Arduino uno

Arduino UNO Rev3 es la última versión disponible de la tarjeta Arduino original. Es una tarjeta electrónica basada en el microcontrolador Atmega328, dispone de 14 entradas y salidas digitales, 6 de las cuales se pueden emplear como salidas PWM (modulación de anchura de pulsos). Dispone también de 6 entradas analógicas, un oscilador de 16MHz, una conexión USB, un conector de alimentación, un conector ICSP y un pulsador para el reset [11].



Figura 3.4. Microcontrolador Arduino uno.

Fuente: [11].

3.2.2.3 Arduino 2560 mini

El Arduino mini es una pequeña y completa placa basada en el ATmega328, se compone de un conector mini USB, un chip ATmega328, tiene 2 entradas analógicas más que la placa de Arduino uno y un conector ICSP para programarlo mediante un programador externo si se desea, sin necesidad de cablear el contactor externamente [11].



Figura 3.5. Microcontrolador Arduino 2560 mini.

Fuente: [11].

3.2.2.4 Atmega328

El Atmega328 es un Circuito integrado de alto rendimiento que está basado en un microcontrolador RISC, se compone de 32 KB (ISP) flash, una memoria con la capacidad de leer mientras escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de

propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles con modo de comparación en la figura 3.6, se observa el datasheet de microcontrolador Atmega328.

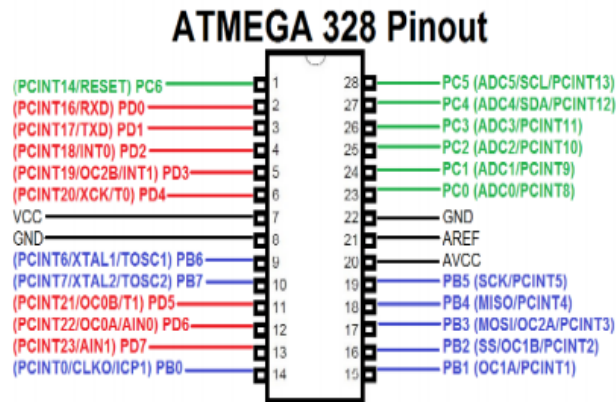


Figura 3.6. Pines del microcontrolador Atmega 328

Fuente: [12].

3.2.3. Acondicionamiento de señales

El acondicionamiento de señal es un proceso que se utiliza principalmente para medir y manipular las señales mejorando la exactitud y el aislamiento, una señal eléctrica producida por transductores tiene que ser convertida para que pueda ser aceptada por el sistema, existen diferentes formas para el acondicionamiento de la señal entre las más comunes tenemos la amplificación, linealización, excitación de transductor y aislamiento [13].

En la tabla 3.1 se puede observar los tipos más comunes de transductores, señales y el acondicionamiento de cada uno de ellos.

Tabla 3.1. Tipos, características y acondicionamiento de transductores.

Sensor.	Características Eléctricas.	Requerimiento para el acondicionamiento de la señal.
Termopar.	Salida de bajo voltaje. Salida no lineal. Baja sensibilidad.	Sensor de temperatura de referencia Alta amplificación. Linealización.
Termistor.	Dispositivo resistivo. Alta resistencia y sensibilidad. Salida no lineal.	Excitación de voltaje o corriente con resistencia de referencia. Linealización.
RTDs.	Baja resistencia.	Excitación de corriente.

	Baja sensibilidad. Salida no lineal.	Configuración de 3 o 4 cables. Linealización.
Galga Extensiométrico.	Baja resistencia. Baja sensibilidad. Salida no lineal.	Excitación de voltaje o corriente. Alta amplificación. Configuración de puente. Linealización. Calibración.
Salida de corriente.	Salida de 4 a 20 mA.	Resistencia de precisión.
Acelerómetros Activos	Alto nivel de salida de Voltaje o corriente. Salida Lineal.	Alimentación de energía. Amplificación moderada.
LVDTs	Salida de voltaje de CA	Excitación de CA. Desmodulación. Linealización.

Fuente: [13].

Amplificación de la señal: Debemos tener en cuenta que, para tener una excelente resolución, la señal debe ser amplificada de tal forma que la tensión máxima llegue a alcanzar un valor igual al valor máximo del rango de entrada del convertidor ya sea analógico o digital.

Linealización de la señal: Algunos sensores como las termocuplas tienen una respuesta no lineal a cambios físicos que se pretende medir, el software permite linealizar los niveles de voltaje y escalarlos.

Excitación de transductor de la señal: Algunos transductores requieren una pequeña excitación para operar, las galgas extensiométricas y los RTDs requieren de voltaje y corriente externas para excitar sus circuitos.

Aislamiento de la señal: Otra manera de acondicionamiento de señal es aislar al computador las señales del transductor con el propósito de seguridad, se puede utilizar un aislamiento en los potenciales de tierra que no afectaran las mediciones desde los dispositivos de adquisición de datos (DAQ), si las diferencias de potencial entre las señales de tierra y la tierra del dispositivo DAQ es muy grande, puede ocurrir daños al sistema de medición, al aislar la señal se elimina el ciclo de tierra y asegurar que las señales son medidas exactamente [13].

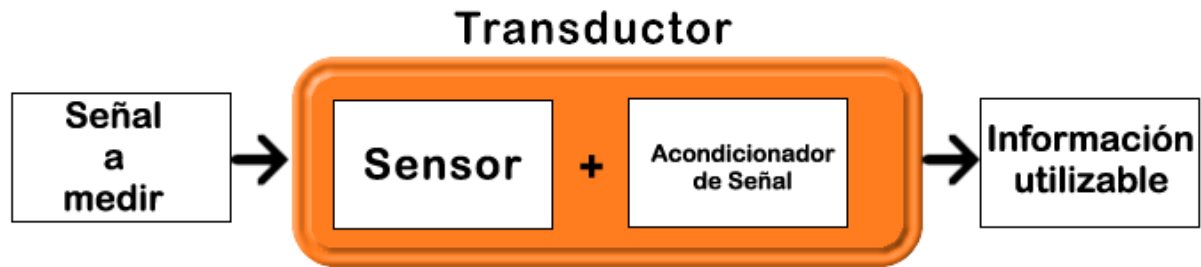


Figura 3.7. Acondicionamiento de la señal de los transductores.

Fuente: [14].

3.3. Sensores

Un sensor es un dispositivo que a partir del entorno donde se mide da una señal que va en función de la variable medida, estas magnitudes normalmente son eléctricas lo que nos permite cuantificar y manipular [15].

Los sensores se clasifican según su:

- El tipo de variable medida
- Su principio de funcionamiento
- El tipo de señal de salida
- El rango de valores de salida
- El nivel de integración

3.3.1 Tipos de sensores

Según el aporte de energía

Estos sensores se dividen en generadores y modulares, los sensores moduladores su principal función es que la energía de la señal de salida en su mayor parte comparte una fuente de energía auxiliar, la entrada controla solo la salida de la señal, en los sensores generadores es lo contrario la energía de salida es proporcionada por la de entrada.

Según la señal de salida

Según la señal de salida los sensores se clasifican en digitales y analógicos, en los analógicos la señal de salida puede cambiar de manera imperceptible en forma continua, en los sensores digitales la salida varía en forma de saltos discretos y no necesitan del cambio A/D, la transferencia de su salida es más fácil la visualización una de las principales características es su fiabilidad en ocasiones pueden ser más exactos, pero la desventaja es que no hay modelos digitales para todas las magnitudes físicas [15].

Modo de funcionamiento

De acuerdo a su modo de funcionamiento los sensores pueden ser de deflexión o de comparación, los sensores de deflexión la magnitud medida produce un pequeño efecto físico, que genera un efecto similar, pero en el instrumento de medición, los sensores que funcionan por comparación, la magnitud de deflexión se intenta que sea nula mediante la aplicación de un efecto opuesto al generado por la magnitud a medir [15].

Tabla 3.2. Clasificación de los sensores.

Criterio	Tipo	Ejemplo
Aporte de energía	Moduladores	Termistor
	Generadores	Termopar
Señal de salida	Analógicos	Potenciómetro
	Digitales	Codificador de posición
Operación	De deflexión	Acelerómetro de deflexión
	De comparación	Servoacelerómetro

Fuente: [15].

3.3.2. Sensores de temperatura

Hoy en día existen varias formas de medir temperatura y una alta gama de sensores en el mercado, mediante la aplicación de sistemas de control utilizando microcontroladores se ha perfeccionado la innovación en los procesos, los más utilizados son los sensores eléctricos debido a su fácil uso y construcción, adaptándose a las características del usuario a continuación se detallan los sensores más utilizados.

3.3.2.1 RTD

En este grupo de sensores se encuentran los RTDs y los termistores, estos sensores están basados en materiales conductores mientras que los termistores son de índole semiconductores, los RTD están fabricados de diferentes materiales tales como se muestra en la tabla 3.3 y su resistencia interna varía entre 20 y 20k, una de las principales ventajas es que el rango de temperatura esta entre 200 °C y 850 °C [16].

Tabla 3.3. Materiales utilizados en la construcción de RTD.

Material	Rango Temp. (°C)	Variación (% / °C) a 25°C	Características
Platino	-269 a 850	0.39	Amplio rango Lineales Estables
Níquel	-80 a 320	0.67	Mayor coef.

			antigua
Cobre	-200 a 260	0.38	Lineal Baja resistividad Rango limitado
Níquel – Acero	-200 a 260	0.46	Aleación poco intercambiable

Fuente: [16].

3.3.2.2. Termocupla o termopar

Son sensores de temperatura termoeléctricos, está conformado por dos elementos de diferentes características conectados en dos juntas diferentes por donde circula una pequeña corriente, al aplicar temperatura los extremos de las uniones genera un voltaje muy pequeño en el orden de miliamperios, este voltaje va aumentando dependiendo del grado de temperatura, en el mercado existen diferentes tipos de termocuplas entre las más comunes son las de tipo J, K, E, y B, cada una de estas tiene diferentes tipos de aplicación y rango de aplicación dependiendo de la temperatura y el entorno donde se desea trabajar a continuación se detalla en la tabla 3.4 los rangos de temperatura y materiales de los diferentes termopares [17].

Tabla 3.4. Rango de temperaturas de diferentes tipos de termopar.

Tipo	Cable + Aleación	Cable- Aleación	Sensibilidad ($\mu\text{V}/^\circ\text{C}$)	Rango de Temperatura $^\circ\text{C}$
K	Níquel- Cromo	Níquel - Aluminio	41	-200 a 1200
J	Hierro	Cobre-Níquel	42.2	-40 a 700
E	Cromo – Níquel	Cromo – Níquel	68	-250 a 900
B	Platino- Rhodio	Platino- Rhodio	10	300 a 1800

Fuente: [17].

La mayoría de estos sensores vienen encapsulados en una carcasa de metal esto para proteger de las condiciones altas que son sometidos los cuales soportan muy altos grados de temperaturas es por eso que son muy utilizados en los procesos industriales dividido a su bajo costo y a su uso en calderas pudiendo llegar a soportar hasta los 2300 ° C, una de las principales desventajas es que no es lineal y la temperatura no siempre sube de forma rápida es por eso que se debe convertir la señal de analógico al digital y eso se logra con el módulo

MAX6675 que nos permite conectarnos a cualquier microcontrolador por SPI en la figura 3.8 se puede observar el esquema de una termocupla tipo k [18].

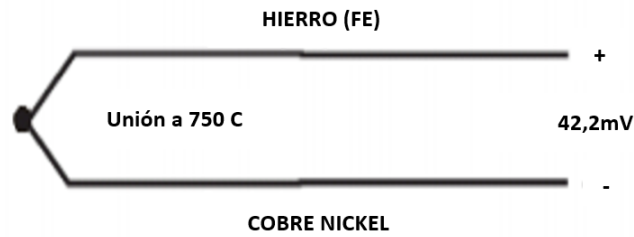


Figura 3.8. Esquema de una termocupla o termopar.

Fuente: [18].

3.3.2.3 Termistor NTC

Los termistores son dispositivos semiconductores con una relación de temperatura que puede llegar a ser positiva y negativa, cuando el coeficiente tiende a cero se los llaman NTC, mientras si es positivo se llama PTC, su principal funcionamiento reside en la resistencia de los semiconductores en base a la temperatura esto debido al cambio de esta con el número de portadores, al momento de agregar temperatura, aumenta también el número de portadores disminuyendo la resistencia, y es así como se presenta un coeficiente de energía negativo, y de ahí que presente coeficiente de temperatura negativo. Esta sujeción cambia con la presencia de impurezas, y si el dopado es muy intenso, el semiconductor adquiere propiedades metálicas con coeficiente de temperatura positivo PTC en un margen de temperatura limitado [16].

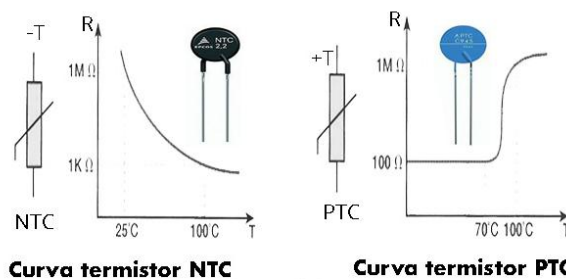


Figura 3.9. Curva de termistores NTC y PTC

Fuente: [19].

A temperatura ambiente la resistencia de un termistor puede llegar a 6% por cada 1°C al aumentar la temperatura, tiene una gran sensibilidad a los cambios de temperatura lo cual los hace que sea muy eficiente y preciso en mediciones, se utilizan especialmente para aplicaciones de control y compensaciones, sirven para la medición de líquidos, sólidos, y gases, debido a su tamaño pequeño se encuentran conectados en sondas, deben estar alojados en materiales especiales para ser protegidos dependiendo el uso que a este se le dé [18].

3.3.3. Sensor de humedad relativa

La humedad relativa es una magnitud ambiental de suma importancia para el monitoreo y control en el desarrollo en las industrias tales como las farmacéuticas y en la fabricación de alimentos ya que se debe controlar la humedad ya que es un factor que afecta a los productos, la humedad relativa hr es la relación entre la cantidad de vapor de agua existente en un metro cubico de aire en condiciones determinadas de temperatura y de presión [20].

Entre los sensores más utilizados tenemos:

- Sensores infrarrojos
- Sensores piezoeléctricos
- Sensores capacitivos

3.3.3.1 Sensores infrarrojos

El principio de funcionamiento se basa en la radiación que absorbe el agua, el agua está ubicada en la parte infrarroja del espectro, particularmente en $\lambda = 1400[\eta\text{m}]$ y $\lambda = 1930[\eta\text{m}]$. Esta propiedad es aprovechada para medir la cantidad de agua existente en un gas, esto consiste en proyectar una fuente de rayos infrarrojos a través de la muestra que se desea medir, y recoger en el otro extremo la radiación resultante, esto se emplea como un receptor adecuado para tal propósito los rangos de temperatura que soportan van de -85°C a 40°C , en la figura 3.10 podemos observar este procedimiento [21].

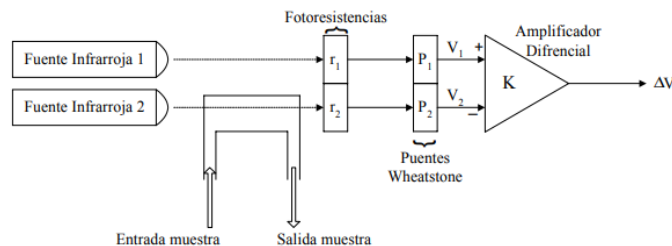


Figura 3.10. Esquema de un sensor infrarrojo

Fuente: [21].

3.3.3.2. Sensores piezoeléctricos

Los piezoeléctricos son fáciles de utilizar ya que solo basta cubrirlos con un material higroscópico para que la cantidad de agua se aumente sobre un cristal en forma proporcional a la humedad absoluta existente, a una mayor masa, menor será la frecuencia de oscilación, este sistema puede llegar a detectar variaciones de hasta $\pm 0.1\text{Hz}$, equivalentes a humedades alrededor de 0.1 PPM estos sensores son robustos, muy sensibles y las transiciones son cortas, la medida que entrega puede ser en forma de frecuencia [21].

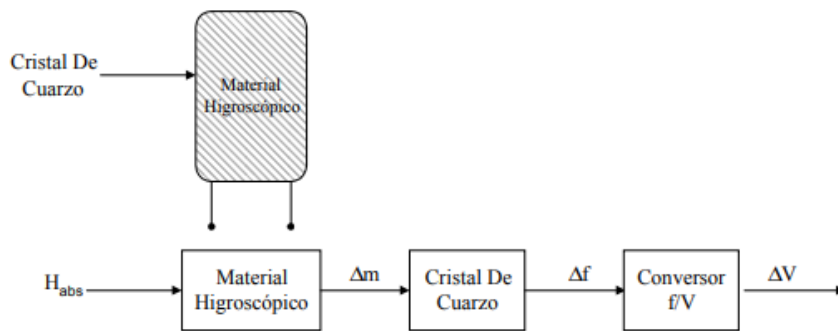


Figura 3.11. Esquema de sensor piezoeléctrico

Fuente: [21].

3.3.3.3. Sensores capacitivos

Estos sensores son los más utilizados en los procesos industriales y de meteorología debido a que tienen una alta fiabilidad, el principio de funcionamiento está basado en el cambio que sufren la capacidad de un condensador al variar constante dieléctrica del mismo, estos sensores pueden operar en rangos de temperatura de entre -80°C A 60°C , se pueden implementar de diferentes formas ya sea con placas cilíndricas o placas rectangulares en la figura 3.12 se puede observar un esquema de construcción con placas rectangulares paralelas [21].

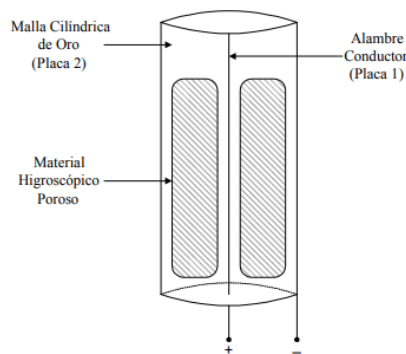


Figura 3.12. Esquema de construcción de un sensor capacitivo.

Fuente: [21].

3.3.4. Sensor de radiación

En la mediada de radiación solar se utilizan sensores de tipo radiométricos los cuales se dividen en piranómetros y pirheliómetros, su principal función es convertir la energía proveniente del sol en otro tipo de energía, esta energía es transformada a eléctrica, de esta manera es más fácil cuantificarla, la anergia obtenida en la medición dependerá de la hora, el grado de inclinación, la orientación donde se coloque el sensor ya que no será la misma radiación incidente en una superficie horizontal que en una vertical [22].

3.3.4.1 Piranómetros

El piranómetro es un dispositivo utilizado en meteorología para cuantificar la cantidad de radiación solar incidente total sobre la tierra en KW o W/M², este dispositivo puede medir la radiación en un campo de 180°, los piranómetros pueden medir radiación semiesférica, difusa y directa, esta radiación es medida en un sensor termopar, cuando haya pasado por dos cúpulas transparentes esto, estos dispositivos se constituyen por una pila termoeléctrica y a su vez está por una serie de termopares colocados en dirección horizontal, este conjunto debe estar pintado con barniz de color negro para absorber la radiación [23].



Figura 3.12. Piranómetro.

Fuente: [23].

3.3.4.2. Pirheliómetros

El pirheliómetro tiene el mismo principio de funcionamiento de un piranómetro, la diferencia es que este mide la radiación solar directa incidente sobre la superficie de la Tierra. Está especialmente diseñado para cumplir con la norma ISO 9060 y con las directrices establecidas por la Organización Meteorológica Mundial, puede suprimir las ondas de radiación no deseadas, midiendo únicamente las seleccionadas [24].



Figura 3.13. Pirheliómetros.

Fuente: [24].

3.3.5. Estación meteorológica

Una estación meteorológica es un dispositivo que recoge datos de distintas magnitudes atmosféricas que se deseen medir, la estación de nuestro trabajo de titulación dispone de sensores de humedad temperatura, velocidad y dirección de viento, presión barométrica, precipitación, índice UV irradiación solar todos estos sensores están conectado a un transmisor de datos conectado hacia la estación base , un panel fotovoltaico suministra energía para que los sensores funcionen , la estación base a través de un display LCD de multicolor de 16 x 9cm provee información de la fecha/hora, memoria de almacenaje, velocidad y dirección de viento, presión barométrica, temperatura/humedad interior y exterior, precipitación y pronóstico climático. También puede ver los datos historiales en forma de gráficos. Y garbarlos en una tarjeta MicroSD, entre los sensores y la base la comunicación es inalámbrica vía radiofrecuencia de 915 MHZ. Alcance aprox. 90 a 30m, La base dispone de una ranura para tarjetas microSD para realizar un backup de los datos grabados con intervalo de 5min [25].



Figura 3.14. Estación meteorológica.

Fuente: [25].

3.4. Sistema SCADA

El sistema control con supervisión y adquisición de datos también llamada SCADA es un sistema que permite a cualquier software el acceso y control de datos remotos de un proceso, utilizando diversas herramientas de comunicación para cualquier caso que se necesite el control de este, el sistema SCADA se trata de un software de monitorización que realiza diversos tipos de tareas entre los niveles de control PLC (controlador lógico programable) y de gestión de nivel superior [26].

Lo necesario para que su instalación sea correcta y aprovechada se debe cumplir con los siguientes parámetros:

- Visualización en sistemas operativos Windows sobre cualquier computador.

- Combinaciones con aplicaciones donde el operario pueda resolver problemas con mayor rapidez
- Sencillas de instalación, con interfaz amigables para el operario
- Capaz de cambiar y adaptarse a las exigencias de la empresa.
- Función de mando y supervisión integradas
- Comunicaciones flexibles.

El paquete SCADA en su versión de herramienta de HMI en sus siglas en inglés human machine interface, brinda muchas utilidades y una serie de funciones para tener una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador [26].

Entre los beneficios que brinda esta herramienta destacan:

- La monitorización
- La supervisión
- La adquisición de datos de los procesos
- Visualización de señales
- Grabación de las acciones realizadas
- Seguridad en los datos

En la figura 3.15 se muestra la pirámide de automatización o CIM la cual se divide en cuatro niveles.



Figura 3.15. Pirámide de automatización.

Fuente: [27].

3.4.1. Base de datos

Una base de datos es el conjunto de elementos y una serie de programas interactuando entre sí, permitiendo a muchos usuarios tener acceso a estos datos ya sea para visualizarlos o actualizarlos, uno de los objetivos principales de una base de datos es la de proporcionar a los operarios una visión de la información, la necesidad de diseñar estructuras complejas de datos da como consecuencia buscar una forma de almacenar estos datos y de administrarlos, para esto existen tres niveles que se deben tomar en cuenta [28].

Nivel físico. En este nivel se busca la manera de cómo realmente se almacenarán los datos en los diferentes medios existentes.

Nivel conceptual. Es donde los datos que se almacenan interactúan entre sí.

Nivel de visión. Describe una parte de la base de datos la cual se puede hacer de diferentes maneras para una misma base de datos la figura 3.16 las estructura que una base de datos debe tener.

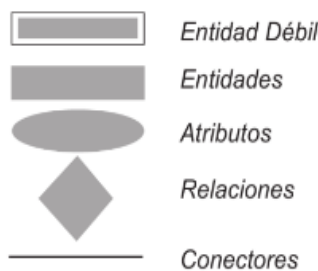


Figura 3.16. Estructura lógica general de una base de datos.

Fuente:[28].

3.4.1.1. Modelo lógico basado en objetos

Este modelo lógico tiene una estructura flexible y lo cual hace posible especificar las limitantes que intervienen en la base de datos, el MER o modelo de entidad y relación es el más usado ya que basa la percepción del mundo real en un conjunto de objetos básicos llamado entidades y de las relaciones que actúan sobre estos, la entidad es un objeto existente y se distingue de otros, debido a que cada uno posee atributos que lo identifican, la relación es la unión entre diversas entidades en la figura 3.17 se plantea un ejemplo mediante un diagrama M-R de la estructura lógica de una base de datos [28].

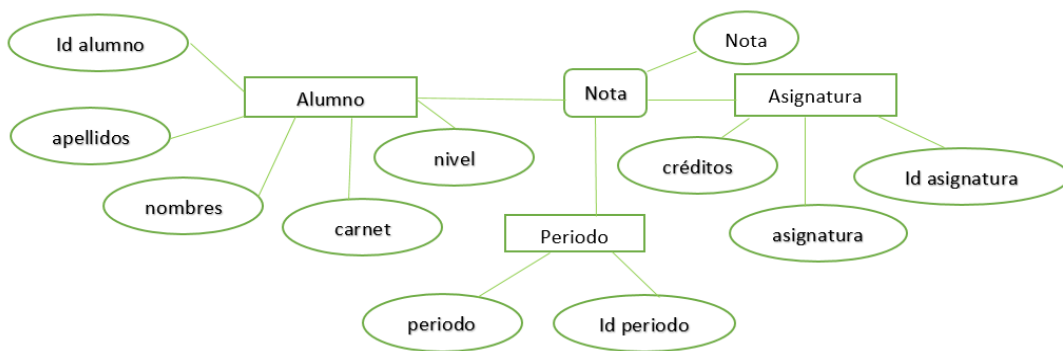


Figura 3.17. Diagrama M-R.

