

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño e implementación de un sistema de control para la
humedad relativa en el área de refrigeración de la empresa
Arlusa, S.A.**

Trabajo de graduación presentado por Boris Ramiro Cifuentes de Leon
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2020

UNIVERSIDAD DEL VALLE DE GUATEMALA
Facultad de Ingeniería



**Diseño e implementación de un sistema de control para la
humedad relativa en el área de refrigeración de la empresa
Arlusa, S.A.**

Trabajo de graduación presentado por Boris Ramiro Cifuentes de Leon
para optar al grado académico de Licenciado en Ingeniería Mecatrónica

Guatemala,

2020

Vo.Bo.:



(f) _____
MAEB. Otto Armando Giron Gonzalez

Tribunal Examinador:



(f) _____
MAEB. Otto Armando Giron Gonzalez

(f) _____
Ing. José Eduardo Morales Espinoza



(f) _____
Ing. Pablo Daniel Mazariegos De La Cerda

Fecha de aprobación: Guatemala, Guatemala 09 de Enero 2020.

El presente trabajo de graduación se realiza con el fin terminar mis estudios universitarios. Esta es una etapa muy importante en mi vida ya que finalice una de mis grandes metas en la vida, y así poder trabajar para ayudar a mi familia. Agradezco de antemano a todas aquellas personas que me apoyaron en mi camino, ya que cada uno me ayudo a poder alcanzar esta meta.

A Dios, por darle sabiduría y trabajo a mis padres para lograr pagar mis estudios universitarios y mi estadía en la Ciudad de Guatemala, y por darme tanta paciencia y sabiduría para enfrentar cada curso de la Universidad.

A mis padres, les agradezco de antemano por su sacrificio todo este año, ya que trabajaban casi todo el día para poder juntar el dinero de mi Universidad, gracias por sus consejos y por siempre estar ahí cuando siempre lo necesite.

A la Universidad, por darme la oportunidad de estudiar en tal prestigiosa casa de estudios.

A mis profesores, les agradezco por tanta paciencia y amabilidad al momento de enseñarme todos los temas de mi carrera universitaria.

Prefacio	v
Lista de figuras	XII
Lista de cuadros	XIII
Resumen	XV
Abstract	XVII
1. Introducción	1
2. Antecedentes	3
2.1. Humedad	3
2.1.1. Tratamiento de la humedad	3
3. Justificación	5
4. Objetivos	7
4.1. Objetivo general	7
4.2. Objetivos específicos	7
5. Alcance	9
6. Marco teórico	11
6.1. Deshumidificadores	11
6.1.1. ¿Que es un deshumidificador?	11
6.1.2. Proceso de deshumidificación	12
6.1.3. Tipos de deshumidificadores	12
6.2. Compresores de refrigeración:	14
6.2.1. Componentes internos de un compresor de refrigeración:	14
6.2.2. Componentes externos de un compresor de refrigeración:	15
6.3. Tipos de compresores de refrigeración:	15
6.3.1. Ventajas de usar un compresor de refrigeración:	16

6.3.2. Desventajas de usar un compresor de refrigeración:	17
6.4. Condensadores	17
6.5. Evaporadores:	17
6.5.1. Tipos de evaporadores	18
6.5.2. Tubo capilar:	19
6.6. Refrigerante R134 A:	20
6.7. Sensores de humedad:	20
6.7.1. Propuesta de sensores:	21
6.7.2. Sensor de humedad relativa HS1100	21
6.7.3. Sensor de humedad y temperatura DHT11	21
6.7.4. Sensor de humedad SHT71	22
6.7.5. Sensor de humedad y temperatura SHT20	22
6.8. Componentes seleccionados para la construcción del circuito eléctrico:	23
6.8.1. Sensor de humedad DHT11:	23
6.8.2. Optoacoplador de transistor:	24
6.8.3. ATMEGA328p:	25
7. Metodología	27
7.1. Identificación del traslado de los vegetales:	27
7.1.1. Debilidades encontradas:	28
7.1.2. Medidas de seguridad propuestas para el control de la humedad	29
7.2. Recolección de datos para establecer el rango de humedad	30
7.2.1. Recolección de datos día 1:	30
7.2.2. Recolección de datos día 2:	31
7.2.3. Recolección de datos día 3:	33
7.2.4. Recolección de datos día 4:	34
7.2.5. Rango del porcentaje de humedad encontrado	35
7.3. Fase de diseño	38
7.3.1. Fase de manufactura	40
7.3.2. Fase de validación	45
7.3.3. Resultados día 1:	45
7.3.4. Resultados día 2	48
7.3.5. Resultados finales	49
7.3.6. Comparaciones entre deshumidificadores industriales y deshumidificador realizado	49
8. Diseño eléctrico	51
8.0.1. Diseño de la placa	54
9. Conclusiones	57
10. Recomendaciones	59
11. Bibliografía	61

12. Anexos	63
12.0.1. Entrevista con el personal de la Empresa Arlusa	64
12.0.2. Manual del usuario	65
12.0.3. Precauciones generales:	66
12.0.4. Medidas ergonómicas:	67

Lista de figuras

1. Representación de la humedad en el ambiente	2	3
2. Inicios del proceso de deshumidificación: Los barcos		4
3. Deshumidificadores industriales.		11
4. Proceso que ocurre en el interior del deshumidificador.		12
5. Deshumidificador por condensación.		13
6. Deshumidificador desecante.		13
7. Compresores de refrigeración.		14
8. Componentes internos de un compresor de refrigeración.		15
9. Componentes externos de un compresor de refrigeración.		15
10. Tipos de compresores de refrigeración.		16
11. Condensadores		17
12. Condensadores de refrigeración.		18
13. Evaporadores de expansión directa o seca.		19
14. Evaporadores inundados.		19
15. Evaporadores de expansión directa o seca.		20
16. Evaporadores de expansión directa o seca.		20
17. Sensor de humedad HS1100		21
18. Sensor de humedad DHT11:		22
19. Sensor de humedad SHT71		22
20. Sensor de humedad y temperatura SHT20		23
21. Sensor de humedad y temperatura SHT20		25
22. Microcontrolador ATMEGA328P		26
23. Vegetales colocados en la entrada principal		28
24. Forma de colocar los vegetales		29
25. Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 1		31
26. Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 3		32
27. Toma de datos en el campo, día 2		32
28. Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 4		33
29. Toma de datos en el campo, día 3		34
30. Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 4.		35
31. Toma de datos en el campo, día 4		35

32. Área de refrigeración Arlusa S.A.	36
33. Área de refrigeración Arlusa S.A. por la tarde	37
34. Base utilizada para el evaporador y condensador	38
35. Agujeros realizados	38
36. Base del compresor	39
37. Medidas de la base del compresor	39
38. Base unida del deshumidificador	40
39. Evaporador y condensador utilizados	40
40. Colocación del condensador	41
41. Colocación del ventilador	41
42. Unión del proceso de deshumidificación	42
43. Unión del compresor con el evaporador	42
44. Forma de soldar el tubo capilar	43
45. Tubo capilar utilizado	43
46. Resultado final de la construcción del proceso de deshumidificación	44
47. Representación de la toma de datos factor humedad día 1	46
48. Datos estadísticos, resultados día 1	47
49. Datos estadísticos resultados día 2	48
50. Esquemático del circuito de control	52
51. Led verde accionado	53
52. Led azul accionado	53
53. PCB1	54
54. PCB2	54
55. Diseño de la placa final en 3D	55
56. Control de llenado de vegetales	63
57. Control de temperatura	63
58. Visita técnica	64

Lista de cuadros

1. Especificaciones técnicas sensor DHT11	24
2. Pines sensor DHT11	24
3. Cantidad de cajas y hora de ingreso al área de refrigeración	27
4. Características principales del datta logger proporcionado	30
5. Recolección de datos día 1	30
6. Recolección de datos día 2	31
7. Recolección de datos día 3	33
8. Recolección de datos día 4	34
9. Rangos de humedad establecidos según recolección de datos	35
10. Comportamiento de la humedad en el área de refrigeración, por la mañana	36
11. Comportamiento de la humedad en el área de refrigeración, por la tarde	37
12. Resultados obtenidos de la humedad del área al activar la máquina.	46
13. Recolección de datos día 2	48
14. Comparación humedad relativa	49
15. Potencia de deshumidificadores industriales	50
16. Potencia de deshumidificadores hogareños	50
17. Potencia de deshumidificadores reciclado	50

El presente trabajo de graduación tiene como objetivo el diseño y la implementación de un deshumidificador para el control de la humedad relativa, esto se lleva a cabo en uno de los cuartos de refrigeración de la Empresa Arlusa. Esta necesidad surgió por los distintos problemas que se le han presentado la empresa en la calidad de los alimentos. Entre el problema más relevante que se puede mencionar es el moho causado por el exceso de humedad presente en el área.

Para empezar el proceso de reducción de la humedad se empezó a construir el deshumidificador con materiales reciclados y los proporcionados por la empresa. Los componentes utilizados para armar la máquina fueron: un compresor de 1/4 hp, un evaporador y un condensador. Seguidamente se investigó acerca de los sensores de humedad existentes en el mercado y se seleccionó el adecuado para la construcción e integración en el circuito eléctrico.

Por último, se investigó a detalle el cuarto de refrigeración para ello se utilizó un data logger y la información proporcionada por los trabajadores de la empresa. Se identificó el área con más humedad, y según estos resultados se sugirieron medidas de seguridad para ayudar a reducir la humedad en el área. También según a la investigación realizada se elaboró un manual seguridad, donde se sugiere el cuidado de los componentes que hacen posible el proceso de deshumidificación en la máquina construida..

This present work aims to design and implement a dehumidifier for the control of relative humidity in one of the rooms used for refrigeration in the Arlusa Company. This need arose because of the different problems that the company has presented in the quality of food. Among one of the problems that can be mentioned is the mold caused by the excess moisture present in the area.

To begin the process of moisture reduction, the dehumidifier was built with recycled materials and those provided by the company. The components used are: A 1/4 hp compressor, an evaporator and a condenser. Next, we investigated about the existing humidity sensors in the market and selected the appropriate one for the construction of the electrical circuit.

Finally, the refrigeration room was investigated in detail using a datta logger and the information provided by the company's workers. The area with the most humidity was identified, and based on these results, safety measures were suggested to help reduce the humidity in the area. Also based on the research carried out, a safety manual was carried out, which suggests the care of the components that make the dehumidification process possible.

CAPÍTULO 1

Introducción

El trabajo realizado tuvo como propósito reducir el exceso de porcentaje de humedad presente en el área de refrigeración de la empresa Arlusa S,A. Por lo tanto, se construyó un sistema de deshumidificación con materiales reciclados, el cual se encuentra conformado por: un evaporador, un condensador, un compresor y un ventilador. El proceso inicia a través del ventilador, el cual tiene como función extraer el aire húmedo del ambiente. El cual pasa por el evaporador donde el agua presente en el aire se condensa, y cae a un recipiente. El proceso de deshumidificación se activa a través de la señal de un sensor de humedad, que detecta un porcentaje de humedad mayor al adecuado al ambiente de refrigeración de los vegetales, es decir que al llegar a un porcentaje mayor de 75 % (porcentaje brindado por la empresa), activa el compresor y de esta forma el evaporador, el condensador y el ventilador empiezan a funcionar.

Para construir la base que sostendrá el evaporador, condensador y compresor se utilizó aluminio y para unir cada uno de estos componentes se utilizó tubo capilar de cobre. Por último, para el funcionamiento del compresor se usó refrigerante R.134A el cual al momento de comprimirse enfría el evaporador y calienta el condensador, este es un proceso cíclico.

Para la construcción del circuito eléctrico se utilizó el sensor de humedad DHT11, el cual se seleccionó por su precisión, economía y disponibilidad en el mercado. Se utilizó un optoacoplador de transistor el cual tiene como función separar el microcontrolador utilizado y el proceso de deshumidificación, como dos circuitos independientes. También se utilizó un relé de 10 A, el cual activa el compresor al recibir la señal del sensor, que indica que la humedad ya pasó del rango adecuado en el área. Por último, se construyó la placa del circuito eléctrico y se hicieron las respectivas uniones con el compresor y el ventilador.

Se llevaron a cabo varias visitas de campo a la empresa Arlusa, para identificar el lugar con mayor humedad presente el área de refrigeración. Para ello se utilizó el datta logger proporcionado por la empresa y se realizaron mediciones durante la mañana y la tarde del día. Gracias a esto se identificó que en la entrada principal había más humedad y variaba dependiendo del clima del día, ya que en días lluviosos la humedad aumentaba y en días cálidos la humedad se mantiene en rangos adecuados.

Por último, se realizaron medidas de seguridad tanto del uso del área de refrigeración como de los componentes utilizados en el proceso de deshumidificación. Estas medidas fueron planteadas según lo observado y la investigación realizada. Gracias a la colaboración de los trabajadores y a la máquina construida se logró reducir la humedad en el área más afectada del cuarto, cuando se encontraba en rangos superiores a lo normal.

2.1. Humedad

Se le denomina humedad al agua, vapor de agua o líquido que se encuentra ubicada en una superficie o en la atmósfera. La humedad es un factor muy importante para los alimentos, pero cuando se encuentra en exceso puede provocar serios daños en la calidad, provocando bacterias, levaduras y moho, por tal motivo se debe de controlar aplicando las medidas de seguridad adecuadas para evitar pérdidas de calidad y económicas [1].



Figura 1: Representación de la humedad en el ambiente [2]

2.1.1. Tratamiento de la humedad

La humedad al ser un problema que perjudica seriamente tanto la salud humana como la calidad de los alimentos, existen diversas técnicas para tratarla, entre lo que se puede mencionar: Circulación mejor del aire dentro de una habitación, existen aerosoles que cubren paredes como lo es la laca, también se puede utilizar bicarbonato de sodio.

Dentro de un proceso industrial se deben de utilizar máquinas especializadas que ayuden a reducir la humedad presente en el ambiente como lo son los deshumidificadores.

Historia del deshumidificador

La humedad ha sido un problema que viene desde tiempos pasados, fue utilizado en un principio en los barcos, donde la tripulación comenzó a utilizar motores para evitar la condensación, el moho y los hongos, en la capa de la superficie de la nave.

