

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**TESINA PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLERATO EN LA CARRERA DE
INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN PARA LA
ACLIMATIZACIÓN CONTROLADA QUE PERMITA
LA MEDICIÓN DEL THERMOPAD EN SMITH
INTERCONNECT, COYOL DE ALAJUELA,
SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020**

Sustentante:

KAGIANT ANTONIO ANGULO MATARRITA

Tutor:

Ing. Mauricio Armas Sandí

Enero, 2021

DECLARACIÓN

DECLARACION JURADA

Yo Kagiant Antonio Angulo Matarrita, mayor de edad, portador de la cédula de identidad número 1-1506-0638, egresado de la carrera de Ingeniería en Electrónica de la Universidad Hispanoamericana, hago constar por medio de este acto y debidamente apercibido entendido de las penas y consecuencias con las que se castiga en el Código Penal el delito de perjurio, ante quienes se constituyen en el Tribunal Examinador de mi trabajo de graduación para optar por el título de Bachillerato en Ingeniería Electrónica, juro solemnemente que mi trabajo de investigación titulado: desarrollo de una estación para la aclimatización controlada que permita la medición del thermopad en Smith Interconnect, coyol de Alajuela, segundo cuatrimestre, 2020, es una obra original que ha respetado todo lo preceptuado por las Leyes Penales, así como la Ley de Derechos de Autor y Derecho Conexos, número 6683 del 14 de octubre de 1982 y sus reformas, publicada en la Gaceta número 226 del 25 de noviembre de 1982; incluyendo el numeral 70 de dicha ley que advierte; artículo 70. Es permitido citar a un autor, transcribiendo los pasajes pertinentes siempre que estos no sean tantos y seguidos, que puedan considerarse como una producción simulada y sustancial, que redunde en perjuicio del autor de la obra original. Asimismo, quedo advertido que la Universidad se reserva el derecho de protocolizar este documento ante Notario Público.

En fe de lo anterior, firmo en la ciudad de San José, a los ocho días del mes de mayo del año dos mil veintiuno.



Firma del estudiante

1 1 506 06 38

Cédula

CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA**smiths interconnect**

Alajuela, Coyol / April 2021

**Carta de Aceptación de Practica / Proyecto
universitario.**

Saludos

Sres. / Sras. De la universidad Hispanoamericana, reciban mi más cordial saludo.

El motivo de la presente es indicar la aceptación del proyecto para el joven Kagiant A. Angulo Matarrita en nuestra empresa.

Dicha aceptación ha sido indicada previamente a la Dirección de Electrónica de su institución y a Kagiant de forma verbal durante reuniones virtuales y personales, fecha de dicha aceptación fue Julio del 2020.

Nuestra empresa tiene interés en este proyecto electrónico que busca mejorar y estabilizar la temperatura en el proceso de prueba eléctrica. Para nuestra empresa es muy valioso el aporte que este proyecto pueda ofrecer.

De requerir más detalle, por favor no dude en contactarnos.

Saludos / Regards,

Leonardo Rivera
Cordero Ced.
111450962

leorivera1182@gmail.com

Leonardo Rivera Cordero**Engineering Manager.****smiths interconnect**

Edificio B-25-1, Zona Franca Coyol

M: +(506) 8421 3986

Alajuela, Alajuela, 20113

P: +(506) 4031 3167

Costa Rica

Leonardo.Rivera@smithsinterconnect.com smithsinterconnect.com

CARTA DEL TUTOR



CARTA DEL TUTOR

San José, 07 de MAYO del 2021

Señores
Departamento de Registro Universidad
Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante KAGIANT ANTONIO ANGULO MATARRITA, cédula de identidad número 115060638, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado *“DESARROLLO DE UNA ESTACION PARA LA ACLIMATIZACIÓN CONTROLADA QUE PERMITA LA MEDICIÓN DEL THERMOPAD EN SMITH INTERCONNECT, COYOL DE ALAJUELA, SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020”*, el cual ha elaborado para optar por el grado académico de Bachillerato.

En mi calidad de tutor, he verificado que se han hecho las correcciones indicadas durante el proceso de tutoría y he evaluado los aspectos relativos a la elaboración del problema, objetivos, justificación; antecedentes, marco teórico, marco metodológico, tabulación, análisis de datos; conclusiones y recomendaciones.

De los resultados obtenidos por el postulante, se obtiene la siguiente calificación:

Tabla 1 Calificación del proyecto

#	Rubro	% Teórico	% Asignado
a	Original del tema.	10	10
b	Cumplimiento de entrega de avances de avances.	20	20
c	Coherencia entre los objetivos, los instrumentos aplicados y los resultados de la investigación.	30	30
d	Relevancia de las conclusiones y recomendaciones.	20	20
e	Calidad, detalle del marco teórico.	20	20
Total:		100	100

En virtud de la calificación obtenida, se avala el traslado al proceso de lectura.

Atentamente,

Mauricio Armas Sandí
Cédula de identidad: 1-1361-0843 Carné colegio
profesional: IEL-22359

CARTA DEL LECTOR

CARTA DEL LECTOR

San José, 14 de Julio del 2021

Señores
Departamento de Servicios Estudiantiles
Universidad Hispanoamericana

Estimado señor:

El estudiante Kagiant Antonio Angulo Matarrita, cédula de identidad número 1-1506-0638, me ha presentado, para efectos de revisión y aprobación, el trabajo de investigación denominado "***Desarrollo de una estación para la aclimatización controlada que permita la medición del thermopad en Smith Interconnect, Coyol de Alajuela, segundo cuatrimestre, 2020.***" el cual ha elaborado para obtener su grado de Bachillerato.

He revisado y he hecho las observaciones relativas al contenido analizado, particularmente lo relativo a la coherencia entre el marco teórico y análisis de datos, la consistencia de los datos recopilados y la coherencia entre éstos y las conclusiones; asimismo, la aplicabilidad y originalidad de las recomendaciones, en términos de aporte de la investigación. He verificado que se han hecho las modificaciones correspondientes a las observaciones indicadas.

Por consiguiente, este trabajo cuenta con mi aval para ser presentado en la defensa pública.

Atentamente,



Eduardo Sanabria G.
Cédula de identidad: 108610714

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA

UNIVERSIDAD HISPANOAMERICANA

CENTRO DE INFORMACION TECNOLOGICO (CENIT)

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA, LA REPRODUCCION PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA

DE LOS TRABAJOS FINALES DE GRADUACION

San José, LLorente

Señores:

Universidad Hispanoamericana

Centro de Información Tecnológico (CENIT)

Estimados Señores:

El suscrito (a) Kagiant Antonio Angulo Matarrita con número de identificación 115060638 autor (a) del trabajo de graduación titulado **DESARROLLO DE UNA ESTACIÓN PARA LA ACLIMATIZACIÓN CONTROLADA QUE PERMITA LA MEDICIÓN DEL THERMOPAD EN SMITH INTERCONNECT, COYOL DE ALAJUELA, SEGUNDO CUATRIMESTRE, 2020 presentado y aprobado en el año 2021 como**

requisito para optar por el título de Ingeniería en Electrónica ; (SI) autorizo al Centro de Información Tecnológico (CENIT) para que con fines académicos, muestre a la comunidad universitaria la producción intelectual contenida en este documento.

De conformidad con lo establecido en la Ley sobre Derechos de Autor y Derechos Conexos N° 6683, Asamblea Legislativa de la República de Costa Rica.

Cordialmente,



Firma y Documento de Identidad



REPUBLICA DE COSTA RICA
Tribunal Supremo de Elecciones
Cédula de Identidad

1 1506 0638

Nombre: KAGIANT ANTONIO
1º Apellido: ANGULO
2º Apellido: MATARRITA

Número de Cédula: 1 1506 0638
Fecha de Nacimiento: 21 07 1992
Lugar de Nacimiento: URUCA CENTRAL SAN JOSE
Nombre del Padre: GERARDO ANGULO AVENDAÑO
Nombre de la Madre: KATTIA MATARRITA GUEVARA
Domicilio Electoral: LOS ANGELES SAN RAFAEL HEREDIA
Vencimiento: 03 01 2027 Sexo: M

000241500

ANEXO 1 (Versión en línea dentro del Repositorio)

LICENCIA Y AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA PUBLICAR Y

PERMITIR LA CONSULTA Y USO

Parte 1. Términos de la licencia general para publicación de obras en el repositorio institucional

Como titular del derecho de autor, confiero al Centro de Información Tecnológico (CENIT) una licencia no exclusiva, limitada y gratuita sobre la obra que se integrará en el Repositorio Institucional, que se ajusta a las siguientes características:

- a) Estará vigente a partir de la fecha de inclusión en el repositorio, el autor podrá dar por terminada la licencia solicitándolo a la Universidad por escrito.**
- b) Autoriza al Centro de Información Tecnológico (CENIT) a publicar la obra en digital, los usuarios puedan consultar el contenido de su Trabajo Final de Graduación en la página Web de la Biblioteca Digital de la Universidad Hispanoamericana**
- c) Los autores aceptan que la autorización se hace a título gratuito, por lo tanto, renuncian a recibir beneficio alguno por la publicación, distribución, comunicación pública y cualquier otro uso que se haga en los términos de la presente licencia y de la licencia de uso con que se publica.**
- d) Los autores manifiestan que se trata de una obra original sobre la que tienen los derechos que autorizan y que son ellos quienes asumen total responsabilidad por**

el contenido de su obra ante el Centro de Información Tecnológico (CENIT) y ante terceros. En todo caso el Centro de Información Tecnológico (CENIT) se compromete a indicar siempre la autoría incluyendo el nombre del autor y la fecha de publicación.

e) Autorizo al Centro de Información Tecnológica (CENIT) para incluir la obra en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

f) Acepto que el Centro de Información Tecnológico (CENIT) pueda convertir el documento a cualquier medio o formato para propósitos de preservación digital.

g) Autorizo que la obra sea puesta a disposición de la comunidad universitaria en los términos autorizados en los literales anteriores bajo los límites definidos por la universidad en las “Condiciones de uso de estricto cumplimiento” de los recursos publicados en Repositorio Institucional.

SI EL DOCUMENTO SE BASA EN UN TRABAJO QUE HA SIDO PATROCINADO O APOYADO POR UNA AGENCIA O UNA ORGANIZACIÓN, CON EXCEPCIÓN DEL CENTRO DE INFORMACIÓN TECNOLÓGICO (CENIT), EL AUTOR GARANTIZA QUE SE HA CUMPLIDO CON LOS DERECHOS Y OBLIGACIONES REQUERIDOS POR EL RESPECTIVO CONTRATO O ACUERDO

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DECLARACIÓN	II
CARTA DE APROBACIÓN DE LA EMPRESA	III
CARTA DEL TUTOR.....	IV
CARTA DEL LECTOR.....	V
CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES PARA LA CONSULTA	VI
ÍNDICE DE CONTENIDOS	X
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	XIV
ABREVIATURAS.....	XV
DEDICATORIA.....	XVI
RESUMEN	XVII
CAPÍTULO I	18
PROBLEMA DEL PROYECTO.....	18
1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO	19
1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.	19
1.1.2 Justificación del problema	20
1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	22
1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	25
1.3.1 Objetivo General	25
1.3.2 Objetivos Específicos.....	25
1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES	27
1.4.1 Alcances.....	27

1.4.2	Limitaciones.....	28
CAPÍTULO II		29
MARCO TEÓRICO.....		29
2.1	TEORÍAS REFERENTES AL DISEÑO A ELABORAR	30
CAPÍTULO III		41
MARCO METODOLÓGICO		41
3.1	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	42
3.1.1	Enfoque de la Investigación	42
3.1.2	Finalidad de la Investigación.....	44
3.1.3	Dimensión Temporal	46
3.1.4	Marco de la Investigación.....	48
3.1.5	Naturaleza de la Investigación.....	48
3.1.6	Carácter de la Investigación.....	49
FUENTES DE INFORMACIÓN		50
3.2	Fuentes Primarias.....	50
3.2.1	Fuentes Secundarias	50
3.2.2	Sujetos de Información	51
3.3	TÉCNICAS Y HERRAMINETAS	51
3.3.1	Observación.....	52
3.3.2	Entrevista	52
3.4	VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN.....	53
3.4.1	Definición de variables.....	53
3.4.2	Diseño de investigación.....	53
CAPÍTULO IV		55
DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....		55
4.1	DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL.....	56
4.2	RECOLECCIÓN DE DATOS	58
4.2.1	Análisis de datos.....	58
4.3	VALIDACIÓN DE LOS DATOS	59

CAPÍTULO V	61
DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO	61
5.0 DESARROIIO DEL PROYECTO	62
5.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO.....	66
5.2 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO.....	80
5.3 Conducción del calor por medio del movimiento del aire.....	2
5.4 Etapas	3
5.5 Diseño Final de la plantillas	9
5.6 Implementación.....	11
5.7 ANÁLISIS DE COSTOS	26
CAPÍTULO VI.....	75
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	75
6.1 RECOMENDACIONES.....	79
BIBLIOGRAFÍA	80
GLOSARIO	82
ANEXO	83

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diagrama causa-efecto.....	22
Figura 2. Multímetro digital	32
Figura 3. Familia de curvas de atenuación constante basados en atenuadores.....	34
Figura 4. Vista de la construcción y diseño de un thermopad.	35
figura 5 Conductividad del calor.....	40
Figura 6. Diagrama de bloques de la propuesta del proyecto.	62
Figura 7. Plantilla alimentadora, vista de lado, primer diseño.	63
Figura 8. Electronic Brick - Temperature Sensor.....	67
Figura 9. Temperature Sensor with Steel Head.	67
Figura 10. Max 6675 y termocupla tipo k.....	68
Figura 11. Ventiladores.	70
Figura 12. Potenciómetro digital.....	71
Figura 13.. Módulo de relays.....	72
Figura 14. Celda Peltier.	73
Figura 15. Prototipo en cartón de la plantilla térmica alimentadora.....	76
Figura 16. Diseño final de prototipo en construcción.....	77
Figura 17. Fuente poder.	79
Figura 18. Diagrama del circuito.	80
Figura 19. Pines del Arduino Uno.....	81
Figura 20. Componentes soldados en la placa de prototipos.....	4
Figura 21. Código de Labview.....	6
Figura 22. Código LabVIEW simplificado por la empresa.....	8
figura 23. Plantilla Depositadora.....	9
figura 24. Plantilla medidora, diferentes vistas.....	10
Figura 25. Proyecto implementado.....	14
Figura 26. Implementación del proyecto vista aérea.....	15
Figura 27. Plantilla Medidora.	16
Figura 28. Zona segura	17
Figura 29. Panel de control.	19
figura 30. Código LabVIEW de la empresa.	20

figura 31. Hoja de datos de la celda peltier.....	85
figura 32. Tabla de datos del potenciómetro.....	86
figura 33. Anexo de Código de Arduino.	87
figura 34. Anexo de Graficos de trabajo.....	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Variables de la investigación	54
Tabla 2. Análisis de costos del proyecto.	26
Tabla 3. Comparativa de sistemas de aclimatación controlada.....	74

ÍNDICE DE GRAFICOS

Gráfico 1. Valores marginales afectados por la falta de control de temperatura.	21
Gráfico 2. Diagrama de flujo de la producción de los thermopads.....	57
Gráfico 3. Gráfico de prototipo en funcionamiento.	12
Gráfico 4. Diagrama del Flujo del código del Arduino.....	25

ABREVIATURAS

- Ing: Ingeniero
- Uno: Arduino Uno
- SI: Smith InterConnect.
- LabVIEW: Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench.
- EMC: Electromagnetic Compatibility.
- Lorch: Lorch Hall.
- Militech: Military Technician.
- RF: Radio Frequency.
- TECOM: Technology, Electronic Commerce and Media.
- HSI: Human Systems Integration.
- dB: Decibeles
- dB/°C: Decibeles sobre Celsius.
- SPI: Serial Peripheral Interface
- SCK: Signal Clock.
- I2c: Inter-Integrated Circuit.
- ICSP: In Chip Serial Programmer.
- TTL: transistor-transistor logic.
- UTP: Unshielded Twisted Pair.
- LED: light-emitting diode.
- CS: Chip select.
- SO: Slave Out.
- MSI: Master Slave In.
- PFC: Power Factor Correction.
- UART: Universal Asynchronous Receiver-Transmitter.
- RPM: Revoluciones Por Minuto.
- RAM: Random Access Memory.

DEDICATORIA

El esfuerzo y la dedicación, el tiempo entregado, las desveladas de todos estos años para lograr una única meta que es ser Ingeniero, se lo dedico principalmente a Dios, quién sin él no tendría el respiro día a día, a mis papás, a mis hermanas, amigos y hermanos de comunidad.

RESUMEN

La empresa Smith Interconnect se dedica en la construcción y desarrollo de dispositivos electrónicos entre ellos el thermopad, que se utiliza en satélites, aplicaciones militares, y demás.

Para efectos de calidad, antes de ser empacados los dispositivos thermopad, se realiza una medición individual al lote producido, bajo una temperatura de 24 grados ± 2 °C si no alcanzan los estándares propuestos, el producto no puede estar en el mercado.

Es donde se requiere sensar y controlar la temperatura, por medio de algún dispositivo, comunicado constantemente con Labview, indicando si la pieza está o no en las condiciones precisas para funcionar.

Por ello se requiere la aclimatización del proceso final de prueba, que sea económica y también funcional, Asimismo acondicionada a trabajar bajo el ambiente LabVIEW, sin entorpecer el proceso de producción, permitiendo un mejor control sobre el producto que se está vendiendo.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DEL PROYECTO

1.1 ANTECEDENTES Y JUSTIFICACION DEL PROYECTO

1.1.1 Antecedentes del contexto de la empresa.

Smith Interconnect, se ubica en Zona Franca el Coyol, en el coyol de Alajuela, se encuentra en Costa Rica desde el 2012, antes ubicado en Heredia, tiene alrededor de 184 empleados y genera 13.53 millones de dólares en ventas.

Es líder en proveer diferentes tipos de componentes electrónicos en subsistemas, microondas y radio frecuencia que conectan, protegen, además de aplicaciones de control crítico y control en aviación, defensa, espacial, medicina, testeos semiconductores y mercados industriales.

Las marcas que pertenecen a esta compañía (EMC, Hypertac, IDI, Lorch, Militech, Reflex Photonics, RF Labs, Sabritec, TECOM, TRAK and HSI) ostentan un rendimiento excepcional en tecnología avanzada, permitiendo soluciones de alta calidad para un alto grado de seguridad y durabilidad.

Smith Interconnect es parte del grupo Smith, que es un líder global aplicando en tecnología avanzada, energía, dispositivos médicos, comunicaciones y componentes de ingeniería. Smiths Groups tiene alrededor de 22000 empleados en más de 50 países.

Esta es una corporación que se esfuerza por siempre ofrecer excelencia técnica y tener marcas en el mercado con mucha experiencia. Calidad optimizada a través de materiales de primera clase, mejorando las técnicas de procesos y talento de clase mundial, dan paso a ser líderes en el mercado aeroespacial y defensa, comunicaciones, y transporte.

Para mantener esta empresa en puestos de liderazgo como se encuentra hoy en día, se necesita asegurar a los clientes potenciales, bajo estrictos estándares de calidad, que el producto que adquieren va a ser funcional en todas sus características, especialmente el thermopad que actúa según la temperatura que exista a su alrededor, dando un carácter de estabilidad al sistema en todo momento, sin importar las condiciones de temperatura.

1.1.2 Justificación del problema

A pesar de los esfuerzos de aclimatizar el lugar, los flujos de aire impiden que al momento de hacer las mediciones la temperatura sea idónea para el proceso, por lo tanto según estándares propios de la empresa y especificaciones del producto, la pieza debe ser testeada en un ambiente entre 24 °C con una tolerancia de 1°C lo cual no se garantiza en las condiciones actuales en las estaciones de trabajo. Debido a lo anterior, es preciso establecer tener en control la temperatura en el rango requerido antes y durante hacer la medición, esto a fin de garantizar el buen funcionamiento del dispositivo. Al no existir dicho control del clima en la estación de trabajo, por diferentes factores, se podrían generar falsos positivos, lo que significa que hay piezas que pueden estar en perfecto funcionamiento, pero el sistema las

identifica como dañadas. Cuando hay un lote de thermopads ya producidas, al entrar en la etapa de control y calidad, se toma una muestra de este lote, si de 1000 atenuadores producidos, se toman 100 para muestrear y sale dañado 1, se toma ese lote como malo, por lo tanto, hay que testear las 1000 piezas una por una para verificar si todas las piezas están buenas o dañadas. Lo que repercute en tiempo de trabajo, horas extra y personal de trabajo que no estaba contemplado dentro del horario de trabajo de estos. Cabe resaltar que incluso la manipulación por parte del operador humano repercute en la medición generada.

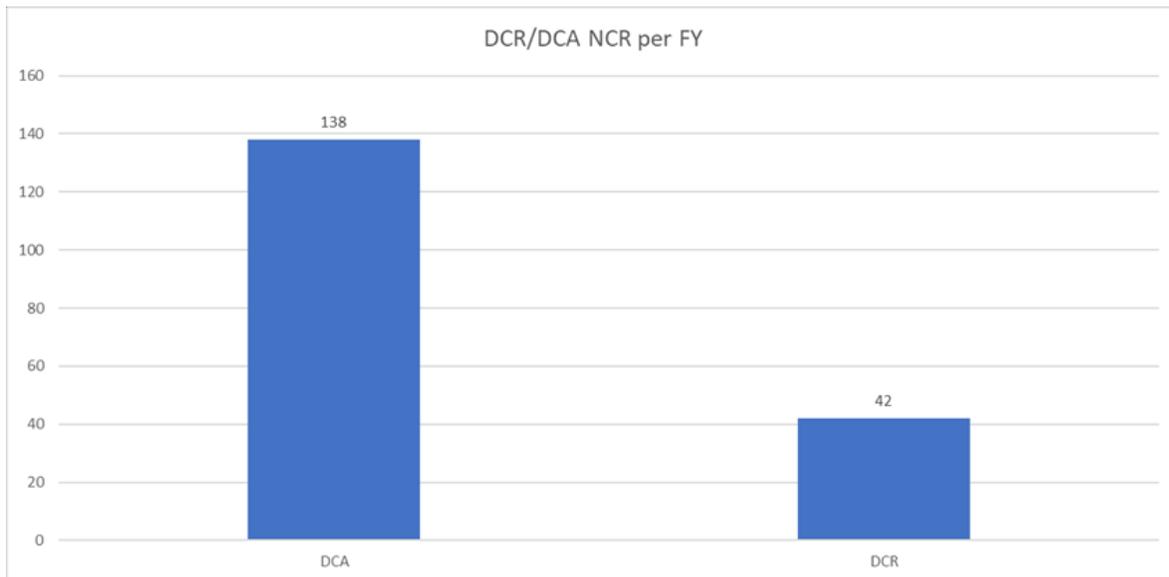


Gráfico 1..Valores marginales afectados por la falta de control de temperatura.

Fuente: Smith InterConnect.

