

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Electrónica

Tesis

**Diseño del sistema de control de temperatura de  
un invernadero para el cultivo de arándanos en  
el anexo de Cullpa - El Tambo, 2021**

Jesús Ángel Utus Crispín

Para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Electrónico

Huancayo, 2021

Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

## **ASESOR**

Ing. Eulogio Alberto Pari Aguilar

## **AGRADECIMIENTO**

A los docentes de la carrera de Ingeniería Electrónica por sus enseñanzas, consejos, asesoramiento y comprensión.

A la empresa donde laboro por su apoyo, paciencia y comprensión en la elaboración y culminación del trabajo de investigación.

A mi asesor de investigación por su permanente guía en la culminación de la tesis.

## **DEDICATORIA**

A Dios y a mis padres con profundo cariño, por su apoyo permanente en la culminación de mi carrera profesional.

# ÍNDICE

Asesor .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Dedicatoria .....	iv
Índice.....	v
Lista de figuras.....	vii
Lista de tablas .....	ix
Resumen.....	x
Abstract.....	xi
Introducción.....	xii
<b>CAPÍTULO I.....</b>	<b>13</b>
<b>PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO .....</b>	<b>13</b>
1.1. Planteamiento y formulación del problema .....	13
1.1.1. Planteamiento del problema .....	13
1.1.2. Formulación del problema.....	15
1.1.2.1 Problema general .....	15
1.1.2.2 Problemas específicos.....	15
1.2. Objetivos de la investigación.....	16
1.2.1. Objetivo general .....	16
1.2.2. Objetivos específicos.....	16
1.3. Justificación de la investigación .....	16
1.3.1. Justificación teórica .....	16
1.3.2. Justificación práctica .....	17
1.3.3. Justificación social.....	17
1.3.4. Justificación económica.....	17
1.4. Descripción de las variables .....	18
<b>CAPÍTULO II.....</b>	<b>19</b>
<b>MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>19</b>
2.1. Antecedentes del problema .....	19
2.1.1. Tesis nacionales e internacionales.....	19
2.2. Bases teóricas .....	24
2.2.1. Diseño del sistema de control de temperatura .....	24
2.3. Definición de términos básicos .....	42

<b>CAPÍTULO III</b> .....	<b>44</b>
<b>METODOLOGÍA</b> .....	<b>44</b>
3.1. Método y alcance de la investigación .....	44
3.1.1 Métodos de investigación.....	45
3.1.1.1. Métodos generales .....	45
3.1.1.2. Métodos específicos .....	45
3.1.2. Tipo de investigación .....	45
3.1.3. Nivel de investigación .....	45
3.2. Diseño de investigación .....	46
3.3. Población y muestra .....	47
3.3.1. Población.....	47
3.3.2. Muestra .....	47
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	47
3.4.1. Técnicas de análisis de datos .....	47
3.4.2. Instrumentos.....	47
3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos .....	48
<b>CAPÍTULO IV</b> .....	<b>71</b>
<b>ANÁLISIS Y DISEÑO</b> .....	<b>71</b>
4.1. Identificación de requerimientos .....	71
4.2. Análisis de la solución.....	71
4.3. Diseño.....	73
4.4. Construcción .....	78
Conclusiones.....	80
Referencias .....	81
Anexos .....	84

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Estructura de producción de energía primaria en el Perú .....	27
Figura 2. Energía radiada por el sol y la tierra.....	29
Figura 3. Espectro de radiación solar fuera de la atmósfera de la Tierra (curva 1) y a nivel del mar para condiciones de cielo despejado (curva 2). .	30
Figura 4. Distribución espectral de energía radiada a partir de cuerpos negros a diferentes temperaturas.....	32
Figura 5. Contención de calor en el interior de un invernadero .....	33
Figura 6. Distribución del aire en el interior del invernadero. ....	35
Figura 7. Sistema de bloque básico de control.....	42
Figura 8. Arduino nano.....	49
Figura 9. Arduino mega .....	50
Figura 10. Pic16f628a .....	51
Figura 11. Cables calefactores paralelos .....	53
Figura 12. Calefactor ventilador hv031 .....	54
Figura 13. Calentador de cerámica PTC .....	55
Figura 14. Ventilador V-FloFan .....	57
Figura 15. Ventilador horizontal.....	58
Figura 16. Sensor lm35 .....	60
Figura 17. Sensor ntc10 .....	61
Figura 18. Diagrama de flujo estándar de un control de temperatura. ....	65
Figura 19. Diagrama de flujo del control de temperatura .....	66
Figura 20. Panel solar .....	67
Figura 21. Regulador de tensión .....	68
Figura 22. Baterías solares .....	68
Figura 23. Inversor solar .....	69
Figura 24. Plano estructural del invernadero en Cullpa.....	72
Figura 25. Programación del control de temperatura .....	74
Figura 26. Diagrama esquemático de la etapa de potencia en Proteus .....	75
Figura 27. Circuito de potencia.....	75
Figura 28. Pcb impreso con los componentes.....	75
Figura 29. Conexiones esquemáticas en el protoboard .....	76

Figura 30. Prueba de enfriamiento utilizando un ventilador .....	77
Figura 31. Prueba de calentamiento utilizando un foco.....	77
Figura 32. Prueba de temperatura estable .....	77
Figura 33. Sistema de alimentación para el invernadero .....	78
Figura 34. Diseño de un sistema de control de temperatura .....	79

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización de variables.....	18
Tabla 2. Estimación de la media mensual de radiación solar diaria en Perú ...	26
Tabla 3. Clasificación de estrategias de control planteada por Seborg .....	37
Tabla 4. Descripción de técnicas de control del clima de un invernadero utilizadas por distintos autores .....	39
Tabla 5. Temperatura promedio en la locación de Cullpa .....	48
Tabla 6. Características del fruto de arándano.....	48
Tabla 7. Evaluación de producto, microcontrolador Arduino Nano.....	52
Tabla 8. Evaluación de producto, microcontrolador Arduino mega .....	52
Tabla 9. Evaluación de producto, microcontrolador pic16f628a .....	52
Tabla 10. Puntuación del valor de producto. ....	52
Tabla 11. Evaluación de producto, actuador cables calefactores paralelos .....	56
Tabla 12. Evaluación de producto, actuador cables calefactores ventilador ....	56
Tabla 13. Evaluación de producto, actuador cables calefactores ventilador ....	56
Tabla 14. Puntuación del valor de producto .....	56
Tabla 15. Ventilador de circulación V-FloFan.....	59
Tabla 16. Ventilador circular horizontal .....	59
Tabla 17. Puntuación del valor de producto .....	59
Tabla 18. Evaluación de producto, sensor lm35.....	62
Tabla 19. Evaluación de producto, sensor NTC10 .....	62
Tabla 20. Puntuación del valor de producto .....	62
Tabla 21. Datos para la cantidad de paneles .....	69
Tabla 22. Tipos de inversores .....	70
Tabla 23. Requerimientos para el control de temperatura .....	71
Tabla 24. Características del invernadero .....	72
Tabla 25. Dimensiones del invernadero .....	72

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como objetivo diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021. Se aplicó como diseño metodológico, una investigación de nivel descriptivo, de diseño no experimental, transaccional. Por la naturaleza de la investigación se tiene un estudio de caso. Como técnica de recolección de datos se aplicó el análisis documental y como instrumento de investigación la ficha técnica. Se logró diseñar un sistema de control de temperatura, permitiendo la identificación de valores que faciliten el funcionamiento de los dispositivos que conforman el invernadero, con el objetivo de generar el ambiente adecuado para el crecimiento de los arándanos.

**Palabras claves:** control de temperatura de un invernadero, cultivo de arándanos

## **ABSTRACT**

The objective of this research work was to design a temperature control system for a greenhouse in the cultivation of blueberries in the annex of Cullpa - El Tambo, 2021. A descriptive level investigation, of non-experimental design, was applied as a methodological design., transactional. By the nature of the research there is a case study. As a data collection technique, the documentary analysis was applied and the technical sheet as a research instrument. It was possible to design a temperature control system, allowing the identification of values that facilitate the operation of the devices that make up the greenhouse, with the aim of generating the right environment for the growth of blueberries.

**Keywords:** cultivation of blueberries, temperature control of a greenhouse

# INTRODUCCIÓN

“El invernadero es una opción favorable para la agricultura. Está formado por una estructura metálica cubierta por materiales translúcidos para conseguir la máxima luminosidad en el interior. Dentro, se obtienen condiciones artificiales (microclima) que genera a las plantas una mayor productividad con un mínimo costo y en menos tiempo. Resguarda a las plantas o cultivos que están en su interior de daños ambientales como heladas, fuertes vientos, granizo, plagas de insectos, etc.” (1).

En ese contexto la investigación tiene como motivación diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.

En el Capítulo I se detalla lo referente al planteamiento del estudio, se desarrolla la delimitación de la investigación, se formulan los problemas, los objetivos y la justificación de la investigación.

El Capítulo II corresponde al marco teórico y conceptual, donde se exploran los antecedentes, se analizan las bases teóricas de este estudio y la definición de los términos básicos.

En el Capítulo III se plantea la metodología de la investigación, donde se analiza el tipo y diseño de la investigación, la población y muestra, asimismo, las técnicas para la recolección de datos, la descripción de los instrumentos para el manejo de información, así como también la validez y confiabilidad de instrumentos, además las técnicas para el procesamiento y análisis de los datos.

En el Capítulo IV se analizan los resultados de la investigación, se desarrolla la presentación e interpretación de los datos obtenidos en tablas, gráficas, figuras y la discusión de resultados.

Finalmente, se plantean las conclusiones y recomendaciones del estudio.

# **CAPÍTULO I**

## **PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO**

En el presente capítulo se establecen las delimitaciones, planteamiento, formulación del problema, objetivo de la investigación y justificación que ayudan a su gestión y desarrollo.

### **1.1. Planteamiento y formulación del problema**

El diseño del sistema de control de temperatura se analizó con las dimensiones: sensores y actuadores, algoritmo de control, sistema de alimentación de energía por paneles fotovoltaicos, En tanto, la variable Invernadero para el cultivo de arándano con las dimensiones: características del invernadero y clima para su producción. La tesis se desarrolló en el anexo de Cullpa, ubicado en el distrito de El Tambo, perteneciente a la provincia de Huancayo, región Junín. El estudio consideró como línea de tiempo al periodo 2021.

#### **1.1.1. Planteamiento del problema**

“El invernadero es una opción favorable para la agricultura. Está formado por una estructura metálica o de plástico cubierta por materiales translúcidos para conseguir la máxima luminosidad en el interior. Dentro, se obtienen condiciones artificiales (microclima) que genera a las plantas una mayor productividad con un mínimo costo y en menos tiempo.

Resguarda a las plantas o cultivos, que están en su interior, de daños ambientales como heladas, fuertes vientos, granizo, plagas de insectos, etc.” (1).

Así, “con respecto al crecimiento de plantas cultivadas bajo invernaderos, se tiene como ventajas la intensificación de la producción, el aumento de rendimientos, menor riesgo de producción, uso más eficiente de insumos, un mejor control de plagas, malezas y enfermedades; posibilidad de cultivar todo el año, la obtención de productos fuera de temporada, obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas, obtención de productos de alta calidad, mayor comodidad y seguridad, además de condiciones ideales para investigación” (1).

En la actualidad, “existe una alta demanda del consumo de arándanos especialmente por un mercado externo donde Estados Unidos, Países Bajos y Canadá lideran el consumo internacional” (2).

Pero “el mercado interno de Perú también ha elevado su consumo de arándano por los beneficios que tiene, como en los casos de Alzheimer, que reduce la degradación de las funciones cerebrales, por su contenido antioxidante evita tipos de cáncer de colon y de mama, disminuye la probabilidad de problemas cardiacos, mejora la memoria, previene la diabetes, entre otros beneficios” (3).

“La zona costera del Perú se adapta bien a la producción de arándanos. La región La Libertad concentra el 90% de la producción nacional, otras zonas de cultivo corresponden a Huaral, Cañete, entre otras jurisdicciones de la región Lima” (1).

“Los arándanos crecen mejor en climas moderados. Una vez que las plantas rompen la latencia se vuelven muy sensibles a las bajas temperaturas. Veranos nublados reducen la calidad de la fruta y favorecen la propagación de hongos. Así también, veranos muy calurosos pueden

concentrar la cosecha de la fruta, disminuir el sabor y su firmeza, además impedir una cosecha escalonada y oportuna. En cambio, las temperaturas elevadas y los vientos fuertes lo matan” (1).

Cullpa es un anexo del distrito de El Tambo, cuya condición climática tiene las siguientes características: los veranos son cortos, cómodos y nublados; los inviernos son cortos, fríos y parcialmente nublados y está seco durante todo el año. Durante el transcurso del año, la temperatura generalmente varía de 6 °C a 20 °C y rara vez baja a menos de 3 °C o sube a más de 23 °C.

En ese contexto la presente investigación tuvo como motivación determinar cómo influye el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa. En ese sentido, se planteó la investigación bajo los siguientes considerandos:

### **1.1.2. Formulación del problema**

#### **1.1.2.1 Problema general**

¿Cómo diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?

#### **1.1.2.2 Problemas específicos**

- ¿Qué tipo de sensores y actuadores son los adecuados para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?
- ¿Qué algoritmo de control es el adecuado en el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?

- ¿Cómo debe ser la interfaz de usuario del diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?

## **1.2. Objetivos de la investigación**

### **1.2.1. Objetivo general**

Diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.

### **1.2.2. Objetivos específicos**

- Identificar los sensores y actuadores adecuados para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.
- Seleccionar el algoritmo de control adecuado para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.
- Desarrollo de un sistema de monitoreo para el control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.

## **1.3. Justificación de la investigación**

### **1.3.1. Justificación teórica**

La relevancia teórica del estudio pasó por haber contrastado las bases teóricas con la realidad de la unidad de análisis. Esto permitió conocer la vigencia de las teorías o la generación de nuevas perspectivas teóricas. Debe señalarse que para conocer a profundidad las variables del estudio se incidió en el tratamiento bibliográfico de fuentes primarias en base a las publicaciones más recientes y de los autores más destacados.

### **1.3.2. Justificación práctica**

La investigación tiene una justificación social importante debido a que los beneficiarios serían los agricultores del valle del Mantaro, porque con este tipo de propuestas podrían incidir en el cultivo de una variedad importante de productos agrícolas, mejorar su producción, mejora de la calidad, entre otros beneficios. En consecuencia, generaría una mejora en los ingresos, que incidiría en la mejora de la calidad de vida del agricultor y representaría una mayor oferta de productos agrícolas para los consumidores.

### **1.3.3. Justificación social**

La investigación tiene una incidencia importante para la sociedad, puesto que el diseño propuesto, en caso de aplicarse, podría generar condiciones para que otros cultivos puedan desarrollarse en un clima como el que tiene el valle del Mantaro., que podría generar más empleo en favor de muchos ciudadanos.

### **1.3.4. Justificación económica**

La investigación tiene una justificación económica importante debido a que el precio de los arándanos en el mercado local tiene un valor superlativo en relación a otras frutas; por ende, es necesario generar mejores condiciones para su producción. La propuesta investigativa será fuente para futuras investigaciones.

## 1.4. Descripción de las variables

### 1.4.1. Variables de estudio

Diseño del sistema de control de temperatura

### 1.4.2. Operacionalización de las variables

**Tabla 1. Operacionalización de variables**

<b>Variable</b>	<b>Conceptual</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Instrumento</b>
Sistema de control de temperatura de un invernadero	Combinación de componentes que actúan conjuntamente y cumplen un determinado objetivo, en este caso la regulación de la temperatura para el cultivo de arándanos.	Sensores y actuadores  Algoritmo de control  Sistema de monitoreo	Ficha de observación

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

En el presente capítulo se establecen los antecedentes en general que se consideraron válidos para la investigación, las bases teóricas consideradas como directriz para el desarrollo de la presente investigación y la definición de términos básicos para la mejor comprensión del texto y del tema.

#### **2.1. Antecedentes del problema**

##### **2.1.1. Tesis nacionales e internacionales**

En la tesis *“Sistema de control de temperatura y de humedad para el secado de carne en la ciudad de Huancavelica”* (4), se tuvo como objetivo “diseñar e implementar el sistema de control de temperatura y humedad para mejorar el secado de carne de alpaca en la ciudad de Huancavelica” (4), aplicó como diseño metodológico “un estudio de tipo cuantitativo, aplicativo, el nivel de investigación fue explicativo, la población estuvo constituida por las temperaturas, humedad relativa (medidas en el interior del sistema electrónico de secado n1=157 para ambos casos), el estudio concluye el secador solar implementado denominado sistema de control de temperatura y humedad relativa, controla la temperatura a 41 °C en su interior en el proceso de secado o secado de carne de alpaca en la ciudad de Huancavelica” (4).

En la tesis *“Diseño, implementación y optimización de un sistema de control de temperatura para el proceso de fermentación en la elaboración de yogurt”* (5), se tuvo como objetivo “diseñar, implementar y optimizar un sistema de control de temperatura, aplicado a un proceso de fermentación en la elaboración de yogurt” (5), aplicó como diseño metodológico “una investigación aplicativo y experimental, el estudio concluye que el diseño y la implementación de la tarjeta de adquisición de datos se pudo realizar con un microcontrolador que brinda una resolución de 10 bits (1023); sin embargo, por diseño fue solo necesario utilizar 8 bits para el ADC (255) bits, logrando almacenar eficazmente los valores en temperatura enviados desde el microcontrolador al HMI” (5).

En la tesis *“Diseño de un sistema de control con periferia descentralizada para optimizar las condiciones de temperatura y presión del vapor que ingresa a fábrica en la Empresa Agroindustrial Tumán S. A. A.”* (6), se tuvo como objetivo “diseñar un sistema de control con periferia descentralizada usando como base estrategias de control para variables físicas que permita mantener las condiciones óptimas de presión y temperatura en el vapor directo enviado a fábrica” (6), aplicó como diseño metodológico “un estudio cuantitativo, el estudio concluye que el sistema de control con periferia descentralizada que se propone, permitirá el control y la optimización de las condiciones del vapor que se envía hacia fábrica” (6).

En la tesis *“Diseño de un sistema de control de temperatura en el proceso de secado de arroz, aplicando lógica difusa, para disminuir el porcentaje de quebrado de arroz, del Molino Sudamérica de Lambayeque”* (7), tuvo como objetivo “diseñar un sistema de control de temperatura, utilizando lógica difusa, para disminuir el porcentaje de quebrado de arroz en el proceso de secado, del Molino Sudamérica” (7), aplicó como diseño metodológico “una investigación aplicada y descriptiva, el estudio concluye, luego de realizar el análisis correspondiente, que en el Molino Sudamérica; se diagnosticó que el porcentaje de quebrado de arroz, debido al excesivo calor presente durante el proceso de secado de arroz,

es de entre el 5 al 6% del lote total de ingreso para el proceso. representando así una pérdida considerable para la empresa” (7).

En la tesis *“Diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta”* (8), El objetivo “controlar la temperatura de un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta” (8), aplicó como diseño metodológico “un estudio aplicado, el estudio concluye que aplicando el PLC Modicon m241 tm241ce24r que tiene el bloque proporcional integral derivativo (PID) y su ajuste PWM que integra el controlador, se logró controlar la temperatura a un 1.8% de error del set\_point (punto de referencia)” (8).

En la tesis *“Desarrollo de un sistema de monitoreo y control microclimático en apoyo al cultivo de arándanos en invernadero en la ciudad de Caraz, departamento de Áncash”* (9), se tuvo como objetivo “desarrollar un sistema de monitoreo y control microclimático de temperatura y humedad en apoyo al cultivo de arándanos en invernaderos en la ciudad de Caraz, departamento de Áncash” (9), el estudio concluye que “se realizó diseño e implementación de un sistema, que permitió monitorear y controlar las variables microclimáticas en el invernadero, que se obtuvieron en las zonas localizadas del invernadero, para realizar el promedio de los valores obtenidos y generar un análisis respecto a la estación de cosecha del cultivo” (9).

En la tesis *“Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de humedad y temperatura para invernaderos con administración snmp”* (10), se tuvo como objetivo “diseñar e implementar un sistema de monitoreo y control de humedad y temperatura para invernadero con administración snmp, aplicó como diseño metodológico un estudio descriptivo-explicativo, deductivo-analítico” (10), el estudio concluye que “la elaboración de un circuito y programación para que cumpla con los estándares de un protocolo determinado requieren de un nivel muy elevado de conocimientos y de investigación para su elaboración, debido

a que dicho sistema debe poder ser analizado, testeado y ser compatible con los demás equipos o sistemas bajo el mismo protocolo” (10).

En la tesis *“Implementación de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache”* (11), se tuvo como objetivo “implementar un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache” (11), aplicó como diseño metodológico “el tipo de investigación exploratoria-descriptiva-experimental y de campo; el estudio concluye, por medio de la información adquirida referente a la automatización y control de temperatura, que se puede concluir cuáles son los elementos destinados para el desarrollo de un sistema de implementación que permita registrar y controlar la temperatura de acuerdo a las necesidades de requeridas” (11).

En la tesis *“Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero ‘Clara Llumiquinga’ sector de Patután, provincia de Cotopaxi”* (12), se tuvo como objetivo “implementar un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero “Clara Llumiquinga” en el sector de Patután, provincia de Cotopaxi, mediante un sistema automático y manual para optimizar el consumo de agua en el riego por goteo y monitoreo de temperatura” (12), se aplicó como diseño metodológico “un estudio bibliográfico y experimental, el estudio concluye que la implementación de un sistema automático de riego por goteo y monitoreo de temperatura permitió reducir el tiempo de 1 hora y 30 minutos empleado al utilizar un proceso manual, de 15 a 30 minutos dependiendo la humedad que requiera la planta” (12).

En la tesis *“Diseño e implementación del control de humedad en un invernadero del campus Salache”* (13), se tuvo como objetivo “implementar un módulo de control de humedad en un invernadero del campus Salache, mediante la recolección de datos provenientes de

sensores que permitirán ajustarlos para el correcto proceso de germinación; se aplicó como diseño metodológico un estudio exploratorio-experimental” (13). El estudio concluye que “la recopilación de información de los sensores de humedad para la activación del sistema se realizó mediante los higrómetros fc 28, los cuales registraron una humedad relativa en el suelo durante un día soleado entre el 20 y 30%, mismo porcentaje que variaba constantemente hasta alcanzar el porcentaje requerido para el proceso de germinación que en la mayoría de las semillas se estimaba entre el 60 y 80%” (13).

En la tesis *“Desarrollo de un sistema web para el control de la producción de un invernadero de tomate en el cantón Cotacachi, utilizando el framework angular versión”* (14), se tuvo como objetivo “desarrollar un sistema web para el control de producción de un invernadero de tomate en el cantón Cotacachi, utilizando el framework angular versión” (14), el estudio concluye que “se constató que los procesos efectuados en la Finca Agrícola del Milenio, previo a la implantación del sistema web, requieren una gran cantidad de esfuerzo y tiempo, por parte de los responsables de la ejecución de los distintos procesos. Las operaciones ejecutadas cotidianamente y de forma manual consistían en llevar un registro a mano de las plantas, invernaderos, siembras, fumigaciones, mantenimientos, cosechas y ventas, lo que conlleva a la inversión de mucho tiempo sobre todo cuando surgía la necesidad de realizar un análisis del stock existente o un análisis de ventas” (14).

En la tesis *“Sistema electrónico para el control de riego y adquisición de datos en la monitorización de temperatura, humedad y luminosidad de un invernadero”* (15), se tuvo como objetivo “desarrollar un sistema electrónico que permita programar el riego y la adquisición de datos para la monitorización de la temperatura, humedad y luminosidad de un invernadero” (15); el estudio concluye que “la base de datos desarrollada en MySQL Workbench es capaz de registrar la información proveniente de la red de sensores de temperatura, humedad y

luminosidad; además, mediante llamadas a los procedimientos almacenados desde la página web se manipula la información almacenada en las tablas de la base de datos diseñada” (15).

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Diseño del sistema de control de temperatura**

“Como se puede observar en el vivir diario, la energía eléctrica se transforma en energía mecánica; la energía angular, en energía electromagnética, en calor o viceversa; ejemplo, el calor del vapor mueve turbinas para generar energía eléctrica, la luz que incide en una celda fotovoltaica transforma la luz en energía eléctrica, la energía cinética del viento mueve las paletas de una turbina que genera la electricidad, la energía potencial del agua que cae desde un desnivel de altura mueve las turbinas de un generador eléctrico y así se puede mencionar muchas de ellas; y se puede concluir que la energía se puede convertir y transformar en otras formas de energía” (16).

### **Energías renovables y no renovables**

#### **a) Renovables**

“Son las energías que se pueden renovar o son inagotables. Son las que provienen de la energía que llega al planeta de forma continua, como consecuencia de la radiación solar o de la atracción gravitatoria de la luna, entre ellas, se tiene la energía hidráulica, solar, eólica, biomasa, geotérmica y las marinas” (17).

#### **b) No renovables**

“Son las energías que se encuentran en el planeta y son limitadas, las energías no renovables al transformarse en otra energía son consumidas o desaparecen; en la actualidad, la demanda mundial de energía se satisface con este tipo de fuentes de energía, tales como el carbón, el petróleo, el gas natural y el uranio” (17).

## **La energía y la radiación solares**

“El Sol es una fuente de energía renovables para todos los seres vivos del planeta Tierra, la energía que genera esta estrella es de  $3,87 \times 10^{26}$  Joule por cada segundo, la misma que es radiada a todo el espacio en forma de calor y campo electromagnético o flujo de fotones o luz, la misma que llega a la Tierra durante todo el año en  $4,03 \times 10^{24}$  Joule, que equivale a 6 720 veces la necesidad energética del mundo, los fotones que parten del Sol recorren unos 500 segundos, en una distancia de 150 millones de kilómetros y llega a la superficie de la atmósfera terrestre con una intensidad de  $1360 \text{ w m}^{-2}$ , la radiación solar caracterizada por su frecuencia o longitud de onda, abarca el espectro continuo, mayormente en el rango de longitud de onda comprendidos entre 0,3 al  $3,0 \mu\text{m}$ , del cual aproximadamente, la mitad corresponde al infrarrojo, el 40% corresponde a la luz visible (0,4 al  $0,7 \mu\text{m}$ ) y 10% al ultravioleta ( $<0,4 \mu\text{m}$ )” (17).

“La energía solar es el recurso energético con mayor disponibilidad en casi todo el territorio peruano. En la gran mayoría de localidades del Perú, la disponibilidad de la energía solar es bastante grande y uniforme durante todo el año, comparado con otros países, lo que hace atractivo su uso. En términos generales, se dispone, en promedio anual, de 4-5  $\text{kWh/m}^2/\text{día}$  en la costa y selva, sierra de 5-6  $\text{kWh/m}^2/\text{día}$ , aumentando de Norte a Sur” (17).