Fuente: [28].

3.4.1.2. Modelo lógico basado en registros

Estos modelos especifican la forma lógica de una base de datos, describen en un nivel más alto los límites que deben tener los datos, un modelo muy común es el modelo relacional en el cual los datos y las relaciones están representado por tablas donde en las columnas se detallan los nombres únicos, en la figura 3.17 se puede observar el modelo racional con el ejemplo del diagrama M- R que se detalla en la figura 3.18.

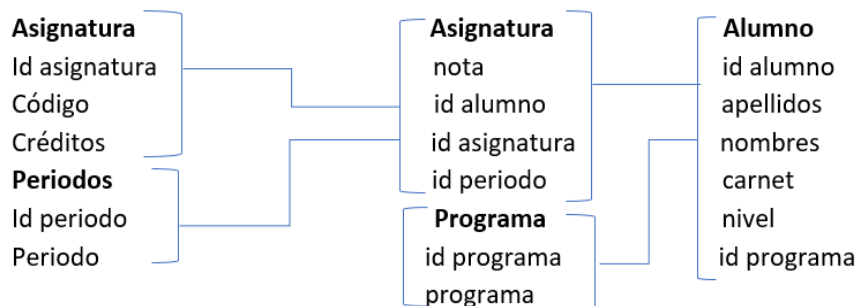


Figura 3.18. Modelo básico basado en registros.

Fuente: [28].

3.4.1.3. Independencia de los datos

Los niveles de independencia son aquellos los cuales cambian un esquema, pero no modifican el de nivel superior, existen dos niveles más comunes son los niveles de independencia física que son los que modifican el esquema físico pro sin cambiar las relaciones de los programas, y por último tenemos a los niveles de impedancia lógica los cuales que cambian el esquema conceptual y mas no las aplicaciones.

3.4.1.4. Lenguaje de datos

Los lenguajes de datos están son los que permiten especificar al esquema de un sistema de base de datos por una mediante cadena de definiciones, la consecuencia de la recopilación del

lenguaje de recopilación de datos es el conjunto de tablas donde se guarda un archivo llamado diccionario de datos [28].

3.4.1.5. Lenguaje de manejo de datos

Es aquel que permite a la persona a tener interacción con los datos que se encuentran organizados, para el lenguaje de manejo de datos existen dos tipos los cuales son, los procedimentales capaces de especificar como y que datos desea, los no procedimentales son los que permiten especificar los datos que quiere mas no declarar como obtenerlos [28].

3.4.1.6. Componentes de un sistema de base de datos

El sistema de base de datos se compone de una serie de procedimientos funcionales que en conjunto hacen posible la base de datos los cuales se detallan a continuación:

Manejador de archivos, es el encargado de dedicar espacio de almacenamiento de datos en el disco.

Manejador de base de datos, es el que maneja la interfaz mediante los datos de nivel bajo.

Compilador, cambia las proposiciones del lenguaje de definición de datos a un conjunto de tablas que contiene la información de los objetos de la base de datos las cuales quedan guardadas en el diccionario de datos.

Para la parte de implementación física se tiene las siguientes estructuras las cuales son:

- Los archivos de datos, son los que guardan los datos.
- Diccionario de datos, guardan información según la configuración de los datos.
- Índice, ayuda a tener un acceso ordenado a la información requerida.
- Registro de transacciones, ayuda a la recuperación de información a continuación en la figura 3.19 se puede observar un diagrama completo de los componentes de un sistema de datos [28].



Figura 3.19. Modelo básico basado en registros.

Fuente: [28].

3.5. Procesos de secado de cacao

Un proceso de secado se pueden efectuar de forma natural o de forma controla consiste en la eliminación total o parcial de humedad contenida en los granos, esto es un proceso fundamental en la cadena de producción de alimentos, la humedad es una característica fundamental para determinar si el cacao u otro tipo de grano al someterse al proceso de secado no corra riesgo de deteriorarse durante su almacenamiento, en el Ecuador existen dos tipos de secado de cacao los cuales son secado natural y secado artificial [29].

3.5.1. Secado natural

El secado natural consiste en colocar los granos de cacao a la intemperie, el cacao se coloca sobre un tendal donde la acción del viento y energía solar evaporan la humedad, este proceso depende principalmente de las condiciones climáticas, y la estación del año, para que los granos alcancen la humedad necesaria puede llegar a tarda de tres a cuatro días en condiciones óptimas.



Figura 3.20. Secado natural de cacao.

Fuente: [30].

3.5.2. Secado artificial

Para el secado artificial existen dos métodos el primero es básicamente someterlo a altas temperaturas que van entre 45 y 120° C, el otro método es el de secado a bajas temperaturas una de las desventajas de este proceso es que las temperaturas bajas dañan el producto debido al tiempo que se requiere para el secado [29].



Figura 3.21. Secado artificial de cacao.

Fuente: [31].

4. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

En el presente capítulo se detallarán los métodos empleados para el desarrollo de la propuesta tecnológica, los métodos utilizados fueron:

El método inductivo permitirá comprender la información bibliográfica recopilada en revistas, libros y papers por medio del análisis y recolección de información, esto nos ayuda para las directrices de nuestra propuesta tecnológica tanto en lo teórico como en lo práctico.

Con el método deductivo y el método inductivo se buscará implementar el sistema de adquisición de datos, así como el diseño final de los componentes electrónicos tales como los sensores utilizados en esta investigación.

4.1. Definición de variables entrada y salida

4.1.1. Variable de entrada

Tabla 4.1. Operacionalización de las variables de entrada.

Variable	Indicadores	Ítems	Técnicas o instrumentos
Sistema de adquisición de datos en tiempo real	Temperatura ambiental.	Temperaturas en °C	Acondicionamiento de la señal.

Fuente: Autores.

4.1.2 Variable de Salida

Tabla 4.2. Operacionalización de la variable de salida.

Variable	Categoría	Indicadores	Ítems	Técnicas o instrumentos
Registro diario de los parámetros	Declaración de variables.	Número total de temperaturas medidas.	Datos almacenados. Tendencias.	Programación. Software.

Fuente: Autores.

4.2 Diseño Experimental

En la tabla 4.3 se muestra los procedimientos para poder cumplir con los objetivos de la propuesta tecnológica.

Tabla 4.3. Procedimiento experimental.

Procedimientos	Resultados
Diseño Electrónico.	<ul style="list-style-type: none"> Número de sensores Acondicionamiento de los componentes electrónicos.

Impresión de placas PCB Y programación en Arduino.	<ul style="list-style-type: none"> • Módulo maestro • Módulo de esclavos.
Sistema de adquisición de datos.	<ul style="list-style-type: none"> • Software con conexión inalámbrica

Fuente: Autores.

4.2.1 Sensores

4.2.1.1. Termistor 100k Ntc 3950

Es un sensor no lineal que mide temperatura, el termistor es un semiconductor y su principal funcionamiento es variar la resistencia presente en materiales con la temperatura, la sensibilidad de estos dispositivos es alta a la variación de temperatura lo cual lo hace muy preciso en las mediciones, su rango de temperatura es de -50 a 380 ° C, estos sensores se los utiliza para medir las superficies, gases y líquidos.

Especificaciones de termistor ntc 100k 3950

- Dispositivos que requieren lecturas de temperaturas fiables y exactas.
- Valor de Resistencia nominal a 25° C: 100K ohm ±1%.
- Diámetro: 1.8 mm ± 0.2mm.
- Longitud: 2.8 mm ± 0.2mm.
- Rango de temperatura: - 50°C + 280°C.
- Aislamiento resistencia: 50 MΩ.
- Longitud de cable: 32 mm.
- Diámetro de cable: 0.25 mm.



Figura 4.1. Termistor 100k Ntc 3950.

Fuente Autores.

4.2.1.2. Termocupla tipo K + módulo sensor Max6675

El MAX6675 es aquel que convierte las señales Analógicas a digital, es especializado para termocupla de tipo K. se utiliza para conectar los termopares con mayor facilidad a un microcontrolador mediante una interfaz SPI en una dirección, cuenta con la capacidad de amplificar las señales y compensar el voltaje generado en la tabla 4.4 se describen las características de los termopares tipo k y el módulo Max6675.

Tabla 4.4. Características de termocupla tipo K + módulo sensor Max6675.

Características	
Interfaz	SPI
Resolución	12 bits, 0.25 grados centígrados
Medición	1024 ° C
Alimentación	De 3.3. a 5 voltios
Frecuencia de reloj	SPI máxima Fsc1 4.3 Mhz
Tiempo de conversión	0.22 segundos.
Consumo máximo	1.5 mA
medida del cable	52 cm

Fuente: Autores.

La termocupla es utilizada para un uso continuo en vacío y en la atmosfera una de las principales desventajas es que no son lineales, pero son adecuadas para mediciones de bajo 0°C y temperaturas altas en la figura 4.2 se muestra un termopar o termocupla tipo K.



Figura 4.2. Termocupla tipo K

Fuente Autores.

4.3. Diseño electrónico

Basándonos en las normas IEC 60717 la cual indica la clasificación de los componentes en activos y pasivos, mismo que serán utilizados para el funcionamiento del circuito.

4.3.1 Microcontrolador.

4.3.1.1. Atmega 2560

Para la selección de este microcontrolador se basó en sus especificaciones técnicas como las entradas y salidas tanto analógicas como digitales y la memoria que posee, este, microcontrolador fue elegido frente a otro tipo de placa controladora por la distribución y el número de pines, ya que no afecta a la eficiencia de control frente a otros controladores más avanzados y robustos. El mega mini 2560 está basado en el microcontrolador ATmega2560. Tiene 54 entradas y salidas digitales de las cuales 15 pueden ser usadas como salidas PWM que es un controlador de pulsos.

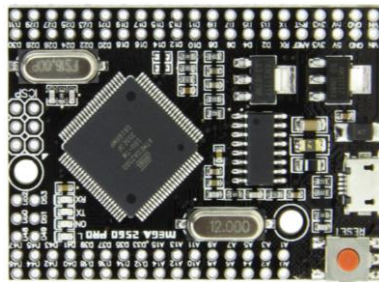


Figura 4.3. Atmega2560.

Fuente: [11].

4.3.1.2. Atmega328

Se tomó como la mejor opción el Atmega328 debido a que este circuito integrado de alto rendimiento y se puede utilizar para desarrollar elementos autónomos, o bien conectarse a otros dispositivos e interactuar con otros programas, Sirve tanto para controlar las variables de entrada como sensores y salida. El Atmega328 cuenta con una memoria con la capacidad de leer mientras escribe, 1 KB de memoria EEPROM, 2 KB de SRAM, 23 líneas de E/S de propósito general, 32 registros de proceso general, tres temporizadores flexibles, contadores con modo de comparación, interrupciones internas y externas, se tomó encuentra todas estas características necesarias para nuestro circuito integrado de alto rendimiento.

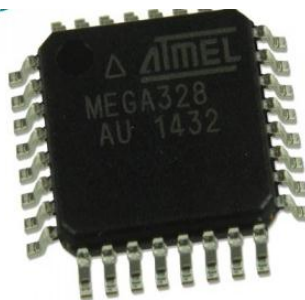


Figura 4.4. Atmega328.

Fuente: [32].

4.4. Acondicionamiento

4.4.1. Circuito acondicionador del termistor

La norma IEC 60539 habla del coeficiente de temperatura negativo de los termistores en el circuito acondicionador del termistor, consiste en un divisor de voltaje con una resistencia de 5.6 kilo ohm, que nos permite obtener variación de voltaje en el punto centro, por variación de resistencia del termistor en la figura 4.5 se especifica el conector donde estará conectado el termistor.

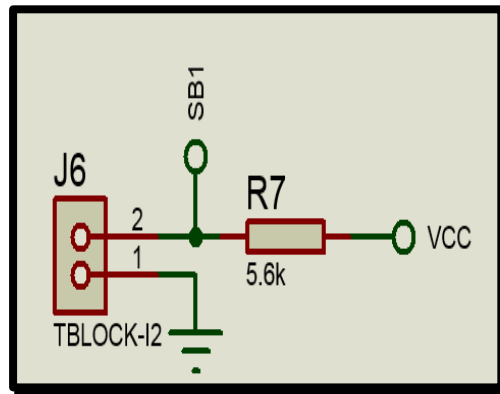


Figura 4.5. Circuito acondicionador del termistor.

Fuente: Autores.

4.4.2 Circuito acondicionador de termocupla

El circuito acondicionador de termocupla tipo K consiste en un circuito integrado MAX6675 quien permite una comunicación ISP para lectura de datos desde el microcontrolador en la figura 4.6 se puede observar la conexión del puerto MAX6675 a la termocupla tipo k.

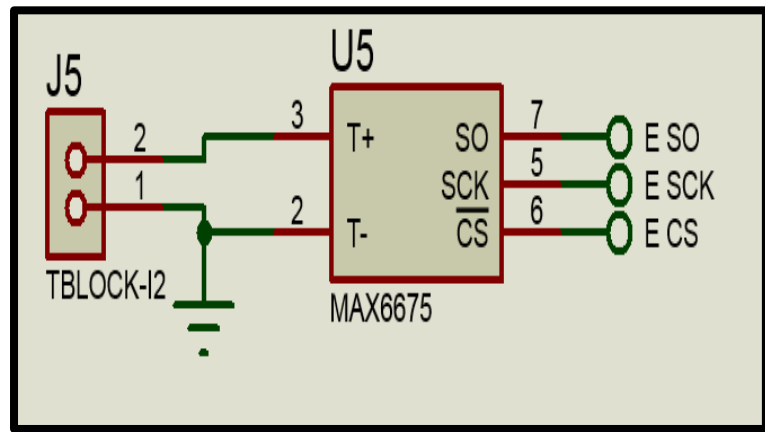


Figura 4.6. Circuito acondicionador de termocupla.

Fuente: Autores.

4.4.3 Conexión en el microcontrolador Atmega2560

La tarjeta atmega2560 es encargado de tomar la lectura de todos los sensores que están equipado al módulo.

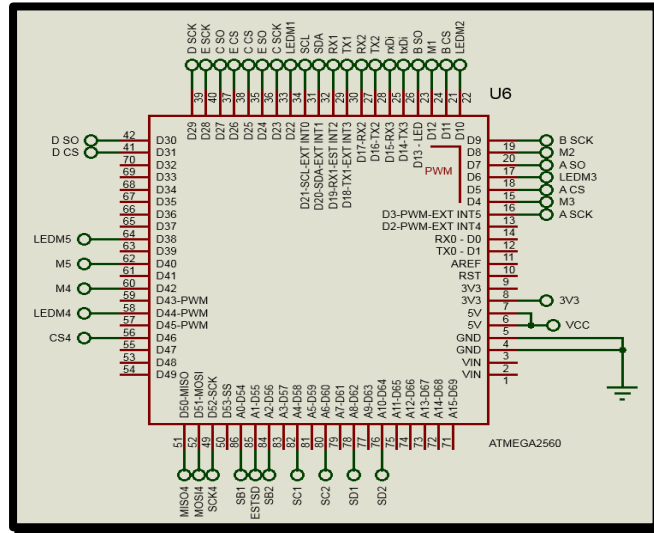


Figura 4.7. Circuito Atmega 2560.

Fuente: Autores.

4.4.4. Esquema de reloj a tiempo real.

El reloj a tiempo real nos permite tomar tiempo para el almacenamiento de los datos censados por los módulos enlazados.

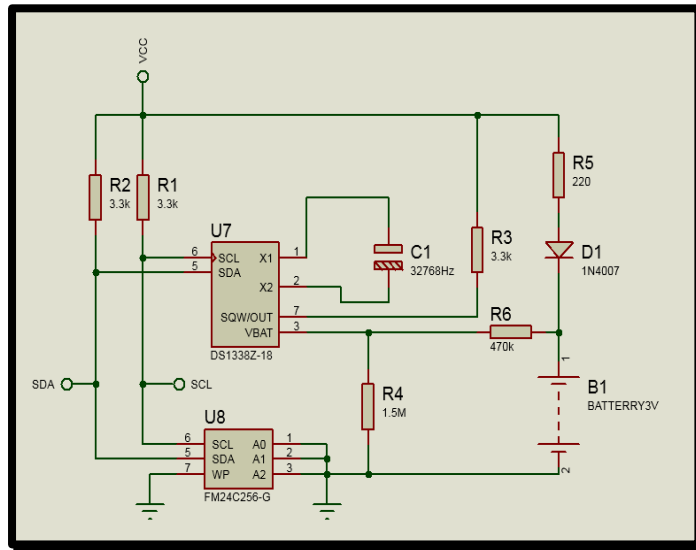


Figura 4.8. Esquema de reloj a tiempo real.

Fuente: Autores.

4.4.5 Esquema la tarjeta SD card.

El circuito de la tarjeta SD nos permite la lectura y escritura de datos en la tarjeta, este circuito será utilizado para el almacenamiento de los parámetros censados de todos los módulos.

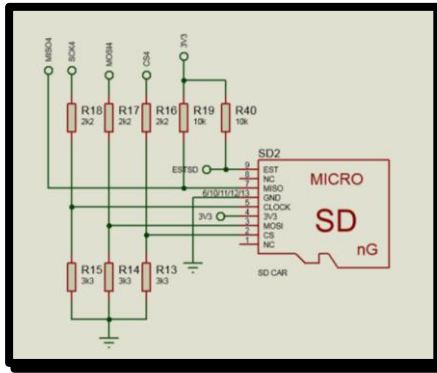


Figura 4.9. Esquema de la tarjeta SD card.

Fuente: Autores.

4.4.6. Esquema completo del módulo maestro.

Es considerado como módulo maestro porque envía y recibe datos de los esclavos estos se conectan al módulo maestro a través del conector RJ14, que comparten los datos para su almacenamiento a continuación se detallan todos los en la figura 4.10 se puede observar los diferentes puertos de entrada del módulo maestro.

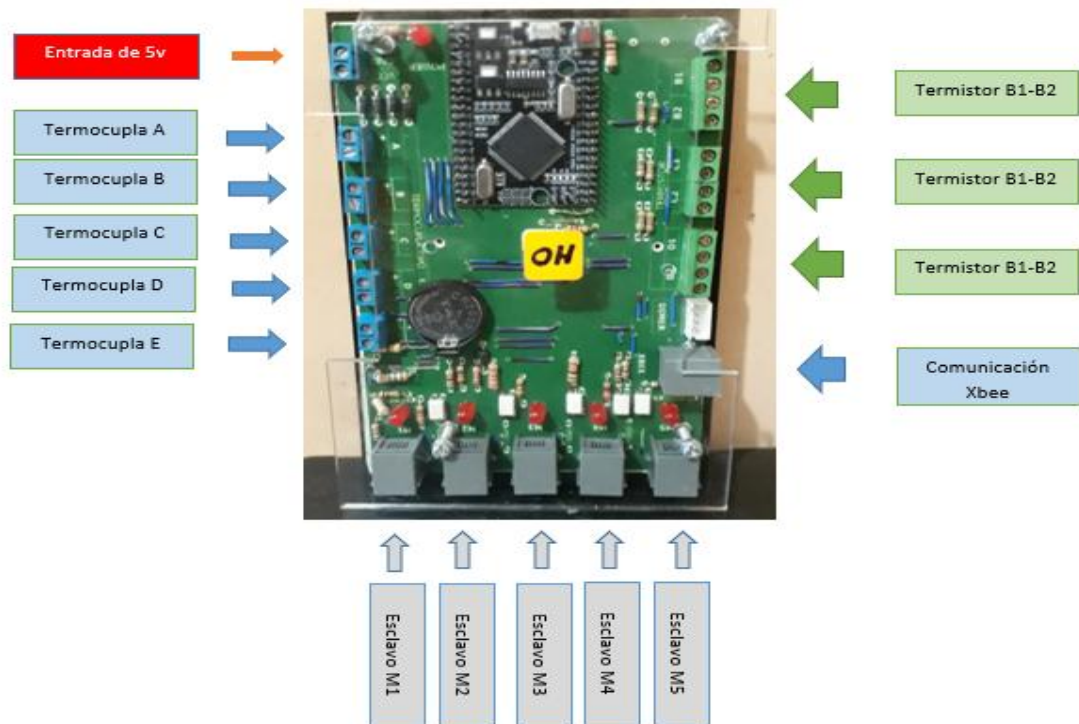


Figura 4.10. Puertos de entrada del módulo maestro.

Fuente: Autores.

En la figura 4.11 se describe el proceso que va a tener dentro de la programación para lo cual se empleó un diagrama de flujo.

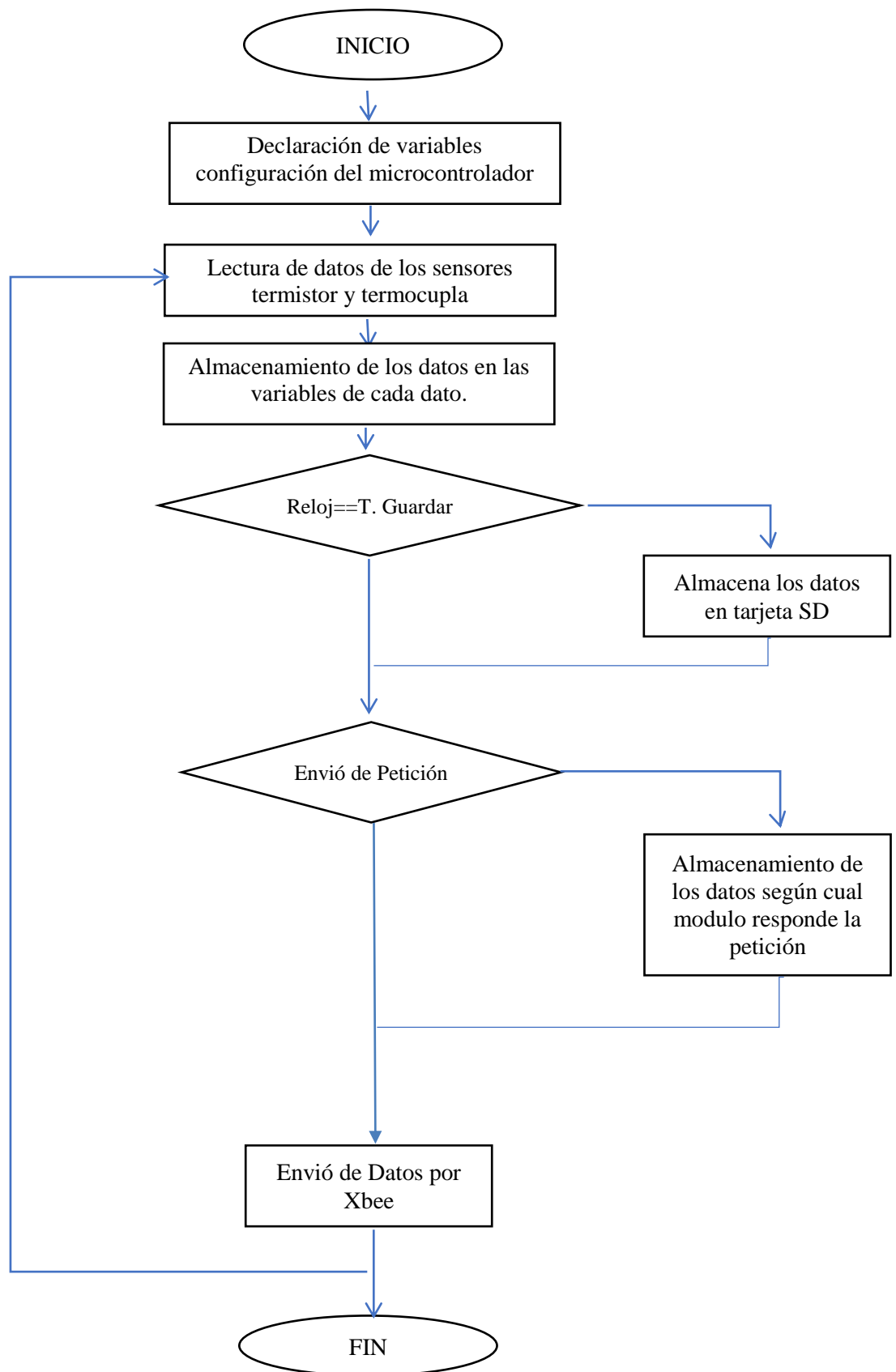


Figura 4.11. Diagrama de flujo de módulo maestro

Fuente: Autores.