La barra de la izquierda obedece a DCA (Medición de Atenuación con corriente directa), que muestra los valores marginales que se ven afectados en la producción de thermopads, por la falta control de temperatura, estimándose un 9% afectado. A pesar de que no es un porcentaje importante, igual es suficiente para que el margen de utilidad de la empresa sea menor. Y sobre este porcentaje se basa el proyecto para buscar disminuir o anular por completa este valor.

1.2 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

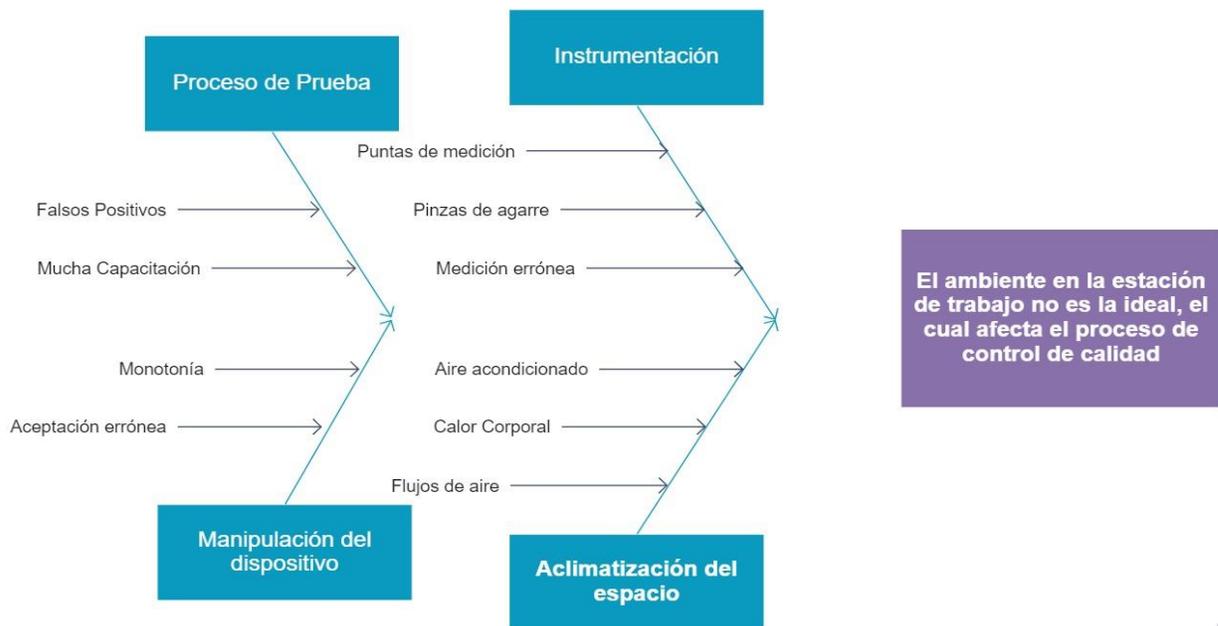


Figura 1 Diagrama causa-efecto.

Fuente: Elaborado por el autor.

Como se logra apreciar en el diagrama causa-efecto, brota un problema en el área de control de calidad. La pieza bajo prueba tiene que estar a 24 °C, más o menos 1 °C, pero la temperatura ambiente del local al ser tan inexacta y variable, la pieza no tiene asegurado este rango, por lo que precisa de un sistema de acondicionamiento del aire localizado.

En la espina del Diagrama de Ishikawa se puede denotar:

- a. Proceso de Prueba: Al operario se le provee los thermopad, esta toma uno por uno, lo anida dentro de la base de medición, las pinzas bajan y miden, y por medio de Labview, indica si la pieza está buena o mala, este proceso requiere de mucha concentración, sumándole una intensa capacitación, con la finalidad de que el operario tenga la precisión de aceptar o desechar la pieza, pero entra el factor humano y hay momentos que las piezas malas se agregan dentro de las buenas por error humano.
- b. Instrumentación: existe un medio de transmisión de calor llamado conducción que es entre cuerpos sólidos en contacto, las puntas de medición al estar bajando y subiendo, manejan cierta fricción, las pinzas de agarre al estar en contacto con el operario transmiten el calor humano, por lo tanto hace que directamente afecte en la temperatura de la pieza bajo prueba, lo que puede incidir en una medición errónea, es decir que al momento de medir la pieza no se encuentre en las condiciones adecuadas para ello y no se pueda asegurar la calidad del mismo.
- c. Manipulación del dispositivo: este punto va muy de la mano con el proceso de prueba, esto por acción del operario. De hecho, el operario es el ente

que discrimina el estado de las piezas, el cual visualiza la pantalla durante el testeo y dependiendo si la luz en la pantalla es verde o roja, acepta la pieza o se clasifica como desecho, se sabe que esto puede llevar al error, dejando pérdidas económicas, de dinero y mano de obra.

- d. Aclimatización del espacio: esta compañía se localizaba en Heredia. Al momento al momento de trasladar sus instalaciones hacia El Coyol, Alajuela, se tenía la expectativa de que el aire acondicionado fuera más preciso, por tratarse de un lugar más moderno, colaborando así en esta etapa de producción, sin embargo, no es la realidad. El calor corporal y la baja precisión del aire acondicionado son factores que impiden un completo éxito en las metas de esta estación.

Teniendo en cuenta cada uno de estos aspectos que apuntan al problema que se está intentando resolver, surge la pregunta, que se irá desarrollando a lo largo del documento:

¿Cómo se puede diseñar una estación de aclimatización, que cree un ambiente que provea las condiciones de temperatura necesarias para el atenuador variable de temperatura en la etapa de medición y control de calidad?

1.3 OBJETIVO GENERAL Y OBJETIVOS ESPECÍFICOS

1.3.1 Objetivo General

Elaborar el diseño de un sistema de control de temperatura, utilizando plataformas varias celdas peltier; para acondicionar la temperatura adecuada en un thermopad.

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Identificar los requerimientos y las especificaciones del sistema de aclimatización de los atenuadores variables de temperatura, según la empresa así lo necesite.
2. Diseñar una interfaz de usuario, que permita aclimatizar un espacio reducido, mediante la celda peltier y ventilación, de acuerdo con las especificaciones técnicas de un thermopad en la etapa de control de calidad.
3. Diseñar partes varias físicas necesarias del prototipo de la estación de aclimatización, para posteriormente, mediante el uso de una impresora 3D de la empresa Smith InterConnect, de acuerdo con el plano previamente realizado en SolidWorks, por el personal de dicha Empresa, ser elaboradas.
4. Elaborar un control de dispositivos electrónicos por medio del lenguaje Arduino, según a los requerimientos del usuario, para la estación de aclimatización.
5. Establecer la comunicación entre las plataformas, LabVIEW y Arduino, a través del enlace USB (Universal Serial Bus).

6. Confeccionar un análisis de costos del proyecto en su relación costo-beneficio.
7. Efectuar una comparativa de los sistemas que puedan existir en el mercado, y como estos podrían o no ser utilizables en este proyecto.

1.4 ALCANCES Y LIMITACIONES

1.4.1 Alcances

Este proyecto se encuentra enfocado a diseñar un sistema de aclimatización, para los dispositivos thermopad, en la etapa de control de calidad en Smith InterConnect.

Para el desarrollo del sistema supradicho se necesitarán de dos plantillas, una de estas ambientara un pequeño lote de atenuadores antes de ser medidos. En cambio, la segunda plantilla ambientara un único atenuador al momento de medir cuya resistencia entres sus terminales.

Las plantillas se compondrán de sensores de temperatura, que analizarán constantemente el calor que hay alrededor de los atenuadores. Esta información se procesa por el Arduino que es quién acciona las celdas peltier y les indique enfriar o calentar el ambiente, según las condiciones externas.

Cuando el ambiente de los thermopads es el especificado se indicará a través de la comunicación serial, al código prediseñado por la empresa en LabVIEW, el cual, a través de un logaritmo, discriminará si la pieza en medición es ideal o será colocado como basura.

1.4.2 Limitaciones

El proyecto tendrá como principal microcontrolador el Arduino, por sus benevolentes características, al momento de realizar el logaritmo y con ello el circuito electrónico alrededor de este. Además del bajo costo y que se comunica con veracidad con los códigos de LabVIEW que la empresa ya tiene diseñados.

La inercia térmica es factor importante para considerar porque tanto los sensores como la celda peltier no tienen la capacidad de actuar inmediatamente, siempre hay una histéresis que se cumple en estos dispositivos.

Debido a las situaciones internacionales por las que se pasa en el momento, además de no ser un colaborador directo con la empresa, se dificulta la obtención de información, por ser moderado el acceso a la planta, impidiendo así el avance rápido y continuo de la elaboración de proyecto.

La empresa Smith InterConnect tendrá una importante colaboración al plasmar el diseño de la estación de aclimatización en el programa de SolidWorks, para posteriormente, realizar la impresión en tercera dimensión, por medio de equipos que dicha empresa posee.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 TEORÍAS REFERENTES AL DISEÑO A ELABORAR

2.1.1 Labview

Labview es un ambiente de programación, bastante útil de usar y a la vez muy versátil, en el sentido de la elaboración de proyectos.

Este ofrece un enfoque de programación gráfica que ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración del hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización simplifica la integración del hardware de medidas de cualquier proveedor, representa una lógica compleja en el diagrama, desarrolla algoritmos de análisis de datos y diseña interfaces de usuario de ingeniería personalizadas. *¿Qué es Labview?* (s. f.). National Instruments. Recuperado 1 de julio de 2020, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>

2.1.2 Obleas de Cerámica

Las obleas de cerámica en inglés ceramics wafers, son el inicio de la producción del thermopad, están asignadas a HONG CHUAG APPLIED THECHNOLOGY CO., LTD, en Taiwan, bajo la patente 10497,638.

El método de producción incluye dos etapas, la de formado y la etapa del procesamiento, la segunda etapa se forma una muestra de posición que o un borde en el perfil, para impedir un defecto al procesarse durante el corte y pulido. Las partículas de cerámica necesarias en la constitución de las obleas, son polvo cerámico de nitruro, polvo de óxido cerámico.

Las obleas cerámicas tienen una baja constante dieléctrica, aislamiento y excelente disipación de calor, por lo tanto, puede ser aplicado en procesos de semiconductores, produciendo productos eléctricos y equipo semiconductor. (USPTO Patent Grants, 2019)³

2.1.3 Método de impresión de capas

La impresión de capas es usada para imprimir en diferentes tipos de materiales, es una técnica usada en los textiles, como para ropa, zapatos, cuero, muebles y textiles decorativos. Igualmente, textiles usados in aeronáutica, medicina, electrónica, automotriz, tienen que ser tomadas en consideración. La superficie impresa se puede hacer de papel, materiales polímeros, madera, metal, cuero. (MATEC Web of Conference, 2018)⁴

2.1.4 Multímetro Programable

“Un multímetro digital es simplemente un medidor electrónico para realizar mediciones eléctricas. Puede contar con numerosas funciones especiales, pero esencialmente mide” (Fluke Corporation, 2014)

El multímetro digital mostrado en la figura 2, y tal como lo dice cita anterior, es el medidor que se utiliza para obtener la resistencia, funciona para medir voltaje, corriente, capacitancia, y demás pero el rango más explotado es medir la resistencia de los dispositivos.

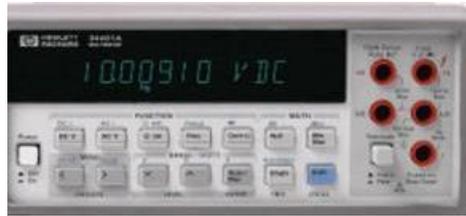


Figura 2. Multímetro digital

Fuente: Smith Interconnect

2.2.1 Resistencia de película delgada

Este tipo de resistencias se llegar a usar en aplicaciones donde se busca una gran precisión. Los márgenes de medición son significativamente bajas, bajos coeficientes de temperatura y bajo nivel de ruido. También se utiliza en aplicaciones de alta frecuencia, la capacitancia y la inductancia son más bajas.

La tecnología de película delgada se usa principalmente para la fabricación de resistencias dentro de un circuito integrado. Esta técnica consiste en depositar por vaporización una fina película. Se pueden emplear distintos metales dependiendo de las características deseadas, el más usado es el Nicrom (NiCr). Se deposita una capa de un espesor de 1 μm sobre la capa de SiO_2 el cual es empleado como mascara y corrosión para conseguir el trazado deseado que del valor de resistencia buscado. La resistencia metálica conformada se cubre con una capa aislante en la que se practican las aperturas necesarias para los contactos. (Diaz, 2016)⁴

2.2.2 Coeficiente de temperatura

El coeficiente de temperatura es una propiedad intensiva de los materiales, ya que materiales no dependen de la masa o del tamaño de un cuerpo, por lo cual el coeficiente de temperatura será el mismo.

“El valor medido de una propiedad intensiva no depende de la cantidad de materia que se considere. Estas propiedades suelen estar asociadas con el estado de la materia.” (Merino et al., 2015, pp. 1–3)

“Esta propiedad cuantifica la variación de la propiedad física de un material, al exponerse a cambios de temperatura” (Reuss.,2008, pp. 348-349.)

2.2.3 Atenuador variable de temperatura

Según Díaz 2016, se refiere a la atenuadora variable de la siguiente forma

“La presente invención es un atenuador de temperatura variable, y más específicamente un atenuador de microondas tipo absorbente de temperatura variable, en donde la atenuación cambia en una tasa controlada con cambios de temperatura mientras la impedancia se mantiene sustancialmente constante.”

Como menciona Díaz, este es un atenuador, es decir absorbe los cambios que se producen en el ambiente, lo que permite la impedancia siempre quede constante, siendo esta la esencia de un Thermopad, debido a esto se utiliza una configuración de resistencias, que son de tipo lámina delgada, dos en serie y una

en paralelo, las que están en serie, tienen la misma impedancia, y la resistencia en paralelo cambia la impedancia, sin embargo, el coeficiente de temperatura es diferente en estas. Es decir, que los materiales son básicamente diferentes.

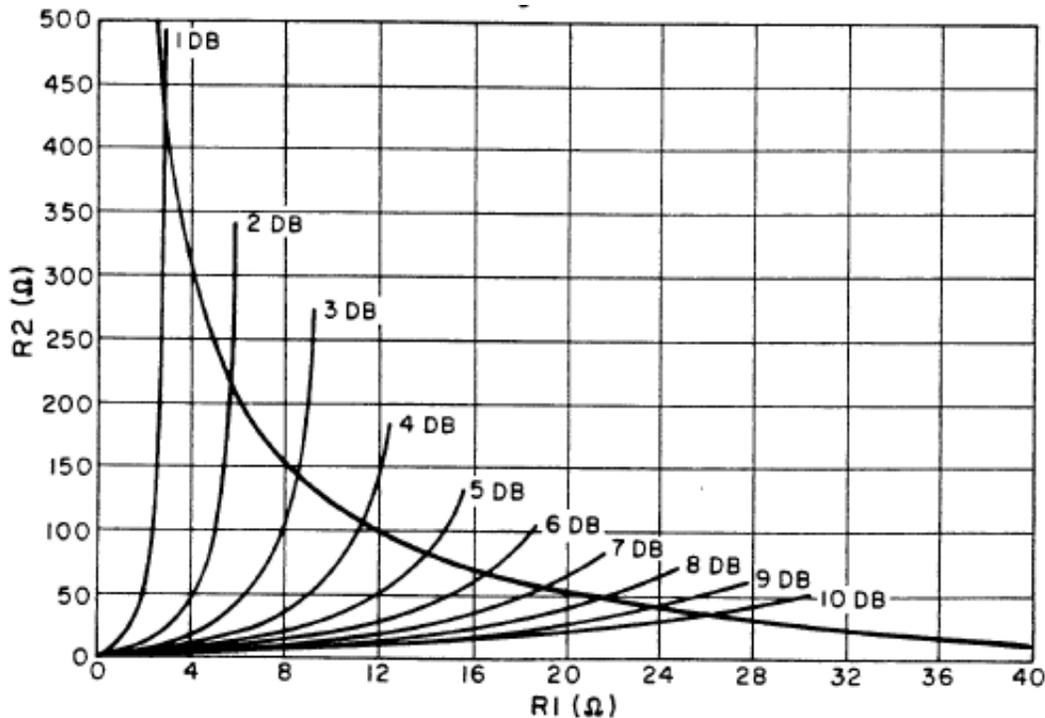


Figura 3. Familia de curvas de atenuación constante basados en atenuadores.

Fuente: (Díaz,2016)

La figura 3 muestra la familia de las curvas de atenuación desde 1 decibel a 10 dB, con una curva de 50 ohmios constante, el eje vertical representa los valores resistivos de $R2$, en cambio la horizontal muestra los valores de $R1$. El punto de intersección entre la curva de impedancia y una curva de atenuación da los valores de $R1$ y $R2$, para la atenuación deseada y la impedancia de 50 ohm asociada.

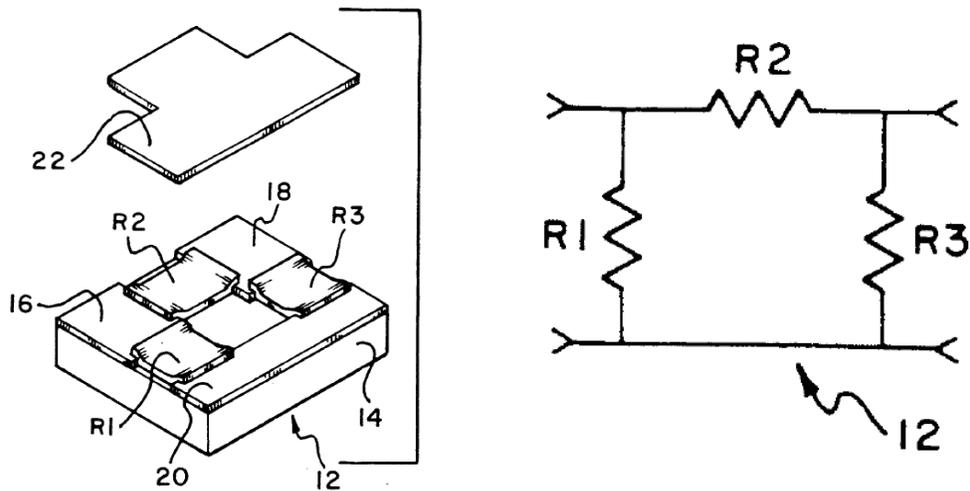


Figura 4. Vista de la construcción y diseño de un thermopad.

Fuente: Diaz, 2016

A la izquierda de la figura 4 se observa la construcción del thermopad, a la derecha en cambio aparece el diseño electrónico.

Ambos dibujos en la figura 4 tienen valores nominales de 4 dB a 25 °C, y cada uno tiene un coeficiente de atenuación del 0.002 (dB/°C); sin embargo sus coeficientes de temperatura son diferentes, esto pasa para que mientras uno incrementa su valor al aumentar la temperatura, el otro disminuya

El atenuador variable, contiene aproximadamente 96% de óxido de aluminio y se usa como base utilizando varios materiales aislantes como teflón, fibra de vidrio y cerámica de berilio.

2.2.4 Efecto peltier

Su nombre proviene del físico francés Jean-Charles A. Peltier, quién exploró el campo de la electricidad, sobre los contactos metálicos y sus fenómenos termoeléctricos. En 1834 logró descubrir el bombeo de calor termoeléctrico en estado sólido según AZORÍN, 2018.

El efecto Peltier hace referencia al cambio en la temperatura producido por una unión entre dos metales o semiconductores distintos cuando una corriente eléctrica atraviesa la unión. Sucede cuando una corriente pasa por dos metales o semiconductores conectados (tipo-n y tipo-p), por lo que depende de la composición y temperatura de la unión. La unión de los metales debe ser en un contacto íntimo, pero no necesariamente soldada. (AZORÍN, 2018)

Se podría decir que la consecuencia del paso de la corriente incita la absorción o liberación de energía, en una junta de diferentes materiales. La dirección de la transferencia de calor va de acuerdo con la dirección de la corriente.

El coeficiente peltier es el producto de la termopotencia y temperatura.

$$II = Q T \quad (\text{ecuación 1})$$

La cantidad de calor liberada entre los dos conductores, A y B en la unión T_2 . T_1 y T_2 son los dos puntos de unión entre los materiales.

$$W = (II_A - II_B) * I \quad (\text{ecuación 2})$$

La cantidad de calor absorbido por la unión T_1 , por el efecto Peltier es:

$$Q = H_{AB} I = (H_B H_A) I \quad (\text{ecuación 3})$$

2.2.5 Termocupla tipo K

Lo más utilizado en la industria son las termocuplas, cuales consisten en dos alambres de distinto material, unidos en uno de sus extremos, la mayor parte del tiempo están soldados. El calor que incida sobre esta unión genera un voltaje en el orden de los milivolts. Estos en su mayoría se encuentran en un encapsulado metálico de acero inoxidable.

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo, fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos. (Arian, Control e instrumentación, s. f.)

2.5.6 Efecto de Histéresis

Se relaciona el concepto de histéresis, a los materiales que tienen permeabilidad magnética, por lo tanto, tomando en cuenta la definición de este, lo podemos aplicar a este campo de trabajo.

La histéresis magnética depende de la permeabilidad de un material, y se puede explicar de la siguiente manera:

Si la corriente en la bobina primaria aumenta de cero hasta cierto valor I , la magnitud de H aumenta linealmente con I ($H = nI$). Además la magnitud de K también se incrementa conforme aumenta I (trayectoria desde 0 hasta B) hasta que el núcleo

de hierro se acerca a la saturación (condición en la cual están alineados todos los dominios, que son las regiones microscópicas en las cuales se alinean todos los momentos magnéticos). Después suponga que la corriente se reduce a cero, por lo que se elimina el campo externo. La curva de B vs H sigue la trayectoria bc (en el punto b , $B \neq 0$ a pesar de que $B_m = 0$ debido a que el hierro tiene una magnetización remanente). (Universidad Central, 2014)

Tomando el concepto de histéresis magnético, se puede trabajar con el término: histéresis térmica. El cual juega un papel muy parecido; se trata del calor que transmite la celda peltier al ambiente, y luego de apagar la celda todavía hay una remanencia de ese calor en la plantilla, por ende, vuelve a temperatura ambiente. Este proceso conlleva tiempo tanto en el aumento de temperatura, como en la disminución de la temperatura.

2.5.7 Transferencia del calor por conducción

La transferencia de calor por conducción es el resultado de interacciones moleculares. Las moléculas de un objeto que está a una temperatura más alta vibran con mayor rapidez, estas chocan con las moléculas menos energéticas situadas en la parte de menor temperatura del objeto. Como resultado del choque las moléculas que se mueven a mayor velocidad transfieren una parte de su energía a las que se mueven más despacio. De esta forma se dice que la transferencia de calor por conducción siempre se da de una región con temperatura más alta hacia

una región con temperatura más baja. Se trata de una transferencia como resultado de una diferencia de temperaturas. (Transferencia de calor, 2017)

Según Jiménez 2017, al transferencia de calor se da desde un lugar con mayor temperatura a otro con menor temperatura, esto como un intento de estabilizar la temperatura y sea igual en el ambiente en general.