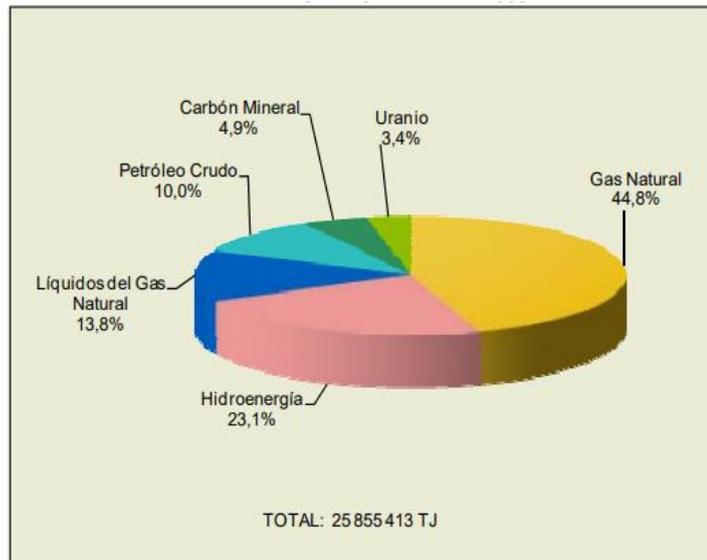
“La sierra sur y parte de la sierra central, dentro de ellas la provincia de Huancavelica, muestran altos valores de energía, presentándose los máximos a fines de la primavera y durante el verano, que se debe a que se encuentra menos influencia de los controladores climáticos que generan los sistemas nubosos como son la ZCIT y la Alta Bolivia. La ZCIT tiene mayor dominio e influencia sobre la sierra norte y central del territorio peruano, mientras que la Alta Bolivia, ejerce mayor influencia sobre la sierra central y la sierra sur, originando y manteniendo la convección diurna y la humedad atmosférica en niveles medios en los flancos occidentales de los Andes” (17).

**Tabla 2. Estimación de la media mensual de la radiación solar diaria en el Perú**

Departamento	Provincia	Distrito	Lat. gra.	alt. m.	Irradiación diaria media mensual en kWh/m <sup>2</sup>												Media anual kWh/m <sup>2</sup>
					Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic	
Tumbes	Tumbes	Corales	3.6	85	4.6	4.9	5.1	4.9	4.5	4.1	3	3.9	4.2	4.2	4.6	4.9	4.5
Junín	Chanchamayo	Humaya	1.1		5.1	5.3	5.3	4.7	4.6	3.5	3.6	4.3	4.2	5	4.9	5.3	4.7
Junín	Huánuco	Huachac	12	1150	5	4.9	4.7	4.7	4.6	4.4	4.5	4.8	4.9	5.3	5.4	5.2	4.9
Huancavelica	Castrovirreyna	Castrovirreyna	13.1	4520	4.9	3.7	4.1	4.3	4.2	4.6	4.3	4.6	4.9	4.9	5.2	4.9	4.8
Ayacucho	Huamanga	Ayacucho	13.2	2760	5.1	5.1	4.7	4.7	4.5	4.2	4.2	4.7	5	5.4	5.7	5.3	4.9
Apurímac	Abancay	Abancay	13.6	2368	4.8	4.7	4.7	4.6	4.4	4.2	4.2	4.7	5	5.5	5.4	5	4.7
Cuzco	La Convención	Santa Ana	12.9	920	4	4	4	3.8	3.9	3.8	3.9	4	4.1	4.3	4.3	4.9	4

*Nota:* es una adaptación de la fuente original: Estimación de la energía solar en el Perú (18)

Estos datos son calculados en base a mediciones de horas sol, horas por día, usando la fórmula de Armstrong.



**Figura 1. Estructura de producción de energía primaria en el Perú (MEM, DGH, DGM, DGE, Balance Nacional de Energía, 2014)**

### La radiación solar

“La radiación solar es la energía emitida por el Sol, que se propaga en todas las direcciones a través del espacio mediante ondas electromagnéticas. La energía radiada por el Sol se deriva de reacción de fusión nuclear, en donde cerca de  $6 \times 10^{11}$  kg de hidrógeno se convierte en helio, en esta transformación se produce una pérdida neta de masa del orden de  $4 \times 10^9$  kg, que según la ecuación de Einstein ( $E= mc^2$ ) se convierte en energía radiante de  $4 \times 10^{26}$  J. Esa energía es el motor que determina la dinámica de los procesos atmosféricos y el clima” (17).

“El Sol emite energía en forma de radiación de onda corta, después de pasar por la atmósfera, donde sufre un proceso de debilitamiento por la difusión, reflexión en las nubes y de absorción por las moléculas de gases (como el ozono y el vapor de agua) y por partículas en suspensión, la radiación solar alcanza la superficie terrestre oceánica y continental que la refleja o la absorbe; la cantidad de radiación absorbida por la superficie es devuelta en dirección al espacio exterior en forma de radiación de onda larga, con lo cual se transmite calor a la atmósfera” (17).

“El Sol es una fuente de energía renovables para todos los seres vivos del planeta Tierra, la energía que genera esta estrella es de  $3,87 \times 10^{26}$  Joule por cada segundo, la misma que es radiada a todo el espacio en forma de calor y campo electromagnético o flujo de fotones o luz, que llega a la tierra durante todo el año en  $4,03 \times 10^{24}$  Joule, que equivale a 6 720 veces la necesidad energética del mundo, los fotones que parten del Sol recorren unos 500 segundos una distancia de 150 millones de kilómetros y al llegar a la superficie de la atmósfera terrestre con una intensidad de  $1\,360 \text{ Wm}^{-2}$ , la radiación solar caracterizada por su frecuencia o longitud de onda, abarca el espectro continuo, mayormente en el rango de longitud de onda comprendidos entre 0,3 al 3,0  $\mu\text{m}$ , del cual aproximadamente la mitad corresponde al infrarrojo, el 40% corresponde a la luz visible (0,4 al 0,7  $\mu\text{m}$ ) y 10% al ultravioleta ( $<0.4 \mu\text{m}$ ). La radiación es emitida sobre un espectro de longitud de ondas, con una cantidad específica de energía para cada longitud de onda, que puede ser calculada usando la Ley de Planck” (17).

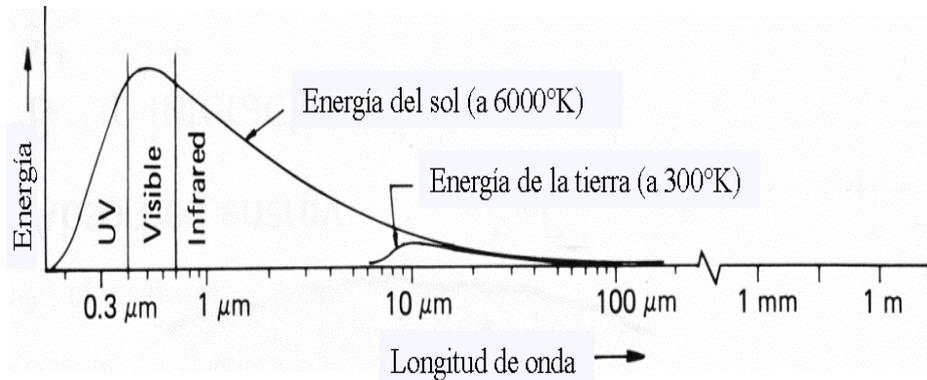
$$E(\lambda, T) = \frac{8\pi hc}{\lambda^5 \left( e^{\left(\frac{hc}{\lambda kT}\right)} - 1 \right)}$$

“Donde T es la cantidad de energía ( $\text{J/m}^3\text{-m}$ ) emitida a una longitud de onda  $\lambda$  (mm) por un cuerpo con una temperatura T (en grados Kelvin), con la constante de Planck  $h=6,626 \times 10^{-34}$  J/s, y la constante de Boltzmann  $k=1,38054 \times 10^{-16}$  erg  $\text{K}^{-1}$ . Asumiendo que el sol es un cuerpo negro, la longitud de onda para la cual es máxima emisión del cuerpo negro es inversamente proporcional a su temperatura absoluta y está dado por la siguiente ecuación:” (17).

$$\lambda = 2897 \mu\text{m}^\circ\text{K} / T$$

“Esta ecuación es conocida como la Ley de Wien. Para una temperatura de 5 800  $^\circ\text{K}$  (temperatura de la superficie solar) la longitud

máxima de energía es aproximadamente 0,5 μm (micrómetro, equivalente a 1x10-6m) (ver figura 2). Esta longitud de onda corresponde a radiación en la parte del espectro visible” (17).



**Figura 2. Energía radiada por el sol y la tierra (Vademecum Remer). Tomada de <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum17/vdm052.htm>**

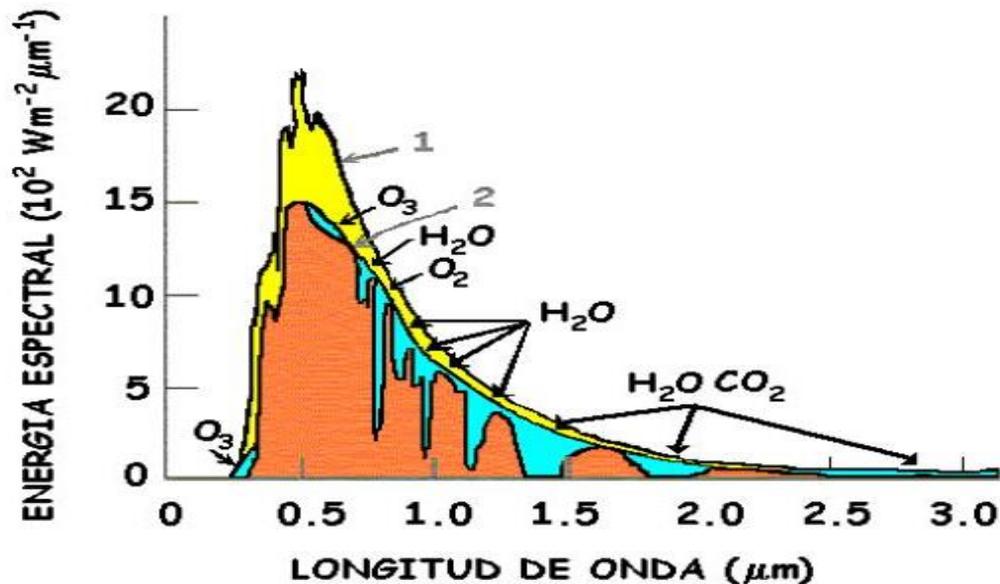
“La ley de Stefan-Boltzmann, proporciona una relación de la energía radiada en función de la temperatura absoluta que posee, y por medio de la cual, se puede determinar el total de energía emitida por el sol:” (17).

$$E_T = \sigma T^4$$

“Donde  $\sigma$  es la constante de Stefan-Boltzmann dentro de la radiación como mecanismo básico de la transmisión de calor, su valor es: 5,6697x10-8 (W/m<sup>2</sup>°K<sup>4</sup>). Resolviendo la ecuación tres para una temperatura solar de 5 800 K, la energía total de salida es de aproximadamente 64 millones W/m<sup>2</sup>, de la que la Tierra solo intercepta 1 358 W/m<sup>2</sup>.” (17).

“En la figura 3, la curva 1 representa la solución ideal de la Ley de Planck de la radiación solar que llega al tope de la atmósfera, donde el punto más alto de la curva representa la longitud de onda con la mayor energía espectral (0,5 μm), de acuerdo con la Ley de Wien y la curva 2 constituye el espectro de la radiación solar después de la absorción atmosférica debido a diferentes gases” (17).

“El estudio del espectro de la radiación solar que llega a la superficie del suelo permite establecer que la radiación de longitud de onda menor que  $0,2 \mu\text{m}$  debe ser absorbida totalmente por la atmósfera. Esta energía es absorbida principalmente en la atmósfera por el oxígeno molecular ( $\text{O}_2$ ), ozono ( $\text{O}_3$ ), y el vapor de agua ( $\text{H}_2\text{O}$ )” (17).



**Figura 3. Espectro de radiación solar de la Tierra (curva 1) a nivel del mar con cielo despejado (curva 2). (Vademecum Remer). Tomada de <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpeta02/carpeta24/vademecum17/vdm052.htm>**

“La intensidad radiará como un cuerpo negro a temperatura de  $T=5800 \text{ }^\circ\text{K}$ , es la que se muestra en la figura 3, que coincide notablemente en forma general con el espectro solar extraterrestre (AM1:  $1\text{ kW/m}^2$ )” (17).

“La radiación solar que incide perpendicularmente y oblicua a nivel del mar con masa atmosférica nublosa AM1.5, es de  $844 \text{ W/m}^2$ ” (17).

### **Distribución espectral de la radiación solar**

La distribución espectral llega a la tierra en luz o radiación electromagnética, son oscilaciones de ondas o aceleración de cargas eléctricas. Estas ondas no necesitan medios para su propagación, estas ondas pueden atravesar el espacio interestelar o interplanetario llegando

del sol hacia la tierra. La frecuencia ( $\mu$ ) como la longitud ( $\lambda$ ) de onda tiene una relación en cuanto a las ondas electromagnéticas con la expresión  $\lambda \mu = C$ , dándonos ( $c$  como la velocidad de la luz) siendo capaz de hallar la penetración, energía y visibilidad entre otras características toda onda se desplaza independientemente a una velocidad de  $c=299792$  km/s.

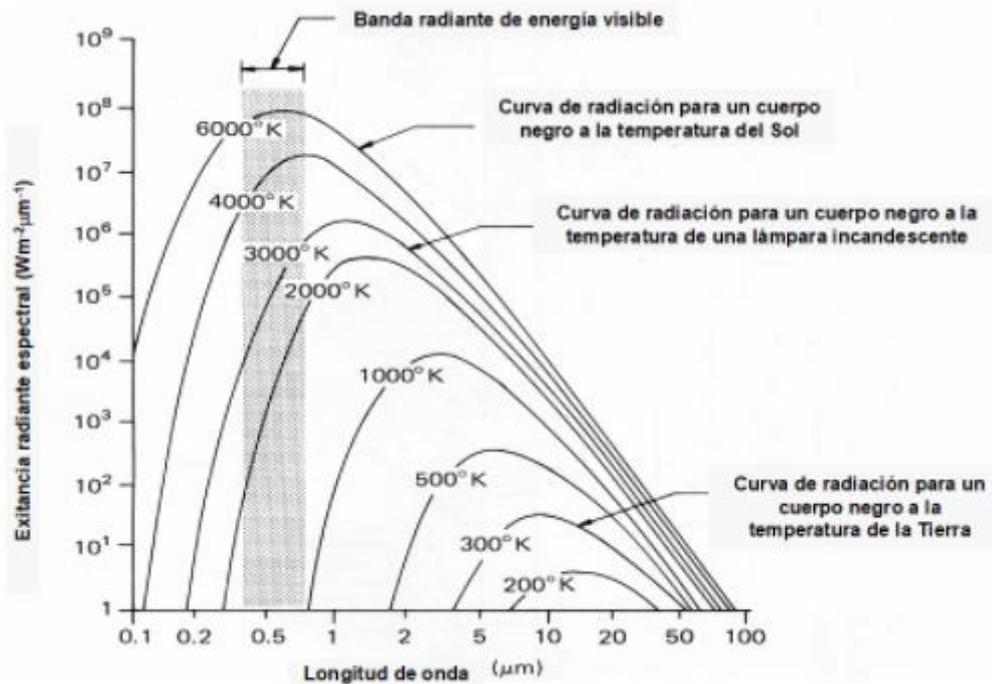
### **Leyes de radiación**

“Para entender mejor cómo la energía radiante del Sol interactúa con la atmósfera de la Tierra y su superficie, se deben conocer las leyes básicas de radiación, que son las siguientes:” (17).

“Todos los objetos con temperatura mayor a 0 °K emiten energía radiante, por ejemplo: el Sol, la Tierra, la atmósfera, las personas, etc.

Los objetos con mayor temperatura radian más energía total por unidad de área que los objetos más fríos. Por ejemplo, el sol con una temperatura media de 5 800 °K en su superficie emite aproximadamente 64 millones W/m<sup>2</sup>, 165 000 veces más energía que la Tierra (que emite cerca de 390 W/m<sup>2</sup>) con una temperatura media en superficie de 288 °K (15 °C), cifra obtenida al utilizar la ley de Stefan-Boltzmann relacionando estas temperaturas (5 800/288) elevadas a la cuarta potencia” (17).

“Los cuerpos con mayor temperatura emiten un máximo de radiación en longitudes de ondas, más cortas. Por ejemplo, el máximo de energía radiante del Sol se produce en  $\lambda$ ” (17).



**Figura 4. Distribución espectral de energía radiada a partir de cuerpos negros a diferentes temperaturas (Vademecum Remer). Tomada de <https://www.proteccioncivil.es/catalogo/carpetas02/carpetas24/vademecum17/vdm052.htm>**

“Un absolvedor perfecto se llama cuerpo negro, que se define como un objeto ideal que absorbe toda la radiación que llega a su superficie. No se conoce ningún objeto así, aunque una superficie de negro de carbono puede llegar a absorber aproximadamente un 97% de la radiación incidente. El Sol, la Tierra, la nieve, etc. bajo ciertas condiciones se comportan como un cuerpo negro. En teoría, un cuerpo negro sería también un emisor perfecto de radiación, y emitiría a cualquier temperatura la máxima cantidad de energía disponible” (17).

### **Invernadero**

“El invernadero, así como otros sistemas para la protección de cultivos, permite controlar los factores climáticos que intervienen en el desarrollo del cultivo. Un desarrollo óptimo y equilibrado de las plantas, depende de la forma en la que, factores como temperatura, humedad e iluminación, inciden de forma favorable sobre ellos” (19).

“En términos generales, se le denomina invernadero a aquella construcción de cierta altura, de madera o metal, provista de una cubierta

transparente a la luz solar, para que ingrese esta radiación y cumpla con los requerimientos de la fotosíntesis y del calor, que, a su vez, deje escapar la menor cantidad de energía, de modo que este balance positivo permita modificar el ambiente interno a fin de hacer posible el crecimiento y desarrollo de las plantas en su interior” (19).

“En ocasiones, los viveros están dotados con sistemas de calefacción que permiten un aporte adicional de calor en determinadas épocas del año, así como de otros elementos que permitan regular determinados elementos del medio climático, como iluminación artificial suplementaria o sistemas de ventilación” (19).

“Las cubiertas utilizadas tienen, en cierto grado, que permitir el paso de la luz e impedir la salida del calor, que se conoce como efecto invernadero. Durante el día, el efecto es evidente, sobre todo en días fríos. En la noche la temperatura interior tiende a descender a un valor cercano a la temperatura del exterior, brindando muy poca protección ante las heladas” (19).



**Figura 5. Contención de calor en el interior de un invernadero (consejo colombiano de seguridad 2020). Tomada de <https://ccs.org.co/golpe-de-calor-en-invernadero/>**

“El aumento de la temperatura durante el día, por acción del efecto invernadero, es lo que permite que se puedan cultivar diferentes plantas y vegetales en diferentes épocas del año” (19).

“Los tiempos de riego, la frecuencia de ellos, la temperatura, la cantidad de luz que ingresa al invernadero y otras condiciones más, pueden ser controladas hoy en día por medio de sistemas automatizados, tales como controladores programables, que le permiten a los agricultores mejorar la productividad de sus cosechas al combinarlos con las técnicas correctas de riego el manejo de fertilizantes” (19).

### **Sistemas de control en invernadero**

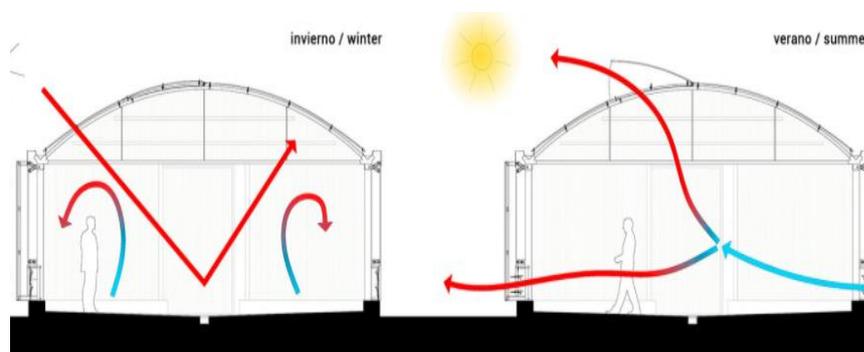
“Un invernadero hace referencia a un espacio artificial y controlado donde se realiza la producción y cultivo de hortalizas, plantas aromáticas, árboles frutales y forestales” (20).

Los invernaderos presentan tener una mayor relevancia en el mundo de la tecnología con la implementación de sistemas de control en la década de los ochenta con estudio de las “variables de temperatura del aire, humedad relativa, concentración de CO<sub>2</sub>, y la radiación solar” (20). “Para lo cual se tiene en cuenta con mayor prioridad los cambios críticos de temperatura que se presentan en el amanecer y atardecer, en donde se recomienda normalmente el aumentar la temperatura de 1 a 2 °C por hora, para mejorar la transpiración en las plantas, producto de la insolación de las primeras horas de sol y en la tarde se recomienda hacer un proceso inverso, disminuyendo la temperatura antes que anochezca para que el cultivo se climaticé más rápido al cambio. Además, la temperatura del aire en el invernadero varía en el transcurso del día, según la cantidad de luz disponible en el medio, porque a mayor cantidad de luz, más se elevarán las temperaturas en el mismo y en el sentido contrario disminuirá” (20).

### **Sistema de ventilación o aireación**

“Las variables de humedad relativa y concentración de CO<sub>2</sub> en el microclima del invernadero, pueden ser controladas por medio de la instalación de ventanas cenitales o laterales, para lo cual su grado de apertura se podrá determinar por la temperatura exterior, la velocidad del viento y su dirección” (20).

“La mejor forma de ventilar un invernadero es colocándole ventanas cenitales, ya que, algunos estudios han demostrado que son 8 veces más efectivas que las ventanas incrustadas en las partes laterales” (21). Las cuales “deben ocupar, en relación con las dimensiones del invernadero, un área comprendida entre el 15 y 22% de la superficie, dependiendo si a las ventanas se les coloca tela sombra o malla fina para proteger los cultivos de insectos, debido a que estas merman en un 60% la ventilación” (22), garantizando un flujo de aire constante para la mantención de la temperatura adecuada junto con la humedad en el interior del invernadero.



**Figura 6. Distribución del aire en el interior del invernadero. (Agronomía para todos 2014). Tomada de <http://agronomo-uach.blogspot.com/2014/05/tipos-de-ventilacion-en-invernadero.html>**

### **Cultivo de plantas en invernaderos**

“El ciclo de siembra de las semillas de hortalizas en invernadero se debe llevar a cabo en bandejas Plug por 200, ideales para este tipo de germinación debido a que permiten el justo crecimiento de las raíces de las plantas entre los primeros 28 y 35 días de vida. Para lo cual, antes de iniciarse la siembra, se deben lavar las bandejas a presión y sumergirlas en un tanque con agua, cerciorándose que tenga un pH neutro o en un rango de 6.0 a 7.0, si el pH es mayor a 7.0 es posible agregar ácido salicílico en una proporción de 10 ml por cada 80 litros de agua y si, por el contrario, el pH es menor a 6.0 se le puede agregar 10 gramos de bicarbonato de sodio por los mismos 80 litros, mezclando en un recipiente aparte el agua con hipoclorito de sodio, el cual sirve como solución desinfectante para luego ser vertida en los 80 litros de agua” (23).

Prosiguiendo con la desinfección de bandejas realizado los días antes de la siembra ,seguido a colmar las bandejas con sustrato ,que se da por los restos orgánicos expuestos por varios días con una gran humedad en la localidad,“condiciones anaerobiosis que retardan considerablemente la descomposición de los restos vegetales” (24). “Creando grandes cúmulos de capas de materia en estado de baja descomposición con fibras delgadas de restos vegetales que tiene como características principales la retención de agua, la proporción de poros que permite una adecuada aireación, el contenido de nutrientes y un pH neutro” (24).

“Teniendo expuesta la turba en las bandejas, se debe poner encima de estas, la semilla de la planta y enterrarse dos veces su tamaño; al ser pequeñas las semillas de hortalizas quedan sembradas superficialmente, por lo cual se recomienda, con el fin de acelerar el proceso de eclosión de las semillas y de obtener un nacimiento uniforme, introducir la bandeja en una cámara de germinación que debe tener como condiciones, una buena oxigenación y baja ventilación, elevando un poco la temperatura y disminuyendo la luminosidad en su totalidad de ser posible. La semilla debe permanecer en la cámara de germinación 53 horas aproximadamente y una vez cumplidas no es aconsejable que permanezcan en la cámara, porque se puede causar elongaciones que debiliten o retarden el crecimiento de la plántula” (25).

“La humedad y oxigenación de la turba son factores fundamentales para el nacimiento de la semilla, debido a que desencadenan cambios metabólicos en la planta, que terminan en la división y alargamiento de las células, formando las raíces y rompiendo el revestimiento de la semilla, por ello, es esencial hacer riego controlado de las bandejas sin inundarlas para que la oxigenación no disminuya” (26).