4.4.7. Esquema completo del módulo de esclavos.

Es considerado un módulo de esclavos ya que recibe datos del módulo maestro, los interpreta y envía la señal de nuevo para ser procesada, el esquema del módulo de esclavos es similar al módulo maestro solo cambian algunos componentes tales como la memoria SD el reloj y solo cuenta con un puerto Rj14 que es por donde recibirá la señales que serán seriales.

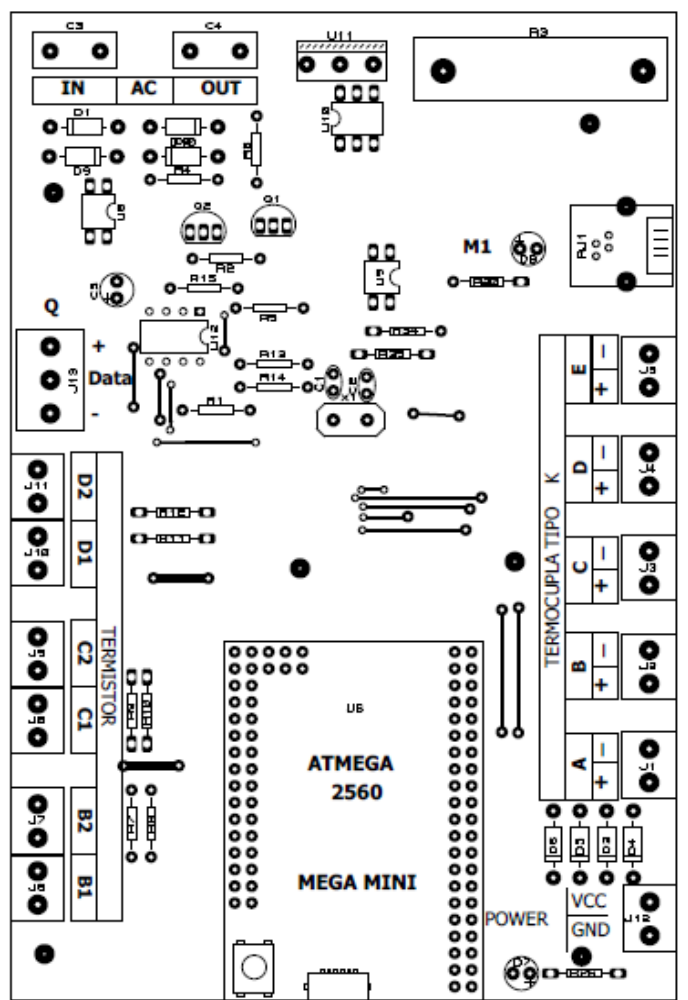


Figura 4.12. Esquema completo del módulo de esclavos.

Fuente: Autores.

En la figura 4.13 se describe el proceso que va a tener dentro de la programación para lo cual se empleó un diagrama de flujo el cual nos ayuda a la comprensión de los cuales la función de un módulo esclavo.

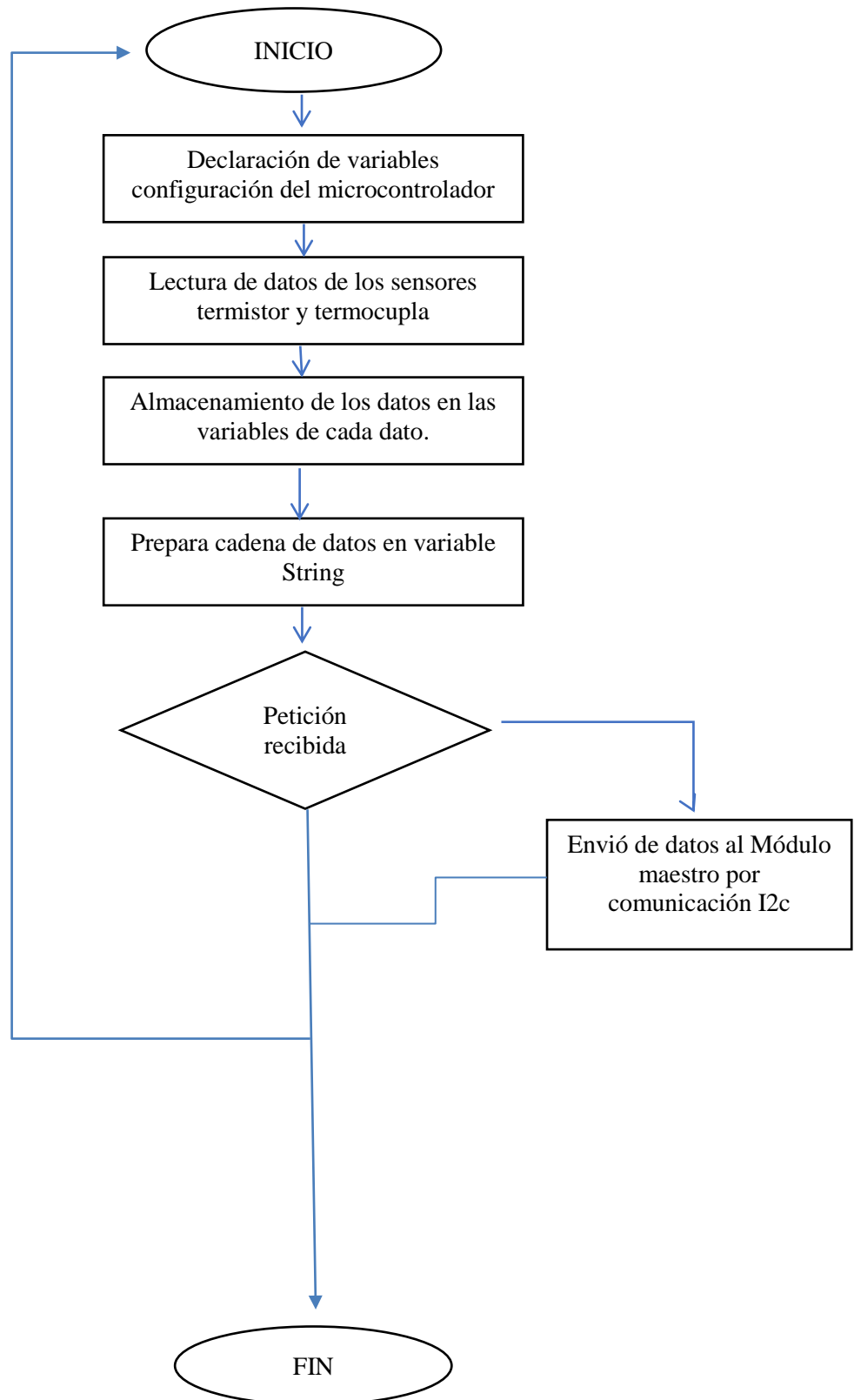


Figura 4.13. Diagrama de flujo de módulo de esclavos.

Fuente: Autores.

4.5. Calibración de sensores

Para la calibración de los sensores utilizamos un equipo de medición como lo es la estación portátil Kestrel 5500 el cual nos ayudó a adquirir datos reales con los datos obtenidos con los sensores esto con el fin de tener una referencia del grado de falla, mediante la curva de dispersión se logró calibrarlos de una manera importante para mejorar el grado de exactitud con los datos de la estación portable, de una manera didáctica y siguiendo un ritmo de medición a diferentes temperaturas tales como en el día y de la noche, estos datos de referencia se ingresan en Excel realizando una tabla de comparación con el tipo de valore de referencia y el de los entregados por los sensores se realiza una gráfica de dispersión la cual dará la línea de tendencia donde realiza una intercesión de los diferentes puntos, pudiendo así obtener la ecuación que compensara o disminuirá a la temperatura entregada por los sensores de esta manera serán exactas a las de un aparato de medición.

Los datos medidos dan la siguiente ecuación la cual se ingresa en la programación de Arduino donde se programó a los sensores.

$$Y=-0,0204x+27,197$$

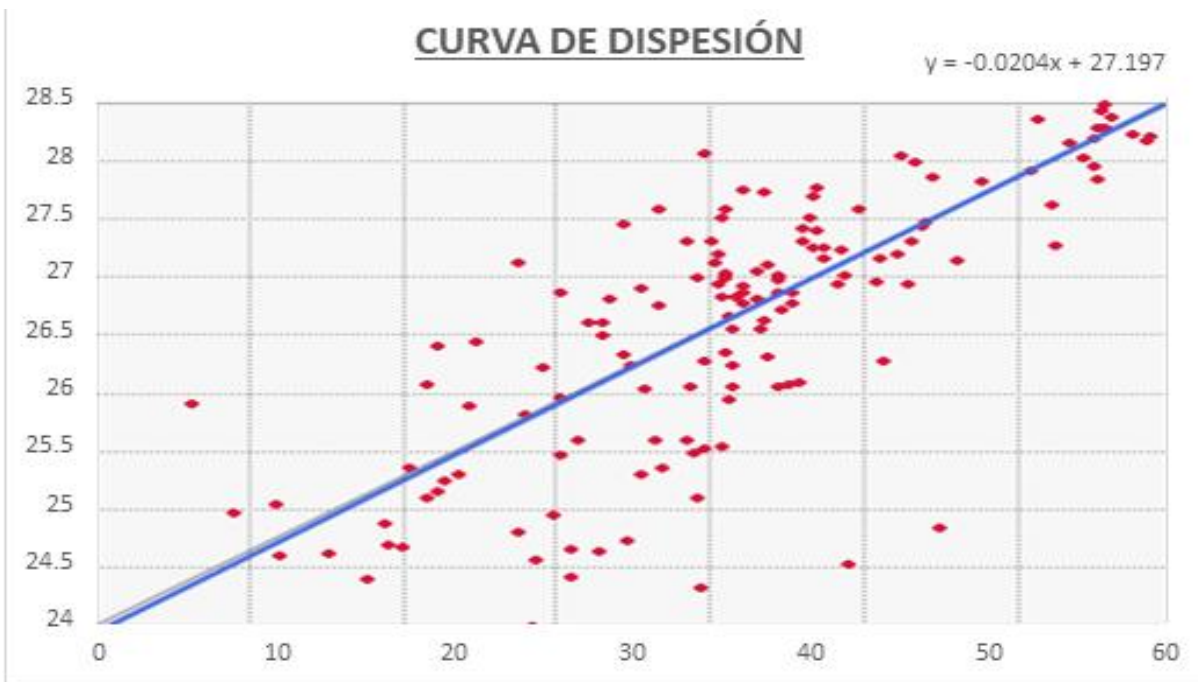


Figura 4.14. Curva de dispersión.

Fuente: Autores.

4.6. Diseño del HMI

Se utilizó un software libre como lo es Unity debido a que es didáctico y nos permite un mayor lenguaje de programación universal basado en C++, se realizó la interfaz de comunicación donde se visualizaran los datos de las temperaturas en los 66 sensores conectados en la cámara interna de los colectores solares, en la figura 4.15 se muestra el HMI.

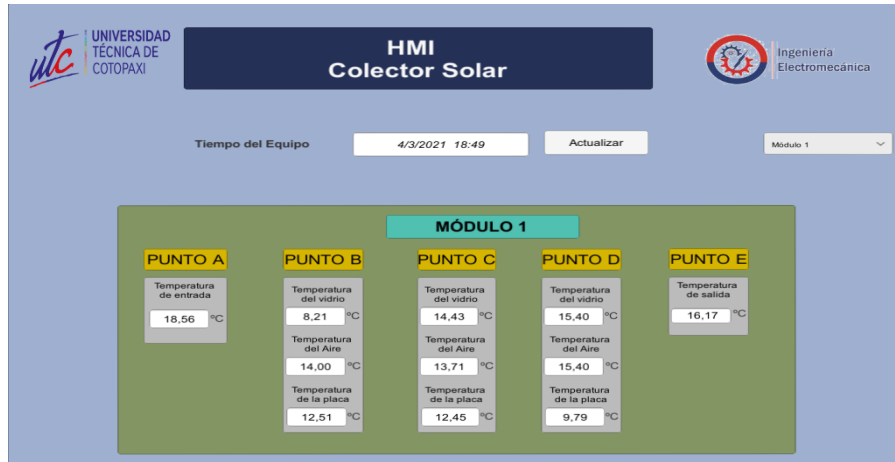


Figura 4.15. HMI realizado en Unity.

Fuente: Autores.

4.7. Estación meteorológica.

Se tomó como referencia los datos tomados por la estación meteorológica y los datos del HMI para la corrección de los valores entregados de los diferentes sensores, esto ayuda a la calibración de los sensores de temperatura, y este equipo meteorológico permitirá sensar los datos de humedad relativa, radiación solar, velocidad de viento en el transcurso del día para su correcto análisis.



Figura 4.16. Estación meteorológica.

Fuente: Autores.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Para los análisis y resultados vamos a guiaremos en la tabla 5.1 la misma que se ha dividido en diferentes etapas.

Tabla 5.1. Análisis y resultados.

ANÁLISIS Y RESULTADOS		
Diseño Electrónico.	<ul style="list-style-type: none">• Número de sensores	66 sensores de temperatura.
Impresión de placas PCB y programación en Arduino.	<ul style="list-style-type: none">• Módulo maestro	Correcta respuesta al enviar y recibir órdenes del módulo maestro.
	<ul style="list-style-type: none">• Módulo de esclavos.	
Sistema de adquisición de datos.	<ul style="list-style-type: none">• Software con conexión inalámbrica	Parámetros precisos en la medición de temperaturas.

Fuente: Autores.

5.1. Resultados de la toma de datos

Se obtuvo información de datos en distintos días de los meses de febrero y marzo en la tabla 5.2 se detallan la adquisición de datos recopilados el 04 de marzo del 2021 estos datos fueron obtenidos de los 6 módulos, para el estudio de resultados utilizamos los valores de uno de ellos ya que los demás cuentan con datos similares los cuales se pueden observar en el anexo 10, el intervalo de tiempo de almacenamiento en la tarjeta SD es de un minuto y los datos de la estación meteorológica de igual manera se almacenan en ese periodo de tiempo, para este análisis se tomó un intervalo de tiempo de 5 minutos esto con el fin de ser más exactos en el análisis de rendimiento.

Tabla 5.2 Toma de datos del módulo maestro.

DATOS ADQUIRIDOS															
Día	Mes	Año	Hora	Min.	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	24,42	81,58	53,62	64,16	102,84	64,31	66,31	92,38	58	64,89	36,22
4	3	2021	12	30	24,99	81,37	53,43	64,16	102,24	64,51	66,46	92,15	58,2	65,03	36,22
4	3	2021	12	35	25,76	81,15	53,62	64,3	102,54	64,31	66,6	92,15	58,2	65,17	36,49
4	3	2021	12	40	24,99	81,15	53,82	64,44	101,35	64,51	66,6	91,22	57,39	65,32	36,49
4	3	2021	12	45	25,57	81,15	54,02	64,59	101,35	64,71	66,75	90,54	57,18	65,32	36,49
4	3	2021	12	50	26,34	81,15	54,02	64,59	101,64	64,71	66,75	93,8	58,2	65,32	37,01
4	3	2021	12	55	26,72	80,74	54,02	64,59	101,35	63,9	66,46	91,45	57,79	65,32	38,32
4	3	2021	1	0	26,15	80,95	53,82	64,59	101,64	64,31	66,75	91,45	57,39	65,32	37,54
4	3	2021	1	5	26,72	80,74	53,62	64,59	101,35	64,31	66,46	91,45	58	65,17	37,01
4	3	2021	1	10	27,68	79,71	54,02	64,44	101,35	65,53	66,6	91,45	59,42	65,32	38,85
4	3	2021	1	15	27,88	80,74	53,82	64,3	101,35	65,12	66,75	91,45	59,02	65,32	37,27
4	3	2021	1	20	26,91	81,15	54,02	63,45	101,94	65,12	66,75	91,91	58	65,46	36,49
4	3	2021	1	25	26,53	81,37	54,02	64,59	102,24	64,92	66,75	91,91	58,2	65,46	37,01
4	3	2021	1	30	27,68	81,58	53,82	64,59	102,24	64,92	66,9	92,15	58,4	65,61	37,27
4	3	2021	1	35	27,88	81,58	54,02	64,59	103,46	64,51	66,75	92,15	58	65,61	38,59
4	3	2021	1	40	27,88	80,53	54,21	64,87	102,24	64,71	66,75	92,15	58,2	65,17	39,38
4	3	2021	1	45	28,26	81,37	54,21	64,87	101,94	65,53	66,9	92,15	59,22	65,46	39,38
4	3	2021	1	50	28,07	81,58	54,21	64,73	102,54	65,32	66,9	92,38	59,02	65,61	38,59
4	3	2021	1	55	28,07	81,37	54,02	65,02	101,35	65,93	66,75	91,91	58,61	65,32	38,06
4	3	2021	2	0	27,49	81,37	53,82	64,59	101,94	64,92	66,75	92,15	58,81	65,46	37,54
4	3	2021	2	5	27,11	80,95	54,02	64,3	100,76	64,51	66,46	91,45	58	65,32	37,27
4	3	2021	2	10	26,91	80,95	53,23	64,3	101,35	64,1	66,6	91,68	57,59	65,17	36,49
4	3	2021	2	15	27,11	80,74	53,62	64,16	101,35	63,7	66,46	88,12	57,59	65,17	37,54
4	3	2021	2	20	26,34	80,53	53,62	64,16	101,35	63,49	66,46	91,91	56,98	65,32	36,75
4	3	2021	2	25	25,38	80,32	53,62	63,87	101,06	63,7	66,46	91,91	56,98	65,32	34,65
4	3	2021	2	30	25,57	80,32	53,23	63,87	101,06	63,29	66,02	91,91	56,78	65,17	34,65
4	3	2021	2	35	25,95	80,32	53,43	63,17	101,06	62,88	66,02	91,91	56,78	65,03	34,91
4	3	2021	2	40	25,57	80,32	53,43	63,73	101,06	62,88	65,73	92,15	56,98	64,89	34,39
4	3	2021	2	45	25,76	80,53	52,65	63,73	101,94	63,29	66,31	92,85	56,78	65,17	42,52
4	3	2021	2	50	24,99	80,53	53,04	63,73	102,24	63,49	66,16	93,09	56,98	65,32	40,69
4	3	2021	2	55	24,8	80,74	52,84	63,87	102,24	63,7	66,46	93,32	57,39	65,46	42
4	3	2021	3	0	24,99	80,74	52,65	63,31	102,84	64,51	66,9	93,56	57,18	65,61	46,72

Fuente: Autores.

5.1.1. Temperatura de la estación meteorológica

En la figura 5.1 se muestran los parámetros de temperatura, humedad relativa y radiación solar adquiridos por la estación meteorológica.

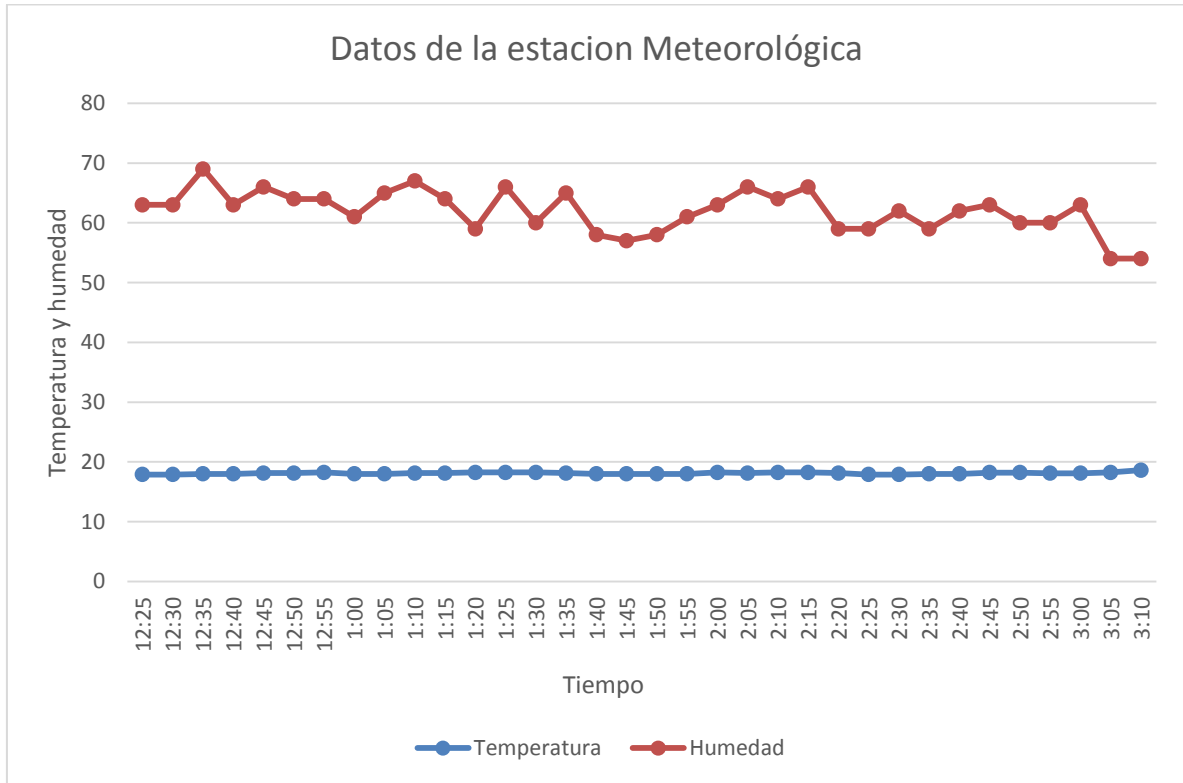


Figura 5.1. Datos censados adquiridos por la estación meteorológica.

Fuente: Autores.

En la figura 5.1 muestran los datos obtenidos por la estación meteorológica el 4 de marzo del 2021 la curva azul muestra la temperatura ambiente que es de 17.88°C la temperatura más alta alcanzada es de 18.60°C a las 12:35 pm.

La humedad en el inicio de la toma de datos es del 63% con variaciones de un 3%, la recopilación máxima de humedad registrada es del 69%.

La radiación solar es de 849.7 (w/m²), tomamos como dato el valor inicial ya que en el transcurso del día se mantuvo muy similar, estos parámetros ayudarán al análisis del comportamiento de la temperatura dentro de los colectores de placa plana.

5.2. Resultados y análisis de la toma de datos

En la figura 5.2 se muestra la distribución de las diferentes secciones en que se dividió el colector para una mejor identificación de los sensores de temperatura que interactúan dependiendo de las condiciones ambientales.

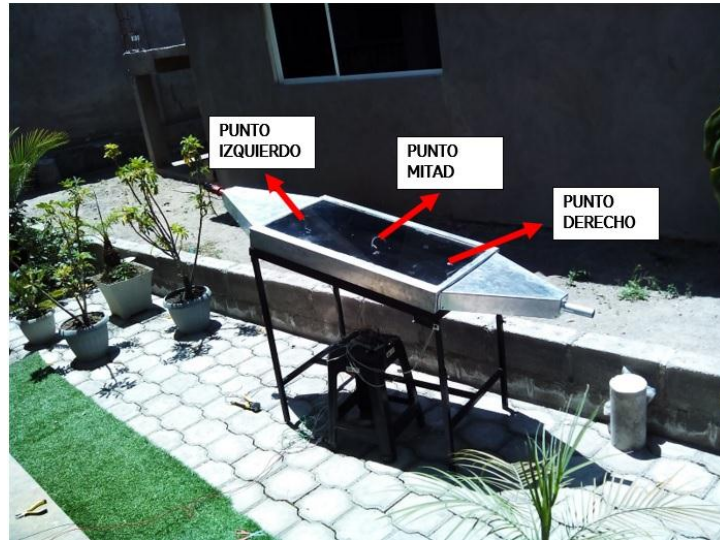


Figura 5.2. Distribución de las secciones del colector.

Fuente: Autores.