2.5.7 Inercia térmica

Para explicar correctamente el término de inercia térmica, se apoyará sobre dos definiciones:

*En el estudio de Turégano et al; El **coeficiente de conductividad λ** se define como la cantidad de energía que atraviesa una superficie de 1 m² y un m de espesor cuando las temperaturas a ambos lados difieren en un °C. Sus unidades en el SI serán el W/m·°C que equivale a 0,86 kcal/m·°C. Para un cerramiento compuesto por capas paralelas podemos hablar de la resistencia global que equivaldrá, para esta configuración, a la suma de las resistencias debidas a cada capa, dependiendo éstas de su espesor y de su conductividad. El efecto combinado queda recogido por el denominado **coeficiente de transmisión térmica de un cerramiento, K**, que es la cantidad de calor que pasa por un m² del cerramiento cuando las temperaturas a ambos lados difieren en 1°C. Sus unidades: W/m² ·°C.*

Ambas definiciones determinan la transmisión del calor a través de superficies, pero lo interesante de la inercia térmica, es la resistencia que ofrecen los materiales a

esta transmisión, Turégano hace una comparación de la transmisión de calor como la transferencia de líquido de un lugar a otro.



figura 5 Conductividad del calor.

Fuente: Turégano et al

Cuanto mayor sea k , más rápido se transfiere el calor a través del cerramiento, en la figura anterior se muestra dos recipientes de líquido a mano izquierda, la velocidad con que el líquido atraviese el conducto, dependerá de las alturas, y con el paso del tiempo ambos lugares tendrán el mismo nivel de líquido, de esta forma se puede explicar la transferencia de calor en diferentes lugares.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según (Cid, 2011), “la investigación es una herramienta utilizada por las personas y la sociedad para aclarar dudas y problemas y, de paso, aumentar el conocimiento sobre algo” (p.9) y según (Tamayo, 2003) “la investigación es un proceso que, mediante la aplicación del método científico, procura obtener información relevante y fidedigna, para entender, verificar, corregir o aplicar el conocimiento” (p.37), de forma que al realizar esta investigación, se desarrollan importantes herramientas para diseñar, planificar y construir una solución eficaz, que además de ser funcional, abre el acceso a encontrar toda la información relacionada a este estudio.

3.1.1 Enfoque de la Investigación

Según sea el enfoque de la investigación, clasifica en dos enfoques los cuales son:

El enfoque cuantitativo es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no se puede “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, se puede redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis.

Por otra parte, se afirma del enfoque cualitativo:

El enfoque cualitativo también se guía por áreas o temas significativos de investigación. Sin embargo, en lugar de que la claridad sobre las preguntas de investigación e hipótesis preceda a la recolección y el análisis de los datos (como en la mayoría de los estudios cuantitativos), los estudios cualitativos pueden desarrollar preguntas e hipótesis antes, durante o después de la recolección y el análisis de los datos. Con frecuencia, estas actividades sirven, primero, para descubrir cuáles son las preguntas de investigación más importantes; y después, para perfeccionarlas y responderlas. La acción indagatoria se mueve de manera dinámica en ambos sentidos: entre los hechos y su interpretación, y resulta un proceso más bien “circular” en el que la secuencia no siempre es la misma, pues varía con cada estudio.

El enfoque de esta investigación es cuantitativo, debido a que primero se estudia los factores que rodean el tema planteado, con un riguroso orden, que lleva a crear un plan de trabajo, no solo en el espacio, sino también en el tiempo. Se toman en cuenta todos los agentes externos e internos que puedan intervenir en el proceso.

3.1.2 Finalidad de la Investigación

Dependiendo del enfoque de la investigación, se deducen diferentes tipos de investigaciones. Muñoz se refiere a tesis de investigación básica donde:

“Su finalidad es tratar de analizar y explicar hechos, generar conocimiento para desarrollar nuevas teorías, reforzar, rechazar o modificar teorías ya existentes, y así incrementar los conocimientos científicos o filosóficos sin tratar de contrastarlos con algún aspecto práctico” por lo que el objetivo de este tipo de investigación es la obtención y recopilación de información para ir forjando una base de conocimiento que se compila en la información ya existente.

Este tipo de investigación también recibe diferentes nombres, entre ellos: fundamental, científica, teórica o pura.

También explica que la investigación de tipo aplicada se caracteriza por:

“aplicar los conocimientos que surgen de la investigación pura para resolver problemas de carácter práctico, empírico y tecnológico para el avance y beneficio de los sectores productivos de bienes y servicios de la sociedad” por lo que este tipo de investigación se basa en la búsqueda de mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto.

Este tipo de investigación también recibe el nombre de investigación aplicada fundamental, investigación aplicada tecnológica, investigación práctica o investigación empírica.

Por último, Muñoz 2011 se refiere a una tesis de tipo tecnológica, estableciendo lo siguiente:

“Las tesis clasificadas como investigación tecnológica son los trabajos de investigación cuyo interés y resultados se centran en la producción de satisfactores para la sociedad, por medio de la aplicación del conocimiento para la transformación de la realidad e innovación de la industria, el comercio, las tecnologías de información, las áreas ingenieriles, los equipos, programas y sistemas con la finalidad de generar soluciones en beneficio de una comunidad específica o de la población en general.” (p. 26)

El propósito de este tipo de investigación es la mejora de la calidad y el bienestar de la sociedad, por medio de la innovación tecnológica, la ciencia aplicada y las disciplinas de la ingeniería.

Basado en esta información, se puede deducir que esta investigación es de tipo aplicada tecnológica, debido a que realiza estudios del campo no solo para generar hipótesis de este, sino para generar soluciones a un tipo de problema específico, cuales eventualmente se concretizaran. Y es una investigación tecnológica, por que entra dentro del ámbito tecnológico, tomando como base la electrónica.

3.1.3 Dimensión Temporal

Las investigaciones no experimentales se clasifican de acuerdo a Sampieri en transeccional, o transversal y longitudinal donde establece:

“Los diseños de investigación transeccional o transversal recolectan datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Es como tomar una fotografía de algo que sucede. Pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores; así como diferentes comunidades, situaciones o eventos.

Por ejemplo, analizar el efecto que sobre la estabilidad emocional provocó un acto terrorista en niños, adolescentes y adultos. Pero siempre, la recolección de los datos ocurre en un momento único. A su vez, los diseños transeccionales se dividen en tres: exploratorios, descriptivos y correlacionales- causales”

Para las investigaciones longitudinales establece:

“En ocasiones el interés del investigador es analizar cambios a través del tiempo de determinadas categorías, conceptos, sucesos, variables, contextos o comunidades; o bien, de las relaciones entre estas. Aún más, a veces ambos tipos de cambios. Entonces se dispone de los diseños longitudinales, los cuales recolectan datos a través del tiempo en puntos, o períodos, para hacer inferencias respecto al cambio, sus determinantes y consecuencias. Tales puntos o períodos por lo común se especifican de antemano.

Por ejemplo, un investigador que buscara analizar cómo evolucionan los niveles de empleo durante cinco años en una ciudad; otro que pretendiera estudiar cómo ha cambiado el contenido sexual en las telenovelas de cierto país en los últimos 10 años, y uno más que buscara observar cómo se desarrolla una comunidad indígena a través de varios años, con la llegada de la computadora e internet a sus vidas. Son pues, estudios de seguimiento. Los diseños longitudinales suelen dividirse en tres tipos: diseños de tendencia (trend), diseños de análisis evolutivo de grupos (cohorte) y diseños panel”

Derivado de las citas mencionadas, se clasifica temporal transversal la investigación, debido a que solo se toma en cuenta un solo hecho, y se analiza alrededor de ese acto, en esta ocasión hay un solo problema que resolver, indagando como solucionarlo.

3.1.4 Marco de la Investigación

El marco de la investigación puede ser de tres diferentes tipos: mega, macro y micro, se clasifica según el alcance e impacto en el medio en el cual sea desarrollado.

El marco mega de una investigación abarca a todas las empresas de medios similares donde se ejecute la investigación. El marco macro apunta a la empresa o institución en la cual se hará la investigación, incluyendo todos los diferentes departamentos en los cuales se subdivide. Y por último, el marco micro contempla un área o departamento de la empresa, abarcando un proceso específico.

Según la información recolectada, la presente investigación es de tipo micro, solo abarca un área específica de la empresa, más concisamente en la etapa de prueba, de la producción de thermopads.

3.1.5 Naturaleza de la Investigación

Según Sampieri el “enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica y el análisis estadístico para establecer patrones de comportamiento y probar teorías” (2010, p.4).

La documentación realizada es de tipo cuantitativa, pues es necesario conocer el entorno, recolectar información de las personas que trabajan allí, realizar

entrevistas, video llamadas, sesiones en línea, y demás que ofrecen ampliar y mejorar el conocimiento del problema atacado.

3.1.6 Carácter de la Investigación

El carácter o alcance de la investigación ayuda al autor a plantear el problema, elegir métodos de investigación, en el análisis e interpretación de toda la información para formular las conclusiones. Existen investigaciones con carácter: explicativo, descriptivo, narrativo, documental, experimental, exploratorio, confrontativo, interpretativo y argumentativo. De los nueve alcances mencionados, es importante profundizar en la investigación de carácter experimental.

El objetivo de estas tesis es reproducir un fenómeno dentro de un ambiente específico de pruebas e ir modificando diferentes elementos para observar qué sucede con el fenómeno. Desde luego, todo esto se realiza mediante un método formal de investigación con manipulación de variables experimentales en condiciones rigurosamente controladas para simular las posibles condiciones a las que se enfrentará el objeto de estudio. A estos experimentos también se les denomina pruebas de laboratorio, pruebas controladas o experimentaciones. A partir de los resultados obtenidos en cada observación se obtiene la información valiosa para elaborar la tesis.

Se deduce que el estudio en proceso es de tipo experimental, debido a que se extraen datos de un proceso en específico, determinando y analizando las variables que son afectadas, se modifica una o varias de estas, y se sigue estudiando, hasta lograr el objetivo propuesto.

FUENTES DE INFORMACIÓN

3.2 Fuentes Primarias

El uso de una fuente primaria permite conocer los fenómenos tales y como suceden en la realidad y afirma que una fuente primaria de información:

“Se vale de aquel material que se recaba directamente donde tienen su origen los datos. Es la información que se toma de la fuente primaria, es decir, del punto mismo donde se origina, ya sea que se trate de un hecho, un fenómeno o una circunstancia que se desea investigar. Dentro de esta categoría entran la experimentación, los autores inéditos, las encuestas, la descripción de eventos, las noticias periodísticas, la narración de hechos, los reportes de investigaciones, etcétera.” (p.226).

Dentro de las diversas fuentes primarias, cabe mencionar que se utilizaron las entrevistas con los respectivos ingenieros, además de consultar la página web de Smith InterConnect, donde se extrajo importante información acerca de la empresa y del atenuador variable de temperatura, llamado Thermopad.

3.2.1 Fuentes Secundarias

De acuerdo con (Muñoz, 2011), una fuente secundaria “es aquella que toma sus contenidos de las fuentes primarias para su interpretación, complemento, corrección o refutación. La investigación que utiliza información de segunda mano tiene la ventaja de que está más documentada, pues toma varias fuentes para complementar y se apoya en la seriedad metodológica.” (p. 226).

Para el presente proyecto no se utilizaron fuentes secundarias.

3.2.2 Sujetos de Información

Este tipo de fuentes son las que recopilan fuentes de información primarias o secundarias. Estas fuentes son utilizadas para buscar datos o para obtener una idea general sobre algún tema, algunas de ellas son las bibliografías, en donde se pueden encontrar la referencia de otros documentos.

El sujeto de información utilizado en esta oportunidad fue la página Web de la empresa, de donde se recopiló información importante y relevante para el diseño del nuevo sistema a implementar y la valoración y requerimientos de los personeros o personal técnico de la empresa.

3.3 TÉCNICAS Y HERRAMINETAS

(Niño, 2011) Establece que las técnicas “se entienden como las operaciones, procedimientos o actividades de investigación, por ejemplo, la observación y la entrevista. Algunos las llaman “métodos”, por cuanto se trata de procedimientos de investigación. A veces, también se mencionan como los medios o instrumentos de investigación.” (p.29) y también menciona que las herramientas “son los elementos o materiales que permiten la ejecución o aplicación de las técnicas, como sería el cuestionario en la técnica de la encuesta.” (p.29).

Para el presente proyecto se utilizaron las técnicas de observación y entrevista, las cuales se detallan a continuación:

3.3.1 Observación

Una vez que se llegó a la estación de trabajo se observó la presencia de unas prensas especiales de medición de la resistencia de los thermopads. Dichas estaciones de trabajo no cuentan con algún tipo de regulación en cuanto a temperatura se refiere. Asimismo, se tomó en consideración, la forma de trabajar de los operarios, por lo que las plantillas se diseñaron de forma, que sean ergonómicas para los supradichos.

3.3.2 Entrevista

Para comenzar el proyecto se entrevistó al Ingeniero Leonardo Cordero Rivera, con el fin de conocer cuáles eran las necesidades de la empresa y conocer a detalle el problema en específico con respecto a una necesidad en cuanto a sus estaciones de “prensas” se refieren, con el fin de idear una solución que cumplan con todos los requerimientos. Asimismo, se entabló una conversación con el ingeniero en zona Jonathan Sánchez, que conoce específicamente cuales son los puntos para considerar antes de realizar el proyecto. El ingeniero mismo indicó la temperatura idónea a trabajar y cuál es la temperatura actual de la planta.

3.4 VARIABLES Y DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

3.4.1 Definición de variables.

El término de variable, en su significado más general, se utiliza para designar cualquier característica de la realidad que pueda ser determinada por observación y que pueda mostrar diferentes valores de una unidad de observación a otra (Tamayo, 2003, p. 163)

La variable para tratar es el nivel térmico de la estación de trabajo. Para el presente proyecto es necesario monitorear la temperatura de la habitación, así como controlar el calor incidente sobre el dispositivo. Se evalúa dicha variable a través del tiempo y del espacio físico donde se aprueben los thermopad.

3.4.2 Diseño de investigación.

Según (Niño, 2011), “el diseño se puede interpretar de una de las dos maneras: en un sentido amplio, y en un sentido específico. En el sentido amplio, diseño equivale a la concepción de un plan que cubra todo el proceso de investigación, en sus diversas etapas y actividades comprendidas, desde que se delimita el tema y se formula el problema hasta cuando se determinan las técnicas, instrumentos y criterios de análisis” (p.53).

Objetivo específico	Variable	Definición
Identificar los requerimientos y las especificaciones del sistema de aclimatización de los atenuadores variables de temperatura, según la empresa así lo necesite.	Necesidades de la empresa	Requerimiento y especificaciones que vienen desde la empresa
Diseñar una interfaz de usuario, que permita climatizar un espacio reducido, mediante la celda peltier y ventilación, de acuerdo con las especificaciones técnicas de un thermopad en la etapa de control de calidad.	Prototipo	Sistema que se construye con el fin de ver su funcionalidad
Diseñar partes varias físicas necesarias del prototipo de la estación de aclimatización, para posteriormente, mediante el uso de una impresora 3D de la empresa Smith InterConnect, de acuerdo con el plano previamente realizado en SolidWorks, por el personal de dicha Empresa, ser elaboradas	Partes del prototipo	Diseño y elaboración de las partes que necesita el sistema.
Elaborar un control de dispositivos electrónicos por medio del lenguaje Arduino, según a los requerimientos del usuario, para la estación de aclimatización	Código Arduino	Programación del Arduino
Establecer la comunicación entre las plataformas, LabVIEW y Arduino, a través del enlace USB (Universal Serial Bus).	Comunicación	Protocolos de comunicación
Análisis de costos final de la propuesta escogida ya sea si solo se proporcionara a una sola estación o si se aplicará a varias estaciones.	Viabilidad del proyecto	Balance de la factibilidad de la implementación del sistema
Efectuar una comparativa de los sistemas que puedan existir en el mercado, y como estos podrían o no ser utilizables en este proyecto.	Comparativa con otras tecnologías	Comparar las tecnologías que hay en el mercado, con el sistema de aclimatización de este proyecto.

Tabla 1. Variables de la investigación

Fuente: Elaboración propia del autor

CAPÍTULO IV

DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

4.1 DESCRIPCIÓN DE LA SITUACIÓN ACTUAL

El proceso que llevan los dispositivos thermopad hasta la etapa de prueba, se inicia con la obleas de cerámica, continuando con la impresión de capas, sigue con el proceso de laser ajuste, una aplicación de capa protectora, cortado, acabados metálicos y finalmente la etapa de prueba. La cual consisten en tomar un porcentaje del lote o su totalidad dependiendo de la cantidad que tenga el lote bajo prueba, la muestra al ser testeado por el multímetro digital configurado para medir resistencia, el lenguaje de programación es Labview que se comunica con el multímetro para reconocer si la pieza está pasando los procesos de calidad

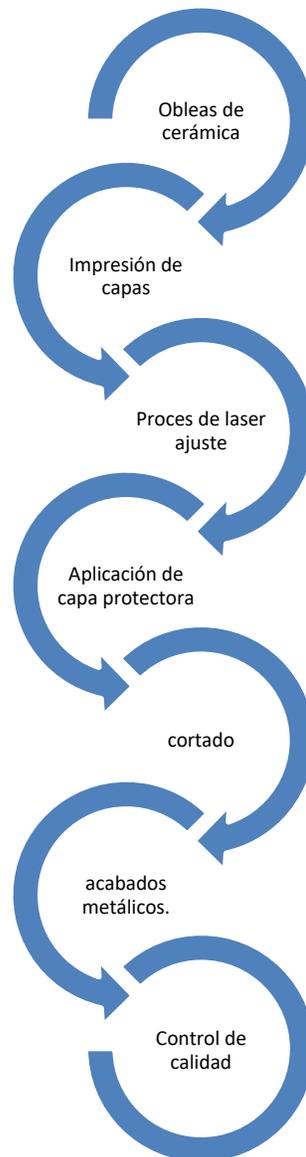


Gráfico 2. Diagrama de flujo de la producción de los thermopads.

Fuente: Elaborado por el autor

4.2 RECOLECCIÓN DE DATOS

La técnica usada para la recolección de datos para entender el proceso de producción de un thermopad, además de los estándares de calidad que estrictamente debe de cumplir cada dispositivo, es la de observación y entrevista, la observación se utilizó en cada una de las visitas a la empresa. Por otro lado, la entrevista se hizo al jefe de planta, al ingeniero de pruebas y a los operarios de esta etapa.

4.2.1 Análisis de datos

El punto más relevante para tomar en cuenta para este proyecto es la producción y como esta se ve afectada durante la etapa de pruebas, porque si existen atrasos aquí, hay atrasos en la entrega del producto hacia el cliente.

A través de la entrevista vía telefónica que se realizó con el ingeniero en pruebas Jonathan Sánchez, se entendió los protocolos de calidad que deben de cumplir antes de enviarle el producto al cliente. Explicó que al producirse uno de los lotes, dependiendo de la cantidad, el testeo, se hace por el método de muestreo, donde se toma un porcentaje para control de calidad, si uno de los dispositivos no pasa este control, se procede a testear la totalidad del lote. En cambio, si el lote es en menor cantidad, se testea la totalidad del lote.

Un punto muy relevante muy estudiado durante este proyecto es el calor y su transmisión, esto debido a que el dispositivo en cuestión es un atenuador de

temperatura. Se logra entender que el ambiente alrededor del thermopad debe calentarse en lugar de enfriarse, porque la empresa se encuentra a unos 19 grados, y la prueba debe de estar a 24 °C, aproximadamente.

Evaluado estos aspectos, también se consideró por parte del ingeniero que es necesario que el sistema a integrar sea ergonómico para el operario, porque él indicaba que el operario el espacio de trabajo es bastante poco, alrededor de un metro cuadrado, por tanto, el proyecto tiene que ser amigable con ese espacio para no llegar a incomodar al operario, generando dificultades a la hora de realizar las mediciones de resistencias de los atenuadores variables de temperatura.

4.3 VALIDACIÓN DE LOS DATOS

Hay varios aspectos que llevan a darle fundamento a esta investigación, uno de ellos es del que se ha venido hablando a lo largo de la investigación, es el calor y los agentes que inciden en este. Se está claro que este estudio se basa en un atenuador de temperatura, por lo tanto, cualquier mínima variación en esta, afecta directa o inversamente proporcional, dependiendo del modelo del atenuador. Es decir, un factor importante por lo que este proyecto lleva mucho peso y será de gran funcionalidad.

Otro factor es la construcción, gracias a la entrevista y la observación se logran entender los requerimientos para la construcción de la mesa climatizada, de manera que sea funcional para la empresa.

Otro aspecto es la ergonomía, de nada sirve realizar un proyecto muy funcional para la empresa, pero que es poco ergonómico para el operario quién es la mano de obra importante dentro del proceso, ya que se busca mejorar la producción y si el factor humano no se toma en cuenta, puede ocasionar un efecto adversario al que se busca.

CAPÍTULO V

DISEÑO Y DESARROLLO DEL PROYECTO

5.0 DESARROLLO DEL PROYECTO

Antes y durante la prueba es importante que el calor que incide en el atenuador permita obtener una temperatura de 24 °C, con un rango de tolerancia de 1 °C. Se proporcionará un sistema que acondicione el ambiente alrededor del atenuador al medir su resistencia, en el cual estarán los atenuadores antes de la prueba y se acondicionará la base de testeo para que también esté a la temperatura deseada.

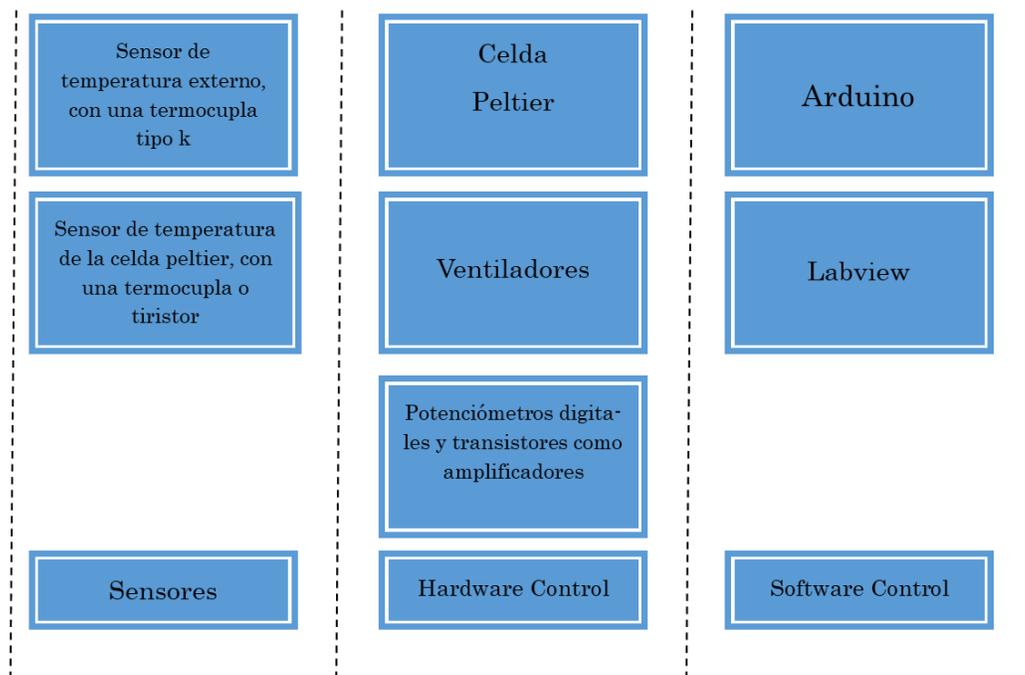


Figura 6. Diagrama de bloques de la propuesta del proyecto.