## Aplicando algoritmos de control invernaderos

Los algoritmos y técnicas de un sistema de control ayudan a manipular o controlar fenómenos físicos en este caso dentro de un invernadero. En los últimos años se desarrollaron diversos sistemas de control desde lo sencillo y didáctico a lo más complejo para sectores industriales con las redes neuronales, que son mostradas en la siguiente tabla:

**Tabla 3. Clasificación de estrategias de control planteada por Seborg**

<b>Categoría 1. Estrategias convencionales de control</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Control manual</li><li>• Control pid</li><li>• Control por ratio</li><li>• Control en cascada</li></ul>
<b>Categoría 2. Control avanzado técnicas clásicas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Control con ajuste por tabla</li><li>• Compensación por retardo</li><li>• Control por desacoplo</li><li>• Controladores selectivos</li></ul>
<b>Categoría 3. Control avanzado: técnicas ampliamente utilizadas</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Control productivo basado en modelo</li><li>• Control de calidad estadístico</li><li>• Control por modelo interno</li><li>• Control adaptativo</li></ul>
<b>Categoría 4. Control avanzado: nuevas técnicas con algunas aplicaciones industriales</b>
<ul style="list-style-type: none"><li>• Control Óptimo lqg</li><li>• Control no lineal</li><li>• Control robusto</li><li>• Control neuronal</li><li>• Control borroso</li><li>• Control basado en sistemas expertos</li></ul>
<b>Categoría 5. Control avanzado: estrategias propuestas con pocas o ninguna aplicación industrial</b>

La evolución de control de sistemas en un invernadero ha crecido de manera exponencial teniendo como principios los termostatos y controladores analógicos hasta ser controlados por sistemas hmi o scada teniendo aplicativos complejos de control que agrupen variables físicas necesarias dándoles un orden y clasificación mostradas en la tabla

anterior , se mostrara las diferentes estrategias de manipulación de las variables de climatización en el interior del invernadero .La siguiente tabla describe y muestra sistemas de control detallados y empleados:

**Tabla 4. Descripción de técnicas de control del clima de un invernadero utilizadas por distintos autores**

Autores	Variables controladas	Variables de control	Perturbaciones consideradas	Técnicas de control utilizadas	Experiencias	Resultados
Gutman Segirner Loslovich	Temperatura	Calefacción ventilación natural	Temperatura exterior radiación exterior velocidad del viento	Control óptimo aplicando programación lineal y el principio de pontryagin, para minimizar consumo de calefacción	No se indica	Demuestra la viabilidad de resolver el problema del control del clima en un invernadero utilizando este tipo de técnicas.
	Temperatura	Calefacción ventilación natural	Temperatura exterior radiación exterior velocidad del viento	Control óptimo aplicando programación lineal y el principio de pontryagin, para minimizar consumo de calefacción y ventilación	No se indica	Resultado de simulación, buen comportamiento
	Temperatura CO <sub>2</sub>	Ventilación natural enriquecedores de CO <sub>2</sub>	Radiación par interior temperatura exterior radiación exterior CO <sub>2</sub> exterior	Control óptimo basado en el principio de pontryagin proporcional combinando realimentación y compensación por adelanto en serie	No se indica	Se expone solo la descripción teórica de la solución propuesta
Sigrimis Arvanitis Kookos Paraskevopoulos	Temperatura	Calefacción	Ventilación, velocidad del viento	Pi robusto con técnicas de h°	No se indica	Resultados de simulación presenta buenos resultados para grandes variaciones de los parámetros
Iwao	Temperatura humedad	Calefacción humidificadores	No considerada	Control borroso	Semillero	Resultados de simulación se obtiene buenos resultados en seguimientos de consigna

Lafont Balmat	Temperatura humedad	Calefacción humidificadores	Temperatura exterior humedad exterior velocidad viento radiación exterior	Control borroso	Invernadero cristal	Resultados de simulación se obtiene buenos resultados en seguimientos de consigna
Gates Chao Sigrimis	Temperatura Humedad	Ventilación forzadas calefacción		Control borroso	Invernadero túnel	Resultados de simulación se obtiene buenos resultados mejores que los <i>todo / nada</i> comerciales
Sigrimis Arvanitis Gates	Humedad	Humificadores	Temperatura humedad radiación	Control borroso	No se indica	Resultados de simulación. Comparan con control pi más ventajas de los borrosos
López Hernández Feiloo Balsa	Temperatura humedad	Calefacción humidificadores	No considerada	Control neuronal	No se indica	Resultados de simulación se obtienen buenos resultados en seguimiento

## **Arándanos**

Los arándanos se adaptan a distintos climas, de acuerdo a la especie considerada. Además, indica que el clima y las condiciones del tiempo afectan la calidad de los frutos, que en general estos tienen mejor sabor en aquellas áreas donde los días son más largos y las noches frías cuando madura la fruta.

“Los arándanos prefieren suelos ácidos (pH 4.5), livianos, con abundante materia orgánica (más de 5%), bien drenados y con adecuado abastecimiento de agua durante la temporada de crecimiento. El clima de Perú permite producir en cualquier semana del año, es decir, dado que Perú cuenta con buenas condiciones agroclimáticas. El tipo de suelo no es problema para el cultivo del arándano, puesto que puede ser tratado agregándole los elementos necesarios, el pH del suelo puede ser controlado acidificando el agua, y la conductividad de la sal se maneja con fosfato; a su vez se señala que se puede cultivar arándanos prácticamente en arena como si se tratara en un sistema de hidroponía. El potencial en la sierra es alto por ser el arándano un cultivo que se puede producir en pequeña escala y que se adaptan bien a las condiciones de clima en las partes bajas y laderas de los valles interandinos” (1).

“Existen dos tipos de riesgos, los riesgos sanitarios en los cultivos, que se caracteriza porque hay dos plagas claves; en la fase inicial, las principales plagas son *prodiplosis longifila* y las queresas; en la fase vegetativa la *heliolithis virences*, la *anómala sp.*, *prodiplosis longifila* y las queresas; y en la fase reproductiva, las aves y la plaga *botrytis*. La plaga cuarentenaria en heces frutales es la mosca de la prima. Y el segundo riesgo es la que se da durante la cosecha, el cual es el alto requerimiento de mano de obra que podría acarrear la baja productividad en la cosecha. Las experiencias en control fitosanitario con los arándanos son diversas, debido a que por ser una planta tipo arbustiva de la familia de las *Ericáceas* y por tener más de 35 variedades nativas en el Perú, se hace muy atractivo a diversas especies de insectos. Además, la presencia y

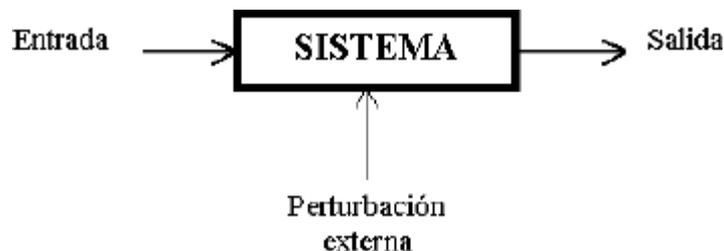
presión de las plagas dependerá de la zona o valle donde se instale el producto” (15).

“La cosecha del arándano debe ser de manera manual para no maltratar a la fruta, el fruto debe ser 100% azul, el fruto debe tener presencia de Pruina, deben ser colocados en envases plásticos de 125 g, la cosecha debe ser bajo la sombra y debe ser enfriado a 2 °C con 95% de humedad relativa. La cosecha del arándano debe realizarse evitando que la fruta se contamine, se debe cosechar por variedad y no se debe cosechar con lluvia, ni con rocío o a temperaturas mayores a 30 °C. Adicionalmente, se señala que los cosechadores deben ser capacitados en la forma adecuada de hacerlo, deben de conocer los índices de cosecha los cuales son: 100% color azul” (15).

### 2.3. Definición de términos básicos

#### a. Sistema de control

Es la agrupación de componentes que se desarrollan en conjunto para cumplir un determinado objetivo en orden y exactitud.



*Figura 7. Sistema de bloque básico de control*

#### b. Temperatura

Un fenómeno físico con la temperatura como magnitud en los términos medibles de calor con un termómetro.

#### c. Invernadero

“Construcción de cierta altura, de madera o metal, provista de una cubierta transparente a la luz solar, para que ingrese esta radiación y cumpla con los requerimientos de la fotosíntesis y del calor, que, a su vez, deje escapar la menor

cantidad de energía, de modo que este balance positivo permita modificar el ambiente interno a fin de hacer posible el crecimiento y desarrollo de las plantas en su interior” (19).

#### **d. Controladores**

“Un controlador o driver es el software que controla un dispositivo. Los controladores actúan como puentes entre las aplicaciones y los dispositivos, encargándose de que ambos interactúen” (16).

#### **e. Sensores**

“Los objetos son capaces de variar una propiedad ante magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas con un transductor en variables eléctricas. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra” (16).

#### **f. Actuadores**

“El actuador es el elemento final del sistema de control, la elección de estos, como en el caso de los sensores, será en base a las especificaciones técnicas que logren cumplir con los requerimientos del proceso. Se detallarán, a continuación, algunos elementos de actuación aplicados en invernaderos” (17).

## **CAPÍTULO III**

### **METODOLOGÍA**

En este capítulo se desarrollara la metodología de la investigación, diseñando el progreso del desarrollo de investigación, en funciones del problema y los objetivos planteados en capítulos anteriores.

#### **3.1. Método y alcance de la investigación**

“El método cuantitativo se fundamenta en 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. Además, las hipótesis se establecen previamente, esto es, antes de recolectar y analizar los datos. La recolección de los datos se fundamenta en la medición y el análisis en procedimientos estadísticos” (27).

Según Hernández . “En la revisión de la literatura y las variables o conceptos de estudio, el investigador hace una revisión de la literatura en gran medida para buscar variables significativas que puedan ser medidas” (27).

Se utilizó el enfoque cuantitativo porque “comprende la recolección, organización, análisis e interpretación de datos financieros históricos, necesarios para fundamentar respuestas e interrogantes planteadas” (27).

### **3.1.1 Métodos de investigación**

#### **3.1.1.1. Métodos generales**

Según el autor Tamayo, método científico “consiste en un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizados generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírica” (28).

La tesis es de método científico porque “se siguió un procedimiento ordenado y se hizo la aplicación de la lógica a las realidades o hechos observados” (28).

#### **3.1.1.2. Métodos específicos**

Según el autor Tamayo, método analítico “es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos, este método permite conocer más el objeto de estudio, con lo cual se puede explicar, hacer analogías, comprender mejor su comportamiento y establecer nuevas teorías” (28).

### **3.1.2. Tipo de investigación**

El tipo de investigación es básica. “Este tipo de investigaciones busca el conocimiento de la realidad o de los fenómenos de la naturaleza, para contribuir a una sociedad cada vez más avanzada y que responda mejor a los retos de la humanidad” (29).

### **3.1.3. Nivel de investigación**

El nivel de la investigación es descriptivo. Nivel que de acuerdo con Santos en (30), “describe fenómenos sociales o clínicos en una circunstancia temporal y geográfica determinada, aquí los términos claves son temporal y geográfico, porque los hechos o acontecimientos, descubiertos en el nivel exploratorio tienen que ser enmarcados en un espacio geográfico y temporal” (30) (p. 244).

“El método utilizado fue el analítico, porque parte de la descomposición de la unidad de análisis, mediante la observación y análisis de la investigación documental” (27).

### **3.2. Diseño de investigación**

“En el enfoque cuantitativo, el investigador utiliza sus diseños para analizar la certeza de las hipótesis formuladas en un contexto en particular o para aportar evidencias respecto de los lineamientos de la investigación (si es que no se tienen hipótesis)” (29). “El diseño se refiere al plan o estrategia que se desarrolla para obtener la información que se requiere el fin de responder al planteamiento del problema” (29).

El enfoque de la investigación no experimental “se define como aquella que se realiza sin manipular deliberadamente las variables. Es decir, se trata de estudios en los que no se hace variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se hace en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. En la investigación no experimental las variables independientes ocurren y no es posible manipularlas, el investigador no tiene control directo sobre dichas variables, no puede influir en ellas, porque ya sucedieron, al igual que sus efectos” (29).

La tesis es desarrollada con carácter no experimental, “dado que la observación de las variables es analizada en su contexto real, no se puede hacer manipulación de las variables bajo estudio” (29) .

La representación es :  $M \rightarrow O$

#### **DEFINICIÓN:**

M : muestra

O : observación de la muestra

### **3.3. Población y muestra**

#### **3.3.1. Población**

Por la naturaleza de la investigación se tiene un estudio de caso, en consecuencia, se considera como población a la propuesta de invernadero ubicado en la comunidad de Cullpa, ubicado en el distrito de El Tambo, perteneciente a la provincia de Huancayo, región Junín.

#### **3.3.2. Muestra**

No se considera una muestra por ser un estudio de caso.

#### **A. Unidad de análisis**

La unidad de análisis “es un segmento de contenido textual, auditivo o visual que se analiza para generar categorías” (29) (p. 461).

La unidad de análisis de la tesis al invernadero ubicado en la comunidad de Cullpa, ubicado en el distrito de El Tambo, perteneciente a la provincia de Huancayo, región Junín.

### **3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1. Técnicas de análisis de datos**

La investigación dentro de la tesis se desarrolló el análisis documental, que nos proporciona la recolección de datos de los distintos autores y fuentes secundarios como datashet, manuales, libros, revistas, folletos y páginas web, que serán utilizadas como fuentes para la obtención de las variables de interés. el instrumento que se utiliza es la ficha bibliográfica y una guía documental de análisis.

#### **3.4.2. Instrumentos**

El instrumento que se aplicó en la investigación fue la ficha de registro de datos.

## A. Diseño

Según las variables de estudio, se diseñó un instrumento de medición en base a los indicadores como dimensiones para la propuesta del invernadero, presentado en el anexo 2

## B. Confiabilidad

La confiabilidad del instrumento de medición fue en base a escalas según Alfa de Crombach en los criterios de los valores obtenidos que dan estabilidad.

## C. Validez

La validez del instrumento está bajo el criterio de (juicio de expertos) para la objetividad.

### 3.5. Técnicas de procesamiento y análisis de datos

#### Requerimientos climáticos de un invernadero de arándanos

La producción de arándanos será en un invernadero en la locación de Cullpa a una altura de 3417 m s. n. m. a una temperatura media de 11 °C en el día y por la noche una temperatura de 3 °C, con un 77% de humedad, este invernadero contará con un control de temperatura requerida de 19 a 23 °C media para la buena producción de este insumo, además que los vientos de altura no afectarán la producción por tener una infraestructura cerrada y cuenta con un sistema de riego constante que promedia un 80% de humedad.

**Tabla 5. Temperatura promedio en la locación de Cullpa**

Temperatura promedio por mes en la locación de Cullpa												
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Día	11 °C	10 °C	10 °C	11 °C	11 °C	12 °C	13 °C	11 °C				
Noche	4 °C	4 °C	3 °C	2 °C	1 °C	0 °C	0 °C	1 °C	2 °C	4 °C	4 °C	5 °C

Nota: tomada de Senamhi

**Tabla 6. Características del fruto de arándano**

Fruto	Características			
	Temperatura	Ph	Humedad	Altura
Arándano	16 -25 °C	4,3 - 4,8	80%	1000, 2500 m s. n. m.

## **Análisis de datos de selección del microcontrolador**

### **A. Microcontrolador**

Dispositivo electrónico que realiza procesos lógicos para desempeñar una función específica, dicha función debe ser programada con los parámetros que lo amerite.

### **Selección del microcontrolador**

La selección del microcontrolador se desarrolló de acuerdo a las necesidades técnicas y no técnicas, ambientales como el performance, costo, memoria, periféricos y encapsulado.

### **Arduino Nano**

“La placa de Arduino Nano es compacta y totalmente compatible con el microcontrolador ATmega328P. Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar con PWM), 6 entradas analógicas, un cristal de 16 MHz, conexión mini-USB, terminales para conexión ICSP y botón de reinicio.

Tiene las mismas capacidades que el Arduino Uno, tanto en control como en conectividad de microcontrol, solo en su conector de hendidura USB, conector de alimentación jack y pines que cambian la forma de los encabezados por pines header” (anexo 7).



**Figura 8. Arduino nano (Data Sheet, Farnell, Newark, Element 14)**

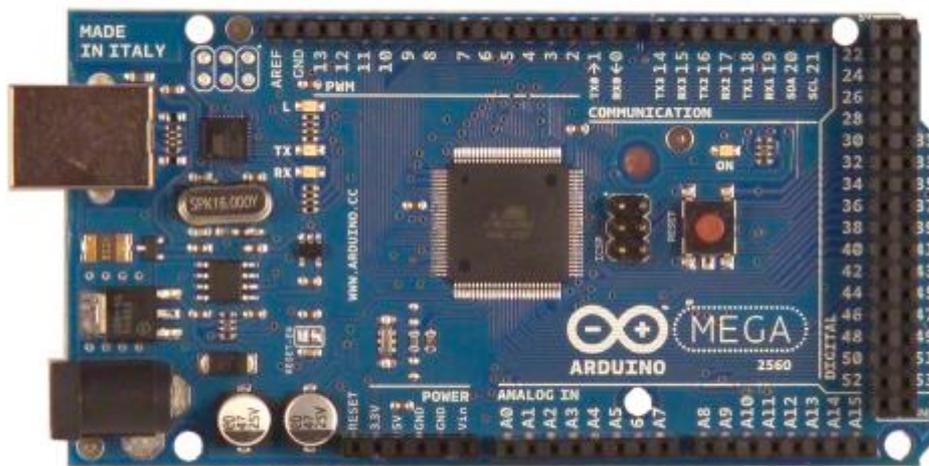
### **Características**

- Microcontrolador: Atmel ATmega168 o ATmega328
- Voltaje de funcionamiento: 5 V
- Voltaje de entrada : 7-12 V
- Voltaje de entrada (límite): 6-20 V

- Retentiva flash: 16 kb (ATmega168) o 32 KB (ATmega328) de los cuales se utilizan 2 KB
- SRAM: 1 KB (ATmega168) o 2 KB (ATmega328)
- EEPROM: 512 bytes (ATmega168) o 1 KB (ATmega328)
- Velocidad de reloj: 16 MHz
- Dimensiones: 0.73 "x 1.70"

### Arduino Mega

“El Arduino Mega 2560 tiene 54 pines de entrada / salida (de los cuales 15 se pueden usar como salidas PWM), 16 entradas analógicas, 4 UART (puertos de hardware), un oscilador de cristal de 16 MHz, una conexión USB, conector de alimentación y un encabezado ICSP; y botón de reinicio. Contiene todo lo necesario para el mantenimiento de un microcontrolador; simplemente se conecta a una computadora con un cable USB o se enciende con un adaptador de CA a CC o una batería para comenzar” (anexo 8).



*Figura 9. Arduino mega (Data Sheet, Robotshop, 2019)*

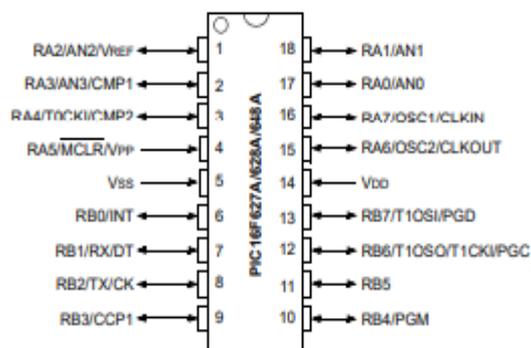
### Características

- Microcontrolador: ATmega2560
- Tensión de reloj: 16 MHz
- Tensión de funcionamiento: 5 V
- Tensión de entrada: 7.5 a 12 voltios
- Pin out: 54 pines digitales (15 PWM) y 16 pines analógicos
- 3 puertos serie de hardware

- Memoria flash : 256 KB (8 KB para el gestor de arranque), 8 KB de RAM y 4 KB de Eeprom.

### PIC16F628A

“El microcontrolador PIC16F628 de 8 bits tiene más memoria que el procesador básico y tipo RISC de PIC. El controlador tiene su propia estructura de arquitectura Harvard para que pueda acceder a los datos sin memoria o memoria. Con el tipo Hole, tiene 16 terminales de entrada / salida que pueden soportar correr hasta 25 mA, y también incluye módulos de comunicación serial, comparadores, PWM, un oscilador interno RC de 4 MHz” (anexo 9).



*Figura 10. Pic16f628a (Data sheet Microchip, 2007)*

### Características

- Elaboración: microchip
- Tensión de funcionamiento: 3 a 5,5 V
- Retentiva de programa tipo flash: 2048 ubicaciones de 14 bits
- Retentiva de datos: memoria RAM de 224 bytes (8 bits por registro)
- Retentiva EEPROM: 128 bytes (8 bits por registro)
- Comunicación digital: 1 puerto UART 1 A / E / USART
- Temperatura de funcionamiento: -40 ° a 85 ° C
- Número de terminales: 18 incluida la fuente de alimentación

## Evaluación de microcontroladores

**Tabla 7. Evaluación de producto, microcontrolador Arduino Nano**

	Arduino Nano			
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo	20	0.2	3	0.6
Performance	10	0.1	2	0.2
Memoria	25	0.25	3	0.75
Periféricos	20	0.2	2	0.4
Encapsulado	25	0.25	3	0.75
Total ponderado				2.7

**Tabla 8. Evaluación de producto, microcontrolador Arduino Mega**

	Arduino Mega			
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo	20	0.2	2	0.4
Performance	10	0.1	2	0.2
Memoria	25	0.25	3	0.75
Periféricos	20	0.2	2	0.4
Encapsulado	25	0.25	3	0.75
Total ponderado				2.5

**Tabla 9. Evaluación de producto, microcontrolador pic16f628a**

	PIC16F628A			
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo	20	0.2	4	0.8
Performance	10	0.1	3	0.3
Memoria	25	0.25	2	0.5
Periféricos	20	0.2	2	0.4
Encapsulado	25	0.25	1	0.25
Total ponderado				2.25

**Tabla 10. Puntuación del valor de producto**

Puntaje	Valor producto
1	Malo
2	Promedio
3	Bueno
4	Muy Bueno

Se puede apreciar en los cuadros comparativos que el de mayor puntaje para la selección es del Arduino Nano, cuenta con los requerimientos que se necesitan para la elaboración óptima del control de temperatura.

## B. Actuadores

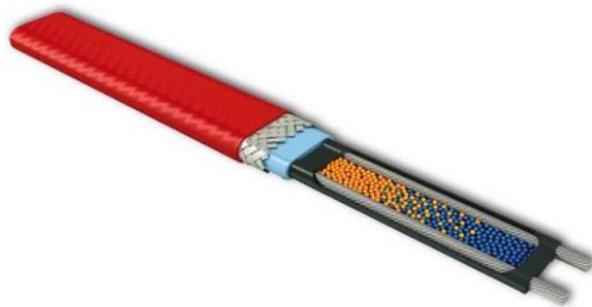
Dispositivo que transforma energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con una finalidad determinada en un proceso de automatización.

### Selección de los actuadores

La selección de los actuadores se desarrolla de acuerdo a las necesidades técnicas y no técnicas como ambientales tanto su precio obtimo , la potencia requerida la facilidad de instalación ,la cantidad de aire y peso

### Cables calefactores paralelos

Los cables calefactores de tipo paralelo tienen una potencia constante independiente de su longitud, una de sus cualidades es que puede ser cortado según la necesidad de uso. Cuando se le aplica tensión hacia los conductores recibe la misma tensión entre los puntos de contacto, por lo que la potencia es independiente a la longitud de este (anexo 10).



*Figura 11. Cables calefactores paralelos (Data Sheet , Ako, 2016)*

### Características

- Fuente de alimentación: 125 V, 230 V, 380 V
- Fuente de potencia: 10-50 W / m
- conductor: 2 x 1,5 mm ,2 x 0,75 mm y \* 2 x 2,5 mm
- Empaquetadura: silicona
- Aislamiento exterior: silicona térmica
- Densidad dieléctrico: mediante CEI 1423-2
- Condición mecánica: H

- Curvatura: 30 mm
- Temple máxima de trabajo: 180 °C

### **Calefactor ventilador**

El calefactor ventilador eléctrico suministra un flujo de calor en aire rápido y continuo, tiene una cubierta de aluminio y plástico certificado para la distribución homogénea del aire en calor (anexo 11).



*Figura 12. Calefactor ventilador hv031 (Data Sheet , Stego, 2017)*

### **Características**

- HV 031 sin ventilador (kit de acción de ventilador integrado)
- Elemento calefactor de cartucho de alta potencia
- Limitador de temperatura para proteger en caso de falla de ventilación, reinicio automático
- Radiador de aluminio fundido a presión
- Empalme terminal de 3 polos para 2,5 mm, par de apriete del tornillo 0,8 Nm máx.
- Las carcasas de conexión de plástico según UL94 V-0, negras.
- Posición de montaje flujo de aire vertical (salida de aire hacia arriba).
- Temple, servicio / repositorio -45 a + 70 °C (-49 a + 158 °F)
- Humedad de funcionamiento / almacenamiento máx. 90% RH (sin condensación)

- Ventilador axial con bolas de aire para accionar el asiento de la mesa
- Elevación del trabajo 50.000 ha + 25 °C (+ 77 °F)
- Conexión (ventilador axial). Terminal de 2 polos para 2,5 mm (L2 / N2)

### **Calentador de cerámica PTC**

Incorpora una estufa industrial de 2 potencias de 1.500 y termostato adaptable de 3.000 W. de 0 a 85 °C y puede disponer el techo según necesidades. Tiene protección contra vertido IP24 y es adecuado para uso en exteriores (anexo 12).



*Figura 13. Calentador de cerámica PTC (Data Sheet, Habitex, 2018)*

### **Características**

- Resistencia al agua: IP44
- Voltaje de la fuente de alimentación: 220/240 V ~ 50 Hz
- Potencia máxima: 3,000
- Nivel de potencia: 1500/3000 W
- Ajustes del termostato: 0-85 °G
- Peso neto: 4,9 kg

## Evaluación de actuadores

**Tabla 11. Evaluación de producto, actuador cables calefactores paralelos**

Cables calefactores paralelos				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación	15	0.15	4	0.6
Precio	25	0.25	3	0.75
Potencia	20	0.2	2	0.4
Flujo de aire	25	0.25	1	0.25
Peso	20	0.2	3	0.6
Total ponderado				2.6

**Tabla 12. Evaluación de producto, actuador cables calefactores ventilador**

Calefactor ventilador				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación	15	0.15	2	0.3
Precio	25	0.25	2	0.5
Potencia	20	0.2	3	0.6
Flujo de aire	25	0.25	3	0.75
Peso	20	0.2	2	0.4
Total ponderado				2.55

**Tabla 13. Evaluación de producto, actuador cables calefactores ventilador**

Calentador de cerámica PTC				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación	15	0.15	4	0.6
Precio	25	0.25	2	0.5
Potencia	20	0.2	3	0.6
Flujo de aire	25	0.25	3	0.75
Peso	20	0.2	2	0.4
Total ponderado				2.85

**Tabla 14. Puntuación del valor de producto**

Puntaje	Valor producto
1	Malo
2	Promedio
3	Bueno
4	Muy Bueno

Se puede apreciar en los cuadros comparativos que el de mayor puntaje para la selección es del calentador de cerámica PTC, cuenta con los requerimientos que se necesitan para la elaboración óptima del control de temperatura.

### **Actuador ventilador**

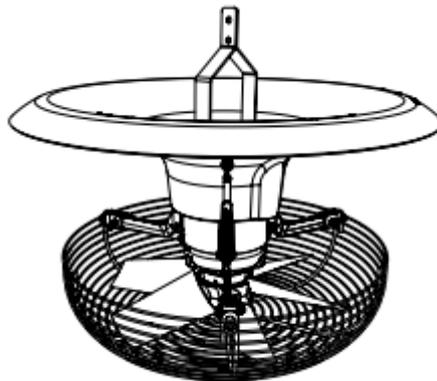
Sus principales funciones deben ser renovar el aire en espacios cerrados, reemplazar el aire viejo por aire nuevo, aumentar la circulación del aire, ventilarlo o refrescarlo.

### **Selección del actuador de ventilación**

La selección del actuador de ventilación se desarrolla de acuerdo a las necesidades técnicas y no técnicas, ambientales como instalación, flujo de aire, potencia y costo.

### **Ventilador de circulación V-FloFan**

Debido a la capacidad de circulación de aire constante, este ventilador se utilizó para crear un flujo constante de aire a nivel de animales y plantas. Este ventilador mezcla aire caliente del cenit del edificio con aire frío de abajo. Tiene un diseño hecho especialmente para la uniformidad en las plantas (anexo 13).



*Figura 14. Ventilador V-FloFan (Data sheet, Multifan, Vostermans Ventilation , 2019)*

### **Características**

- Salida cónica con forma aerodinámica especial para un flujo de aire vertical óptimo
- El V-FloFan es aplicable a varios sistemas de cultivo
- Refleja el color blanco para uso en invernaderos
- Motor IP55 (resistente al agua y al polvo)
- Bajo nivel de ruido (45/47 dB a 7 metros)

## Ventilador de circulación horizontal

Los ventiladores de circulación horizontal le permiten asegurarse de que el clima del aire interior sea uniforme y extremadamente eficiente. El diseño mejorado del ventilador ofrece numerosos beneficios. Mejora en la eficiencia energética y también es mucho más silenciosa. Ahora, también es más fácil conectar el ventilador a las mangueras de aire. Esto le ahorra costos de instalación y hace que la experiencia del ventilador sea más económica (anexo 14).



