



**ESPE**  
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS  
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**EXTENSIÓN – LATACUNGA**

**DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA ENERGÍA Y  
MECÁNICA**

**“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR INFRARROJO  
DE PINTURA AUTOMOTRIZ COMANDADO  
ELECTRÓNICAMENTE”.**

**ÁNGEL HERIBERTO LLUMIQUINGA CHINGAY**

**Tesis presentada como requisito previo a la obtención del grado de:**

**INGENIERO AUTOMOTRIZ**

**Año 2013**

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ  
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD**

**Yo,** Ángel Heriberto Llumiquinga Chingay

**DECLARO QUE:**

El proyecto de grado denominado: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR INFRARROJO DE PINTURA AUTOMOTRIZ COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE”** ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de mi autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, julio del 2013.

---

Ángel Heriberto Llumiquinga Chingay

CI. 171628769-1

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE**

**EXTENSIÓN LATACUNGA**

**CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**CERTIFICADO**

ING. GUIDO TORRES (DIRECTOR)

ING. STALIN MENA (CODIRECTOR)

**CERTIFICAN:**

Que el trabajo titulado **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR INFRARROJO DE PINTURA AUTOMOTRIZ COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE”** realizado por el señor Ángel Heriberto Llumiquinga Chingay ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo de excelente contenido científico que coadyuvará a la aplicación de conocimientos y al desarrollo profesional, **SI** recomiendan su publicación.

El mencionado trabajo consta de UN empastado y UN disco compacto el cual contiene los archivos en formato portátil de Acrobat. Autoriza, al señor: ANGEL HERIBERTO LLUMIQUINGA CHINGAY que lo entregue al Ing. Juan Castro, en su calidad de Director de Carrera de Ingeniería Automotriz.

Latacunga, julio del 2013.

---

Ing. Guido Torres  
DIRECTOR

---

Ing. Stalin Mena  
CODIRECTOR

**UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE  
EXTENSIÓN - LATACUNGA  
CARRERA DE INGENIERÍA AUTOMOTRIZ**

**AUTORIZACIÓN**

**Yo,** Ángel Heriberto Llumiyinga Chingay

Autorizo a la UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS - ESPE, la publicación en la biblioteca virtual de la Institución, del trabajo: **“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR INFRARROJO DE PINTURA AUTOMOTRIZ COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, julio del 2013.

---

Ángel Llumiyinga Chingay

CI. 1716287691

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo está dedicado a mis Padres, Rolando y Marina quienes han sido ser la guía fundamental de mi vida y me han permitido culminar este trabajo que forma parte de mi formación, por esas palabras de aliento que han sido indispensables para no desmayar este trabajo es para ustedes y sobre todo por compartir con mi padre mi pasión, que es la mecánica automotriz, que hoy y siempre conducirá mi vida...

Ángel Llumiyinga Chingay

## **AGRADECIMIENTO**

Terminar el presente trabajo que marca un objetivo importante en mi vida, no lo hubiese logrado sin la guía de Dios, de mis Padres, de mis hermanos quienes han formado en mí un espíritu de perseverancia, también fue gracias a mis profesores quienes han compartido sus conocimientos a lo largo de toda carrera, en especial a los ingenieros que compartieron conmigo el reto de finalizar mi trabajo de grado mi Director Ing. Guido Torres y a mi Codirector Ing. Stalin Mena.

A mis familiares y amigos, por compartir este proyecto en forma directa o indirectamente la culminación de mi formación académica.

Ángel Llumiquinga Chingay

## ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD.....	ii
CERTIFICADO .....	iii
AUTORIZACIÓN.....	iv
DEDICATORIA .....	v
AGRADECIMIENTO .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xv
ÍNDICE DE TABLAS.....	xx
ÍNDICE DE FÓRMULAS .....	xxi
RESUMEN.....	xxii
SUMMARY.....	xxiv

## CAPÍTULO I

1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....	1
1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....	1
1.2.- OBJETIVOS .....	2
1.2.1.- GENERAL.....	2
1.2.2.- ESPECÍFICOS .....	2
1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA.....	2

## CAPÍTULO II

2.- SECADO AUTOMOTRIZ.....	4
2.1.- MARCO TEÓRICO.....	4
2.1.1.- DÓNDE QUEDA LA PINTURA CONSUMIDA .....	5
2.2.- RADIACIÓN INFRARROJA .....	5
2.2.1.- OBTENCIÓN DE LAS RADIACIONES INFRARROJAS .....	6
2.2.2.- EFECTOS DE LA RADIACIÓN INFRARROJA.....	7
2.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL CALENTAMIENTO POR (IR).....	8