5.2.1. Análisis de las gráficas obtenidas.

5.2.1.1. Análisis de temperaturas en el punto A de 3 sensores.

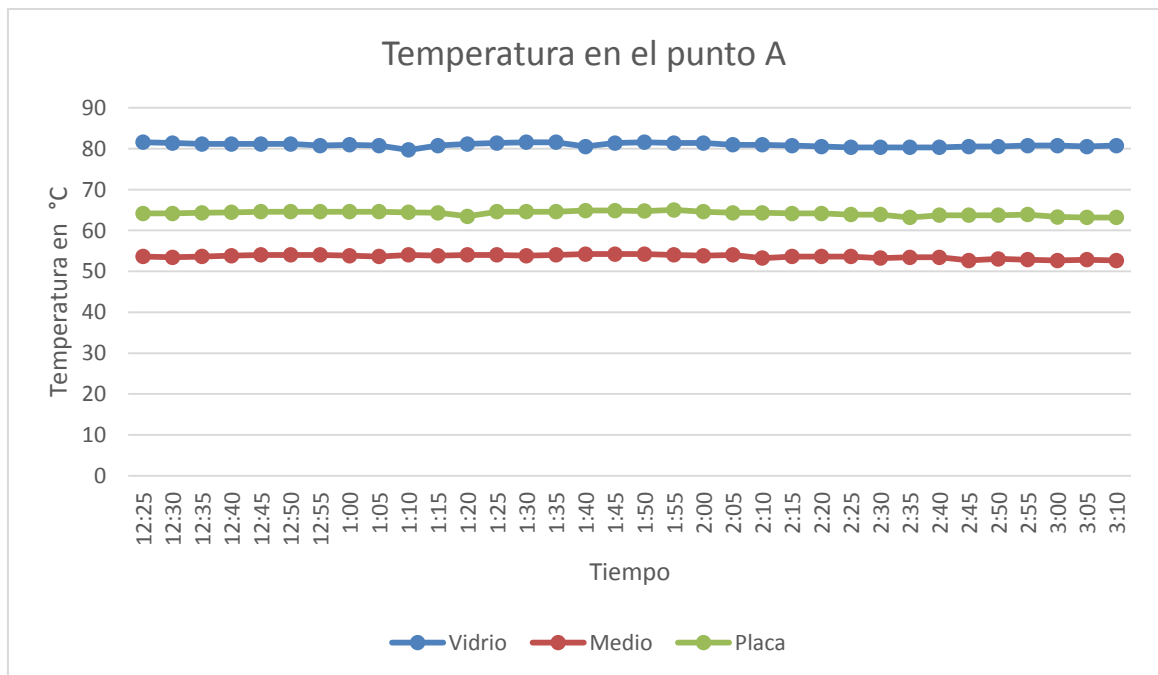


Figura 5.3. Temperatura el punto A.

Fuente: Autores

La toma de datos en cada sección consta de tres sensores de temperatura, dos termistores los cuales están instalados en distintas superficies tales como vidrio y metal y una termocupla la cual está instalada en la mitad de estos materiales, la figura 5.3 muestra las tres diferentes curvas la del vidrio es la que tiene una temperatura más alta en comparación a las demás su temperatura inicial es de 81.58°C variando a lo largo del día en 0.56 °C, la temperatura en

esta zona es mayor a las demás debido a que la radiación solar llega directo y eso hace que se caliente más.

La temperatura de la placa metálica al inicio es de 64.16°C con una variación de 17.42°C, en comparación a la del vidrio esto debido a que la placa absorbe menos radiación en condiciones como estas, pero tarda más en perder temperatura.

La temperatura en la mitad, medida por la termocupla da un valor inicial de 53.62°C y no hay variación mayor a 5°C a lo largo del tiempo, esta temperatura es menor debido a que el sensor se encuentra en el aire y no tiene contacto con ninguna superficie, los niveles de temperatura son lineales a lo largo de la toma de datos debido a que la radiación no varía significativamente al valor inicial.

5.2.1.2 Análisis de temperaturas en el punto B

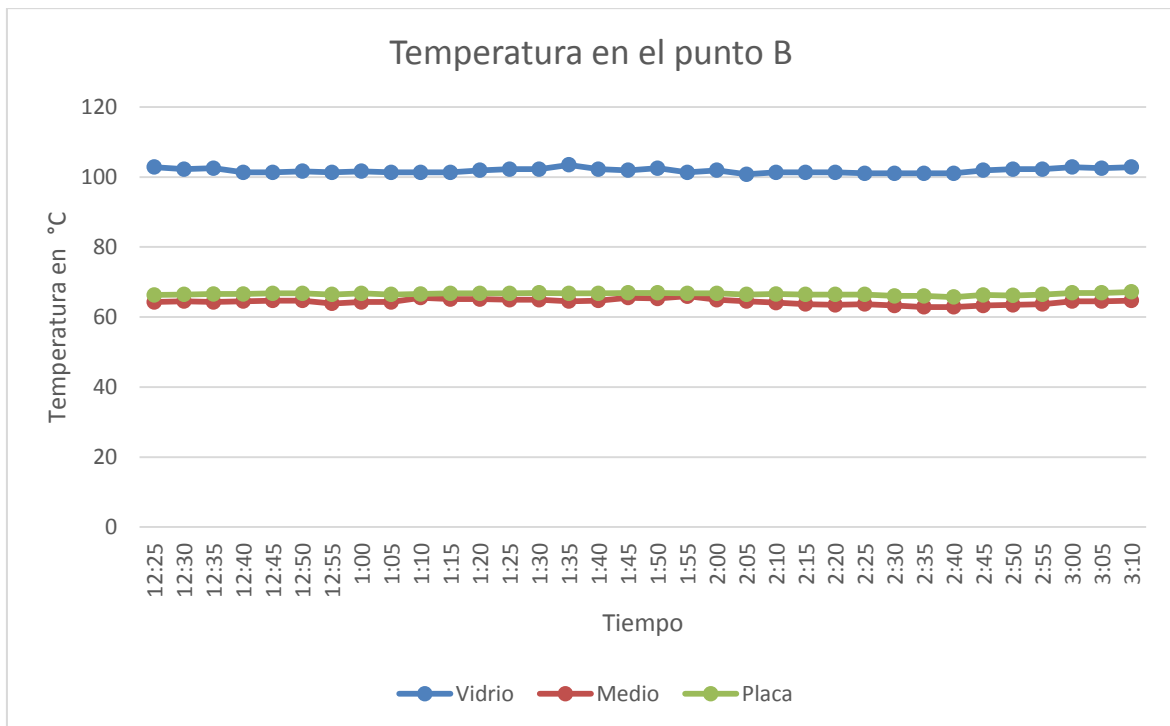


Figura 5.4. Temperatura el punto B.

Fuente: Autores.

Del mismo modo se puede observar en la figura 5.4 en la parte media o el punto B, los sensores ubicados en la mitad y en la placa dan temperaturas muy parecidas con una variación de entre 5°C, esto debido a que se encuentra en la mitad del colector solar y la radiación solar es más fuerte y por ende se va a calentar más rápido que las diferentes secciones debido a factores climatológicos.

5.2.1.3 Análisis de temperaturas en el punto C de 3 sensores.

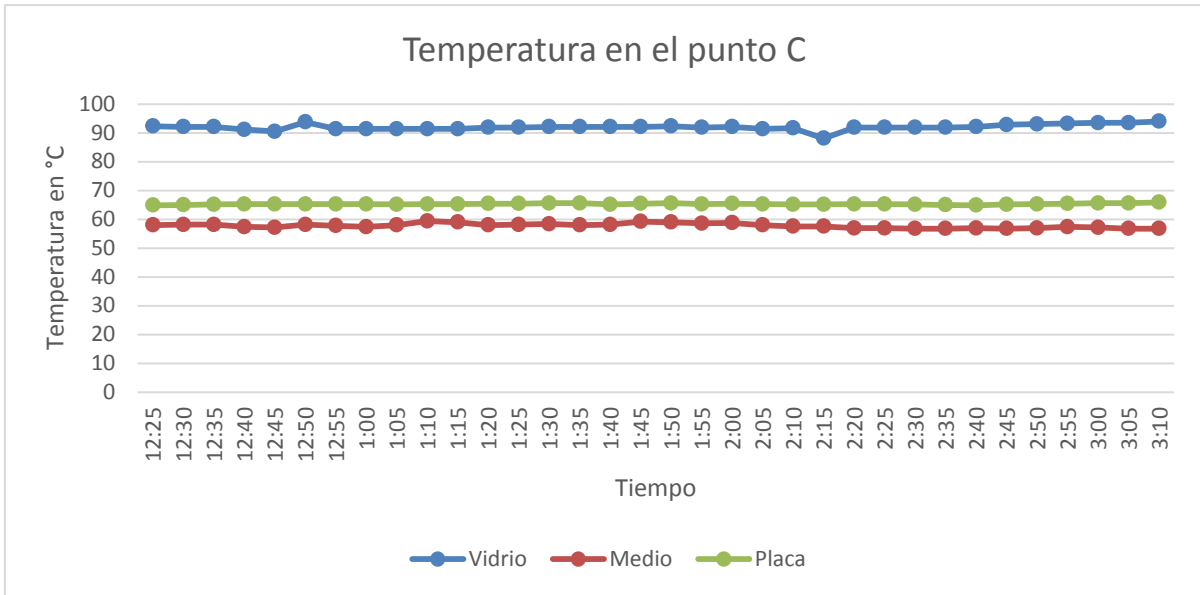


Figura 5.5. Temperatura el punto C.

Fuente: Autores.

En el punto C o en la parte izquierda del colector solar las temperaturas tienen valores equilibrados en todo el transcurso de la adquisición de datos, en estas tres figuras como lo es la del punto A, B, C se diferencia como la temperatura del vidrio siempre permanece alta en comparación a las demás y la temperatura de la mitad solo se acerca al valor de la placa en la sección media. Por lo cual podemos darnos cuenta la interacción de la temperatura exterior en cada sección de cada uno de los colectores.

5.2.1.4. Análisis de temperaturas en la entrada y salida

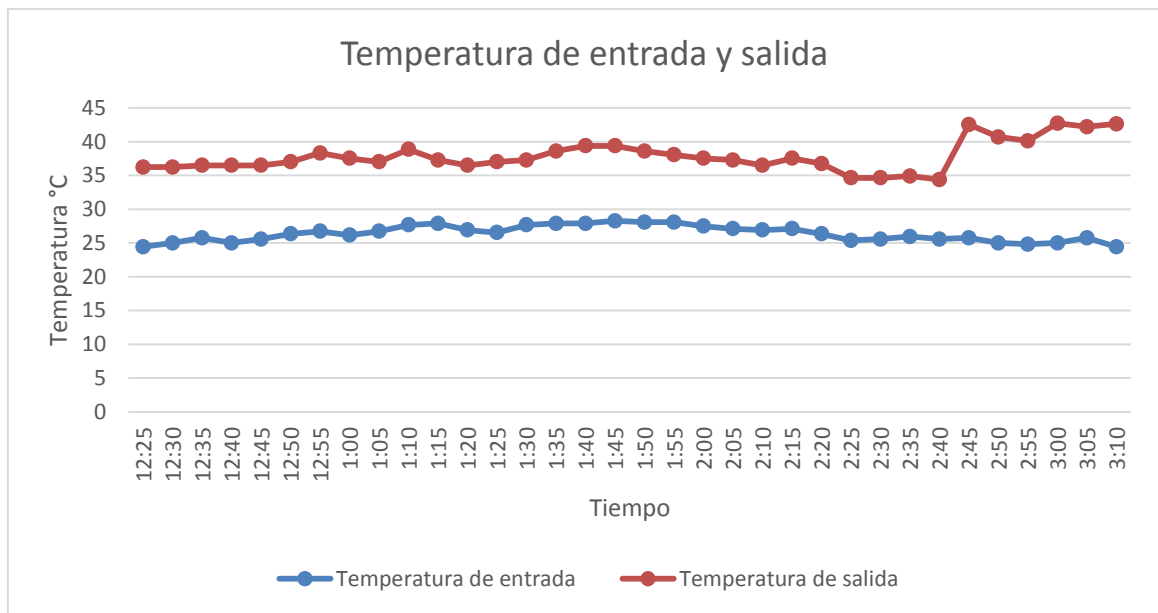


Figura 5.6. Temperatura de entrada y salida

Fuente: Autores.

El sensor que mide la temperatura de entrada y salida se encuentra en un ducto de una pulgada, en la entrada los valores al inicio fueron de 24.42°C con variaciones de 2.9°C en comparación a su punto máximo que fue de 27.38°C como se puede observar en la figura 5.6 los datos tomados de entrada fueron lineales, en cuanto a la temperatura de salida es más alta debido al ángulo del colector y procesos térmicos internos de la cámara.

5.2.1.5. Análisis de temperaturas en los 6 colectores

Mediante el análisis de los datos obtenidos de los 6 colectores solares, se pudo comprobar la diferencia de temperaturas entre ellos dando así un margen de error de 1 a 6°C debido a factores como la ubicación y la impermeabilidad.

5.2.1.6. Temperatura en el punto A de 6 colectores en el vidrio

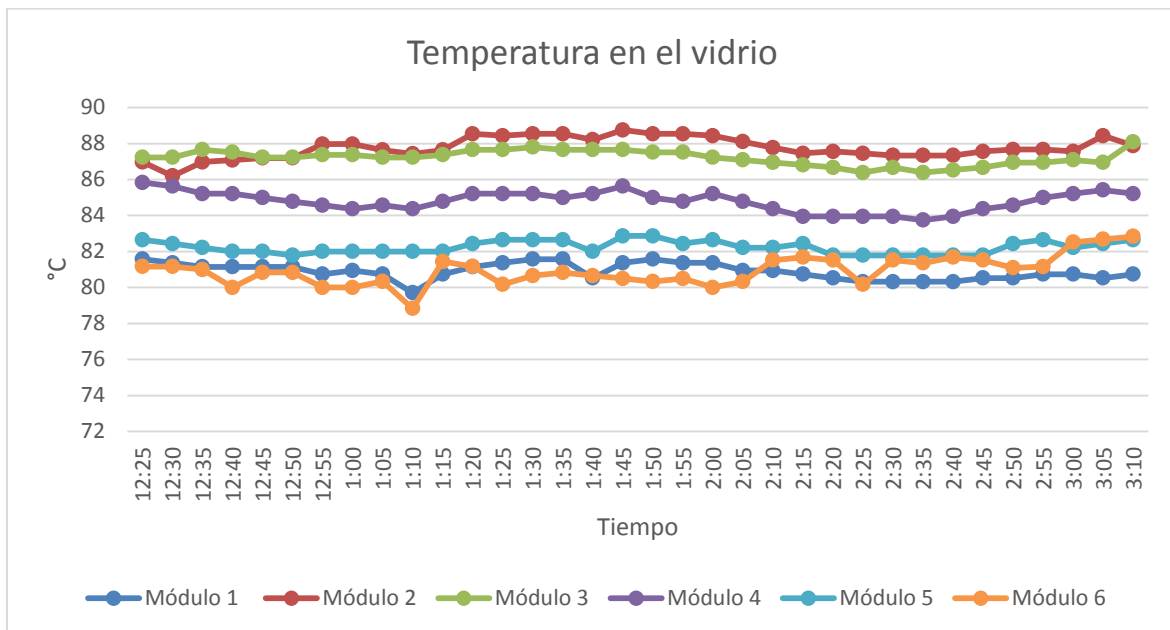


Figura 5.7. Temperatura en el vidrio del punto A de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.7 se puede observar la temperatura de los 6 colectores en el punto A, el sensor se encuentra ubicado en el vidrio mediante las curvas se puede demostrar que el módulo con mayor temperatura es el número 2 con una temperatura de 87,2 °C, mientras que el de menor temperatura en el vidrio es el número 6 con un temperatura de 81,17 °C, mediante las curvas se puede analizar la variación que existe en el mismo punto.

5.2.1.7. Temperatura en el punto A de 6 colectores en el medio

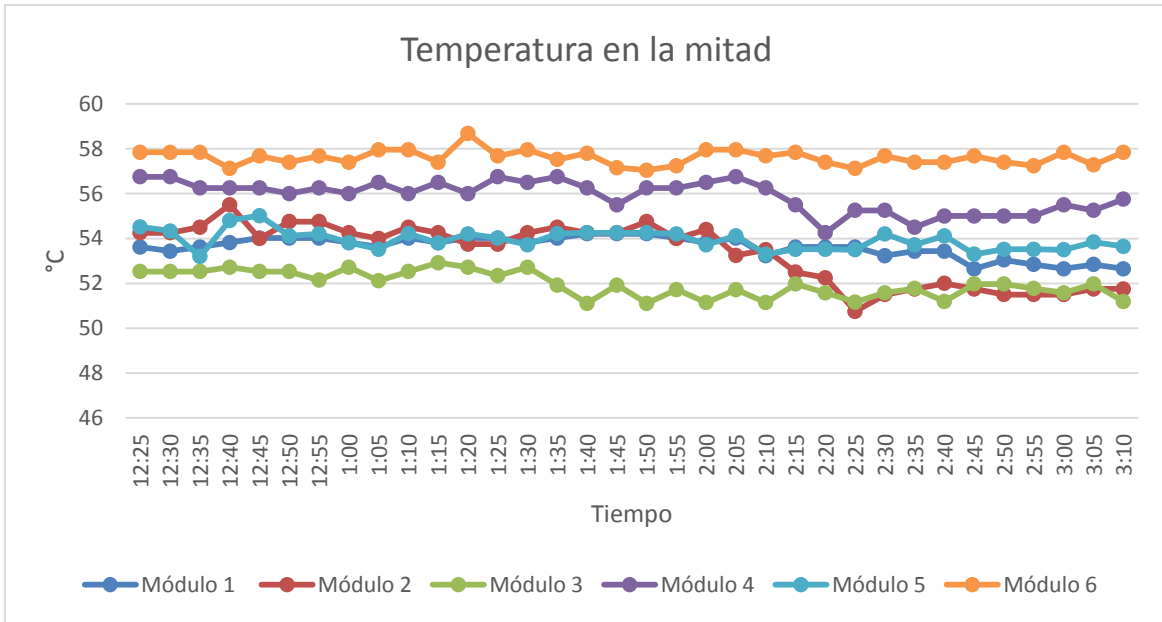


Figura 5.8. Temperatura en la mitad del punto A de los 6 módulos.

Fuente: Autores

La figura 5.8 se observa las temperaturas en la mitad, se puede observar que la variación entre todos los colectores en el mismo punto no varía más de 6°C, las temperaturas en este punto se mantuvieron muy estables dando variaciones no tan considerables.

5.2.1.8. Temperatura en el punto A de 6 colectores en la placa

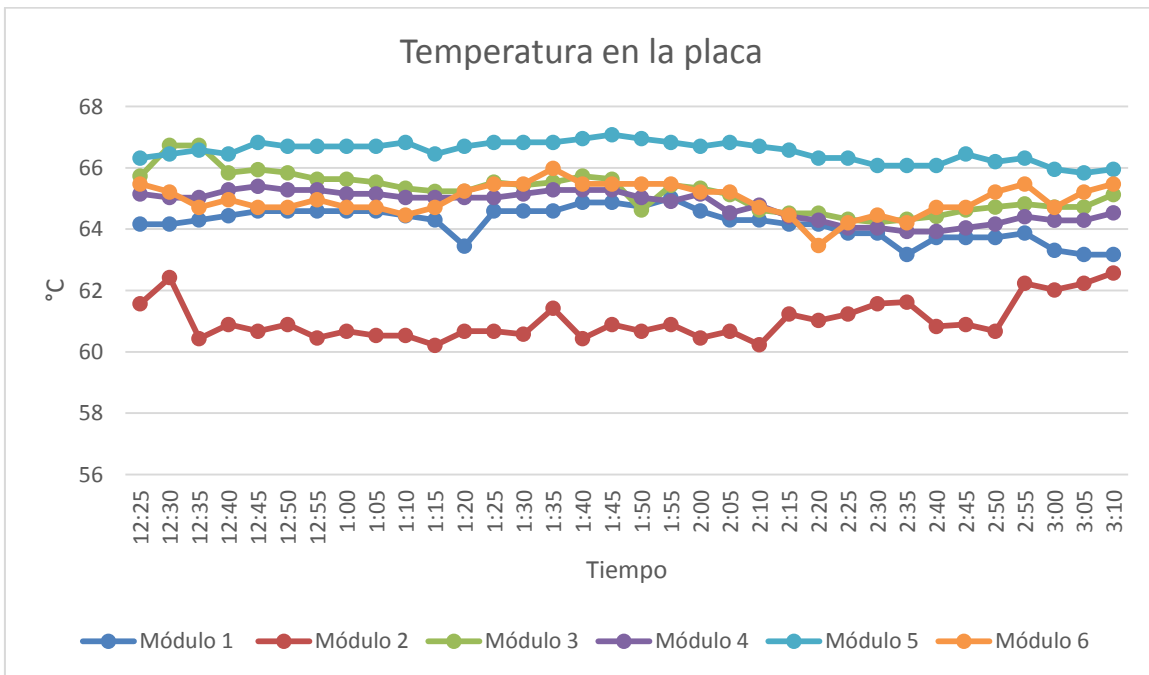


Figura 5.9. Temperatura en la placa del punto A de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.9 se observa las curvas de los sensores instalados en la placa, entre el colector 2 y 5 se diferencia el cambio de temperatura en un mismo punto, esto es debido a que algunos sensores no están 100% en contacto con la superficie esto da un cambio de temperatura entre estos dos de 6.86°C mientras que los demás se mantienen en un rango de variación de 2°C .

5.2.1.9. Temperatura en el punto B de 6 colectores en el vidrio

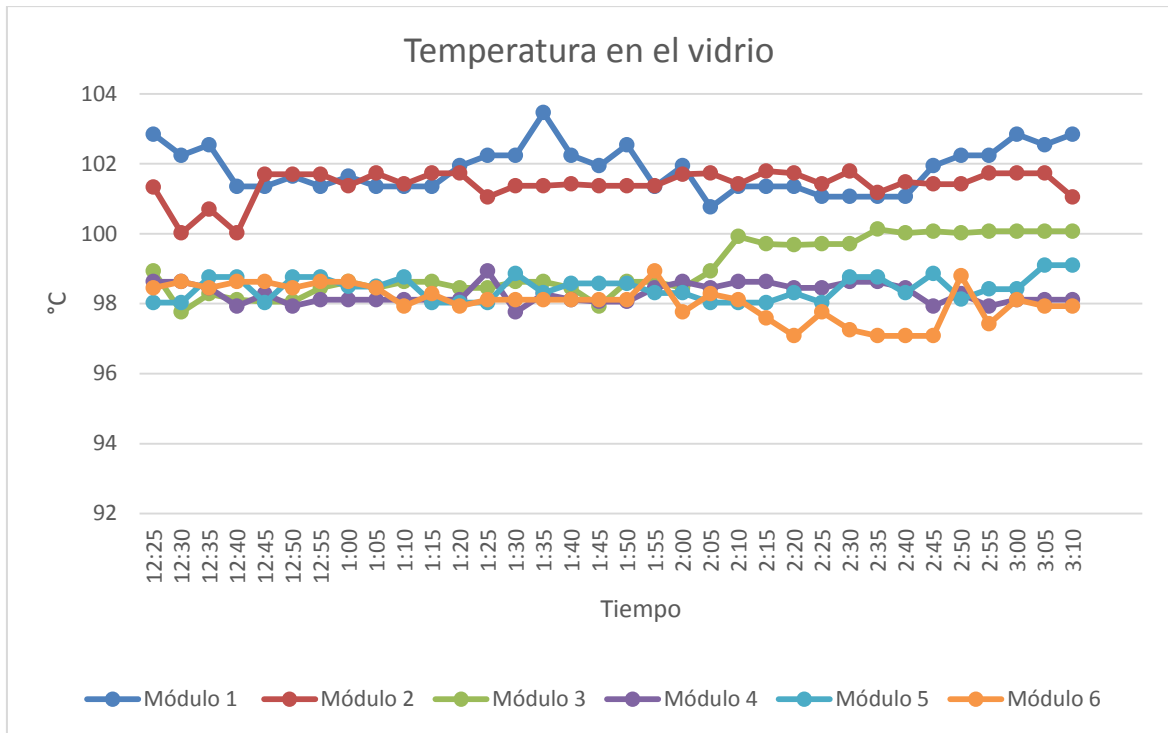


Figura 5.10. Temperatura en el vidrio del punto B de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En este punto se analiza las curvas de la figura 5.10 donde se observa una variación de 5°C entre los colectores 6 y 1 estos grados de diferencia entran en los parámetros requeridos para el posterior estudio, el sensor instalado en la superficie del vidrio debe estar en contacto directo para una mejor medición, respecto al colector 1 y 2 son los que están con una temperatura mayor que es de un 3°C a diferencia de los demás que permanecen iguales y no varían más de 2°C .