*Figura 15. Ventilador horizontal (Data sheet, Multifan, Vostermans Ventilation , 2019)*

### Características

- Disponible en 3 modelos: 5.000, 7.000 y 8.500 m<sup>3</sup> / h
- Clase de aislamiento del motor F
- Motor IP55 (resistente al agua y al polvo)
- Ahorro de energía hasta 22,6 vatios / 1000 m<sup>3</sup> / h
- Nivel mínimo de ruido hasta 46 dB (A)
- Las mangueras de aire (ø 52 cm) se conectan fácilmente
- Protecciones térmicas integradas para motores 1

## Evaluación de actuadores de ventilación

**Tabla 15. Ventilador de circulación V-FloFan**

Ventilador de circulación V-FloFan				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación	15	0.15	3	0.45
Precio	25	0.25	1	0.25
Potencia	20	0.2	3	0.6
Flujo de aire	25	0.25	4	1
Peso	20	0.2	3	0.6
Total ponderado				2.9

**Tabla 16. Ventilador circular horizontal**

Ventilador circular horizontal				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación	15	0.15	3	0.45
Precio	25	0.25	3	0.75
Potencia	20	0.2	3	0.6
Flujo de aire	25	0.25	3	0.75
Peso	20	0.2	2	0.4
Total ponderado				2.95

**Tabla 17. Puntuación del valor de producto**

Puntaje	Valor producto
1	Malo
2	Promedio
3	Bueno
4	Muy Bueno

Se puede apreciar en los cuadros comparativos que el de mayor puntaje para la selección del ventilador es del ventilador circular horizontal, cuenta con los requerimientos que se necesitan para la elaboración óptima del control de temperatura.

### C. Sensor de temperatura

Los sensores de temperatura son elementos o componentes eléctricos y electrónicos, permiten medir la temperatura mediante una señal eléctrica específica. Esta señal se puede enviar directamente o cambiando la resistencia.



- Pines: + VCC, V e, GND
- Mínima impedancia de salida

### **Sensor NTC10**

La versión impermeable del sensor que utiliza un termistor NTC de 10K que se encuentra encapsulado. teniendo una utilidad necesaria para medir la temperatura en líquidos o en ambientes de humedad, tiene un sensor de precisión fina y tiene una cubierta de cable de plástico, evitando la corrosión, teniendo una recomendación de no superar los 100 °C para no sufrir ningún daño en el cable. encapsulado dentro de un tubo de acero de alta calidad a prueba de líquidos y corrosión ambiental. Debe conectarse utilizando una resistencia de 10K en disposición pull down. Algunas áreas de aplicación se encuentran en control de temperatura, invernaderos, herramientas o máquinas e incluyen procesos como la producción de bebidas (anexo 16).



**Figura 17. Sensor ntc10 (Data sheet, Novus, 2015)**

### **Características**

- Tipo: sensor de temperatura: NTC
- Voltaje de suministro: 5 V
- Medida de temperatura mínima: -100 °C
- Temperatura máxima de medición: 400 °C
- Tipo de salida: analógica
- Resistencia a 25 °C: 10 kΩ ± 1%
- Protección externa: sonda con tapa de metal
- Material de buena calidad: acero inoxidable
- Número de cables: 2

## Evaluación de sensores

**Tabla 18. Evaluación de producto, sensor LM35**

LM35				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Precisión	25	0.25	3	0.75
Resolución	10	0.1	2	0.2
Acondicionamiento	20	0.2	2	0.4
Calibración	25	0.25	4	1
Costo	20	0.2	4	0.8
Total ponderado				3.15

**Tabla 19. Evaluación de producto, sensor NTC10**

NTC10				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Precisión	25	0.25	3	0.75
Resolución	10	0.1	3	0.3
Acondicionamiento	20	0.2	4	0.8
Calibración	25	0.25	3	0.75
Costo	20	0.2	3	0.6
Total ponderado				3.2

**Tabla 20. Puntuación del valor de producto**

Puntaje	Valor producto
1	Malo
2	Promedio
3	Bueno
4	Muy Bueno

Se puede apreciar en los cuadros comparativos que el de mayor puntaje para la selección es del sensor ntc10, que cuenta con los requerimientos que se necesitan para la elaboración óptima del control de temperatura.

### Análisis de tipos de control

#### Control Sí / No

Los controladores de "sí / no", incluso los controladores de "encendido / apagado" sistemas fundamentales más importantes a nivel de control. envían una marca de activación ("sí", "on" ,"1") cuando es menor la entrada de señal que el orden de referencia (previamente definido), y pone en inactividad la señal

de salida ("no", "off" , "0") cuando la señal de entrada es más que un signo de referencia. Los controladores "Sí / No" se utilizan en termostatos y aire acondicionado. Se tiene una temperatura requerida por el usuario, (sí) cuando la temperatura es mayor o menor a la requerida se encenderá o el aire acondicionado o el termostato, (no) cuando no supera ni disminuye la temperatura y se encuentra en el rango, se desactiva o el termostato o el aire acondicionado, manteniéndose estable.

### **Control proporcional (P)**

Consiste en la multiplicación del error del actuante entre la señal y la sensibilidad o ganancia proporcional, de modo que haya una disminución casi nula del error en el estado estacionario. Utilizado en válvulas de flotación o reguladores de centrifugado.

### **Control proporcional derivativo (PD)**

Un controlador PD (proporcional-diferencial o derivativo) es un elemento del sistema de transferencia de lazo cerrado que contiene tanto el elemento P como el D, que responde al error diferencial cuando cambia. El valor se multiplica por el coeficiente de acción-derivación KD y se suma al componente P (que a su vez actúa proporcionalmente al control de error fijo). Como resultado, el control PD puede responder a un error inminente y así puede obtener una acción que fue omitida por el moderador durante el proceso.

### **Control proporcional integral (PI)**

Un control proporcional integral como acto del controlador provoca el cambio en la marca de salida en relación con la tasa de tiempo proporcional al volumen de error (la resta de los valores de PV y SP). Su funcionalidad del CI (controlador integral) actúa al error en el tiempo de salida, modificando la señal de salida que sea necesario para suprimir el error. La acción proporcional (P) le ordena a la salida cuánto se mueve cuando ocurrió un error, la acción entera (I) le dice a la salida qué tan rápido se mueve cuando ocurrió el error. Si la acción proporcional (P) actúa en el presente, toda la acción (I) actúa en el pasado. Por lo tanto, qué tan rápido se controla la señal de salida depende del historial de tiempo de la integral de error: cuánto error ocurrió y cuánto tiempo dura. Cuando

se considera "acción integrada" (I), se piensa en "impaciente": esta acción aumenta su capacidad de control y aumenta la diferencia entre PV y SP , usados mayormente en lazos de temperatura, lazos de nivel o en lazos de presión.

### **Control proporcional integral derivativo (PID)**

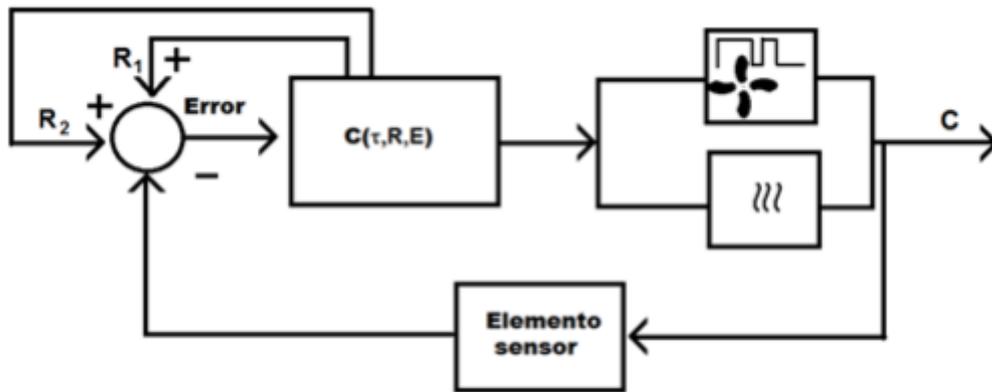
Un control proporcional integral derivativo (PID) es un modo bastante estable de controlar el sistema en cualquier estado o nivel. Es casi omnipresente en medios de temperatura y en muchos procesos químicos y científicos y tiene aplicaciones en la automatización. Pero el control PID no está exento de problemas. Puede proporcionar resultados menos que ideales en situaciones en las que el valor objetivo cambia, ya sea como un campo de función o como parte de un perfil de "rampa o nivel".

### **Designación de tipo de control**

Para desarrollar un control óptimo que necesite el invernadero, se tienen los controles más comunes para desarrollar, como son el control on/off , control PD , control PID entre los tres tipos el desarrollo que se adecua al proceso que será de un control en on / off. Puesto que se necesitará el encendido y apagado de los actuadores sin ninguna otra restricción.

### **Análisis del diagrama de bloques**

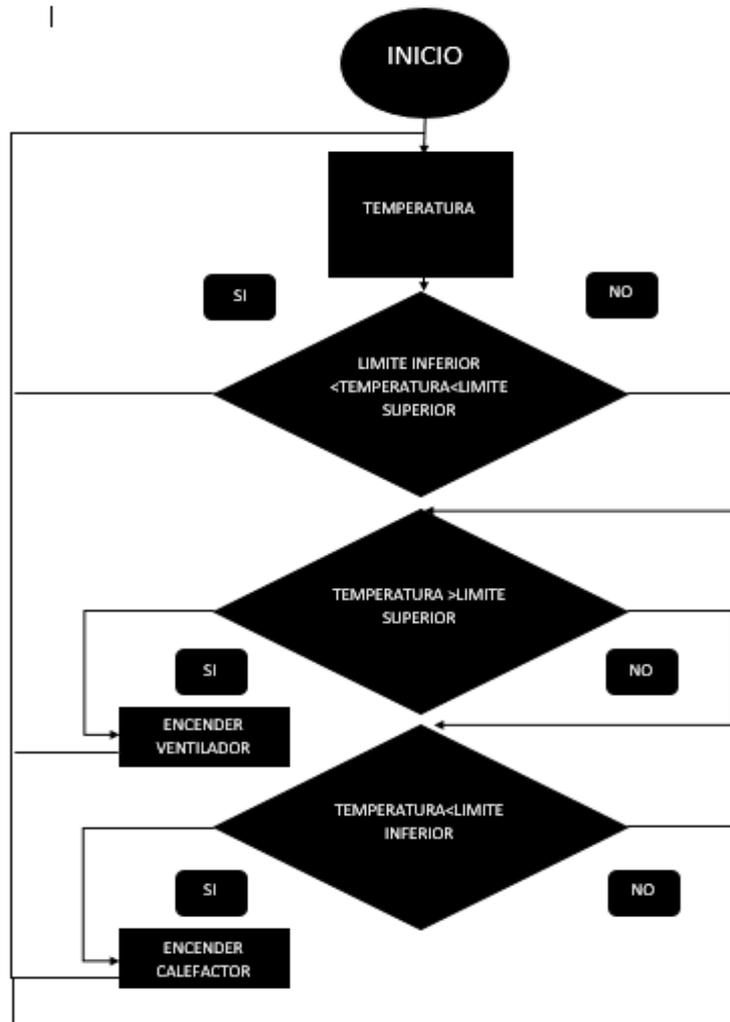
El sistema de monitoreo de temperatura está compuesto inicialmente por un microcontrolador, que inicia un proceso por la lectura del sensor, que activa el programa para tomar una decisión para iniciar los actuadores que mantendrán a una temperatura requerida y proseguirá de nuevo a tomar una lectura del sensor, creando así, un control de la temperatura.



**Figura 18. Diagrama de flujo estándar de un control de temperatura (Researchgate, 2019)**  
 . Tomada de [https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-a-Bloques-del-Sistema-General\\_fig1\\_305044789](https://www.researchgate.net/figure/Diagrama-a-Bloques-del-Sistema-General_fig1_305044789)

Para la elaboración de un buen control de procesos es necesario saber la elaboración del programa y, como paso inicial, es necesario elaborar un diagrama de flujo, que se desarrollará mediante los datos obtenidos del instrumento de recolección de datos y la selección del tipo de control.

Obteniendo los datos requeridos para el desarrollo de control y monitoreo del invernadero prosigue elaborar el diagrama de flujo, que representa la función determinada que desarrollará dicho programa mediante el control escogido que será en on y off.



**Figura 19. Diagrama de flujo del control de temperatura**

El proceso comienza sensando una temperatura, una vez teniendo dicha temperatura, se toma una decisión; donde, si la temperatura está dentro del rango, hará un bucle para volver a tomar una nueva temperatura; si en caso la temperatura no está dentro del rango pasa a tomar otra decisión, si la temperatura es mayor al límite superior (mayor temperatura, caliente) tomará la decisión de encender el ventilador, si la temperatura no supera el límite superior pasa a tomar otra decisión que si la temperatura es menor al límite inferior (menor temperatura, frío) encenderá el calefactor, teniendo este diagrama se desarrolla un óptimo algoritmo de proceso.

## **Sistema de alimentación**

### **Panel solar**

Un panel solar es un dispositivo que conecta la energía solar a calor o a electricidad para generarla. Según estos dos límites, se pueden diferenciar entre colectores solares, generan agua caliente (comúnmente utilizada para el hogar) mediante baños de fuerza solar y paneles solares, que producen electricidad mediante de la radiación solar que es cubierta por paneles fotovoltaicos en células solares.

Los paneles solares están formados por muchas células fotovoltaicas, que se denominan células fotovoltaicas, que conectan los rayos solares con la electricidad. La electricidad se genera a partir del efecto fotovoltaico de la energía solar (fotón) mediante la generación de cargas positivas y negativas en los dos tipos de semiconductores vecinos más cercanos, que generan un campo eléctrico y generan una corriente eléctrica (anexo 17).



*Figura 20. Panel solar (Data sheet, Harvest the sunshine, JA solar, 2019)*

### **Regulador de tensión**

El regulador de tensión, o también conocido como controlador de carga, es un elemento de la formación de dirección y el control de la energía que rodea al módulo de batería solar y fotovoltaica y, en última instancia, evita sobrecargas en el controlador y la batería. cuando reciben energía fotovoltaica (anexo 18).



*Figura 21. Regulador de tensión (Data Sheet, Bauer Energy, 2017)*

### **Baterías solares**

Las baterías solares son un componente importante de la instalación de energía solar, porque son los componentes encargados de almacenar energía, se pueden utilizar de noche o durante largos períodos de tiempo cuando no hay radiación solar. Los equipos también tienen la responsabilidad de proporcionar un funcionamiento más intensivo de lo que ha recibido un panel solar para mejorar el rendimiento del sistema.



*Figura 22. Baterías solares (Data Sheet, Enerver, 2015). Tomada de <http://enerverperu.com/baterias>*

### **Inversores solares**

Los inversores fotovoltaicos o inversores solares son un elemento imprescindible para que la energía obtenida del panel solar se transforme en un funcionamiento directo, recibida o almacenada según los requisitos y especificaciones de la instalación fotovoltaica. Los inversores se dividen en dos

categorías: inversores de onda sinusoidal pura e inversores de ondas de bobinado modificadas (anexo 19).



*Figura 23. Inversor solar (Data Sheet, Huber, 2015)*

### Datos de uso del sistema de energía

#### Cantidad de paneles

Para determinar el uso del sistema fotovoltaico, se desarrolla la ecuación del cálculo solar.

$$NP^{\circ} = \frac{E \times 1,3}{HSP \times WP}$$

#### En donde:

E= consumo diario en watts

HSP= hora solar pico

WP = potencia del panel

NP= número de panel

**Tabla 21. Datos para la cantidad de paneles**

Consumo diario	
Equipo	Consumo en watts
Ventilador	560
Calefactor	850
Equipos de conexión	400
Otros	200
E	2010
Hora solar pico	
HSP	6
Potencia del panel	
Panel	340 W

$$NP^{\circ} = \frac{2010 \times 1,3}{6 \times 340}$$

$$NP = 1.28$$

Desarrollando el cálculo solar se puede observar que se necesitará la cantidad de un panel por sistema.

### Cantidad de baterías

Para determinar el uso del sistema fotovoltaico, se desarrolla la ecuación de consumo de baterías.

$$Id = \frac{E}{VT}$$

E = consumo diario en watts

VT = tensión de trabajo

ID = intensidad de corriente por día

CB = consumo de batería

$$Id = \frac{2010}{48}, Id = 41.875 \text{ amp/d}$$

$$CB = \frac{DIAS \times Id}{0,7}, CB = \frac{7 \times 41.9}{0,7}, CB = 419 \text{ amp}$$

Teniendo en cuenta el consumo de 419 amp. se utilizarán dos baterías de 48 V a 400 amp.

### Selección de inversor

**Tabla 22. Tipos de inversores**

Inversor	
1 kVA	800 W
2 kVA	1600 W
3 kVA	2400 W
5 kVA	4000 W

Teniendo en cuenta que existe un consumo de 2010 watts. Se utilizará el inversor de 3 kVA a 2400 W.

## **CAPÍTULO IV**

### **ANÁLISIS Y DISEÑO**

#### **4.1. Identificación de requerimientos**

Para la elaboración de un control de temperatura se necesitarán como paso inicial la estructura del invernadero, requerimiento climático de los arándanos, se necesitarán los componentes y actuadores adecuados, lógica programable y el suministro de energía.

***Tabla 23. Requerimientos para el control de temperatura***

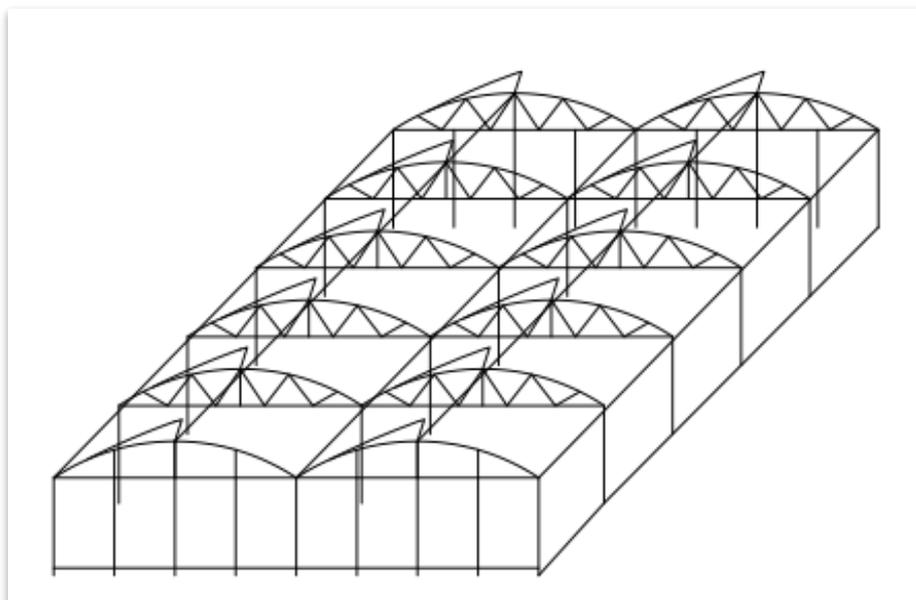
Requerimiento	Valor u obtención
Invernadero	Sí
Temperatura de arándanos	19 °C hasta 23 °C
Microcontrolador	Arduino Nano
Control de potencia	Sí
Sensor	NTC10
Ventilador	Horizontal
Calefactor	Cerámica PTC
Lógica programable	Sí
Suministro de energía	Sí

#### **4.2. Análisis de la solución**

La unidad de análisis de la presente investigación corresponde al control de temperatura del invernadero ubicado en la comunidad de Cullpa en el distrito de El Tambo, perteneciente a la provincia de Huancayo, región Junín, que generará arándanos.

## A. Análisis del invernadero

Según los requerimientos para la producción de arándanos, se necesita que los arándanos no se encuentren en climas con temperaturas bajas ni con fuertes vientos, por eso es recomendable utilizar un invernadero para así satisfacer los diferentes cambios climáticos que se presenten en la zona.



**Figura 24. Plano estructural del invernadero en Cullpa**

**Tabla 24. Características del invernadero**

Invernadero	
Material de cubierta	Metálica
Dimensiones	L(10m), A(3,5m)
Aislamiento térmico	Metálica
Espesor	2 cm

**Tabla 25. Dimensiones del invernadero**

Dimensiones del invernadero		
Símbolo	Característica	Metros
H	Altura de los aleros	1
R	Altura de la cresta	1
L	Longitud de la pendiente de la cubierta	1,5
W	Ancho	3,5

## B. Análisis de temperatura

Para el análisis de la temperatura, se obtuvieron los datos que requieren los arándanos, dicho fruto necesita estar a una temperatura de 16 °C hasta 25 °C, para obtener un óptimo crecimiento y desarrollo rápido, por ello, se manejará

a una media de 19 °C hasta 23 °C para cubrir posibles causas ambientales, como enfermedades, mal desarrollo, etc., ver tabla 6.

#### **4.3. Diseño**

Se realizarán las comprobaciones del diseño de la lógica programable de control con el sensor hacia los actuadores y se verificará el interfaz de monitoreo.

##### **A. Lógica programable**

Para la selección del algoritmo adecuado para el diseño de la lógica de sistema de control y monitoreo de temperatura del interior de un invernadero en el cultivo de arándanos, teniendo el diagrama de flujo adecuado (figura 19), se desarrolló el programa para el microcontrolador Arduino Nano con los parámetros de temperatura de 19 °C hasta 23 °C, dicho programa (anexo 4) comienza con una lectura del sensor, si dicha lectura muestra que está entre los 19 °C hasta los 23 °C tomará una decisión que es de dar un bucle y volver a tomar una lectura, si en caso no está dentro del parámetro, pasa a una segunda decisión que si la lectura es mayor al límite superior (hace calor) encenderá el ventilador; en caso contrario, pasará a tomar otra decisión que si la lectura es menor al límite inferior (hace frío) encenderá el calefactor; dando así un bucle por las lecturas tomadas por el sensor , dichas tomas de lectura se mostrarán en un *display lcd* con el propósito del monitoreo, temperatura baja (c:on calentando), temperatura alta (v:on enfriando), temperatura correcta y mostrando la temperatura tomada en cada momento.

```
UTUS_CONTROL_DE_TEMPERATURA2 $
/*PROGRAMA:CONTROL DE TEMPERATURA PARA UN INVERNADERO
 * AUTOR: JESUS ANGEL UTUS CRISPIN
 * UNIVERSIDAD CONTINENTAL
 *
 * FECHA:2021
 */
/*****DEFINICIONES*****/
#include <LiquidCrystal.h> /*Libreria de pantalla LCD*/
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); /*Pines de arduino para la pantalla*/
int ventilador = 10; /*Pin D10 de arduino para la salida del ventilador*/
int calefactor = 6; /*Pin D6 de arduino para la salida del calefactor*/
int ThermistorPin = 0; /*Pin A0 de arduino para entrada de thermistor*/
int Vo; /*Variable para lectura de thermistor*/
float R1 = 10000; /*Variable de lectura de resistencia y thermistor*/
float logR2, R2, T, Tc; /*Variables de calculo de temperatura*/
float c1 = 1.009249522e-03, c2 = 2.378405444e-04, c3 = 2.019202697e-07; /*Variables de calculo de temperatura*/
/*****CONFIGURACION*****/
void setup() {
  lcd.begin(16, 2); /*Configuramos el modelo de pantalla LCD a utilizar de 16x2*/
  Serial.begin(9600); /*Puerto serial*/
  pinMode(ventilador, OUTPUT); /*Pin del ventilador como salida*/
  pinMode(calefactor, OUTPUT); /*Pin del calefactor como salida*/
  lcd.setCursor(0, 0); /*Escritura de datos en pantalla*/
  lcd.write(" CONTROL DE ");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.write(" TEMPERATURA ");
}
```

**Figura 25. Programación del control de temperatura**

## B. Etapa de potencia

La etapa de potencia ayuda a la comunicación del microcontrolador con el calefactor y el ventilador por los pines D6, D10 del microcontrolador.

Las etapas de control de los actuadores están dadas por un optocoplador moc3021 y un triac tic225 que controlarán la alimentación de los actuadores y el control automático mandado por el microcontrolador.

Dichos circuitos se realizaron en el programa Proteu, dando así el circuito esquemático como el circuito impreso o pcb.