Fuente: Elaborado por el autor

La idea del diseño es realizar un alimentador (es un plato donde se colocan los dispositivos atenuadores de temperatura, antes de ser medidos), con las características adecuadas de construcción según lo que necesita la empresa.

Esta etapa del proyecto que sería la plantilla depositadora, consiste en un espacio semiabierto donde estará la celda peltier entre dos disipadores, uno de ellos disipa el calor de la celda para ser trasladados por los ventiladores hacia el ambiente, el otro disipa la energía del otro lado de la celda hacia el ambiente, la celda tiene la capacidad de emitir calor o frío en una de sus caras, dependiendo de la polaridad que haya entre sus terminales, lo que ayuda a controlar así la temperatura hacia los dispositivos de atenuación.

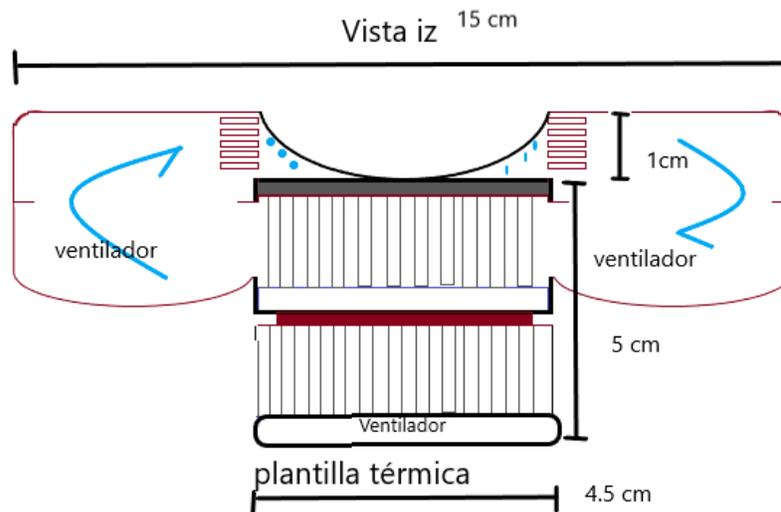


Figura 7. Plantilla alimentadora, vista de lado, primer diseño.

Fuente: Elaborada por el autor.

Sensores: Se dispondrá de 2 sensores de temperatura, uno estará instalado sobre la superficie del alimentador y otro estará midiendo el calor emitido por la celda. esto debido a que la temperatura del ambiente sobre plato depositador y en la celda, no van a ser la misma, por tanto, se le indicará a la celda en cuanto deberá variar la temperatura para que en la superficie se obtenga el calor necesario para la prueba. El primer sensor solo es para tomar un registro de la temperatura en la celda, el segundo sensor en la superficie será el que controle el momento en que la celda debe de apagarse o encenderse para seguir manteniendo el ambiente en el plato depositador

Comunicación: Se utilizará el tipo de comunicación serial entre LabVIEW y Arduino, con el fin de que LabVIEW, una vez determine que si la temperatura no es la adecuada, indicará que el sistema no está apto para realizar las mediciones deseadas.

Hardware control: Se da por medio de una celda peltier que, al proveerla la suficiente corriente entre sus terminales, generará necesario. También funciona de forma contraria, esto debido a que por un lado enfría y por otro lado caliente. La celda será la proveedora de calor o frío si así se necesita, los ventiladores transmitirán esa energía. La celda será controlada por un relé que abre o cierra el paso de la corriente a la celda, los ventiladores son controlados por un potenciómetro digital, con el fin de controlar las revoluciones de los ventiladores con respecto a la velocidad del aire en el plato depositador o en la plantilla de medición.

Software Control: En este caso el Arduino poseerá todo el control, tanto de la celda como de los ventiladores, obteniendo la información de la temperatura a través de los sensores de temperatura. LabVIEW tendrá un código que es para captar la información que se obtiene del Arduino, solo será necesario obtener la temperatura en el programa LabVIEW, y este discrimina si es el momento o no de permitir que se mida la resistencia del atenuador.

Control por histéresis: El control por histéresis es el conocido ON-OFF, que enciende y apaga el dispositivo que controla la variable de temperatura, dependiendo de las especificaciones que se le asignen, el sistema ON-OFF es un sistema abierto que no conoce lo que está pasando al momento de accionar o dejar de accionar el dispositivo, en este caso si hay sensores que continuamente retroalimentan el sistema e indican el momento de apagar y encender, sin embargo existe una inercia térmica que rige los materiales, es decir, al accionar la celda peltier, la temperatura va aumentando, pero al apagarla, la temperatura seguirá en aumento, por unos instantes hasta volver al nivel de temperatura adecuado para encender la celda. La inercia térmica ha sido un indicativo que se ha tomado en cuenta a la hora de elegir el tipo de control, otro tipo de control es por PID (Proporcional Integral Derivativo), el cual también fue considerado para este proyecto, pero se terminó usando control por histéresis, justo por la inercia térmica, es decir, al ser la temperatura al variable a controlar, que mide el calor que hay en cada uno de los cuerpos involucrados. La inercia térmica se encuentra en todos los cuerpos, lo cual no es medible, se necesitarían muchos sensores a lo largo del sistema, lo cual no es funcional por el tipo de proyecto, para así lograr

controlar cada aspecto del sistema. Por lo tanto, al tener este sistema como variable la temperatura, así como los aires acondicionados, se controla por medio del ON-OFF.

Esta es la razón por la cual se decidió usar el control por histéresis, finalmente se le asigna un rango muy pequeño de trabajo y mantiene la temperatura entre el rango permitido por la empresa.

5.1 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL PROTOTIPO

5.1.1. Sensores

Se han utilizado 3 tipos de sensores, el primero es un electronic brick- Temperature, figura 8, es un sensor que tienen la capacidad de dar una señal análoga y otra digital, la digital funciona modulada, es decir de antemano se establece la temperatura a la que se requiere y el sensor manda una señal en alto cuando se ha alcanzado esa temperatura. También tiene un switch que cambia el sensor en modo en análogo, en este caso el modo análogo es el más útil para este caso, porque se necesita saber la temperatura exacta en que está la celda.

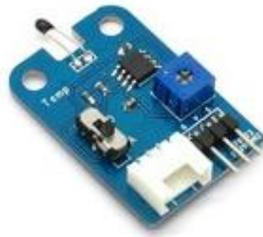


Figura 8. Electronic Brick - Temperature Sensor.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Otro sensor que se integró en el sistema es el de la figura número 9, básicamente es un tiristor con una cabeza metálica, que funciona para cuidar mecánicamente el tiristor, se utiliza para determinar en todo momento la temperatura en el medio, por tanto, no está integrado en ninguna de las plantillas, pero si indica al sistema en qué momento se es necesario que las plantillas en lugar de calentar los atenuadores, los enfríe para oscilar la temperatura siempre alrededor de los 24 grados.



Figura 9. Temperature Sensor with Steel Head.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Sensor termocupla tipo k (Figura 10), la termocupla son dos cables de diferente material soldados en uno de sus extremos, que al cambiar la temperatura del ambiente se crea una tensión en las terminales a una escala de milivoltios, haciendo este proceso más eficiente porque solo hay que medir la diferente de potencial entres sus terminales, diferente a un tiristor que hay que medir la resistencia y con ello hacer los respectivos cálculos.



Figura 10. Max 6675 y termocupla tipo k.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Igual que el tiristor no tiene una linealidad con respecto a la temperatura, pero se puede linealizar con los respectivos cálculos, esta termocupla viene un módulo llamado MAX6675, el cual es un convertidor analógico digital, tiene un pequeño circuito para compensar, amplificar y convertir a digital el voltaje generado por el termopar, así será más fácil adaptarlo a un microcontrolador.

Para este sensor se logró obtener, una librería que tomara cargo del funcionamiento del sensor, esta se llama a través de un comando hacia el código principal, que recoge el dato de temperatura que detecta la termocupla tipo k, esto en el caso de una de las termocuplas.

5.1.2 Diseño

El diseño de la carcasa del Depositador es un cubo semi abierto, solo con dos aberturas una para la entrada y otra para la salida del aire, este cubo se amolda la celda que será acoplada con un disipador, este último con la finalidad de distribuir el calor en el espacio con mayor rapidez. Cada salida de este, será conectado a dos ventiladores uno de ellos que extrae el calor disipado por la celda, hacia el ambiente y otro que toma el aire del ambiente hacia el interior del cubo, esto con la finalidad de evitar las pérdidas de calor que de por sí ya van a existir, pero con el fin de mantener la temperatura por más tiempo sobre la superficie depositadora, en la figura 8 se observa la estructura de estos ventiladores, estos no toman el aire transversalmente como normalmente funcionan, sino toma el aire de uno de sus costados como lo muestra la figura 8 a la derecha de la misma, y lo expulsa por la boquilla que tiene al lado, esto con la intención de poder tomar el aire de la celda, y enviarla hacia el plato que está por encima de la celda, obteniendo así un sistema semiabierto controlado.



Figura 11. Ventiladores.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

El sistema dispondrá de dos sensores, uno de ellos estará monitoreando la temperatura de la celda peltier y otro que será el que indique la temperatura a la cual los thermopad se mantienen, enviando estos datos al Arduino controla cuanto tiempo debe de estar trabajando la celda.

Los ventiladores mostrados en la figura 10, serán conectados a un transistor TIP122, este es un transistor en configuración Darlington, diseñado para potencia, se escogió este transistor por su amplia zona de trabajo en amperaje, asimismo la configuración a la que se encuentra el TIP 122, en inversa para controlar por medio de la zona de corte y saturación la corriente que pasará hacia los ventiladores para regular las revoluciones por minuto, que puede alcanzar velocidades de 4500 rpm a 6500 rpm cada uno.

Con el fin de que todo sea automático, se necesita que los potenciómetros sean regulados por el Arduino, por tanto, se usará potenciómetros digitales. (figura 12)



Figura 12. Potenciómetro digital.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Este dispositivo es manejado a través del protocolo SPI, pero a diferencia de las termocuplas, en lugar de utilizar la comunicación **master-out, slave-out (MISO)**, se utiliza el protocolo Master-out, slave-in (**MOSI**), debido a que se envía información al potenciómetro para que regule la corriente que se les transmite a los ventiladores.

La celda será gobernada por un módulo de relés, que ya están condicionados solo para recibir una señal digital del Arduino, estos se accionan con una señal en bajo (LOW), diferente a lo usual, la señal será enviada por el Arduino uno.



Figura 13. Módulo de relays.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Es necesario para este sistema un relé para cada celda, que desconecte y conecte según la información que se extrae desde los sensores de temperatura. Existirá además un par de relés que controlarán la polaridad de la celda, es decir que cuando uno de los sensores acondicionado para esto, detecte que el ambiente está por encima de los 26 grados cambia la polaridad de la celda y está en lugar de calentar el ambiente lo enfría. Si al contrario el ambiente está muy frío los relays se dejan en su estado de reposo como NC, para conectar la celda de manera que solo caliente.

Se decidió utilizar la celda, debido a su particularidad de enfriar y calentar en el mismo lado de una cara, solo cambiando la polarización entre sus terminales, por tanto, si el ambiente está muy caliente o muy frío, eso no va a afectar al sistema, por qué la celda se amoldará para estar siempre a 24 °C, la celda se muestra en la figura 14.

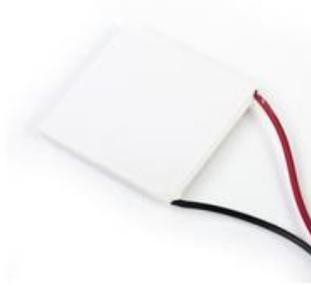


Figura 14. Celda Peltier.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

La celda según la tabla de datos que se encuentra en el anexo , puede alcanzar una temperatura de 57 grados, sin embargo, para efectos del proyecto la temperatura de la celda no será mayor a 30 grados, a menos que las condiciones externas sean extremadamente frías, será necesario llegar a los 58 grados , por otro lado en la base de medición que también debe estar a 24 grados por el diseño de la plantilla, la celda alcanza unos 28 grados, es decir unos 4 grados por encima de los que se necesita, en el anexo, se adjunta un video con el funcionamiento de las dos celdas y la información captada de los sensores que miden tanto la temperatura de la celda como la temperatura a la que se encuentran los dispositivos thermopad.

5.1.2 Control.

Han surgido diferentes aspectos a la hora de realizar el proyecto, uno de ellos es la utilización de un transistor el cual se configuró en polarización inversa, para así darle estabilidad al circuito, así controlando la corriente que circulará hacia los ventiladores. Este tipo de configuración es utilizado frecuentemente para controlar potencia. Solo es necesario excitar la base del transistor con una pequeña corriente, y deja fluir la corriente entre las terminales de colector y emisor. Se iban a realizar dos circuitos para cada ventilador, con su respectivo transistor, pero se encontró mejor poner los dos ventiladores en paralelo, bajo del comando de un solo transistor. Al ser ventiladores con una impedancia muy similar y ambos al trabajar con una tensión de 12 V, la corriente que viene de VCC pasa por ambos ventiladores, sigue hacia la patilla de colector y de emisor a tierra, de esta manera se controla de manera equitativa la velocidad de ambos ventiladores, esta decisión se toma para simplificar también el circuito, ya que por cada transistor se necesita un potenciómetro digital, lo que aumenta el costo y el número de componentes en el circuito.

Se intentó realizar lo mismo con la celda peltier (que sea controlado por un transistor), pero la celda solo funciona si hay alrededor de 6 A circulando entre sus terminales, no se puede decir que dependiendo de la corriente sería la temperatura que se obtenga de alguna de sus caras.

Realizado el circuito con un potenciómetro, regulando la corriente de base del transistor de 0 a casi 0.4 A, así regulando la velocidad del ventilador que va de 4500 rpm a 6500 rpm.

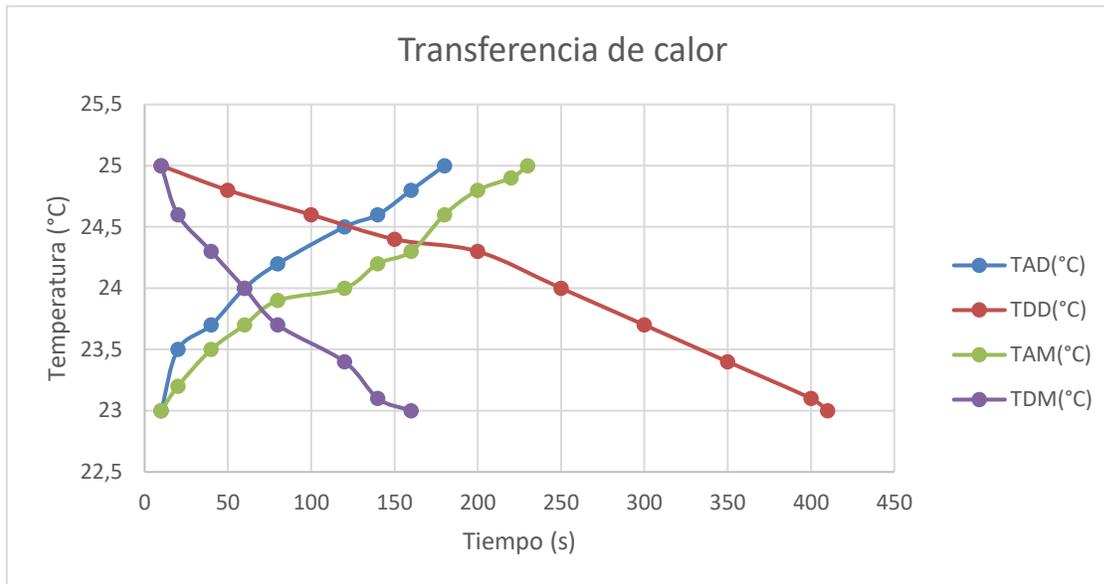


Gráfico 2. Curvas de transferencia de calor

Fuente: Elaborado por el autor

Abreviaturas del gráfico 2:

- TAD: Temperatura en Aumento de la plantilla Depositadora.
- TDD: Temperatura en Descenso de la plantilla Depositadora.
- TAM: Temperatura en Aumento de la plantilla Medidora.
- TDM: Temperatura en Descenso de la plantilla Depositadora.

La anterior tabla muestra la transferencia de calor que se dan en cada una de las plantillas; En el eje x se tiene en tiempo en la escala de segundos, en el eje y se encuentra la temperatura medida en grados Celsius.

Para regular la celda peltier se agregó un módulo con relés y optoacopladores, para hacer un ON-OFF a la celda, en este punto se descubrió algo importante y es la histéresis térmica, esta consiste en que la forma en que se llega a la temperatura necesario no va a ser exactamente la misma para descender en la temperatura, y en la experimentación (tabla 2) que para llegar a los $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ llega al cabo de unos 3 min, pero a la hora de descender con la celda peltier apagada, desciende de una forma muy lenta, es decir que el diseño de ambos ventiladores, construyendo así un sistema semiabierto, logra evitar pérdidas de calor hacia el ambiente, manteniendo el espacio seleccionado con la temperatura adecuada.

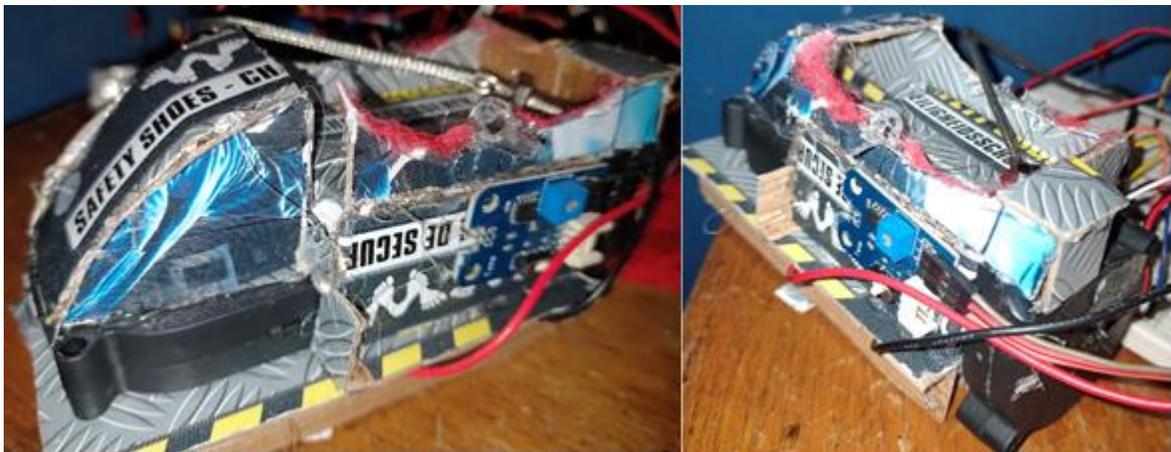


Figura 15. Prototipo en cartón de la plantilla térmica alimentadora.

Fuente: Elaborada por el autor.

El prototipo a esta altura del proyecto tiene una forma como la imagen 15, la cual se construyó a base cartón y silicón, con el fin de la experimentación, pero siempre con el objetivo de que se llegue a construir un modelo en tercera dimensión de la pieza, dando un aspecto estético más atractivo.

Este modelo tiene unas dimensiones de 13 cm de largo, 5.5 cm de ancho y 8.8 cm de altura aproximadamente.

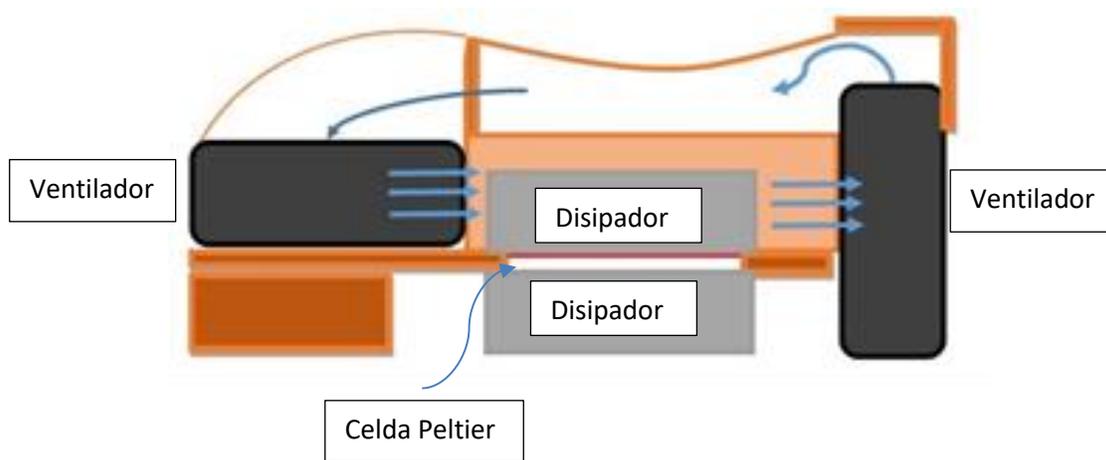


Figura 16. Diseño final de prototipo en construcción

Fuente: elaborado por el autor

En la figura 16 se puede observar como un ventilador está de forma horizontal en la parte izquierda, y el otro está vertical al suelo, esto debido a que el ventilador está diseñado para mandar el aire por la boquilla y no al viceversa, además la celda peltier se encuentra entre dos disipadores. Se puede denotar que el diseño que se tiene la imagen 5, no calza en el prototipo construido.

La figura anterior se muestra una forma muy diferente a como se estaba planeando el prototipo en primera instancia, los dos bloques grises oscuro representan los ventiladores, las flechas celestes, muestran la dirección en que estos mueven el aire, los cuadros grises claros son los disipadores, el espacio entre los disipadores, está la celda peltier, y las partes color café son la estructura que en este caso es una base de cartón.

Entonces la celda se enciende cuando los sensores se percatan que la temperatura está por debajo a la requerida, el disipador dentro de la zona de calentamiento, transmiten el calor de la celda al aire, los ventiladores mueven ese aire hacia el exterior y a su vez lo mueven hacia la zona el interior para evitar pérdidas, es decir, que el sistema de ventilación permite transmitir ese calor hacia la zona de dispositivos, y logran mantener esa temperatura, aunque la celda esté apagada.

La celda peltier se controla por medio de un módulo de relés que están conectados hacia el Arduino, este a su vez controla los potenciómetros digitales, que regulan la velocidad de los ventiladores y detecta por medio de los sensores la temperatura de trabajo de la celda, se utiliza el Arduino UNO, debido a que es el que más común en usar, se creía no era necesario tantos pines digitales y se amoldaba al espacio físico que tiene la empresa, sumándole a que bajo acuerdo con la empresa sería el microcontrolador que se utilizaría para el proyecto. No se valoró el uso de otros dispositivos como el raspberry debido a que el costo del proyecto aumentaría, y se había denotado que las características del

Arduino UNO eran suficientes para el proyecto, tomando en cuenta estos aspectos, la empresa decidió que este sería el microcontrolador idóneo para el nuevo sistema.