En 1902 se creó el primer sistema de deshumidificación para controlar el calor y la humedad para una compañía de litografía y publicaciones, con el propósito de reducir la humedad en el papel.

En 1955 se creó el sistema de aire acondicionado basado en aire frío evaporado y deshumidificantes, conformado elementos de rueda desecante y almohadillas evaporativas.

Para combatir la humedad en el ambiente se creó los deshumidificadores que dependen de su calidad, fueron utilizados normalmente en hogares, viviendas e industrias. Las ventajas de estos aparatos es que mantienen un porcentaje de humedad automática y controlada en el ambiente. [2].



Figura 2: Inicios del proceso de deshumidificación: Los barcos

En la industria de los alimentos es muy importante tener un alto estándar de calidad, por tal motivo es que la empresa Arlusa, trata de evitar cualquier daño a los vegetales que cultivan. En las últimas cultivaciones han presentado pérdidas de calidad en los cultivos por causa de la humedad, por tal motivo surgió la necesidad de combatir este problema construyendo un sistema de control capaz de reducir el porcentaje actual de humedad. Esto se hace con el fin que la empresa conserve sus altos estándares de calidad, y así exportar sin problemas de manera nacional e internacional.

Para tratar la humedad existen diversas máquinas y métodos para reducirla, pero la más eficiente para combatir este problema son los deshumidificadores por condensación. El cual consiste en la absorción del aire húmedo, que a través de un proceso termodinámico reduce la humedad que contiene el aire, y así devolver aire seco. Por lo general dichas máquinas son bastantes caras en el mercado, por lo cual se decidió construirlas con materiales reciclados.

4.1. Objetivo general

Diseñar y construir un sistema de control para la humedad relativa en el área de refrigeración, capaz de contribuir a la conservación de vegetales, en la empresa Arlusa S.A.

4.2. Objetivos específicos

- Identificar claramente el proceso de traslado de los vegetales al cuarto de refrigeración, con la finalidad de determinar que contribuye al exceso de humedad para proveerles medidas de seguridad y correcto uso del mismo.
- Proponer y evaluar un diseño adecuado que incluya los componentes proporcionados y seleccionados para la construcción del deshumidificador para el control de la humedad relativa.
- Establecer el rango de humedad que se encuentra el área de refrigeración, a través de una toma de datos constantes en el campo de trabajo.
- Identificar el espacio con más humedad presente en el área refrigeración, con la finalidad de encontrar el punto adecuado para la ubicación del sistema de control a construir.
- Construir el deshumidificador con materiales reciclados, con el propósito de obtener un sistema económico y factible para el control de la humedad relativa.

En la realización de este proyecto se busca reducir un porcentaje de humedad en el área de refrigeración de la empresa Arlusa S.A., la cual se comporta de manera distinta en todo el cuarto. Por este motivo la máquina construida solo funcionará en un espacio del área de refrigeración establecido, según la toma de datos en el campo se estableció que el área donde funcionará es en la entrada principal, por motivos del compresor utilizado y que en ese lugar se identificó que la humedad era mayor a la adecuada.

Respecto al sistema de control implementado es un ON/OFF, es decir que la máquina solo se activa a porcentajes de humedad mayores de 75 %. Esto varía dependiendo del clima del día por lo tanto la máquina se pone a funcionar en días de lluvia o en días que haya mayor producción. El sensor de humedad instalado en la máquina únicamente sirve para el cuarto de refrigeración seleccionado, ya que la humedad no pasa del 100 %, si es usado en otro lugar no funcionara adecuadamente.

Se utilizó un compresor de $\frac{1}{4}$ hp debido al cuarto y espacio seleccionado del área de refrigeración, por lo tanto este componente no posee la capacidad necesaria de cubrir toda el área, debido a que en ciertas áreas la humedad se comporta en niveles normales y en el área donde se implementó la humedad era mayor.

Para reducir la humedad del área se debe de seguir las medidas de seguridad establecidas ya que son indispensables para que el porcentaje de humedad se reduzca en el cuarto. Para que todos los componentes funcionen adecuadamente se debe de observarlos constantemente y darles el mantenimiento requerido, esto se debe de realizar 1 vez por semana.

6.1. Deshumidificadores

6.1.1. ¿Que es un deshumidificador?

Los deshumidificadores, son aquellas máquinas cuya función es reducir la humedad presente en el ambiente, por lo que son utilizados en industrias de alimentos, madera, materias plásticas, papel o de vidrio. En la empresa Arlusa, se escogió construir esta máquina debido a la necesidad de reducir la humedad que afecta a los vegetales en el área de refrigeración. El proceso de un deshumidificador inicia absorbiendo el aire húmedo presente en el ambiente, esto lo hace mediante un ventilador que posee en su interior, el cual lleva el aire húmedo absorbido hacia el sistema de deshumidificación^[2].



Figura 3: Deshumidificadores industriales.

6.1.2. Proceso de deshumidificación

El proceso inicia al absorber el aire húmedo del ambiente a través de un ventilador. En este proceso actúa un compresor de refrigerante R-134A, el cual activa el condensador y el evaporador haciendo posible el proceso de deshumidificación. Por lo tanto, la función principal del compresor es comprimir y bombear el refrigerante, de esta manera lo obliga a circular en todo el sistema, cuanto mayor es la presión más aumenta la temperatura. Seguidamente el refrigerante que se encuentra comprimido en estado gaseoso se lleva mediante un tubo de cobre al condensador donde es enfriado. Al estar por los serpentines del condensador el refrigerante cambia de estado gaseoso a estado líquido, debido a la presión y la disminución de temperatura. Seguidamente pasa por un filtro deshidratante donde la presión disminuye para entrar el evaporador sin problemas. Por último, el refrigerante pasa por el evaporador donde ocurre el proceso de evaporación. Esto significa que ocurre un descenso de temperatura y presión, el aire cede su calor al refrigerante y permite que se evapore, la temperatura del aire desciende por debajo del punto de rocío, esto da como resultado que el evaporador se enfríe. Por lo tanto, la humedad que se encuentra en el ambiente se condensa en las paredes del evaporador. Por último, el refrigerante regresa al compresor, y el ciclo empieza nuevamente, esto se puede observar en la Figura No. 2 [2].

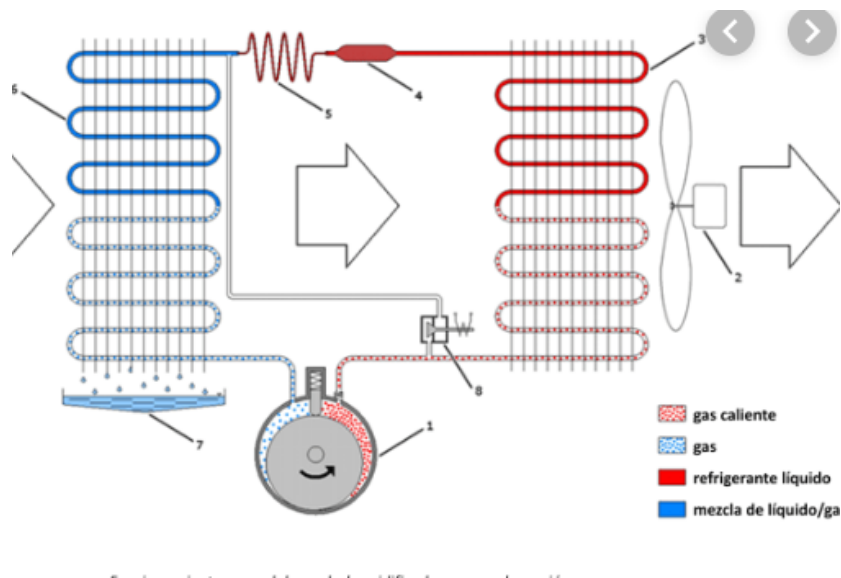


Figura 4: Proceso que ocurre en el interior del deshumidificador.

6.1.3. Tipos de deshumidificadores

Deshumidificador por condensación:

Estos deshumidificadores extraen la humedad presente del aire, mediante su enfriamiento en el evaporador, que se encuentra debajo del punto de rocío, lo cual provoca la condensación de la humedad. Entre sus ventajas es que muy eficiente y económico debido a que no fuerza el intercambio entre el interior y el exterior, además utiliza componentes como un ventilador, un compresor, un evaporador, un condensador y un compresor [2].

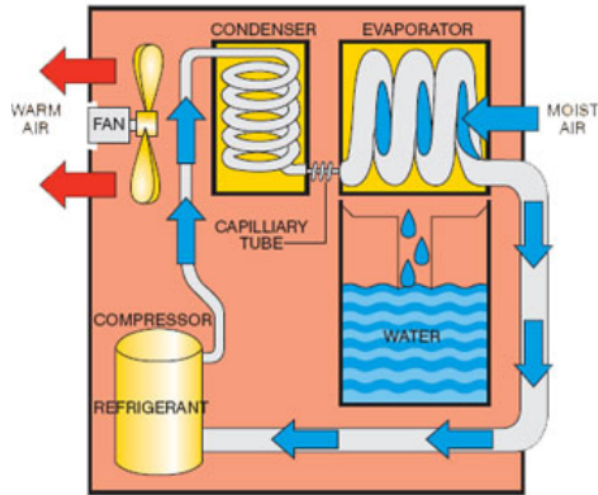


Figura 5: Deshumidificador por condensación.

Deshumidificador desecante:

Este tipo de deshumidificador trabaja con material desecante, como por ejemplo las bolsas de gel de sílice que se encuentra en cajas electrónica o de ropa. Tal material se encuentra ubicado en un disco giratorio. El disco gira hasta que se expone a una explosión de aire caliente, que expulsa la humedad. Entre las principales ventajas: es que no requieren de un compresor, por lo cual son más livianos y hacen mucho menos ruido. Entre sus desventajas se puede mencionar: no es efectivo para espacios grandes y requieren de mucho mantenimiento. [2].

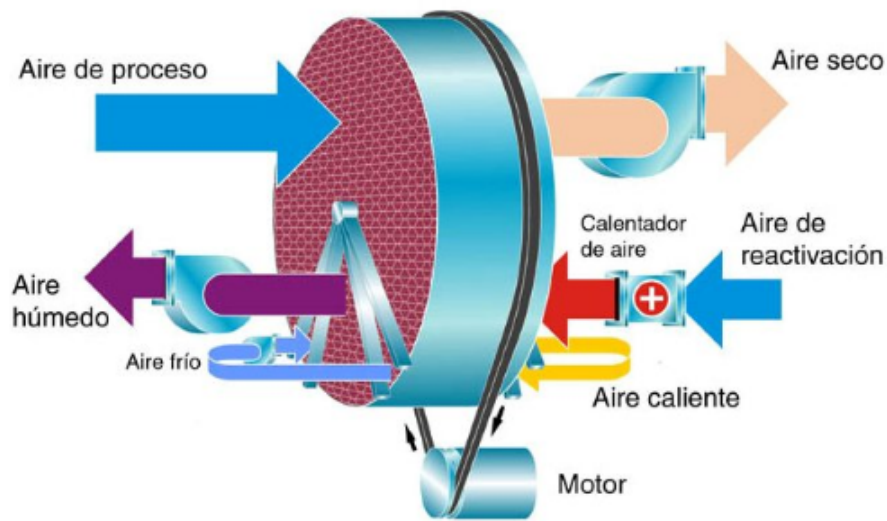


Figura 6: Deshumidificador desecante.

6.1.3.1. Resumen del funcionamiento de un deshumidificador

- El aire que entra sale a una temperatura similar al aire que entra, por lo tanto, no se utiliza como aire acondicionado o como bomba de calor.
- Está diseñado únicamente para quitar el agua presente en el aire, y se convierte en aire seco.
- El exceso de agua se queda en el recipiente, ubicado debajo del evaporador.
- El aire sigue su recorrido al condensador donde sale por el ventilador como aire seco .

6.2. Compresores de refrigeración:

Un compresor de refrigeración es un elemento importante para el proceso de deshumidificación. El funcionamiento de estos mecanismos consiste en cambiar la temperatura del ambiente, utilizando energía. Esto provoca que el fluido circule a través del sistema utilizando tuberías internas, por lo tanto se produce la compresión, lo cual ocurre únicamente en un circuito cerrado^[3].



Figura 7: Compresores de refrigeración.

6.2.1. Componentes internos de un compresor de refrigeración:

- Sistema de admisión: Es el que se encarga que el compresor reciba el fluido del evaporador.
- Mecanismo de compresor: Hace que la máquina comprima el fluido que proviene vaporizado después de haber cumplido el ciclo.
- Sistema de expulsión: Es el que envía el aire comprimido al condensador y hace funcionar el proceso de deshumidificación. de arranque: es el responsable de hacer girar el rotor del mecanismo de compresión del sistema.^[3]

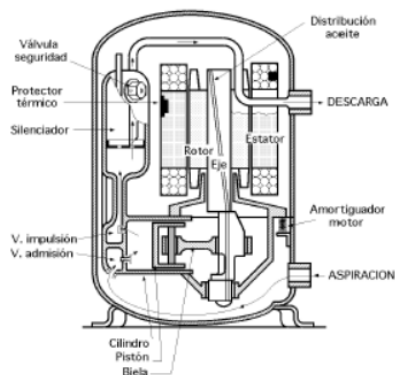


Figura 8: Componentes internos de un compresor de refrigeración.

6.2.2. Componentes externos de un compresor de refrigeración:

- Condensador: Es el que se encarga de producir el intercambio de calor que modifica la temperatura.
- Válvula de expansión: Es la responsable de hacer que el refrigerante viaje por todo el sistema con la presión y la cantidad necesaria.
- Evaporador: Se encarga de convertir el fluido condensado anteriormente en vapor para ser entregado al compresor quien lo devolverá al condensador para repetir el ciclo.
- Sistema de ventilación: Se encarga de transmitir el intercambio de calor y modificar la temperatura del ambiente [3](#) .