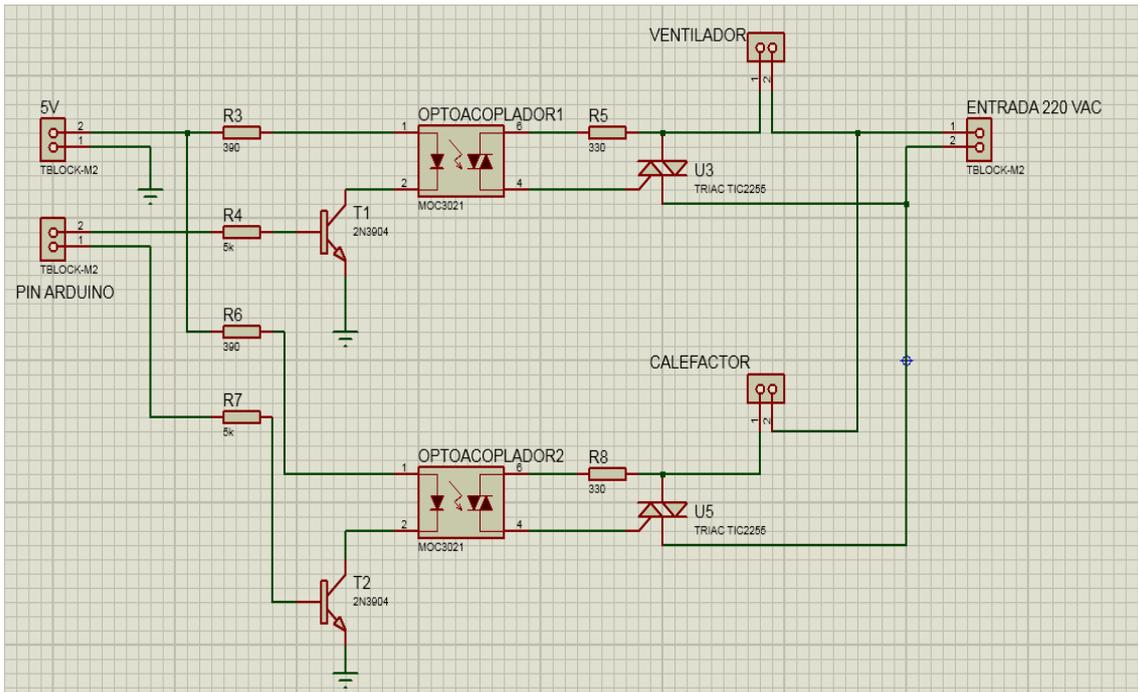


Figura 26. Diagrama esquemático de la etapa de potencia en Proteus

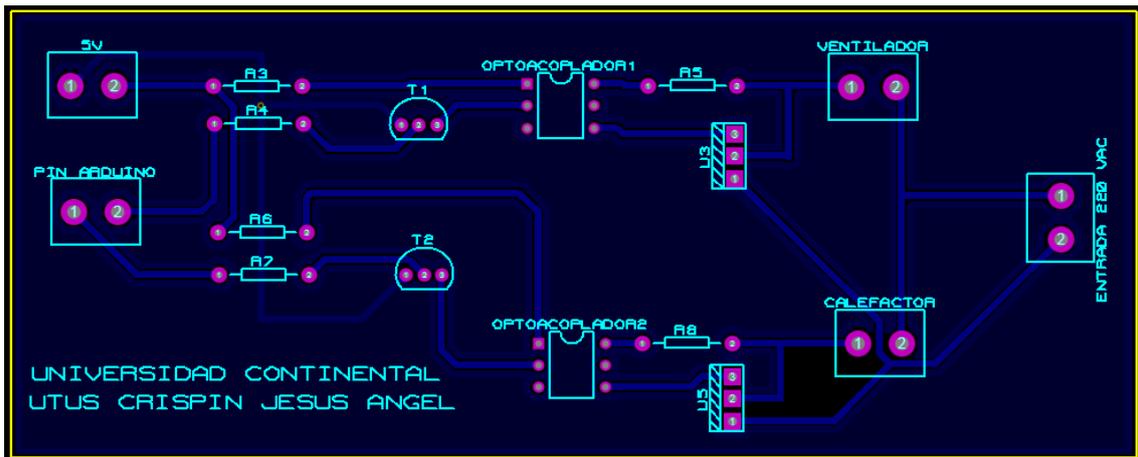


Figura 27. Circuito de potencia

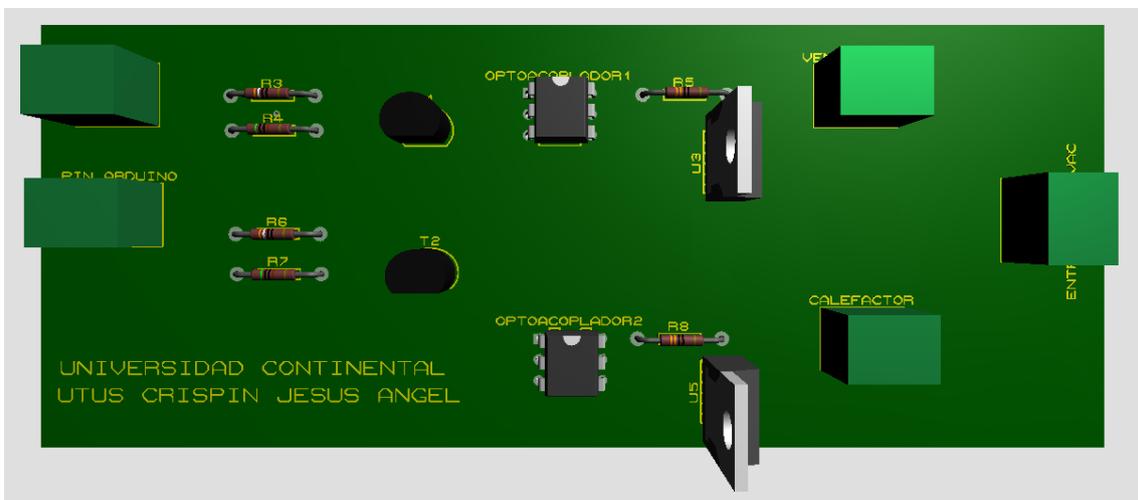
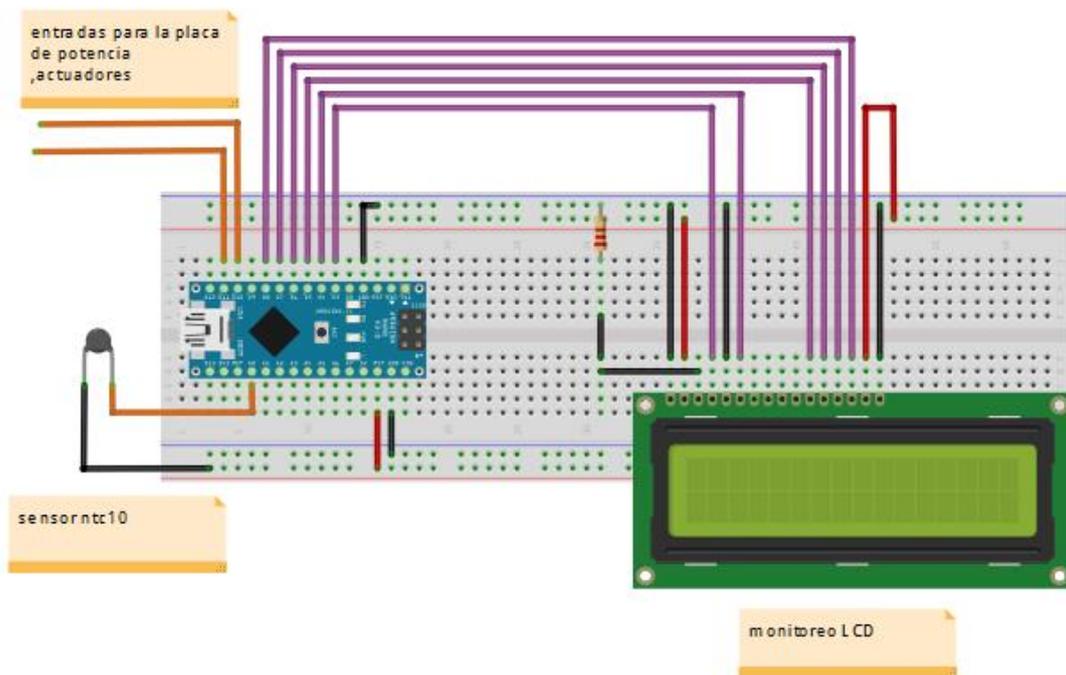


Figura 28. Pcb impreso con los componentes

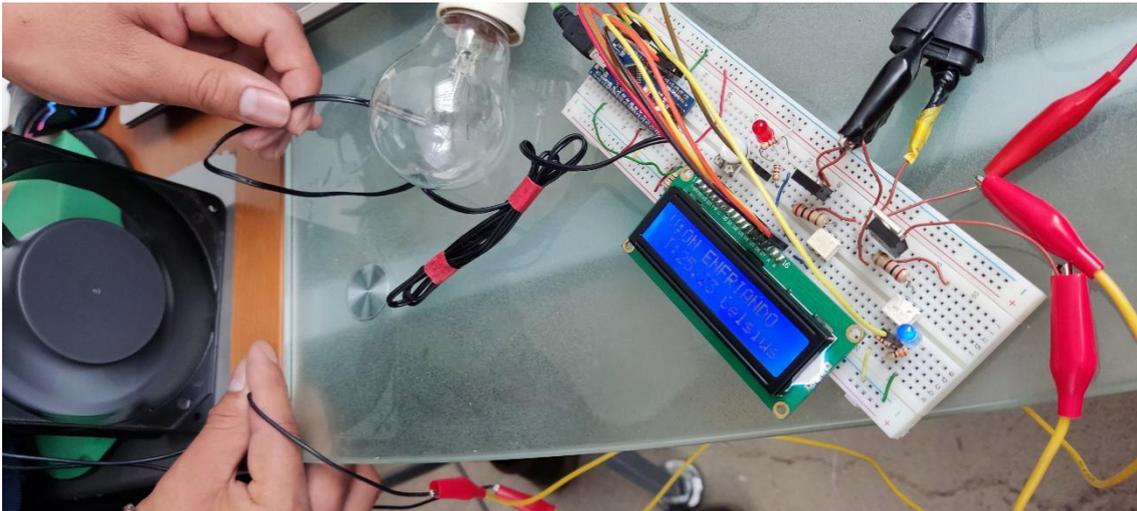
## Sensor de temperatura

Se dispuso a controlar la temperatura mediante el sensor ntc10 en el microcontrolador Arduino Nano controlando desde el pin A0 para dar las instrucciones a los pines D10 (ventilador) y D6 (calefactor) que está conectado a la placa de etapa de potencia.

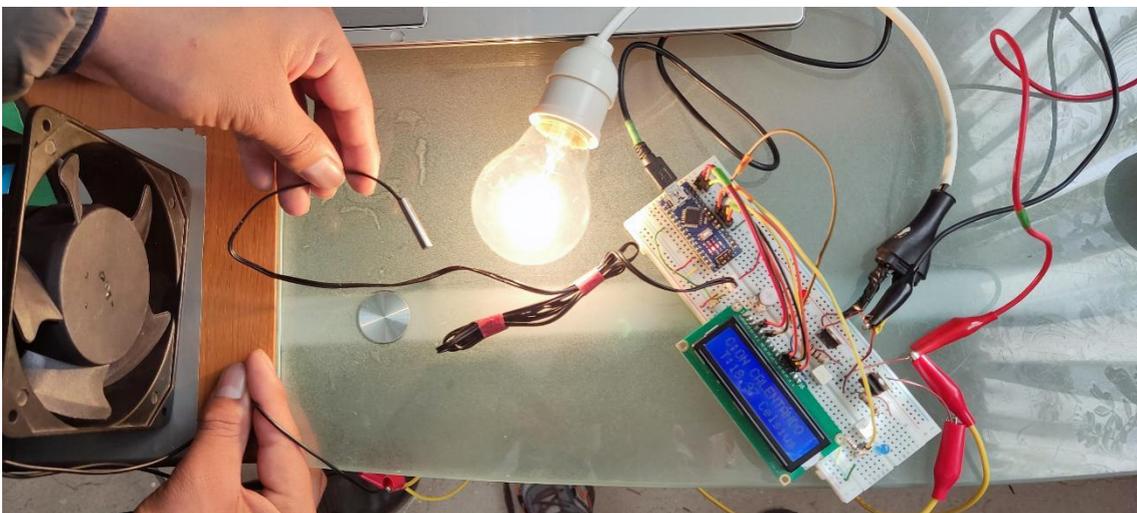


**Figura 29. Conexiones esquemáticas en el protoboard**

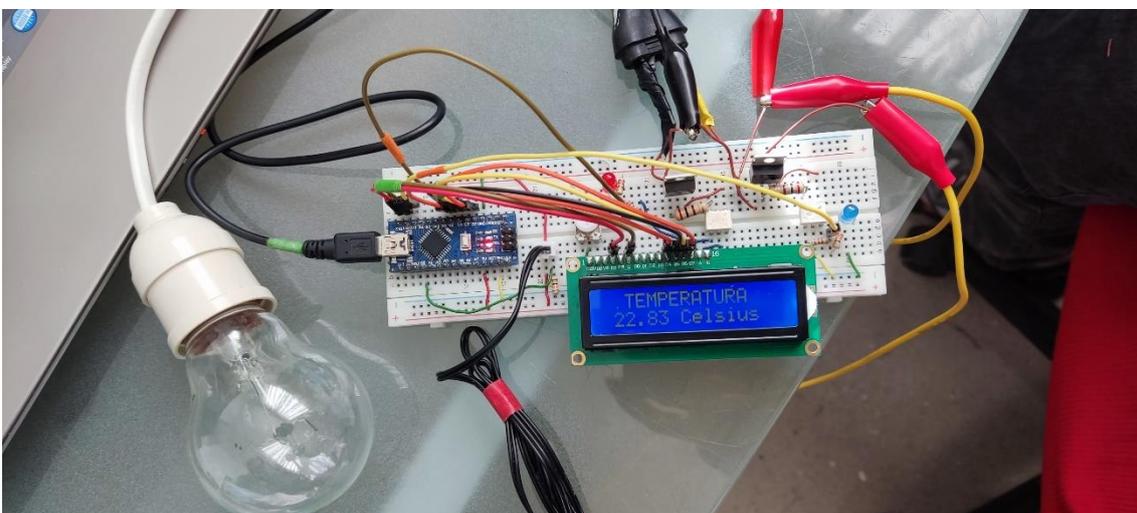
Dicho sistema se comprobará en un *protoboard*, incluyendo la etapa de potencia y con dos actuadores (ventilador y un foco) que simularán el proceso en funcionamiento óptimo y correcto, todas las visualizaciones gráficas se muestran en el anexo 5.



**Figura 30. Prueba de enfriamiento utilizando un ventilador**



**Figura 31. Prueba de calentamiento utilizando un foco**

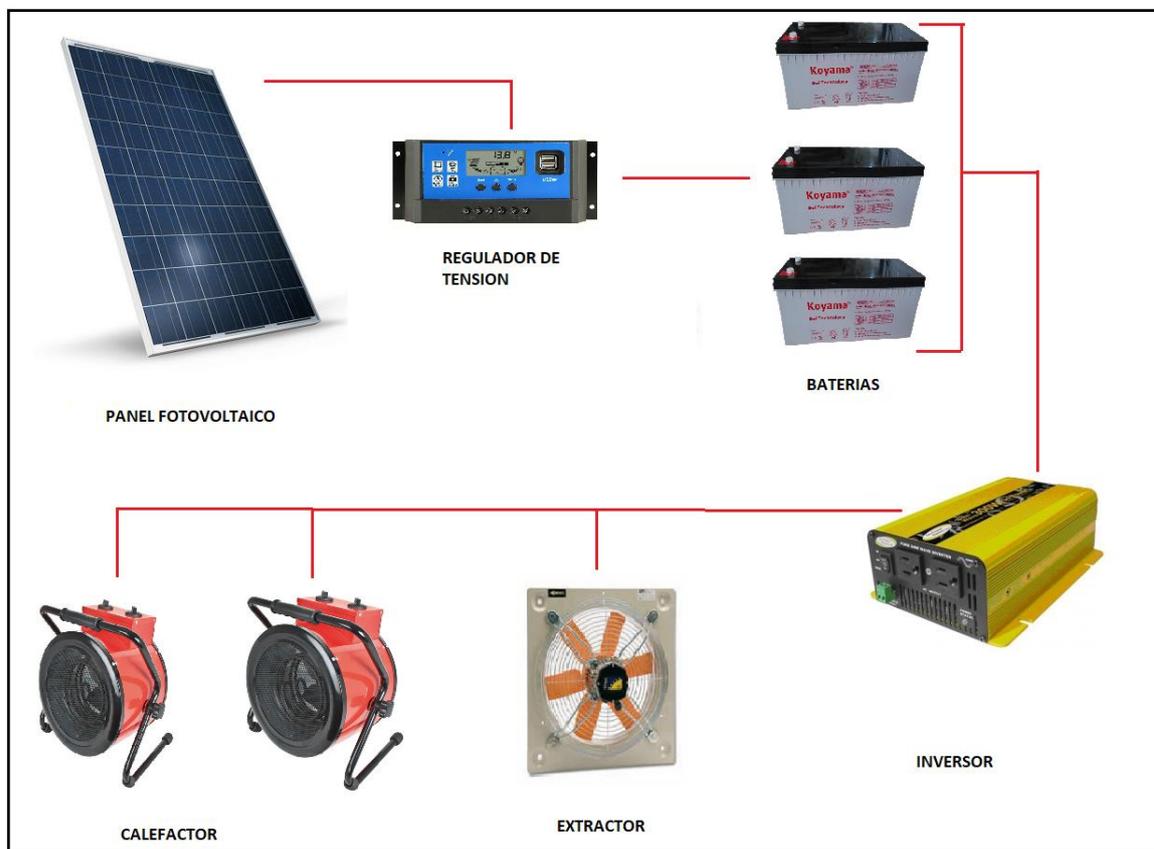


**Figura 32. Prueba de temperatura estable**

#### 4.4. Construcción

##### A. Sistema de alimentación

Como primer paso se obtendrán los componentes para el sistema de alimentación cuyos datos de cantidad y selección se observan en el capítulo tres, teniendo en cuenta los componentes se instalará un panel solar de 240 watts que obtendrá la energía solar y esta pasará por un regulador de tensión que entregará la corriente necesaria a las baterías que almacenarán la corriente para los días de trabajo, que son siete días a la semana, dicha corriente pasará por un inversor de corriente, dando así una corriente de 220 AC para el consumo de los calefactores y ventilador.

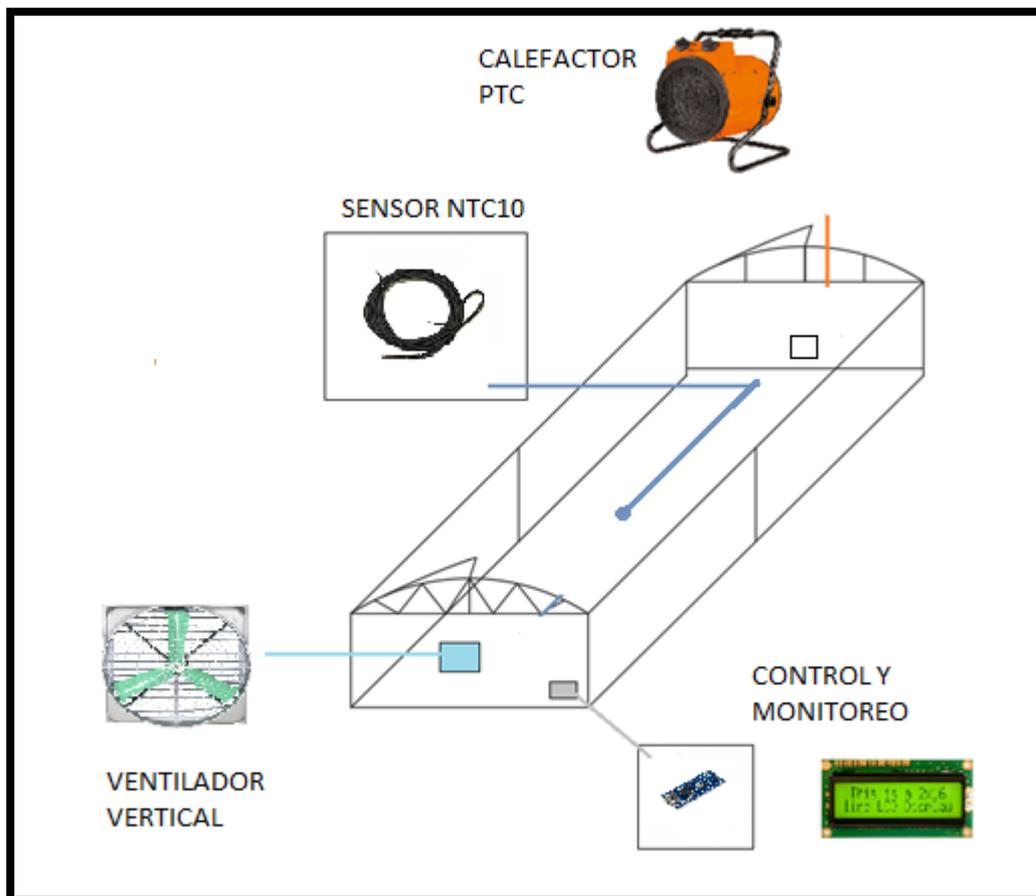


*Figura 33. Sistema de alimentación para el invernadero*

##### B. Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa

Se diseñó el control de temperatura de un invernadero en el anexo de Cullpa, que contará con dos calefactores; por su estructura se colocarán, en el piso en los lados extremos un ventilador a una altura de 0.52 m, que será

sensado por un sensor ntc10 ubicado en el centro del invernadero; dado que el flujo de aire está dado en el centro del invernadero y no interfiere la humedad relativa. Controlado por un Arduino Nano y se monitoreará con un *display lcd* ubicados en la parte posterior del invernadero, dando lecturas del proceso ambiental que ocurra dentro del invernadero.



**Figura 34. Diseño de un sistema de control de temperatura**

## CONCLUSIONES

- Se logró diseñar un sistema de control de temperatura, permitiendo la identificación de valores que faciliten el funcionamiento de los dispositivos que conforman el invernadero.
- Se desarrolló un algoritmo de control acorde al sistema que se planteó, estableciéndose un control de temperatura regulando la potencia emitida por los actuadores y en consecuencia se obtendrá una notable disminución del consumo eléctrico.
- Se diseñaron las etapas de sensado con el sensor ntc10 y actuación con el ventilador horizontal y el calefactor de cerámica ptc, para ello, se implementó un esquema con la selección de los elementos involucrados en el diseño, comprobándose el acompañamiento entre la etapa de control y potencia para las pruebas que se simularon.
- Se logró determinar un sistema de monitoreo por una pantalla LCD para que este pueda permitir el control de la energía necesaria para el funcionamiento correcto de los dispositivos y actuadores del invernadero.

## REFERENCIAS

1. **INFOAGRO.** Recursos para productores. [En línea] <https://www.berger.ca/es/recursos-para-los-productores/tips-y-consejos-practicos/cultivar-invernadero-ventajas-desventajas/>.
2. **SALAS, Daniel.** Proyectos peruanos. [En línea] 2020. [https://proyectosperuanos.com/cultivo\\_de\\_arandanos/](https://proyectosperuanos.com/cultivo_de_arandanos/).
3. **SERRADO, Filomena y otros.** *Mirtilos: Guía de buenas prácticas para producción de arándanos.* 2020.
4. **ALMONACID PAYTÁN, Evangelina; RAMÍREZ RIVERA, Felicita Haydee.** *Sistema de control de temperatura y de humedad para el secado de carne en la ciudad de Huancavelica.* Universidad Nacional de Huancavelica. Huancavelica : s.n., 2016. Tesis de grado.
5. **CORONEL MENDIGURI, Jorge James.** *Diseño, implementación y optimización de un sistema de control de temperatura para el proceso de fermentación en la elaboración de yogurt.* Universidad Andina. Juliaca : s.n., 2018. Tesis de grado.
6. **TÁVARA NAVARRO, Juan Carlos y ROJAS SANTIAGO, David Edgardo.** *Diseño de un sistema de control con periferia descentralizada para optimizar las condiciones de temperatura y presión del vapor que ingresa a fábrica en la empresa agroindustrial Tumán S. A. A.* Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Lambayeque : s.n., 2015. Tesis de grado.
7. **IDROGO BACA, Edgar Joseph.** *Diseño de un sistema de control de temperatura en el proceso de secado de arroz, aplicando lógica difusa, para disminuir el porcentaje de quebrado de arroz, del molino Sudamérica de Lambayeque.* Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo. Chiclayo : s.n., 2019 . Tesis de grado.
8. **CONDORI CHAHUARA, Saul y SERPA QUISPE, Javier.** *Diseño del control de temperatura para un horno industrial, mediante la modulación de ancho de pulso usando un PLC de gama alta.* Universidad Nacional del Altiplano. Puno : s.n., 2017. Tesis de grado.
9. **REÁTEGUI ARRIVASPLATA, Carlos Raúl.** *Desarrollo de un sistema de monitoreo y control microclimático en apoyo al cultivo de arándanos en*

- invernadero en la ciudad de Caraz, departamento de Áncash. Universidad Tecnológica del Perú. Lima : s.n., 2019. Tesis de grado.*
10. **PATÍN CHIMBO, Jenny del Rocío.** *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control de humedad y temperatura para invernaderos con administración SNMP.* Universidad Nacional de Chimborazo . Chimborazo : s.n., 2016. Tesis de grado.
  11. **NATA RIVERA, Edisson David y SILVA PILAGUANO, Jonathan Stalin.** *Implementación de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura para cultivos de semillas de un invernadero del campus Salache.* Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga : s.n., 2019. Tesis de grado.
  12. **RODRÍGUEZ CHICAIZA, Jhonatan Rodrigo y ULCUANGO LLUMIQUINGA, Karen Patricia.** *Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero Clara Llumiquinga.* Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga : s.n., 2018. Tesis de grado.
  13. **MUSO LEMA, Jinso Israel y QUILLUPANGUI SALAZAR, Eddy Paul.** *Diseño e implementación del control de humedad en un invernadero del campus Salache.* Universidad Técnica de Cotopaxi. Latacunga : s.n., 2018. Tesis de grado.
  14. **PROAÑO YÉPEZ, Carlos Fernández.** *Desarrollo de un sistema web para el control de la producción de un invernadero de tomate en el cantón Cotacachi, utilizando el framework Angular Versión.* Universidad Técnica del Norte. Ibarra : s.n., 2019. Tesis de grado.
  15. **CARVAJAL GONZALES, Claudio.** *Sistema electrónico para el control de riego y adquisición de datos en la monitorización de temperatura, humedad y luminosidad de un invernadero.* Instituto Tecnológico de Costa Rica. Cartago : s.n., 2015.
  16. **PLAZA ESPINOZA, Xavier y YANGE ZAMBRANO, William.** *Diseño e implementación de una secadora híbrida para el control y monitoreo del proceso de secado del cacao.* Cusco : s.n., 2012.
  17. **VIDAL SANTO Adrián; VELÁZQUEZ, Camilo; IÑAKI DE LA CRUZ, Oscar; ORTEGA MONTIEL, Roberto.** *Diseño y construcción de un secador solar portátil.* Lima : s.n., 2012.

18. **VÁSQUEZ, J. W.; LLOYD P.** *Estimación de la energía solar en el Perú.* 1, abril de 1987, Revista Energética Olade, Vol. 11.
19. **AMAYA GARCÍA, Eduardo y RAMÍREZ ARTIGA, Eduardo.** *Diseño de automatización de sistema de riego de invernadero para el desarrollo de la agricultura familiar en el marco de la seguridad alimentaria.* Lima : s.n., 2016.
20. **GARCÍA PUJANTE, F.** *Interempresas.* Lima : s.n., 2011.
21. **GRUPO AM.** Agrosistemas del Sur. [En línea] 2017.  
<http://www.agrosistemasdelsur.com/ventilacion-natural/>.
22. **TENDERO GIMBERT, D.** La ventilación natural y su mecanización en invernaderos. [En línea] 2016.  
<http://www.horticom.com/pd/imagenes/66/047/66047.pdf>.
23. **Gobernación de Antioquia .** *Modelo tecnológico para el cultivo de lechugas bajo buenas prácticas agrícolas en el oriente antioqueño.* Medellín : s.n., 2016. pág. 147.
24. **GUERRERO, F. y A., POLO.** Aplicaciones y evaluación de turbas. [En línea] 1990.  
[http://wwgw.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia\\_04\\_01\\_tcm7-45701.pdf](http://wwgw.mapama.gob.es/es/parques-nacionales-oapn/publicaciones/ecologia_04_01_tcm7-45701.pdf).
25. **GÓMEZ D.; MATUTE, D.** *Producción orgánica de hortalizas de clima templado.* Lima : s.n., 2011.
26. **CASTILLEJO HERNÁNDEZ, P. y AGUAS ALCALDE, J.** *La humedad y oxigenación de la turba .* Universidad Pública de Navarra. Navarra : s.n., 2014. Tesis de grado.
27. **HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar.** *Metodología de la investigación.* 6.º ed. México : Mc Graw Hill, 2010. pág. 656.
28. **TAMAYO.** *El proceso de la investigación científica.* México : Limusa Noriega Editores, 2003.
29. **HERNÁNDEZ SAMPIERI, R.** *Investigación aplicada.* México : s.n., 2010.
30. **SUPO, José.** *Investigación científica.* Lima : s.n., 2012.