5.2.1.10. Temperatura en el punto B de 6 colectores en la mitad

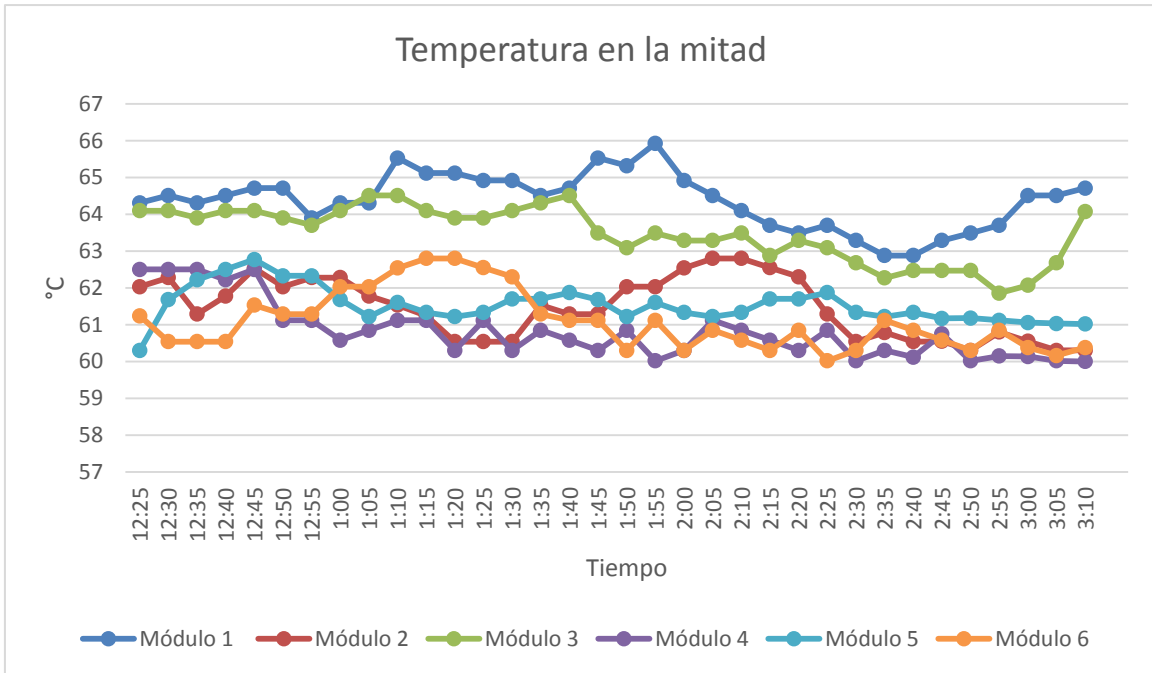


Figura 5.11. Temperatura en la mitad del punto B de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En este punto mediante la figura 5.11 se puede observar que la variación de temperaturas de la sección B, en los colectores es de 5°C en su punto máximo alcanzado a las 01:55 pm, lo cual no es un cambio excesivo debido a la distribución de los mismos.

5.2.1.11. Temperatura en el punto B de 6 colectores en la placa

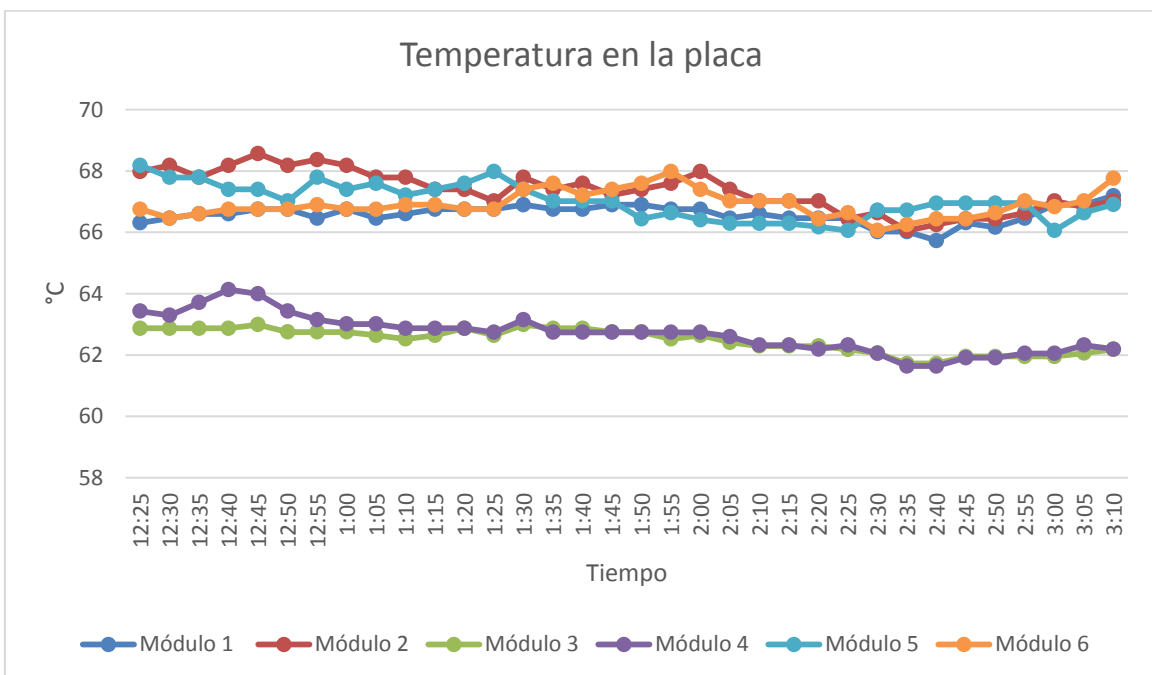


Figura 5.12. Temperatura en la placa del punto B a de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.11 se puede observar las curvas de la temperatura en la placa las cuales varían entre el módulo de menor temperatura el cual es el 3 y el de mayor siendo el número 2, su variación es de 6°C con respecto a los demás colectores que el mismo punto se mantienen con 2°C aproximadamente de variación, esto sucede dividido a los sensores que miden la superficie de la placa no se encuentran en contacto directo y es por eso esa variación, aunque no es excesivamente grande.

5.2.1.12. Temperatura en el punto C de 6 colectores en el vidrio

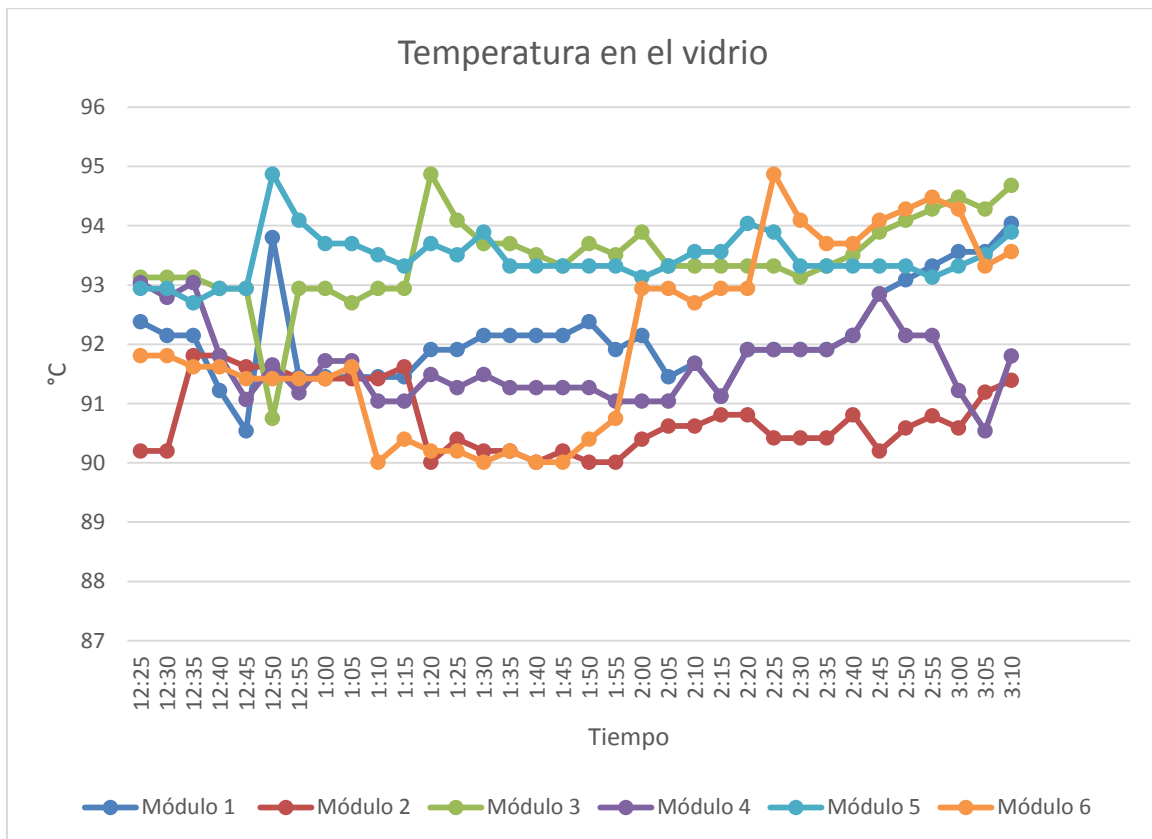


Figura 5.13. Temperatura en el vidrio del punto C de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.13 se puede observar que las temperaturas de los 6 colectores solares son muy parecidas y no sobrepasan el rango de 5°C entre ellas, pudiendo así concluir que el punto C en el vidrio estas son muy estables con variaciones mínimas de 2°C esto debido a que los 6 colectores se encuentran en el mismo ángulo.

5.2.1.13. Temperatura en el punto C de 6 colectores en la mitad

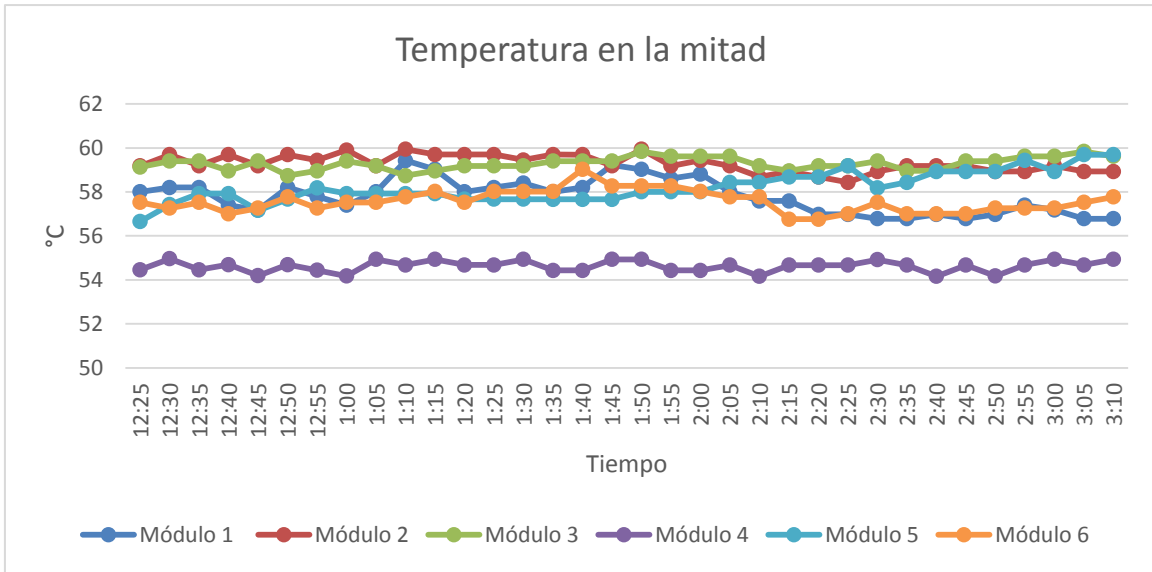


Figura 5.14. Temperatura en el punto C medio de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.14 se puede observar las temperaturas en la mitad en el punto C donde el colector solar número 4 es quien tiene la temperatura más baja con 54,65°C mientras que los demás tienen una variación entre ellos de 3°C, el rango de diferencia de temperatura entre el mayor y menor es de 5°C esto puede ser causado debido a la posición donde se encuentra el sensor puede estar muy arriba o muy abajo.

5.2.1.14. Temperatura en el punto C de 6 colectores en la placa

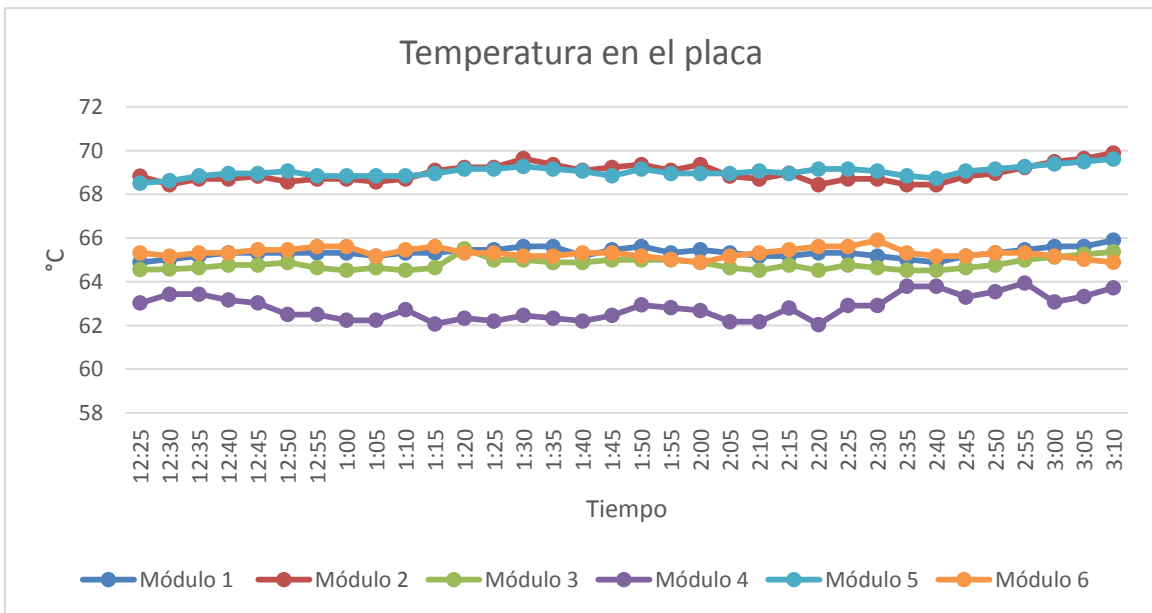


Figura 5.15. Temperatura en la placa en el punto C de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.15 observamos la temperatura de los 6 colectores en el punto C en la placa donde la temperatura del colector 4 es ligeramente menor de los demás con una variación de 3°C esto debido al tipo de ángulo y lugar donde se encuentra.

5.2.1.15. Temperatura de los 6 colectores en la entrada

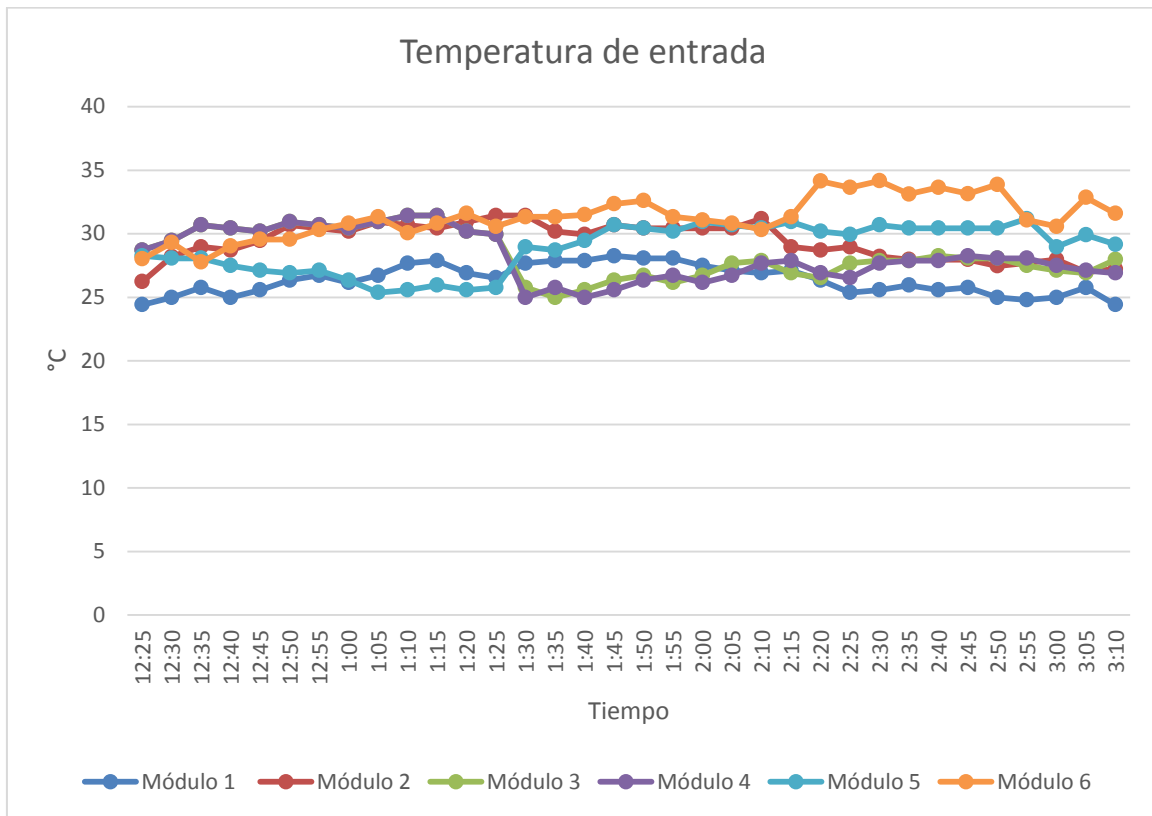


Figura 5.16. Temperatura a la entrada de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.16 se puede observar las curvas de la temperatura de entrada de los 6 colectores solares la cual da una variación de temperatura de 4°C con respecto a la entrada de 24,42 °C del colector número uno 1, esto depende mucho del lugar donde están instalados, debido a que no tienen todas las mismas condiciones.

5.2.1.16. Temperatura de los 6 colectores en la salida

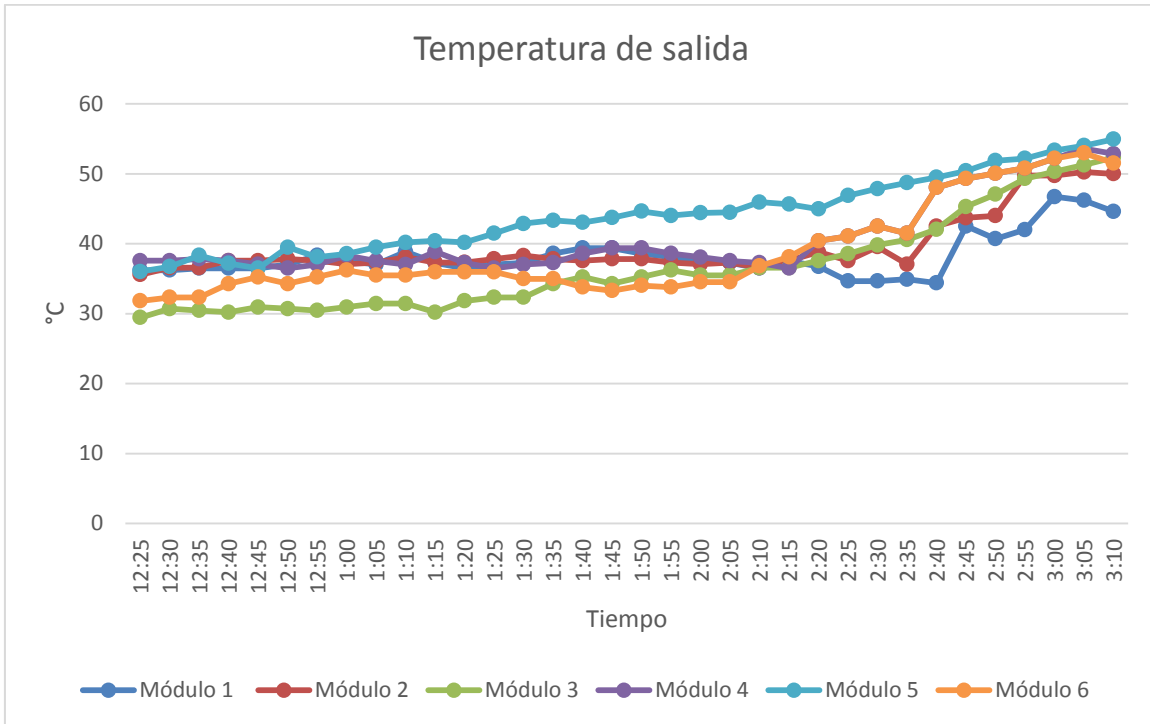


Figura 5.17. Temperatura a la salida de los 6 módulos.

Fuente: Autores

En la figura 5.17 podemos observar las temperaturas en de salida de los 6 colectores las cuales al inicio de la toma de datos fue de 36.2°C con una variación de 5°C y al final esta temperatura aumentando hasta alcanzar los 54.94°C, en la salida las temperaturas serán más elevadas que las de entrada esto dividido a que en la cámara interna de los colectores la acción térmica juega un papel fundamental en esta.

5.3. HMI

La interfaz HMI realizada en Unity ayudó a la visualización de datos de temperatura entregado por los sensores, los datos recaudados fueron comparados con la estación meteorológica portátil Kestrel 5500 para mayor exactitud y el estudio de los mismos.

Con la visualización se obtuvo resultados claros donde se determina el promedio de variación entre temperaturas de cada módulo esta variación es de 6°C esto debido a que los sensores son de carácter experimental y no de industrias estos son más precisos, pero mucho más costosos como también la ubicación de los sensores y el grado de exactitud en la instalación.

5.4. Sistema de comunicación

Para el sistema de comunicación se utilizó el Módulos RS485, los cuales comunicaran 6 Arduinos a través de RS485, la comunicación será simplex, full duplex y half duplex.

En el estándar industrial RS485 o también conocido como EIA-485 es un estándar de capa física según el modelo OSI. Es decir, no pone normas ni restricciones sobre el contenido, forma, o codificación de los mensajes enviados. Utilizando RS485 como capa física es posible implementar un bus de campo industrial tipo MODBUS para comunicación entre equipos industriales o DMX para el control de luces entre otras aplicaciones. El estándar RS485 es ampliamente utilizado por su robustez, fácil implementación y buenas prestaciones.

RS485 está en la actualidad como un sistema de comunicación en bus diferencial multipunto, es ideal para transmitir a velocidades medianas sobre largas distancias (35 Mbit/s hasta 10 metros y 100 kbit/s en 1200 metros) y a través de canales ruidosos, ya que al emplear voltajes diferenciales reduce los ruidos eléctricos que aparecen en la línea de transmisión. El medio físico de transmisión es el cable par trenzado que admite hasta 32 estaciones en 1 solo bus, con una longitud máxima de 1200 metros operando entre 300 y 19200 bit/s bajo comunicación half-duplex (semidúplex) garantizando así nuestra comunicación en la figura 5.18 se identifica los 6 módulos RS485 utilizados en la placa principal y en los 5 esclavos los cuales se conectan a Arduino mini 2560 para la comunicación entre ellos.

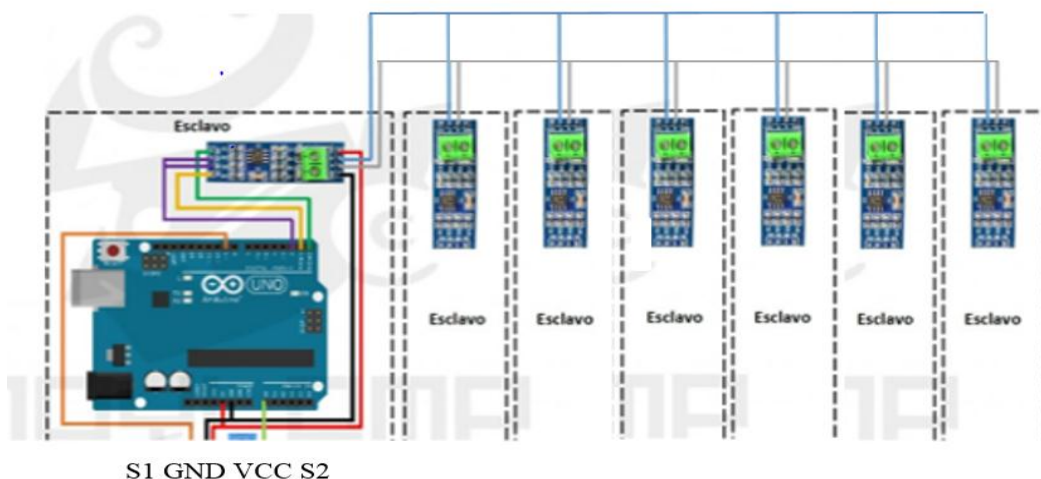


Figura 5.18. Módulos RS485

Fuente: Autores.

En la siguiente tabla presentada a continuación se puede observar los diferentes tiempos de comunicación utilizada en la tarjeta PCB maestra y sus esclavos, así como el tiempo entre la visualización de datos en Unity y el tiempo en que guarda los datos en la tarjeta SD.

Tabla 5.3 Tiempos de comunicación.