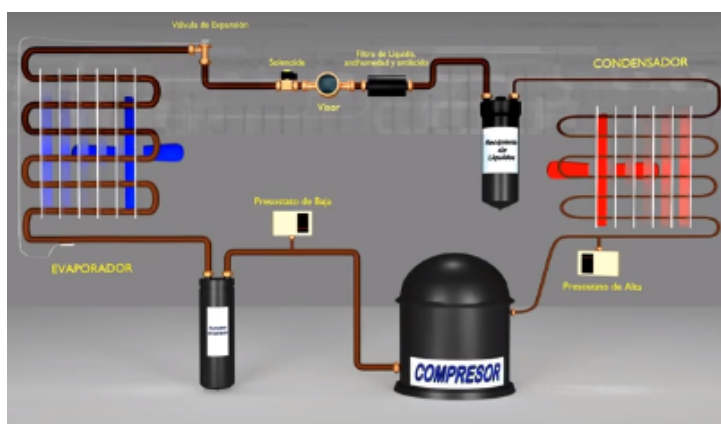


Figura 9: Componentes externos de un compresor de refrigeración.

6.3. Tipos de compresores de refrigeración:

Los compresores de refrigeración, se dividen según la necesidad con la que son usados, las aplicaciones más comunes se pueden mencionar:

- Funcionamiento hermético: Es el utilizado comúnmente en instalaciones pequeñas y que se encuentre en temperaturas bajas.
- Funcionamiento semihermetico: Utilizado comúnmente en procesos industriales, los cuales requieren de una potencia media.
- Funcionamiento abierto: Estos compresores son aquellos que se utilizan en grandes procesos industriales, debido a que utilizan una potencia elevada. [3] .



Figura 10: Tipos de compresores de refrigeración.

6.3.1. Ventajas de usar un compresor de refrigeración:

- Ideal para procesos industriales de modificación de la temperatura, un compresor es capaz de modificar la temperatura del ambiente a otra requerida, según la necesidad del campo que se esté utilizando
- Mantener refrigerados o congelados los alimentos, lo que lo hace ideal para producir cadenas de frío para los alimentos.
- Conservación de medicamentos, lo que hace que pueda almacenarse medicamentos o fórmulas de forma segura en espacios que cuenta con este sistema.
- Modificación de la temperatura en espacios cerrados y abierto, dependiendo de la marca del compresor es capaz de modificar la temperatura, adaptándose al espacio usado.
- Mantenimiento sencillo: Esto es una gran ventaja de los compresores de refrigeración ya que el mantenimiento es económico y el compresor puede durar mucho tiempo sin mantenimiento [3].

6.3.2. Desventajas de usar un compresor de refrigeración:

- **Funcionamiento estático:** Debido al tamaño y peso del compresor, una vez instalado en el área o en lugar donde se va utilizar, ya no se puede trasladar a otro lugar, ya que si se traslada se debe desarmar todo el equipo [4].
- **Dependencia de líquidos y fluidos refrigerantes:** Se tiene que tomar en cuenta al momento de realizar el presupuesto y costos de mantenimiento [3].

6.4. Condensadores

Los condensadores se definen como aquellas tuberías ondulante o serpentín. En el proceso de deshumidificación estas tuberías son importantes debido a que en su interior se transforma el gas refrigerante comprimido en líquido refrigerante. Este proceso ocurre debido a que en el interior del condensador el gas refrigerante pierde el calor que absorbió durante el proceso de su evaporación desde el espacio a enfriar, así como también hace entrega del calor absorbido durante su circulación a través de la línea de retorno al compresor. Esto se puede observar claramente en la Figura 2, donde se muestra el proceso de deshumidificación [4].

El fenómeno o proceso que se realiza en el condensador se hace de forma uniforme, a todo lo largo de la tubería. Durante el proceso, existe vapor caliente a alta presión en una parte del condensador y líquido caliente a alta presión en la otra [4].

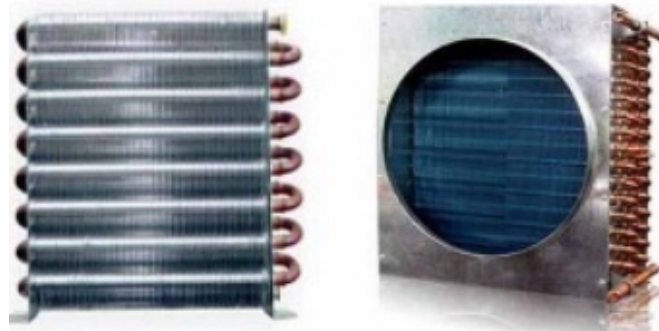


Figura 11: Condensadores

6.5. Evaporadores:

Se le llama evaporador, a un intercambiador de calor de energía térmica, posee este nombre debido al cambio de estado del refrigerante al recibir esta energía en el interior de los tubos. Dentro del evaporador el fluido pasa del estado líquido al gaseoso, por lo tanto el propósito principal de este componente es evaporar el fluido para mandarlo de regreso al compresor, y así iniciar el ciclo. Los evaporadores son utilizados comúnmente en sistemas de refrigeración, como, por ejemplo: neveras, equipo de aire acondicionado, cámaras frigoríficas, deshumidificadores, etc [5].

El flujo de refrigerante en estado líquido es controlado por un dispositivo o válvula de expansión la cual genera una caída de presión en la entrada del evaporador. En los sistemas de expansión directa, esta válvula despiden una fina mezcla de líquido y vapor a baja presión y temperatura. Debido a las propiedades termodinámicas de los gases refrigerantes, este descenso de presión está asociado a un cambio de estado, y lo que es más importante aún, es el descenso de la temperatura de este. De esta manera el evaporador absorbe el calor sensible del medio a refrigerar transformándolo en calor latente el cual queda incorporado al refrigerante en estado de vapor [5].

Para este trabajo de graduación el evaporador se enfría, y el aire succionado por el ventilador pasa en su interior, haciendo que el agua que contiene el aire caiga al recipiente.



Figura 12: Condensadores de refrigeración.

6.5.1. Tipos de evaporadores

- **De Expansion directa o Expansión seca:** En los evaporadores de expansión directa, la evaporación del refrigerante ocurre durante el recorrido por el evaporador. Al momento de que el fluido abandona el evaporador, se encuentra en vapor sobrecalentado. Este tipo de evaporadores son los más comunes y utilizados en sistemas de aire acondicionado, deshumidificadores, calefacción , etc.
- **Inundados:** Esta clase de evaporadores se utilizan refrigerante líquido para trabajar, este tipo de evaporadores mantiene humedecida la superficie del evaporador, y gracias a este tipo de refrigerante se produce el vapor frio. Este tipo de evaporador es utilizado comúnmente en áreas industriales.
- **Sobrealimentados:** Un evaporador sobrealimentado son aquellos donde la circulación a través del evaporador ocurre con considerable exceso y además puede ser vaporizado [5].



Figura 13: Evaporadores de expansión directa o seca.

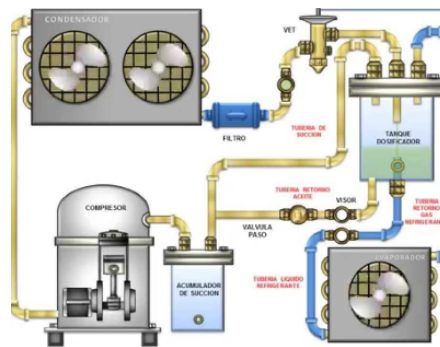


Figura 14: Evaporadores inundados.

Para la construcción del deshumidificador se utilizó un evaporador de enfriador acorazado, el cual se define como lo siguiente:

Evaporador enfriador acorazado: Estos evaporadores son aquellos que se clasifican en la categoría de expansión seca o inundados, el cual consta de tubos de acero donde circula una cierta cantidad de líquido por donde circula el refrigerante [5](#).

6.5.2. Tubo capilar:

El tubo capilar tiene como función conducir un fluido de una forma estrecha ya que tiene una pequeña sección circular, este dispositivo se encuentra hecho de cobre, el cual mantiene controlada la presión con el que el flujo del refrigerante pasa entre el condensador (lado de alta presión) y el evaporador (baja presión), transformándolo de estado líquido a vapor, el cual iguala la temperatura del líquido a la de saturación del evaporador [6](#).

El tubo capilar se caracteriza por ser un tubo de cobre hecho con un diámetro de aproximadamente 0.5 a 3 mm diámetro y de 1 a 6 metros de longitud, el cual se adapta a cualquier tipo de refrigerante que se adapte en su interior, se utiliza principalmente para mantener controlada la presión con la que el flujo del refrigerante pasa entre el compresor, el evaporador y el condensador. También ayuda a la fricción o a la aceleración con la que fluye el refrigerante dentro del tubo capilar, ya que puede transformar un porcentaje en

estado líquido a vapor, para poder igualar la temperatura del líquido a la saturación del evaporador. [6].



Figura 15: Evaporadores de expansión directa o seca.

6.6. Refrigerante R134 A:

Se define como refrigerante a un producto químico utilizado comúnmente en la industria para aires acondicionados o cualquier aplicación de conservación o refrigeración de alimentos.

Para la construcción del deshumidificador se utilizó el refrigerante R134a, el cual es utilizado para una gran variedad de aplicaciones de refrigeración, ya que gracias a sus propiedades trabaja a presiones y temperaturas bajas y altas. [7].



Figura 16: Evaporadores de expansión directa o seca.

6.7. Sensores de humedad:

Este sensor detecta el porcentaje de humedad que se encuentra en el ambiente. Se utiliza comúnmente en industrias que trabajan algún proceso de refrigeración, calefacción, ventilación y climatización, o en cualquier otro proceso donde se requiera conocer el valor de humedad presente en un área. La mayoría de los sensores de humedad también miden temperatura, pero para este trabajo, solo se medirá la humedad, ya que la temperatura ya se encuentra controlada [7].

6.7.1. Propuesta de sensores:

6.7.2. Sensor de humedad relativa HS1100

- Rango de medición: 0-95 %
- Alimentación: 10 VDC
- Intensidad absorbida: 10 V
- Precisión: ± 5 RH
- Peso: 8 kg
- Precio: Q 110
- Aplicaciones: Son utilizadas para oficinas automatizadas, cabinas de aviones y sistemas de procesos industriales. Se usa también para compensar lugares donde la humedad sea necesaria [8].



Figura 17: Sensor de humedad HS1100

6.7.3. Sensor de humedad y temperatura DHT11

- Alimentación: 3V – 5V Dc
- Rango de medición de humedad: 10 - 90 RH
- Precisión de humedad: ± 5 RH
- Peso: 1 gr
- Q. 40
- Aplicaciones: Este sensor es ideal en ambientes cerrados, como lo son habitaciones, sistemas HVAC (Calefacción, ventilación y aire acondicionado), deshumidificadores, estaciones climáticas, etc [8].



Figura 18: Sensor de humedad DHT11:

6.7.4. Sensor de humedad SHT71

- Alimentación: 2.4 V a 5.5 V
- Rango de medición de humedad: 0-95/ RH
- Precisión de humedad: $\pm 6\%$ RH
- Precio: Q. 90
- Aplicaciones: Se utiliza principalmente para automatización, estaciones de clima, humidificadores o procesos de control industrial. [\[8\]](#).

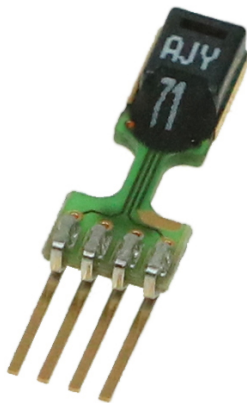


Figura 19: Sensor de humedad SHT71

6.7.5. Sensor de humedad y temperatura SHT20

- Alimentación: 1.5 V- 3.6 V
- Rango de medición de humedad: 0 – 95

- Precisión de humedad: $\pm 4\%$ RH
- Peso: 5 gr
- Precio: Q 55
- Aplicaciones: Habitaciones, cuartos cerrados y calefacción [8].



Figura 20: Sensor de humedad y temperatura SHT20

6.8. Componentes seleccionados para la construcción del circuito eléctrico:

6.8.1. Sensor de humedad DHT11:

El sensor seleccionado fue El DHT11, el cual posee las siguientes características:

- Sensor de temperatura y humedad relativa de bajo costo y fácil uso.
- Se encuentra conformado por un sensor capacitivo de humedad y un termistor para medir el aire circundante, el cual muestra los datos mediante una señal digital en el pin de datos (no posee salida analógica).
- Utilizado en aplicaciones relacionadas al control automático de temperatura, aire acondicionado, monitoreo ambiental en agricultura, etc.
- Se puede programar en plataformas de Arduino/Raspberry Pi/Nodemcu.
- A nivel de software se dispone de librerías para Arduino para la programación del sensor. [8].

Las especificaciones técnicas de este sensor son:

Voltaje de operación	3V -5V DC
Rango de medición de humedad	0 % a 95 %
Precisión de medición de humedad	5 %
Resolución de humedad	1 %
Tiempo de censado	1 seg.
Interface digital	Single-bus (bidireccional)
Dimensiones	16*12*5 mm
Peso	1 gr
Carcasa	Plástico celeste
Rango de medición de temperatura	0 a 50 °C
Precisión de medición de temperatura	±2.0 °C

Cuadro 1: Especificaciones técnicas sensor DHT11

Pin	Usos %
1	Alimentación +5V (VCC)
2	DATA
3	NO CONNECTION
4	Tierra (GND)

Cuadro 2: Pines sensor DHT11

En los cuadros 1 y 2 se muestran las especificaciones técnicas del sensor seleccionado para indicar la humedad en el área de refrigeración. Se escogió este sensor debido a su precisión y fácil disponibilidad en el mercado ya que, si llegara a fallar el sensor utilizado actualmente, se puede reemplazar con mayor facilidad, ya que los anteriores propuestos son mandados a traer y tardan mucho tiempo en venir a Guatemala.

6.8.2. Optoacoplador de transistor:

Un optoacoplador también llamado optoaislador, es un circuito electrónico que funciona como un interruptor aislado ópticamente. Es decir, que permite una conexión eléctricamente aislada entre dos circuitos que operan a distintos voltajes [9].

Se encuentra conformado por un led y un circuito de control activado por luz infrarroja. Una de las ventajas principales de los optoacopladores es su aislación eléctrica entre la carga y la electrónica de control, debido a que la única conexión entre ambos elementos es la luz del led que activa al fototransistor. [9].