## **ANEXOS**

## Anexo 1

Dr.

Presente

Asunto: Validación de instrumentos a través de juicios de expertos

Me es grato comunicarme con usted para expresarle un cordial saludo y así mismo hacer de su conocimiento que siendo bachiller de la Universidad Continental, de la carrera profesional de Ingeniería Electrónica, vengo realizando la tesis titulada: “*Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021*”, por lo que se requiere validar el instrumento con el cual recogeré la información necesaria para desarrollar la investigación. Por lo cual es imprescindible contar con la aprobación de profesionales especializados para poder aplicar los instrumentos en mención, razón por la que he considerado conveniente recurrir a usted por su connotada experiencia en el tema; así mismo sus observaciones y recomendaciones como juez de validación serán de gran ayuda para la elaboración final de nuestro instrumento de investigación.

El expediente de validación contiene:

- a) *Anexo 1* : *Matriz de Consistencia*
- b) *Anexo 2* : *Instrumento de Investigación*
- c) *Anexo 3* : *Planilla de Juicio de Expertos*

Agradeciéndole de antemano, expresándole mi sentimiento y consideración me despido de usted, no sin antes agradecerle por la atención que dispone a la presente.

Atentamente

---

Bach.

## Matriz de Consistencia

### Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Método
<p><b>General</b> ¿Cómo diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?</p> <p><b>Específicos</b> a. ¿Qué tipo de sensores y actuadores son los adecuados para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021? b. ¿Qué algoritmo de control es el adecuado en el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?</p>	<p><b>General</b> Diseñar un sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.</p> <p><b>Específicos</b> a. Identificar los sensores y actuadores adecuados para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021. b. Seleccionar el algoritmo de control adecuado para el diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.</p>	<p>Los objetivos del presente estudio, de tipo descriptivo, no sugieren el planteamiento de hipótesis (27).</p>	<p>Diseño del sistema de control de temperatura</p>	<p>Sensores y actuadores Algoritmo de control Sistema de monitoreo</p>	<p><b>Método de investigación</b> - Método científico</p> <p><b>Tipo de investigación</b> - Investigación aplicada</p> <p><b>Nivel de investigación</b> - Nivel descriptivo</p> <p><b>Diseño de la investigación</b> - Diseño no experimental, de tipo transeccional</p> <p><b>Técnicas de recopilación de datos</b> - Análisis documental</p> <p><b>Instrumento de investigación</b> - Ficha técnica</p> <p><b>Técnicas de procesamiento y análisis de datos</b> Para la presentación de datos se utilizarán gráficos y barras estadísticas.</p> <p><b>Población</b> Por la naturaleza de la investigación se tiene un estudio de caso, en consecuencia, se considera como población a la propuesta de invernadero ubicado en la comunidad de Cullpa, ubicado en</p>

<p>en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?</p> <p>c. ¿Cómo debe ser el interfaz de usuario del diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021?</p>	<p>c. Desarrollo de un sistema de monitoreo para el control de temperatura de un invernadero en el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021.</p>				<p>el distrito de El Tambo, perteneciente a la provincia de Huancayo, región Junín.</p> <p><b>Muestra</b> No se considera una muestra por ser un estudio de caso.</p>
--	---	--	--	--	---

## Anexo 2

### Instrumentos de investigación

#### Ficha técnica del invernadero

Invernadero	
Material de cubierta	
Dimensiones	
Aislamiento térmico	
Espesor	

Dimensiones del invernadero		
Símbolo	Característica	Metros
H	Altura de los aleros	
R	Altura de la cresta	
L	Longitud de la pendiente de la cubierta	
W	Ancho	

#### Ficha técnica de temperatura

	Temperatura promedio por mes en la locación de Cullpa											
	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Dic
Día												
Noche												

#### Ficha técnica evaluación de microcontroladores

Arduino Nano				
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo				
Performance				
Memoria				
Periféricos				
Encapsulado				
		Total ponderado		

Arduino Mega				
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo				
Performance				
Memoria				
Periféricos				
Encapsulado				
		Total ponderado		

PIC16F628A				
	Porcentaje	Puntuación	Valor producto	Ponderado
Costo				
Performance				
Memoria				
Periféricos				
Encapsulado				
		Total ponderado		

## Ficha técnica de evaluación de actuadores

### Calefactor

Cables calefactores paralelos				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación				
Precio				
Potencia				
Flujo de aire				
Peso				
		Total ponderado		

Calefactor ventilador				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación				
Precio				
Potencia				
Flujo de aire				
Peso				
		Total ponderado		

Calentador de cerámica PTC				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación				
Precio				
Potencia				
Flujo de aire				
Peso				

## Ventiladores

Ventilador de circulación V-FLoFan				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación				
Precio				
Potencia				
Flujo de aire				
Peso				
		Total ponderado		

Ventilador circular horizontal				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Instalación				
Precio				
Potencia				
Flujo de aire				
Peso				
		Total ponderado		

## Ficha técnica de evaluación de sensores

LM35				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Precisión				
Resolución				
Acondicionamiento				
Calibración				
Costo				
		Total ponderado		

NTC10				
	Porcentaje	Pesos	Valor producto	Ponderado
Precisión				
Resolución				
Acondicionamiento				
Calibración				
Costo				
		Total ponderado		

**Anexo 3**  
**Planilla de juicios de expertos**

**Juicio de experto**

**I. Información de la investigación:**

1.1. Título de la investigación:

“Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero para el cultivo de arándanos en el anexo de Cullpa – El Tambo, 2021”

1.2. Investigador:

1.3. Fecha de evaluación:

**II. Información del evaluador:**

2.1. Nombre completo del experto:

---

2.2. Profesión:

---

2.3. Grado académico:

---

2.4. Especialidad:

---

2.5. Centro laboral:

---

2.6. Dirección:

---

2.7. Celular:

---

2.8. Email:

---

Marque en el recuadro respectivo, si el instrumento a su juicio cumple o no con el criterio escogido:

Criterio			Valoración		Observación
			SÍ	NO	
1	<b>Claridad</b>	Está formulado con lenguaje claro y apropiado.	x		
2	<b>Objetividad</b>	Está expresado de forma apropiadamente objetiva.	x		
3	<b>Pertinencia</b>	Adecuado al avance de la Ingeniería Electrónica	x		
4	<b>Organización</b>	Existe una organización lógica.	x		
5	<b>Suficiencia</b>	Comprende los aspectos en cantidad y calidad.	x		
6	<b>Adecuación</b>	Adecuado para valorar el constructos o variables a medir.	x		
7	<b>Consistencia</b>	Basado en aspectos teóricos científicos.	x		
8	<b>Coherencia</b>	Entre las ítems y las dimensiones de las variables	x		
9	<b>Metodología</b>	La estrategia corresponde al propósito de la medición	x		
10	<b>Significatividad</b>	Es útil y adecuado para la investigación.	x		

Comentarios:

.....

.....

.....

.....



Ing. Eulogio Alberto Pari Aguilar  
EVALUADOR

## Anexo 4

### Programación

```
/*PROGRAMA: CONTROL DE TEMPERATURA PARA UN INVERNADERO DE ARANDANOS
* AUTOR: JESUS ANGEL UTUS CRISPIN
* UNIVERSIDAD CONTINENTAL
* TESIS
* AÑO:2021
*
*/

/*****DEFINICIONES*****/
#include <LiquidCrystal.h>           /*Librería de pantalla LCD*/
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2); /*Pines de arduino para la pantalla*/
int ventilador = 10;                /*Pin D10 de arduino para la salida del ventilador*/
int calefactor = 6;                 /*Pin D6 de arduino para la salida del calefactor*/
int ThermistorPin = 0;;             /*Pin A0 de arduino para entrada de thermistor*/
int Vo;                             /*Variable para lectura de thermistor*/
float R1 = 10000;                   /*Variable de lectura de resistencia y thermistor*/
float logR2, R2, T, Tc;             /*Variables de cálculo de temperatura*/
float c1 = 1.009249522e-03, c2 = 2.378405444e-04, c3 = 2.019202697e-07;; /*Variables de
cálculo de temperatura*/

/*****CONFIGURACION*****/
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);                 /*Configuramos el modelo de pantalla LCD a utilizar de 16x2*/
  Serial.begin(9600);               /*Puerto serial*/
  pinMode(ventilador,OUTPUT);       /*Pin del ventilador como salida*/
  pinMode(calefactor,OUTPUT);      /*Pin del calefactor como salida*/
  lcd.setCursor(0, 0);              /*Escritura de datos en pantalla*/
  lcd.write(" CONTROL DE ");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.write(" TEMPERATURA ");
  delay(900);
  lcd.setCursor(0, 0);              /*Escritura de datos en pantalla*/
  lcd.write(" UNIVERSIDAD ");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.write(" CONTINENTAL ");
  delay(900);
}
```

```

/*****FUNCIONES DEL PROGRAMA*****/
void loop() {
  Vo = analogRead(ThermistorPin);           /*Lectura del thermistor*/
  R2 = R1 * (1023.0 / (float)Vo - 1.0);     /*Ecuación cálculo de temperatura*/
  logR2 = log(R2);                          /*Calculo de temperatura*/
  T = (1.0 / (c1 + c2*logR2 + c3*logR2*logR2*logR2)); /*Calculo de temperatura*/
  Tc = T - 273.15;                          /*Calculo de temperatura en grados Celsius*/
  if(Tc >20 && Tc <23)                       /*Condición de temperatura adecuada salidas en OFF*/
  {
    analogWrite(ventilador,LOW);             /*off salidas*/
    analogWrite(calector,LOW);              /*off salidas*/
    lcd.setCursor(0, 0);                    /*Escritura de datos en pantalla*/
    lcd.write(" TEMPERATURA ");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(Tc);
    lcd.write(" Celsius ");
    delay(400);
  }
  if(Tc <0)                                  /*Condición de casos extremos*/
  {
    analogWrite(ventilador,LOW);             /*off salidas*/
    analogWrite(calector,LOW);              /*off salidas*/
    lcd.setCursor(0, 0);                    /*Escritura de datos en pantalla*/
    lcd.write(" TEMPERATURA ");
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(Tc);
    lcd.write(" Celsius ");
    delay(100);
  }
  if(Tc >35)                                  /*Condición de casos extremos*/
  {
    analogWrite(ventilador,LOW);             /*off salidas*/
    analogWrite(calector,LOW);              /*off salidas*/
    lcd.setCursor(0, 0);                    /*Escritura de datos en pantalla*/

```

```

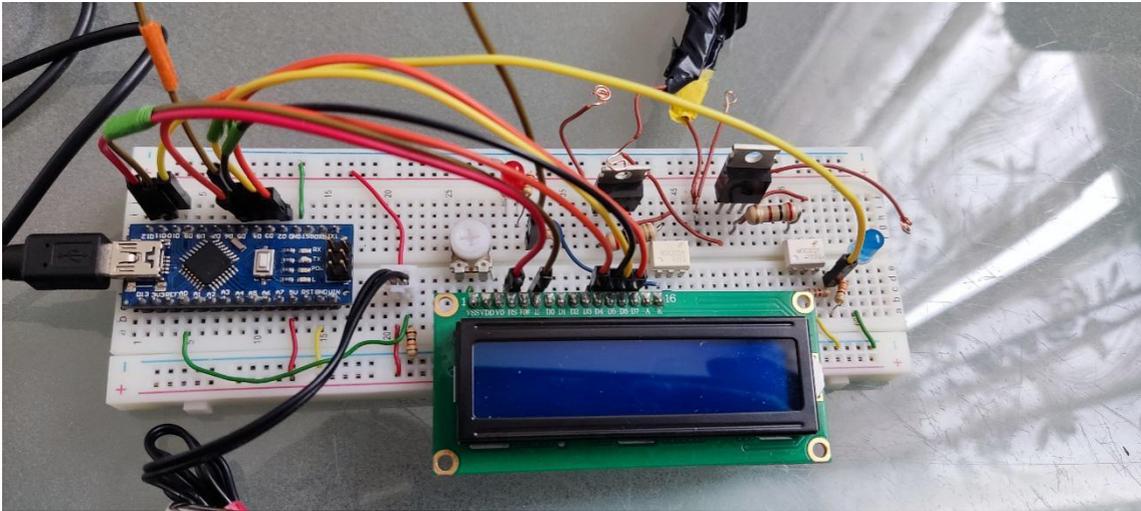
lcd.write(" TEMPERATURA ");
lcd.setCursor(1, 1);
lcd.print(Tc);
lcd.write(" Celsius ");
delay(100);
}
if(Tc >=23) /*Condición de temperatura mayor de 23*/
{
  analogWrite(ventilador,HIGH); /*on salidas*/
  //analogWrite(calefactor,LOW); /*off salidas*/
  lcd.setCursor(0, 0); /*Escritura de datos en pantalla*/
  lcd.write("V:ON ENFRIANDO");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.write("T:");
  lcd.print(Tc);
  lcd.write(" Celsius");
  delay(200);
}
if(Tc <=19) /*Condición de temperatura menor de 19*/
{
  //analogWrite(ventilador,LOW); /*off salida*/
  analogWrite(calefactor,HIGH); /*on salidas*/
  lcd.setCursor(0, 0); /*Escritura de datos en pantalla*/
  lcd.write("C:ON CALENTANDO");
  lcd.setCursor(1, 1);
  lcd.write("T:");
  lcd.print(Tc);
  lcd.write(" Celsius ");
  delay(200);
}
}

```

## Anexo 5

### Prueba de funcionamiento del circuito

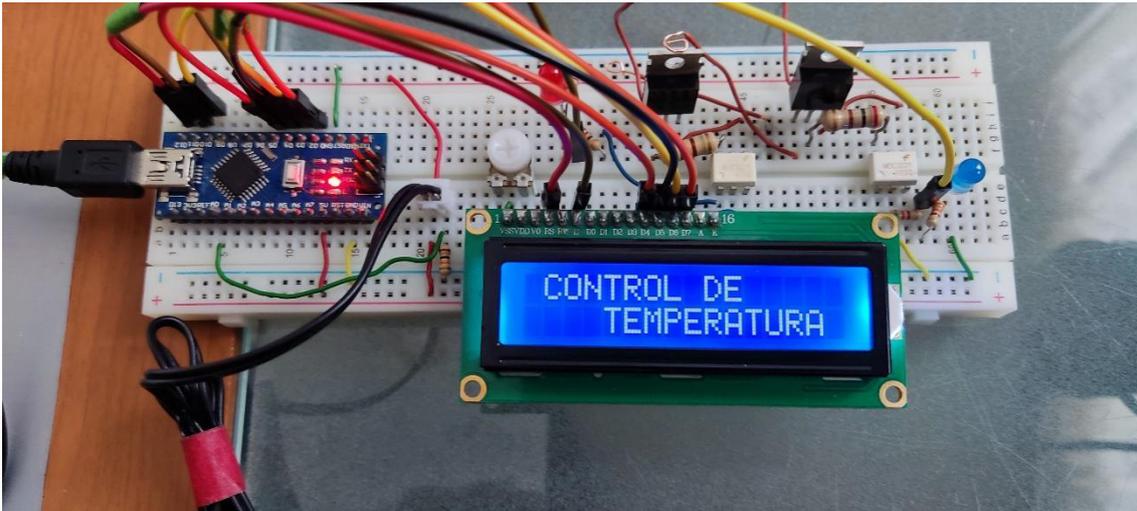
Prototipo



Encendido



Encendido



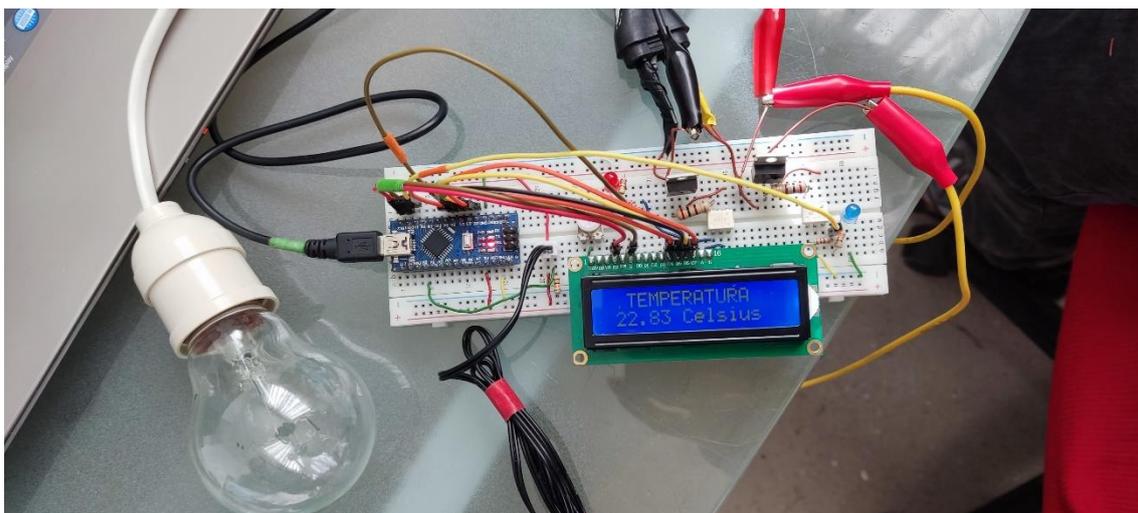
Temperatura baja encendido del ventilador



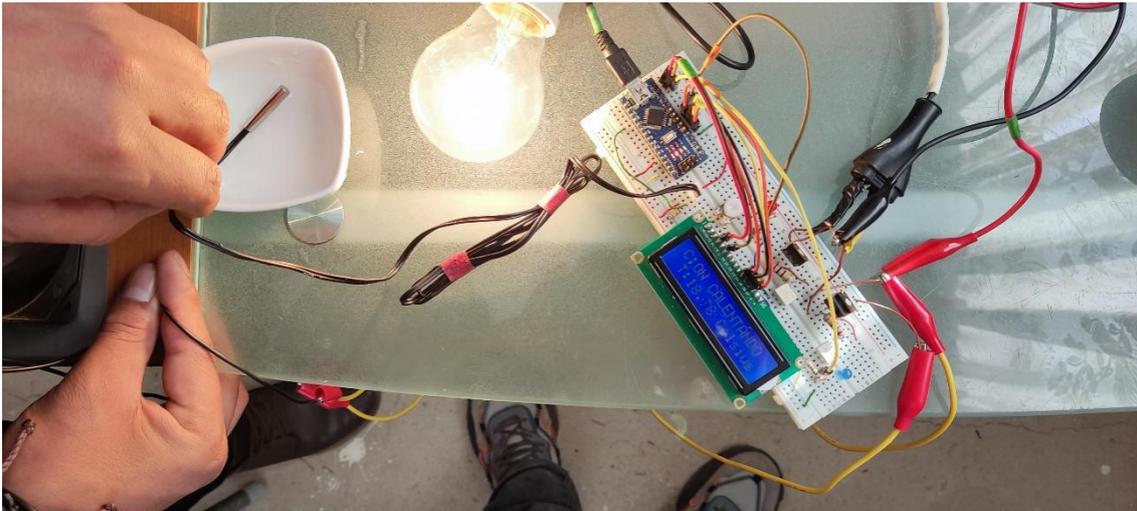
Temperatura alta encendido del ventilador



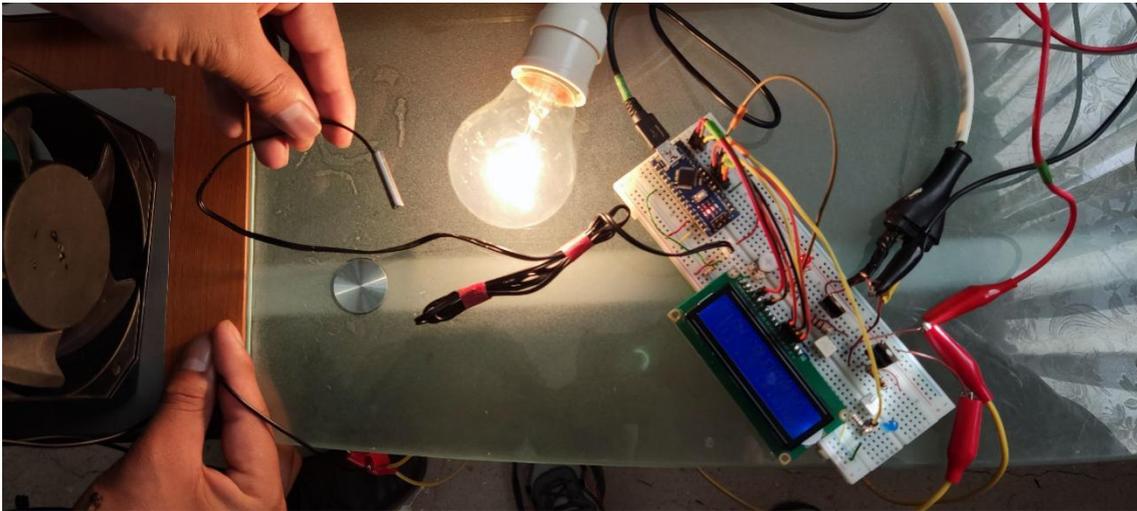
Temperatura correcta



Prueba de enfriamiento forzado



Prueba de calentamiento forzado



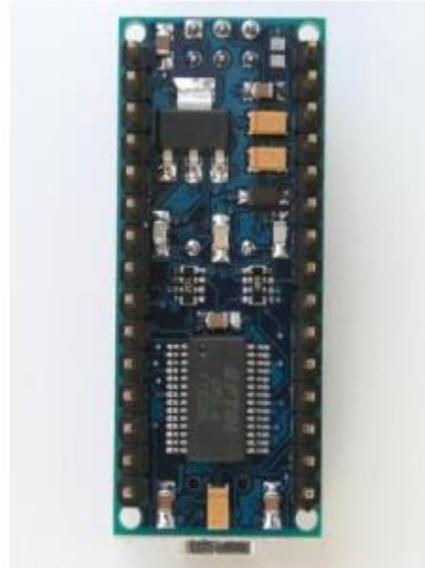
**Anexo 6**  
**Evidencia fotográfica**



## Arduino Nano



*Arduino Nano Front*



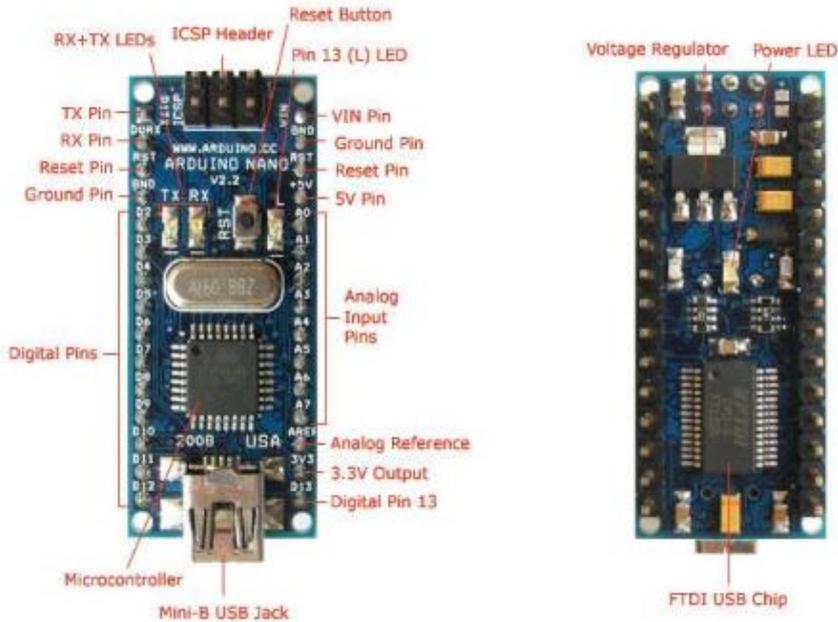
*Arduino Nano Rear*

### **Overview**

The Arduino Nano is a small, complete, and breadboard-friendly board based on the ATmega328 (Arduino Nano 3.0) or ATmega168 (Arduino Nano 2.x). It has more or less the same functionality of the Arduino Duemilanove, but in a different package. It lacks only a DC power jack, and works with a Mini-B USB cable instead of a standard one. The Nano was designed and is being produced by Gravitech.

## Anexo 7

### Hoja de datos Arduino Nano



#### Schematic and Design

Arduino Nano 3.0 (ATmega328): [schematic](#), [Eagle files](#).

Arduino Nano 2.3 (ATmega168): [manual](#) (pdf), [Eagle files](#). *Note:* since the free version of Eagle does not handle more than 2 layers, and this version of the Nano is 4 layers, it is published here unrouted, so users can open and use it in the free version of Eagle.

#### Specifications:

Microcontroller	Atmel ATmega168 or ATmega328
Operating Voltage (logic level)	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	8
DC Current per I/O Pin	40 mA
Flash Memory	16 KB (ATmega168) or 32 KB (ATmega328) of which 2 KB used by bootloader
SRAM	1 KB (ATmega168) or 2 KB (ATmega328)
EEPROM	512 bytes (ATmega168) or 1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz
Dimensions	0.73" x 1.70"

#### Power:

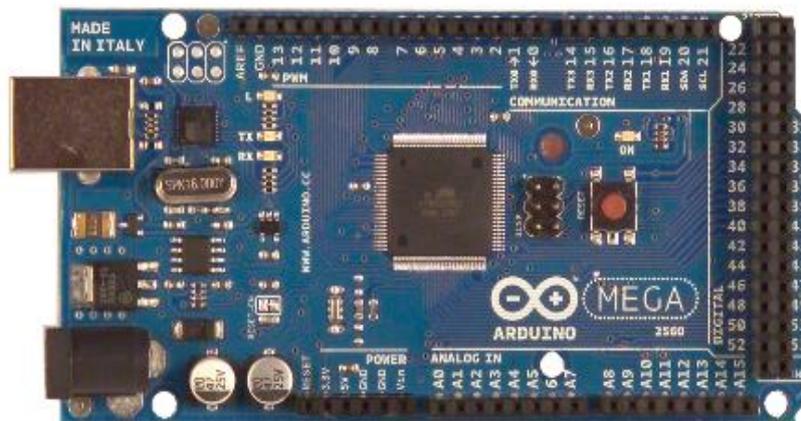
The Arduino Nano can be powered via the Mini-B USB connection, 6-20V unregulated external power supply (pin 30), or 5V regulated external power supply (pin 27). The power source is automatically selected to the highest voltage source.

## Anexo 8

### Hoja de datos Arduino Mega



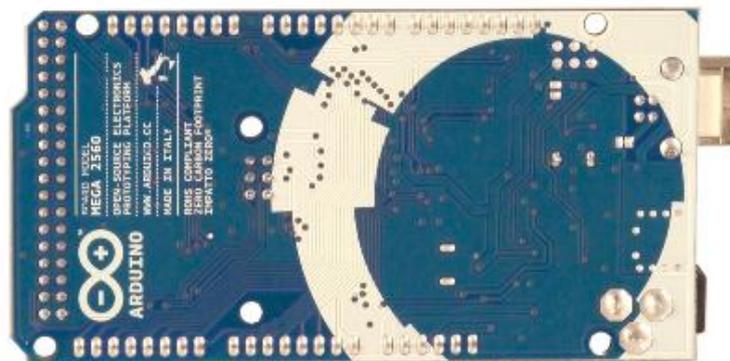
## Arduino Mega 2560 Datasheet





www.robotshop.com

La robotique à votre service! - Robotics at your service!