Figura 17. Fuente poder.

Fuente: Figura extraída de <https://www.crcibernetica.com>

Dentro del circuito de potencia se instaló una fuente de poder de 12 voltios, a 5 amperios para abastecer la celda de poder y los ventiladores, el Arduino y los sensores serán alimentados por una fuente de poder más sencilla, se decidió usar esta fuente por su capacidad de ser adaptada en un gabinete y su por la necesidad de adquirir una fuente de buena calidad que provea al sistema con una corriente fluida y constante sin complicaciones. Tiene además protección contra sobrecargas, cortocircuitos y picos altos de voltaje, está equipado con PFC activo, protección de termostato y un regulador de corriente.

5.2 CONDICIONES DE FUNCIONAMIENTO

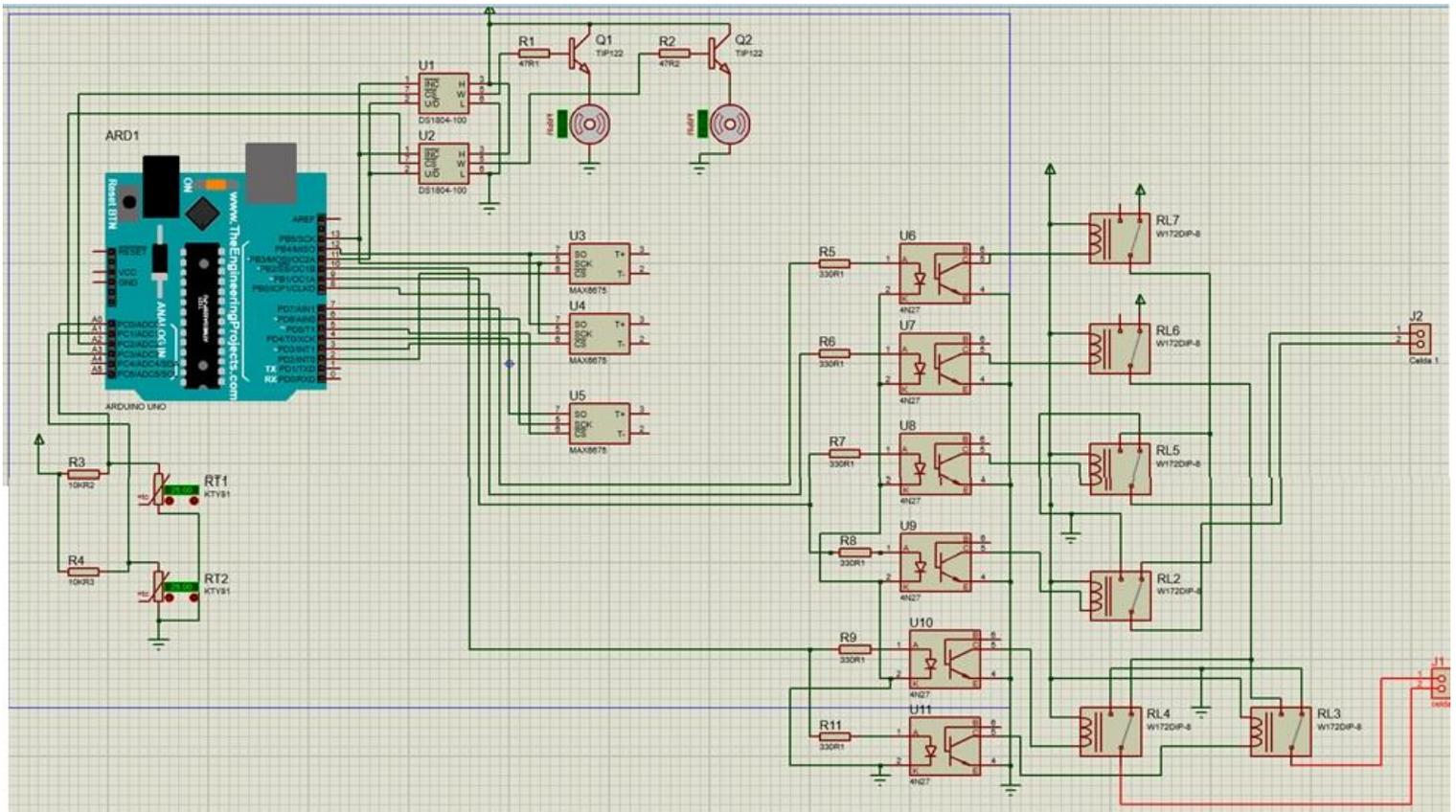


Figura 18. Diagrama del circuito.

Fuente: Elaborado por el autor.

El esquema que muestra cómo van conectados los sensores los módulos (figura número 18). Para observar con mayor claridad la esta misma figura, se encuentra en la sección de anexos.

Las termocuplas van conectados al transductor MAX 6675, y este es alimentado por dos de sus patillas, se comunica al Arduino por el protocolo SPI, la patilla SCK (reloj), se intentó conectar a la patilla número 13 del arduino uno, sin embargo, no estaba funcionando bajo este protocolo por lo que se recurrió a conectarlo al pin SCK del Arduino.

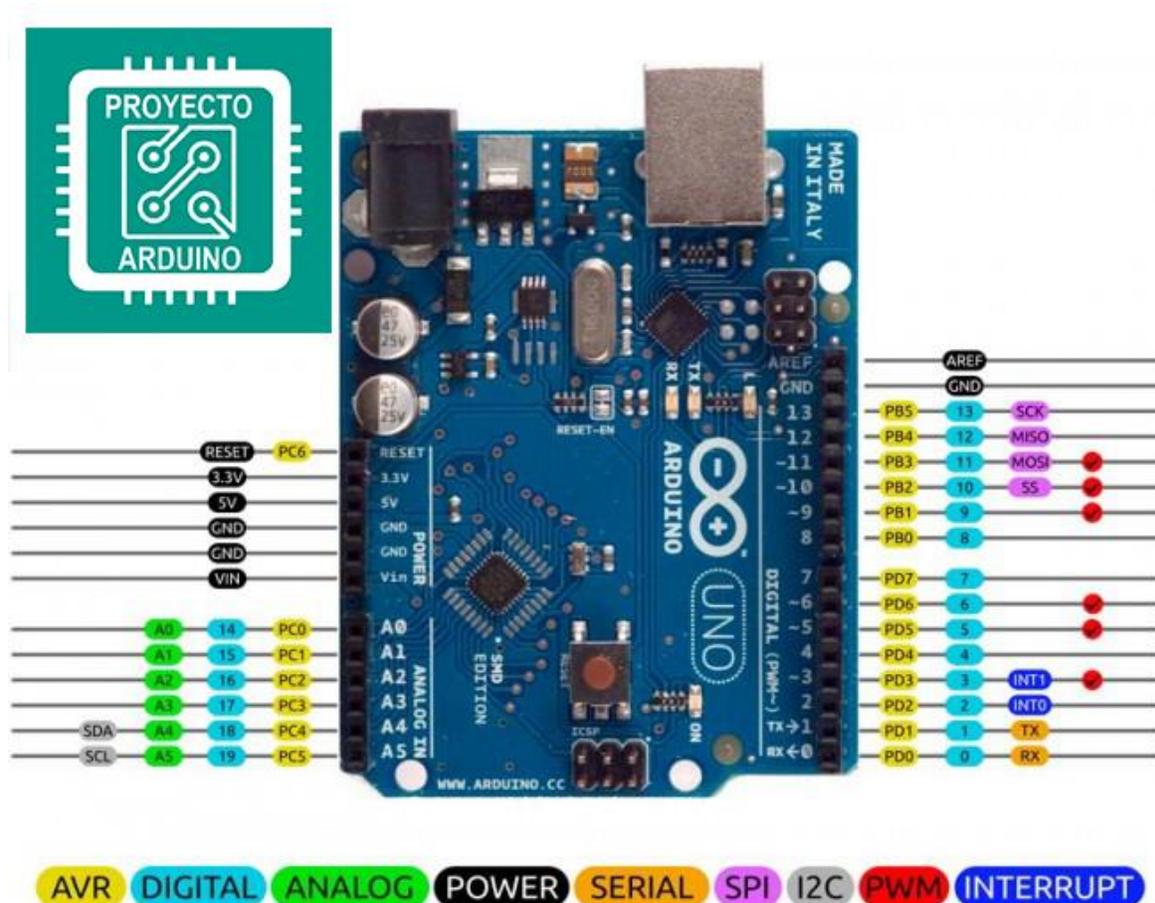


Figura 19. Pines del Arduino Uno.

Fuente: <https://www.pinterest.es/pin/670754938228626939>

Como es mostrado en la figura 18, en las patillas ICSP, la patilla número 3 de esta configuración funciona exactamente igual como si se hubiese conectado en la patilla

13, además de sacar provecho de las salidas digitales y utilizar la patilla 13 para cualquier otra función. Este protocolo se utiliza porque es por el cual fueron diseñadas estas piezas. No para ser usadas por i2c o demás, sino para ser usada bajo la comunicación ICSP. Esta patilla de reloj se utilizó para dos de los sensores y los dos potenciómetros.

Unos de los sensores se conectaron igual bajo el protocolo ICSP, pero con pines digitales diferentes, **4,5 y 6**, **4** como serial Out, **5** como CS es decir chip select y **6** como SCK. Debido a que ya 3 sensores hacían variar la información por tanto uno de ellos se decidió separar y tomar su información por aparte.

Los potenciómetros funcionan con el mismo protocolo de comunicación con la diferencia que ya no es MISO, sino como MOSI, es decir el maestro en esta ocasión es Arduino, que manda al potenciómetro cambiar el voltaje entre sus terminales, que a su vez controlan un transistor Darlington TIP122, el cual se decidió utilizar por tener que trabajar con potencia en todo momento, y como trabaja con dos ventiladores al mismo tiempo donde cada uno puede estar consumiendo cercano a los 3 A esta era la opción más viable, además que cuenta con una configuración Darlington interna, mejorando la eficiencia, porque con una pequeña corriente se puede dar paso a grandes cantidades de corriente, esta etapa es para controlar la velocidad del ventilador.

5.2.1 Tecnologías que se podrían aplicar.

Es necesario tomar en cuenta, que para este proyecto se decidió usar el Arduino por decisión de la empresa, por ser un microcontrolador, de bajo costo, sencillo de usar, ajustable y versátil a cualquier proyecto. El Arduino Uno tiene una serie de patillas limitantes, entonces si el proyecto se hubiese expandido más, se hubiera recurrido a utilizar el Arduino Mega. También existen otros tipos de microcontroladores, como el Raspberry que se puede usar en cualquiera proyecto, por la velocidad de proceso de datos, la amplia capacidad de trabajar con proyectos grandes, su propia interfaz gráfica, es una opción bastante interesante a considerar, sin embargo, tienen más de la cuenta, y con ello el costo, mientras el arduino UNO en crcibernetica.com, tiene un costo de aproximadamente veintisiete dólares, el raspberry Pi es de sesenta y nueve dólares. Por lo tanto, es mejor optar por el arduino.

Microcontroladores hay en el mercado para escoger, uno de estos es el feather RP2040 integrado con el chip de Raspberry Pi; que es una opción económica y bastante considerable por su pequeño tamaño, RAM de 264 KB, 8 MB SPI FLASH y un costo rondando lo diecinueve dólares.

Sin embargo, se terminó decidiendo utilizar el Arduino UNO, por la experiencia que se tiene trabajando con este microcontrolador, lo que facilita el tiempo de trabajo, también el bajo costo que este conlleva, además de ser propuesto por la empresa Smith InterConnect.

5.3 Conducción del calor por medio del movimiento del aire

Para conducir el calor que se produce por medio de la celda peltier se utilizan ventiladores. Se tienen dos plantillas, una que es donde se depositan los dispositivos antes de ser medidos y otra donde se hace la respectiva medición, la celda se controla por 3 relés uno conecta y desconecta la alimentación, y los otros dos, cambian la polaridad de la tensión entre las terminales de la celda.

Control por histéresis el sistema debe estar a 24 °C, con un grado de tolerancia. Los sensores de temperatura juegan un papel muy importante; porque retroalimenta al sistema y el mismo acciona inmediatamente. El sistema no permite sobrepasar estas indicaciones, pero como bien es cierto al desconectar la celda; esta sigue calentando por un instante de tiempo, hay que generar un rango en el cual al apagar la celda esta no siga calentando hasta sobrepasar los límites establecidos. Al encender el sistema; este genera una fuerte onda de calor por lo tanto hay que esperar a que se establezca el sistema alrededor de unos 3 minutos. (tabla 2)

La plantilla medidora tiene un sistema diferente, este es abierto, debido a que el diseño no podía ser parecido a la plantilla depositadora porque sería incómodo para el operario el trabajo de medir los atenuadores, es decir se faltaría a la ergonomía, por lo que se decidió que sería un diseño sencillo que no afectara el proceso mismo.

5.4 Etapas

5.4.1 Etapa de control

Arduino:

En una placa diseñada para construir prototipos, que se acopla perfectamente al Arduino UNO, se soldaron varios elementos, los amplificadores MAX 6675, los potenciómetros digitales, los transistores TIP122, se soldó una entrada de 12 voltios, para los ventiladores, que se separa del resto del circuito, menos las tierras que todas están unidas, esta placa tiene una patillas que se amoldan exactos al Arduino UNO, por la tanto no hay necesidad de cables entre la placa y el microcontrolador, a su vez del Arduino sale un cable de comunicación serial hacia la computadora para el programa Labview, utilizando un protocolo de comunicación UART, es decir el recibe una cadena de datos, que es leída y procesada por LabVIEW.

De cada uno de los amplificadores MX6675, sale 1 cable de termocupla tipo K, el cual sensa un área en específico de las plantillas (figura 9). Con el amplificador se adquiriría ya un cable de termocupla, pero no tiene una longitud considerable, por lo tanto, se buscó y adaptó un cable de termocupla tipo k que cumpliera con las condiciones de la empresa, y comodidad del operario. En la siguiente figura se expone el montaje de los componentes sobre la placa.

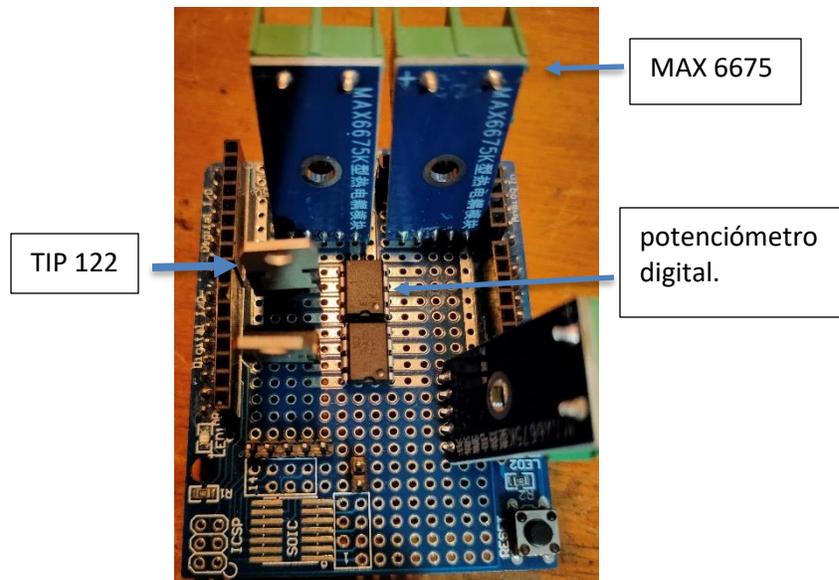


Figura 20. Componentes soldados en la placa de prototipos.

Fuente: Elaborado por el autor.

5.4.2 Etapa de Potencia.

De la placa sale un cable UTP, que relaciona por medio de señales eléctricas digitales, los relays que controlan la corriente de las celdas peltier.

Como se mencionó la placa tiene unas patillas diseñadas al acople hembra de los ventiladores, para este caso también se realizó un trabajo de extensión de cables, empalmado y soldando los cables de los ventiladores a los cables el UTP, forrados con termo contráctil, para mejorar la estética.

Se utilizó dos módulos de relés, uno de cuatro relés y el segundo de solo dos relés, cada uno era controlado por impulso en bajo que comanda el Arduino, con el fin de controlar el paso de corriente a las celdas y por ende el cambio de temperatura en las plantillas. Este par de módulos fueron ubicados cerca de la fuente de alimentación, dentro de una caja hermética, para evitar filtraciones de agua y polvo.

Para evitar cualquier sobre corriente y posterior a ello el daño de los componentes, e instaló un fusible, con la intención de que su numeración fuera un poco más de 7.41 A; sin embargo, no hay de esas de medidas exactamente por lo que se añadió un fusible de 10 A.

Como se ha mencionado son dos plantillas, que controlaran el ambiente uno más eficientemente que el otro por qué está diseñado para reutilizar el aire ya calentado, el otro en cambio por evitar afectar la ergonomía del operario, manda el aire hacia el ambiente, por tanto, tiene que estar trabajando por más tiempo, la última es la platilla medidora.

5.4.1. Código de Labview

En el anexo se va a encontrar el código base del sistema, no se puede agregar el código de la empresa por políticas de esta compañía, pero si se puede conocer el código que se utilizó.

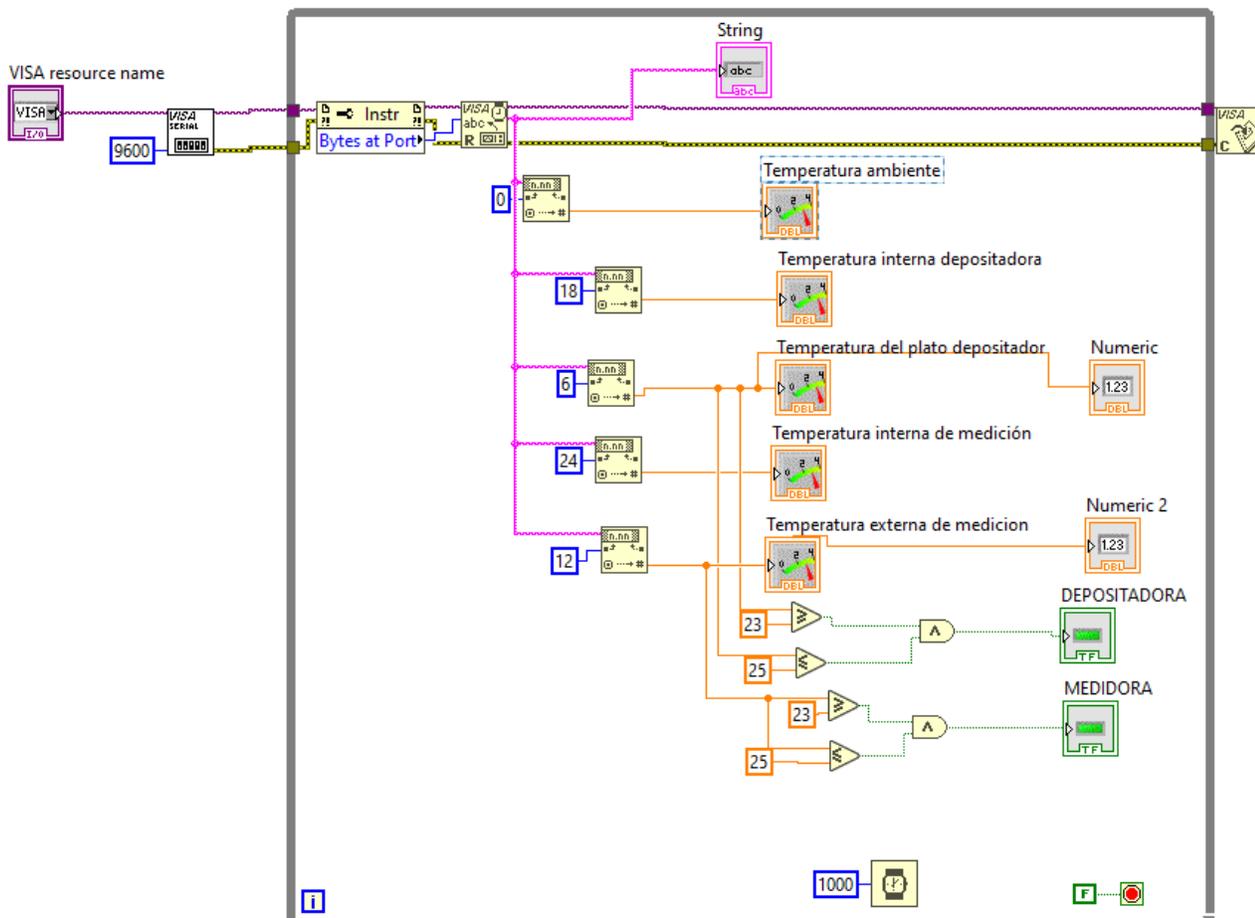


Figura 21. Código de Labview.

Fuente: Elaborado por el autor

Este código es bastante sencillo; se comienza por un “Visa resource name” que funciona como un buscador de puertos, aquí se selecciona el puerto y el dispositivo que se está utilizando en ese momento, para efectos del Arduino uno es COM 10. Esto en caso de realizar el paso manualmente, para efectos de la empresa se

preestableció este puerto, que la ser una computadora diferente, es COM 5 y no COM 10. Continuamente se instala un “*Visa configure Serial Port*” que inicia la comunicación serial, a una tasa de baudios de 9600, seguidamente se conecta un “*property Node*” en este punto se procesa la información y se configura en *bytes at port*.

Luego es conectado un lector de datos” *Visa Serial Read*” que lee los datos y los proyecta en un string de cadena de datos, a la misma vez se conecta a cuatro “*Fract/Exp String to number Function*” que interpreta de la cadena de datos la posiciones que debe de leer, información que proyecta en un indicador que se proyecta en panel de visualización.

Uno de los requisitos del proyecto es que el sistema indique cuando es el momento adecuado para realizar las mediciones, esta diligencia la realiza LabVIEW que toma los datos que el Arduino le envía, y discrimina por medio de comparadores y comandos AND (figura 20), si están en el rango de temperatura adecuado, cuando es así enciende una luz verde a la izquierda arriba del panel de control (figura 23). Además de que el sistema no permite realizar la medición hasta que se encuentre a una temperatura idealizada. En la figura 20 se muestra el código. Es importante mencionar que las funciones visa se cierran con el “*Visa Close*”, y todo el código se encuentra en un bucle que tarda un segundo en trabajar.

Como se muestra en la figura 21, el código es simplificado, ya que ahora este se incluye dentro del código que ya estaba construido dentro de la etapa de medición, si antes eran necesarios indicadores para ver la variación de la temperatura y

cuando esta está funcionando o no, ahora lo único necesario es agregar una and en los puntos comparativos, es decir, en la figura 21 hay dos luces que indican cuando cada una de las plantillas están entre 23 y 25 °C, ahora se sustituyen por una AND que se dirige a una luz fuera del ciclo, que indica al sistema que todo funciona correctamente.