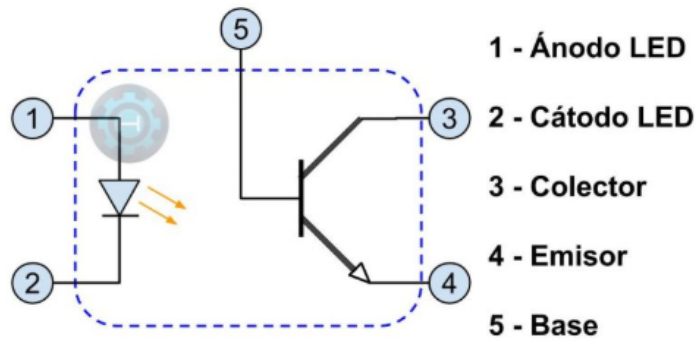


Figura 21: Sensor de humedad y temperatura SHT20

Lo componentes de un transistor son:

- **Led infrarrojo:** Dispositivo encargado de activar al opto-transistor.
- **Dispositivo electrónico de control:** Dependiendo del tipo este puede ser un opto-transistor, un TRIAC, un transistor Darlington o una compuerta.

Aplicaciones:

- Activar cargas que pueden inducir ruido eléctrico al sistema de control.
- Cuando una carga inductiva como un motor se activa y desactiva produce perturbaciones tales como: cargas eléctricas en la alimentación del sistema. Incluso cargas que consumen mucha potencia de la fuente. Los optoacopladores se usan para aislar a estas perturbaciones electrónicas.

6.8.3. ATMEGA328p:

Este es un microcontrolador creado por la compañía ATMEL, conformado por una arquitectura RISC, se seleccionó por las siguientes características:

- 32 KB de memoria flash.
- Datos RAM: 2 KB.
- Entradas y salidas programables: 23.
- Modo USART.
- SPI
- I2C

- Watchdog timer programable.
- Interrupciones externas y internas.
- 6 canales de 6 bits.

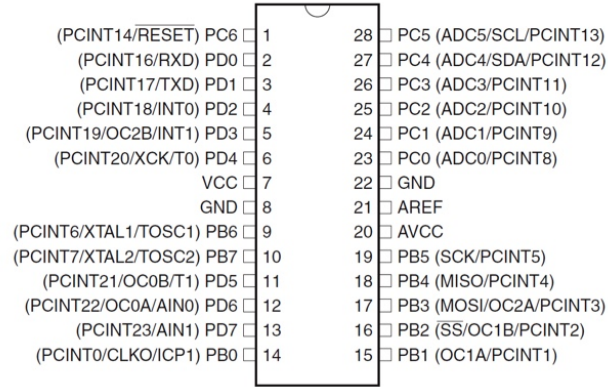


Figura 22: Microcontrolador ATMEGA328P

7.1. Indentificación del traslado de los vegetales:

Para cumplir este objetivo se realizó una visita de campo, donde se entrevistaron a los principales trabajadores que tienen acceso al área de refrigeración, tal entrevista se encuentra adjunta en anexos. Gracias a la entrevista realizada se obtuvieron los datos de horas y cantidad de cajas que se producen durante el día de más producción. Y se observó que al final del día las cajas son trasladadas al cuarto de congelación. Los datos tomados en tiempo real fueron los siguientes:

Hora de ingreso	No. de cajas de vegetales
8:15 AM	1
9:00 AM	3
9:15 AM	4
10:20 AM	6
11:00 AM	5
11:20 AM	3
12:00 PM	3
1:00 PM	3
2:15 PM	2
3:00 PM	1

Cuadro 3: Cantidad de cajas y hora de ingreso al área de refrigeración

7.1.1. Debilidades encontradas:

Gracias a la cooperación de los trabajadores y a la entrevista realizada, se pudo determinar y observar el proceso de los vegetales desde la cultivación hasta llegar al área de refrigeración, sin embargo se hallaron ciertas debilidades durante el proceso del traslado, los cuales se encontraron durante la entrevista y la observación del proceso. Entre estas se pueden observar:

- El personal encargado desconoce acerca del concepto de humedad relativa en el área de refrigeración.
- El personal de la empresa no usa el equipo de seguridad completo para entrar al área, ya que falta la protección de boca, nariz y cabeza.
- Los trabajadores no poseen conocimiento acerca del buen uso del cuarto de refrigeración, ya que dejan la puerta abierta, y eso contribuye al aumento de la humedad.

En la Figura No. 23 se muestra la forma en que se acomodan las cajas en el cuarto de refrigeración. Como se puede observar las cajas son colocadas de forma ordenada, y colocadas cerca del evaporador esto lo realizan con el fin de recibir directamente el aire frío y que los vegetales se mantengan frescos. Se puede observar que solo se usa una parte de la habitación, debido a la comodidad de los trabajadores para colocar las cajas.



Figura 23: Vegetales colocados en la entrada principal



Figura 24: Forma de colocar los vegetales

7.1.2. Medidas de seguridad propuestas para el control de la humedad

Usando como base lo observado durante la entrevista y el proceso de traslado de los vegetales, se realizaron las siguientes medidas de seguridad, para que, en conjunto con el deshumidificador, se reduzca el exceso de porcentaje de humedad presente en la habitación:

- Ya que la humedad se encuentra en un rango alto es decir mayor al 75 %, se recomienda a los trabajadores usar el equipo adecuado al momento de ingresar al cuarto de refrigeración. Entre estos se puede mencionar: mascarilla protectora para la boca y casco para cubrir la cabeza. Esto ayudara a evitar infecciones respiratorias las cuales se pueden contraer por la alta humedad presente en el área.
- Se observó que al terminar el llenado de una caja se ingresa inmediatamente al área de refrigeración. Por lo tanto, debido a la transpiración de los vegetales, la humedad en la habitación aumenta, es por qué se debe de esperar unos 20 min, antes de ingresarlos.
- Al momento de colocar las cajas llenadas de vegetales se deben de colocar al fondo de la habitación y no al principio, esto ayudara a una uniformidad de la humedad, y que no se concentre en un solo lugar.
- Mantener la puerta cerrada al momento de entrar y salir de área de refrigeración.

7.2. Recolección de datos para establecer el rango de humedad

Para poder establecer el rango de humedad en el área de refrigeración, se visitó a la empresa Arlusa durante 4 días, para realizar la respectiva toma de datos en el área. También se tomaron en cuenta la colaboración de los trabajadores en la toma de datos anteriores que se realizaron los meses anteriores las cuales se utilizarán para verificar las nuevas mediciones realizadas, estos datos brindados fueron de mucha utilidad debido a que ellos tomaban datos de la humedad a cada hora desde que se presentó el problema de calidad en los vegetales. Se recolectaron los datos utilizando el datta logger proporcionado por la empresa, el cual posee las siguientes características:

Actualización de datos en pantalla	10 seg.
Sensor de humedad	Interno
Rango de humedad	35 - 95 %
Precisión	± 5 %
Alimentación eléctrica	3 pilas alcalinas AAA
Dimensiones	137x98x26 mm
Altura	15 mm

Cuadro 4: Características principales del datta logger proporcionado

7.2.1. Recolección de datos día 1:

Tiempo (Horas)	Temp°C	HR antes
1	12	64
1.5	12.5	67
2	12.9	69
2.5	13.4	67
3	13.3	73
3.5	13.5	74
4	13.6	76
4.5	13.4	72
5	13.9	69
5.5	14.1	72
6	14.3	66
6.5	13.9	60
7	14.3	85
7.5	14.6	64
8	14.2	72
8.5	14.9	69

Cuadro 5: Recolección de datos día 1

Como se puede observar en el cuadro anterior se obtuvo un porcentaje mínimo 67% y un máximo de 76% de humedad relativa. Estos datos fueron tomados con un clima soleado y sin presencia de lluvia.

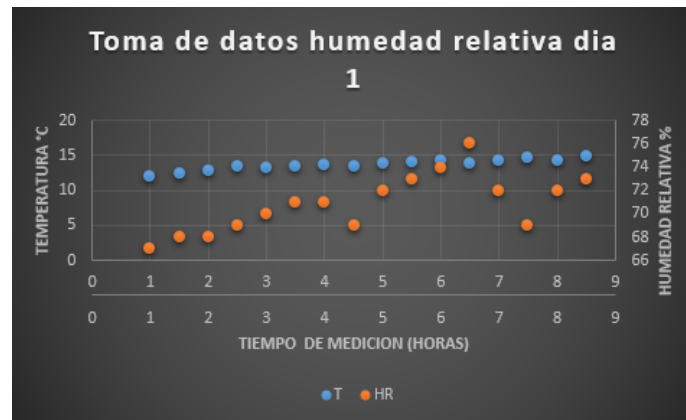


Figura 25: Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 1

En la Figura 25 podemos observar que los datos de temperatura no cambian durante el día debido al control a través de un termostato que posee la empresa. En cambio, podemos observar que la humedad va cambiando y algunos datos se encuentran dispersos a los demás, esto es debido al cambio de clima presentado en el transcurso del día.

7.2.2. Recolección de datos día 2:

Tiempo (Horas)	Temp°C	HR %
1	13.7	61
1.5	13.2	74
2	13.9	72
2.5	14.1	75
3	14.5	77
3.5	14	72
4	13.8	78
4.5	14.4	71
5	14.6	75
5.5	14.1	77
6	13.9	79
6.5	14.2	80
7	14.5	82
7.5	14.7	84
8	14.3	85
8.5	14.1	82

Cuadro 6: Recolección de datos día 2

En el día número 2, se recolectaron los siguientes datos presentados en la tabla anterior. Se obtuvo como resultado un porcentaje mínimo de 71 % y un máximo de 85 %. Para la toma de datos este día se pudo observar un clima más templado, por lo tanto, hubo un aumento significativo de humedad.

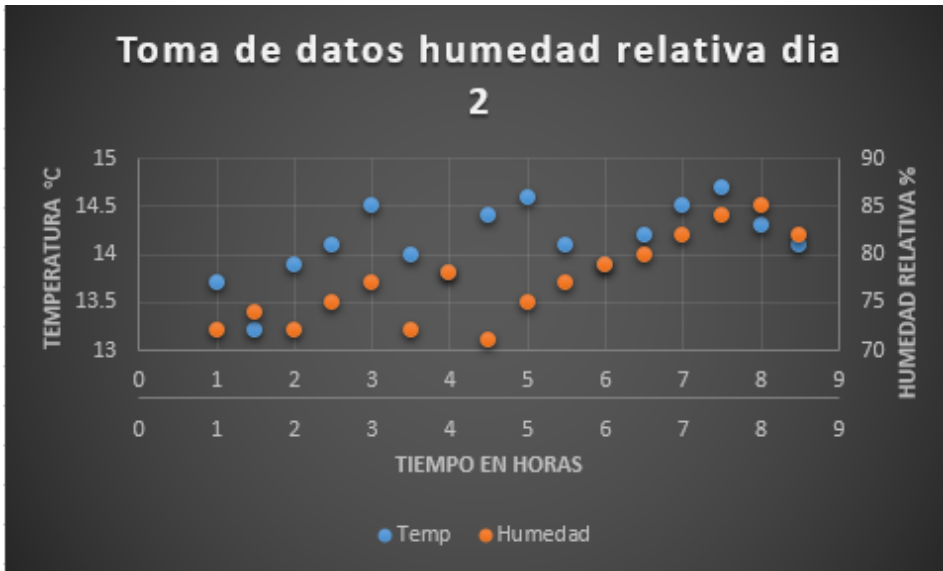


Figura 26: Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 3

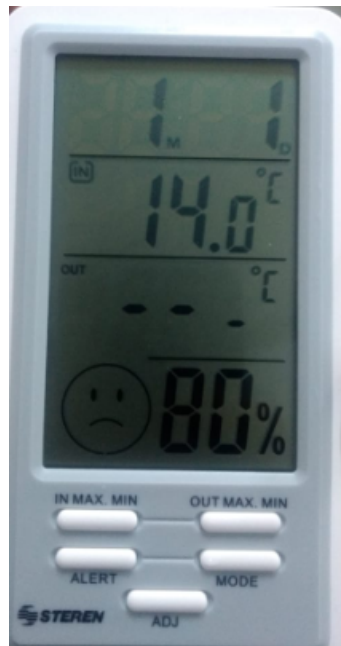


Figura 27: Toma de datos en el campo, día 2

7.2.3. Recolección de datos día 3:

Este día se tomaron los siguientes datos:

Tiempo (Horas)	Temp°C	HR %
1	13.4	62
1.5	13.6	74
2	13.9	75
2.5	14.5	76
3	14.9	80
3.5	15.1	83
4	15.4	85
4.5	13.4	88
5	13.2	84
5.5	13.7	83
6	13.9	85
6.5	14.1	77
7	14.5	74
7.5	14.7	82
8	14.6	84
8.5	15.2	86

Cuadro 7: Recolección de datos día 3

Por lo tanto, gracias a este aparato se pudo determinar un porcentaje mínimo de 74% y un máximo 88% de humedad relativa. Se puede observar un aumento de humedad durante el día debido a los siguientes factores presentados: lluvias y producción alta de vegetales.

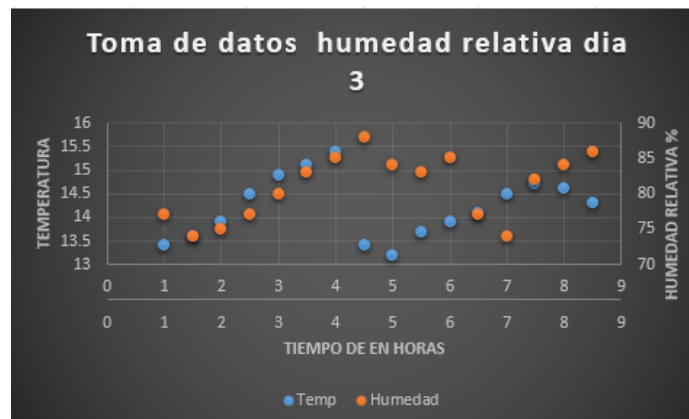


Figura 28: Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 4

En la Figura 28 se pueden observar que la humedad aumento durante las primeras horas del día, y desde la hora 4 tuvo variaciones debido a los factores mencionados anteriormente.