Tarjeta Master-Tarjeta Esclavo	7 segundos
Tarjeta Master- Visualización HMI	396 datos por minuto
Almacenamiento SD	1 minuto

5.5. Determinación de error en los módulos.

Para la comprobación de los datos medidos se calculó un margen de error de 10% debido a que no es un valor excesivo se tomaron varias medidas con el aparato de medición Kestrel 5500 y los datos almacenados por la tarjeta SD, se comprobaron los resultados obtenidos dando así un mínimo de error del 3.7% y un máximo de 9.6% sobrepasa el 10% en la recopilación de datos.

Mediante la determinación del error en los módulos se pudo identificar un 90,4% de exactitud de acuerdo a los resultados analizados de los datos sensados por los colectores se asemejan a los de un instrumento de medición.

Tabla 5.4. Comparación de datos con el dato patrón.

TEMPERATURAS	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I.	T.C.	T.C.I.	T.D.S.	T.D.	T.D.I.	T.E.
DATO PATRON	36.3	86.4	65.8	93.8	82.9	87.9	80.6	74	56.7	34.7
MODULO 1	38,4	82,65	53,6	96,32	80,3	58,22	82,82	66,7	58,51	36
MODULO 2	39,6	85,84	66,8	95,15	82,5	63,43	93,04	71,5	60,03	35,6
MODULO 3	38	80,17	67,8	95,47	80,9	101,1	78,42	77,5	57,92	34,8
MODULO 4	36,2	88,97	64,3	91,57	79	87,98	80,2	69,2	58,83	35,6
MODULO 5	38,4	87,66	69,6	95,73	83,9	52,87	73,13	75,4	56,64	33,3
MODULO 6	34,4	81,58	63,6	94,16	84,3	66,31	92,38	73	57,89	36,2
PROMEDIO	225	506,87	568	580,8	491	429,9	500	507	349,8	211
ERROR	3.7%	8.4%	9.4%	9.6%	8.1%	7.1%	8.3%	8.4%	5.8%	3.5%

6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

6.1. Presupuesto

Consiste en implementar los gastos que intervinieron para la realización del proyecto, en las tablas que se presentan a continuación se fijan los precios de los materiales a utilizar en el proyecto.

6.1.1. Materiales electrónicos

Los materiales electrónicos utilizados para el sistema de adquisición de datos son los siguientes:

Tabla 6.1. Materiales Electrónicos.

DETALLE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Termistor	100k Ntc 3950	36	\$ 5.00	\$ 180.00
Termocupla +módulo sensor Max6675	Tipo K	30	\$ 7.14	\$ 214.20
Estacion meteorológica	WS-2000	1	\$ 600.00	\$ 600.00
Xbee	S1	2	\$ 30.00	\$ 60.00
Antena	3dbi	2	\$ 10.00	\$ 20.00
Base		2	\$ 18.00	\$ 36.00
Mini Arduino mega		6	\$ 18.00	\$ 108.00
Atmega	328p	7	\$ 4.50	\$ 31.50
X1 pin header		6	\$ 1.50	\$ 10.00
Baquelita Circuitos Impresos	Fibra de vidrio	7	\$ 2.00	\$ 14.00
			TOTAL	\$ 1273,70

Fuente: Autores.

6.1.2. Gastos de estructura y diseño de ingeniería del dispositivo

Tabla 6.2. Estructura del sistema y diseño de ingeniería.

DETALLE	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
Cajas Térmicas	Dimensiones 12 cm x 20 cm	6	\$ 9.00	\$ 54.00

Acrílico	Negro y transparente	12	\$ 2.00	\$ 24.00
Programación	Código de programación	1	\$ 50.00	\$ 50.00
			TOTAL	\$ 128

Fuente: Autores.

6.1.3. Gastos varios

Los gastos varios realizados durante el proceso del desarrollo del sistema de adquisición de datos.

Tabla 6.3. Gastos varios

DETALLE	DESCRIPCIÓN	VALOR TOTAL
Material Bibliográfico.	Consultas.	\$ 25.00
TOTAL		\$ 25.00

Fuente: Autores.

6.1.4. Gastos directos totales

Tabla 6.4. Gastos directos totales.

GASTOS DIRECTOS	COSTOS
Materiales electrónicos	\$ 1273.70
Estructura del sistema y diseño de ingeniería	\$ 128.00
TOTAL	\$ 1401.70

Fuente: Autores.

6.1.5. Gastos indirectos totales

Tabla 6.5. Gastos indirectos totales.

GASTOS INDIRECTOS TOTALES	COSTOS
Material Bibliográfico.	\$ 25.00
TOTAL	\$ 25.00

Fuente: Autores.

6.1.6. Gastos totales del sistema

Tabla 6.6. Gastos totales.

Gastos indirectos totales	\$ 1401.70
Gastos directos totales	\$ 25.00
Total	\$ 1426.70

Fuente: Autores.

6.2. Análisis de impacto

6.2.1 Impacto tecnológico

Los nuevos procesos tecnológicos que existen a nivel mundial, los cuales hablan acerca del control de procesos industriales, basándose en adquisición de datos en HMI son demasiado sofisticados. El proyecto de adquisición de datos está construido con la electrónica y software convencional añadiéndole nuevas técnicas de control e instrumentación.

6.2.2. Impacto social

Después de haber realizado la investigación acerca del sistema de adquisición de datos y su visualización de los parámetros medidos en HMI, se obtuvo que existe un limitado número de estos sistemas, debido al alto costo de implementación, ya sea que son procesos pequeños y la gente los monitoriza de forma visual sin tener un control deseado y sin enfocarse en la calidad del producto resultante.

6.2.4. Impacto educativo

La presente propuesta realizada tiene como fin contribuir en una parte al proyecto de interés para la línea de investigación de la carrera de ingeniería en Electromecánica, la ventaja principal es proveer los datos para su correcto estudio y su posterior análisis de rendimiento en los colectores solares.

6.3. Beneficiarios del proyecto

6.3.1. Beneficiarios directos:

El proyecto de investigación tiene como beneficiarios directos a los tesis de maestría en la rama de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a que el sistema de adquisición de datos y parámetros en HMI será de ayuda para el estudio del rendimiento en los colectores para el posterior secado de cacao.

6.3.2. Beneficiarios indirectos:

El proyecto tiene como beneficiarios indirectos a la comunidad académica, al investigar las técnicas que permiten la visualización, y almacenamiento de datos en los procesos en el área de la Electromecánica en el área de Instrumentación, sistemas de control y programación.

7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

7.1. Conclusiones

- El sistema de comunicación inalámbrico envía los datos de temperatura de los 6 colectores al software Unity cada 7 segundos debido al alto número de datos que se manejan, esto no causa problemas para los análisis debido a que en la memoria SD ubicada en el módulo maestro los datos almacenados llegan a cada minuto.
- Con la visualización de los parámetros en HMI se concluyó que la variación entre temperaturas de cada módulo es de alrededor 6°C esto debido a que los sensores son de carácter experimental y no son tan precisos como los industriales, también se debe tomar en cuenta ciertos parámetros como la ubicación y el grado de hermeticidad.
- En el análisis de resultados se pudo comprobar que la sección media de los colectores alcanza mayor temperatura debido a la incidencia de la radiación solar sobre este punto.
- Se concluyó que el material que más rápido se calienta es el vidrio, pero la placa conserva mejor el calor debido a que es un buen conductor de calor siendo el último en enfriarse.
- Con la validación del funcionamiento mediante tres pruebas realizadas y los datos obtenidos se concluyó que el sistema de adquisición, visualización, y almacenamiento de datos ayudara a estudios futuros para conocer la eficiencia de los colectores de placa plana.

7.2. Recomendaciones

- En la selección de materiales electrónicos es recomendable tomar en cuenta los datos del fabricante si se adecuan de acuerdo a las necesidades requeridas y si se encuentran disponibles en el mercado.
- Es recomendable utilizar una comunicación serial por puerto Rj14 entre el módulo principal y esclavos para así evitar que el sistema deje de responder por el movimiento brusco del cable.
- Para la calibración de los sensores es recomendable la utilización de la curva de dispersión mediante un historial de datos obtenidos con un instrumento de medición confiable, para que sirva de referencia con los datos obtenido por los sensores.
- Es recomendable revisar los cables de comunicación regularmente en el módulo maestro y esclavos para garantizar que los datos lleguen correctamente a la tarjeta de almacenamiento.

- Es importante revisar el manual de usuario para la correcta conexión de los sensores en caso de ser reemplazados.

8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] R. Guzmán, A. Quevedo, L. Tijerina, and M. Castro, “No Title Sistema de adquisición de datos meteorológicos en tiempo real con PLC,” *Rev. Mex. ciencias agrícolas*, vol. 6, 2015, [Online]. Available: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S2007-09342015000801701&script=sci_arttext.
- [2] I. Gómez Fernández and J. Gómez Angarita, “Sistema de adquisición de datos de bajo costo, basado en hardware y software libre y abierto.,” *Rev. QUID*, vol. 0, no. 17, pp. 23–28, 2011.
- [3] A. F. Barbecho Guailas and J. C. Loja Juca, “Desarrollo de un prototipo de máquina híbrida de secado de granos de cacao con sistema de control automático de temperatura,” 2019.
- [4] A. Rodríguez, S. Suárez, and H. Montaña, “Caracterización de sensores de temperatura termopar, termistor y RTD.,” *Tecnol. en electrónica. Univ. Dist. Fr. José Caldas (Colombia)*, 2016, [Online]. Available: <http://hdl.handle.net/11349/7302>.
- [5] J. González, B. Nuñez, and P. Molinares, “Sistema de monitoreo en tiempo real para la medición de temperatura,” *Sci. Tech.*, vol. 50, p. 5, 2012, [Online]. Available: <https://www.redalyc.org/pdf/849/84923878019.pdf>.
- [6] J. Osorio, J. Pérez Ramírez, and M. Rodríguez Barrera, “Implementación de un sistema de adquisición de datos para monitorear una máquina de corriente directa,” *Tecnura*, vol. 14, pp. 60–68, 2010.
- [7] J. Vanegas Iriarte, “Desarrollo de un sistema prototipo de medición y análisis de descargas parciales generadas en laboratorio,” UNIVERSIDAD DEL VALLE, 2016.
- [8] F. Rivas, “Diagrama a bloques del sistema de adquisición de datos. Source publication,” *researchgate*. https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-a-bloques-del-sistema-de-adquisicion-de-datos_fig7_281376117.
- [9] F. Valdés Perez and R. Pallás Areny, *MICROCONTROLADORES: FUNDAMENTOS Y APLICACIONES CON PIC*. 2007.
- [10] E. Mandado, L. Menéndez, L. Fernández, and E. López, *MICROCONTROLADORES PIC SISTEMA INTEGRADO PARA EL AUTOAPRENDIZAJE*. 2007.
- [11] “CATALOGO DE ROBOTICA,SENSORES Y ARDUINO,” pp. 1–173, 2016.
- [12] Kashif Mirza, “Pinout Atmega328 para Arduino,” *ProjectIOT123*. <https://projectiot123.com/2019/10/24/atmega328-pinout-for-arduino/>.
- [13] M. Carmona Pacheco and S. Ortiz Hidalgo, “ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES ANALÓGICAS UTILIZANDO MÓDULOS PORTABLES SCC PARA EL LABORATORIO DE MECATRÓNICA,” ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, 2011.
- [14] logicbus, “logicbus,” *Sensores y Transductores*. <https://www.logicbus.com.mx/transductores->

sensores.php.

- [15] R. Pallás Areny, *SENSORES Y ACONDICIONADORES DE SEÑAL*, 4th ed. Barcelona, 2003.
- [16] J. W. Montes and C. A. Silva, “Medición de temperatura: sensores termoelectricos,” no. 34, pp. 1–6, 2007.
- [17] J. Vignoni, “Sensores,” p. 43, 2003.
- [18] Ferretrónica, “Sensores de Temperatura Medida de Temperatura,” 2021.
- [19] Ingeniería Mecafenix, “Termistor sensor de temperatura,” 2018.
<https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/termistor-sensor-temperatura/>.
- [20] S. Jimenez, L. Scarioni, and K. Vano, “Sensores de humedad de tipo capacitivo y resistivo, fabricados con NaCl, KBr y KCl,” *Rev. Ing. UC*, vol. 20, 2013.
- [21] S. Kouro, “Sensores De Humedad,” *Autom. Ind.*, 2001.
- [22] J. Bilbao Santos, J. A. Franco, C. Argimiro de Miguel, and A. Ayuso, “Sensores de medida de la radiación solar,” *Dialnet*, vol. 1, p. 59, 2002, [Online]. Available:
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=643833>.
- [23] Raing, “Piranómetros Heliógrafos y piranómetros.” <https://www.raig.com/piranometros-a11d/>.
- [24] Darrera, “Pirheliómetro de Primera Clase,” 2021.
<https://www.darrera.com/wp/es/producto/lppyrhe16-pirheliometro-primera-clase/>.
- [25] Proviento S.A, “Estacion completa inalámbrica con conexion WIFI y tarjeta SD,” 2021.
<https://proviento.com.ec/estaciones-meteorologicos/147-estacion-completa-inalambrica-con-conexion-wifi-y-tarjeta-sd.html>.
- [26] A. Rodríguez Penin, *SISTEMA SCADA*, 3rd ed. 2012.
- [27] J. M. Hurtado, “Introducción a las Redes de Comunicación Industrial,” p. 19, 2017, [Online]. Available:
http://www.infopl.net/files/documentacion/comunicaciones/infoPLC_net_introduccc3b3n-a-las-redes-de-comunicac3b3n-industrial.pdf.
- [28] F. Osorio Rivera, *Base de datos relacionales Teoria y Practica*. Medellin, 2008.
- [29] E. Tumbaco Castro and S. Huayamave Astudillo, “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN INTERCAMBIADOR DE CALOR PARA SECADO ARTIFICIAL DE PARTÍCULAS SÓLIDAS.” UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE GUAYAQUIL, 2015.
- [30] P. Cacao, “METODOS DE SECADO DE CACAO,” 2020.
<https://poscosechacacao.blogspot.com/2017/08/metodos-de-secado-de-cacao.html>.
- [31] Infocacao, “Actividades de poscosecha para lograr cacao de calidad,” *procacacho*, no. 14, p. 9, 2017.
- [32] E. plugand Play, “Atmega328.” <https://www.electronicaplugandplay.com/sistemas->

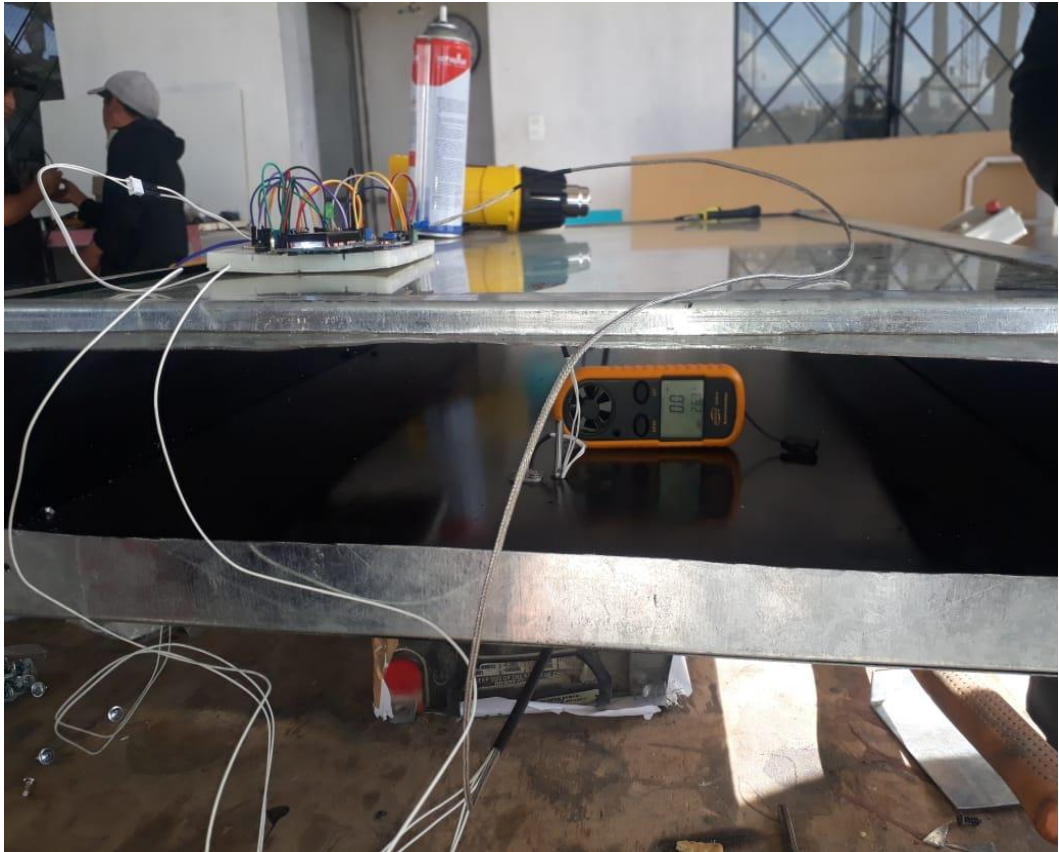
ANEXOS

Anexo 1. Adquisición de sensores.



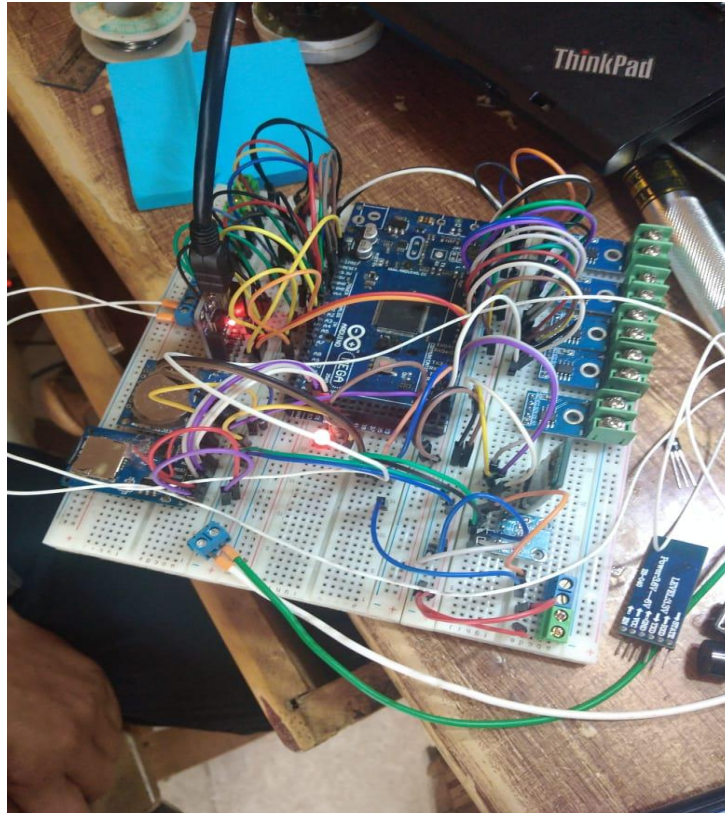
En el anexo 1 se pudo observar la adquisición de los distintos sensores utilizados en la propuesta tecnológica, tales como, termistor y termocupla tipo K.

Anexo 2. Instalación de los sensores en los colectores de placa plana.



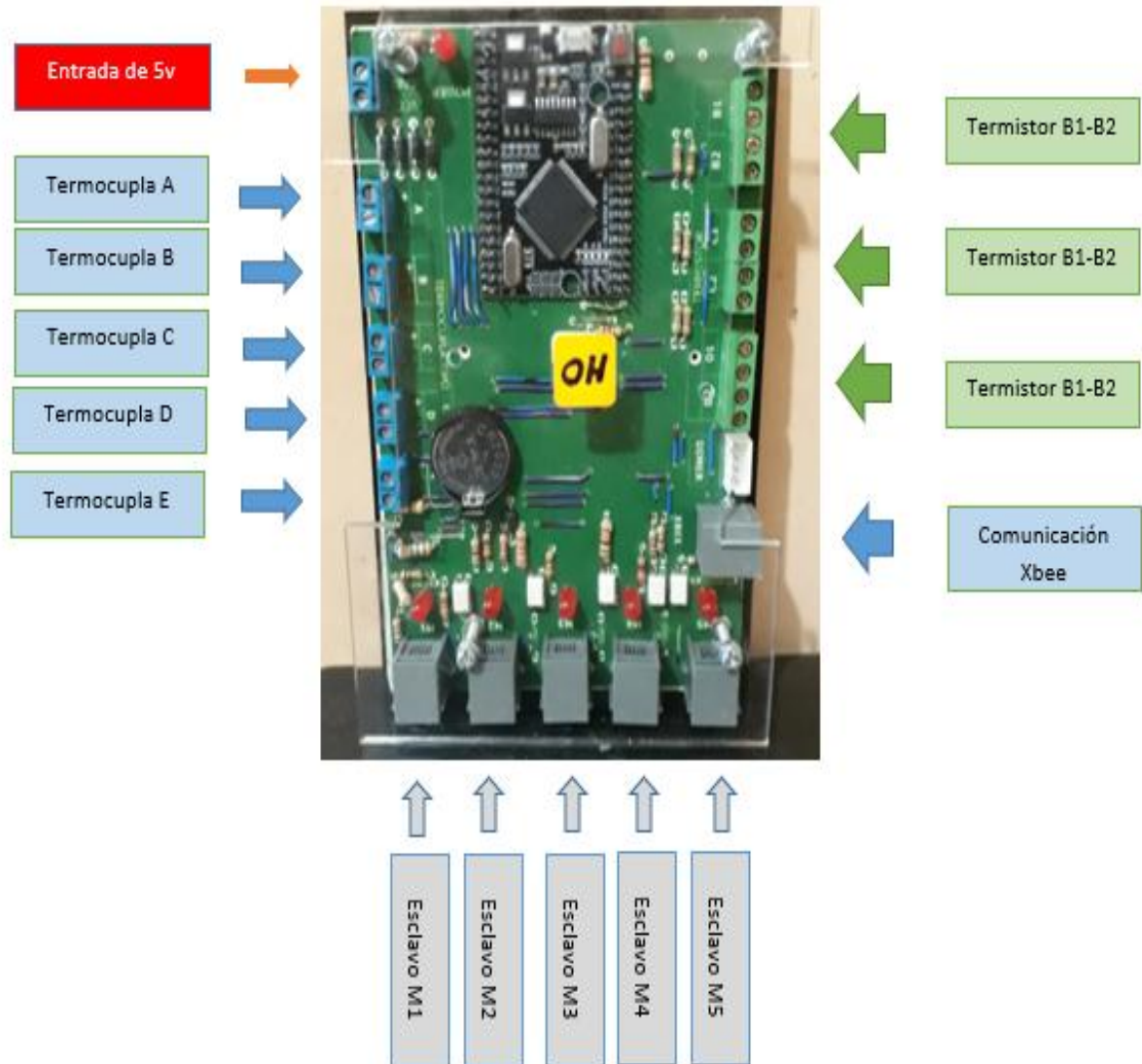
En el anexo 2 se observa la instalación de los sensores en la parte inferior, media y superior.

