



Centro de Ingeniería y Desarrollo Industrial



REPORTE DE PROYECTO INDUSTRIAL

**“Sistema IR para la activación térmica de fibra de carbono
preimpregnada”**

PARA OBTENER LA
ESPECIALIDAD TECNÓLOGO EN MECATRÓNICA

PRESENTA:

Carolina Caballero Aguilar

ASESORES:

M.C. Roberto Sosa Cruz

Dr. Eloy Edmundo Rodríguez Vázquez

Santiago de Querétaro, Querétaro; Agosto 2017





AGRADECIMIENTOS

A mis padres Blas Caballero, María de Lourdes Aguilar y a mi hermana Elizabeth Caballero por el amor incondicional y apoyo durante todo mi camino profesional.

A CIDESI por brindarme la oportunidad de estudiar la Especialidad Tecnólogo en Mecatrónica, al equipo de trabajo que conlleva el Proyecto P02, a todos los compañeros de grupo, a mis maestros y amigos; Samantha Narváez, Lucía Limones, Víctor Villasana, Alejandro Gordillo, Manuel Espinoza, Marlet Torrónategui, Eduardo Zatarain, Luz Elenne y Gerson Díaz.

Y finalmente a mis asesores el Dr. Eloy Edmundo y M.C. Roberto Sosa, quienes se han tomado un arduo trabajo en transmitirme sus conocimientos en diversos temas.

¡Muchas gracias!

Carolina Caballero.



Formato de autorización de uso

Contenido

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTOS..... | 1 |
| Formato de autorización de uso | 2 |
| Índice de figuras..... | 5 |
| Índice de tablas..... | 6 |
| RESUMEN | 7 |
| 1 JUSTIFICACIÓN..... | 8 |
| 2 OBJETIVOS | 9 |
| 2.1 Objetivos específicos..... | 9 |
| 3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO | 10 |
| 4 ANTECEDENTES | 13 |
| 5 FUNDAMENTACIÓN..... | 14 |
| 5.1 Dimmer..... | 14 |
| 5. 2 Detector de Cruce por Cero | 15 |
| 5. 2.1 Puente de Diodos | 17 |
| 5. 3 Etapa de potencia..... | 18 |
| 5. 3. 1 Electrónica de potencia | 18 |
| 5.3.2 Opto-acopladores..... | 19 |
| 5. 3. 3 Opto-Triac..... | 20 |
| 5.3.4 Opto transistor | 21 |
| 6 PROCEDIMIENTO | 23 |
| 6.1 Arquitectura del Dimmer Shield..... | 23 |
| 6.2 Diseño del Dimmer digital..... | 24 |
| 6. 3 Detector de cruce por cero | 24 |
| 6.4 Etapa de Potencia..... | 26 |
| 6.5 Etapa de control | 27 |
| 6.6 Diseño de Prototipo para montar la lámpara IR | 31 |
| 7 RESULTADOS | 34 |
| 7.1 Resultados del Dimmer Shield | 34 |
| 7.2 Prototipo de lámpara IR | 40 |
| 8 RESULTADOS | 43 |
| 9 CONCLUSIONES | 44 |



| | | |
|------|--|----|
| 10 | RECOMENDACIONES | 45 |
| 11 | BIBLIOGRAFÍA | 46 |
| 12 | ANEXOS | 48 |
| 11.1 | Código implementado en Arduino UNO | 48 |
| 11.2 | Datasheet Triac BT136 | 51 |
| 11.3 | Datasheet OPTO-ACOPLADOR 4N35 | 52 |
| 11.4 | Datasheet MOC3020 TRIAC..... | 53 |
| 11.5 | Datasheet Puente de Diodos BR34 | 54 |
| 11.6 | Datasheet Fibra de Carbono TPUD PEEK-HTS45 | 55 |

Índice de figuras.

| | |
|--|----|
| Figura 1 Dimensiones de la lámpara IR 220V 400W | 10 |
| Figura 2 Ejemplo de Lámpara IR radiando en diferentes partes..... | 11 |
| Figura 3 Fibra de Carbono TENAX HTS45 | 11 |
| Figura 4 Elementos básicos de una onda Senoidal | 14 |
| Figura 5 Circuito detector de cruce por cero sin rectificar la señal senoidal..... | 16 |
| Figura 6 Detector de cruce por cero con onda senoidal rectificada..... | 16 |
| Figura 7 Puente de Diodos BR34 | 17 |
| Figura 8 Estructura interna de un opto-acoplador..... | 20 |
| Figura 9 Optotriac MOC3020..... | 20 |
| Figura 10 Opto acoplador H11AA1..... | 21 |
| Figura 11 Arquitectura de la tarjeta Dimmer | 23 |
| Figura 12 a.) Onda senoidal, señal de entrada. b.) Onda senoidal rectificada, señal de salida..... | 24 |
| Figura 13 Circuito detector de cruce por cero | 25 |
| Figura 14 Detector de cruce por cero, simulado en Proteus 8 | 25 |
| Figura 15 Detector de cruce por cero en el circuito..... | 26 |
| Figura 16 Etapa de potencia para accionamiento de la lámpara IR..... | 27 |
| Figura 17 Arquitectura de Arduino UNO..... | 28 |
| Figura 18 Diagrama esquemático del circuito general..... | 29 |
| Figura 19 Diseño final de la Tarjeta Shield | 30 |
| Figura 20 Layout de la tarjeta Dimmer Shield | 30 |
| Figura 21 Prototipo A de lámpara IR | 31 |
| Figura 22 Prototipo B en lámpara IR | 32 |
| Figura 23 Prototipo final para la lámpara IR | 33 |
| Figura 24 Dimmer Shield | 34 |
| Figura 25 Lámpara IR expuesta a la Fibra de Carbono | 35 |
| Figura 26 Prueba 1, 10%..... | 35 |
| Figura 27 Prueba 2, 20%..... | 36 |
| Figura 28 Prueba 3, 30%..... | 36 |
| Figura 29 Prueba 4, 40%..... | 37 |
| Figura 30 Prueba 5, 50%..... | 37 |
| Figura 31 Prueba 6, 60%..... | 38 |
| Figura 32 Prueba 7, 70%..... | 38 |
| Figura 33 Prueba 8, 80%..... | 39 |
| Figura 34 Prueba 9, 90%..... | 39 |
| Figura 35 Prueba 10, 100%..... | 40 |
| Figura 36 Prueba 11, 100%..... | 40 |
| Figura 37 Prototipo a manufacturar en impresora 3D CUBE | 41 |
| Figura 38 Impresora 3D Cube..... | 41 |
| Figura 39 Prototipo impreso y ensamblado con lámpara IR..... | 42 |
| Figura 40 Prototipo final de la lámpara IR..... | 42 |



Índice de tablas.

| | |
|--|----|
| Tabla 1 Especificaciones de Fibra de Carbono TENAX HTS45 | 12 |
| Tabla 2 Características del Puente de Diodos BR34..... | 17 |
| Tabla 3 Comparación de Tiristores..... | 19 |
| Tabla 4 Especificaciones del Opto-Triac MOC3020..... | 21 |
| Tabla 5 Especificaciones del Opto acoplador H11AA1..... | 22 |
| Tabla 6 Pines para detectar interrupciones en el ARDUINO UNO | 28 |
| Tabla 7 Componentes a utilizar en la tarjeta. | 31 |

RESUMEN

Durante mucho tiempo en la industria eólica, la elaboración de las aspas para los aerogeneradores con Fibra de Carbono ha sido de manera manual, es decir que el fabricante utiliza métodos no automatizados, por lo tanto limita la productividad y disminuye la calidad del producto entregado debido comúnmente al error humano.

Actualmente en CIDESI y con ayuda de CEMIE-EÓLICO se está desarrollando el proyecto de automatización de acomodo de capas de Fibra de Carbono Preimpregnada o mejor conocido por implementar de la técnica AFP (Automated Fiber Placement) que consiste en involucrar diversos sistemas para la manufactura de piezas de Fibra de Carbono. Uno de los aspectos importantes a considerar es el sistema de calentamiento para la activación térmica de fibra de carbono preimpregnada.

El siguiente reporte expone el desarrollo de un sistema térmico y el diseño de en SolidWorks de la estructura de la lámpara para acondicionarla al cabezal, con el objetivo de variar la intensidad luminosa de una lámpara infrarroja, las cuales se encargaran de la activación térmica de las tiras de fibras de carbono. Para llevar a cabo dicho proceso es necesario variar el tiempo de exposición y la temperatura aplicados a los trozos de fibra, dependiendo principalmente de la relación fibra - resina.

1 JUSTIFICACIÓN

Para la activación térmica de las cintas preimpregnadas se requiere mantener una temperatura de 80°C a 140°C tal como lo menciona el proceso de activación y/o curado de la Fibra de Carbono TENAX HTS45, datos proporcionado por el fabricante.

Dentro del sistema se diseña una tarjeta electrónica para el controlador Arduino UNO quien podrá variar la intensidad luminosa de una lámpara infrarroja de 400W a 220V. Puesto que la lámpara tiene dimensiones no apropiadas para el cabezal, se diseña un prototipo para poder reducir el ángulo de radiación a la Fibra de Carbono.

Con esto podremos asegurar que la resina epóxica que contiene la fibra de carbono se adhiera al molde de la pieza a manufacturar, en este caso a las aspas de los aerogeneradores.



2 OBJETIVOS

Desarrollar un sistema electrónico capaz de controlar digitalmente la intensidad luminosa de lámparas IR para lograr la activación de la resina de cintas de fibra de carbono preimpregnada.

2.1 Objetivos específicos

- Diseñar un prototipo para reducir el ángulo de radiación de la lámpara IR.
- Diseñar un Dimmer Shield para el controlador Arduino UNO.
- Pruebas y mejoras sistema a realizar.

3 DEFINICIÓN DEL PROYECTO

Durante muchos años, se ha comprobado que las lámparas IR por la facilidad de controlar la potencia, se puede utilizar para grandes aplicaciones, tales como: calentamiento de comida, secado de pintura, incubadora de aves, etc. Sin embargo; en tema de curado de la fibra de carbono, es necesario el monitoreo y control de la temperatura que se le esté aplicando a la fibra de carbono en cada instante de tiempo, debido a que el nivel de calidad de la fibra una vez curada depende de estas variables.

Un sistema de calentamiento mediante lámparas IR se debe considerar que las temperaturas de curado son del orden de 250°C como máximo, por lo que es necesario considerar una etapa de potencia que esté variando y regulando la intensidad luminosa que proporcione la lámpara, de tal forma que la temperatura de la superficie o molde esté en el rango de 80°C a 140°C y la radiación se realice de forma homogénea sobre la superficie a calentar, estos datos se obtuvieron del fabricante y se expone datasheet en la sección de anexos.

Después de un estudio detallado de las diferentes fuentes de calor para la activación térmica de la fibra de carbono, se optó por emplear lámparas IR de 220V a 400W. *Ver la figura 1.*

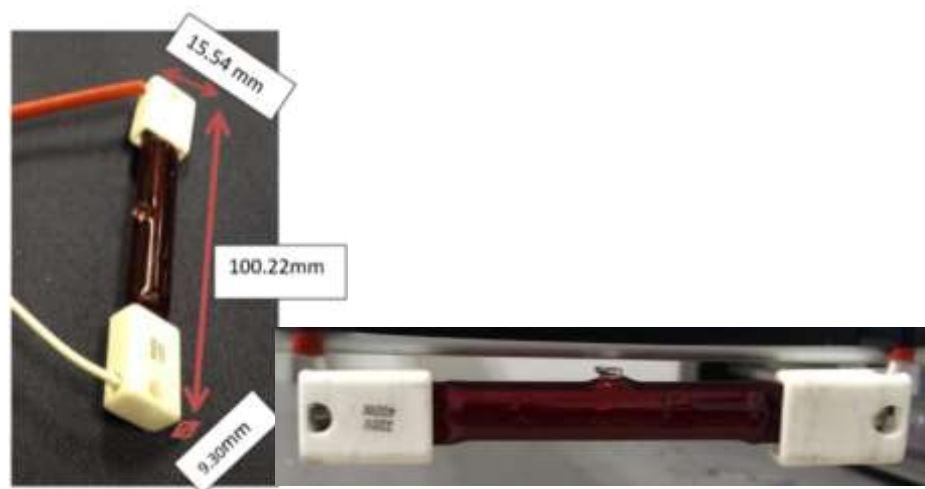


Figura 1 Dimensiones de la lámpara IR 220V 400W

Con este tipo de lámpara IR se puede obtener una temperatura de 400°C a su máxima potencia, por lo que es necesario disminuir la intensidad luminosa para exceder el curado de dicha Fibra.

Como podemos observar, la lámpara IR tiene una geometría tubular, esto puede afectar al cabezal de manera general, ya que puede radiar a distintos lados calentando en lugares que no son necesarios, por ejemplo; carrete de fibra de carbono, sistema de corte, cableado estructurado dentro del cabezal, motores y sistema de avance de la fibra. *Ver figura 2.*

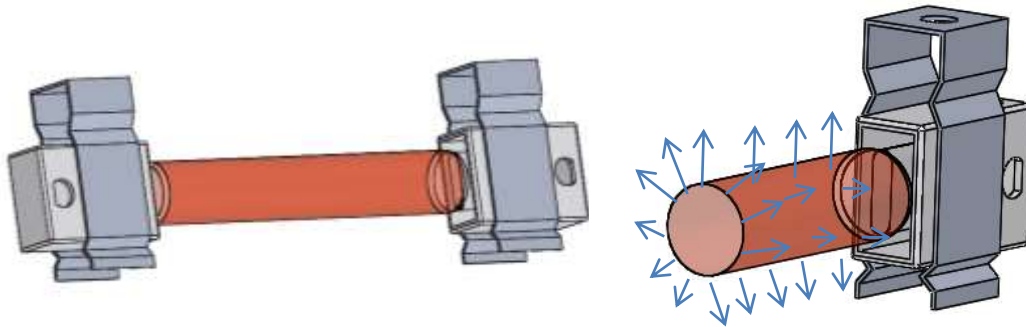


Figura 2 Ejemplo de Lámpara IR radiando en diferentes partes.

Para solucionar este problema, es necesario diseñar un prototipo capaz de delimitar la radiación de la lámpara y proponer un ángulo que sea conveniente para el molde y el ancho de la fibra de carbono, esto también solucionará el problema del calentamiento en partes que no son recomendables y así optimizar la radiación de la lámpara.