2.2.4.- EMISORES ELÉCTRICOS DE RADIACIÓN INFRARROJA .....	9
a).- Emisores de infrarrojo de onda corta.....	9
b).- Emisores de infrarrojo de onda media.....	10
c).- Emisores de infrarrojo de onda larga.....	11
2.3.- EL SECADO DE PINTURA .....	12
2.4.- SECADO DE PINTURA POR INFRARROJO .....	12
2.5.- EQUIPOS INFRARROJOS PARA EL SECADO DE PINTURA EN TALLERES DE CARROCERÍA.....	14
2.5.1.- LOS EQUIPOS INFRARROJOS EN EL SECADO DE LAS PINTURAS.....	14
2.5.2.- CUANDO EMPLEAR EL SECADO CON INFRARROJOS .....	15
2.5.3.- INTENSIDAD DEL SECADO REALIZADO CON INFRARROJOS.....	16
2.5.4.- COMO EMPLEAR LOS INFRARROJOS .....	16
2.5.5.- TIEMPO DE SECADO Y DE EVAPORACIÓN.....	18
2.5.6.- INFRARROJOS MÁS APROPIADOS PARA EL SECADO DE PINTURAS.....	18
2.5.7.- REDUCCIÓN DE LA ESTANCIA DEL VEHICULO EN EL TALLER.....	18
2.5.8.- CALIDAD DE SECADO.....	19
2.6.- DIFERENCIAS ENTRE EL SECADO CONVENCIONAL EN CABINA Y CON EQUIPOS INFRARROJO .....	19
a) Curado homogéneo de la pintura. ....	20
b) Mejora la evaporación de disolventes y diluyentes.....	20
2.6.1.- RÁPIDO ENDURECIMIENTO DE LA PELÍCULA DE PINTURA.....	20
2.6.2.- MEJORES PROPIEDADES SUPERFICIALES DE LA PINTURA EN LAS PRIMERAS HORAS Y DÍAS POSTERIORES AL PINTADO .....	21
2.6.3.- EFECTO DEL APORTE DE CALOR EN EL SECADO DE LAS PINTURAS.....	21



## CAPÍTULO III

3.- DISEÑO MECÁNICO DEL SECADOR .....	24
3.1.- ETAPAS EN EL PROCESO DEL DISEÑO .....	24
a).- Etapa de estructuración.....	24
b).- Estimación de las soluciones o acciones .....	24
c).- Análisis estructural .....	25
d).- Dimensionamiento .....	25
3.1.1.- MÉTODOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL .....	25
a).- Diseño por medio de modelos .....	25
b).- Método de los esfuerzos de trabajo, de esfuerzos permisibles o teoría elástica .....	25
c).- Método de la resistencia, de factores de carga y de reducción de resistencia o teoría plástica .....	26
d).- Métodos basados en el análisis al límite .....	26
e).- Métodos probabilísticos.....	26
3.2.- PARÁMETROS DE DISEÑO.....	26
3.2.1.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO MECÁNICO .....	27
a).- Solidworks 2012.....	27
b).- MDSolids 3.5 .....	28
3.3.- SELECCIÓN DE LOS MATERIALES .....	28
3.4.- MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL SECADOR INFRARROJO .....	29
3.5.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA O COLUMNA.....	32
3.5.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA .....	32
3.5.2.- ESTUDIO DE CARGAS Y SUJECIONES.....	34
3.5.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE DISEÑO .....	40
a).- Pandeo de la columna.....	41
b).- Esfuerzo de Von Mises .....	42
c).- Desplazamientos Resultantes .....	43
d).- Factor de seguridad .....	44

3.6.- DISEÑO DEL BRAZO DEL SECADOR INFRARROJO .....	45
3.6.1.- DIMENSIONAMIENTO DEL BRAZO DEL SECADOR INFRARROJO.....	45
3.6.2.- ASIGNACIÓN DE CARGAS Y SUJECIONES .....	46
3.6.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE ESTUDIO DE DISEÑO.....	54
3.6.4.- RESULTADOS .....	54
a).- Esfuerzo de Von Mises.....	55
b).- Desplazamientos Resultantes .....	56
c).- Factor de Seguridad.....	57
3.7.- DISEÑO DE LA BASE DE LA LÁMPARA.....	57
3.7.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DE LA LÁMPARA .....	57
3.7.2.- ASIGNACIÓN DE CARGAS Y SUJECIONES .....	58
3.7.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE ESTUDIO DE DISEÑO.....	59
3.7.4.- RESULTADOS .....	59
a).- Esfuerzo de Von Mises.....	60
b).- Desplazamientos resultantes .....	61
c).- Factor de Seguridad.....	62