Anexo 3. Diseño del circuito maestro en protoboard



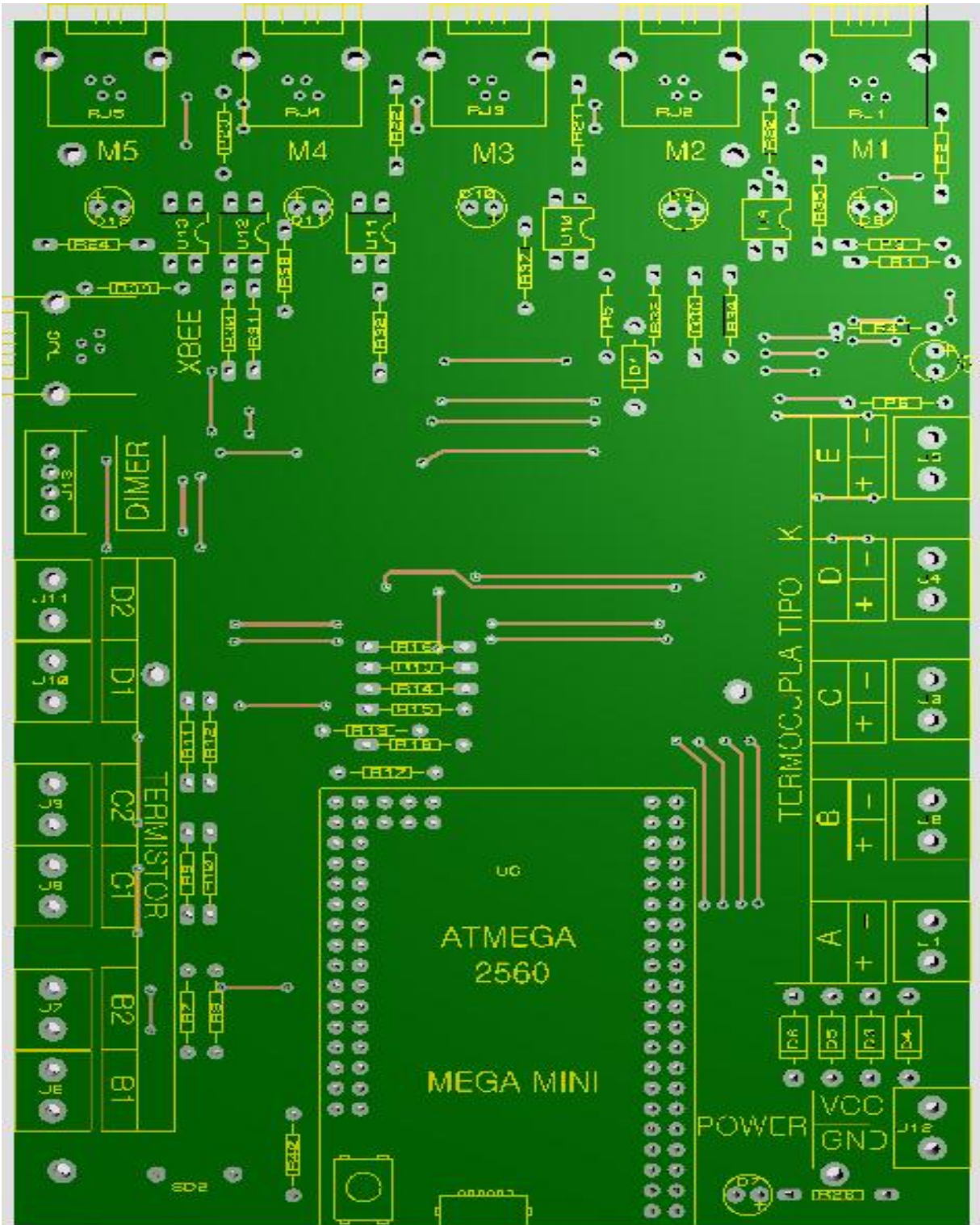
En el anexo 3 se puede observar el diseño del módulo maestro en protoboard y las pruebas iniciales de funcionamiento.

Anexo 4. Diagrama de módulo maestro



En el anexo 4 se detalla el modulo maestro, los tipos de conexiones disponibles donde irán conectados los sensores de temperatura como lo son la termocuplas tipo k, termistores, los puertos para los módulos esclavos y la entrada de voltaje.

Anexo 5. Impresión de la tarjeta PCB.



En el anexo 5 se puede observar el diseño final de la placa PCB del módulo maestro.



Modulo maestro terminado con todos los elementos electrónicos.

Anexo 6. Impresión de la placa de esclavos.



Módulo esclavo terminado con todos los elementos electrónicos.

Anexo 7. Instalación de las placas PCB a los colectores.





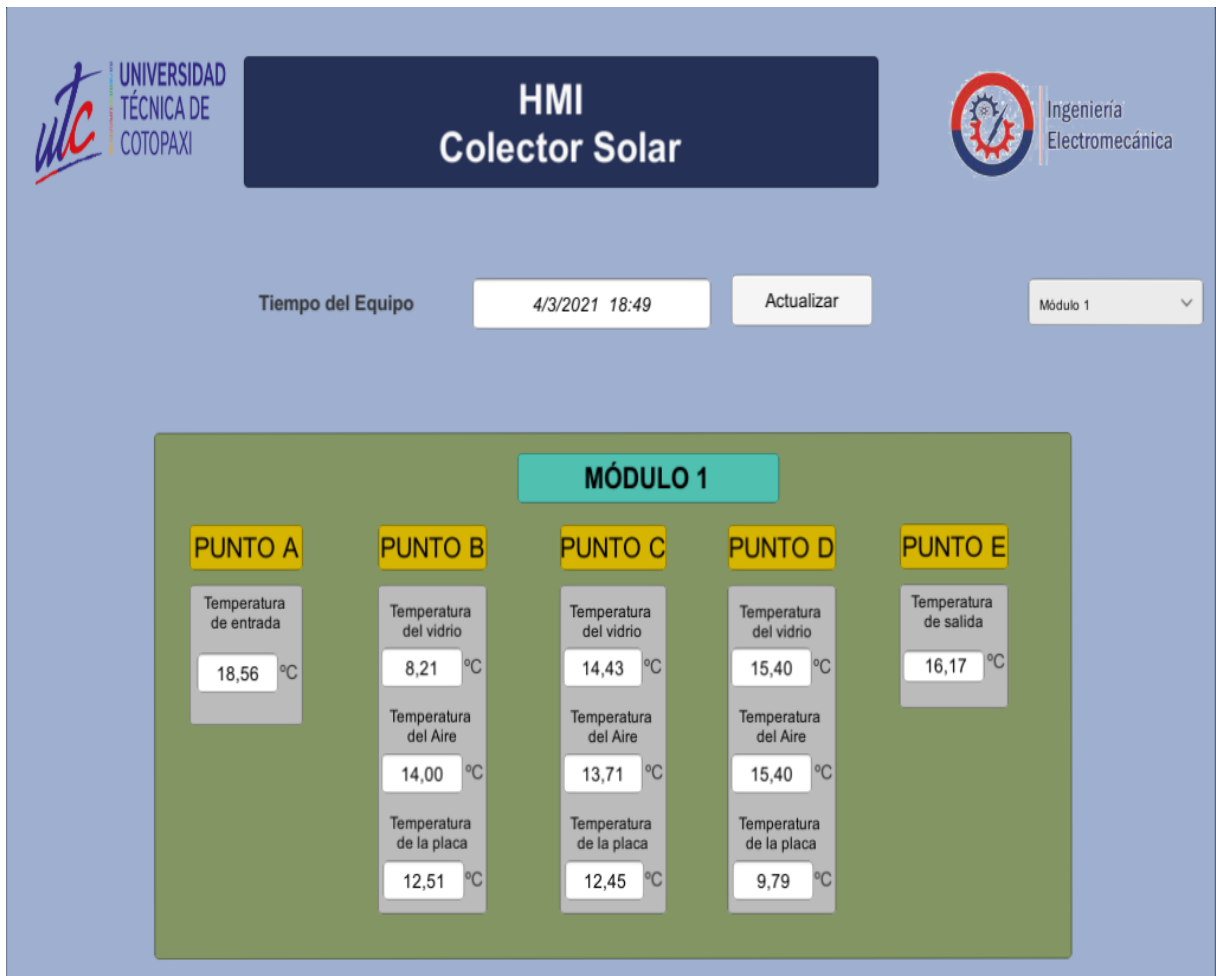
En el anexo 7 se puede observar la instalacion de las placas PCB y su respectiva fuente de 5v en las cajas impermeables y colocacion en la estructura superior de los colectores solares.

Anexo 8. Pruebas de funcionamiento en los colectores.



En el anexo 8 se puede observar las pruebas de funcionamiento de los 6 colectores solares de placa plana.

Anexo 9. Software HMI.



En el anexo 9 se puede observar el software HMI realizado en el programa Unity.

Anexo 10. Datos obtenidos de los 6 módulos.

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 1															
Día	Mes	Año	Hora	Min.	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	24,42	81,58	53,62	64,16	102,84	64,31	66,31	92,38	58	64,89	36,22
4	3	2021	12	30	24,99	81,37	53,43	64,16	102,24	64,51	66,46	92,15	58,2	65,03	36,22
4	3	2021	12	35	25,76	81,15	53,62	64,3	102,54	64,31	66,6	92,15	58,2	65,17	36,49
4	3	2021	12	40	24,99	81,15	53,82	64,44	101,35	64,51	66,6	91,22	57,39	65,32	36,49
4	3	2021	12	45	25,57	81,15	54,02	64,59	101,35	64,71	66,75	90,54	57,18	65,32	36,49
4	3	2021	12	50	26,34	81,15	54,02	64,59	101,64	64,71	66,75	93,8	58,2	65,32	37,01
4	3	2021	12	55	26,72	80,74	54,02	64,59	101,35	63,9	66,46	91,45	57,79	65,32	38,32
4	3	2021	1	0	26,15	80,95	53,82	64,59	101,64	64,31	66,75	91,45	57,39	65,32	37,54
4	3	2021	1	5	26,72	80,74	53,62	64,59	101,35	64,31	66,46	91,45	58	65,17	37,01
4	3	2021	1	10	27,68	79,71	54,02	64,44	101,35	65,53	66,6	91,45	59,42	65,32	38,85
4	3	2021	1	15	27,88	80,74	53,82	64,3	101,35	65,12	66,75	91,45	59,02	65,32	37,27
4	3	2021	1	20	26,91	81,15	54,02	63,45	101,94	65,12	66,75	91,91	58	65,46	36,49
4	3	2021	1	25	26,53	81,37	54,02	64,59	102,24	64,92	66,75	91,91	58,2	65,46	37,01
4	3	2021	1	30	27,68	81,58	53,82	64,59	102,24	64,92	66,9	92,15	58,4	65,61	37,27
4	3	2021	1	35	27,88	81,58	54,02	64,59	103,46	64,51	66,75	92,15	58	65,61	38,59
4	3	2021	1	40	27,88	80,53	54,21	64,87	102,24	64,71	66,75	92,15	58,2	65,17	39,38
4	3	2021	1	45	28,26	81,37	54,21	64,87	101,94	65,53	66,9	92,15	59,22	65,46	39,38
4	3	2021	1	50	28,07	81,58	54,21	64,73	102,54	65,32	66,9	92,38	59,02	65,61	38,59
4	3	2021	1	55	28,07	81,37	54,02	65,02	101,35	65,93	66,75	91,91	58,61	65,32	38,06
4	3	2021	2	0	27,49	81,37	53,82	64,59	101,94	64,92	66,75	92,15	58,81	65,46	37,54
4	3	2021	2	5	27,11	80,95	54,02	64,3	100,76	64,51	66,46	91,45	58	65,32	37,27
4	3	2021	2	10	26,91	80,95	53,23	64,3	101,35	64,1	66,6	91,68	57,59	65,17	36,49
4	3	2021	2	15	27,11	80,74	53,62	64,16	101,35	63,7	66,46	88,12	57,59	65,17	37,54
4	3	2021	2	20	26,34	80,53	53,62	64,16	101,35	63,49	66,46	91,91	56,98	65,32	36,75
4	3	2021	2	25	25,38	80,32	53,62	63,87	101,06	63,7	66,46	91,91	56,98	65,32	34,65
4	3	2021	2	30	25,57	80,32	53,23	63,87	101,06	63,29	66,02	91,91	56,78	65,17	34,65
4	3	2021	2	35	25,95	80,32	53,43	63,17	101,06	62,88	66,02	91,91	56,78	65,03	34,91
4	3	2021	2	40	25,57	80,32	53,43	63,73	101,06	62,88	65,73	92,15	56,98	64,89	34,39
4	3	2021	2	45	25,76	80,53	52,65	63,73	101,94	63,29	66,31	92,85	56,78	65,17	42,52
4	3	2021	2	50	24,99	80,53	53,04	63,73	102,24	63,49	66,16	93,09	56,98	65,32	40,69
4	3	2021	2	55	24,8	80,74	52,84	63,87	102,24	63,7	66,46	93,32	57,39	65,46	42
4	3	2021	3	0	24,99	80,74	52,65	63,31	102,84	64,51	66,9	93,56	57,18	65,61	46,72
4	3	2021	3	5	25,76	80,53	52,84	63,17	102,54	64,51	66,9	93,56	56,78	65,61	46,2
4	3	2021	3	10	24,42	80,74	52,65	63,17	102,84	64,71	67,19	94,04	56,78	65,9	44,62

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 2

Día	Mes	Año	Hora	Min	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	26,23	84,97	54,25	61,57	101,33	62,03	67,98	90,2	59,18	68,83	35,57
4	3	2021	12	30	28,21	89,2	54,25	62,42	100,02	62,28	68,18	90,2	59,69	68,44	36,57
4	3	2021	12	35	28,96	88,97	54,5	60,43	100,7	61,29	67,79	91,81	59,19	68,7	36,57
4	3	2021	12	40	28,71	89,08	55,5	60,89	100,02	61,78	68,18	91,81	59,69	68,7	37,56
4	3	2021	12	45	29,45	89,2	54	60,67	101,7	62,53	68,57	91,62	59,19	68,83	37,56
4	3	2021	12	50	30,69	89,2	54,75	60,89	101,7	62,03	68,18	91,62	59,69	68,57	37,81
4	3	2021	12	55	30,44	88,97	54,75	60,45	101,7	62,28	68,37	91,42	59,44	68,7	37,56
4	3	2021	1	0	30,19	88,97	54,25	60,67	101,37	62,28	68,18	91,42	59,9	68,7	37,06
4	3	2021	1	5	30,94	88,64	54	60,53	101,73	61,78	67,79	91,42	59,19	68,57	37,31
4	3	2021	1	10	30,69	88,43	54,5	60,53	101,42	61,53	67,79	91,42	59,94	68,7	38,06
4	3	2021	1	15	30,44	88,64	54,25	60,21	101,73	61,24	67,4	91,62	59,7	69,09	37,31
4	3	2021	1	20	30,94	88,54	53,75	60,67	101,73	60,54	67,4	90,01	59,7	69,23	37,31
4	3	2021	1	25	31,43	88,43	53,75	60,67	101,05	60,54	67,02	90,4	59,7	69,23	37,81
4	3	2021	1	30	31,43	88,54	54,25	60,57	101,37	60,54	67,79	90,2	59,45	69,63	38,31
4	3	2021	1	35	30,19	88,54	54,5	61,42	101,37	61,53	67,4	90,2	59,7	69,36	37,81
4	3	2021	1	40	29,95	88,21	54,25	60,43	101,42	61,29	67,6	90,01	59,69	69,09	37,56
4	3	2021	1	45	30,69	88,75	54,25	60,89	101,37	61,29	67,21	90,2	59,19	69,23	37,81
4	3	2021	1	50	30,44	88,54	54,75	60,67	101,37	62,03	67,4	90,01	59,94	69,36	37,81
4	3	2021	1	55	30,44	88,54	54	60,89	101,37	62,03	67,6	90,01	59,18	69,09	37,31
4	3	2021	2	0	30,44	88,43	54,4	60,45	101,7	62,54	67,98	90,4	59,44	69,36	37,06
4	3	2021	2	5	30,44	88,1	53,25	60,67	101,73	62,8	67,4	90,62	59,18	68,83	37,31
4	3	2021	2	10	31,18	87,77	53,5	60,23	101,42	62,8	67,02	90,62	58,68	68,7	36,57
4	3	2021	2	15	28,96	87,45	52,5	61,23	101,79	62,55	67,02	90,81	58,93	68,96	37,56
4	3	2021	2	20	28,71	47,56	52,25	61,02	101,73	62,3	67,02	90,81	58,68	68,44	38,81
4	3	2021	2	25	28,96	47,45	50,75	61,23	101,42	61,29	66,44	90,42	58,43	68,7	37,56
4	3	2021	2	30	28,21	47,34	51,5	61,57	101,79	60,54	66,63	90,42	58,93	68,7	39,55
4	3	2021	2	35	27,97	47,34	51,75	61,62	101,17	60,79	66,06	90,42	59,18	68,44	37,06
4	3	2021	2	40	27,97	47,34	52	60,83	101,48	60,54	66,25	90,81	59,18	68,44	42,52
4	3	2021	2	45	27,97	47,56	51,75	60,89	101,42	60,55	66,44	90,2	59,18	68,83	43,69
4	3	2021	2	50	27,47	47,67	51,5	60,67	101,42	60,3	66,44	90,59	58,93	68,96	44
4	3	2021	2	55	27,72	47,67	51,5	62,23	101,73	60,8	66,63	90,79	58,93	69,23	49,75
4	3	2021	3	0	27,97	47,56	51,5	62,02	101,73	60,55	67,02	90,59	59,18	69,49	49,75
4	3	2021	3	5	26,98	48,43	51,75	62,23	101,73	60,3	66,83	91,19	58,93	69,63	50,25
4	3	2021	3	10	27,22	47,88	51,75	62,57	101,05	60,3	67,02	91,39	58,93	69,89	50

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 3

Día	Mes	Año	Hor	Min	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	28,71	87,23	49,53	65,73	98,93	64,1	62,87	93,13	59,13	64,55	29,45
4	3	2021	12	30	29,45	87,23	49,53	66,73	97,76	64,1	62,87	93,13	59,4	64,58	30,69
4	3	2021	12	35	30,69	87,66	49,53	66,73	98,28	63,9	62,87	93,13	59,4	64,64	30,44
4	3	2021	12	40	30,44	87,52	49,72	65,84	98,11	64,1	62,87	92,94	58,96	64,76	30,19
4	3	2021	12	45	30,19	87,23	49,53	65,94	98,06	64,1	62,99	92,94	59,4	64,76	30,94
4	3	2021	12	50	30,94	87,23	49,53	65,84	98,06	63,9	62,75	90,75	58,74	64,88	30,69
4	3	2021	12	55	30,69	87,37	49,14	65,63	98,45	63,7	62,75	92,94	58,96	64,64	30,44
4	3	2021	1	0	30,44	87,37	49,72	65,63	98,63	64,1	62,75	92,94	59,4	64,52	30,94
4	3	2021	1	5	30,94	87,23	50,11	65,53	98,45	64,51	62,64	92,7	59,18	64,64	31,43
4	3	2021	1	10	31,43	87,23	49,53	65,33	98,63	64,51	62,52	92,94	58,74	64,52	31,43
4	3	2021	1	15	31,43	87,37	49,92	65,23	98,63	64,1	62,64	92,94	58,96	64,64	30,19
4	3	2021	1	20	30,19	87,66	49,72	65,23	98,45	63,9	62,87	94,87	59,18	65,5	31,83
4	3	2021	1	25	29,95	87,66	49,34	65,53	98,45	63,9	62,64	94,09	59,18	65	32,32
4	3	2021	1	30	25,76	87,8	49,72	65,43	98,63	64,1	62,99	93,7	59,18	65	32,32
4	3	2021	1	35	24,99	87,66	49,92	65,53	98,63	64,31	62,87	93,7	59,4	64,88	34,26
4	3	2021	1	40	25,57	87,66	50,11	65,73	98,45	64,51	62,87	93,51	59,4	64,88	35,24
4	3	2021	1	45	26,34	87,66	49,92	65,63	97,93	63,49	62,75	93,32	59,4	65	34,26
4	3	2021	1	50	26,72	87,52	50,11	64,62	98,63	63,09	62,75	93,7	59,84	65	35,24
4	3	2021	1	55	26,15	87,52	49,72	65,43	98,63	63,49	62,52	93,51	59,62	65	36,21
4	3	2021	2	0	26,72	87,23	49,14	65,33	98,45	63,29	62,64	93,89	59,62	64,88	35,48
4	3	2021	2	5	27,68	87,09	49,72	65,13	98,93	63,29	62,41	93,32	59,62	64,64	35,48
4	3	2021	2	10	27,88	86,95	49,14	64,62	99,92	63,49	62,29	93,32	59,18	64,52	36,57
4	3	2021	2	15	26,91	86,81	47,97	64,52	99,71	62,88	62,29	93,32	58,96	64,76	36,57
4	3	2021	2	20	26,53	86,67	47,58	64,52	99,68	63,29	62,29	93,32	59,18	64,52	37,56
4	3	2021	2	25	27,68	86,39	48,16	64,32	99,71	63,09	62,18	93,32	59,18	64,76	38,56
4	3	2021	2	30	27,88	86,67	47,58	64,22	99,71	62,68	62,06	93,13	59,4	64,64	39,81
4	3	2021	2	35	27,88	86,39	47,77	64,32	100,1	62,27	61,72	93,32	58,96	64,52	40,56
4	3	2021	2	40	28,26	86,53	47,19	64,42	100	62,47	61,72	93,51	58,96	64,52	42,06
4	3	2021	2	45	28,07	86,67	47,97	64,62	100,1	62,47	61,95	93,89	59,4	64,64	45,31
4	3	2021	2	50	28,07	86,95	47,97	64,72	100	62,47	61,95	94,09	59,4	64,76	47,06
4	3	2021	2	55	27,49	86,95	47,77	64,82	100,1	61,86	61,95	94,28	59,62	65	49,31
4	3	2021	3	0	27,11	87,09	47,58	64,72	100,1	62,07	61,95	94,48	59,62	65,13	50,31
4	3	2021	3	5	26,91	86,95	47,97	64,72	100,1	62,68	62,06	94,28	59,84	65,25	51,25
4	3	2021	3	10	27,97	88,09	47,19	65,13	100,1	64,07	62,18	94,68	59,62	65,37	52,32

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 4

Día	Mes	Año	Hora	Min.	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	28,71	85,84	56,75	65,15	98,63	62,5	63,43	91,27	54,46	63,03	37,56
4	3	2021	12	30	29,45	85,63	56,75	65,03	98,63	62,5	63,29	91,49	54,96	63,43	37,56
4	3	2021	12	35	30,69	85,21	56,25	65,03	98,45	62,5	63,71	91,27	54,46	63,43	37,81
4	3	2021	12	40	30,44	85,21	56,25	65,28	97,93	62,22	64,13	91,27	54,69	63,16	37,56
4	3	2021	12	45	30,19	84,99	56,25	65,4	98,28	62,5	63,99	91,27	54,19	63,03	37,06
4	3	2021	12	0	30,94	84,78	56	65,28	97,93	61,12	63,43	91,27	54,69	62,5	36,49
4	3	2021	12	30	30,69	84,57	56,25	65,28	98,11	61,12	63,15	91,04	54,44	62,5	37,01
4	3	2021	12	31	30,44	84,37	56	65,15	98,11	60,58	63,01	91,04	54,18	62,24	38,32
4	3	2021	12	32	30,94	84,57	56,5	65,15	98,11	60,85	63,01	91,04	54,93	62,24	37,54
4	3	2021	12	33	31,43	84,37	56	65,03	98,11	61,12	62,87	91,68	54,68	62,72	37,01
4	3	2021	12	34	31,43	84,78	56,5	65,03	98,11	61,12	62,87	91,12	54,93	62,07	38,85
4	3	2021	12	35	30,19	85,21	56	65,03	98,11	60,3	62,87	91,91	54,68	62,33	37,27
4	3	2021	12	36	29,95	85,21	56,75	65,03	98,93	61,12	62,74	91,91	54,68	62,2	36,49
4	3	2021	12	37	24,99	85,21	56,5	65,15	97,76	60,3	63,15	91,91	54,93	62,46	37,01
4	3	2021	12	38	25,76	84,99	56,75	65,28	98,28	60,85	62,74	91,91	54,43	62,33	37,27
4	3	2021	12	39	24,99	85,21	56,25	65,28	98,11	60,58	62,74	92,15	54,43	62,2	38,59
4	3	2021	12	40	25,57	85,63	55,5	65,28	98,06	60,3	62,74	92,85	54,93	62,46	39,38
4	3	2021	12	41	26,34	84,99	56,25	65,03	98,06	60,85	62,74	92,15	54,93	62,94	39,38
4	3	2021	12	42	26,72	84,78	56,25	64,91	98,45	60,02	62,74	92,15	54,43	62,81	38,59
4	3	2021	12	43	26,15	85,21	56,5	65,15	98,63	60,3	62,74	91,22	54,43	62,68	38,06
4	3	2021	12	44	26,72	84,78	56,75	64,53	98,45	61,12	62,6	90,54	54,67	62,17	37,54
4	3	2021	12	45	27,68	84,37	56,25	64,78	98,63	60,85	62,32	91,8	54,16	62,17	37,27
4	3	2021	12	46	27,88	83,95	55,5	64,41	98,63	60,58	62,32	86,93	54,67	62,79	36,49
4	3	2021	12	47	26,91	83,95	54,25	64,29	98,45	60,3	62,19	87,15	54,67	62,04	40,4
4	3	2021	12	48	26,53	83,95	55,25	64,04	98,45	60,85	62,32	87,15	54,67	62,91	41,06
4	3	2021	12	49	27,68	83,95	55,25	64,04	98,63	60,02	62,05	86,71	54,92	62,91	42,52
4	3	2021	12	50	27,88	83,75	54,5	63,92	98,63	60,3	61,64	86,71	54,67	63,79	41,49
4	3	2021	12	51	27,88	83,95	55	63,92	98,45	60,12	61,64	87,59	54,16	63,79	48,03
4	3	2021	12	52	28,26	84,37	55	64,04	97,93	60,75	61,91	88,72	54,67	63,3	49,3
4	3	2021	12	53	28,07	84,57	55	64,17	98,28	60,02	61,91	89,41	54,18	63,55	50,06
4	3	2021	12	54	28,07	84,99	55	64,41	97,93	60,15	62,05	90,11	54,68	63,94	50,79
4	3	2021	12	55	27,49	85,21	55,5	64,29	98,11	60,14	62,05	90,83	54,93	63,07	52,19
4	3	2021	12	56	27,11	85,42	55,25	64,29	98,11	60,02	62,32	91,31	54,68	63,33	53,6
4	3	2021	12	57	26,91	85,21	55,75	64,53	98,11	60	62,19	91,8	54,93	63,72	52,86