Dentro de los requerimientos para la manufactura de aspas eólicas de los aerogeneradores, es necesario considerar que se utiliza una fibra TENAX HTS45, ya que este tipo de fibra no es necesario almacenarlo en lugares de condiciones ambientales restringidos. *Ver figura 3.*

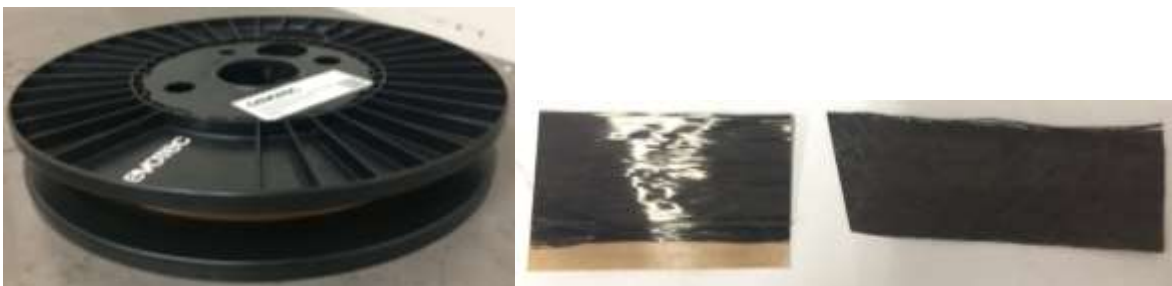


Figura 3 Fibra de Carbono TENAX HTS45

Las especificaciones de la Fibra de Carbono se resumen en la siguiente tabla, obtenida del datasheet de dicha fibra. *Ver la tabla 1.*

Tabla 1 Especificaciones de Fibra de Carbono TENAX HTS45

| Fibra de Carbono | TENAX HTS45 |
|-----------------------------------|---------------------------|
| Ancho | 20mm |
| Peso en área | 80g/m ² |
| Número de Filamentos | 12k |
| Densidad | 1.77g/cm ³ |
| Calor específico | 710J/kgK |
| Conductividad Térmica | 10W/mK |
| Coefficiente de expansión térmica | -0.1x 10 ⁻⁶ /K |
| Resistencia eléctrica | 1.6x10 ⁻³ Ωcm |

4 ANTECEDENTES

Para implementar la tecnología AFP es necesario considerar qué tipo de fuente de calor se necesita para activar la resina y así lograr el curado de la fibra de carbono preimpregnada, se realiza un estudio detallado, así como una tabla comparativa de cada uno de ellos.

| Artículo | Características | Año de publicación |
|---|--|--------------------|
| Control de potencia del calentador para multi-material, velocidad variable colocación de automática de fibra. [1] | <ul style="list-style-type: none"> • Doble Filamento de la lámpara IR • Regulación de la potencia de calentamiento manualmente • Pirómetro para el censado de temperatura • Temperatura de 30°C a 60° | Enero 2017 |
| Los efectos de la entrada de calor en las vías adyacentes durante la colocación automatizada de fibra. [2] | <ul style="list-style-type: none"> • Lámparas UV • control de potencia • Potencia de 3kW a 12kW • Líquido refrigerante y Pilas como alimentación para los Diodos Láser | Enero 2015 |
| | <ul style="list-style-type: none"> • L. Infrarroja • Regulación de la potencia de calentamiento manualmente • Doble Filamento de la lámpara IR • Pirómetro para el censado de temperatura • Temperatura de 30°C a 60° | |
| Un enfoque preciso de la generación de trayectorias de rodillos para la colocación de fibras robóticas de compuestos de superficie de forma libre. [3] | <ul style="list-style-type: none"> • Hilo de Fibra de carbono/cintas preimpregnadas • Sistema de calentamiento por conducción | Junio 2014 |

5 FUNDAMENTACIÓN

Para lograr controlar la intensidad luminosa de la lámpara es necesario considerar ciertos aspectos importantes como lo son; etapa de potencia, etapa de cruce por cero, ajuste e interpretación de datos al Arduino y código en Arduino.

5.1 Dimmer

Un dimmer es un circuito electrónico el cual utiliza principalmente componentes de potencia los cuales permiten la regulación de ésta a través de la variación de un ángulo de conducción. Este tipo de circuitos operan principalmente con corriente alterna (CA), tipo de onda senoidal representada comúnmente en voltaje. [4] Ver la figura 4.

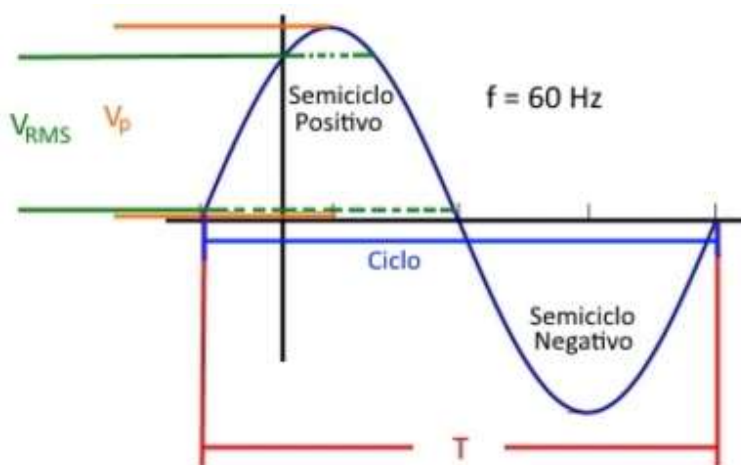


Figura 4 Elementos básicos de una onda Senoidal

Donde:

- V_p es el voltaje pico, también conocido como voltaje máximo alcanzado durante los semiciclos de la onda senoidal.
- V_{RMS} es el valor de una señal cd que entregaría la misma potencia si ésta fuera sustituida.
- F es la frecuencia o bien el número de ciclos durante un segundo. En donde, para América corresponde al valor de 60Hz y para Europa 50Hz.
- T es el periodo o tiempo de duración de un ciclo expresado en segundos.

Existen dos tipos de Dimmer; los analógicos y los digitales. Para este reporte se hará mención únicamente de un dimmer digital, el cual se encuentra dividido en las siguientes cuatro etapas:

- Detector de cruce por cero
- Etapa de potencia
- Fuente de alimentación
- Sistema de Control

La parte primordial para un buen funcionamiento de un dimmer digital es el detector de cruce por cero. Este es el método más común para la medición de la frecuencia del periodo de una señal. Permitiendo la fácil detección de una señal cada vez que ésta cruza por el origen. [5]

La etapa de control es la encargada de recibir la señal de detección del cruce por cero para así poder proceder a la manipulación del encendido y apagado del dispositivo de disparo por medio de un sistema opto-acoplado. Mientras que la etapa de potencia, a grandes rasgos, activa los dispositivos de disparo hacia la carga con una determinada potencia.

Finalmente se cuenta con la fuente de alimentación, que es la encargada de establecer todo el suministro de energía al circuito, desde la fuente de 5V para la alimentación del microcontrolador con su respectiva etapa de filtrado, hasta la alimentación de los dispositivos de potencia en este caso 220v a 120v.

5.2 Detector de Cruce por Cero

Un detector de cruce por cero es capaz de detectar cada cuando se produce el cambio de polaridad de una onda senoidal, disparando pulsos y con ellos proporcionar información al sistema cuando se detecte un cruce por cero. [6]

En esta etapa es necesario considerar que la onda senoidal debe estar rectificadas, puesto que tiene semiciclos negativos, el circuito por sí solo no detectará el paso de negativo al cero (0V), en la siguiente figura se puede observar que la detección tiene un ancho de pulso, esto puede generar problemas a la hora de acoplar el circuito con la etapa de potencia. *Ver figura 5.*

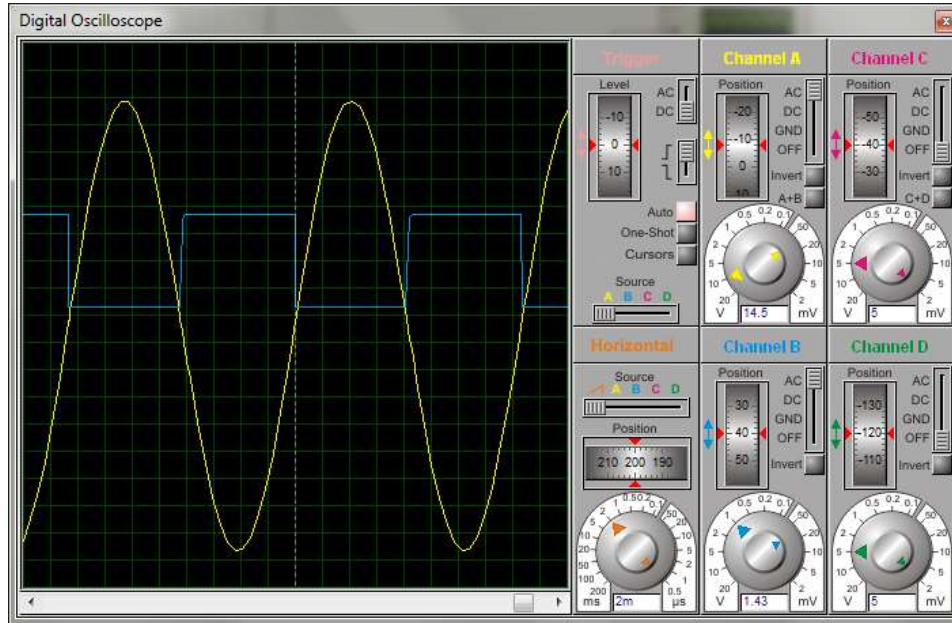


Figura 5 Circuito detector de cruce por cero sin rectificar la señal senoidal.

Por ende, es necesario considerar rectificar la señal antes de detectar el cruce por cero de una onda senoidal, esto se puede solucionar con un puente de diodos acoplado a la entrada del voltaje V_{rms} a la planta. Ver figura 6.

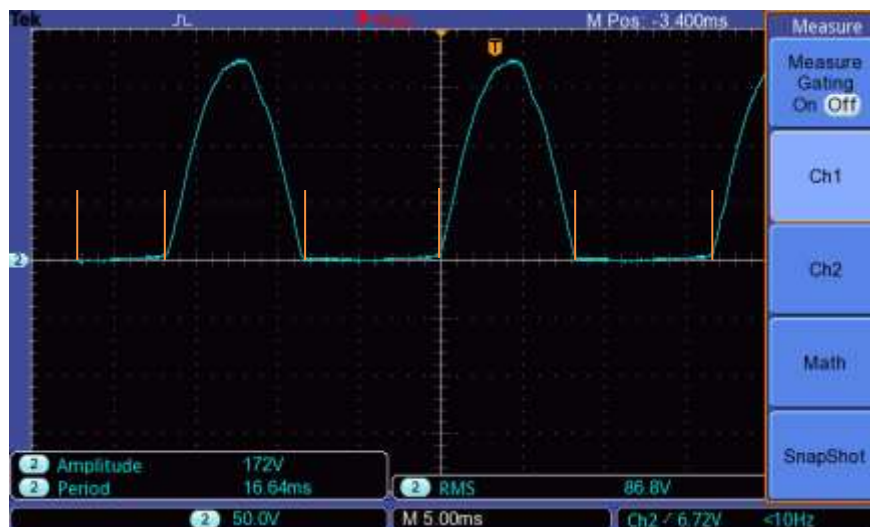


Figura 6 Detector de cruce por cero con onda senoidal rectificada.

5. 2.1 Puente de Diodos

El puente de diodos es un dispositivo cuya entrada corresponde a una corriente alterna y la cual a través del acomodo de cuatro diodos produce una corriente continua, es decir genera un voltaje V_{RMS} con una amplitud equivalente al voltaje pico generado por la onda senoidal original. [7]

Es necesario hacer mención que la energía suministrada por CFE proporciona un V_{RMS} de 124v aproximadamente con un frecuencia de 60Hz. Para el desarrollo del dimmer digital, se llevó a cabo una selección de componentes electrónicos de acuerdo a las características del sistema. Se optó por utilizar un puente de diodos modelo BR34 debido a las siguientes características. *Ver figura 7.*



Figura 7 Puente de Diodos BR34

Las características importantes del puente de diodos se obtienen del datasheet expuesto en anexos. *Ver tabla 2.*

Tabla 2 Características del Puente de Diodos BR34

| Parámetro | Valores |
|------------------------|--------------|
| Tipo de puente | Rectificador |
| Corriente directa | 2A |
| Voltaje RMS | 220V |
| Voltaje directa VF Máx | 1.1V |
| Rango de temperatura | -55°C a 50V |

5.3 Etapa de potencia

Esta etapa controla la corriente de la carga y así varía la intensidad luminosa de la lámpara. Dentro de la instrumentación electrónica existen elementos de disparo tales como los tiristores.

5.3.1 Electrónica de potencia

La electrónica de potencia se puede definir como las aplicaciones de la electrónica de estado sólido para el control y la conversión de la energía eléctrica. Se basa principalmente en la conmutación de dispositivos semiconductores de potencia, sus capacidades de manejo y la rapidez de conmutación de estos dispositivos. [8]

A partir de 1970 se desarrollaron varios tipos de dispositivos semiconductores de potencia, que entraron al comercio. Estos dispositivos suelen dividirse generalmente en 3 tipos: 1) diodos, 2) tiristores, 3) transistores.