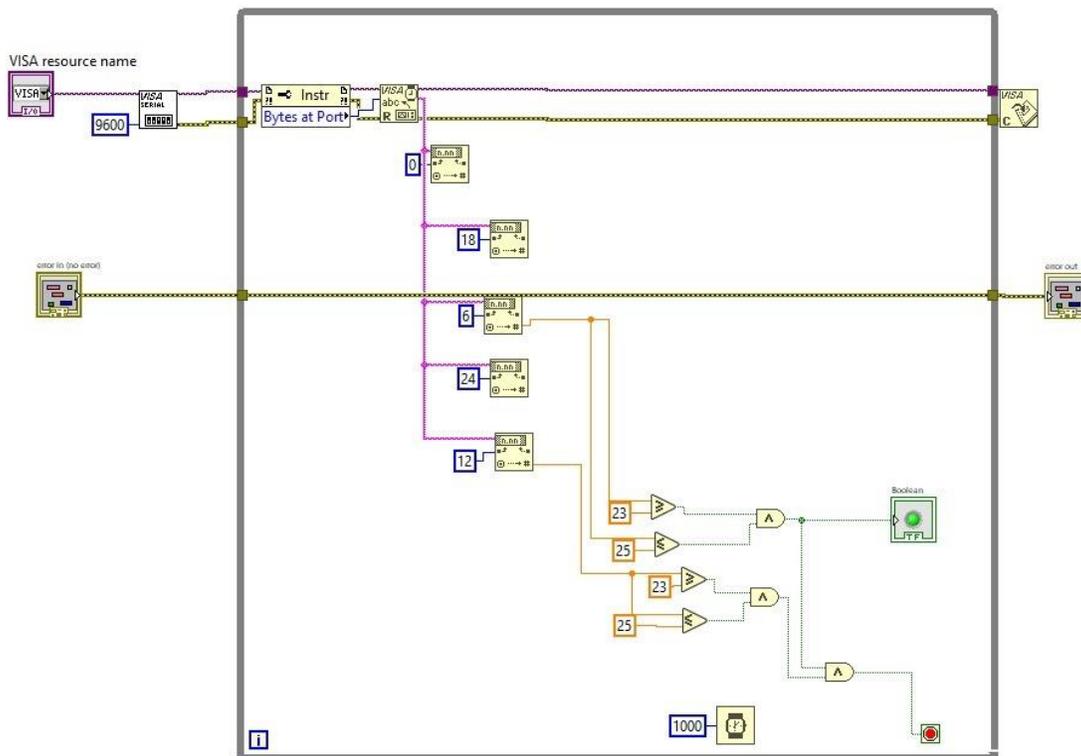


Figura 22. Código LabVIEW simplificado por la empresa.

Fuente: Smith Interconnect.

5.5 Diseño Final de la plantillas

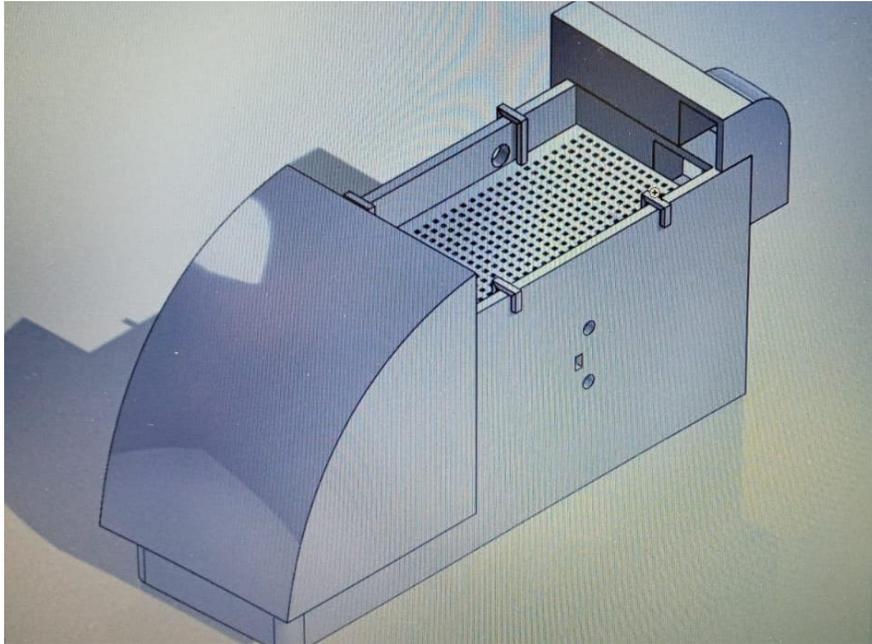


figura 23.Plantilla Depositadora.

Fuente: Elaborado por Smith InterConnect

Hay una diferencia significativa entre la figura 15 y la 23, esta última diseñada por la empresa Smith InterConnect, para ser impreso en tercera dimensión. El cual en la parte de arriba en el centro tiene una rejilla que es donde se depositan los atenuadores antes de ser medidos, la función de esta rejilla es de dejar que el aire fluya en la plantilla con total comodidad, impidiendo a su vez que los atenuadores se caigan dentro de la plantilla y más bien hagan colapsar el sistema. Como se había explicado su diseño es para aprovechar al máximo la energía y exista muy poca pérdida de calor.

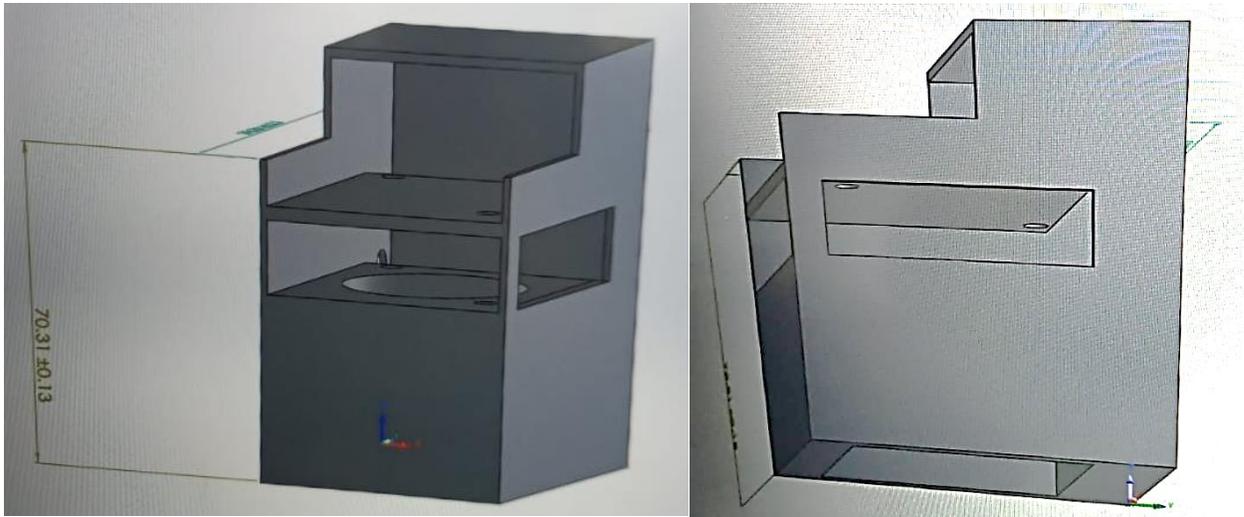


figura 24. Plantilla medidora, diferentes vistas

Fuente: Smith InterConnect

La figura número 24, en cambio es el plano de la plantilla Medidora, es diferente al diseño original, porque debía ser una plantilla que se adaptara a las diferentes prensas que hay en la empresa, por tanto, se ideó un sistema de expulsión de aire climatizado, este se coloca apuntando el área de medición, el cual está equipado con un sensor de temperatura, permitiendo así un control mucho más preciso del ambiente climatizado realizado.

5.6 Implementación

5.6.1. Proceso y pruebas del prototipo en trabajo

Para demostrar el funcionamiento del sistema de aclimatización, diseñado para la empresa Smith InterConnect, a finales del mes de noviembre del 2020, se concretó una visita para demostración del sistema, a pesar de que el sistema iba de camino en perfecto funcionamiento, al llegar al lugar no funcionaba en su totalidad, se mostró el código y el grafico que temperaturas para demostrar como el sistema iba a funcionar, pero como muchas veces sucede, el prototipo no estaba funcionando; los ventiladores algunos no encendían, la inversión de temperatura no estaba trabajando, a pesar de que, se trajo una secadora y se colocó directo al sensor de ambiente. La plantilla de medición tampoco estaba en funcionamiento, sin embargo, la visita tenía el motivo de enseñar el diseño del sistema elaborado y pedir más recursos para el mismo, en ese momento comenzó el diseño e impresión de las partes de las plantillas en tercera dimensión.

A finales de enero del 2021 se realizó otra cita con todas las partes en funcionamiento, esta vez todo funcionaba como debía y comenzó la toma de datos.

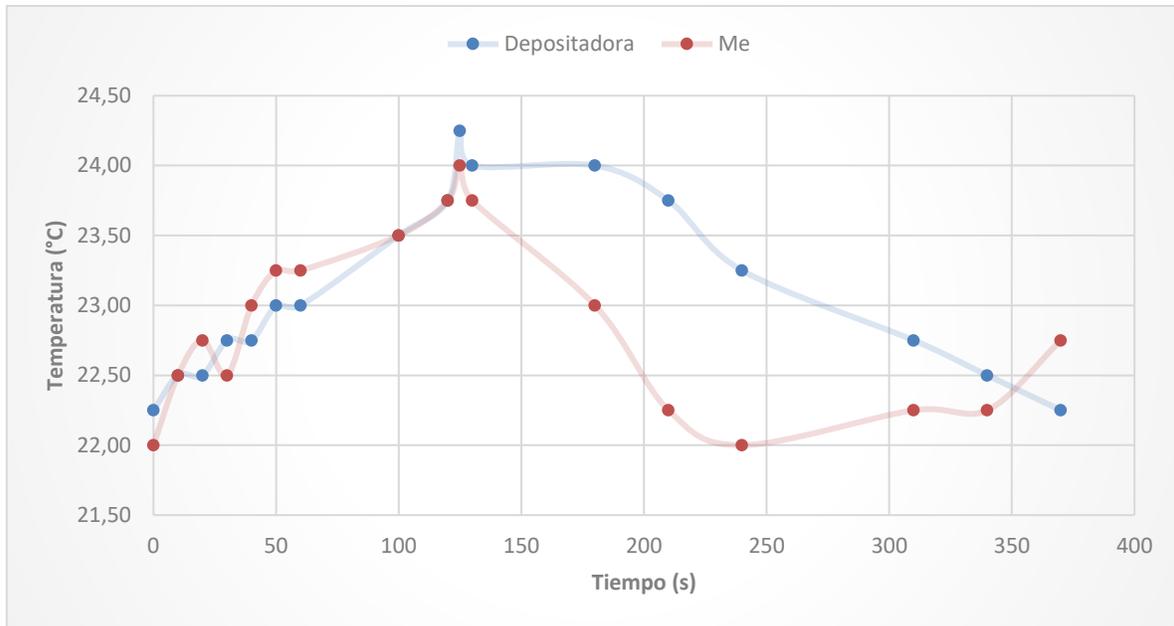


Gráfico 3. Gráfico de prototipo en funcionamiento.

Fuente: Elaborado por el autor.

Tomados los datos se encontraba los rangos de trabajo fuera del ámbito permitido (gráfico 3), por lo tanto, se procedió a corregirlos, para que el sistema oscile entre los valores de 23 °C y 25 °C, porque en este caso oscilan entre 21.5 y 24.5 °C.

Luego de corregidos estos detalles se siguen haciendo pruebas en la zona de trabajo, se realiza el cableado y se hace más ordenado, los cables que vienen de cada una de la celdas es cableado número 18, forrado con termo contráctil, y estos se dirigen a la caja de potencia, que está ubicada debajo de la mesa. A las plantillas llegan los termocuplas que son los cables plateados que se ven en la siguiente imagen, son 3 termocuplas, cada una conectado a su respectivo amplificador en la caja que se sobre la mesa, la cual es la que contiene todo el sistema de control

electrónico del sistema, asimismo, a la caja entra cable UTP, que conecta los ventiladores y el tiristor ubicado en la plantilla depositadora.

Una vez realizado el acomodo del cableado se instaló una de las termocuplas en la base de medición de resistencia, lo más cercano que se podía.

La siguiente imagen muestra la vista que tendría el operario, este sistema se encuentra sobre una mesa de alrededor setenta centímetros de ancho, a la par de la prensa de medición se encuentran otras prensas, las cuales son movibles según el operario necesite su ubicación sobre la misma mesa. El sistema se adapta a cualquiera de las prensas, es por esto por lo que la termocupla de la base de medición no está fija, por si es necesario movilizarla a alguna otra de las prensas.

La idea es que el operario tenga la plantilla en frente de él, a escasos diez centímetros, el operario se encuentra sentado en frente de la mesa. Coloca los dispositivos a medir sobre el área gris, en esta un poco apuñados aproximadamente se pueden colocar unos cincuenta dispositivos, dentro del área demarcada, que tiene un espacio de 3.5 cm por 5 cm de largo.

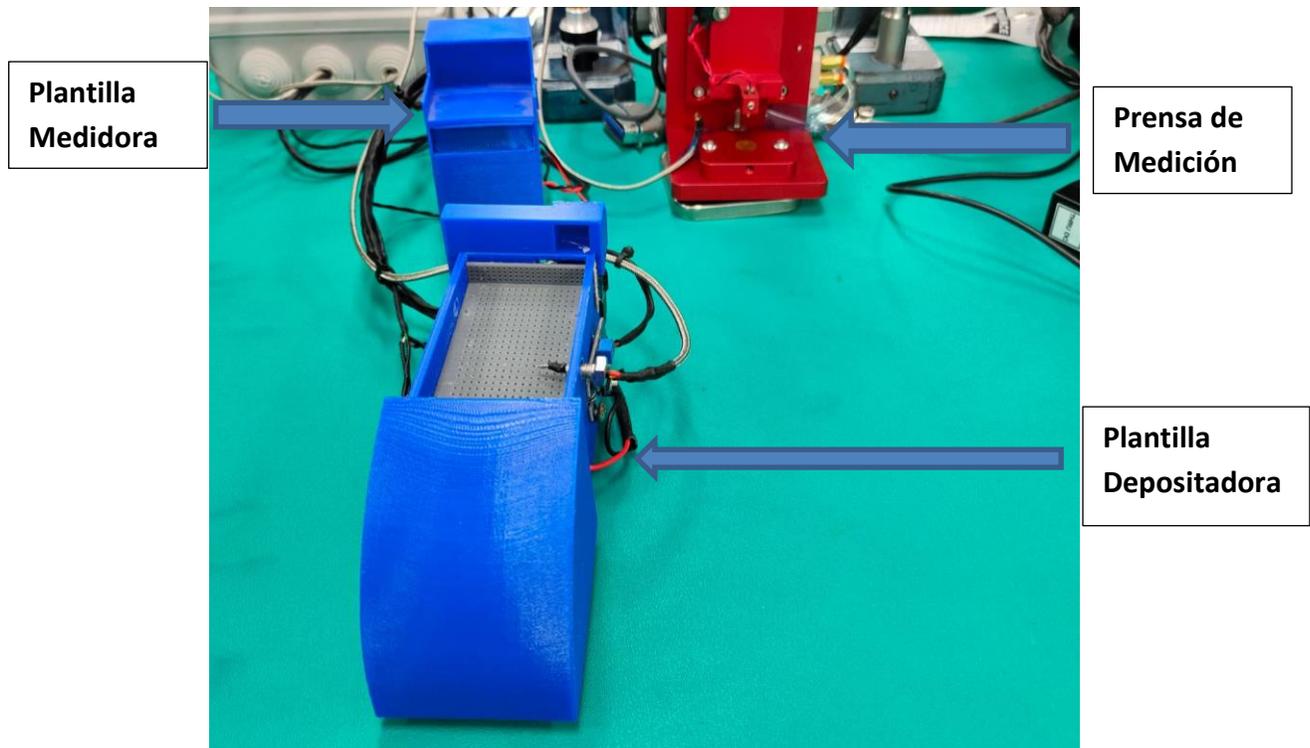


Figura 25. Proyecto implementado.

Fuente: Elaborado por el autor.

Ya construido el prototipo, con cada uno de los sensores, ventiladores, celdas, carcasas diseñadas e impresas en tercera dimensión llega el momento de colocar este sistema dentro de un importante proceso de producción. La vista de la figura 22, es la vista que tendría el operario, primero coloca sus dispositivos dentro de la plantilla alimentadora. Espera hasta que el sistema indica que ya se puede realizar la medición (figura 23) y pasa los dispositivos uno por uno dentro de la prensa de medición, esta contiene una pequeña base donde se anida el thermopad, debajo de la mesa hay un pedal, que el operario acciona para que las puntas de medición bajen y midan la resistencia del atenuador, la que ahora sí tiene el ambiente controlado por la segunda plantilla.

Cerca del punto de medición está la punta de la termocupla tipo k, es necesario que esté sumamente cerca de este punto para intentar asegurar que al momento de medir la resistencia del thermopad, el ambiente se encuentre a 24 °C a un grado de tolerancia. La figura 23 enseña una vista aérea del área donde fue implementado el proyecto, se puede observar la segunda los dos plantillas y la prensa de medición.

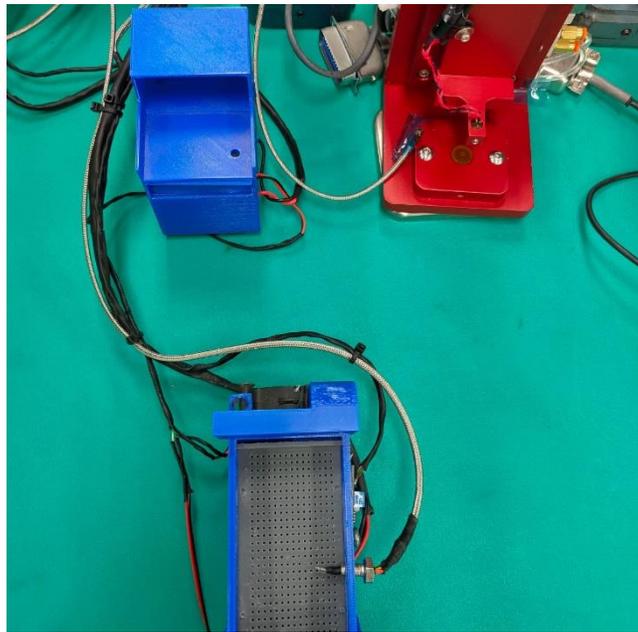


Figura 26. Implementación del proyecto vista aérea.

Fuente: Smith Interconnect.

En la siguiente imagen 27, se observa mejor el sistema de la segunda plantilla, se nota una abertura, negra, allí se encuentra el ventilador, el cual toma el aire por la boquilla arriba del ventilador, este aire pasa por el disipador ya calentado por la celda peltier, y es succionado por el ventilador el cual lanza este aire caliente hacia la base de la prensa, debajo dentro del cubo se encuentra la celda entre dos disipadores de calor, unidos por grasa térmica para mejorar la conducción del

calor, se nota con mayor claridad al lado derecho de la imagen, la cual simula un corte transversal de la plantilla; las líneas celestes muestran el flujo del aire, y como esta se energiza y es succionado por el ventilador, quién envía ese aire directo a la zona de medición.

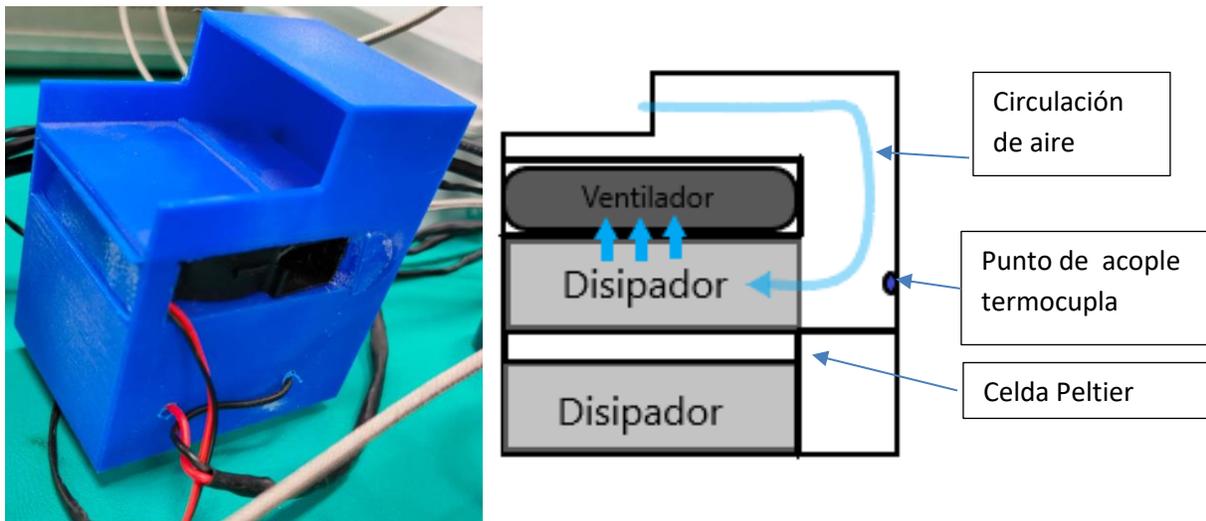


Figura 27. Plantilla Medidora.

Fuente: Smith InterConnect

El panel de control de la figura 25. Es el panel que utilizan los operarios para indicarles que la pieza ensayada es correcta o está dañada, indicado por dos indicadores de LED, una verde y otra roja. Al lado izquierdo arriba hay dos indicadores de luz verde, la de abajo indica que la resistencia está puesta a cero, y la de arriba indica que el ambiente se encuentra a 24 °C, si esto no es así la luz estaría apagada, pero en este caso la luz se encuentra encendida indicando que el sistema de climatización se encuentra funcionando perfectamente. Por lo tanto, al tomar los atenuadores y medir cuyas resistencias, se asegura que el ambiente realmente esté en 24 °C en ese punto.

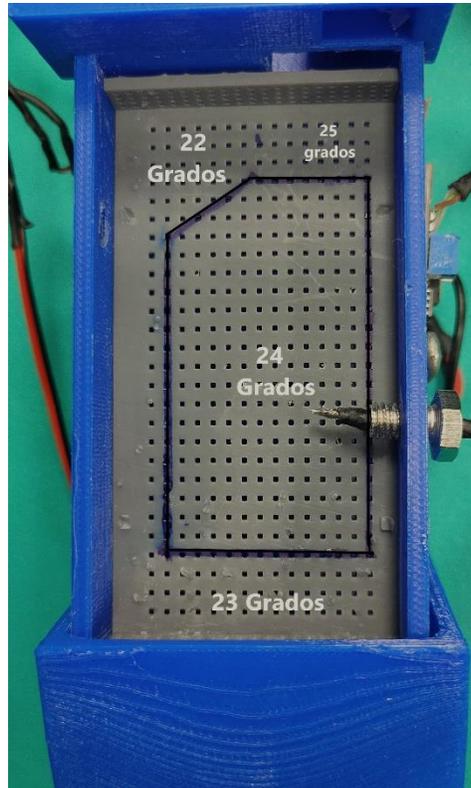


Figura 28. Zona segura

Fuente: Elaborado por el autor

Como ningún método es cien por ciento seguro, se analizó la pieza en funcionamiento, y se muestreo cada pequeña zona, detectando que hay áreas que no logran mantenerse a 24 °C, ya sea por estar muy cerca de la boquilla o por estar muy lejos, o porque del todo el aire caliente no llega, por lo tanto se ideo demarcar una zona que permitiera al usuario ver las áreas que si se mantiene la temperatura idealizada, esto es mostrado en la figura 30, como una zona segura, igual las demás zonas a través del tiempo pueden estabilizarse a 24 °C, pero no siempre es así por lo que es mejor dar a la empresa mayor seguridad de trabajo.