## Overview

The Arduino Mega 2560 is a microcontroller board based on the ATmega2560 ([datasheet](#)). It has 54 digital input/output pins (of which 14 can be used as PWM outputs), 16 analog inputs, 4 UARTs (hardware serial ports), a 16 MHz crystal oscillator, a USB connection, a power jack, an ICSP header, and a reset button. It contains everything needed to support the microcontroller; simply connect it to a computer with a USB cable or power it with a AC-to-DC adapter or battery to get started. The Mega is compatible with most shields designed for the Arduino Duemilanove or Decimila.

## Schematic & Reference Design

EAGLE files: [arduino-mega2560-reference-design.zip](#)



www.robotshop.com

La robotique à votre service! - Robotics at your service!



Schematic: [arduino-mega2560-schematic.pdf](#)

## Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

## Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

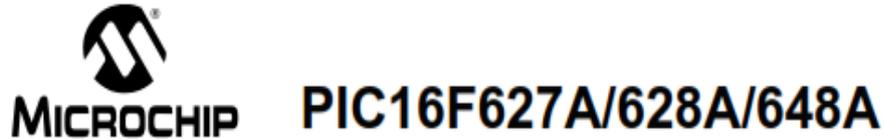
External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

## Anexo 9

### Hoja de datos PIC16F628A



## PIC16F627A/628A/648A EEPROM Memory Programming Specification

This document includes the programming specifications for the following devices:

- PIC16F627A
- PIC16F628A
- PIC16F648A
- PIC16LF627A
- PIC16LF628A
- PIC16LF648A

**Note:** All references to PIC16F627A/628A/648A also apply to PIC16LF62XA devices.

### 1.0 PROGRAMMING THE PIC16F627A/628A/648A

The PIC16F627A/628A/648A is programmed using a serial method. The Serial mode will allow the PIC16F627A/628A/648A to be programmed while in the user's system. This allows for increased design flexibility. This programming specification applies to PIC16F627A/628A/648A devices in all packages.

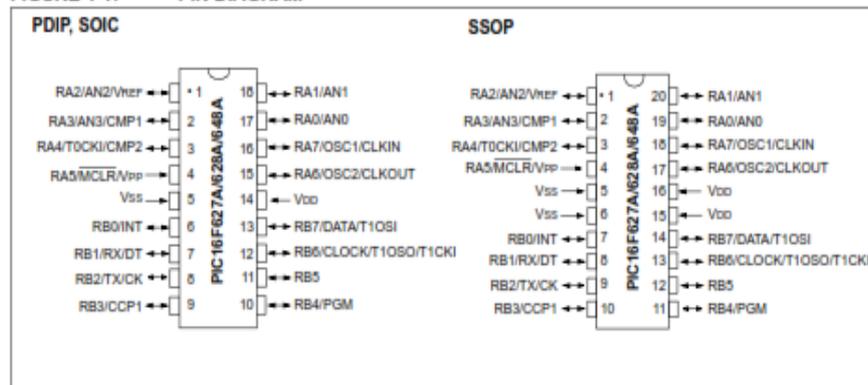
#### 1.1 Hardware Requirements

The PIC16F627A/628A/648A requires one programmable power supply for  $V_{DD}$  (2.0V to 5.5V) and a  $V_{PP}$  of 12V to 14V, or  $V_{PP}$  of 4.5V to 5.5V, when using low voltage. Both supplies should have a minimum resolution of 0.25V.

#### 1.2 Programming Mode

The Programming mode for the PIC16F627A/628A/648A allows programming of user program memory, data memory, special locations used for ID, and the Configuration Word.

FIGURE 1-1: PIN DIAGRAM



# PIC16F627A/628A/648A

FIGURE 1-2: 28-PIN QFN PIC16F627A/628A/648A DIAGRAM

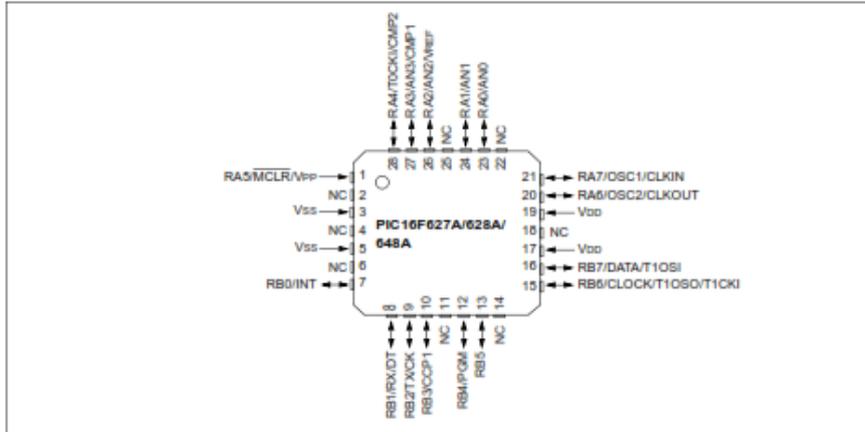


TABLE 1-1: PIN DESCRIPTIONS (DURING PROGRAMMING): PIC16F627A/628A/648A

Pin Name	During Programming		
	Function	Pin Type	Pin Description
RB4	PGM	I	Low-voltage programming input if Configuration bit equals 1
RB6	CLOCK	I	Clock input
RB7	DATA	I/O	Data input/output
MCLR/VPP	Programming Mode	P <sup>(1)</sup>	Program Mode Select
VDD	VDD	P	Power Supply
VSS	VSS	P	Ground

**Legend:** I = Input, O = Output, P = Power

**Note 1:** In the PIC16F627A/628A/648A, the programming high voltage is internally generated. To activate the Programming mode, high voltage needs to be applied to MCLR input. Since the MCLR is used for a level source, this means that MCLR does not draw any significant current.

## Anexo 10

### Hoja de datos cables calefactor

7110H105 Ed.05



**AKO**

**Ex** Cables calefactores paralelo potencia/m constante con trenza + cubierta de fluoropolímero.  
Constant wattage W/m parallel heating cables with braided metal + fluoropolymer sheath.

#### 1- Utilización

En aplicaciones industriales se utilizan en trazo eléctrico para calentar y mantener temperaturas hasta **155 °C** en tuberías, depósitos, superficies, etc., en instalaciones con ambientes muy corrosivos y en zonas clasificadas como atmósferas potencialmente explosivas.

En construcción son utilizados para mantener la temperatura y protección contra heladas en tuberías, tejados, terrazas, rampas, escaleras, desagües, etc., en calefacción por suelo radiante y en A.C.S. agua caliente sanitaria.

Para su utilización deberá tenerse en cuenta además las instrucciones de la hoja técnica 357210050.

#### 2- Características

Los cables calefactores **AKO** de tipo paralelo, tienen una potencia por metro lineal constante incluso al cortarlos a medida en obra. Se caracterizan porque el conductor de calentamiento está enrollado en espiral alrededor de los dos conductores aislados del cable, con los que hace contacto alternativamente en unos puntos determinados. El cable va formando internamente, un sistema de muchas resistencias en paralelo alimentadas por los dos conductores a través de los puntos de contacto. Ello permite cortarlo y adaptar su medida en obra.

Al aplicar tensión en los conductores, el conductor de calentamiento recibe esta misma tensión entre los puntos de contacto A-B, B-C, C-D, etc. por lo que, la potencia de entrega por metro lineal del cable es independiente de la longitud del mismo.

#### 1- Application

In industrial appliances are used in electrical heat tracing for temperature maintenance up to **155 °C** in pipes, tanks, surfaces, etc., in areas exposed to chemicals and corrosive environments and in hazardous areas.

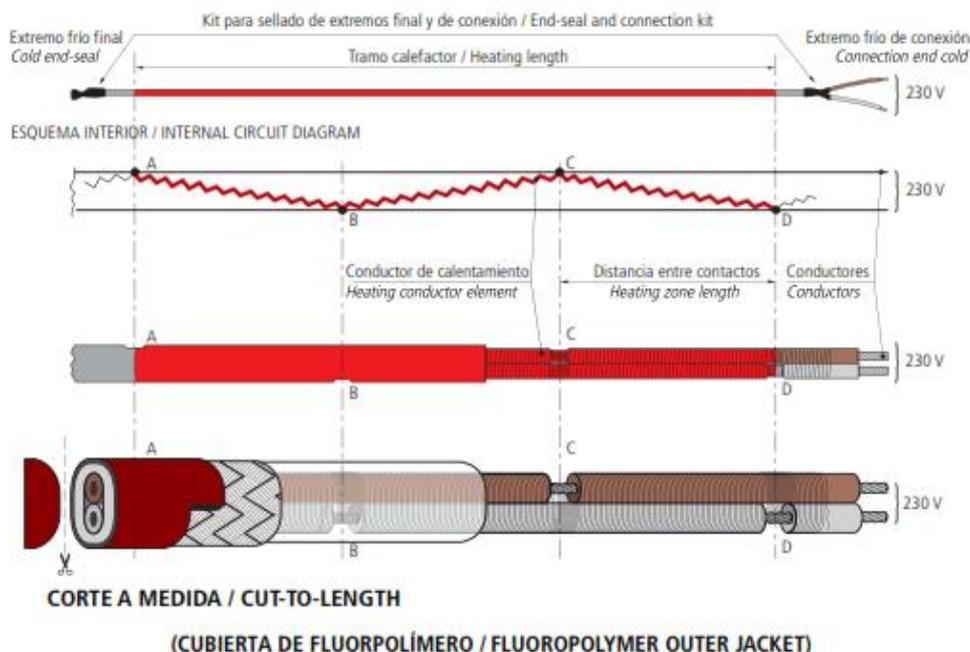
In construction are used for temperature maintenance and frost protection in pipes, roofs, terraces, ramps, stairs, gutters, etc., in underfloor heating and hot water temperature maintenance.

The instructions on use contained in data sheet 357210051 should also be followed.

#### 2- Features

**AKO** parallel heating cables have a constant wattage power output per linear meter even when they are cut to length on site. They feature a heating wire which is coiled to form a spiral round the two insulated conductors that it contacts, alternately, at given regular interval points. Internally, the cable forms a system of many resistors, in parallel, which are powered by the two conductors through the contact points. This makes it possible to cut the cable at the required length on site.

When applying voltage to the conductors, the heating element receives the voltage between the contact points A-B, B-C, C-D, etc. This ensures that the power output per linear meter of cable is constant and independent of its length.



### 3- Especificaciones técnicas / Technical specifications

Referencia de catálogo / Catalog number	AKO-70115	AKO-70130	AKO-70140
Potencia de entrega (±7%) a 230 V (W/m) Power output (±7%) at 230 V (W/m)	15	30	40
<b>Temperatura máx. de trabajo (cable conectado):</b> Para zonas ordinarias, las temperaturas máx. de trabajo son las mismas que para zonas de temperatura de ignición > 200 °C (T3) Max. workpiece temperature (power on): For ordinary locations, the max. temperatures are the same that for ignition temperature > 200 °C (T3)	Ta ignición > 200 °C (T3) Ta max. superficial: T185 °C	155 °C	115 °C
	Ta ignición > 135 °C (T4) Ta max. superficial: T135 °C	90 °C	-
	Ta ignición > 100 °C (T5) Ta max. superficial: T100 °C	40 °C	-
Temp. máx. de exposición (desconectado) Max. exposure temperature (power off)	180 °C	180 °C	180 °C
Longitud máxima de circuito (m) Maximum circuit length (m)	88	63	54
Distancia entre contactos (mm) Heating zone length (mm)	1000	1000	1000
Color de la cubierta exterior Outer jacket colour	Naranja Orange	Amarillo Yellow	Verde Green
Conductores Conductors		Cobre estañado 2 x 0,75 mm <sup>2</sup> Tinned-copper 2 x 0,75 mm <sup>2</sup>	
Conductor de calentamiento Heating conductor		Níquel-cromo Nickel-chrome	
Tipo de aislamiento Insulation sheath		Silicona Silicone rubber	
Cubierta metálica trenzada Braided metal sheath		Cobre estañado > 1 mm <sup>2</sup> Tinned copper > 1 mm <sup>2</sup>	
Cubierta exterior Outer jacket		Fluoropolímero FEP FEP fluoropolymer	
Rigidez dieléctrica Electric strength		Tensión de ensayo 2000 V- Test voltage 2000 V-	
Dimensiones exteriores nominales Nominal outer dimensions		6,5 x 9 mm	
Radio mínimo de curvatura a -40 °C Minimum bend radius at -40 °C		20 mm	
Suministro en bobinas de Standard reel length		100 m	50 m
Grupo, categoría y código Group, category and code	 2 Gb Ex e IIC T3..T6 Gb Ex tb IIC T185 °C..T85 °C Db IP66 Ta: -40 °C / +60 °C		
Conformidad a normas / Certificados Approved to standards / Certificates	EN 60079-0, EN 60079-7, EN 60079-30-1 EN 60079-31, IEC 60529, UNE 21155-1		LOM 06ATEX2053 X

### 4- Accesorios

Deberán utilizarse los kits adecuados, para realizar conexiones y sellar los extremos finales de los cables.

### 4- Accessories

The appropriate kits should be used to make the connections and cable end sealing.



## Anexo 11

### Hoja de datos calefactor ventilador

FICHA TÉCNICA



## RESISTENCIA CALEFACTORA CON VENTILACIÓN

HV 031 / HVL 031 | 100 W a 400 W



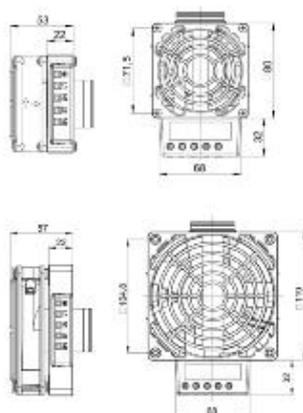
- > Resistencia calefactora con o sin ventilador
- > Forma de construcción compacta y extra-plana
- > Limitador de temperatura
- > Fijación por clip
- > Flujo de aire elevado

Resistencia calefactora para la aplicación en armarios eléctricos, cuando debe impedirse la condensación y asegurar una temperatura óptima de funcionamiento en el interior del armario. Esta resistencia calefactora esta disponible sin ventilador (HV 031) o bien con ventilador (HVL 031).



#### DATOS TÉCNICOS

HV 031	sin ventilador (juego para montaje de ventilador incorporado)
HVL 031	con ventilador (montaje terminado)
Elemento de calefacción	cartucho de alta potencia
Limitador de temperatura	para proteger en caso de fallo del ventilador, rearme automático
Radiador	fundición a presión de aluminio (radiado por bobla de vidrio)
Conexión	3-polos terminal para 2,5 mm <sup>2</sup> , pas de apriete del tornillo 0,8 Nm máx.
Carcasa de conexión	plástico según UL94 V-0, negro
Fijación	clip para carril de 35 mm DIN, EN 60715
Posición de montaje	flujo de aire vertical (salida de aire hacia arriba)
Temp. servicio/almacenamiento	-45 a +70 °C (-49 a +158 °F)
Humedad de servicio/almacenamiento	máx. 90 % RH (sin condensación)
Grado/Claso de protección	IP20 / I (conductor de protección)
Homologaciones	UL File No. E294324, EAC, VDE sólo 230 V
HVL031 sólo:	
Ventilador axial, a bobla	potencia de aire véase tabla duración de vida 50.000 h a +25 °C (+77 °F)
Conexión (ventilador axial)	2-polos terminal para 2,5 mm <sup>2</sup> (L2/N2)



Dirección del flujo de aire: hacia arriba a través de la resistencia calefactora



**¡importante!** La resistencia sólo se debe utilizar junto con el ventilador.  
Peligro de sobrecalentamiento!

Art. No. HV 031 AC 230 V, 50/60 Hz	Art. No. HV 031 AC 120 V, 50/60 Hz	Potencia de calefacción	Pre-fusible T recomendado (tiempo de retardo)		Dimensiones	Peso (aprox.)
			AC 230 V	AC 120 V		
03100-00	03100-00	100 W	1,0 A	2,0 A	80 x 112 x 22 mm	0,4 kg
03101-00	03101-00	150 W	1,25 A	2,5 A	80 x 112 x 22 mm	0,4 kg
03102-00	03102-00	200 W	2,0 A	3,0 A	119 x 151 x 22 mm	0,5 kg
03110-00	03110-00	300 W	2,0 A	4,0 A	119 x 151 x 22 mm	0,5 kg
03112-00	03112-00	400 W	4,0 A	6,3 A	119 x 151 x 22 mm	0,5 kg

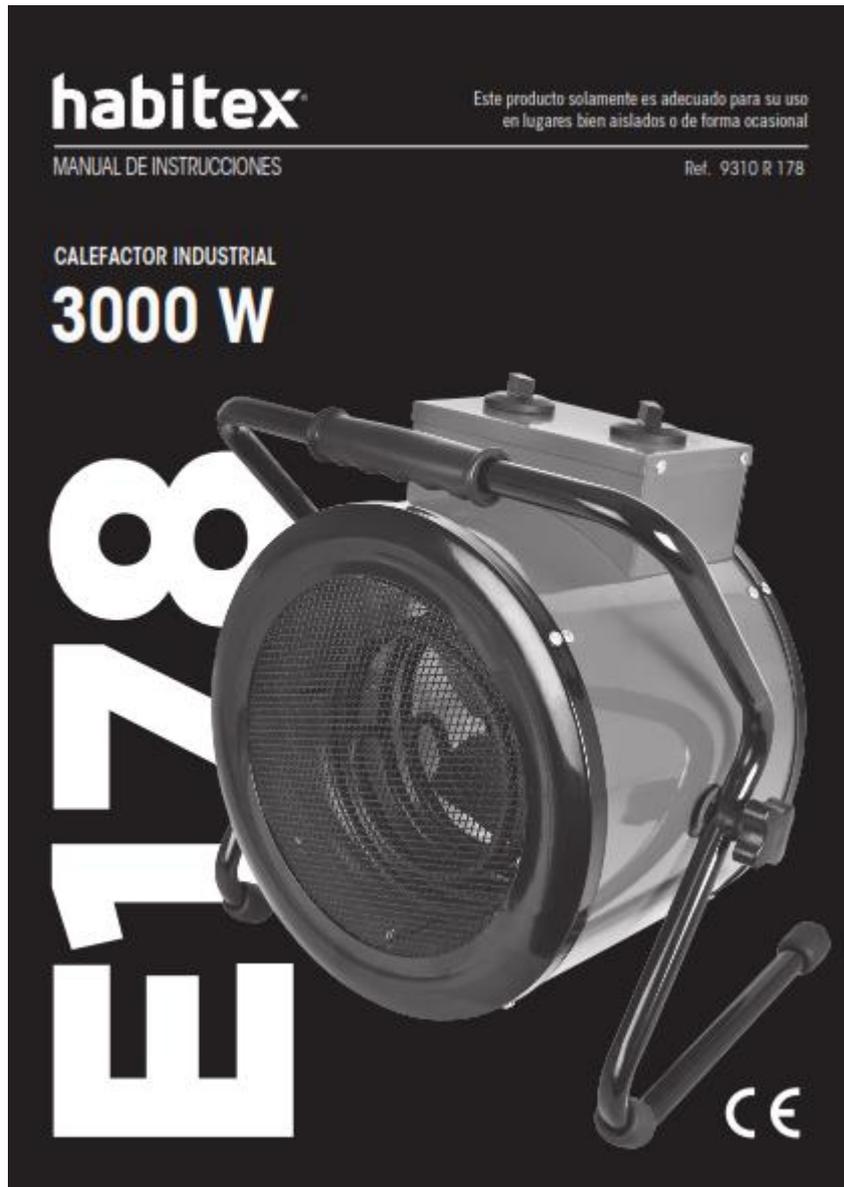
Art. No. HVL 031 AC 230 V, 50/60 Hz	Art. No. HVL 031 AC 120 V, 50/60 Hz	Potencia de calefacción	Pre-fusible T recomendado (tiempo de retardo)		Potencia de aire	Dimensiones	Peso (aprox.)
			AC 230 V	AC 120 V			
03102-00	03102-00	100 W	1,0 A	2,0 A	35 m <sup>3</sup> /h	80 x 112 x 53 mm	0,6 kg
03103-00	03103-00	150 W	1,25 A	2,5 A	35 m <sup>3</sup> /h	80 x 112 x 53 mm	0,6 kg
03113-00	03113-00	200 W	2,0 A	3,0 A	108 m <sup>3</sup> /h	119 x 151 x 57 mm	0,9 kg
03114-00	03114-00	300 W	2,0 A	4,0 A	108 m <sup>3</sup> /h	119 x 151 x 57 mm	0,9 kg
03115-00	03115-00	400 W	4,0 A	6,3 A	108 m <sup>3</sup> /h	119 x 151 x 57 mm	0,9 kg

www.stego.com

Este producto puede contener sustancias peligrosas. La explotación de este producto puede causar daños ambientales por el hecho de su aplicación.

## Anexo 12

### Hoja de datos calefactor cerámica PTC



## ATENCIÓN:

**Lea atentamente estas instrucciones antes de utilizar este aparato, consérvelas para futuras consultas.**

- El aparato puede ser utilizado por niños con edad de 8 años o mayores y por personas con capacidades físicas, sensoriales o mentales reducidas, o falta de experiencia y conocimiento, si se les ha dado la supervisión o formación adecuadas respecto al uso del aparato y comprenden los peligros que implica. Los niños no deben jugar con el aparato. La limpieza y mantenimiento del aparato no deben ser realizados por niños, a menos que sean mayores de 8 años y estén bajo la supervisión de un adulto.
- Este aparato no es un juguete, los niños deben estar bajo vigilancia para asegurar que no juegan con el aparato.
- Mantenga el aparato fuera del alcance de los niños menores de 8 años.

- Retire todas las bolsas de papel o de plástico, láminas plásticas, cartones, pegatinas eventuales que se encuentren dentro o fuera del aparato y que sirvieron como protección de transporte.
- Este aparato es solamente válido como fuente de calor ocasional, no debería ser considerado como un sistema de calefacción principal. Utilice el aparato para uso interior en lugares bien aislados y en la forma indicada en estas instrucciones.
- No conecte el aparato sin comprobar que el voltaje de la placa de características y el de su casa coincidan (220-240 V-50/60 Hz). Conectar este aparato siempre a una base eléctrica con toma de tierra.
- No obstruya la entrada de aire ni coloque objetos en ningún orificio o abertura del aparato ya que podría causar una descarga eléctrica. No introduzca nada a través de sus rejillas.
- Sitúe siempre el calefactor sobre una superficie sólida, plana y horizontal. No lo utilice sobre superficies excesivamente blandas, mojadas ni en el exterior.
- Deje suficiente espacio alrededor del aparato calefactor (120 cm al frente y un mínimo de 50 cm en la parte superior y laterales).
- Sitúe el calefactor alejado de materiales inflamables (pegamentos, cortinas, alfombras, etc).
- No coloque el calefactor justo debajo de una base de toma de corriente.
- No utilice el aparato si observa que el cable de conexión está dañado o existe alguna deficiencia en el producto (Acuda al distribuidor con el fin de evitar un accidente).
- Asegúrese siempre de apagar el selector de potencia y desenchufar el aparato de la red cuando no lo use, al salir de casa o irse a dormir.
- No toque la rejilla ya que alcanza temperaturas elevadas.



Nunca cubra el aparato a fin de evitar sobrecalentamientos del mismo.

- No utilice este aparato para secar ropa, ni deje muebles a menos de 50 cm de la parte frontal del mismo.
- No coloque el cable eléctrico bajo alfombras u otro material.
- Si precisa la utilización de un prolongador eléctrico, utilice uno adecuado a la potencia del aparato.
- No haga funcionar el aparato con el cable eléctrico enrollado.
- No manipule el aparato con las manos mojadas o descalzo.
- No utilice el aparato en proximidad de una bañera, ducha, piscina u otros recipientes contenedores de líquidos. En caso de que el aparato cayera al agua, NO intente cogerlo, desenchúfelo.
- No utilice este aparato en habitaciones de menos de 4m<sup>2</sup>.
- No mueva nunca el aparato tirando del cable.
- Con objeto de evitar accidentes, no conectar este aparato a un programador, temporizador o circuito eléctrico externo que se encienda y apague automáticamente.

- Después de cada temporada, le aconsejamos limpie el aparato con un paño y guárdelo en su caja en un lugar seco.
- Antes de cada utilización, asegúrese de que el aparato se encuentra en perfectas condiciones.

### Características técnicas

- Resistencia al agua: IP24
- Tensión de alimentación: 220/240 V ~ 50/60 Hz
- Potencia máxima: 3000 W
- Niveles de potencia: 1500/3000 W
- Ajuste del termostato: 0-85°C
- Peso Neto: 4,9 kg



### Información de reciclaje

Como consumidor responsable, una vez acabada la vida útil del producto debe depositarlo en un centro de recogida de residuos para su posterior tratamiento y reciclado. Nunca lo tire a la basura. De ésta manera contribuye a la mejora y cuidado del medio ambiente.

### Declaración de conformidad

Este aparato cumple con los requisitos de la Directiva de Baja Tensión 2014/35/EU y los requisitos de la Directiva de Compatibilidad Electromagnética 2014/30/EU.

Anexo 13

Hoja de datos ventilador V-FloFan

Multifan 

V-FloFan

Circulación vertical



 **VOSTERMANS**  
VENTILATION

YOUR SPECIALIST IN AIR

## Multifan V-FloFan

Circulación vertical para una mezcla uniforme de las capas horizontales de aire.

El V-FloFan Multifan se diseñó específicamente para el «Crecimiento de la próxima generación» (NGG) en la horticultura, que aspira a crear un clima uniforme y generar desplazamientos de capas de aire entre las plantas lo más eficaz posible. El V-FloFan consigue estos fines mezclando el aire caliente del cenit de un edificio con el aire frío de las partes bajas ahorrándole en gastos de calefacción. Además, se crea una velocidad constante y baja del aire cerca de la superficie. Esto no solo mejora el clima del invernadero, sino que también ayuda a mejorar la calidad de vida de las aves y cerdos.