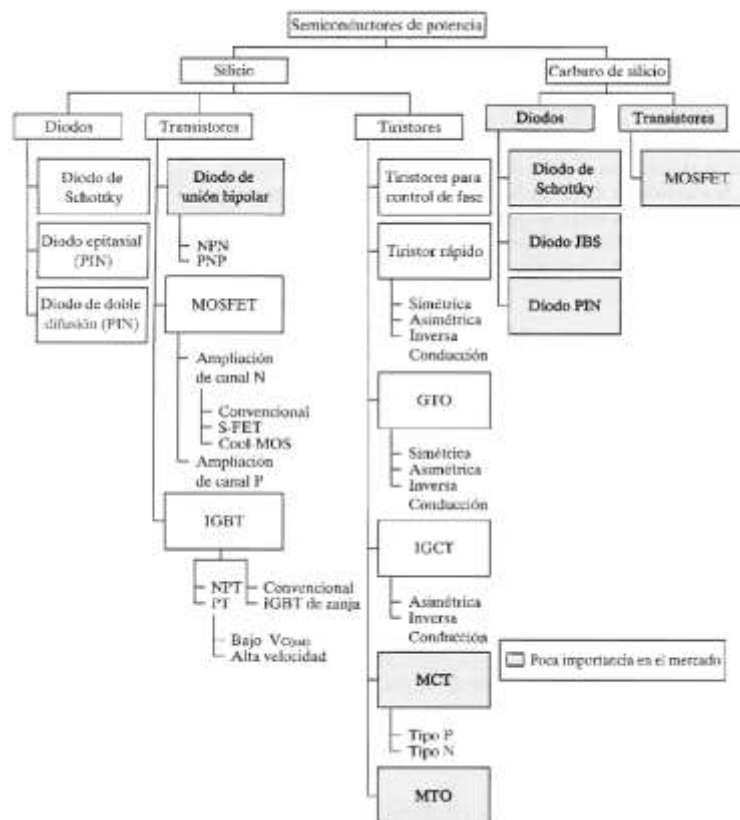


Figura 1.- Clasificación de los dispositivos semiconductores de potencia

Los dispositivos semiconductores de potencia se pueden trabajar como conmutadores, aplicando señales de control a la terminal de compuerta de los tiristores (a la base de los transistores). Donde la salida es obtenida haciendo variar el tiempo de conducción de estos dispositivos de conmutación o también llamados dispositivos de disparo. *Ver la figura 5.*

Un Dimmer digital se puede realizar con dos principales componentes: SCR y TRIAC, ya que trabajan con voltajes de corriente alterna y por ser elementos de disparo se puede controlar el paso de la corriente, con ello se logra la variación de potencia directamente en la carga. Cabe mencionar que existen ciertas limitantes al utilizar un elemento u otro en la siguiente tabla se muestra las diferencias de utilizar dichos componentes. [9] *Ver tabla 2.*

Tabla 3 Comparación de Tiristores

| SCR | TRIAC |
|--|---|
| Unidireccional | Bidireccional |
| Se activa con un pulso positivo en compuerta Gate | Se activa con un pulso en cualquier compuerta |
| Dimmer analógico | Dimmer Digital |

Para activar un elemento de potencia (tiristor) se necesitan dispositivos intermedios de disparo, los cuales actúan entre la señal de disparo y la puerta. Teniendo en cuenta la comparación de los dos elementos optamos por el uso de Triacs en el dimmer a proponer.

5.3.2 Opto-acopladores

Un opto-acoplador es un circuito que básicamente contiene un LED enfocado directamente a un fotosensor, los cuales usualmente son opto-transistores u opto-triacs dependiendo la aplicación. En donde, al recibir una excitación eléctrica el LED enciende, generando un haz de luz que incide sobre el opto-transistor, haciendo que este actúe como un interruptor y generando una pequeña corriente como señal de activación. [10] *Ver la figura 5.*

Usualmente los dispositivos utilizados para la detección del cruce por cero suelen ser opto-acopladores debido a la separación galvánica que estos presentan como interfaz entre la etapa de control con respecto a la etapa de potencia evitando transitorios o corrientes picos dañinas.

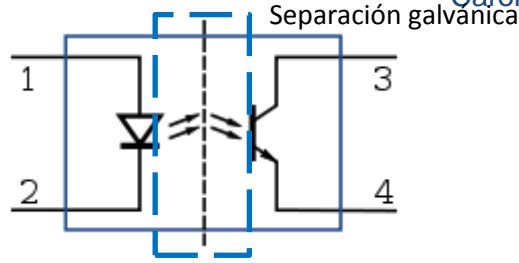


Figura 8 Estructura interna de un opto-acoplador

Un opto-acoplador puede ser utilizado como detector de cruce por cero. Generando un pulso con una amplitud de 5VDC cada vez que la onda sinodal alcance un voltaje de 0 VAC, es decir, cada vez que la señal cruce por el cero. Este pulso generado es interpretado por el microcontrolador (el cual se ubica en la etapa de control) y genera un retardo antes de activar al dispositivo de disparo como el TRIAC (etapa de potencia). Haciendo que este entre en estado de conducción hacia la carga con un determinado porcentaje de la onda senoidal.

5. 3. 3 Opto-Triac

El dispositivo Opto-Triac consiste en diodos emisores de infrarrojo acoplados ópticamente a detectores silicio, en este caso a un triac que realizan las funciones de voltaje cero que cruza conductores triac bilaterales. [11] Ver figura 6.

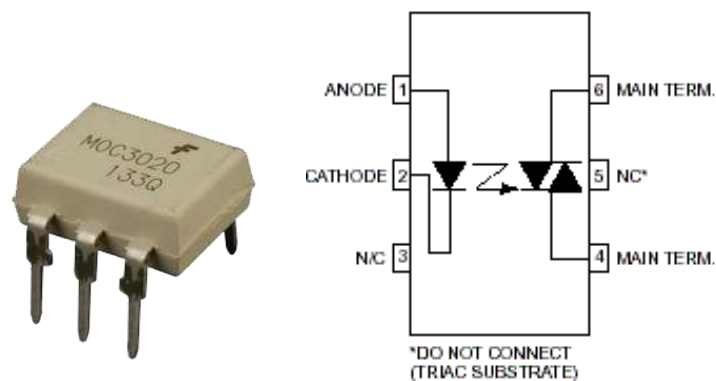


Figura 9 Optotriac MOC3020.

Durante el estudio detallado del opto-triac, se consideran las especificaciones que este pueda tener. Ver la tabla 4.

Tabla 4 Especificaciones del Opto-Triac MOC3020

| Opto Triac MOC3020 | |
|--------------------------------------|-------------|
| Temperatura de operación | -40 a +85°C |
| Emisor | |
| Corriente continua de entrada | 60mA |
| Voltaje inverso | 6V |
| Potencia de disipación del fotodiodo | 120mW |
| Detector | |
| Tensión de bloqueo pico | 600V |
| Corriente | 1A |

5.3.4 Opto transistor

El fototransistor no es muy diferente a un transistor normal, es decir, está compuesto por el mismo material semiconductor, tienen dos acoplamientos y las mismas tres conexiones externas: colector, base y emisor. Por supuesto, siendo un elemento sensible a la luz, la primera diferencia evidente es en su cápsula, que posee una ventana o es totalmente transparente, para dejar que la luz ingrese hasta los acoplamientos del dispositivo semiconductor y produzca el efecto fotoeléctrico. Ver figura 7.

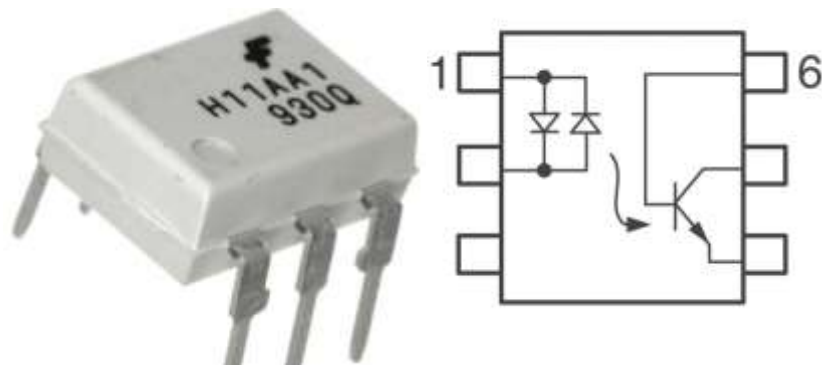


Figura 10 Opto acoplador H11AA1

Las especificaciones del opto acoplador seleccionado se resume en la siguiente tabla. Ver tabla 5.

Tabla 5 Especificaciones del Opto acoplador H11AA1

| Opto acoplador H11AA1 | |
|---|--------------|
| Voltaje de aislamiento max | 7500 Vac |
| Voltaje en directo del Led | 1.17V |
| Corriente del Led en directo max | 60mA |
| Corriente del colector max | 50mA |
| Tensión directa | 1.5V |
| Temperatura de trabajo | -55°C +100°C |
| Corriente | 2A |

6 PROCEDIMIENTO

El proyecto consiste en el desarrollo de un dimmer digital para el control de la potencia de una lámpara infrarroja. Esto para hacer posible la regulación de la temperatura que esta provee, de tal forma que se lleve a cabo la caracterización del proceso de curado de tiras de fibra de carbono.

6.1 Arquitectura del Dimmer Shield

Dentro del diseño del sistema térmico, se considera acondicionar una Shield capaz de involucrar las distintas etapas antes mencionadas, esto con el objetivo de reducir espacios en la cabina de control del proyecto en general. Para el diseño del dimmer se considera la siguiente estructura. [12] Ver la figura 11.

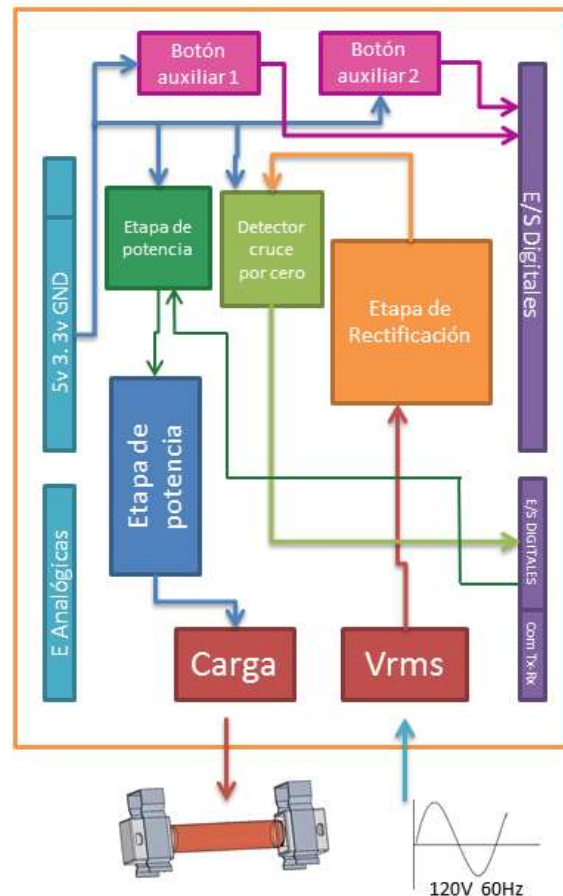


Figura 11 Arquitectura del Dimmer

Para el diseño del sistema térmico electrónica es necesario tener en cuenta las siguientes restricciones:

- ✓ Etapas de potencia aisladas de la parte digital de la tarjeta Arduino UNO.
- ✓ Dentro de la Shield, el usuario se limitará en utilizar los pines; 12, 13, 2, 3, 4 y 5, ya que estos pines lo ocupa el sistema térmico.
- ✓ Es necesario proteger la lámpara de fuertes variaciones a la carga, por eso es necesario involucrar un Fusible de 3 Amperes para mayor seguridad.

6.2 Diseño del Dimmer digital

A continuación en las siguientes figuras se expone una comparación entre la señal de entrada y salida del puente de diodos, en donde la señal representada en color amarillo (figura 11, a) equivale a la señal obtenida de la toma de corriente y la señal de color azul (figura 11, b) corresponde a la señal rectificadora con un V_{RMS} de 86.8V. Señal cuyo semiciclo negativo ha sido eliminado por efecto del acomodo de los diodos, siendo similar a una señal eléctrica del tipo pulsante.

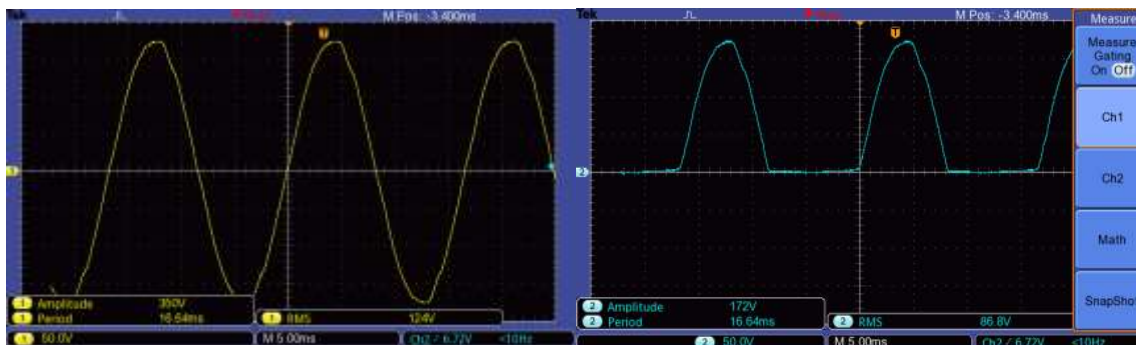


Figura 12 a.) Onda senoidal, señal de entrada. b.) Onda senoidal rectificadora, señal de salida.

6.3 Detector de cruce por cero

Para el diseño del detector de cruce por cero es necesario considerar que la señal de salida del puente de diodos debe de encontrarse previamente rectificadora, verificando que el semiciclo positivo de la señal de salida sea lo más cercana posible al de la señal de entrada.

Al tener la señal senoidal rectificadora, los ciclos positivos alcanzan un V_{RMS} de 86.8V, el cual circula a través del LED del opto-acoplador H11AA1, provocando que el LED interno

emita un haz de luz e incida directamente en el opto-transistor, generando una señal con amplitud de 5V.

El método más sencillo para el desarrollo del detector de cruce por cero es por medio de un sistema optoacoplado. Para esto se selecciona el optoacoplador H11AA1 cuyas características y datasheet se exponen en anexos.