## **CAPÍTULO IV**

4.- DISEÑO Y ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS.....	63
4.1.- HIPÓTESIS.....	63
4.2.- METAS .....	63
4.3.- VARIABLE INDEPENDIENTE.....	63
4.3.- VARIABLE DEPENDIENTE .....	64
4.4.- PARÁMETROS DE DISEÑO.....	64
4.5.- DETERMINACIÓN DE LA LUMINOSIDAD DE LA LAMPARA INFRARROJA .....	64
4.5.1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA .....	65
a).- Lámpara infrarroja de onda corta. ....	66

b).- PLC LOGO 12/24RC .....	70
c) LOGO AM2 AQ.....	72
d).- LOGO! TEXT Display.....	73
e). - Mini Circuit Breaker.....	74
g).- Sensor Infrarrojo de Temperatura RAYCI3A.....	76
4.5.2.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO	
Y PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE LUMINOSIDAD.....	80
a).- LOGO! Soft Confort.....	80
b).- CADe_SIMU.....	81
4.5.3.- DISEÑO DEL CIRCUITO DE LA LUMINOSIDAD	
Y TEMPERATURA.....	81
a).- Conexión del LOGO 12/24 RC .....	82
b).- Conexión del LOGO! TD.....	85
c).- Conexión del Sensor de Temperatura RAYCI3A .....	86
4.5.4.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL LOGO	
QUE DETERMINA EL CONTROL	
DE LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA.....	88
4.5.5.- SIMULACIÓN DEL PROGRAMA LOGO	
QUE DETERMINA EL CONTROL DE	
LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA .....	91
a).- Secado para Pintura Automotriz.....	92
b).- Tiempo de Secado .....	93
c).- Emergencia.....	93
d).- Mensaje de Terminado .....	94
4.6.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA	
EL CIRCUITO DEL SENSOR DISTANCIA .....	94
4.6.1.- ARDUINO UNO R3 .....	95
4.6.2.- PANTALLA LCD 16x2.....	97
4.6.3.- SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04.....	98
4.7.- DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO	

DE CONTROL DE DISTANCIA.....	99
4.7.1.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ELECTRÓNICO, PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN .....	100
a).- Arduino 1.0.4.....	100
b).- ISIS 7 Professional .....	101
4.7.2.- CONEXIÓN DE LA PANTALLA DISPLAY .....	101
4.7.3.- CONEXIÓN DEL BOTÓN DE EMERGENCIA .....	102
4.7.4.- CONEXIÓN DEL BUZZER.....	104
4.7.5.- CONEXIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04 .....	105
4.7.7.- ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO EN GENERAL.....	106
4.7.8.- DISEÑO DE LA PLACA DEL CIRCUITO.....	107
4.7.9.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL SENSOR DE DISTANCIA.....	108

## **CAPÍTULO V**

5.- CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO .....	110
5.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA COLUMNA DEL SECADOR .....	111
5.2.- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DEL SECADOR .....	114
5.3.- CONSTRUCCIÓN DEL BRAZO DE LA LáMPARA .....	118
5.4.- ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS.....	124
5.5.- ENSAMBLE Y AJUSTE DEL COMANDO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO .....	126
5.5.1.- INSTALACIÓN DE LA LáMPARA INFRARROJA .....	126
5.5.2.- INSTALACIÓN DEL LOGO!.....	128
5.5.3.- INSTALACIÓN DE LA LLAVE ESTÁTICA.....	131
5.5.4. - INSTALACIÓN DEL MINI CIRCUIT BREAKER .....	132
5.5.5.- MONTAJE DEL LOGO TD Y DE LOS BOTONES DE FUNCIONAMIENTO .....	133
5.5.6. – VISTA DEL CONTROL DE LUMINOSIDAD	

DEL SECADOR INRRARROJO.....	138
5.5.7. – INSTALACIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04 .....	138
5.5.8. – INSTALACIÓN DEL DISPLAY.....	139
5.5.9. – INSTALACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA .....	140
5.6.- VISTA GENERAL DEL SECADOR INFRARROJO	
COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE.....	141

## **CAPÍTULO VI**

6.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO .....	142
6.1.- PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO CON EL COMANDO ELETRÓNICO	142
6.2.- COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA .....	145
6.3.- PRUEBA DE DESEMPEÑO DEL SECADOR INFRARROJO .....	146
6.3.1.- PRUEBA DEL SENSOR DE DISTANCIA ULTRASÓNICO .....	147
6.3.2.- PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA RAYC13A.....	148
6.3.3.- PRUEBA DE SECADO CON EL EQUIPO INFRARROJO .....	149
6.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	152