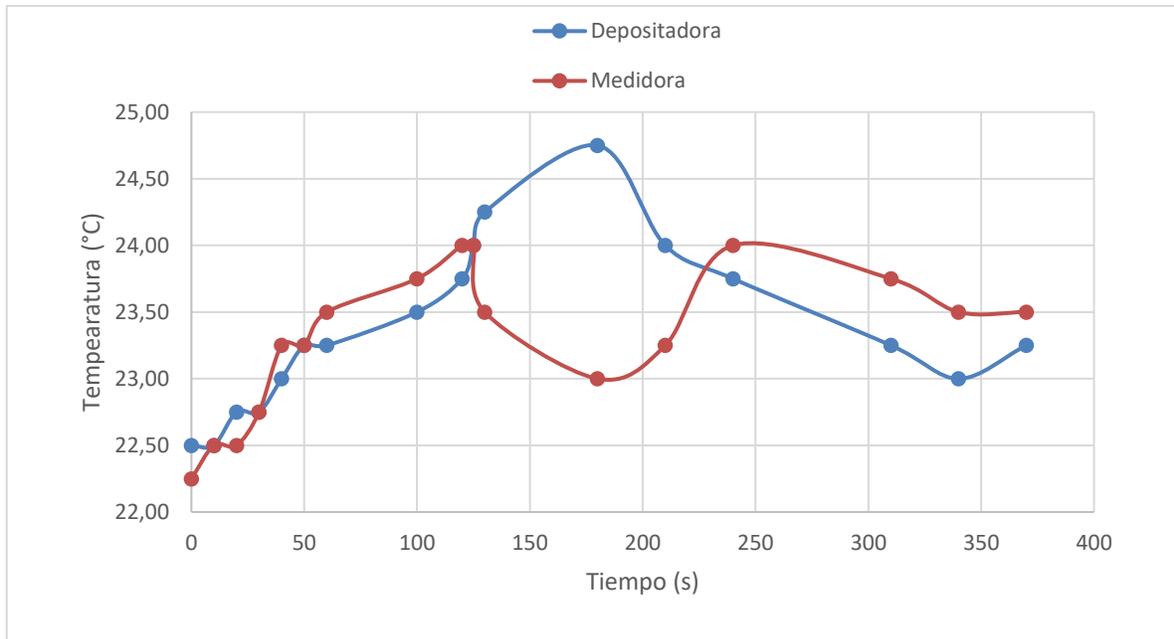


Gráfico 4. Funcionamiento de la plantilla en planta.

Fuente: Elaborado por el autor

El gráfico anterior es la toma de datos en planta, es decir acá se puede observar el funcionamiento de la estación de aclimatización. Se puede observar que los márgenes de temperatura se han corregido, y se acortaron, al momento de llegar la temperatura a 24 °C, la celda peltier se apaga, así se evita que la temperatura ascienda mayor a 1 °C, y el límite es 23.25 °C, es decir el sistema tiene 0.75 °C de rango para trabajar, esto hace el proyecto más preciso. Se nota la diferencia entre mantener la temperatura entre ambas plantillas. En el momento que la plantilla depositador inicia un nuevo ciclo, la segunda plantilla está terminando el segundo ciclo, esto por las diferencia que hay entre ambas plantillas, ya explicadas con anterioridad.

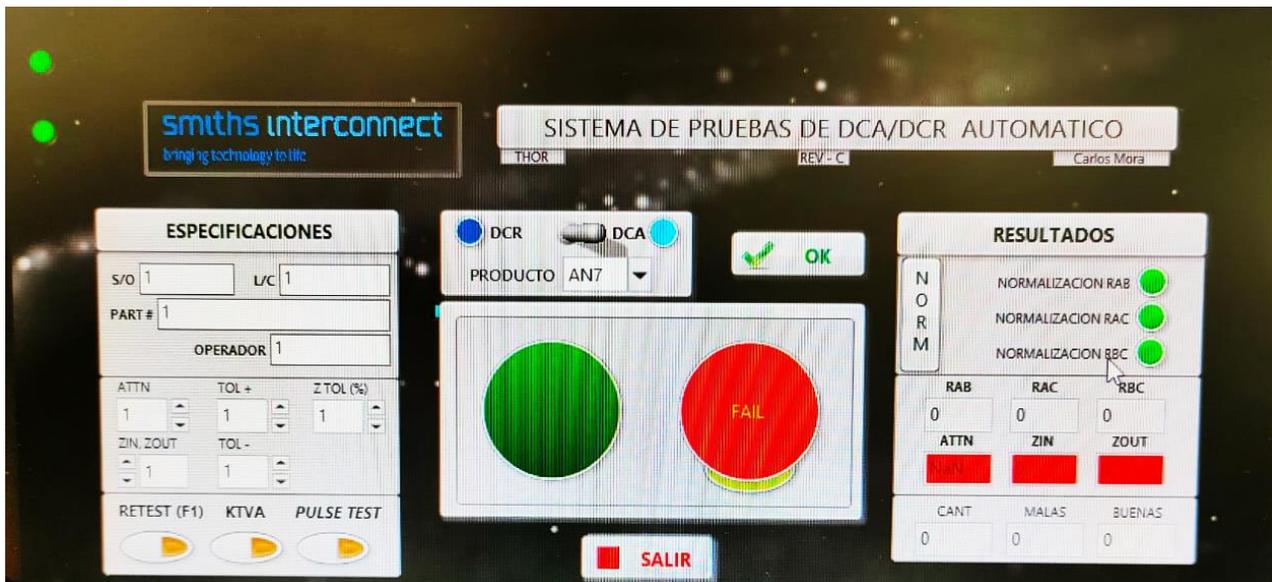


Figura 29. Panel de control.

Fuente: Smith InterConnect.

Se puede observar en la figura 30, el ciclo diseñado para este proyecto dentro del programa de la empresa, se ve donde se preestablece COM5 como el puerto a para establecer la comunicación serial con Arduino, hay una luz fuera de este ciclo que indica visiblemente cuando el sistema está estable, y es necesario este paso para realizar la medición con éxito.

En cambio, en la figura 29, se observa el panel de control, parte del eslabón de producción de esta empresa, hay dos luces una verde y otra roja, es evidente su función de hacer distinguir si la pieza tiene o no tiene los estándares de calidad del producto. Sin embargo, el punto clave que compete a este proyecto, es la luz izquierda arriba, cuando esta luz está encendida, está indicando que la estación de aclimatización se encuentra en buen funcionamiento y la temperatura es la adecuada, si esta luz se apaga, no deja que se realice ninguna medición hasta

Tabla 2. Pines digitales utilizados del arduino uno.

Fuente: Elaborado por el autor.

Al inicio del proyecto se estableció que se usaría el Arduino uno, pero no se había tenido en consideración la cantidad de salidas digitales que limitaba este tipo de microcontrolador. Cuando se pensó en los sensores de calor, que transducían este a un dato, dentro de una escala conocida ya sea Fahrenheit o Celsius, debido a que en el país se utiliza la medida de Celsius, en esta se transduce el nivel de calor en el ambiente, se quería utilizar tiristores que son de fácil acceso, fácil implementación y un bajo costo, solo era requerido del Arduino la alimentación de 5 voltios, tierra y una de la salidas analógica, el Arduino tiene 5 pines analógicos y eran 5 sensores a instalar, por lo tanto era una opción muy viable.

Sin embargo, al presentar esta opción a la empresa, esta optó por termocuplas tipo k, esta termocupla funcionan un punto de fusión, es decir son dos alambres de 2 materiales diferentes que se unen en sus puntas en cortocircuito, así dependiendo de la temperatura es el nivel de milivoltios que genera en sus terminales, las cuales a su vez se conectan al amplificador MAX 6675, quien transduce el dato en milivoltios a una escala en Celsius, pero para utilizar este amplificador se ocupan 5 terminales del Arduino; 5 voltios, tierra, CS, CSK Y SO. Es decir que se necesitan de 3 pines digitales que provean el Slave Out, la señal de reloj y el pin de chip select, al investigar un poco más, el Arduino posee 6 terminales adicionales exclusivas para el protocolo de comunicación SPI, por tanto las terminales de 2 de los amplificadores de termocupla, están compartiendo estas mismas patillas, la

única patilla que no comparten es la CS, que si debe de estar en un pin diferente, por cada termocupla se ocupan 2 pines digitales, la tercera termocupla tiene sus 3 pines de CSK, SO y CS con 3 pines diferentes, por simple construcción del sistema, para lograr independizar lo datos de las tres termocuplas, situación que se muestra en la tabla 2.

Los pines 7, 8, 9 y 10 se conectan a 6 relays. 9 y 10 conectan y desconectan las celdas de cada una de las plantillas, 7 y 8 son para realizar la inversión de polaridad, cabe destacar que 4 de los relays, están emparejados, por qué comparten un pin digital en común, mejor dicho, cada vez que el Arduino por la patilla siete u ocho mande una señal de activar los relays, se activan dos de los 4 relays, dependiendo de cuál de las plantillas, necesiten en lugar de calentar el ambiente, acondicionar este microambiente, enfriándolo.

Una particularidad del arduino como microcontrolador es que tiene salidas digitales y salidas análogas, pero no significan que las salidas análogas no se puedan utilizar como una salida digital, por lo tanto, no solo se usó A0 y a1 para los termistores sino también, A2 y A3, para controlar los potenciómetros digitales. Es necesario saber que estos también trabajan por comunicación SPI, por lo tanto, las patillas CS de cada potenciómetro se conectó a las patillas ya mencionadas, en esta ocasión no es SLAVE OUT, sino SLAVE IN, la señal de reloj si la comparte con los demás y la alimentación a tierra.

5.6.3 Código de Arduino

Ya el código viene bien documentado, cada línea viene lo más explicado, este se encuentra en el anexo también. Se divide en varias funciones, una función que controla los potenciómetros, estos están predeterminados, ya que a base cálculos, prueba y error se encontró la manera en que los potenciómetros controlen la velocidad de los ventiladores, emparejándose con el trabajo de las celdas, la idea es que los ventiladores no dejen de trabajar, pero si cambien la intensidad de rpm, dependiendo del consumo de la celda y su participación. Están funciones llamadas **fan 1** y **fan**, escriben en las funciones **digitalpotWrite** y **digitalpotWrite1** que al final son quienes comanda el potenciómetro.

La lectura de los termistores es una base matemática, muy sencilla y ambas se encuentran en el ciclo, para mejorar la eficiencia de acceso a datos, en cambio las termocuplas si están ligadas a varias funciones, una de las termocuplas se liga a la función *"MAX6675 robojax (SCKPIN, CSPIN, SOPIN)"* el cual declara tres pines digitales les asigna una función y lee los datos de solamente una de las termocuplas. En cambio, para extraer la información de las otras 2 termocuplas se utiliza *"double readCelsius (uint8_t cs)"* que ahorra pines digitales. Es necesario para esta función incluir la librería **SPI. H**, e inicializarla en `setup ()`, **SPI. Begin ()**.

Para el control de las celdas que toma los dato de las termocuplas y tiristor se usan dos funciones una para cada plantilla **celda 1** y **celda**, celda 1 es para la plantilla medidora, por ende, celda es para la depositadora. Estas funciones recolectan los datos de los sensores y actúan con respectos a estos datos, siendo la base de la

climatización de los atenuadores de temperatura, por medio de las plantillas construidas.

Un punto importante dentro del código es el termistor de ambiente, el cual determina si las celdas deben de calentar o enfriar, como se había mencionado, el código de este sensor está en el ciclo. Se define una variable llamada **ka** que define si el ambiente está muy caliente para enfriar o muy frío para calentar.

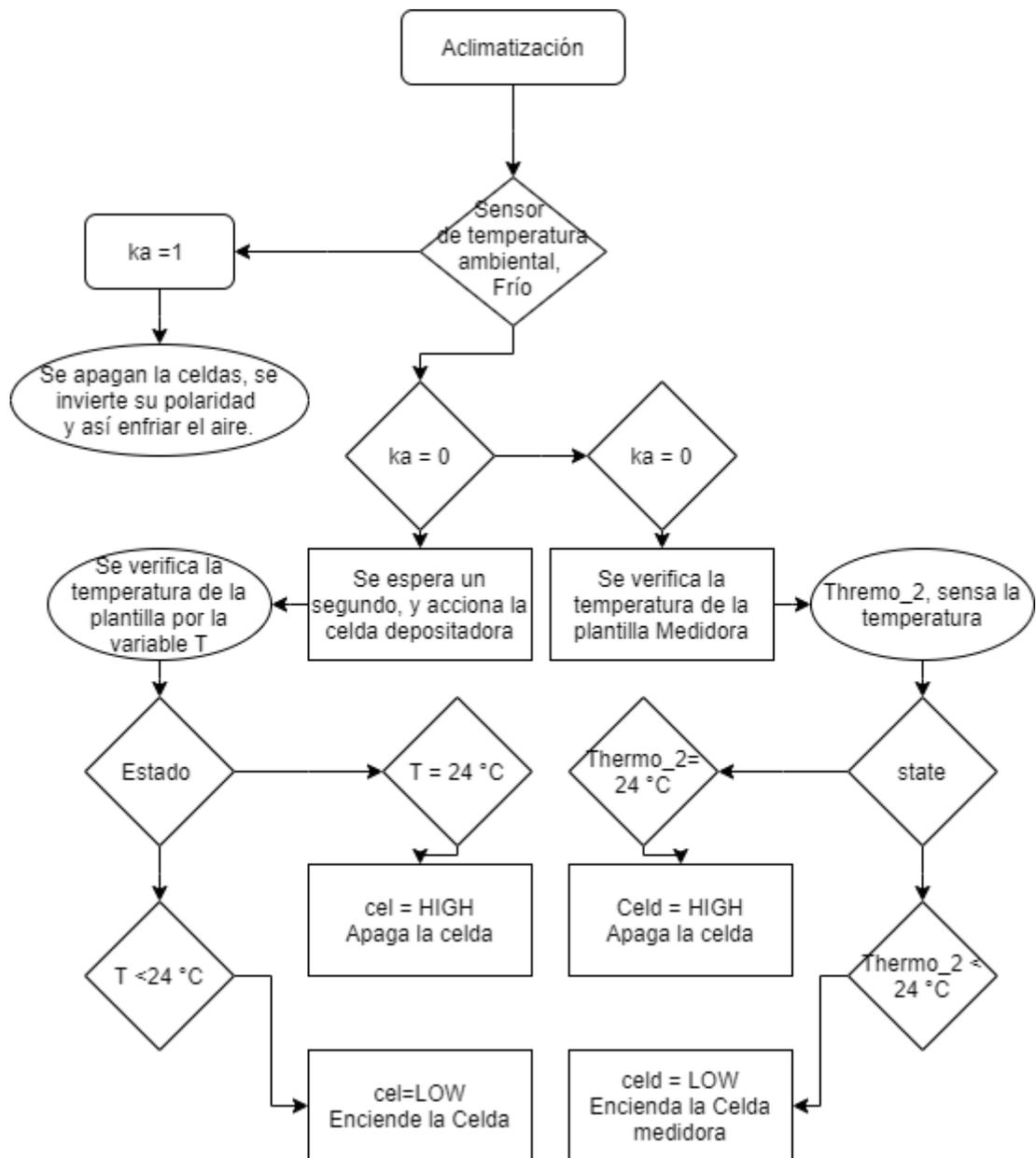


Gráfico 5. Diagrama del Flujo del código del Arduino.

Fuente Elaborado por el autor.

5.7 ANÁLISIS DE COSTOS

Tabla 2. Análisis de costos del proyecto.

Parte	Descripción	Cantidad	ítem Price USD	ítem total USD
Termocupla tipo k	modulo max6675	3	17	29,85
Transistores darlington	TIP122	3	0,99	2,97
Ventiladores	50mm cooling 12 v DC	3	4,95	14,85
Celda termoeléctrica Peltier	12 v 60w TEC 1-12706	2	4,95	9,9
Disipador de calor	Aluimnium heat sink	2	4,95	9,9
Cable de termocupla tipo k	Cable de termocupla en metros	3	7	21
Potenciómetro digital	Digital potentiometer-10k	4	1,95	7,8
Relays	2 Chanel 5v relays module	2	5,95	11,9
Fuente de poder	Industrial power Supply 12v 5 A	1	41,95	41,95
Microcontrolador	Official Arduino UNO REV 3 (Wall adapter power supply 9v 1A)	1	31,9	31,9
Potenciómetros	potenciómetros digitales 1736 de 10 k	2	1,95	3,9
Sensor de temperatura por termistor	Electronic brick Temperatura Sensor	1	3,95	3,95
Sensor de temperatura por termistor	Temperature Sensor with Steel Head	1	1,95	1,95
Placa para proyectos de Arduino	Sensor Shield for Arduino	1	10,95	10,95
botón de encendido	Push botón	1	0,35	0,35
Mano de obra	Ingeniería	1	2633.44	2633.44
Diseño e impresión 3d	Mano de obra y materiales extraídos de la Empresa	1	350	350
			subtotal	3186,56
			impuestos	414,2528
			total	3600,8128

Tabla 3. Costos del proyecto

Fuente: Elaborado por el autor

5.7.1 Relación costo-Beneficio

El proyecto en total sale en unos 3600,8128 \$, dólares estadounidenses. Cada uno de los costos fueron extraídos desde el sitio de comparas CRcibernetica.com. El caso de lo correspondiente de la impresión 3D, fueron precios propuestos por la empresa. La mano de obra se calculó como si hubiesen sido tres meses de trabajo, esto debido a que a pesar de que fueron ocho meses de trabajo, por cuestiones de trabajo personal y atrasos externos al autor, se promedió el tiempo invertido a unos 3 meses y según el colegio Federado de Ingenieros, el salario mínimo es de quinientos treinta y siete mil doscientos veinte y dos colones costarricenses, por tanto, la mano de obra del monto que indica la tabla de costos.

Extrapolar el valor de las pérdidas de la empresa en números monetario es algo que no se puede poner en esta documentación por cuestiones de privacidad de la empresa, lo que si facilitaron es la pérdida en tiempo que la empresa tiene.

A cada operario se le asigna un diez por ciento de un lote producido, es decir si son mil dispositivos se le asignan cien. El operario puede tardar alrededor de veinte segundos testeando una por una de las piezas, es decir, tomando una muestra del lote y testearla puede tardar treinta y cuatro minutos aproximadamente. Según las estadísticas de la empresa hay un 9% de los dispositivos que son afectados por no tener una ambiente de aclimatización adecuado. Por lo tanto, si al momento de hacer el muestreo, se detecta una sola pieza dañada, el 100% del lote tiene que medirse, esto significa que, si son las mismas mil piezas, son seis horas de trabajo

que hay que pagar al personal por medir la resistencia de cada uno de los atenuadores.

Con el nuevo sistema implementado se reduce ese 9% , extrapolando alrededor de 2 %, que podría ser por momentos que el sistema no esté funcionando o el operario se haya equivocado de lo contrario se podría eliminar ese porcentaje dañino para la empresa y se incurre en gasto extra que podrían ser invertidos en mejoras para el mismo proceso u otros procesos de producción de la empresa.

5.7.2 Comparativa con otras tecnologías en el mercado

En la siguiente tabla se muestra diferentes productos que podrían si fuera el caso de ser necesario, fungir como el proyecto realizado. Se tiene una cortina de aire horizontal que es un sistema que intenta crear una sistema de aire cerrado por medio de la expulsión de algo similar a una cortina de aire. Este sistema podría ser funcional, pero no hace la inversión de calor a frío, además de ser incómodo para el operario al tener que estar de pie de frente el equipo. Se tiene también un cámara de refrigeración abierta, que es usualmente utilizada en los supermercados, es una buena opción por que se dentro de la cámara se puede colocar una especie de repisa que funcione como mesa, en donde se encuentren todos los sistemas de medición, y el operario pueda trabajar sin problemas en este lugar, sin embargo, el costo es muchísimo mayor, no tiene la capacidad de invertir entre calor o frío, y acapara mucho espacio del cual no se tiene en la empresa.

Por último, se propone un horno de convección que podría servir para mantener las piezas a 24 °C, sin embargo no es una temperatura que pueda mantener a precisión, además de ser incómodo para el operario al tener que abrir y cerrar la puerta del horno para utilizar cada pieza, tampoco mantendría la pieza a 24 °C durante su medición, y es un aspecto importante del proyecto, y no tiene la capacidad de invertir entre calor y frío, es de muy bajo costo, pero no posee las especificaciones de la empresa. En el siguiente recuadro se hace una comparativa mejor ilustrada entre los diferentes equipos.

	sistema de Climatización SI	Cortina de Aire horizontal	Cámara de Refrigeración abierta	Convection Oven
Figura				
Espacio: Cumple con un espacio físico de menos de un metro cuadrado, sobre una mesa de trabajo	Sí, abarca 0,105 metros cuadrados	0,6878 metros cuadrados, pero no se puede poner sobre la mesa de trabajo, sería en lugar de la mesa	Sí, se puede adaptar según el espacio, pero tendría que reemplazar la mesa de trabajo	Sí, es de 0,399 m2
Ergonomía: Se adapta al operario.	Sí, Es totalmente ergonómico y no interfiere a la labor normal del operario	No, es muy incómodo, amerita el cliente esté de pie y en una posición incomoda	Sí, al ser adaptable, se puede ergonómica.	No, interfiere con la labora del operario, además de hacer el proceso, más lento.
Caliente: Si el ambiente es frío, el sistema caliente para mantener los 24 grados	Sí	Sí	Sí	Sí
Enfría: Si el ambiente es frío, el sistema caliente para mantener los 24 grados	Sí	Sí	Sí	No
Ambas: Enfría y Caliente	Sí	No	No	No
Precio	\$3600,8128	\$11 764,00	\$3 629,00	\$615,00

Tabla 4. Comparativa de sistemas de aclimatación controlada.