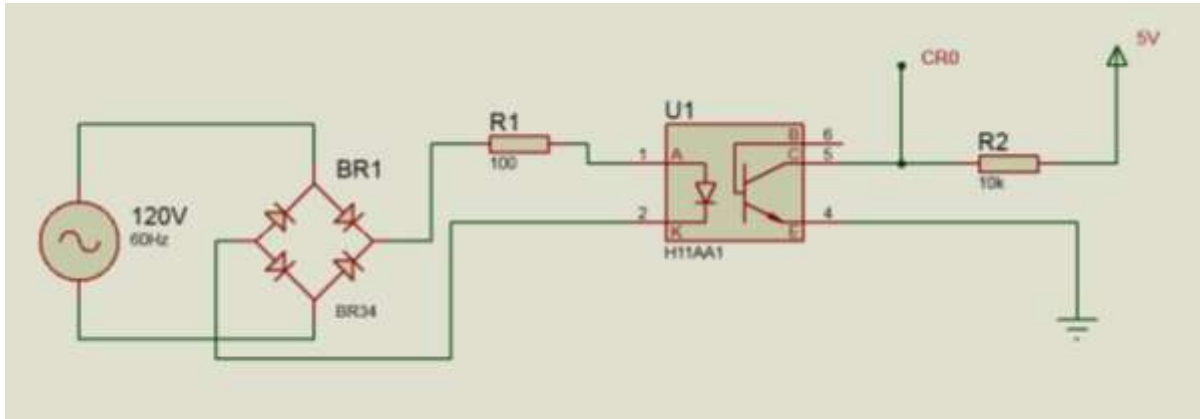


Figura 13 Circuito detector de cruce por cero

Con ayuda del Software Proteus 8 es posible simular el circuito de detección de cruce por cero donde se puede observar los pulsos de detección. Ver figura 13

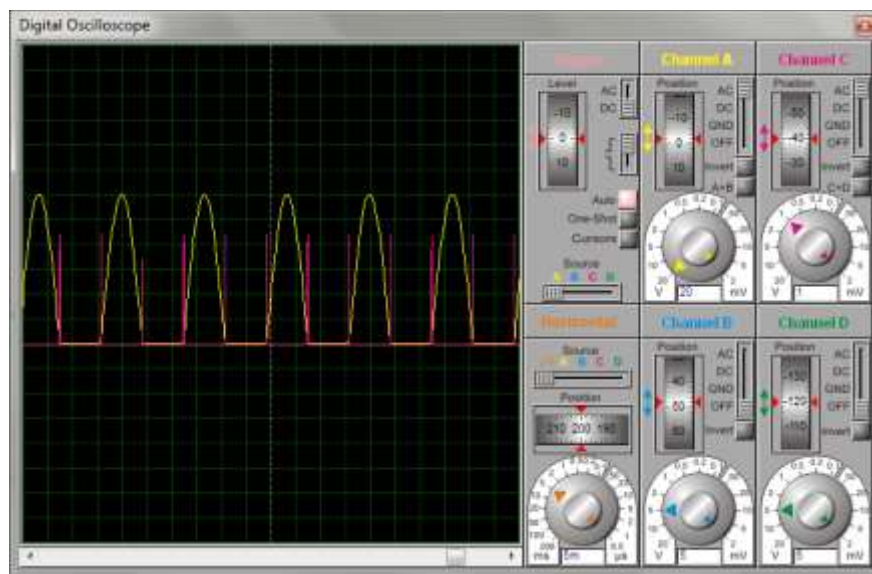


Figura 14 Detector de cruce por cero, simulado en Proteus 8

En el osciloscopio se puede observar la detección de cruce por cero montado en el circuito, se puede lograr la detección, es importante hacer mención que el periodo que logra la detección es de 8.333ms este periodo nos servirá para sincronizarlo con el tiempo de respuesta del ARDUINO UNO, también el pulso se logra activar con un voltaje de 1.38Vrms, valor que también se logra detectar con el controlador ARDUINO UNO. Ver figura 15.

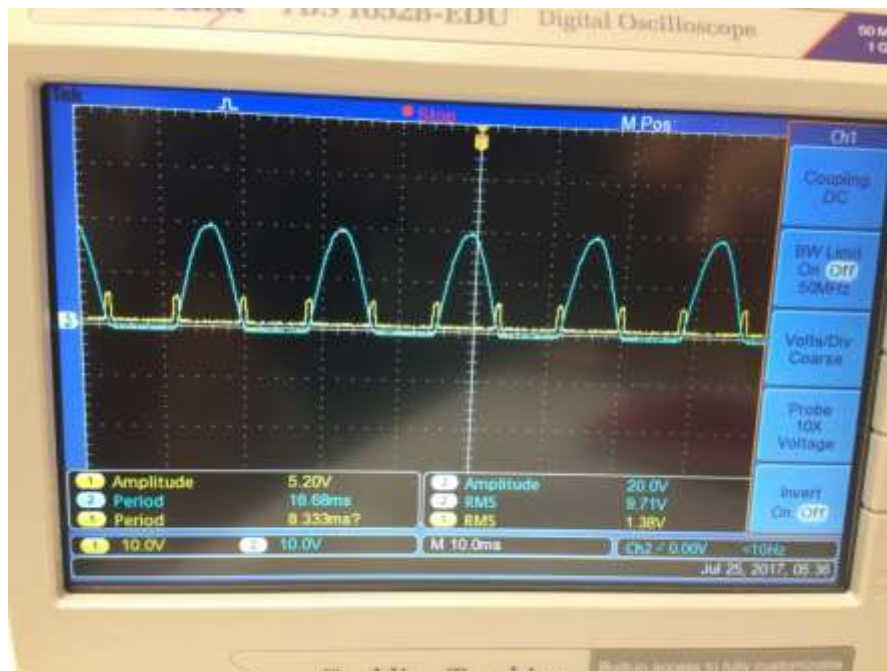


Figura 15 Detector de cruce por cero en el circuito.

6.4 Etapa de Potencia

Una vez finalizado el detector de cruce por cero, se procede con el desarrollo de la etapa de potencia del circuito, encargada de realizar el disparo del dispositivo de accionamiento, en este caso el TRIAC BT136 y de energizar a la carga, que para este caso corresponde a la lámpara IR de 220V 400W.

Como elemento de disparo se utilizó un opto-acoplador MOC3020, principalmente por la separación galvánica con la que este tipo de dispositivos cuenta, asegurando la separación física de la etapa de control con respecto a la etapa de potencia evitando daños por picos de corriente o bien señales parásitas.

El circuito propuesto para la etapa de potencia es el que se muestra en la siguiente figura, así como las especificaciones técnicas del elemento de disparo MOC3020 y el tiristor TRIACBT136, se anexa datasheet. *Ver figura 15.*

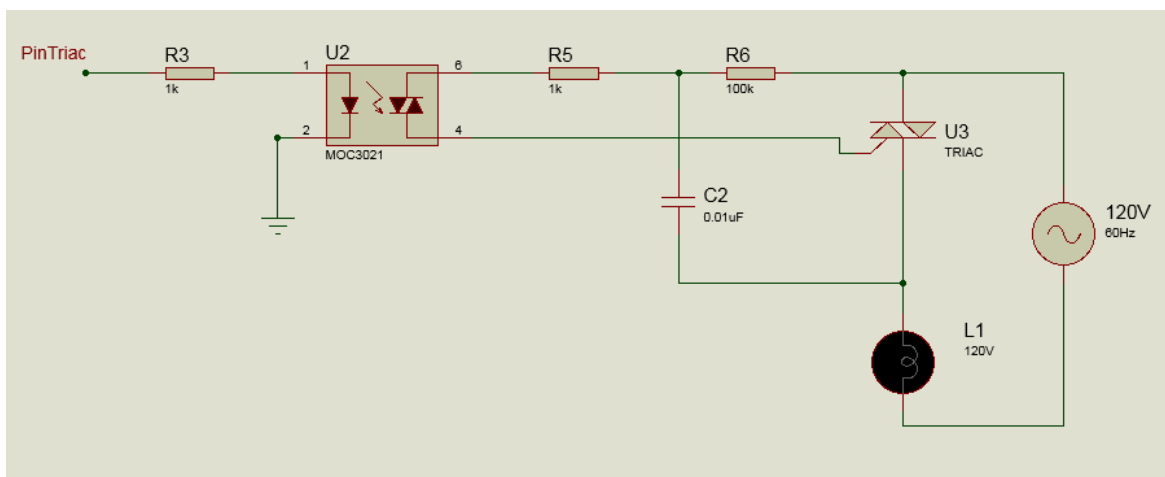


Figura 16 Etapa de potencia para accionamiento de la lámpara IR

Una vez realizado la detección del cruce por cero, se establece el tiempo de retardo para el accionamiento del elemento disparador, en este caso el MOC3020, el cual, una vez recibiendo el pulso del microcontrolador, envía un pulso excitando al Opto-Triac, generando la corriente suficiente para activar la compuerta GATE del TRIAC BT136 permitiendo la conducción de corriente y alimentación de la carga dependiendo en qué ángulo se dispare el triac limitará carga y con ello la variación de intensidad luminosa de la lámpara IR .

6.5 Etapa de control

Para la etapa de control se propone el uso del microcontrolador ARDUINO UNO, este tiene consigo una arquitectura en donde se puede adicionar una Shield. *Ver figura 17.*

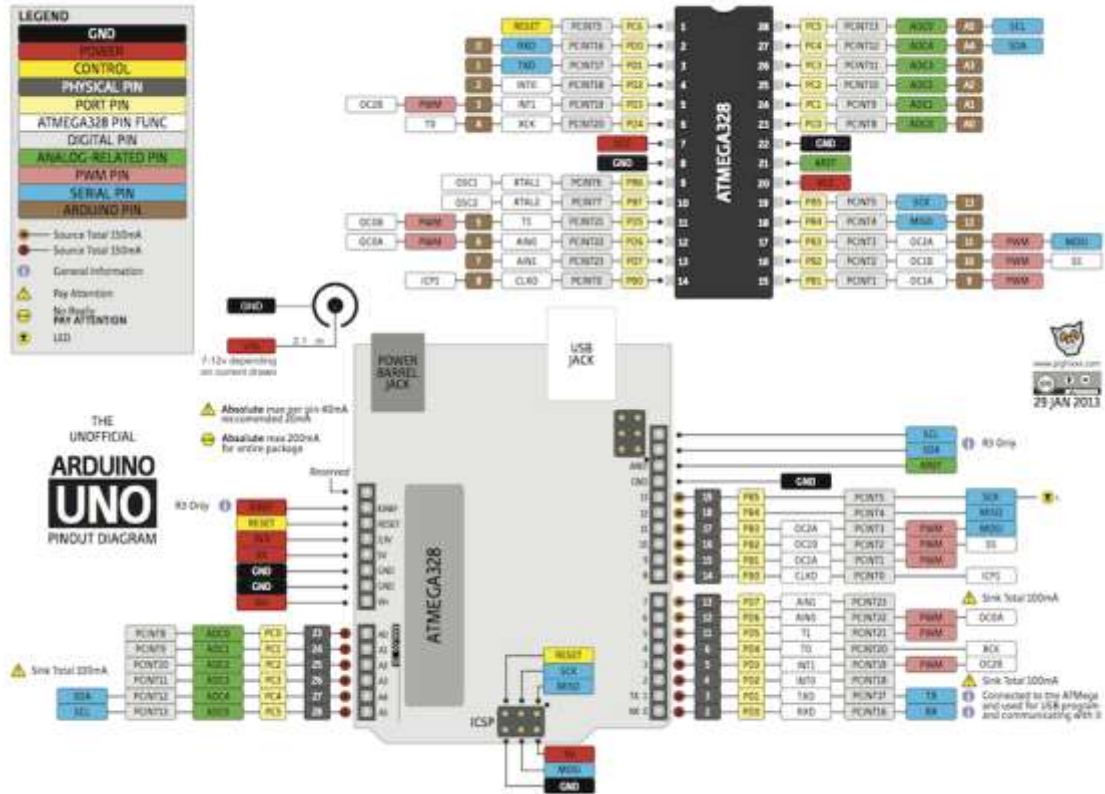


Figura 17 Arquitectura de Arduino UNO

Con el microcontrolador ARDUINO UNO se puede utilizar la función de interrupciones para detectar el cruce por cero, donde es importante detectar que pines pueden detectar el cruce por cero, la siguiente tabla muestra los pines que utiliza dicho microcontrolador para detectar los pulsos del cruce por cero. [13]Ver tabla 6.

Tabla 6 Pines para detectar interrupciones en el ARDUINO UNO

| MODELO ARDUINO | INT 0 | INT 1 | INT 2 | INT 3 | INT 4 | INT 5 |
|----------------|--|-------|-------|-------|-------|-------|
| UNO | Pin 2 | Pin 3 | | | | |
| MEGA | 2 | 3 | 21 | 20 | 19 | 18 |
| DUE | Todos los pines del DUE pueden usarse para interrupciones. | | | | | |
| Leonardo | 3 | 2 | 0 | 1 | 7 | |

A continuación se expone el diagrama esquemático general y el diseño electrónico de la tarjeta a manufacturar. Así como la información general del sistema térmico con sus respectivos reportes y componentes electrónicos. Por otro lado, en la sección de anexos, se agregaran los datasheet de los dispositivos utilizados. *Ver figura 14.*

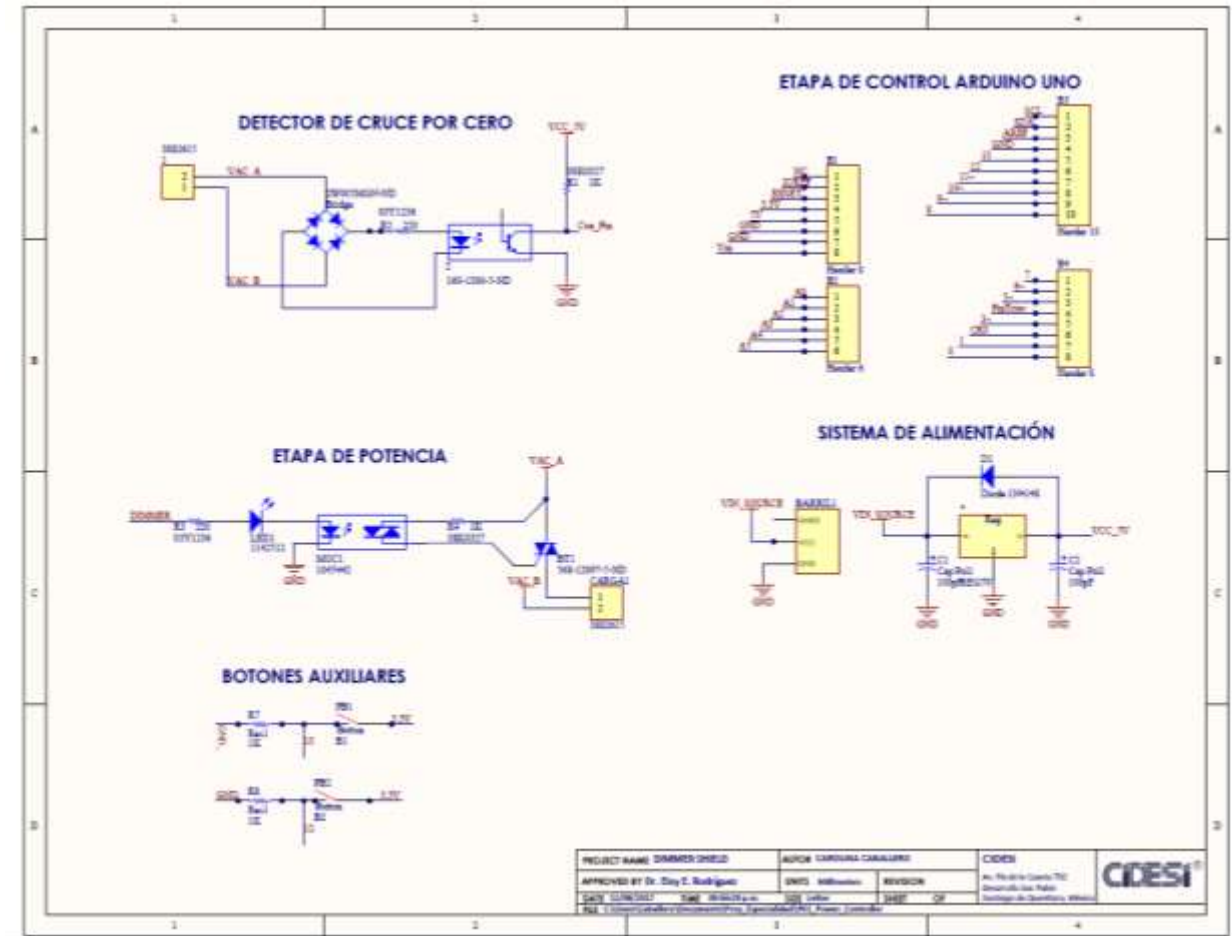


Figura 18 Diagrama esquemático del circuito general.