## **CAPÍTULO VII**

7.- MARCO ADMINISTRATIVO .....	153
7.1.- RECURSOS .....	153
7.1.2.- RECURSOS TECNOLÓGICOS.....	153
7.1.3.- RECURSOS MATERIALES .....	153
7.2.- PRESUPUESTO .....	154
7.3.- FINANCIAMIENTO .....	156
7.4.- CRONOGRAMA.....	156
<b>CONCLUSIONES:</b> .....	<b>157</b>
<b>RECOMENDACIONES:</b> .....	<b>159</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>160</b>
<b>NET GRAFÍA</b> .....	<b>160</b>

<b>ANEXO A: MANUAL DE USUARIO .....</b>	<b>165</b>
<b>ANEXO B: EQUIPO SECADOR INFRARROJO .....</b>	<b>169</b>
<b>ANEXO C: PLANO DE LA COLUMNA .....</b>	<b>171</b>
<b>ANEXO D: PLANO DE LA BASE.....</b>	<b>173</b>
<b>ANEXO E: PLANO DEL SOPORTE .....</b>	<b>175</b>
<b>ANEXO F: DATOS TECNICOS DEL LOGO.....</b>	<b>177</b>
<b>ANEXO G: ESQUEMA DEL ARDUINO UNO R3.....</b>	<b>181</b>
<b>ANEXO H: PROGRAMA EN LOGO! SOFT.....</b>	<b>183</b>
<b>ANEXO I: PROGRAMA EN EL ARDUINO.....</b>	<b>186</b>
<b>ANEXO J: ARTICULO.....</b>	<b>190</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Planteamiento del problema causa efecto.....	1
Figura 1.2. Taller artesanal de chapa y pintura.....	3
Figura 2.1. Datos orientativos del destino final de la pintura consumida en la reparación de carrocerías (por ejemplo una puerta) .....	5
Figura 2.2. Los tres posibles efectos de la radiación sobre cualquier cuerpo.....	8
Figura 2.3. Equipo de secado por infrarrojos de onda corta .....	10
Figura 2.4. Equipo de secado por infrarrojos de onda media.....	11
Figura 2.5. Equipo de secado por infrarrojos de onda larga .....	11
Figura 2.6. Endurecimiento de una pequeña área de pintura usando lámparas secadoras infrarrojas.....	13
Figura 2.7. Equipo de secado por infrarrojos en el interior de una cabina .....	14
Figura 2.8. Equipo de secado por infrarrojos portátil .....	16
Figura 2.9. Empleo de los infrarrojos .....	17
Figura 2.10. Evolución de la dureza de la película pinturas durante el proceso de secado .....	20
Figura 2.11. Esquema del funcionamiento del calentamiento por conducción y por convección .....	22
Figura 3 1. Ventana de Solidworks .....	27
Figura 3.2. Ventana de MDSolids .....	28
Figura 3.3. Modelado y ensamblaje de la columna .....	29
Figura 3.4. Modelado y ensamblado del brazo .....	30
Figura 3.5. Modelado y ensamblado de la base.....	30
Figura 3.6. Modelado y ensamble de la estructura de la lámpara .....	31
Figura 3.7. Modelado y ensamblado del secador infrarrojo.....	31
Figura 3.8. Sección transversal del tubo estructural Acero ASTM A 36 .....	33
Figura 3.9. Dimensiones de la columna de la lámpara .....	34
Figura 3.10. Cálculos de la columna con un factor de $K= 0.7$ valor teórico .....	39
Figura 3.11. Asignación de cargas y sujeciones en la columna .....	39
Figura 3.12. Mallado del modelo de la columna .....	40
Figura 3.13. Pandeo desplazamiento de la columna .....	41