Fuente: Elaborada por el autor

CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- La etapa de control de calidad, en la cual se determina el estado de la pieza entre aceptable o desechable, fue equipada con éxito con una interfaz de operario, permitiendo a las piezas cumplir con las especificaciones técnicas exigidas, así logrando un entorno aclimatizado a través del control por histéresis.
- Tomando en cuenta las necesidades de la empresa; de un sistema que no abarcara más de un metro cuadrado sobre una mesa de trabajo, se diseñaron dos plantillas una para antes de ser medido el atenuador variable de temperatura y otra plantilla para el momento de ser medida la pieza, es por esto que antes y durante se puede medir la resistencia de un atenuador variable de temperatura, bajo un ambiente controlado a 24 °C, a un grado centígrado de tolerancia
- La Ergonomía del operario es un factor importante, por lo tanto, el diseño de las plantillas fue tomado en cuenta la forma de trabajar del operario y la capacidad de tener un sistema que se pueda desplazar alrededor de la mesa a conveniencia del usuario.
- La empresa a través de su personal especializado realizó los planos en SOLIDWORKS, tomando en cuenta los diseños realizados por el autor, para luego realizarlas en impresoras 3D.
- Se entabló una apropiada comunicación entre el microcontrolador Arduino y la plataforma Labview, la misma se realizó a través del protocolo USB; estableciendo una comunicación serial entre los componentes. El Arduino envía cadena de datos a la PC, y por medio del lenguaje Labview se leen

estos datos y el algoritmo de la empresa que recibe y procesa toda la información de la pieza en estudio, establece si la pieza está en buenas condiciones.

- En ambas plataformas, Labview y Arduino se realizó un exitoso código de programación. Arduino toma los datos de los sensores y los integra en funciones, que a su vez son utilizados en el loop principal, dentro del cual se encuentra la lógica del sistema, que, con esos datos recolectados, controla los sistemas de potencia, en este caso la celda peltier y los ventiladores, por ende, la variable de temperatura en el sistema. Labview recibe los datos de temperatura a través de una cadena serial y hace una serie de comparaciones para detectar si el sistema está dentro del rango permitido.
- La inercia térmica es un factor importante, porque, el ajuste de los materiales con respecto a los cambios de temperatura no es inmediato, siempre hay un tiempo que los materiales necesitan para llegar a una determinada temperatura. En este caso se tanto los sensores de temperatura; termocuplas tipo k, tiristores, los disipadores de calor también están bajo este efecto, por lo tanto, el tiempo que utiliza el sistema en llegar a los 24°C, es el tiempo que bajo la inercia térmica le toma a todos los elementos, en general a los sensores en llegar a esa temperatura, es por esto, que se establece un límite a los 25 °C exactos, para que al momento de desconectar la fuente de calor, por inercia el sistema lo más que aumente sea de un grado centígrado, y bajo pruebas experimentales, el sistema no aumenta a más de 24,75 °C lo cual es tolerable según las limitaciones, presentadas por la empresa.

- La estación de aclimatización controlada, es una buena propuesta frente a otros equipos que hay en el mercado, logrando capturar todos los componentes necesarios que la empresa solicitó al inicio del proyecto; no demanda más de 0.5 m², y se puede colocar y desplazar en el espacio sobre una mesa, la fuente de energía puede subir y bajar la temperatura según las condiciones ambientales lo requieran, además de mantener efectivamente todo el sistema en el ámbito de temperatura especificado. Situaciones que no logran solventar los otros equipos que podrían funcionar en lugar de este. Es necesario agregar que, de todos los sistemas que se sometieron a comparación, este es el segundo que requiere un menor costo.
- Al realizar un análisis de costo – beneficio, se puede extrapolar las pérdidas desde la variable del tiempo, en el que al lograr controlar el ambiente a la hora de medir la resistencia de los atenuadores variables de temperatura, no exista una porcentaje de la producción en la etapa de control y calidad, afectado por no tener un ambiente de temperatura controlada, por lo que no hay que invertir en tiempo de personal, para resolver esta situación, es decir se mejoran los tiempos de entrega para el cliente y los tiempo de producción para la empresa.
- Para dar estabilidad, a la estación de aclimatización controlada, se otorgó un manual de usuario y técnico, para la empresa Smith InterConnect, con todos los datos como; diagrama de circuito electrónico, código de Labview y Arduino, y un paso a paso de cómo hacer funcionar el sistema. Permitiendo a la empresa tener una guía de cómo utilizar y dar mantenimiento al proyecto.

6.1 RECOMENDACIONES

- Existe una gran variedad de atenuadores, por lo que sería necesario agregar un sistema que reconozca automáticamente con que atenuador se está trabajando y ahorrar tiempo de ingreso de datos.
- Se podría agregar un láser que identifique aquellos dispositivos que no cumplen con los estándares de calidad para no confundirlos con los demás.
- Para aumentar la eficacia de este proyecto se puede segregar las estaciones en pequeños cubículos que aislen de forma independiente el clima, incrementando el rendimiento, bajando proporcionalmente las pérdidas.
- El lugar físico donde se instaló el sistema de aclimatización, son unas mesas que sobre ellas tienen unas PC que acaparan mucho del espacio. Se recomienda cambiarlas por unas de menor magnitud, pero esto queda a consideración de la empresa.

BIBLIOGRAFÍA

1. Merino, D. N., Bravo, Brom. G., & Albano, Ing. S. (2015). *Módulo del Curso de Apoyo QUÍMICA* [Libro electrónico].
<http://www.fica.unsl.edu.ar/archivos/181.pdf>
2. *¿Qué es Labview?* (s. f.). National Instruments. Recuperado 1 de julio de 2020, de <https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html>
3. USPTO Patent Grants. (diciembre). *Ceramic wafer and the manufacturing method thereof* (edspgr.10497638).
<http://eds.a.ebscohost.com.uh.remotexs.xyz/eds/detail/detail?vid=5&sid=06de4681-f610-4c1e-b7d4-3713fa2fab7%40sdc-v-sessmgr03&bdata=Jmxhbm9ZXMmc2l0ZT1lZHMtbGI2ZSZzY29wZT1zaXRl#AN=edspgr.10497638&db=edspgr>.
4. MATEC Web of Conference. (2018). *The study of the screen-printing quality depending on the surface to be printed* (178,03015). IManE&E.
<https://doi.org/10.1051/matecconf/201817803015>
5. Diaz, I. (2016, agosto). *Resistencias de Película Delgada y Resistencias de Compuesto de Carbono*. UTNghi.
https://www.academia.edu/29455453/Resistencias_de_Pel%C3%ADcula_Delgada_y_Resistencias_de_Compuesto_de_Carbono
6. Fluke Corporation. (2014, abril). *Conceptos básicos de los multímetros digitales*.
Thanworth II-Nave B1A.
https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/5159/13155-spa-w.pdf.
7. Muñoz, C. (2011). *Cómo elaborar y asesorar una investigación de tesis (2da ed)*. México DF: Prentice Hall.
8. Sampieri, R. H. (2014). *Metodología de la investigación (6ta ed.)*. México: McGraw-Hill.

9. *Smith Interconnect*. (s. f.). <https://www.smithsinterconnect.com/>. Recuperado 23 de mayo de 2020, de <https://www.smithsinterconnect.com/products/rf-mw-mmw-components/resistive-components/thermopad%C2%AE/>
10. *MAX6675 Módulo interfaz para termopar tipo K*. (s. f.). geekfactory. Recuperado 23 de noviembre de 2020, de <https://www.geekfactory.mx/tienda/modulos-para-desarrollo/max6675-modulo-interfaz-termopar/>
11. AZORÍN, A. (2018). *EFFECTO PELTIER Y DESARROLLO DE POSIBLES APLICACIONES* [Libro electrónico].
[https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/109025/AZOR%
c3%8dN%20-%20Efecto%20Peltier%20y%20desarrollo%20de%20posibles%20aplicaciones%20t
%c3%a9nicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/109025/AZOR%c3%8dN%20-%20Efecto%20Peltier%20y%20desarrollo%20de%20posibles%20aplicaciones%20t%c3%a9nicas.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
12. Arian, Control e instrumentación. (s. f.). *¿Que son y cómo funcionan las termocuplas ?* Arian. Recuperado 8 de junio de 2021, de <http://www.arian.cl/downloads/nt-002.pdf>
13. Universidad Central. (2014, marzo). *GUÍA DE LABORATORIOS DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA* (Versión 1.2).
https://www.academia.edu/16734931/Laboratorio_curva_de_Histeresis
14. *Transferencia de calor*. (2017). Tecnológico de Costa Rica.
[https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10176/Trasferencia%20de%20
calor.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositoriotec.tec.ac.cr/bitstream/handle/2238/10176/Trasferencia%20de%20calor.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
15. Turégano, J. A., Hernández, M. A., & García, F. (s. f.). *La inercia térmica de los edificios y su incidencia en las condiciones de confort como refuerzo de los aportes solares de carácter pasivo*. Conarquitectura.com. Recuperado 21 de junio de 2021, de <http://conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/08.pdf>

GLOSARIO

- Trend: Tendencias.
- Celda Peltier: El nombre proviene del efecto Peltier, se caracteriza por la aparición de una diferencia de temperaturas entre las dos caras de un semiconductor cuando por él circula una corriente.
- Switch: interruptor de paso de corriente.
- Tiristor: Es un dispositivo semiconductor que dependiendo la temperatura a la que se someta, funciona como conductor o como aislante.
- Transistor Darlington: Fue inventado por el ingeniero de laboratorios Bell, Sidney Darlington. Configuración de dos transistores bipolares.
- Visa Resource Name: Nombre del recurso del nombre.
- Visa configure Serial Port: Puerto Serial de configuración.
- property Node: Nodo de propiedad.
- Baudios: Unidad de medida de la velocidad de transmisión de señales que se expresa en símbolos por segundo.
- String: Es una plataforma de información o datos.

ANEXO

FULZER

Quote

05/03/2021

To:
Kageant Angulo

Project:
KAGEANT - Base refrigerada y
hornito

From: ProRepuestos PHI SA:
PROREPUESTOS PHI S.A. (DBA:
FULZER)
María José Cruz
Av 11, Zona Industrial Pavas
San José, 10109
+506 2211-5500
2211-5500 (Contact)

Referencia: 52427

Item	Qty	Description	Sell	Sell Total
1	1 ea	HORIZONTAL AIR CURTAIN MERCHANDISER  True Int'l – LATAM/Caribbean Model No. THAC-36-LD Horizontal Air Curtain Merchandiser, 36-1/8"W x 43-3/8"H, self-contained refrigeration, (3) level tiered stainless steel floor, deck pans, LED interior lighting, white powder coated steel exterior, white aluminum interior, leg levelers, 3/8 HP, 115v/60/1-ph, 9.4 amps, NEMA 5-15P, cULus, UL EPH Classified, Made in USA 1 ea Self-contained refrigeration standard 1 ea Exterior: Permanent non-peel non-chip white powder coated steel, std.	\$11,764.00	\$11,764.00
			ITEM TOTAL:	\$11,764.00
2	1 ea	CONVECTION OVEN, ELECTRIC  Waring Model No. WCO250X Commercial Convection Oven, countertop, 21"W x 19"D x 12"H, electric, 1/4 size, die-cast manual control knobs, 150°-500°F temperature range, holds (3) quarter-size sheet pans (not included), (2) baking racks & (1) quarter-size sheet pan (included), double-pane glass oven door, stainless steel construction with brushed finish, 120v/60/1-ph, 1700 watt, 14 amp, NEMA 5-15P, NSF, UL, cULus	\$615.00	\$615.00
			ITEM TOTAL:	\$615.00
			Merchandise	\$12,379.00
			Tax 13%	\$1,609.27
			Total	\$13,988.27

Figura 23. Cotización de soluciones alternativas. Fuente: Fulzer.

Fecha: 05 de Mayo del 2021

Proforma B-100

A QUIEN INTERESE

Estimado Señor:

Reciba un cordial saludo, nos permitimos hacer de su conocimiento la cotización del siguiente equipo de refrigeración.

CAMARA ABIERTA DE REFRIGERACION

- Construidas en paneles de color blanco
- Con aislamiento en espuma de poliuretano
- Con rodines
- pintada de color verde
- Con una unidad condensadora de 1/2 H.P. alta



DIMENSIONES:

FRENTE: 1.00 cm FONDO: 0.75 cm Alto 2.04 mts. mas compresor

Valor de Cámara ₡1.500.000.00 (Millón y medio de colones)

Oferta válida por 8 días.

Tiempo de entrega 22 días

Forma de pago: contado

Sin otro particular y agradeciéndole la atención a la presente.

Atentamente,

Figura 24. Cotización de soluciones alternativas. Fuente: Fulzer.

Hebei I.T. (Shanghai) Co., Ltd.

Thermoelectric Cooler



TEC1-12706

Performance Specifications

Hot Side Temperature (° C)	25°C	50°C
Qmax (Watts)	50	57
Delta Tmax (° C)	66	75
I _{max} (Amps)	6.4	6.4
V _{max} (Volts)	14.4	16.4
Module Resistance (Ohms)	1.98	2.30



figura 31. Hoja de datos de la celda peltier.

Fuente: TEC1-12706



MICROCHIP MCP413X/415X/423X/425X

7/8-Bit Single/Dual SPI Digital POT with Volatile Memory

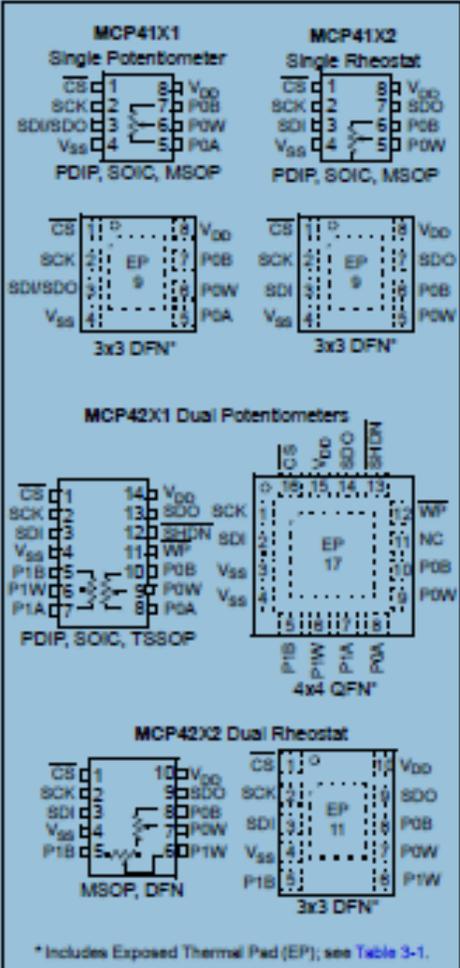
Features

- Single or Dual Resistor Network options
- Potentiometer or Rheostat configuration options
- Resistor Network Resolution
 - 7-bit: 128 Resistors (129 Steps)
 - 8-bit: 256 Resistors (257 Steps)
- R_{AB} Resistances options of:
 - 5 k Ω
 - 10 k Ω
 - 50 k Ω
 - 100 k Ω
- Zero Scale to Full-Scale Wiper operation
- Low Wiper Resistance: 75 Ω (typical)
- Low Tempco:
 - Absolute (Rheostat): 50 ppm typical (0°C to 70°C)
 - Ratio-metric (Potentiometer): 15 ppm typical
- SPI Serial Interface (10 MHz, modes 0,0 & 1,1)
 - High-Speed Read/Writes to wiper registers
 - SDVSDO multiplexing (MCP41X1 only)
- Resistor Network Terminal Disconnect Feature via:
 - Shutdown pin (\overline{SHDN})
 - Terminal Control (TCON) Register
- Brown-out reset protection (1.5V typical)
- Serial Interface Inactive current (2.5 μ A typical)
- High-Voltage Tolerant Digital Inputs: Up to 12.5V
- Supports Split Rail Applications
- Internal weak pull-up on all digital inputs
- Wide Operating Voltage:
 - 2.7V to 5.5V - Device Characteristics Specified
 - 1.8V to 5.5V - Device Operation
- Wide Bandwidth (-3 dB) Operation:
 - 2 MHz (typical) for 5.0 k Ω device
- Extended temperature range (-40°C to +125°C)

Description

The MCP41XX and MCP42XX devices offer a wide range of product offerings using an SPI interface. This family of devices support 7-bit and 8-bit resistor networks, and Potentiometer and Rheostat pinouts.

Package Types (top view)



The diagrams show the following pinouts:

- MCP41X1 (Single Potentiometer):** PDIP, SOIC, MSOP. Pins: CS (1), SCK (2), SDVSDO (3), V_{SS} (4), V_{DD} (5), P0B (6), POW (7), P0A (8).
- MCP41X2 (Single Rheostat):** PDIP, SOIC, MSOP. Pins: CS (1), SCK (2), SDI (3), V_{SS} (4), V_{DD} (5), SDO (6), P0B (7), POW (8).
- MCP42X1 (Dual Potentiometers):** PDIP, SOIC, TSSOP. Pins: CS (1), SCK (2), SDI (3), V_{SS} (4), P1B (5), P1W (6), P1A (7), V_{DD} (8), SDO (9), \overline{SHDN} (10), P0B (11), POW (12), P0A (13), WIP (14), NC (15), P0B (16), POW (17).
- MCP42X2 (Dual Rheostat):** MSOP, DFN. Pins: CS (1), SCK (2), SDI (3), V_{SS} (4), P1B (5), P1W (6), P1A (7), V_{DD} (8), SDO (9), EP (10), P0B (11), POW (12).

* Includes Exposed Thermal Pad (EP); see Table 3-1.

figura 32. Tabla de datos del potenciómetro.

Fuente: Microchip

The image shows a screenshot of the Arduino IDE interface. The window title is 'p_11_final Arduino 1.8.13'. The menu bar includes 'Archivo', 'Editar', 'Programa', 'Herramientas', and 'Ayuda'. The toolbar contains icons for saving, undo, redo, and other functions. The main editor area displays the following code:

```

p_11_final
#include <math.h>
#include "max6675.h" // Esta es una libreria descargada especialmente para extraer los datos de una thermocupla.
#include <SPI.h>     // Para leer más de una thermocupla y los potenciómetros digitales se utiliza la comunicación SPI.

//////////////////////////////////// Pines de comunicación entrada o salida.
int k1=2;           // pin digital hacia CS la segunda termocupla
int k2=3;           // pin digital hacia CS la tercera termocupla
////////////////////////////////////
int soPin = 4;      // SO=Serial Out
int csPin = 5;      // CS = chip select CS pin
int sckPin = 6;     // SCK = Serial Clock pin
MAX6675 robojax(sckPin, csPin, soPin); //se llama la función de la libreria MAX6675

const int SensorPIN = A0; // Termistor de ambiente
const int SensorPIN1 = A1; // Termistor a la celda de la plantilla despositadora

const int invDep=7;      // inversión de polaridad en la celda depositadora.
const int cel = 9;       // celda depositadora
const int celd=10;       // celda medidora
const int invMed=8;      // inversión de polaridad en la celda medidora.
const int CS =A3;        // Pin analogico para la patilla CS del potenciómetro para la plantilla medidora
const int CS1=A2;        // Pin analogico para la patilla CS del potenciómetro para la plantilla despositadora

byte address = 0x00; // byte de comunicación SPI potenciómetro
byte address1=0x01; // byte de comunicación SPI potenciómetro

float thermo_1=0;       // valor donde se guarda la temperatura interna de la plantilla medidora
float thermo_2=0;       // valor donde se guarda la temperatura externa de la plantilla medidora

```

The bottom status bar shows 'Arduino Uno en COM10' and the Windows taskbar with the time '11:14' and date '7/5/2021'.

figura 33. Anexo de Código de Arduino.

Fuente: Elaborado por el autor.

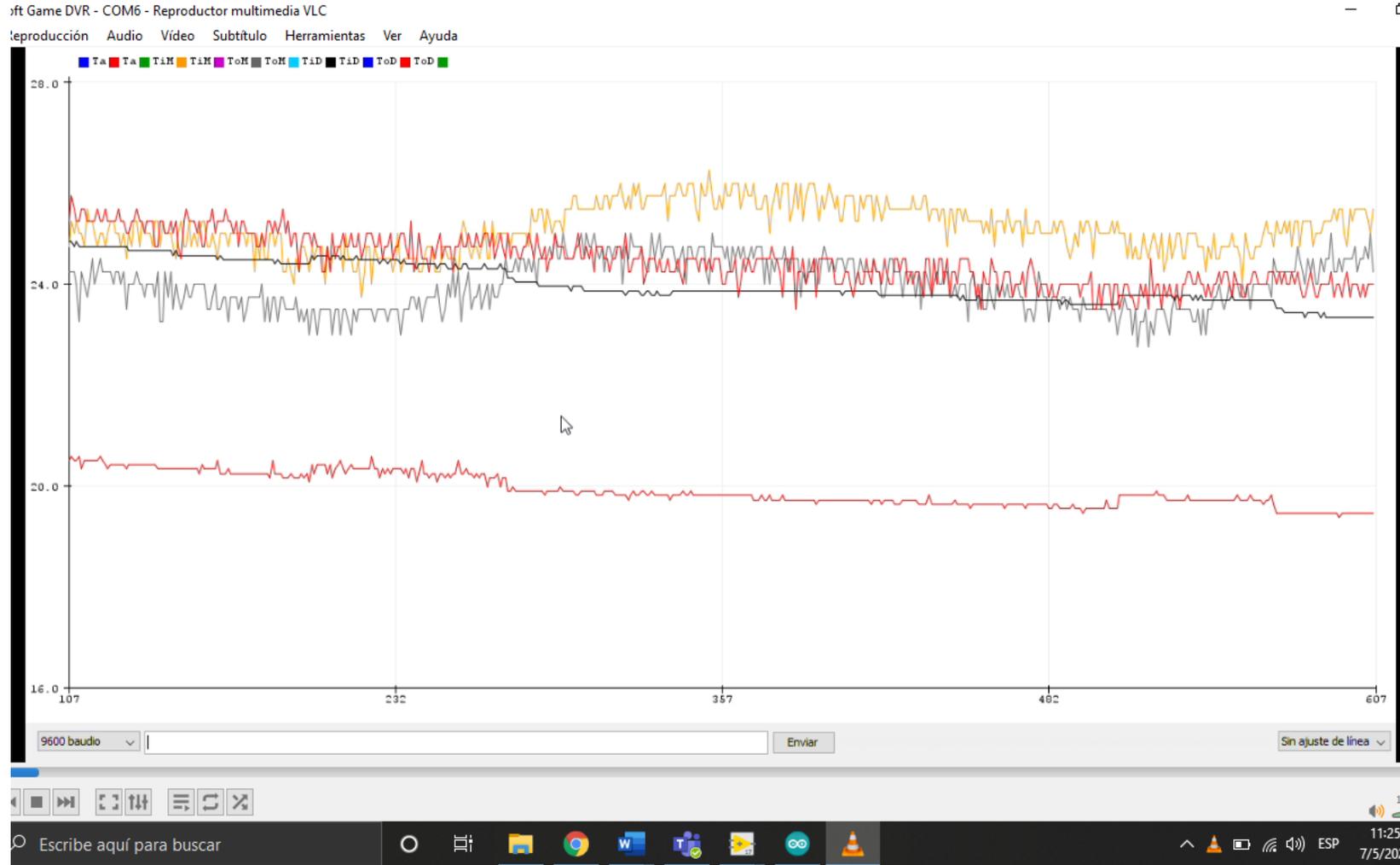


figura 34.Anexo de gráficos de trabajo.

Fuente: Elaborado por el autor.