Con ayuda del Software ALTIUM DESIGNER se puede diseñar una tarjeta involucrando las distintas etapas, para el diseño se propone el siguiente diagrama teniendo en cuenta la arquitectura antes diseñada. *Ver figura 17.*

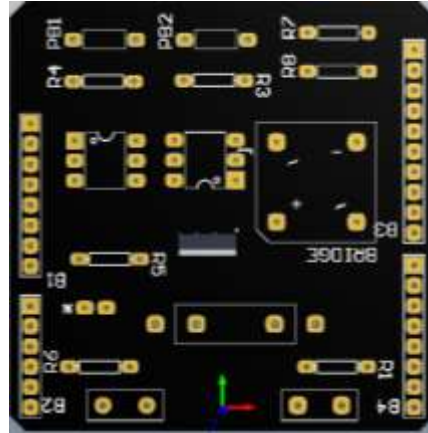


Figura 19 Diseño final de la tarjeta Shield para el sistema térmico.

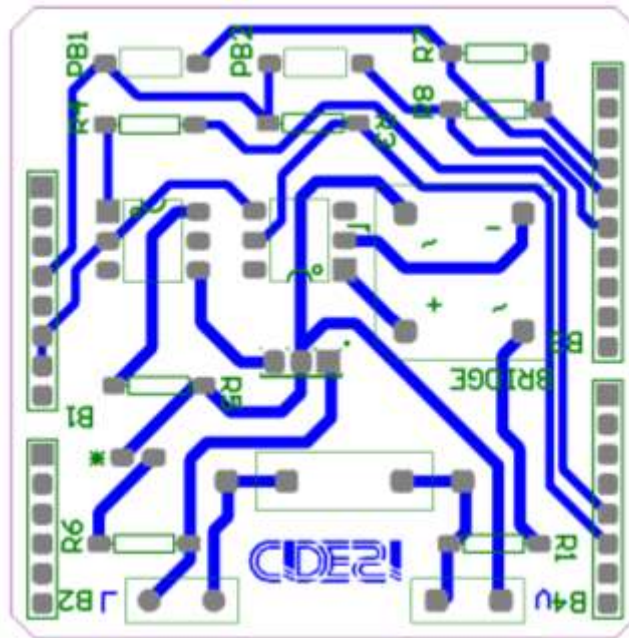


Figura 20 Layout de la tarjeta Dimmer Shield

También es posible visualizar el Layout de la tarjeta para después manufacturarla. Ver *figura 18*.

Tabla 7 Componentes a utilizar en la tarjeta.

| Comment | Description | Designator | Footprint | LibRef | Quantity |
|-------------|--|----------------------------|----------------|-------------|----------|
| Component_1 | | | CAP | Component_1 | 1 |
| F1 | | | FUSE | Component_1 | 1 |
| H11AA1 | | | PCBComponent_1 | Component_1 | 1 |
| MOC3020 | | | PCBComponent_1 | Component_1 | 1 |
| Triac | Silicon Bidirectional Triode Thyristor | | 369-03 | Triac | 1 |
| Header 8 | Header, 8-Pin | B1, B4 | HDR1X8 | Header 8 | 2 |
| Header 6 | Header, 6-Pin | B2 | HDR1X6 | Header 6 | 1 |
| Header 10 | Header, 10-Pin | B3 | HDR1X10 | Header 10 | 1 |
| BR34 | | BRIDGE | BRIDGE | Component_1 | 1 |
| LAMP | | L | BORN | Component_1 | 1 |
| B1 | | PB1 | BUTTON | Component_1 | 1 |
| B2 | | PB2 | BUTTON | Component_1 | 1 |
| Res1 | Resistor | R1, R3, R4, R5, R6, R7, R8 | AXIAL-0.3 | Res1 | 7 |
| 120V | | V | BORN | Component_1 | 1 |

En la tabla 7 se muestran los componentes a utilizar, es considerable mencionar que existen componentes que no se tienen en las librerías del Software, por ende, se proponen y se diseñan tal que el PCB quede de manera exacta sin realizar alguna modificación.

6.6 Diseño de Prototipo para montar la lámpara IR

Dentro de las restricciones a considerar, es necesario reiterar que la lámpara IR propuesta tiende a radiar en diferentes ángulos por las geometrías que esta presenta, posiblemente es necesario considerar un sistema aislado para no afectar al sistema en general.

Con ayuda del Software SolidWorks se propone un prototipo capaz de aislar el calor radiado en diferentes secciones del cabezal. *Ver figura 19.*

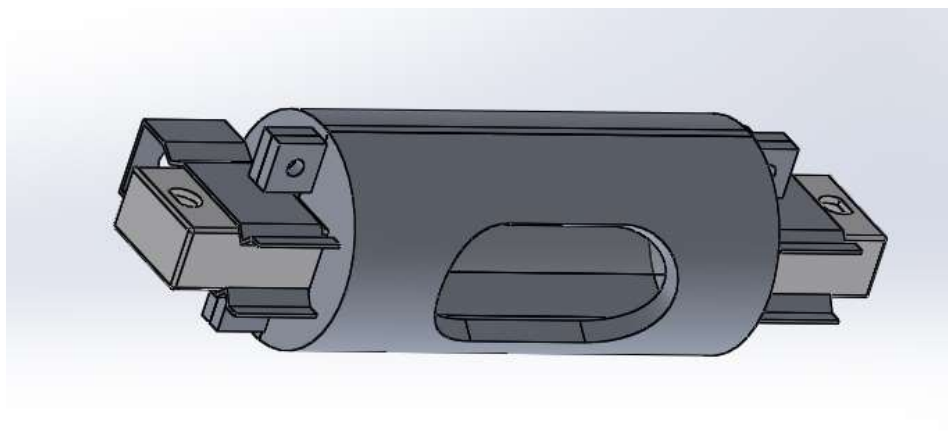


Figura 21 Prototipo A de lámpara IR

Dentro del diseño, se puede observar que tiene una cavidad que deja pasar la intensidad luminosa de la lámpara, haciendo que la lámpara únicamente este radiando a una sección determinada en este caso el molde y/o Fibra de carbono. La sección que no queremos radiar se limita por la estructura del prototipo A, es importante considerar que este prototipo no bastará para limitar el calor que la lámpara radia.

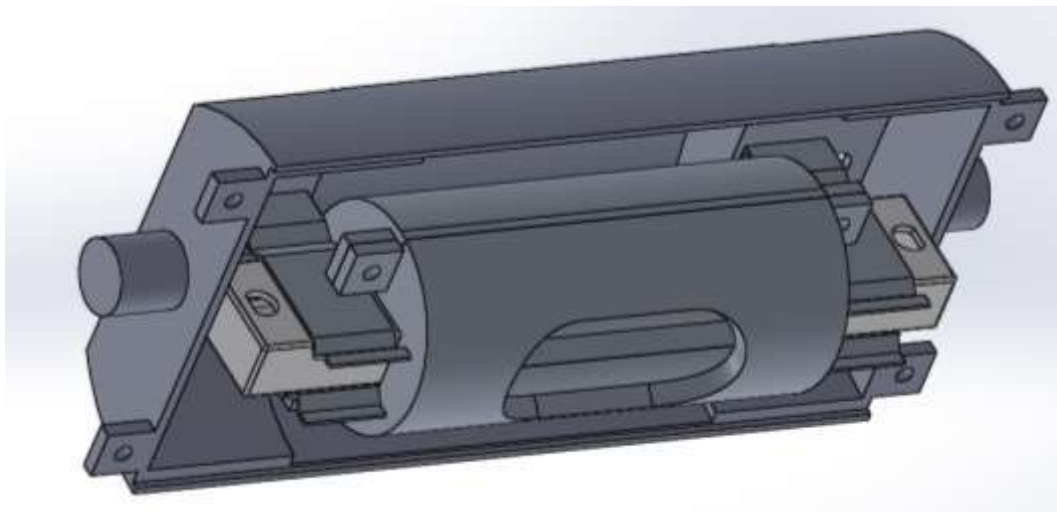


Figura 22 Prototipo B en lámpara IR

Para poder aislar el calor se diseña un prototipo B capaz de evitar que el prototipo A radie calor, se utilizará aire como aislante con esto podremos no solo limitar la radiación, si no también direccionar el ángulo de radiación hacia el molde. *Ver figura 20.*

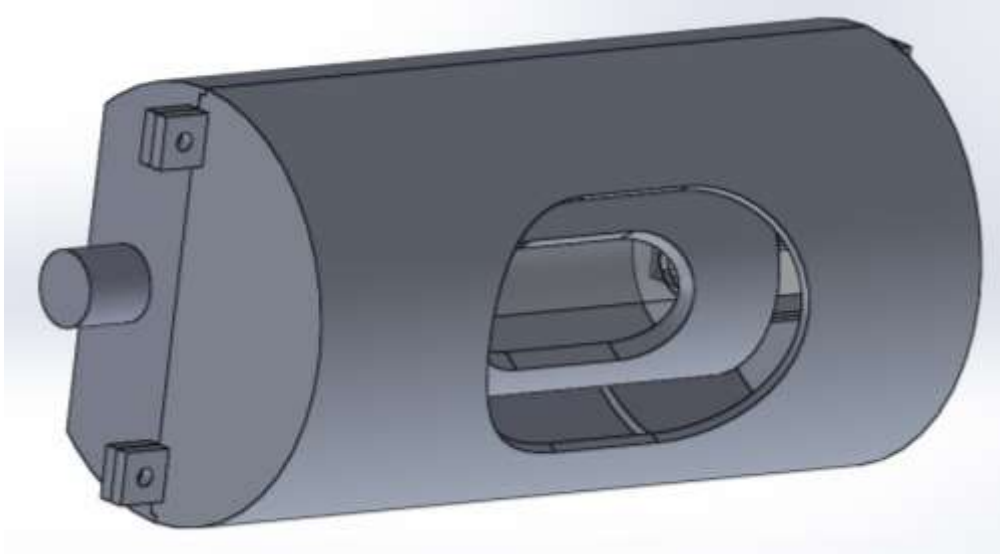


Figura 23 Prototipo final para la lámpara IR

7 RESULTADOS

En esta sección se reportan los resultados obtenidos así como las pruebas realizadas con el circuito, la lámpara IR efectuando la activación térmica de la fibra de carbono y el prototipo diseñado en SolidWorks.

7.1 Resultados del Dimmer Shield

Se logra obtener la regulación de la intensidad luminosa de la lámpara IR con ayuda del Dimmer Shield, el diseño en la plataforma de Altium Designer se generan los archivos Gerber que son utilizados para la manufactura de las tarjetas o PCB. *Ver figura 22.*

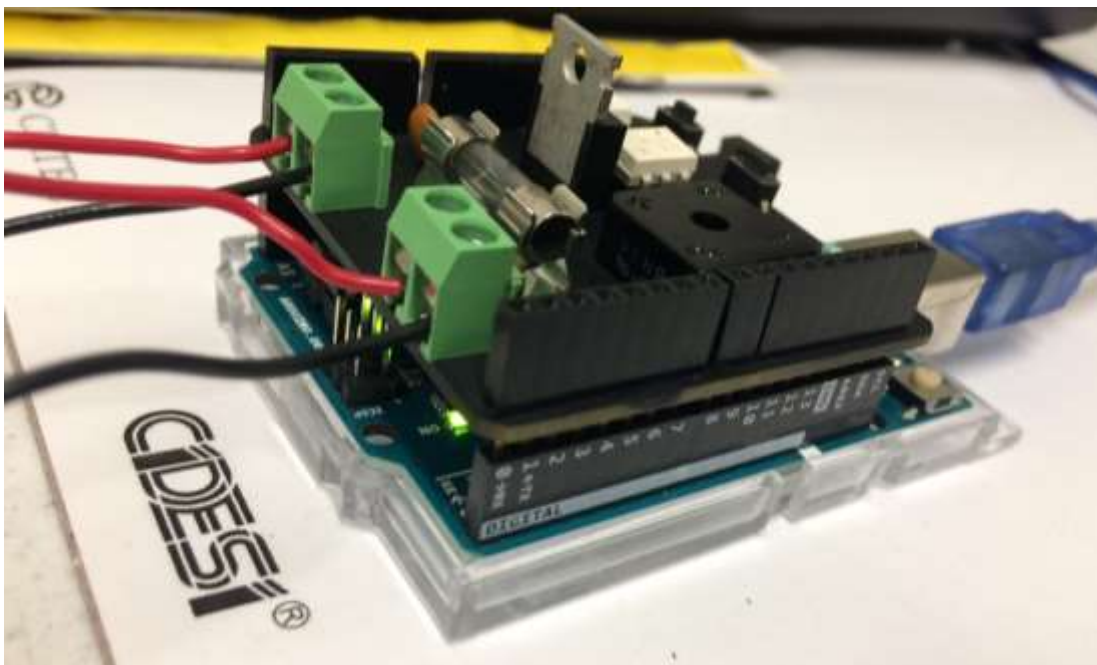


Figura 24 Dimmer Shield

Para comprobar el funcionamiento del dimmer, se logran realizar las siguientes pruebas, donde iremos variando de 10% de intensidad luminosa de la lámpara.