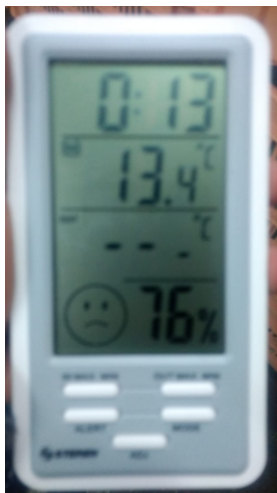


Figura 29: Toma de datos en el campo, día 3

7.2.4. Recolección de datos día 4:

Tiempo (Horas)	Temp°C	HR %
1	13.2	68
1.5	13.8	70
2	14.1	69
2.5	14.3	77
3	14.9	72
3.5	14.7	73
4	15.3	74
4.5	14.9	77
5	15.4	76
5.5	15.3	78
6	15.4	80
6.5	15.9	81
7	15.5	82
7.5	15.1	83
8	14.7	83
8.5	14.3	89

Cuadro 8: Recolección de datos día 4

En el último día de toma de datos se obtuvo un porcentaje mínimo de 68% y un porcentaje máximo de 86%, con respecto al día fue muy variado el clima ya que se presentó calor, lluvia y frío, es por este motivo que la humedad tuvo un cambio significativo durante el transcurso del día.

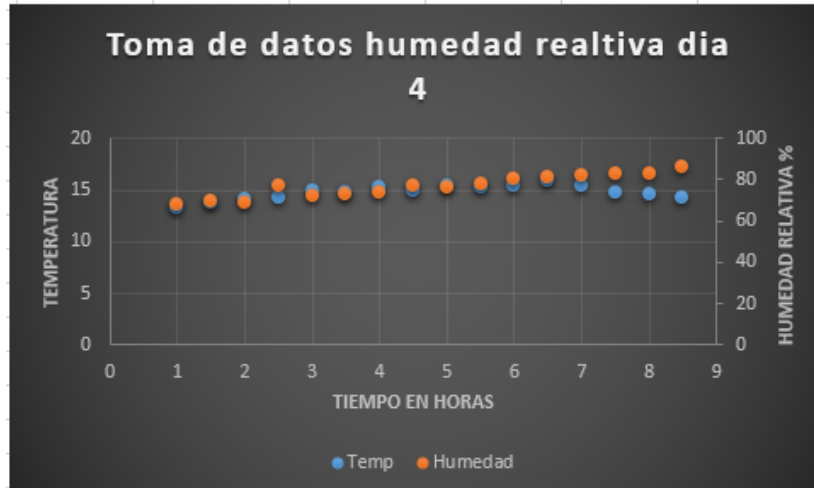


Figura 30: Representación del comportamiento de la humedad toma de datos día 4.

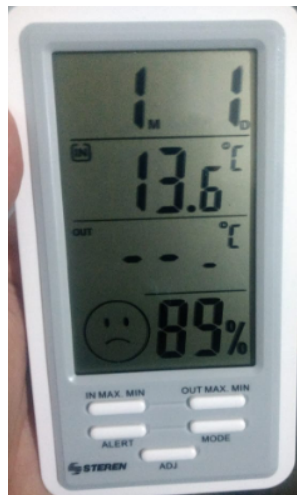


Figura 31: Toma de datos en el campo, día 4

7.2.5. Rango del porcentaje de humedad encontrado

-	día 1	día 2	día 3	día 4	Info. Empresa
Mínimo	66	61	62	55	57
Máximo	85	88	86	89	87

Cuadro 9: Rangos de humedad establecidos según recolección de datos

Según los datos recolectados y los datos tomados anteriormente por los trabajadores se obtuvo un porcentaje de humedad mínimo de 68% y un máximo de 89% presente en el área de refrigeración. Según los resultados obtenidos se determina que la humedad del ambiente aumenta en porcentajes mayores en días con lluvias, con clima templado y con

mayor producción. En climas cálidos la humedad se mantiene un rango adecuado para los vegetales presentes en el área de refrigeración.

7.2.5.1. Identificación del área con más humedad

Para identificar el espacio que presenta un rango de humedad mayor al 75%, ya que a porcentajes mayores ya presenta problemas de calidad para los vegetales. Para ello se utilizaron los datos medidos en el capítulo anterior. De esta manera se halló que los vegetales al colocarlos en la entrada principal, la humedad aumenta a causa de la transpiración de los vegetales en el lugar y el tiempo que se deja la puerta abierta. Por esta razón se realizó un dibujo del cuarto de refrigeración, donde se muestra la distribución de los vegetales y la humedad respectiva:

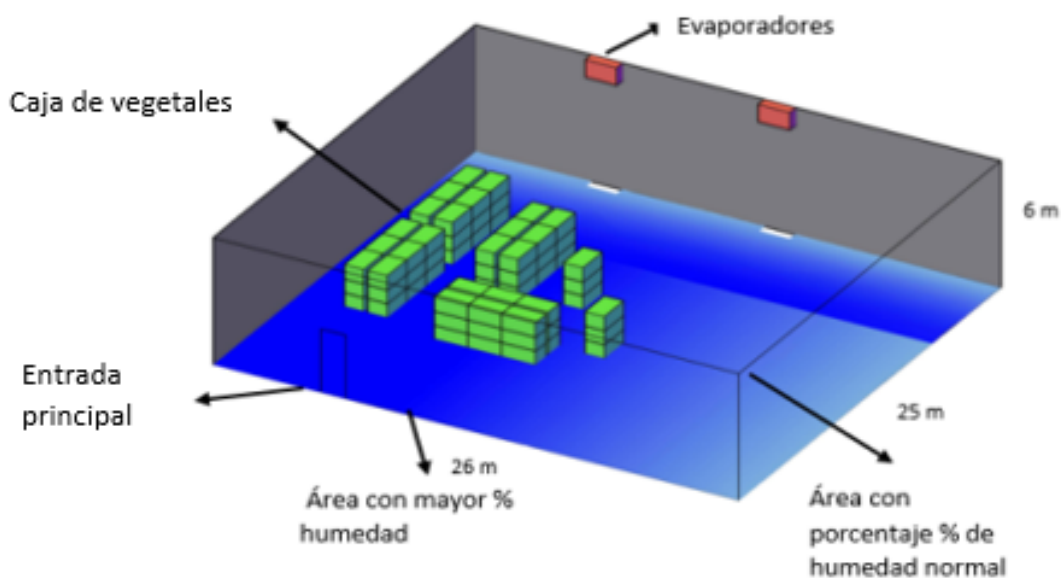


Figura 32: Área de refrigeración Arlusa S.A.

En la Figura 28 me muestra el cuarto de refrigeración con sus respectivas dimensiones y características. también muestra un panorama de la cantidad de cajas de vegetales hechas por la mañana. Para representar la concentración del área con más humedad se utilizaron colores, lo cual indica los siguientes porcentajes distribuidos en todo el cuarto:

-	Azul (entrada principal)	Azul difuminado	Celeste	Celeste difuminado
Humedad alta	80-89 %	78-79 %	-	-
Humedad normal	-	-	65-68 %	59-68 %

Cuadro 10: Comportamiento de la humedad en el área de refrigeración, por la mañana

En el Cuadro No. 7 se representa el comportamiento de la humedad en todo el cuarto de refrigeración. Por lo tanto, según estos resultados se determinó que el porcentaje de humedad es alto en la entrada principal, esto se identificó gracias al datta logger proporcionado donde la humedad se encontraba en el rango de 80-89 %. De esta forma se determinó que el lugar adecuado del deshumidificador sería en la entrada principal, debido a la colocación de los vegetales y la humedad encontrada en ese espacio.

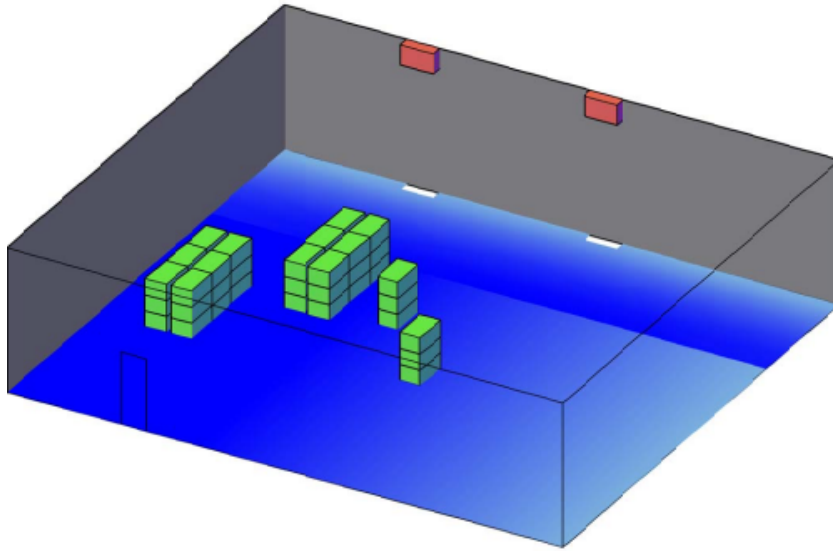


Figura 33: Área de refrigeración Arlusa S.A. por la tarde

En la Figura No. 29 se puede observar el cuarto de refrigeración con menor número de cajas de vegetales, debido a que después de refrigerarse son trasladadas al área de congelamiento. Como se puede observar en la Figura 33, la intensidad del color azul disminuye esto es debido a que el porcentaje de humedad baja. Esto se obtiene gracias a que la puerta principal se encuentra cerrada y la cantidad de vegetales presentes disminuye. Se obtuvieron los siguientes rangos de porcentaje de humedad durante la tarde:

-	Azul (entrada principal)	Azul difuminado	Celeste	Celeste difuminado
Humedad alta	75-79 %	68-76 %	-	-
Humedad normal	-	-	66-69 %	59-67 %

Cuadro 11: Comportamiento de la humedad en el área de refrigeración, por la tarde

Según los resultados obtenidos tanto en la recolección de datos como el análisis hecho en el área de refrigeración, se determinó que el aparato deshumidificador sea colocado en la entrada principal y funcionando durante la mañana, días de lluvia y mayor producción, ya que el porcentaje de humedad aumenta a un rango de 80-90 %.

7.3. Fase de diseño

Para realizar la construcción del deshumidificador se diseñó la base principal y el soporte del compresor en Inventor. Esto se realizó con la finalidad de tener la idea sólida de lo que se quería construir, el cual se utilizará para la colocación de los componentes que hacen posible el proceso de deshumidificación. Por lo tanto, se empezó a estructurar la máquina de la siguiente forma:

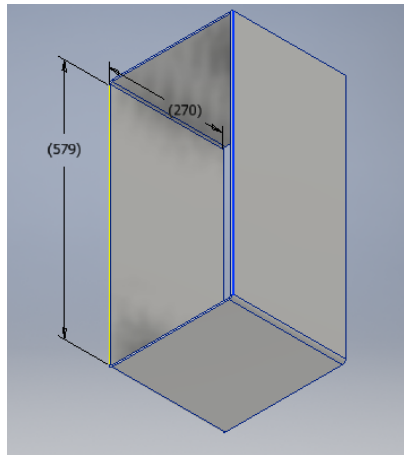


Figura 34: Base utilizada para el evaporador y condensador

En la Figura 30 se muestra la base de freezer con sus respectivas dimensiones, las cuales se encuentran en mm, siendo así 579 mm de alto y 270 mm de ancho. Esta base está hecha de aluminio, la cual se utilizó para el sostenimiento del condensador y el evaporador utilizados para construir el proceso de deshumidificación.

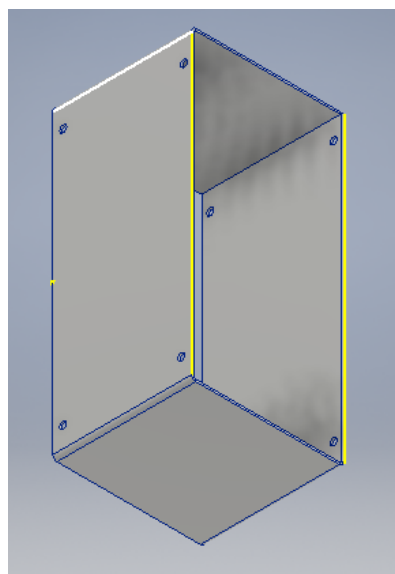


Figura 35: Agujeros realizados

Seguidamente se colocaron los agujeros los cuales sostendrá el condensador. Para ello se utilizaron 8 abrazaderas, 2 en cada agujero, esto con el propósito de que el condensador quedara fijo y estático en la parte de atrás de la base utilizada.

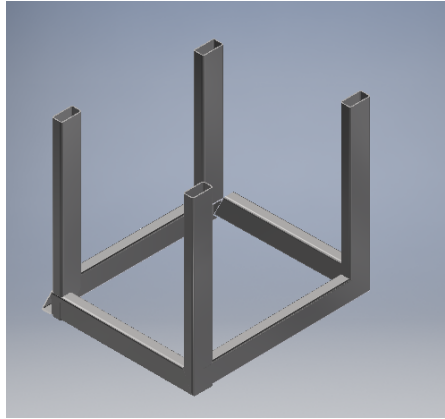


Figura 36: Base del compresor

Seguidamente se realizó el diseño de los tubos de aluminio que se utilizara como base para el compresor utilizado. El compresor viene atornillado con una base hierro la cual se atornillará a los tubos que se encuentran en la base, quedando así el compresor ubicado en medio de la base inferior. La base del condensador y evaporador se unieron en los tubos de la parte superior.

En la siguiente Figura se muestran las medidas de los tubos utilizados y la unión realizada para construir la base que sostendrá al compresor.

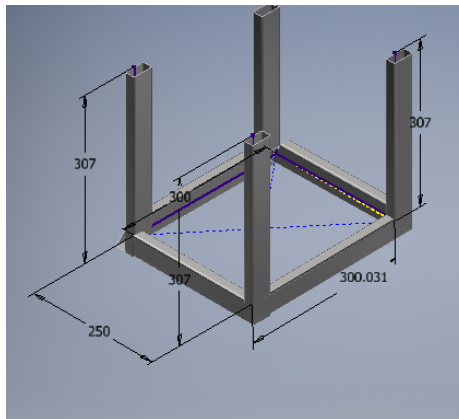


Figura 37: Medidas de la base del compresor

7.3.1. Fase de manufactura



Figura 38: Base unida del deshumidificador

Para empezar la construcción del deshumidificador se comenzó uniendo la base de hierro del compresor con los tubos de aluminio en la parte inferior de la base construida para el mismo. Se utilizaron 4 tornillos de diámetro de 13 mm para la unión de la base de hierro y tornillos de 11 mm para la unión de los tubos de aluminio. Para construir la base de los tubos de aluminio se doblaron las esquinas y se atornillaron para formar la base observada.