### Por qué elegir este ventilador

- Crea un microclima activo cerca del suelo
- Da como resultado un clima uniforme
- Controla el nivel de humedad mezclando el aire
- Reduce los costes energéticos por medio del flujo de aire vertical
- Fácil de instalar
- Fácil de mantener
- Alta durabilidad: 3 años de garantía



### Características

- Salida cónica con forma aerodinámica especial para un flujo de aire vertical óptimo
- Color blanco reflectante para uso en invernaderos
- Motor IP55 (resistente al agua y polvo)
- Nivel de ruido bajo

### Aplicaciones

- Agrícola: avicultura
- Horticultura

### Opciones

- Set de montaje para una fácil instalación



## Datos técnicos monofásicos

Artículo	ø (cm)	Fuente de alimentación			n (RPM)	P <sub>e</sub> (W)	I <sub>max</sub> (A)		Q <sub>v</sub> (m³/h)	SFP @OPa (W/1000m³/h)	dB(A)	Controlabilidad
		-	V	Hz			Δ	Y				
T6E40A2M81160	40	1-	230V	50Hz	950	165	1,0	5,050	32,7	45	E / T	
T6E40K2M81160	40	1-	240V	60Hz	1.130	205	0,9	5.200	39,4	47	E / T	
T6E40K1M81160	40	1-	120V	60Hz	1.140	215	2,0	5.200	41,3	47	E / T	

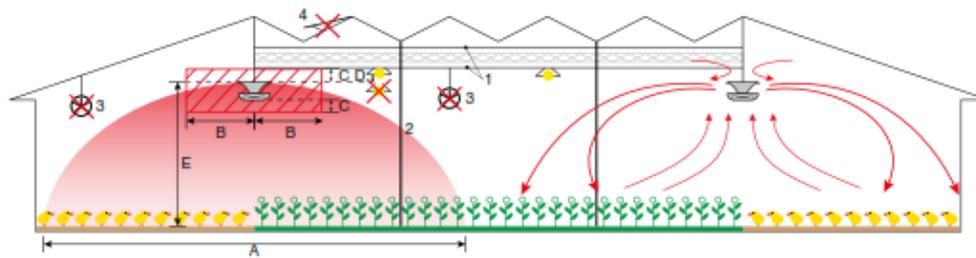
## Datos técnicos trifásicos

Artículo	ø (cm)	Fuente de alimentación			n (RPM)	P <sub>e</sub> (W)	I <sub>max</sub> (A)		Q <sub>v</sub> (m³/h)	SFP @OPa (W/1000m³/h)	dB(A)	Controlabilidad
		-	V (Δ / Y)	Hz			Δ	Y				
T6D40A2M81160	40	3-	230/400V	50Hz	955	155	0,9	0,5	5.050	30,7	45	T
T6D40K2M81160	40	3-	240/420V	60Hz	1.135	190	0,8	0,45	5.200	36,5	47	T
T6D40K3M81160	40	3-	265/460V	60Hz	1.145	200	0,9	0,5	5.300	37,7	47	T

\* Nivel de presión acústica a 7 metros de distancia al lado de soplado.

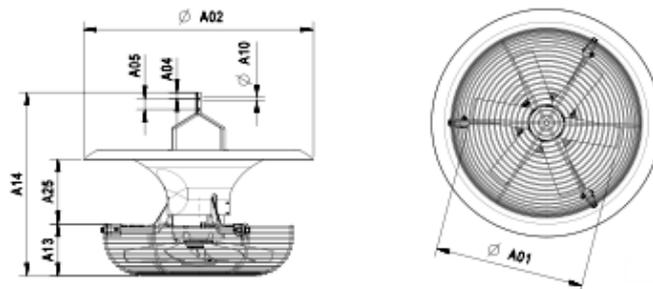
\*\* Controlable por Transformador (T), Frecuencia Controlable (F), Controlable por Triac (E)

## Instalación



A	+/- 18 metros	1	Pantallas
B	Mínimo 2 metros	2	Pitones
C	Mínimo 0,5 metros	3	No combine ventiladores horizontales con el V-FluoFan
D	> 0 metros	4	Otros flujos de aire pueden influir en el efecto del V-FluoFan
E	Para obtener unos resultados óptimos, recomendamos una altura máxima de instalación de 5 metros		

## Dimensiones (mm)



ø (cm)	A01	A02	A04	A05	A10	A13	A14	A25
40	420	650	18	30	8	146	539	182

## Anexo 14

### Hoja de datos ventilador horizontal

**Multifan** 

## Ventiladores de circulación

La nueva generación!



 **VOSTERMANS**  
VENTILATION

YOUR SPECIALIST IN AIR

## Ventilador para horticultura Multifan

### La nueva generación de ventiladores para horticultura

El nuevo ventilador para horticultura Multifan le permite crear un clima de invernadero uniforme y extremadamente eficiente en el consumo de energía. El diseño mejorado del ventilador ofrece una serie de beneficios importantes. Se ha mejorado considerablemente la eficiencia energética del ventilador y también es mucho más silencioso. Además, ahora es más fácil conectar mangueras de aire al ventilador. Esto le permite ahorrar costes de instalación y hace que el ventilador sea más económico en el uso. Crea un clima de crecimiento óptimo para su cultivo con este ventilador compacto y potente, desarrollado específicamente para el sector hortícola.



### Por qué elegir este ventilador

- Ventilador potente y silencioso.
- Está entre los más eficientes en consumo de energía de su clase.
- Costes de inversión bajos.
- Fácil instalación.
- Fácil mantenimiento.
- Modelo completamente blanco para un clima de crecimiento óptimo.
- Materiales resistentes a ambientes extremos.
- Larga vida útil 3 años de garantía.



### Características

- Disponible en 3 modelos: 5.000, 7.000 y 8.500 m<sup>3</sup>/h.
- Clase de aislamiento del motor F.
- Motor IP55 (resistente al agua y al polvo).
- Energéticamente eficiente hasta 22,6 vatios/1000 m<sup>3</sup>/h.
- Bajo nivel de ruido de hasta 46 dB (A)
- Mangueras de aire (ø 52 cm) fáciles de conectar.
- Protección térmica incorporada para motores 1 ~.

### Aplicaciones

- Horticultura de invernadero.
- Ganadería: porcicultura, avicultura, ganado lechero.
- Industria.

### Opciones

- Juego de rejillas EC.
- Cable de 5 metros con enchufe.
- Juego de nebulización (se requiere una presión de agua mínima de 4 bar).
- Detectores térmicos integrados para motores 3 ~.
- Motor de frecuencia ajustable.



## Datos técnicos monofásicos

Artículo	ø (cm)	Fuente de alimentación			[η] fr/min	P <sub>e</sub> (W)	I <sub>max</sub> (A)	Q <sub>v</sub> (m³/h)	Tira *	SFP (GPa) (W/1000m³/o)	dB(A) **	Regulable ***
		-	V (V)	Hz								
T6E45AAM80100	45	1	230	50	900	110	0,6	4.800	45	24,8	46	E/T
T4E45DAM80100	45	1	230	50	1.460	190	0,9	6.450	55	29,8	55	E/T
T4E45BAM80100	45	1	230	50	1.450	250	1,2	6.950	60	35,8	55	E/T
T4E45CAM80100	45	1	230	50	1.415	370	1,7	8.700	65	42,9	54	E/T
T6E45KAM80100	45	1	230	60	1.125	120	0,6	5.000	45	23,8	49	E/T
T4E45LAM80100	45	1	115	60	1.735	270	2,4	7.150	60	37,9	58	E/T
T4E45LAM80100	45	1	230	60	1.740	280	1,2	7.150	60	38,2	59	E/T
T4E45MAM80100	45	1	230	60	1.855	390	1,8	8.450	65	46,9	58	E/T

## Datos técnicos trifásicos

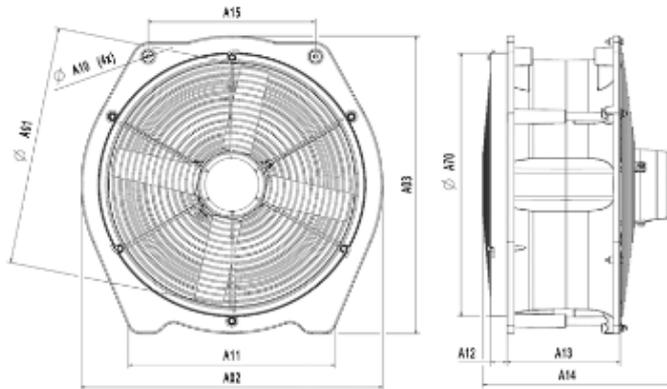
Artículo	ø (cm)	Fuente de alimentación			[η] fr/min	P <sub>e</sub> (W)	I <sub>max</sub> (A)	Q <sub>v</sub> (m³/h)	Tira *	SFP (GPa) (W/1000m³/o)	dB(A) **	Controlabilidad ***
		-	V (V)	Hz								
T6D45AAM80100	45	3	400	50	975	110	0,5	5.000	45	22,8	47	T
T4D45BAM80100	45	3	400	50	1.460	230	0,8	6.950	60	33,0	54	T
T4D45CAM80100	45	3	400	50	1.425	370	0,9	8.750	65	42,8	54	T
T4D45DAM80100	45	3	400	50	1.415	450	1,1	9.250	69	48,6	55	-
T6D45KAM80100	45	3	460	60	1.175	130	0,5	5.200	45	24,6	49	T
T4D45LAM80100	45	3	460	60	1.755	270	0,7	7.250	60	37,3	58	T
T4D45MAM80100	45	3	460	60	1.720	410	0,8	8.850	65	45,7	59	T

\* Tiro aconsejado basado en pruebas prácticas sin rejilla.

\*\* Nivel sonoro calculado a 7 metros de distancia con tiro libre.

\*\*\* Controlable por Transformador (T), Frecuencia Controlable (F), Controlable por Triac (E).

## Dimensiones (mm)



ø (cm)	A01	A02	A03	A10	A11	A12	A13	A14	A15	A16
45	472	586	586	6,5	403	32	220	368	326	520

**Anexo 15**  
**Hoja de datos sensor LM35**

**LM35**

*LM35 Precision Centigrade Temperature Sensors*



Literature Number: SNIS159B

**Absolute Maximum Ratings** (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package,	
(Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: $T_{MIN}$ to $T_{MAX}$ (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

**Electrical Characteristics**

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.2$	$\pm 0.5$		$\pm 0.2$	$\pm 0.5$	$\pm 1.0$	°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	$\pm 0.3$			$\pm 0.3$			°C
	$T_A = T_{MAX}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		°C
	$T_A = T_{MIN}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$		$\pm 1.5$	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.18</math></b>		<b><math>\pm 0.35</math></b>	<b><math>\pm 0.15</math></b>		<b><math>\pm 0.3</math></b>	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b>+10.0</b>	<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>		<b>+10.0</b>		<b>+9.9,</b> <b>+10.1</b>	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1 \text{ mA}$	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		$\pm 0.4$	$\pm 1.0$		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	<b><math>\pm 0.5</math></b>		<b><math>\pm 3.0</math></b>	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		$\pm 0.01$	$\pm 0.05$		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	<b><math>\pm 0.02</math></b>		<b><math>\pm 0.1</math></b>	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		μA
	$V_S = +5V$	<b>105</b>		<b>131</b>	<b>91</b>		<b>114</b>	μA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		μA
	$V_S = +30V$	<b>105.5</b>		<b>133</b>	<b>91.5</b>		<b>116</b>	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		μA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	<b>0.5</b>		<b>2.0</b>	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	<b>+0.39</b>		<b>+0.5</b>	μA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 7</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$ , for 1000 hours	$\pm 0.08$			$\pm 0.08$			°C

## Anexo 16

### Hoja de datos sensor NTC10



## Sensor NTC

### DESCRIPCIÓN

Cable con dos hilos de cobre estañado y sensor de temperatura NTC en un extremo. El sensor está protegido en una cápsula de acero inoxidable o de goma, para la protección contra la entrada de agua. Diseñado para aplicaciones de calefacción y refrigeración.

### ESPECIFICACIÓN

**Elemento Sensor utilizado:** Termistor NTC, R25= 10 kΩ, 1%, β25/85= 3435 K 1%

**Cable:** 2 hilos de cobre estañado; 2 x 0,22 mm<sup>2</sup>; revestimiento de goma TPE; con extremidad de conexión despojada y estañada; en color negro.

**Longitud:** 3 metros

**Recubrimiento de protección:** Opción 1 - cápsula de goma TPE inyectada; dimensiones de 5 x 20 mm; de color negro.

Opción 2 - cápsula de acero inoxidable 304; dimensiones de 5 x 30 mm; a prueba de agua.

**Rango de temperatura de operación:** - 50 a +110 °C para cápsula de goma / - 30 a +105 °C para cápsula acero inoxidable.

**Tiempo de respuesta:** 8 segundos (cápsula de goma) y 9 segundos (cápsula acero inoxidable) para alcanzar 63 % del valor correspondiente a la temperatura aplicada.

**Grado de protección:** IP68

**Aislamiento eléctrico:** > 20 MΩ @ 500 Vcc

### CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR

Sensor de temperatura tipo NTC; R25= 10 kΩ; 1%; β25/85= 3435 K 1%

Exactitud: < 1% @ 25 °C

Error de intercambiabilidad: 0,5 % @ 25 °C

Relación Temperatura x Resistencia eléctrica:

Temperatura (°C/°F)	Resistencia (kΩ)	Temperatura (°C/°F)	Resistencia (kΩ)	Temperatura (°C/°F)	Resistencia (kΩ)
-50 / -58	329,500	5 / 41	22,050	60 / 140	3,020
-45 / -49	247,700	10 / 50	17,960	65 / 149	2,588
-40 / -40	188,500	15 / 59	14,690	70 / 158	2,228
-35 / -31	144,100	20 / 68	12,090	75 / 167	1,924
-30 / -22	111,300	25 / 77	10,000	80 / 176	1,668
-25 / -13	86,430	30 / 86	8,313	85 / 185	1,451
-20 / -4	67,770	35 / 95	6,940	90 / 194	1,266
-15 / 5	53,410	40 / 104	5,827	95 / 203	1,108
-10 / 14	42,470	45 / 113	4,911	100 / 212	0,973
-5 / 23	33,900	50 / 122	4,160	105 / 221	0,857
0 / 32	27,280	55 / 131	3,536	110 / 230	0,758

### IDENTIFICACIÓN

Código de Identificación (P/N)	Descripción
8.830.0.0002	Sensor NTC, cápsula de goma, longitud de 3 metros
8.830.0.0003	Sensor NTC, cápsula de acero inoxidable 304, longitud de 3 metros

**PRESENTACIÓN**

- Cable Sensor NTC, cápsula con protección en goma;



Cable Sensor NTC, cápsula con protección en acero inoxidable;

**OTRAS INFORMACIONES**

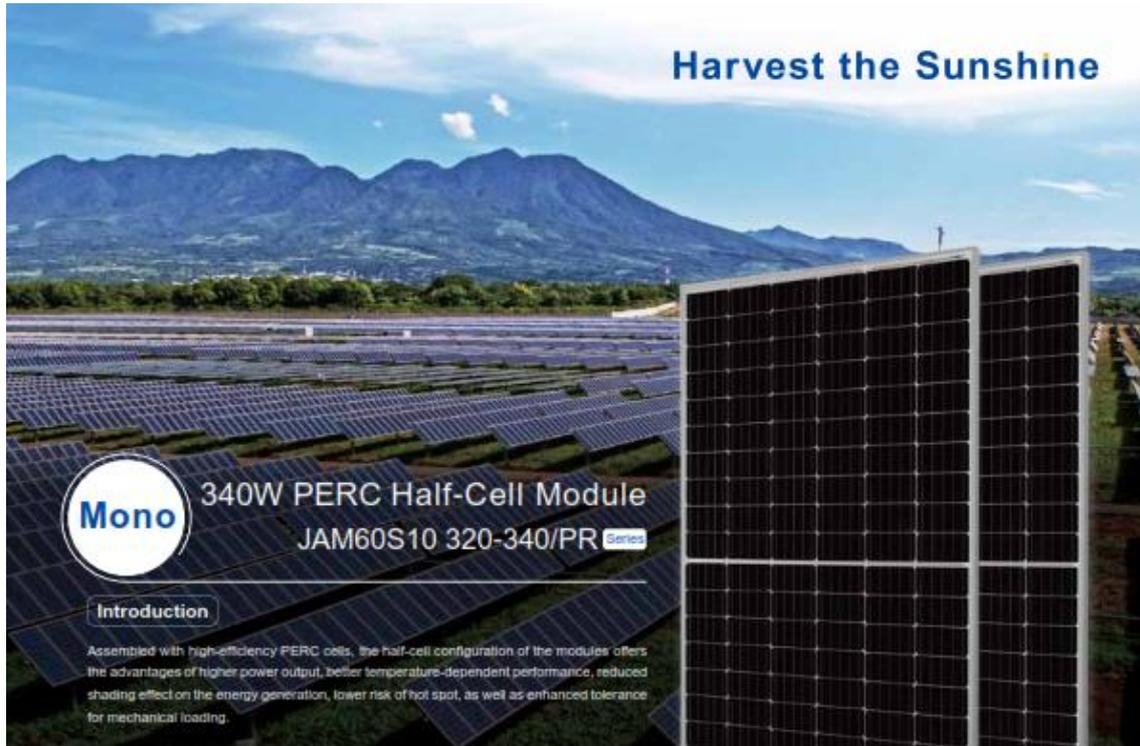
Los cables de los sensores deben ser instalados en conductos separados de los demás conductores, si es posible, en conductos metálicos con puesta a tierra.

**GARANTÍA**

Las condiciones de garantía se encuentran en nuestro sitio web [www.novusautomation.com/garantia](http://www.novusautomation.com/garantia).

# Anexo 17

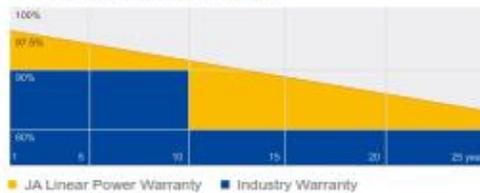
## Hoja de datos panel solar



-  Higher output power
-  Lower temperature coefficient
-  Less shading effect
-  Better mechanical loading tolerance

### Superior Warranty

- 12-year product warranty
- 25-year linear power output warranty



### Comprehensive Certificates

- IEC 61215, IEC 61730
- ISO 9001: 2015 Quality management systems
- ISO 14001: 2015 Environmental management systems
- OHSAS 18001: 2007 Occupational health and safety management systems
- IEC TS 62941: 2016 Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Guidelines for increased confidence in PV module design qualification and type approval



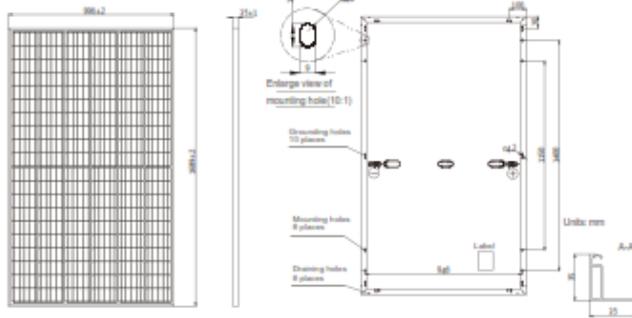
**JA SOLAR**

[www.jasolar.com](http://www.jasolar.com)

Specifications subject to technical changes and tests  
JA Solar reserves the right of final interpretation



MECHANICAL DIAGRAMS



Remark: customized frame color and cable length available upon request

SPECIFICATIONS

Cell	Mono
Weight	18.7kg±3%
Dimensions	1009±2mm×996±2mm×35±1mm
Cable Cross Section Size	4mm <sup>2</sup>
No. of cells	120(6×20)
Junction Box	IP66, 3 diodes
Connector	QC 4.10-35
Cable Length (Including Connector)	Portrait:300mm(+)/400mm(-); Landscape:1000mm(+)/1000mm(-)
Packaging Configuration	30 Per Pallet

ELECTRICAL PARAMETERS AT STC

TYPE	JAM60S10 -320/PR	JAM60S10 -325/PR	JAM60S10 -330/PR	JAM60S10 -335/PR	JAM60S10 -340/PR
Rated Maximum Power(Pmax) [W]	320	325	330	335	340
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	40.27	40.56	40.64	41.12	41.36
Maximum Power Voltage(Vmp) [V]	33.62	33.67	34.13	34.36	34.63
Short Circuit Current(Isc) [A]	10.16	10.23	10.30	10.38	10.46
Maximum Power Current(Imp) [A]	9.52	9.60	9.67	9.75	9.82
Module Efficiency [%]	19.0	19.3	19.6	19.9	20.2
Power Tolerance					0→+5W
Temperature Coefficient of Isc(α <sub>Isc</sub> )					+0.051%/°C
Temperature Coefficient of Voc(β <sub>Voc</sub> )					-0.269%/°C
Temperature Coefficient of Pmax(γ <sub>Pmp</sub> )					-0.350%/°C
STC	Irradiance 1000W/m <sup>2</sup> , cell temperature 25°C, AM1.5G				

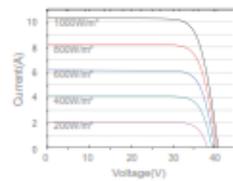
Remark: Electrical data in this catalog do not refer to a single module and they are not part of the offer.They only serve for comparison among different module types.

ELECTRICAL PARAMETERS AT NOCT

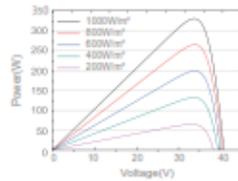
TYPE	JAM60S10 -320/PR	JAM60S10 -325/PR	JAM60S10 -330/PR	JAM60S10 -335/PR	JAM60S10 -340/PR	OPERATING CONDITIONS
Rated Max Power(Pmax) [W]	237	241	244	246	252	Maximum System Voltage 1000V/1500V DC(IEC)
Open Circuit Voltage(Voc) [V]	37.15	37.36	37.65	37.93	38.16	Operating Temperature -40°C→+85°C
Max Power Voltage(Vmp) [V]	33.31	33.54	33.82	34.10	34.36	Maximum Series Fuse 20A
Short Circuit Current(Isc) [A]	8.14	8.20	8.25	8.30	8.36	Maximum Static Load,Front 5400Pa
Max Power Current(Imp) [A]	7.11	7.17	7.22	7.27	7.32	Maximum Static Load,Back 2400Pa
NOCT	Irradiance 800W/m <sup>2</sup> , ambient temperature 20°C, wind speed 1m/s, AM1.5G					NOCT 45±2°C
						Application Class Class A

CHARACTERISTICS

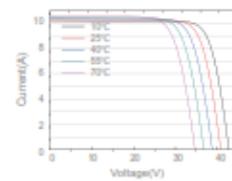
Current-Voltage Curve JAM60S10-330/PR



Power-Voltage Curve JAM60S10-330/PR



Current-Voltage Curve JAM60S10-330/PR



## Anexo 18

### Hoja de datos regulador de carga



## REGULADOR DE CARGA MPPT SR-ML 12/24V 20-30-40A

### MANUAL DE USO



#### Modelos

MODELO	2420	2430	2440
VOLTAJE MÁXIMO DE BATERIA	12/24V		
VOLTAJE PANEL	100V(25C), 90V(-25C)		
CORRIENTE DE CARGA	20A	30A	40A
CORRIENTE DE DESCARGA	20A		

Bauer Energy  
info@bauer-energy.com  
www.bauer-energy.com

## 1.2. Características

- Gracias a la tecnología de seguimiento avanzado "multi-peak", el regulador es capaz de realizar un seguimiento MPPT aunque el panel solar tenga alguna sombra parcial que provoque picos rápidos de intensidad y voltaje.
- Un algoritmo integrado de seguimiento de máxima potencia que permite incrementar significativamente la eficiencia de producción de los sistemas fotovoltaicos. Este proceso aumenta la producción entre un 15 y un 20% en comparación a un sistema con regulación PWM convencional.
- Una combinación de varios algoritmos permiten un preciso seguimiento del punto óptimo de trabajo en la curva de intensidad y voltaje en un tiempo extremadamente corto.
- La eficiencia del seguidor MPPT alcanza hasta el 99.9%.
- Un avanzado suministro de potencia digital permite una conversión del 98% transmitida al circuito eléctrico
- Dispone de distintas opciones de carga en función del tipo de batería, siendo compatible con distintas tecnologías, incluyendo baterías de gel, selladas, abiertas, litio, etc.
- El regulador limita por corriente de carga. Cuando la potencia fotovoltaica excede la capacidad de carga del regulador, automáticamente se reduce la potencia de carga al límite que establece el regulador.
- Soporta reconocimiento automático de voltaje de batería.
- Indicadores LED de fallo y pantalla LCD que informa del funcionamiento anómalo para que el usuario pueda identificar rápidamente los fallos del sistema.
- Función de almacenamiento de datos histórico. Periodo máximo de 5 años.
- Se incluye una pantalla LCD que además de informar sobre el estado y funcionamiento del sistema, también permite modificar los parámetros del regulador.
- El regulador soporta el protocolo estándar Modbus para comunicaciones.
- El regulador emplea un mecanismo de protección contra sobrecalentamiento incorporado. Cuando la temperatura supera el valor establecido, la corriente de carga disminuirá en proporción lineal a la temperatura para frenar el aumento de temperatura del regulador, evitando que este se dañe por sobrecalentamiento.
- Con una función de compensación de temperatura, el regulador puede ajustar automáticamente los parámetros de carga y descarga para prolongar la vida útil de la batería.
- Protección contra rayos TVS.

Anexo 19

Hoja de datos inversor de carga

**Manual de Usuario**

812 / 1624 / 2424 / 3248 / 4048

**INVERSOR CARGADOR MÚLTIPLE**

**(PWM – MPPT – MPPT PLUS)**



## INTRODUCCIÓN

Este equipo es un inversor / cargador multifunción que combina funciones de inversor, cargador solar y cargador de baterías para ofrecer una alimentación ininterrumpida. Su sencillo display ofrece al usuario una manera cómoda de configurar las funciones del inversor, tales como corriente de carga de baterías, prioridad de cargador y alimentación de las cargas o tensión de entrada dependiendo de las diferentes aplicaciones.

### Características

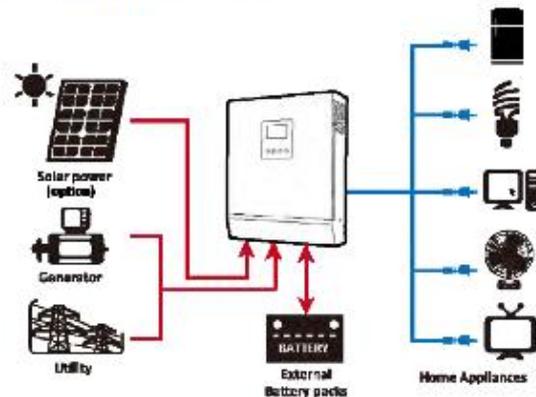
- Inversor de onda senoidal pura
- Rango de tensión de entrada regulable a través del display.
- Corriente de carga de las baterías regulable a través del display.
- Prioridad tanto de carga de baterías como de alimentación de cargas regulable
- Inversor compatible con la red o con generador.
- Auto reinicio mientras la red se está recuperando
- Protección frente a sobrecarga / exceso de temperatura / corto circuito
- Pequeño cargador de baterías diseñado para la optimización del funcionamiento de la batería.
- Función de arranque en frío.

### Sistema de funcionamiento básico

El esquema que aparece a continuación muestra el funcionamiento de este inversor. En el diagrama se incluyen red o generador, módulos fotovoltaicos y baterías.

Consulte con su distribuidor para otros sistemas, y así cubrir sus necesidades.

Este inversor puede alimentar cualquier aplicación doméstica, incluyendo aplicaciones con motores tales como ventiladores, frigoríficos o aire acondicionado.



**Nota:** Las aplicaciones de aire acondicionado necesitan al menos 2 o 3 minutos para arrancar. Tenga en cuenta esta especificación si va a conectar su sistema de aire acondicionado al inversor.