Figura 25 Lámpara IR expuesta a la Fibra de Carbono

Para realizar dichas pruebas estamos considerando como base o molde a calentar una placa de Aluminio de dimensiones 31cmx15cmx0.5cm

Prueba 1:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 10% |
| Temperatura del molde | 32.8°C |
| Distancia | 2.5cm |

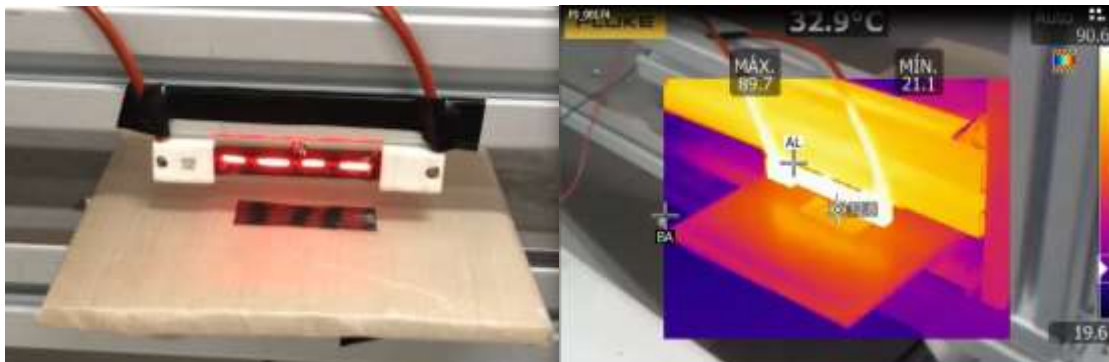


Figura 26 Prueba 1, 10%

Prueba 2:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 20% |
| Temperatura del molde | 37.1°C |
| Distancia | 2.5cm |

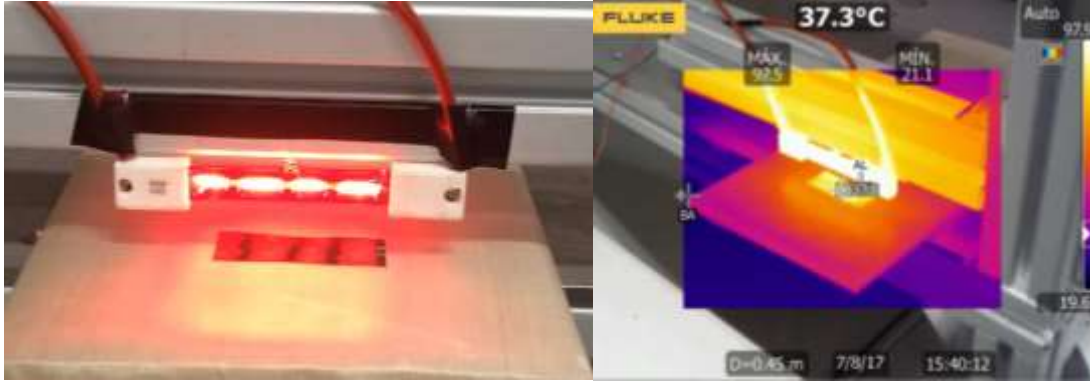


Figura 27 Prueba 2, 20%

Prueba 3:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 30% |
| Temperatura del molde | 44.6°C |
| Distancia | 2.5cm |

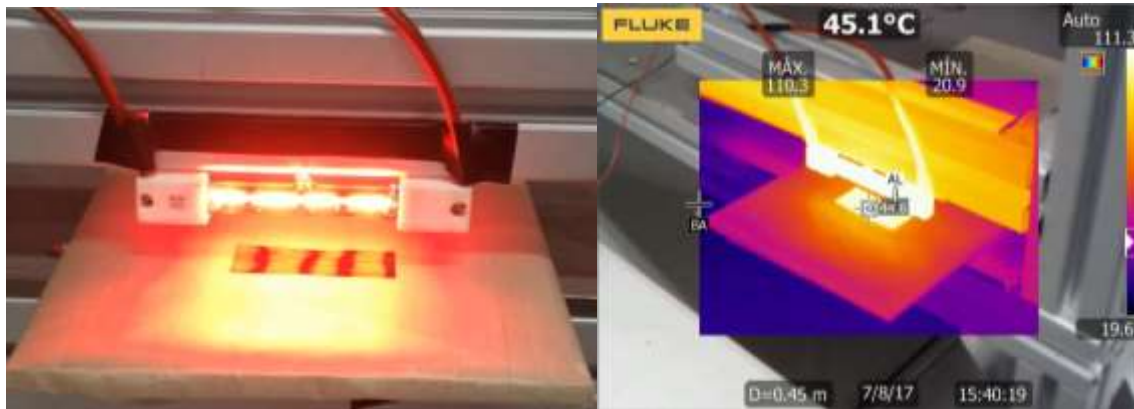


Figura 28 Prueba 3, 30%

Prueba 4:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 40% |
| Temperatura del molde | 52.3°C |
| Distancia | 2.5cm |

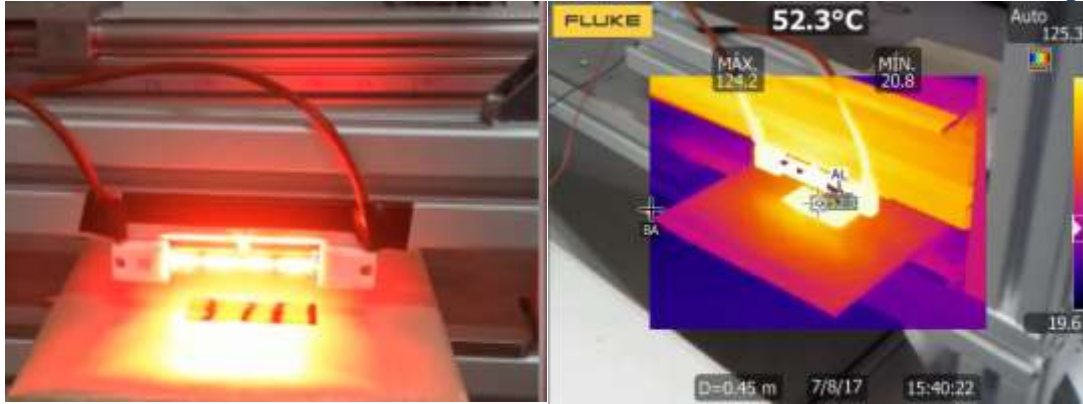


Figura 29 Prueba 4, 40%

Prueba 5:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 50% |
| Temperatura del molde | 64.6°C |
| Distancia | 2.5cm |

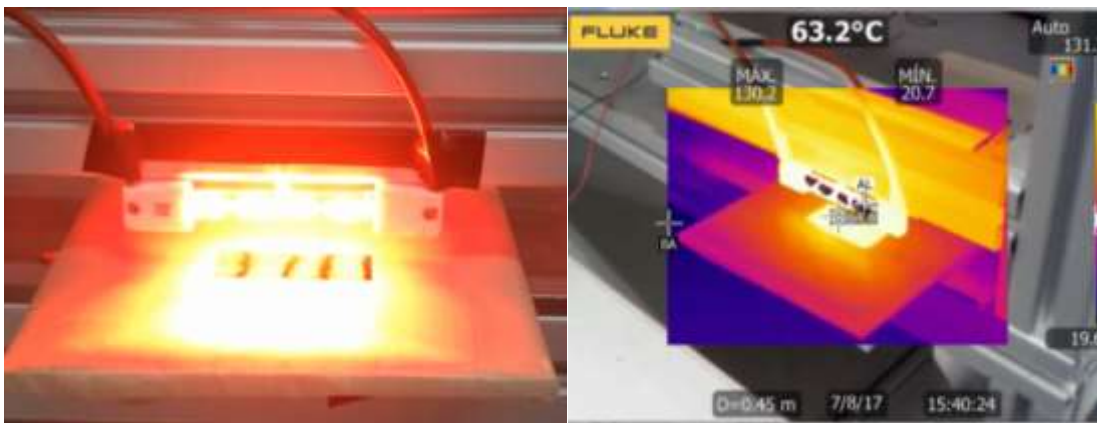


Figura 30 Prueba 5, 50%

Prueba 6:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 60% |
| Temperatura del molde | 67.8°C |
| Distancia | 2.5cm |

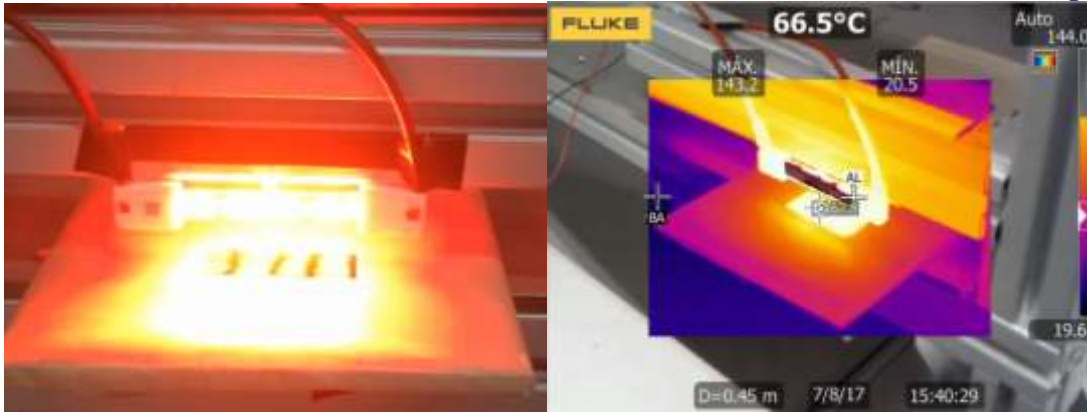


Figura 31 Prueba 6, 60%

Prueba 7:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 50% |
| Temperatura del molde | 71.3°C |
| Distancia | 2.5cm |

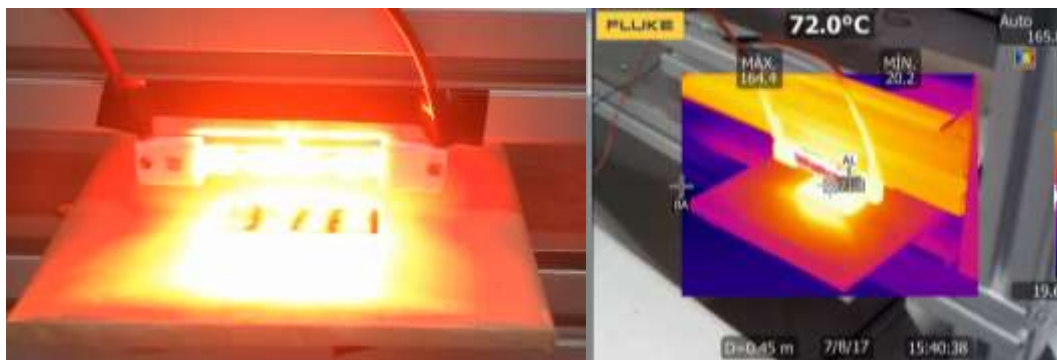


Figura 32 Prueba 7, 70%

Prueba 8:

| | |
|--------------------------|--------|
| Intensidad en porcentaje | 50% |
| Temperatura del molde | 84.7°C |
| Distancia | 2.5cm |



Figura 33 Prueba 8, 80%

Prueba 9:

| | |
|--------------------------|---------|
| Intensidad en porcentaje | 50% |
| Temperatura del molde | 101.1°C |
| Distancia | 2.5cm |

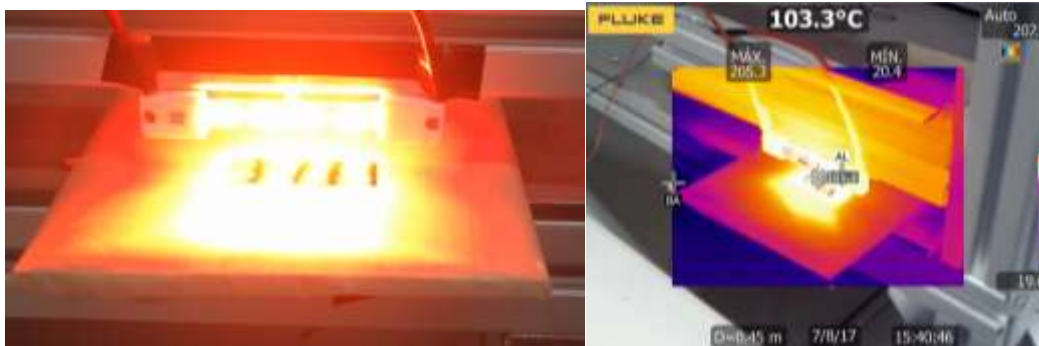


Figura 34 Prueba 9, 90%

Prueba 10:

| | |
|--------------------------|---------|
| Intensidad en porcentaje | 50% |
| Temperatura del molde | 125.3°C |
| Distancia | 2.5cm |

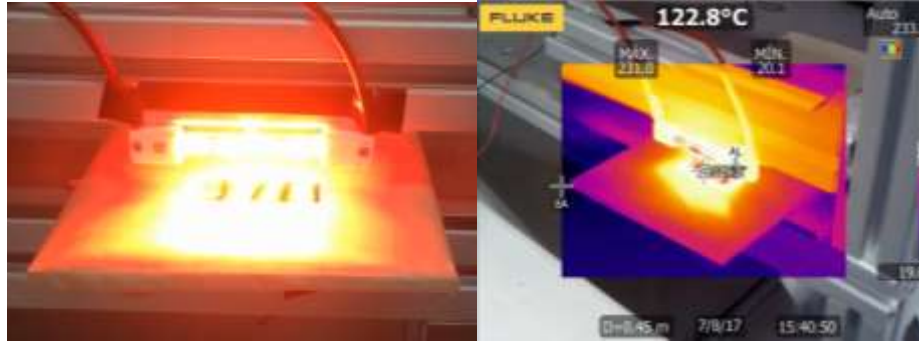


Figura 35 Prueba 10, 100%

Prueba 11:

| | |
|--------------------------|---------|
| Intensidad en porcentaje | 100% |
| Temperatura del molde | 282.3°C |
| Distancia | 2.5cm |
| Tiempo de exposición | 3min |

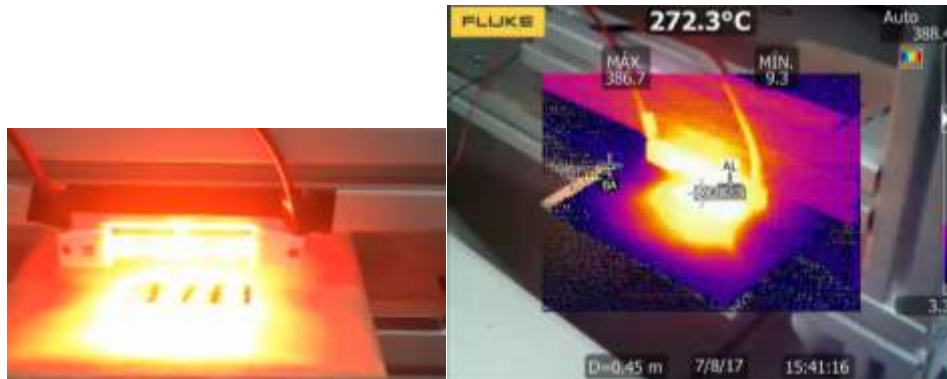


Figura 36 Prueba 11, 100%

7.2 Prototipo de lámpara IR

Para el prototipo de la lámpara, se obtiene manufacturar en impresora 3D Cube, para añadirlo al cabezal propuesto. Las dimensiones y planos se encuentran en anexos.