Figura 39: Evaporador y condensador utilizados

En la Figura 39 se muestran el evaporador y condensador utilizados para el proceso de deshumidificación. Estos componentes se unieron a la base mediante abrazaderas plásticas.



Figura 40: Colocación del condensador



Figura 41: Colocación del ventilador

En la Figura 40 se observa la colocación del condensador, el cual es ubicado en la parte de atrás de la base y el evaporador en la parte de enfrente. En medio de la base se colocó el ventilador, el cual se atornilló con bases de hierro en la parte superior e inferior de la base, para ello se utilizaron tornillos con diámetro de 11mm y se ubicó a la mitad de la base, para que extrajera el aire de manera más eficiente.

Seguidamente se unieron todos los componentes que hacen posible el proceso de deshumidificación, para ello se utilizó tubo capilar de cobre de diámetro de 1.5 mm, para hacer posible esta unión se soldó utilizando varilla de plata para mayor seguridad. Se unió el evaporador con el compresor con 0.60 cm de tubo de cobre y 2.2 cm de tubo de cobre para unir con el condensador, por último se usó 1.8 cm de tubo de cobre que con la ayuda de un filtro de deshumidificación regresa al evaporador.

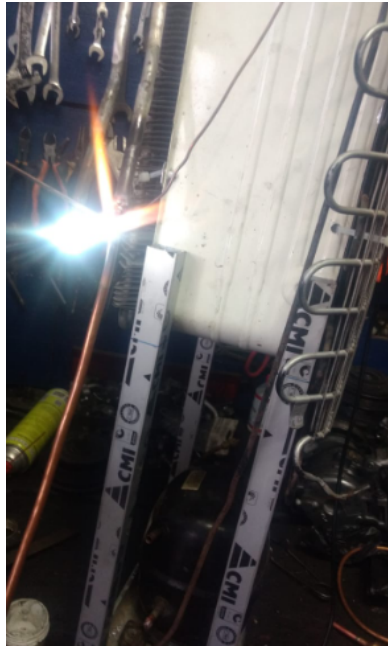


Figura 42: Unión del proceso de deshumidificación



Figura 43: Unión del compresor con el evaporador

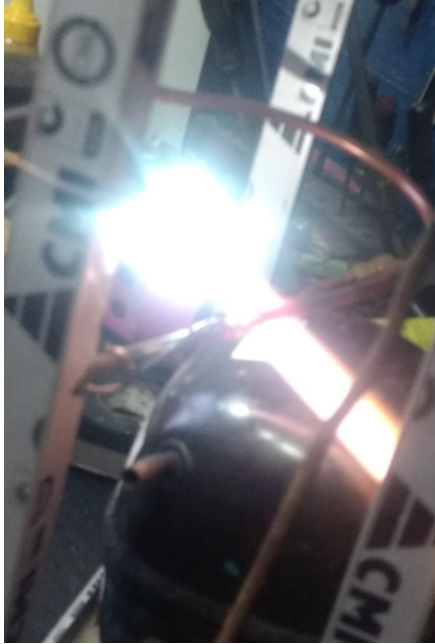


Figura 44: Forma de soldar el tubo capilar



Figura 45: Tubo capilar utilizado

En las figuras anteriores se muestra el proceso de la construcción del deshumidificador utilizando materiales reciclados. En la Figura 46 se muestra el resultado final de la construcción.



Figura 46: Resultado final de la construcción del proceso de deshumidificación

7.3.2. Fase de validación

Para esta fase se realizaron pruebas finales en el área de refrigeración ya con el deshumidificador final y el circuito de control descrito en el capítulo de diseño eléctrico. Para probar la máquina se colocó en el lugar identificado con más humedad descrito hallado en la recolección de datos. Para comenzar las pruebas se colocó la máquina al iniciar la jornada laboral de los trabajadores, por lo tanto, en un principio el deshumidificador no se activaba debido a que el porcentaje de humedad se encontraba en valores menores del 65 % debido a que no había las suficientes cajas de vegetales llenas y no se realizaba mucha interacción entre los trabajadores y el área de refrigeración. Se esperó a que hubiera suficiente producción y se esperó a que la humedad aumentara el porcentaje adecuado, por lo que se activó el deshumidificador haciéndola funcionar alrededor de 45 min, que es el tiempo recomendado por el compresor utilizado. Se tomaron nuevamente los datos de humedad ya con todo lo propuesto para disminuir la humedad, es decir el deshumidificador y las medidas de seguridad necesarias para un buen uso

7.3.3. Resultados día 1:

Para validar el sistema, la máquina se colocó a funcionar cuando la humedad alcanzaba un rango superior a 75 %. Por lo tanto, la máquina funcionaba cuando la humedad superaba este rango establecido. El área de refrigeración se encontraba totalmente aislada por lo tanto los factores del exterior no afectan a la toma de datos.

Se procedió a la toma de datos de la humedad cuando este factor aumentaba en el área, cuando esto pasaba no había tanta interacción entre ellos y el área de refrigeración. Con respecto a la temperatura no cambia repentinamente debido al control del termostato que posee la empresa, es por este motivo que la tabla muestra los valores tomados anteriormente antes de construir la máquina, descritos en el capítulo de toma de datos.

En el Cuadro No. 12 se muestran los resultados de la humedad obtenidos colocando la máquina a funcionar durante 45 min, esto se realizó cuando se alcanzó un porcentaje mayor a 75 % y durante este tiempo se logró reducir la humedad entre un rango 8 % y 6 %. Esto se puede observar entre el intervalo de 3 y 4.5 (Hora de la mañana), se logró reducir la humedad entre en un máximo de 4 %, y en la tarde que funcionó en la hora 6.5 se reduce la humedad en un 5 %. Para ver el cambio de la humedad se utilizó los datos registrados tomados anteriormente y los proporcionados por la empresa verificar el cambio de este factor en el área.

Por otra parte, fue indispensable realizar las medidas de seguridad propuestas ya que ayudaron a la reducción de la humedad, debido a que se redujeron factores como: evitar mucho tiempo la puerta abierta y evitar la transpiración de los vegetales dentro del área de refrigeración.

Tiempo (Horas)	Temp °C	% HR antes	% HR después
7:00 AM	12	55	59
7:30 AM	12.5	60	61
8:00 AM	12.9	66	64
8:30 AM	13.4	69	65
9:00 AM	13.3	73	74
9:30 AM	13.5	75	79
10:00 AM	13.6	88	76
10:30 AM	13.4	79	80
11:00 AM	13.9	80	74
11:30 AM	14.1	80	76
12:00 PM	14.3	82	74
12:30 PM	13.9	76	72
1:00 PM	14.3	79	65
1:30 PM	14.6	84	67
2:00 PM	14.2	72	69
2:30 PM	14.9	73	73
3:00 PM	14.9	73	68

Cuadro 12: Resultados obtenidos de la humedad del área al activar la máquina.

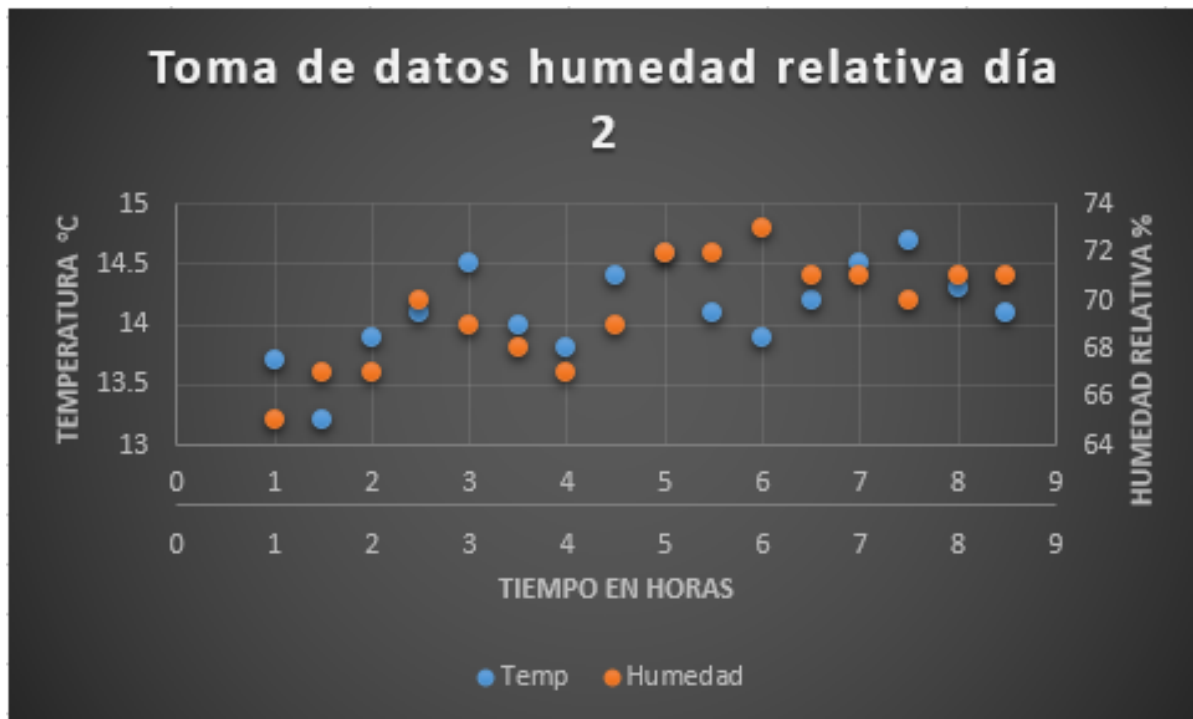


Figura 47: Representación de la toma de datos factor humedad día 1

n	16
Media	69.3125
σ	2.0832
s	2.1515
Σx	1109
Σx^2	76937
Mín	66
Q1	68
Mediana	69
Q3	71
Máx	73

Figura 48: Datos estadísticos, resultados día 1

Para realizar un análisis de la humedad, se realizaron estos análisis estadísticos, donde se utilizaron los datos obtenidos durante el funcionamiento del deshumidificador construido. De esta manera se encontró con una mediana de 69 % esto quiere decir que la humedad se logró reducir a un porcentaje menor al que anteriormente se presentaba en el área, debido a que la humedad se encontraba en rangos de 75 % para arriba. Para lograr esto, la máquina se activó cuando el porcentaje de humedad superó el rango adecuado y junto con las medidas de seguridad propuestas, se logró este promedio de porcentaje de humedad durante la jornada de producción. Como se puede observar se logró reducir la humedad hasta un mínimo de 66 %, ya que anteriormente el mínimo era de 69 %. También podemos observar que el mayor dato de porcentaje de humedad obtenido el mismo día antes de probar la máquina fue de 73 %, y después se obtuvo un máximo de 69 %. Como se puede observar se obtuvo una desviación estándar alta, esto debido a que la humedad es variante dependiendo del comportamiento de la humedad durante el día.

7.3.4. Resultados día 2

Seguidamente se volvieron a tomar los datos de la humedad presentes en el cuarto de refrigeración, y se obtuvieron los siguientes registros de datos de la humedad. Siempre tomando en cuenta que el cuarto se encontraba aislado.

Tiempo (Horas)	Temp°C	HR % Antes	HR % después
7:00 AM	13.7	69	59
7:30 AM	13.2	68	66
8:00 AM	13.9	70	69
8:30 AM	14.1	77	71
9:00 AM	14.5	78	73
9:30 AM	14	82	77
10:00 AM	13.8	85	76
10:30 AM	14.4	79	73
11:00 PM	14.6	72	69
11:30 PM	14.1	80	71
12:00 PM	13.9	78	69
12:30 PM	14.2	76	71
1:00 PM	14.5	80	73
1:30 PM	14.7	77	72
2:00 PM	14.3	83	76
2:30 PM	14.1	71	68
3:00 PM	14.1	71	68

Cuadro 13: Recolección de datos día 2

n	16
Media	70.375
σ	3.3518
s	3.4617
Σx	1126
Σx^2	79422
Mín	60
Q1	68.5
Mediana	72
Q3	72.5
Máx	74

Figura 49: Datos estadísticos resultados día 2

Este día fue de lluvias, poco sol y con humedad alta en el ambiente. En la Cuadro No. 13 se muestran los resultados de la humedad tomados este día utilizando siempre el datta logger. La máquina estuvo funcionado en su totalidad 1:00 hora y 30 minutos durante el día. Se tomaron los datos nuevamente y la humedad no había cambiado significativamente hasta que se alcanzó la mayor producción de cajas. Por lo tanto, la máquina se activó por

primera vez durante la mañana, al terminar su funcionamiento se fueron registrando los datos, se puede observar que durante este tiempo se logró reducir la humedad en un 3%. Seguidamente la humedad vuelve a su normalidad haciendo que la máquina se desactive, volviendo a funcionar en la tarde donde se registró que la máquina reduce la humedad en un 6%

7.3.5. Resultados finales

Tiempo (Horas)	Temp°C	día 1 (%)	día 2 (%)	día 3 (%)
7:00 AM	12	59	59	58
7:30 AM	12.5	66	67	69
8:00 AM	12.9	69	68	73
8:30 AM	13.4	71	73	78
9:00 AM	13.3	73	74	75
9:30 AM	13.5	77	76	77
10:00 AM	13.6	76	77	76
10:30 AM	13.4	73	79	77
11:00 AM	13.9	69	76	75
11:30 AM	14.1	71	73	74
12:00 PM	14.3	69	72	76
12:30 PM	13.9	71	74	76
1:00 PM	14.3	73	71	74
1:30 PM	14.6	72	71	73
2:00 PM	14.2	76	74	73
2:30 PM	14.9	68	70	72
3:00 PM	14.9	68	69	74

Cuadro 14: Comparación humedad relativa

En el Cuadro 14 se observa los datos obtenidos por parte de los trabajadores en el área de refrigeración. Estos porcentajes se obtuvieron con ayuda del deshumidificador construido y las medidas de seguridad analizadas y proporciones para reducir este factor. Se puede observar que las personas encargadas del área mantuvieron un porcentaje menor al que anteriormente se identificaba en el lugar. Se obtuvo una humedad mínima de 58 y una máxima de 79. Por lo tanto, los trabajadores pudieron aplicar lo propuesto y usar la máquina satisfactoriamente, obteniendo como resultado una disminución de la humedad relativa.