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 5

Día	Mes	Año	Hora	Min.	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	28,26	82,65	54,52	66,32	98,03	60,3	68,18	92,94	56,66	68,51	36,02
4	3	2021	12	30	28,07	82,44	54,33	66,45	98,03	61,68	67,79	92,94	57,42	68,62	36,71
4	3	2021	12	35	28,07	82,22	53,20	66,58	98,76	62,22	67,79	92,7	57,92	68,84	38,33
4	3	2021	12	40	27,49	82	54,80	66,45	98,76	62,5	67,4	92,94	57,92	68,95	37,18
4	3	2021	12	45	27,11	82	55,02	66,83	98,03	62,77	67,4	92,94	57,16	68,95	36,48
4	3	2021	12	50	26,91	81,79	54,12	66,7	98,76	62,33	67,02	94,87	57,67	69,06	39,49
4	3	2021	12	55	27,11	82	54,20	66,7	98,76	62,33	67,79	94,09	58,18	68,84	38,1
4	3	2021	1	0	26,34	82	53,82	66,7	98,49	61,68	67,4	93,7	57,92	68,84	38,56
4	3	2021	1	5	25,38	82	53,52	66,7	98,49	61,22	67,6	93,7	57,92	68,84	39,49
4	3	2021	1	10	25,57	82	54,22	66,83	98,76	61,6	67,21	93,51	57,92	68,84	40,18
4	3	2021	1	15	25,95	82	53,80	66,45	98,03	61,33	67,4	93,32	57,92	68,95	40,41
4	3	2021	1	20	25,57	82,44	54,20	66,7	98,03	61,22	67,6	93,7	57,67	69,16	40,18
4	3	2021	1	25	25,76	82,65	54,02	66,83	98,03	61,33	67,98	93,51	57,67	69,16	41,49
4	3	2021	1	30	28,96	82,65	53,72	66,83	98,86	61,7	67,4	93,89	57,67	69,27	42,88
4	3	2021	1	35	28,71	82,65	54,22	66,83	98,31	61,7	67,02	93,32	57,66	69,16	43,33
4	3	2021	1	40	29,45	82	54,25	66,95	98,58	61,87	67,02	93,32	57,66	69,06	43,03
4	3	2021	1	45	30,69	82,87	54,25	67,08	98,58	61,68	67,02	93,32	57,66	68,84	43,72
4	3	2021	1	50	30,44	82,87	54,25	66,95	98,58	61,22	66,44	93,32	58	69,16	44,64
4	3	2021	1	55	30,19	82,44	54,20	66,83	98,31	61,6	66,63	93,32	58	68,95	44,03
4	3	2021	2	0	30,94	82,65	53,72	66,7	98,31	61,33	66,41	93,13	58	68,95	44,41
4	3	2021	2	5	30,69	82,22	54,12	66,83	98,03	61,22	66,29	93,32	58,43	68,95	44,48
4	3	2021	2	10	30,44	82,22	53,30	66,7	98,03	61,33	66,29	93,56	58,43	69,06	45,94
4	3	2021	2	15	30,94	82,44	53,52	66,58	98,03	61,7	66,29	93,56	58,68	68,95	45,64
4	3	2021	2	20	30,19	81,79	53,52	66,32	98,31	61,7	66,18	94,04	58,68	69,16	44,95
4	3	2021	2	25	29,95	81,79	53,50	66,32	98,03	61,87	66,06	93,89	59,18	69,16	46,87
4	3	2021	2	30	30,69	81,79	54,20	66,07	98,76	61,33	66,72	93,32	58,18	69,06	47,86
4	3	2021	2	35	30,44	81,79	53,72	66,07	98,76	61,22	66,72	93,32	58,43	68,84	48,71
4	3	2021	2	40	30,44	81,79	54,12	66,07	98,31	61,33	66,95	93,32	58,93	68,73	49,48
4	3	2021	2	45	30,44	81,79	53,30	66,45	98,86	61,17	66,95	93,32	58,93	69,06	50,41
4	3	2021	2	50	30,44	82,44	53,52	66,2	98,13	61,18	66,95	93,32	58,93	69,16	51,86
4	3	2021	2	55	31,18	82,65	53,52	66,32	98,42	61,12	66,95	93,13	59,44	69,27	52,18
4	3	2021	3	0	28,96	82,22	53,50	65,95	98,42	61,06	66,06	93,32	58,93	69,38	53,34
4	3	2021	3	5	29,91	82,44	53,84	65,83	99,1	61,03	66,64	93,51	59,69	69,49	54,03
4	3	2021	3	10	29,17	82,65	53,65	65,95	99,1	61,02	66,91	93,89	59,69	69,61	54,94

DATOS ADQUIRIDOS MÓDULO 6															
Día	Mes	Año	Hora	Min	T.A.	T.B. S.	T.B.	T.B.I	T.C.S.	T.C.	T.C.I.	T.D.S	T.D.	T.D.I	T.E.
4	3	2021	12	25	28,02	80,17	57,84	65,47	98,45	61,24	66,75	91,81	57,52	65,32	31,83
4	3	2021	12	30	29,3	80,17	57,84	65,21	98,63	60,54	66,46	91,81	57,26	65,17	32,32
4	3	2021	12	35	27,77	80	57,84	64,71	98,45	60,54	66,6	91,62	57,52	65,32	32,32
4	3	2021	12	40	29,04	80	58,12	64,96	98,63	60,54	66,75	91,62	57,01	65,32	34,26
4	3	2021	12	45	29,55	80,84	58,68	64,71	98,63	61,53	66,75	91,42	57,26	65,46	35,24
4	3	2021	12	50	29,55	80,84	58,4	64,71	98,45	61,29	66,75	91,42	57,77	65,46	34,26
4	3	2021	12	55	30,32	80	58,68	64,96	98,63	61,29	66,9	91,42	57,26	65,61	35,24
4	3	2021	1	0	30,82	80	58,4	64,71	98,63	62,03	66,75	91,42	57,52	65,61	36,21
4	3	2021	1	5	31,33	80,34	58,96	64,71	98,45	62,03	66,75	91,62	57,52	65,17	35,48
4	3	2021	1	10	30,06	78,84	58,96	64,46	97,93	62,54	66,9	90,01	57,77	65,46	35,48
4	3	2021	1	15	30,82	81,44	58,4	64,71	98,28	62,8	66,9	90,4	58,02	65,61	35,96
4	3	2021	1	20	31,59	81,17	58,68	65,24	97,93	62,8	66,75	90,2	57,52	65,32	35,96
4	3	2021	1	25	30,57	80,17	58,68	65,47	98,11	62,55	66,75	90,2	58,02	65,32	35,96
4	3	2021	1	30	31,33	80,66	58,96	65,47	98,11	62,3	67,4	90,01	58,02	65,17	34,99
4	3	2021	1	35	31,33	80,83	59,52	65,98	98,11	61,29	67,6	90,2	58,02	65,17	34,99
4	3	2021	1	40	31,50	80,66	59,8	65,47	98,11	61,12	67,21	90,01	59,03	65,32	33,78
4	3	2021	1	45	72,35	80,5	58,16	65,47	98,11	61,12	67,4	90,01	58,27	65,32	33,29
4	3	2021	1	50	72,6	80,33	58,04	65,47	98,11	60,3	67,6	90,4	58,27	65,17	34,02
4	3	2021	1	55	31,33	80,5	59,24	65,47	98,93	61,12	67,98	90,75	58,27	65,03	33,78
4	3	2021	2	0	31,08	80	58,96	65,21	97,76	60,3	67,4	92,94	58,02	64,89	34,53
4	3	2021	2	5	30,82	80,33	58,96	65,21	98,28	60,85	67,02	92,94	57,77	65,17	34,53
4	3	2021	2	10	30,32	81,52	58,68	64,71	98,11	60,58	67,02	92,7	57,77	65,32	36,81
4	3	2021	2	15	31,33	81,68	57,84	64,46	97,59	60,3	67,02	92,94	56,76	65,46	38,11
4	3	2021	2	20	34,14	81,52	58,4	63,47	97,08	60,85	66,44	92,94	56,76	65,61	40,4
4	3	2021	2	25	33,63	80,17	58,12	64,21	97,76	60,02	66,63	94,87	57,01	65,61	41,06
4	3	2021	2	30	35,16	81,52	58,68	64,46	97,25	60,3	66,06	94,09	57,52	65,9	42,52
4	3	2021	2	35	33,12	81,36	58,4	64,21	97,08	61,12	66,25	93,7	57,01	65,32	41,49
4	3	2021	2	40	34,65	81,68	58,4	64,71	97,08	60,85	66,44	93,7	57,01	65,17	48,03
4	3	2021	2	45	34,14	81,52	58,68	64,71	97,08	60,58	66,44	94,09	57,01	65,17	49,3
4	3	2021	2	50	33,88	81,1	58,4	65,21	98,8	60,3	66,63	94,28	57,26	65,32	50,06
4	3	2021	2	55	31,08	81,16	59,24	65,47	97,42	60,85	67,02	94,48	57,26	65,32	50,79
4	3	2021	3	0	30,57	82,52	57,84	64,71	98,11	60,38	66,83	94,28	57,26	65,17	52,19
4	3	2021	3	5	32,86	82,68	57,28	65,21	97,93	60,16	67,02	93,32	57,52	65,03	52,97
4	3	2021	3	10	31,59	82,84	57,84	65,47	97,93	60,38	67,76	93,56	57,77	64,89	51,52

En el anexo 10 se puede observar los datos obtenidos por cada uno de los 6 colectores solares de placa plana.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS
DE UN PROCESO DE SECADO DE CACAO Y VISUALIZACIÓN DE
PARÁMETROS EN HMI**

MANUAL DE USUARIO



Datos técnicos.

- Sensor de temperatura “Termopila”
- Sensor de temperatura “Termistor”
- Microcontrolador ATMEGA 2560.
- Puerto de comunicación serial ttl.
- Módulo TTL RS485-Arduino.
- Módulo MAX 6675K.
- Almacenamiento compatible hasta 8 gigas SD-CARD.
- Estación Meteorológica.
- Fuente de alimentación Dc de 5v.

Implementación de un sistema de adquisición de datos de un proceso de secado de cacao y visualización de parámetros en HMI.

El proyecto consiste en un sistema de adquisición de datos, en la cámara interna de 6 colectores solares de placa plana cada uno de ellos está conformado por 11 sensores, como son 5 termocuplas instaladas a la entrada a sí mismo como en la parte media y en la salida, 6 termistores, 3 en la parte superior donde están acoplados a una superficie de vidrio, y 3 en la parte inferior en la placa de aluminio. Estos sensores emiten señales mínimas de voltaje a una placa base para luego transformarla en valores de temperatura con la ayuda de lenguaje de programación en Arduino, se diseñó un módulo maestro y 5 esclavos los mismos que envían y reciben datos en una sola dirección donde la función del módulo master es almacenar parámetros de medición de todos en una memoria SD de 4 gigas. La comunicación entre módulos es mediante puerto TTI y la comunicación de HMI se lo realizo en Unity con conexión inalámbrica mediante Xbee.

Termocupla tipo k

La termocupla tipo k tiene por objeto medir la temperatura compuesta de dos metales unidos a los extremos esta unión se calienta y se produce un voltaje proporcional a la temperatura el módulo MAX6675 es aquel que nos ayuda a conectar este sensor a un microcontrolador.



Figura 1. Termocupla o termopar tipo k.

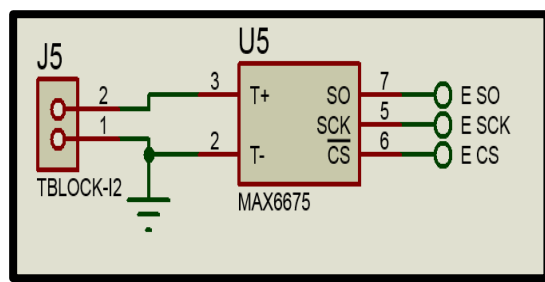


Figura 2. Circuito acondicionador de Termocupla tipo k + módulo MAX6675

Termistor

El termistor hace la función de una resistencia y es utilizado para medir temperatura en superficies donde las mediciones deben ser exactas y su rango de temperatura va de -50 a 280 °C.



Figura 3. Termistor 100k.

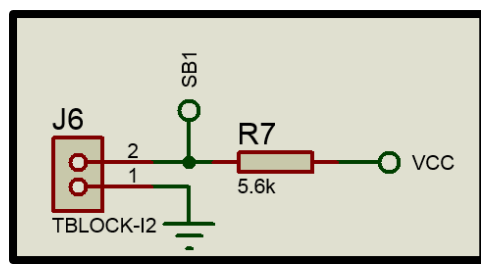


Figura 4. Circuito acondicionador del termistor.

Tabla 1. Características de los sensores

Sensor	Características
Termocupla tipo k	<ul style="list-style-type: none">➤ Interfaz compatible con SPI solo de lectura.➤ Resolución de 12 bits, 0.25 grados centígrados.➤ Medición hasta 1024 grados centígrados.➤ Alimentación de 3.3 a 5 volts.➤ Frecuencia de reloj SPI máxima F_{scl} 4.3 Mhz.➤ Tiempo de conversión 0.17 s máximo 0.22 segundos.➤ Consumo máximo de 1.5 mA.➤ medida del cable: 52 cm

Termistor	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Termistores NTC de alta calidad, con cabeza de vidrio encapsulado. ➤ Valor B a 25°C y 50°C: 3950K ±1%. ➤ Valor de Resistencia nominal a 25° C: 100K ohm ±1%. ➤ Diámetro cuerpo sensor (Cabeza): 1.8 mm ± 0.2mm. ➤ Longitud cuerpo sensor (Cabeza): 2.8 mm ± 0.2mm. ➤ Rango de temperatura: - 50°C + 280°C. ➤ Aislamiento resistencia: 50 MΩ. ➤ Longitud de cable: 32 mm. ➤ Diámetro de cable: 0.25 mm.
-----------	--

Microcontrolador Atmega 2560.

El microcontrolador Atmega 2560 fue utilizado por su alto rendimiento cuenta con una memoria no volátil y un ciclo de reloj único, este será utilizado para la toma de lectura de los sensores en la figura 5 se detallan los puertos de conexión destinados a los 11 sensores existentes por cada colector cabe recalcar que se utilizaron 6 microcontroladores por cada placa PBC.

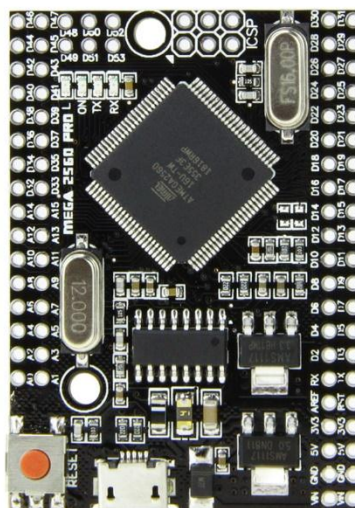


Figura 5. Atmega 2560.

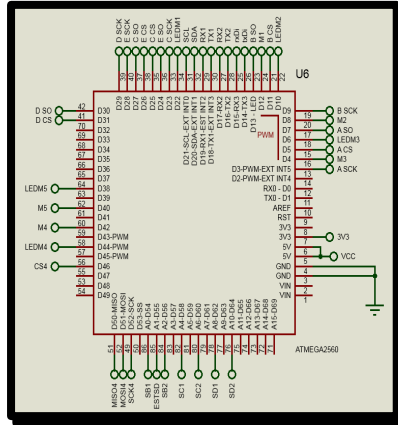


Figura 6. Conexión en el microcontrolador Atmega2560.

Reloj a tiempo real.

El módulo principal o maestro (M0) es el único que lleva un reloj de tiempo real para el almacenamiento de los datos censados por los módulos enlazados.



Figura 7. Reloj en tiempo real.

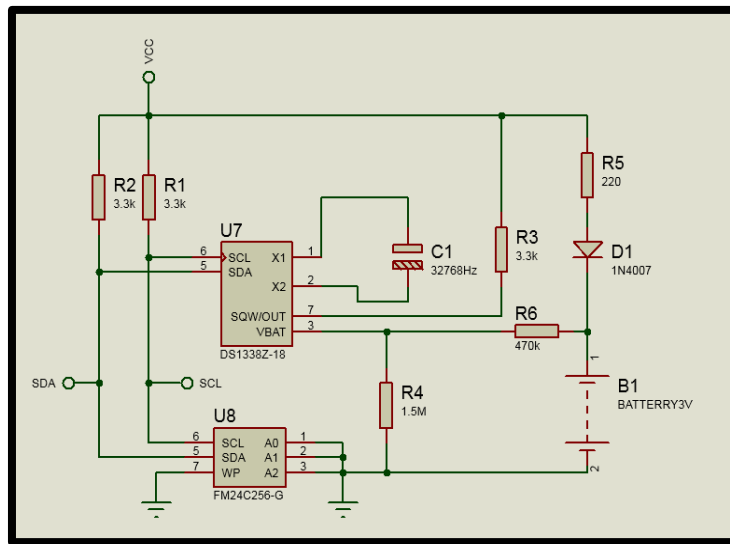


Figura 8. Esquema de reloj.

Almacenamiento en tarjeta SD-CARD y él envió por puerto serial de las orientaciones del sensor.

Los datos recaudados por los 6 colectores se guardan automáticamente en la tarjeta de

memoria con la hora, fecha y todas las temperaturas, esta tarjeta se encuentra situada en la parte inferior del módulo maestro (M0).

Conexión mediante conector Rj14

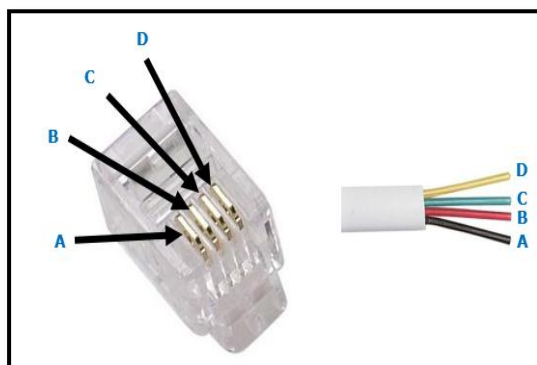
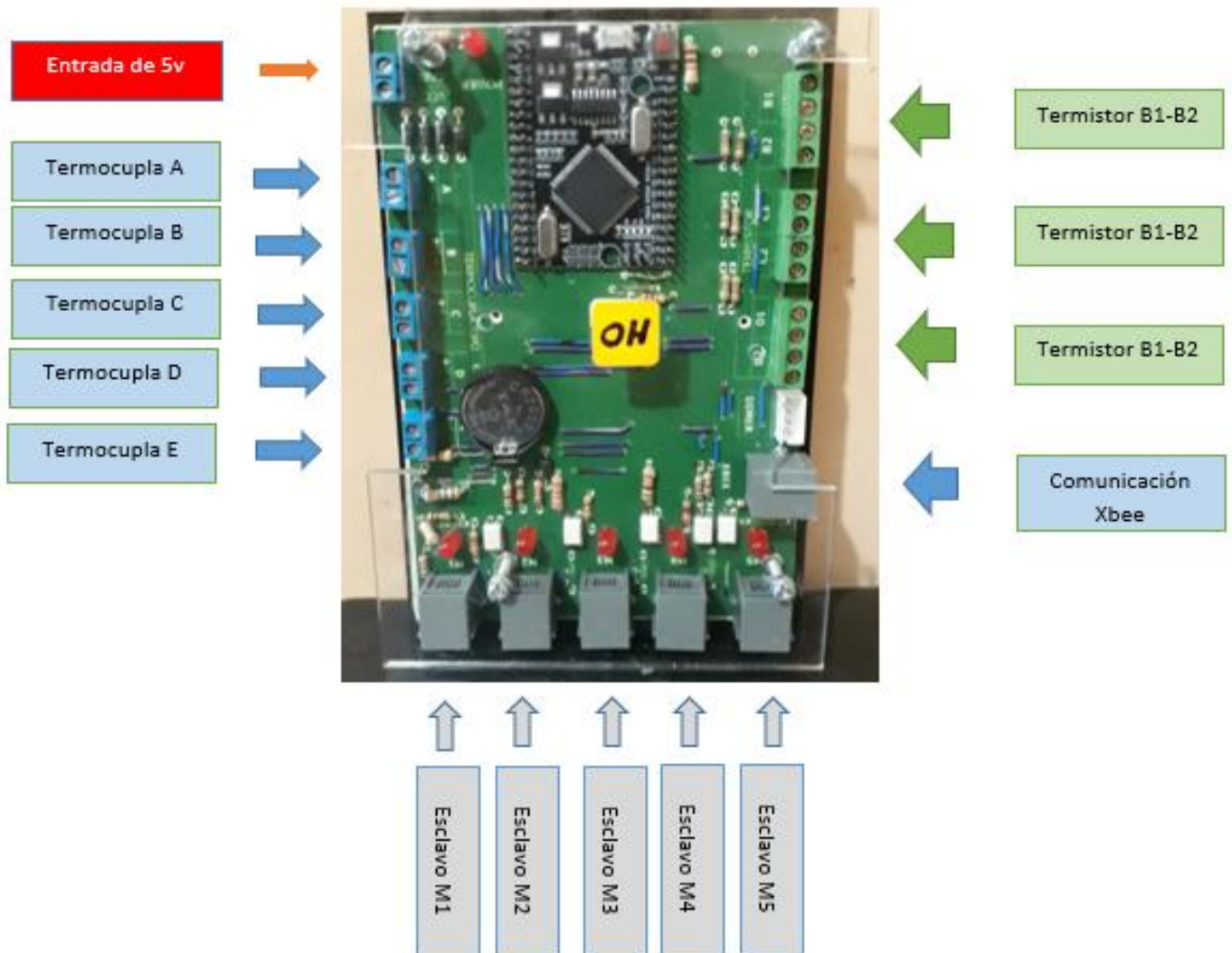


Figura 9. Cable Rj14

Conexión de los sensores al módulo master.



Para la conexión de este módulo Master iniciamos con la alimentación de 5V para su funcionamiento este encontramos en la parte superior del módulo.

Las Termocuplas van conectadas en las borneras de la parte izquierda de acuerdo a la posición del módulo ya sea a la entrada parte intermedia como en la salida del colector.

Los termistores van conectados en las borneras en la parte derecha de acuerdo a la posición del módulo en la parte central del colector.

Los cables de comunicación van conectados en la parte inferior de la placa, estos van interconectados de acuerdo al orden de ubicación de los colectores ya sea en este caso Modulo 1, Módulo 2, Módulo 3, Módulo 4, Módulo 5.

El cable de comunicación del módulo maestro con nuestro equipo Pc está ubicado en la parte derecha inferior.

Tarjeta SD-CARD

El proyecto equipo cuenta con un protocolo de almacenamiento en tarjeta SD-CARD que me permite el almacenamiento de los datos cada 1 minuto.

El nombre del archivo se crea cada día y su nombre son definidos “MODULO” en número ejemplo: “MODULO 1”

Cadena de datos que se almacena en tarjeta SD-CARD, se encuentra definido de siguiente forma hora, minuto, segundo, Temperaturas de termocuplas y Termistores.

Para evitar algún error en la escritura de tarjeta SD-CAR se recomienda que cada vez que se extraiga o inserte la tarjeta reinicie el equipo desconectando la fuente de alimentación.

PROCEDIMIENTO PARA PONER EN FUNCIONAMIENTO

- 1.- Energizar los módulos maestros y esclavos a una fuente de corriente de 110 v y verificar si la tarjeta de memoria se encuentra insertada para su correcto almacenamiento.
- 2.- Conectar el cable rj14 en los puertos del módulo maestro según corresponda a cada esclavo.
- 3.-Conectar la comunicación inalámbrica Xbee en el módulo maestro y el segundo Xbee al computador es importante tener instalado la plataforma de Arduino.
- 4.- Abrir el programa ejecutable de HMI en la pantalla principal se encuentra un rectángulo donde debemos colocar el puerto COM en mayúsculas dar Enter e inicio, si no conocemos el puerto COM esto lo podemos encontrar en Arduino, herramientas, puerto.
- 5.- Para la extracción de la tarjeta de memoria no es necesario desenergizar los módulos.