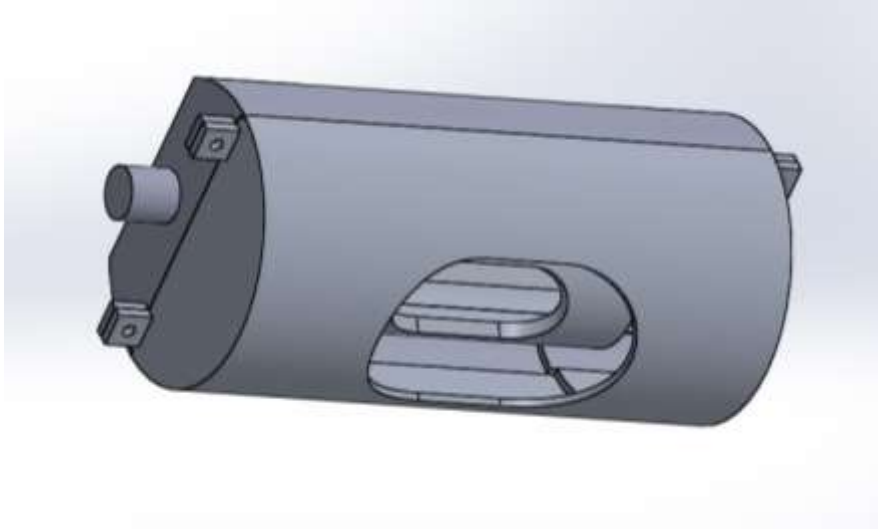


Figura 37 Prototipo a manufacturar en impresora 3D CUBE

Se logra manufacturar las piezas para después ensamblar con la lámpara IR. *Ver figura 36.*

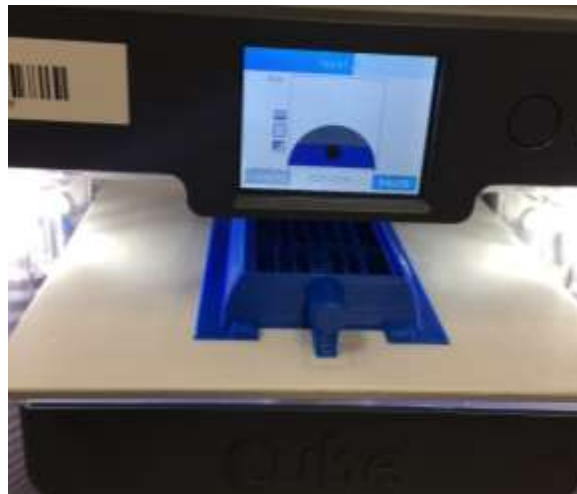


Figura 38 Impresora 3D Cube

Teniendo las piezas impresas se logra ensamblar junto con la lámpara IR. *Ver figura 38.*



Figura 39 Prototipo impreso y ensamblado con lámpara IR

Se obtiene el prototipo final, queda de la siguiente manera, debemos tener en cuenta que el diseño se realizó como propuestas y la manufactura de este variará dependiendo el acondicionamiento y dimensiones del cabezal a implementar. *Ver figura 39.*



Figura 40 Prototipo final de la lámpara IR

El material que utiliza la impresora es un polímero llamado PLA es totalmente reciclable, necesita de una cama caliente para poder moldear la pieza a manufacturar, por lo que es sensible al calor, por esta razón no se logra encender la lámpara ya que puede derretir el polímero. [14]

8 RESULTADOS

Se logran obtener resultados esperados, donde se realiza un análisis para su interpretación. La siguiente tabla resume 7 muestras de las pruebas realizadas. *Ver tabla 8.*

Tabla 8 Resultados obtenidos

| | Tiempo de exposición | Fuerza de Presión | Adherencia |
|----------|----------------------|-------------------|------------|
| A | 10 s | 0 N | Malo |
| B | 20 s | 0 N | Malo |
| C | 30 s | 0 N | Aceptable |
| D | 10 s | 10 N | Bueno |
| E | 20 s | 10 N | Excelente |
| F | 30 s | 10 N | Bueno |
| G | 10 s | 20 N | Malo |

La imagen siguiente se logra visualizar el tipo de adherencia de las 7 muestras obtenidas dentro de las pruebas. *Ver figura 41.*

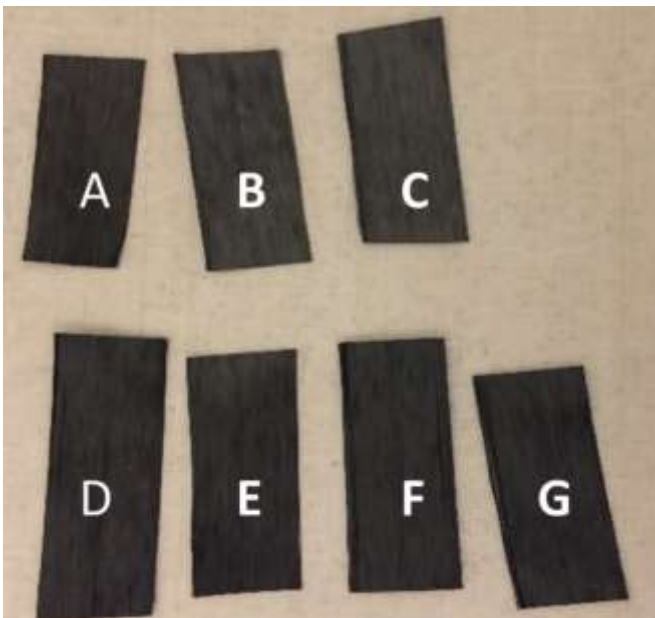


Figura 41 Muestras obtenidas



9 CONCLUSIONES

Dentro de los resultados obtenidos e ilustrados, se demuestra que el sistema IR que propusimos funciona correctamente y se logran obtener las temperaturas deseadas, también existen diferentes variables que necesitan ser considerados para una mejor adherencia, estas pueden ser; el tiempo de exposición, la potencia de radiación y la fuerza de presión que ejerce el cabezal al molde para optimizar la unión de capas de fibra de carbono.

Con este proyecto abrirá campo para realizar diversas pruebas como; complementar los modelos dinámicos de las turbinas eólicas, también estudiar el comportamiento de los álabes en términos de sus propiedades mecánicas para lograr optimizar el rendimiento de las aspas mediante su fabricación.

10 RECOMENDACIONES

- Se pretende optar por la manufactura de un sistema térmico de dimensiones reducidas, que permitan llevar a cabo la caracterización del proceso de curado de las fibras de carbono por medio del control de temperatura y tiempo de exposición de las lámparas infrarrojas.
- Por otro lado, se busca optimizar el código implementado en el sistema de control, así mismo el uso de una pantalla con el propósito de visualizar la potencia suministrada a las lámparas y el tiempo de exposición de estas.
- Con la Shield finalizada conteniendo puertos de entradas analógicas y digitales, realizar una selección y análisis de instrumentación para pruebas de monitoreo de temperatura aplicadas al proceso de curado de las fibras de carbono.
- Realizar las modificaciones correspondientes tanto al diseño del control como a los algoritmos de programación con base en los resultados de las pruebas realizadas y la selección de la instrumentación final.
- Miniaturización del dimmer digitalizado final para su implementación dentro del cabezal.
- Teniendo un sistema de monitoreo de la temperatura, en su caso el sistema pirométrico se puede realizar un control con el software LABVIEW.

11 BIBLIOGRAFÍA

[1] Mattia Di Francesco, Laura Veldenz, Giuseppe Dell'Anno, Kevin Potter, Heater power control for multi-material, variable speed Automated Fibre Placement, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 101, 2017, Pages 408-421

[2] R. Lichtinger, P. Hörmann, D. Stelzl, R. Hinterhölzl, The effects of heat input on adjacent paths during Automated Fibre Placement, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 68, 2015, Pages 387-397

[3] Long Yan, Zezhong Chevy Chen, Yaoyao Shi, Rong Mo, An accurate approach to roller path generation for robotic fibre placement of free-form surface composites, Robotics and Computer-Integrated Manufacturing, Volume 30, Issue 3, 2014, Pages 277-286

[4] Richard Cadena, Chapter 11 - Dimming Systems, In Electricity for the Entertainment Electrician & Technician, Focal Press, Boston, 2009, Pages 147-164

[5] Roots, W. K. (1969). *Fundamentals of temperature control*. Academic Press.

[6] Wall, R. (2003). *Simple Methods for Detecting Zero Crossing*. Moscow: IEEE.

[7] F.F. Mazda, Chapter 9 - Phase-controlled rectification and inversion, In Power Electronics Handbook, Butterworth-Heinemann, 1990, Pages 163-205

[8] Rashid, M. H. (2004). *Electrónica de Potencia*. México: Pearson.

[9] Owen Bishop, Topic 16 - Thyristors and Triacs, In Electronics - Circuits and Systems (Fourth Edition), Newnes, Oxford, 2011, Pages 131-140

[10] R.M. Marston, 6 - Optocoupler devices, In Optoelectronics Circuits Manual, Newnes, 1988, Pages 109-125,

[11] Keith Brindley, Diacs and triacs, In Newnes Electronics Assembly Pocket Book, Newnes, Oxford, 1991, Pages 75-76

[12] Arduino. (7 de julio de 2016). AttachInterrupt. Recuperado el 12 de agosto de 2017, de Arduino: <https://www.arduino.cc/en/Reference/AttachInterrupt>

[13] Jack R. Smith, Chapter 10 - Interrupts and Timers in MBasic, In Embedded Technology, Newnes, Burlington, 2005, Pages 187-210, Programming the PIC Microcontroller with MBASIC, ISBN

[14] Freekiland3d. (s.f.). *Freekiland3d Materials*. Recuperado el 12 de Agosto de 2017, de <http://www.freekiland3d.com/materiales/>

[15] Rodríguez E., Limones L., Caballero C., Viveros J., Domínguez J., Guillen J., Sistema de activación térmica para el mecanismo de unión de las fibras de carbono en los procesos de manufactura de alabes de turbogeneradores eólicos, Technical Report, Aug. 2017.

12 ANEXOS

11.1 Código implementado en Arduino UNO

```

/*
 * "Sistema IR para la activación térmica de fibra de carbono
 preimpregnada"
 * CENTRO DE INGENIERÍA Y DESARROLLO INDUSTRIAL
 * Código para Dimmer Shield en Arduino UNO
 * Carolina Caballero Aguilar
 */

int AC_LOAD = 3; // Pulso al Triac Ptriac (pin 3)
int rango = 125; // Variación de intensidad (0-128) 0 = ON, 128 = OFF
unsigned long time; //Tiempo
unsigned long timeout; //Tiempo
int intensidad[3]; //Recebe los valores de Monitor Serial
int i=0; //Caracteres recibidos por el Monitor Serial
int flag=0; //Bandera indicadora de datos recibidos de Monitor Serial
char temp; //Almacena datos del Monitor Serial
int x,y,y1; //Variables auxiliares
int value=0; //Estado de variables aux
int valuel=0; //Estado de variables aux

void setup()
{
  Serial.begin(9600); //Comunicación de Monitor serial
  pinMode(AC_LOAD, OUTPUT); // PTric de modo Salida
  attachInterrupt(0, zero_crosss_int, RISING); // Interrupción detector
  cruce por cero CR0 (pin2)
  pinMode(12, INPUT); // Botones auxiliares
  pinMode(13, INPUT); // Botones auxiliares
  digitalWrite(AC_LOAD, LOW); //Estado inicial del Pin 3 al triac bajo
  Serial.println("Dimmer de Lámpara IR con detector de cruce por cero ");
  Serial.println(" ");
}

void zero_crosss_int() //Función de detección de cruce por cero
{
  // Cálculos de ángulo de disparo :: 60Hz-> 8.33ms (1/2 Ciclos)
  // (8333us - 8.33us) / 128 = 65 (Aprox)
  int dimtime = (65*rango); // 65 equivalente a 1 de 128
  delayMicroseconds(dimtime); // Ciclo inactivo
  digitalWrite(AC_LOAD, HIGH); // Disparo activo de al Triac
  delayMicroseconds(8.33); // Tiempo de disparo
  digitalWrite(AC_LOAD, LOW); // Finaliza el disparo al Triac
}

void loop()
{
  //Ajuste de tiempo
  time = millis()%2; //Divide por 2
  if(time==1||time==0) //Comparación de tiempo

```

```

{
  timeout++; // Cronómetro
  if (timeout>500) // Compara en dado caso se sobrepasa del tiempo
    estimado
    {
      i=0; // Cantidades recibidas del monitor serial
      flag=0; // Bandera de activación de monitor serial
    }
}

//Aumentar la intensidad de la lámpara IR
value = digitalRead(4); //Pines auxiliares para aumentar intensidad
cada 5%
value1= digitalRead(5); //Pines auxiliares para disminuir la intensidad
cada -5%

if(value==1 && rango >10) // Compara si se mantiene presionado el botón
por más de 10seg
{
  rango= rango -5; // Aumenta intensidad casa 5%
  y=rango/1.25; //Datos convertidos a porcentaje de intensidad
  y=(y-100)*(-1); //conversión para poder leer el porcentaje

  Serial.print(y); // Imprime el valor detectado cada 5%
  Serial.println("%");
  Serial.println(rango);
  delay(100);
}
//Disminuir intensidad de la lámpara
if(value1==1&& rango<125)
{
  rango= rango +5;
  y=rango/1.25;
  y=(y-100)*(-1);
  Serial.print(y);
  Serial.println("%");
  Serial.println(rango);
  delay(100);
}

if (Serial.available()>0)
{
  flag=1; //Bandera activa para recibir datos del Monitor Serial
  timeout=0; // Tiempo de Reset
  temp = Serial.read(); // Información recibida del porcentaje de
intensidad
  intensidad[i]=temp-48; // Convertidor
  i++; //Contabiliza los datos que enviamos
}

if (timeout>200&&flag==1) // Compara el tiempo y si se 49stán recibiendo
datos
{
  flag=0; // Bandera de recepción de datos
  // Verifica y acondiciona las unidades recibidas de datos
  switch(i)
  {

```

```
case 1:
x=intensidad[0]; //Unidades
break;

case 2:
x=intensidad[0]*10 + intensidad[1]; //Decenas + unidades
break;

case 3:
x=intensidad[0]*100 + intensidad[1]*10 + intensidad[2]; //Centena +
Decenas + Unidades
break;
}
Serial.print("Porcentaje de intensidad luminosa de Lámpara IR: ");
Serial.print(x);
Serial.println("%");
delay(30);

if(x>100||x<0) // Compara si el valor recibido es mayor que 100% o
menor que 0%
{
  Serial.println("Ingresar un valor de 100% - 0%"); // Se avisa al
operario que es un valor incorrecto
}
else
{
  x=100-x; // Inversamente proporcional a %
  rango=x*1.25; // Resolución
  if(rango<8)
  {
    rango=8; // tiempo de respuesta
  }
}
}
}
```

11.2 Datasheet Triac BT136

Fabricante / Dispositivo

PHILLIPS

TRIAC BT136

Philips Semiconductors

Product specification

Triacs

BT136 series

GENERAL DESCRIPTION

Glass passivated triacs in a plastic envelope, intended for use in applications requiring high bidirectional transient and blocking voltage capability and high thermal cycling performance. Typical applications include motor control, industrial and domestic lighting, heating and static switching.