7.3.6. Comparaciones entre deshumidificadores industriales y deshumidificador realizado

En el cuadro No. 15 se muestran los deshumidificadores industriales propuestos para la empresa, de acuerdo al espacio analizado y al presupuesto de la empresa, se seleccionaron estos dos deshumidificadores. El mejor deshumidificador industrial es Timbertech con un costo de Q.3120.

Nombre del deshumidificador	Potencia (W)	l/h	Costo(dolares)
Trotec TTK	560 W	1.5	869
Timbertech	1150 W	2.2	400

Cuadro 15: Potencia de deshumidificadores industriales

Nombre del deshumidificador	Potencia (W)	l/h	Costo(dolares)
DH711	250 W	0.41	219
DH716	260 W	0.83	278

Cuadro 16: Potencia de deshumidificadores hogareños

En el cuadro No. 16 se muestran los deshumidificadores hogareños propuestos para la empresa, de acuerdo al espacio analizado y al presupuesto de la empresa, se seleccionaron estos dos deshumidificadores. El mejor deshumidificador industrial es Timbertech con un costo de Q.3120.

Nombre del deshumidificador	Potencia (W)	l/h	Costo(Q.)
Deshumidificador reciclado	476 W	0.28	1,480

Cuadro 17: Potencia de deshumidificadores reciclado

En el cuadro No. 17 se muestran los deshumidificadores industriales propuestos para la empresa, de acuerdo al espacio analizado y al presupuesto de la empresa, se seleccionaron estos dos deshumidificadores. El mejor deshumidificador industrial es Timbertech con un costo de Q.3120.

Para realizar el sistema de control ON/OFF que se le aplicará al compresor, se armó y diseñó un circuito eléctrico con los siguientes componentes: Microcontrolador ATMEGA328P, sensor DHT11, un optoacoplador, un relé, resistencias, un transistor, una bornera y un pushbutton. El circuito tiene como propósito de activar automáticamente el proceso de deshumidificación cuando la humedad se encuentre por arriba de 75 %, ya que, por arriba de ese porcentaje, ya el área se encuentra con humedad alta.

Para la construcción del circuito se seleccionaron los componentes por las siguientes características:

El relé de 10 MA debido a la corriente que los componentes demandan. Para el cálculo de la corriente máxima se realizó lo siguiente:

$$V_{rms} = \frac{V_{max}}{\sqrt{2}}$$

(1)

Utilizando la ecuación anterior se obtuvo como resultado:

$$V_{rms} = \frac{127}{2} = 89.80V \quad (2)$$

Ya que el compresor utilizado es de 1/4 hp de potencia se procede a calcular la corriente utilizada por el compresor:

$$I_{rms} = \frac{745.7}{89.80} = 8.30A$$

(3)

El optoacoplador de transistor se utilizó ya que separa los circuitos del microcontrolador y el compresor, los cuales funcionan independientemente. El microcontrolador funciona con una batería de 9V y el compresor se conecta directamente a la pared. Para la construcción del circuito final se utilizó el esquema que se presenta a continuación:

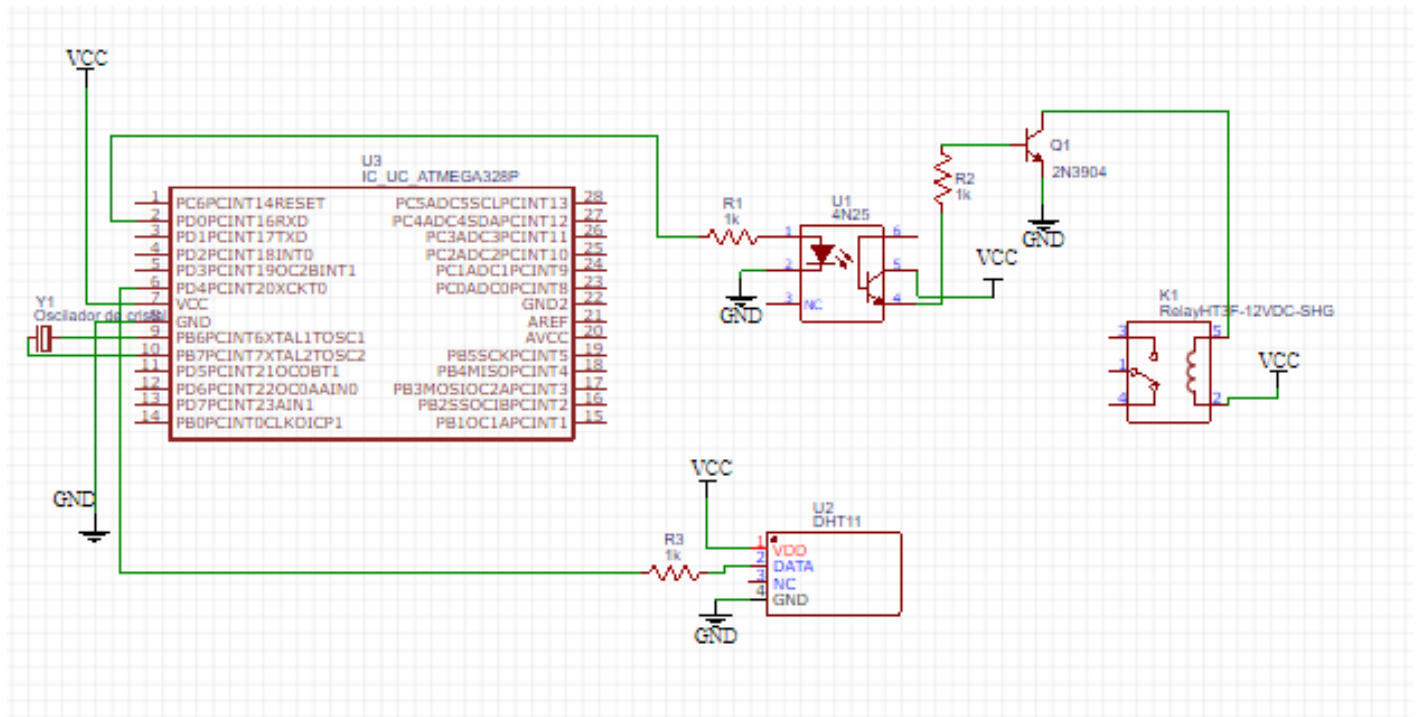


Figura 50: Esquemático del circuito de control

En la Figura 43 se muestra el esquemático utilizado para la construcción del circuito de control. Para su diseño se utilizó el programa Easy Eda, en donde se encontraban los componentes utilizados, por lo tanto, se fueron buscando, y armando el circuito.

8.0.0.1. Construcción del circuito de control

Para construir el circuito de control, antes de utilizarlo en el sistema construido, se realizaron las primeras pruebas utilizando un protoboard y una placa de Arduino, con la finalidad de simular el accionamiento del compresor. Para ello se utilizaron dos leds, uno de color verde el cual simboliza que la humedad se encuentra en el rango adecuado, y el otro de color azul que representa que hay un exceso de humedad.

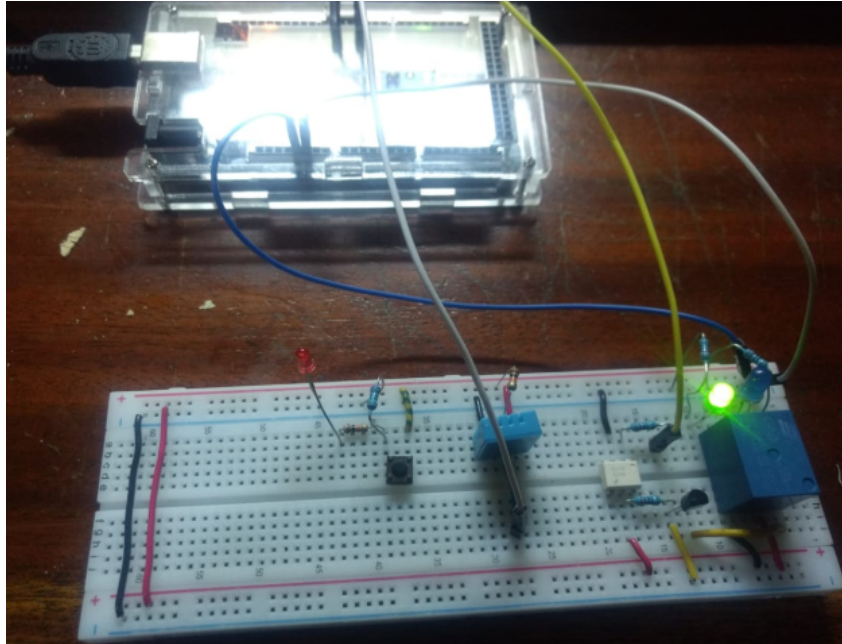


Figura 51: Led verde accionado

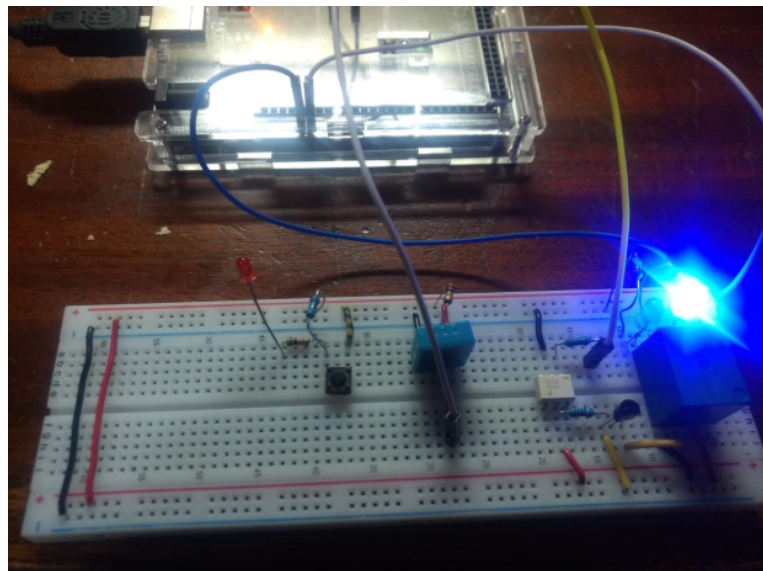


Figura 52: Led azul accionado

En las figuras 51 y 52 se puede apreciar el circuito en funcionamiento, el cual representa la activación del proceso de deshumidificación, color verde se encuentra apagado y color azul se encuentra funcionando, se apaga hasta llegar a una humedad adecuada.

8.0.1. Diseño de la placa

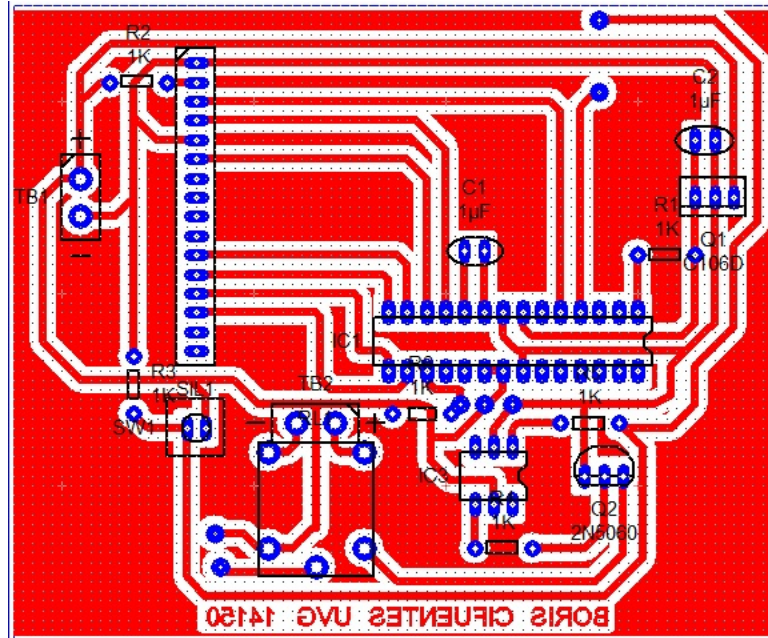


Figura 53: PCB1

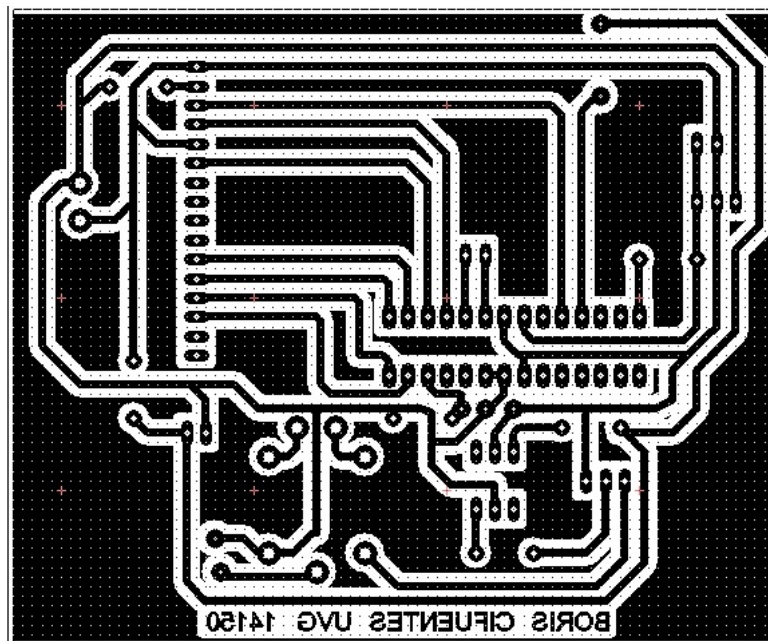


Figura 54: PCB2

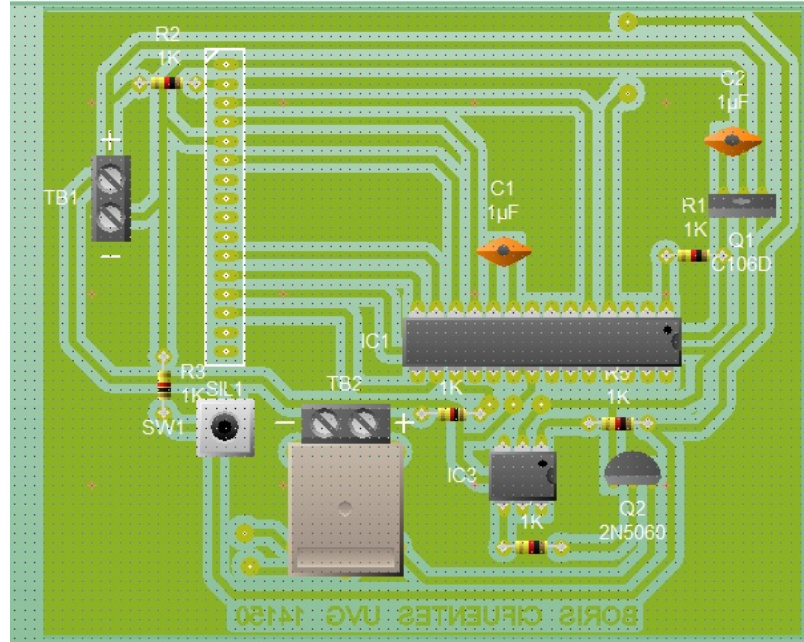


Figura 55: Diseño de la placa final en 3D

En las figuras 53, 54 y 55 se muestran los componentes integrados utilizados para el diseño del circuito de control. Para realizar la placa se utiliza fibra de vidrio y se consideró hacerla lo más reducido posible, ya que ubicara en una caja de aluminio y el sensor a utilizar fuera del circuito. También para el diseño se consideró que tuviera los menos puentes posibles, para el diseño de la placa se realizó únicamente un puente. Para elaborar la placa se consideraron los componentes necesarios para activar el microcontrolador como lo son el regulador 7805 y el oscilador de 16 MHz.

Para realizar las respectivas uniones de la pared al relé y de este al compresor se reemplazaron los leds por una bornera, el cual servirá como medio de unión de estos dispositivos para su funcionamiento, para ello se empalmaron las respectivas conexiones y se utilizó un material termoencogible para mayor seguridad. Se utilizaron pines macho para colocar la LCD, la cual tiene como objetivo mostrar la humedad y la temperatura en tiempo real, y gracias a ella se fueron registrando los datos en tiempo real de los datos tomados cuando se activó el deshumidificador.

- Utilizando los componentes seleccionados y los componentes del proceso de deshumidificación se puede lograr reducir la humedad entre un rango de 10 % - 15 %, tomando en cuenta las respectivas medidas de seguridad brindadas.
- La humedad es un factor que aumenta dependiendo del clima del día, haciendo que el proceso de deshumidificación se active por más tiempo, es decir hasta dos horas de funcionamiento.
- La humedad se logró reducir hasta en un porcentaje mínimo de 67 % y se obtuvo un máximo de 74 %.
- El cambio de la humedad presente en el cuarto de refrigeración no es repentino, es decir que durante cada hora la humedad aumenta en un rango de 2 % a 4 %, y en días lluviosos aumenta en un rango de 4 % a 6 %.
- Se concluyó que un deshumidificador reciclado saca 0.28 l/h de agua al funcionar una hora, en cambio un deshumidificador hogareño e industrial con una potencia similar obtiene entre 0.83 a 1.5 litros de agua en una hora, sin embargo el costo de estos aparatos es más elevado que el deshumidificador hecho con materiales reciclados.

- Se recomienda utilizar el deshumidificador construido en el cuarto donde se realizó el estudio de la humedad, esto es debido a que en otros lugares la humedad puede exceder del 100 %.
- Ya que la empresa posee días de producción en donde el llenado de cajas es alto, se recomienda un compresor y un ventilador con mayor potencia para cubrir todo el cuarto de refrigeración y así la humedad se podrá mantener uniforme en toda el área.
- Seguir las medidas de seguridad que se propusieron ya que esto ayuda a la máquina a trabajar menos y es un requisito indispensable para reducir el porcentaje de humedad.
- Se recomienda revisar el estado del compresor y evaporador, es decir que verificar que el compresor no se está calentando más de lo debido. Al llegar a suceder se debe de cambiar inmediatamente. Esto se pronostica de aquí a unos 6 meses después de haber realizado la implementación ya que el compresor utilizado es nuevo, pero debido al uso constante, se debe de monitorear continuamente.
- Si no se tiene el presupuesto necesario para invertir en un deshumidificador hogareño o industrial se recomienda colocar a trabajar más tiempo el deshumidificador reciclado, ya que al funcionar 3 horas, obtiene la misma cantidad de agua que un deshumidificador industrial, siempre tomando en cuenta las medidas de seguridad para los componentes que lo conforman.

- [1] T. C. Rica, “Secado, procesamiento y almacenamiento de semillas forestales”, *catie*, vol. 50, págs. 2-15, 2010.
- [2] W. C. Whitman y W. M. Johnson, “Tecnología de la refrigeración y Aire Acondicionado”, *Refri*, vol. 1, págs. 2-56, 2013.
- [3] J. M. F. Lijó, “Control de Refrigeración”, *UNED*, vol. 2, págs. 70-95, 2014.
- [4] c. E. Carrión y J. P. Navarro, “Termoquímica 1”, *Valencia*, vol. 2, págs. 333-1370, 2013.
- [5] J. M. F. Lijó, “Manual de Refrigeración”, *Reverte*, vol. 2, págs. 70-95, 2012.
- [6] A. Luszczweski, “Redes industriales de tubería, bombas para agua, ventiladores y compresores”, *Reverte*, vol. 2, págs. 88-130, 2014.
- [7] c. E. Carrión y J. P. Navarro, “Termoquímica 1”, *Valencia*, vol. 2, págs. 333-1370, 2013.
- [8] L. G. C. Ramirez y G. S. A. Jimenez, “Sensores y actuadores”, *Reverte*, vol. 2, págs. 769-790, 2016.
- [9] M. H. Rashid, “Electronica de Potencia: circuitos, dispositivos y aplicaciones”, *Reverte*, vol. 2, págs. 769-790, 2016.

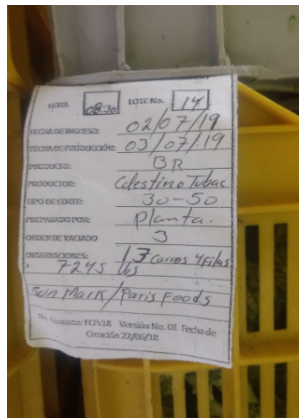


Figura 56: Control de llenado de vegetales



Figura 57: Control de temperatura



Figura 58: Visita técnica

12.0.1. Entrevista con el personal de la Empresa Arlusa

Entrevista

Boris: Buenos días, soy estudiante de la Universidad del Valle de Guatemala, para realizar el proyecto de control de la humedad, necesitare información acerca del traslado de vegetales hacia el cuarto interés, y así identificar claramente el motivo de exceso de humedad. La información brindada será de forma confidencial, pero se utilizará durante el proceso de investigación para la construcción del sistema de control que conjunto con las medidas de seguridad que se brindaran, ayude a reducir tal problema.

Personal de la Empresa: Está bien, nosotros le decimos lo que usted necesita.

Boris: ¿Podría decirme como empieza el proceso de los vegetales, hasta llegar al punto clave que es el área de refrigeración?

Personal de la empresa: Como primer punto Arlusa es reconocida a nivel nacional e internacional por ser una empresa exportadora de vegetales y frutas congeladas, entre los principales vegetales que se pueden mencionar son: brócoli y ajonjolí. Todo comienza en el campo donde hacemos posible el cultivo de estos vegetales. Para ello se utiliza insumos certificados y de alta calidad, los cuales promueven seguridad a nivel internacional. también contamos con personal altamente calificado que se encarga del proceso de campo, y así al pendiente de algún problema que se presente en esa área. Por lo tanto, el talón de Aquiles de nuestra empresa es el campo, ya que es el encargado de brindarnos nuestros vegetales, por lo que tratamos de cuidarlo para aprovecharlo al máximo y así mismo proteger el medio ambiente, ya que se toman las medidas de seguridad necesarias para no explotarlo al máximo, y así no dañarlo.

Al finalizar el proceso del campo los vegetales, principalmente el brócoli es trasladado a nuestra planta de producción. Nuestros trabajadores se encargan de cortar los vegetales producidos, principalmente el brócoli, los cuales al se guardan en cajas. Al terminar este proceso se trasladan al cuarto de refrigeración.

Por último, los vegetales son trasladados al a una banda transportadora, donde se ve-

rifica que no existe alguna basura o material que no sean los vegetales, ya que con eso son trasladados al cuarto de congelados, donde pueden quedarse aproximadamente dos años, y se puede comer sin ningún problema.

Boris: Muchas gracias por la información, la siguiente pregunta es ¿Cuántas cajas de brócoli llenan producen por día?

Personal de la empresa: El proceso de producción depende de nuestro clima, pero generalmente producimos aproximadamente 5 cajas por hora la cual se colocan principalmente en los cuartos de mayor tamaño, al llenar este cuarto, nos trasladamos al cuarto de su interés donde se presenta un exceso de humedad relativamente grande. Por falta de espacio trasladamos los vegetales ahí, a pesar del problema que posee.

Boris: ¿Durante el día hay una constate entrada y salida al cuarto de refrigeración?

Personal de la empresa: Sí, ya que el llenado de vegetales se realiza rápido, por lo tanto, debemos de movernos con mucha rapidez a dejar las cajas para refrigeración. Al momento de trasladar las cajas a los cuartos los hacemos muy rápido, que únicamente dejamos los vegetales en la entrada principal del cuarto grande y pequeño. Seguidamente trasladamos las cajas al cuarto de congelación, donde termina el proceso de cultivo de los vegetales.

Boris: ¿Qué problemas afectan actualmente la producción de vegetales? Podría describir cual es el resultado de estos problemas en el proceso de refrigeración

Personal de la empresa: Actualmente hemos notado que en el cuarto pequeño de refrigeración existe un exceso de humedad mayor a los demás. Este problema ha afectado a nuestros vegetales provocando pérdidas en la producción y en la calidad.

Boris: ¿Cómo controlan la temperatura del evaporador ubicado en el cuarto de refrigeración?

Personal de la empresa: Para controlar la temperatura tenemos un termostato el cual al llegar a 45 C apaga el evaporador.

Boris: ¿Están de acuerdo que les brinden medidas de seguridad, que junto con la máquina que construiré ayude a reducir el exceso de humedad?

Personal de la empresa: Sí, estamos de acuerdo debido a que desconocemos el tema de humedad relativa y quisiéramos evitarla para los próximos cultivos.

12.0.2. Manual del usuario

Para el uso de la máquina construida se deben de seguir las siguientes medidas de seguridad, antes de utilizarlas:

- Ya que la humedad se encuentra en un rango alto es decir mayor al 75 %, se recomienda a los trabajadores usar el equipo adecuado al momento de ingresar al cuarto de refrigeración. Entre estos se puede mencionar: mascarilla protectora para la boca y

casco para cubrir la cabeza. Esto ayudara a evitar infecciones respiratorias las cuales se pueden contraer por la alta humedad presente en el área.

- Se observó que al terminar el llenado de una caja se ingresa inmediatamente al área de refrigeración. Por lo tanto, debido a la transpiración de los vegetales, la humedad en la habitación aumenta, es por qué se debe de esperar unos 20 min, antes de ingresarlos.
- Al momento de colocar las cajas llenadas de vegetales se deben de colocar al fondo de la habitación y no al principio, esto ayudara a una uniformidad de la humedad, y que no se concentre en un solo lugar.
- Mantener la puerta cerrada al momento de entrar y salir de área de refrigeración.

12.0.3. Precauciones generales:

- El compresor no podrá ser accionada sin un protector de acoplamiento, el cual se encuentre instalado correctamente.
- El compresor no se debe utilizar y accionar debajo de la corriente y el voltaje indicado.
- Bloquear la alimentación del compresor siempre y cuando se quiera desmontar el deshumidificador
- El compresor, evaporador y el condensador no debe ser utilizada sin los dispositivos de seguridad indicados para su movilidad.
- El compresor no se debe accionar sin que se verifique que el relé de accionamiento se encuentre colocado correctamente.
- Equipo de seguridad al usar el deshumidificador: Guantes de trabajo aislantes al trabajar con el condensador y evaporador zapatos contra agua para proteger los pies al momento de cargar con la máquina.
- Al momento de verificar la humedad correspondiente se debe de revisar la caja de circuito electrico ya que los componentes pueden tener corrosión o agua, y se deben de reemplazar si se requiere. También revisar que los tornillos se encuentren apretados y que no falte ni uno.
- No hacer funcionar el compresor sin que los reles se encuentren en buen estado.
- Asegurarse de verificar que el compresor se encuentre funcionando correctamente es decir que no este caliente, de lo contrario se pueden generar chispas, calor inesperado y/o fallos prematuros.
- Asegurarse de que estén cerrados todos los puntos en lo que puede producirse una entrada de agua al circuito de control del deshumidificador.
- No intentes reemplazar algun componente del deshumidificador sin haber bloqueado el compresor.
- Asegurarse que el compresor se encuentre aislado del sistema, es decir que entre en contacto con algun tubo capilar que lo conforma.

12.0.4. Medidas ergonómicas:

- Los componentes que conforman el deshumidificador son muy pesadas y fragiles por lo que debe utilizar alguna herramienta de transporte adecuado para seguridad, del compresor y del evaporador. Se recomienda usar zapatos de punta de acero siempre.
- En lugar de trabajo donde se encuentren el deshumidificador se debe de tener a la mano elementos de descontaminación adecuados, ya que generalmente se concentra hojas pedazos de brócoli alrededor de la máquina. .
- El usuario que se encargue del uso del deshumidificador debe de estar capacitado y informado acerca de las medidas de seguridad proporcionadas, para ello se debe tener el manual a la vista en la oficina de trabajo, y así evitar futuros inconvenientes de funcionamiento de la máquina..
- Bloquee la alimentación del compresor para impedir puestas en marcha accidentales al momento de haber pasado 1 hora de su accionamiento.
- Llevar guates de trabajo gruesos al momento de verificar el estado del compresor y los demas componentes electricos.
- En lugar de trabajo se deben de tener guantes aislantes al manejar el compresor debido al calor producido.