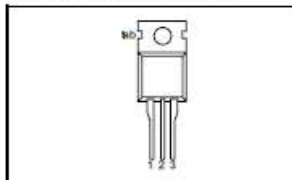
QUICK REFERENCE DATA

| SYMBOL | PARAMETER | MAX. | MAX. | MAX. | UNIT |
|--------------|--------------------------------------|------------------|------------|------------|------|
| V_{DRM} | Repetitive peak off-state voltages | BT136-500 500 | 600 600 | 800 800 | V |
| $I_{T(RMS)}$ | RMS on-state current | 4 | 4 | 4 | A |
| I_{TSM} | Non-repetitive peak on-state current | 25 | 25 | 25 | A |

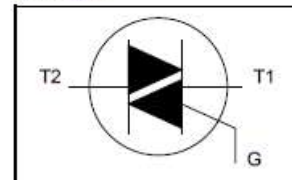
PINNING - TO220AB

| PIN | DESCRIPTION |
|-----|-----------------|
| 1 | main terminal 1 |
| 2 | main terminal 2 |
| 3 | gate |
| tab | main terminal 2 |

PIN CONFIGURATION



SYMBOL



LIMITING VALUES

Limiting values in accordance with the Absolute Maximum System (IEC 134).

| SYMBOL | PARAMETER | CONDITIONS | MIN. | MAX. | | | UNIT |
|--------------|--|--|------|--------------------------|--------------------------|-------------|------------------|
| | | | | -500 500 ¹ | -600 600 ¹ | -800 800 | |
| V_{DRM} | Repetitive peak off-state voltages | | - | | | | V |
| $I_{T(RMS)}$ | RMS on-state current | full sine wave; $T_{mp} \leq 107^\circ\text{C}$ | - | 4 | | | A |
| I_{TSM} | Non-repetitive peak on-state current | full sine wave; $T_j = 25^\circ\text{C}$ prior to surge $t = 20\text{ ms}$ | - | 25 | | | A |
| | | $t = 16.7\text{ ms}$ | - | 27 | | | A |
| f_t | f_t for fusing | $t = 10\text{ ms}$ | - | 3.1 | | | A ² s |
| di_T/dt | Repetitive rate of rise of on-state current after triggering | $I_{TM} = 6\text{ A}$; $I_G = 0.2\text{ A}$; $di_G/dt = 0.2\text{ A}/\mu\text{s}$ | - | | | | A/ μs |
| | | T2+ G+ | - | 50 | | | A/ μs |
| | | T2+ G- | - | 50 | | | A/ μs |
| | | T2- G- | - | 50 | | | A/ μs |
| | | T2- G+ | - | 10 | | | A/ μs |
| I_{GM} | Peak gate current | | - | 2 | | | A |
| V_{GM} | Peak gate voltage | | - | 5 | | | V |
| P_{GM} | Peak gate power | | - | 5 | | | W |
| $P_{G(AV)}$ | Average gate power | over any 20 ms period | - | 0.5 | | | W |
| T_{stg} | Storage temperature | | -40 | 150 | | | $^\circ\text{C}$ |
| T_j | Operating junction temperature | | - | 125 | | | $^\circ\text{C}$ |

¹ Although not recommended, off-state voltages up to 800V may be applied without damage, but the triac may switch to the on-state. The rate of rise of current should not exceed 3 A/ μs .

11.3 Datasheet OPTO-ACOPLADOR 4N35

Fabricante / Dispositivo

VISHAY

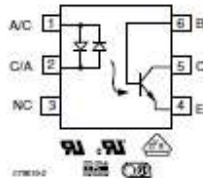
OPTO-ACOPLADOR 4N35



H11AA1

Vishay Semiconductors

Optocoupler, Phototransistor Output, AC Input, with Base Connection



FEATURES

- AC or polarity insensitive input
- Built-in reverse polarity input protection
- I/O compatible with integrated circuits
- Industry standard DIP package
- Isolation test voltage: 5300 V_{RMS}
- Compliant to RoHS Directive 2002/95/EC and in accordance to WEEE 2002/96/EC



RoHS COMPLIANT

APPLICATIONS

- Telephone line detection
- AC line motor
- PLC
- Instrumentation

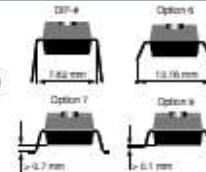
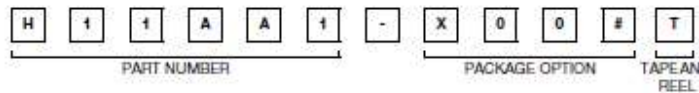
AGENCY APPROVALS

- UL1577, file no. E52744 system code H, double protection
- CSA 93751
- BSI IEC 60950; IEC 60065
- DIN EN 60747-5-2 (VDE0884)/DIN EN 60747-5-6 (pending), available with option 1
- FIMKO

DESCRIPTION

The H11AA1 is a bi-directional input optically coupled isolator consisting of two inverse parallel gallium arsenide infrared LEDs coupled to a silicon NPN phototransistor in a 6 pin DIP package. The H11AA1 has a minimum CTR of 20 %, a CTR symmetry of 1:3 and is designed for applications requiring detection or monitoring of AC signals.

ORDERING INFORMATION



| AGENCY CERTIFIED/PACKAGE | CTR (%) |
|--------------------------|------------------|
| UL, cUL, BSI, FIMKO | ≥ 20 |
| DIP-6 | H11AA1 |
| DIP-6, 400 mil, option 6 | H11AA1-X006 |
| SMD-6, option 7 | H11AA1-X007T (*) |
| SMD-6, option 8 | H11AA1-X008T (*) |
| VDE, UL, cUL, BSI, FIMKO | ≥ 20 |
| DIP-6 | H11AA1-X001 |

Note

- Additional options may be possible, please contact sales office.
- (*) Also available in tubes; do not add T to end.

11.4 Datasheet MOC3020 TRIAC

Fabricante / Dispositivo

Texas Instruments

MOC 3020 SALIDA TRIAC

- 400 V Phototriac Driver Output
- Gallium-Arsenide-Diode Infrared Source and Optically-Coupled Silicon Triac Driver (Bilateral Switch)
- UL Recognized . . . File Number E65085
- High Isolation . . . 7500 V Peak
- Output Driver Designed for 220 Vac
- Standard 6-Terminal Plastic DIP
- Directly Interchangeable with Motorola MOC3020, MOC3021, MOC3022, and MOC3023

typical 115/240 Vac(ms) applications

- Solenoid/Valve Controls
- Lamp Ballasts
- Interfacing Microprocessors to 115/240 Vac Peripherals
- Motor Controls
- Incandescent Lamp Dimmers

absolute maximum ratings at 25°C free-air temperature (unless otherwise noted)†

| | |
|--|----------------|
| Input-to-output peak voltage, 5 s maximum duration, 60 Hz (see Note 1) | 7.5 kV |
| Input diode reverse voltage | 3 V |
| Input diode forward current, continuous | 50 mA |
| Output repetitive peak off-state voltage | 400 V |
| Output on-state current, total rms value (50-60 Hz, full sine wave): $T_A = 25^\circ\text{C}$ | 100 mA |
| $T_A = 70^\circ\text{C}$ | 50 mA |
| Output driver nonrepetitive peak on-state current ($t_W = 10$ ms, duty cycle = 10%, see Figure 7) | 1.2 A |
| Continuous power dissipation at (or below) 25°C free-air temperature: | |
| Infrared-emitting diode (see Note 2) | 100 mW |
| Phototriac (see Note 3) | 300 mW |
| Total device (see Note 4) | 330 mW |
| Operating junction temperature range, T_J | -40°C to 100°C |
| Storage temperature range, T_{stg} | -40°C to 150°C |
| Lead temperature 1,6 (1/16 inch) from case for 10 seconds | 280°C |

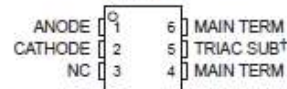
† Stresses beyond those listed under "absolute maximum ratings" may cause permanent damage to the device. These are stress ratings only, and functional operation of the device at these or any other conditions beyond those indicated under "recommended operating conditions" is not implied. Exposure to absolute-maximum-rated conditions for extended periods may affect device reliability.

- NOTES:
1. Input-to-output peak voltage is the internal device dielectric breakdown rating.
 2. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 1.33 mW/°C.
 3. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4 mW/°C.
 4. Derate linearly to 100°C free-air temperature at the rate of 4.4 mW/°C.

MOC3020 THRU MOC3023 OPTOCOUPLED/OPTOISOLATORS

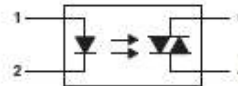
SOES025A - OCTOBER 1986 - REVISED APRIL 1998

MOC3020 - MOC3023 . . . PACKAGE
(TOP VIEW)



† Do not connect this terminal
NC - No internal connection

logic diagram



11.5 Datasheet Puente de Diodos BR34

Fabricante / Dispositivo

America
Semiconductor

PUENTE DE DIODOS BR34



BR305 thru
BR34

$V_{RRM} = 50\text{ V} - 1000\text{ V}$
 $I_F = 3\text{ A}$

Features

- Types up to 1000 V V_{RRM}
- Ideal for printed circuit board
- Low forward voltage drop
- High temperature soldering guaranteed: 250°C/ 10 seconds, 0.375" lead length
- Low leakage current

Mechanical Data

Case: Molded plastic body
Polarity: Marked on body
Mounting position: Any
Mounting: Hole for number 6 screw

BR-3 Package



Maximum ratings, at $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

| Parameter | Symbol | Conditions | BR305 | BR31 | BR32 | BR34 | Unit |
|--|-----------|--|------------|------------|------------|------------|------------------|
| Repetitive peak reverse voltage | V_{RRM} | | 50 | 100 | 200 | 400 | V |
| RMS reverse voltage | V_{RRM} | | 35 | 70 | 140 | 280 | V |
| DC blocking voltage | V_{OC} | | 50 | 100 | 200 | 400 | V |
| Continuous forward current | I_F | $T_C \leq 50\text{ }^\circ\text{C}$ | 3 | 3 | 3 | 3 | A |
| Surge non-repetitive forward current, Half Sine Wave | I_{FSM} | $T_C = 25\text{ }^\circ\text{C}$, $t_b = 8.3\text{ ms}$ | 50 | 50 | 50 | 50 | A |
| Operating temperature | T_J | | -65 to 125 | -65 to 125 | -65 to 125 | -65 to 125 | $^\circ\text{C}$ |
| Storage temperature | T_{stg} | | -65 to 150 | -65 to 150 | -65 to 150 | -65 to 150 | $^\circ\text{C}$ |

Electrical characteristics, at $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$, unless otherwise specified

| Parameter | Symbol | Conditions | BR305 | BR31 | BR32 | BR34 | Unit |
|-----------------------|--------|---|-------|------|------|------|---------------|
| Diode forward voltage | V_F | $I_F = 1.5\text{ A}$, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 1 | 1 | 1 | 1 | V |
| Reverse current | I_R | $V_R = 50\text{ V}$, $T_J = 25\text{ }^\circ\text{C}$ | 10 | 10 | 10 | 10 | μA |
| | | $V_R = 50\text{ V}$, $T_J = 100\text{ }^\circ\text{C}$ | 100 | 100 | 100 | 100 | μA |

11.6 Datasheet Fibra de Carbono TPUD PEEK-HTS45

Fabricante / Dispositivo

TOHO TENAX

FIBRA DE CARBONO
TPUD PEEK-HTS45




Product Data Sheet
Tenax®-E TPUD PEEK-HTS45

| | |
|----------------------------|--|
| Brand name | Tenax® |
| Production site | E (Europe) |
| Product name | TPUD PEEK-HTS45 |
| Product designation | Tenax®-E TPUD PEEK-2-34-HTS45 P12 12K-UD-145 |
| Fibre | Tenax®-E HTS45 12K |
| Density | 1.77 g/cm ³ |
| Matrix | PEEK (Polyetheretherketon) |
| Density | 1.30 g/cm ³ |

Product description

| | |
|------------------------|------------------------------------|
| • Prepreg areal weight | 220 g/m ² |
| • Fibre areal weight | 145 g/m ² |
| • Matrix content | 34 wt% |
| • Nominal thickness | 0.14 mm 5.512 mil |
| • Width | 6.35 mm to 304.8 mm 1/4" to 12" |

Manufacturing recommendations

| | |
|--------------------------|----------------------------|
| • Consolidation temp. | 390 ±10 °C 734 ±50 °F |
| • Consolidation pressure | 20 ±10 bar 290 ±145 psi |
| • Consolidation time | 20 ±10 min |

| Mechanical Properties (test direction) | | Conditioning / Test temperature | Typical value | |
|--|----------|--------------------------------------|---------------|-----------|
| Glass transition temperature | onset | 23 °C, 50 % r.h./ 23 °C, 50 % r.h | 143 °C | 289 °F |
| Tensile (0°) DIN EN 2561 Type A | modulus | 23 °C, 50 % r.h./ 23 °C, 50 % r.h | 142 GPa | 20.8 Msi |
| | strength | | 2450 MPa | 355.3 ksi |
| Tensile (90°) DIN EN 2567 Type B | strength | 23 °C, 50 % r.h./ 23 °C, 50 % r.h | 88 MPa | 12.8 ksi |
| Flexure (0°) DIN 2562 Type A | modulus | 23 °C, 50 % r.h./ 23 °C, 50 % r.h | 130 GPa | 18.9 Msi |
| | strength | | 1780 MPa | 255.3 ksi |
| Compression (0°) EN 2850 Type A3 | modulus | 23 °C, 50 % r.h./ 23 °C, 50 % r.h | 130 GPa | 18.9 Msi |
| | strength | | 1545 MPa | 224.1 ksi |

All data given are typical values representative of the material. Properties may vary depending on samples preparation and test methods. Hence, Toho Tenax cannot guarantee these properties.