Figura 3.14. Tensión de Von Mises en la columna .....	42
Figura 3.15. Desplazamientos resultantes en la columna .....	43
Figura 3.16. Factor de seguridad en la columna .....	44
Figura 3.17. Dimensiones del brazo del secador .....	46
Figura 3.18. Diagrama de cuerpo libre .....	46
Figura 3.19. Diagrama de la viga MDSolids .....	47
Figura 3.20. Tramo AB .....	49
Figura 3.21. Tramo BC .....	50
Figura 3.22. Tramo BC .....	51
Figura 3.23. Diagrama de fuerzas cortantes .....	51
Figura 3.24. Diagrama de momentos flectores .....	52
Figura 3.25. Asignación de carga .....	53
Figura 3.26. Sujeción a la estructura soporte.....	53
Figura 3.27. Mallado del modelo del brazo de la lámpara.....	54
Figura 3.28. Tensión de Von Mises en el brazo de la lámpara .....	55
Figura 3.29. Desplazamientos resultantes en el brazo de la lámpara .....	56
Figura 3.30. Factor de seguridad en la estructura soporte .....	57
Figura 3.31. Dimensiones de la base de la lámpara .....	58
Figura 3.32. Asignación de cargas y sujeciones de la base de la lámpara .....	58
Figura 3.33. Mallado del modelo de la base .....	59
Figura 3.34. Tensión de Von Mises en la base .....	60
Figura 3.35. Desplazamientos resultantes en la base .....	61
Figura 3.36. Distribución del factor de seguridad en la base .....	62
Figura 4.1. Lámpara Infrarroja de onda corta .....	66
Figura 4.2. Filamento de la lámpara de onda corta.....	68
Figura 4.3. Tipos de construcción de emisores IR.....	69
Figura 4.4. PLC LOGO 12/24 RC.....	70
Figura 4.5. Estructura PLC LOGO 12/24 RC.....	71
Figura 4.6. LOGO! AM2 AQ.....	72
Figura 4.7. Estructura del LOGO! AM2 AQ.....	72
Figura 4.8. LOGO! Text Display .....	73
Figura 4.9. Mini Circuit Breaker .....	75
Figura 4.10. Llave estática de potencia .....	75



Figura 4.11. Esquema eléctrico .....	76
Figura 4.12. Banda de medición temperatura infrarroja .....	77
Figura 4.13. Sensor de temperatura infrarroja .....	77
Figura 4.14. Distancia del sensor al objeto .....	78
Figura 4.15. Sensor RAYCI3A .....	79
Figura 4.16. LOGO! Soft Comfort .....	80
Figura 4.17. CADe-SIMU .....	81
Figura 4.18. Circuito de control de luminosidad .....	82
Figura 4.19. LOGO! Con alimentación DC .....	83
Figura 4.20. Conexión de entradas analógicas del LOGO! .....	84
Figura 4.21. Conexión de salidas digitales del LOGO! .....	85
Figura 4.22. Conexión del conector .....	85
Figura 4.23. Interface de conexión .....	86
Figura 4.24. Configuración del cableado.....	86
Figura 4.25. Conexión y simulación del RAYCI3A al PLC .....	87
Figura 4.26. Esquema eléctrico RAYCI3A .....	88
Figura 4.27. Simulación Secado para Pintura Automotriz.....	92
Figura 4.28. Simulación Tiempo de secado .....	93
Figura 4.29. Simulación Emergencia .....	93
Figura 4.30. Simulación listo .....	94
Figura 4.31. Arduino Uno R3.....	95
Figura 4.32. Diagrama de pines del microcontrolador .....	96
Figura 4.33. Pantalla LCD 16x2.....	97
Figura 4.34. Pines del LCD 16x2.....	97
Figura 4.35. Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	98
Figura 4.36. Pines del sensor ultrasónico HC-SR04.....	99
Figura 4.37. Arduino 1.0.4 .....	100
Figura 4.38. ISIS 7 Profesional .....	101
Figura 4.39. Conexión del DISPLAY .....	102
Figura 4.40. Esquema eléctrico del DISPLAY .....	102
Figura 4.41. Conexión del Botón de emergencia.....	103
Figura 4.42. Esquema eléctrico del botón de emergencia.....	103
Figura 4.43. Conexión del buzzer .....	104

Figura 4.44. Esquema eléctrico del buzzer .....	104
Figura 4.45. Conexión del sensor HC-SR04 .....	105
Figura 4.46. Esquema eléctrico del sensor HC-SR04.....	105
Figura 4.47. Esquema eléctrico del circuito .....	106
Figura 4.48. Baquelita .....	107
Figura 4.49. Placa electrónica .....	107
Figura 5.1. Columna del secador.....	111
Figura 5.2. Tubo estructural y longitud de la columna .....	111
Figura 5.3. Corte de la longitud de la columna.....	112
Figura 5.4. Dimensionamiento de las perforaciones.....	112
Figura 5.5. Perforación del tubo.....	113
Figura 5.6. Doblamiento de la columna .....	113
Figura 5.7. Diagrama de proceso de la columna.....	114
Figura 5.8. Columna terminada.....	114
Figura 5.9. Diseño de la base del secador.....	115
Figura 5.10. Definición de las medidas de la base.....	115
Figura 5.11. Corte de los tubos de la base .....	116
Figura 5.12. Medidas de las perforaciones en las patas inferiores .....	116
Figura 5.13. Perforación de los agujeros de la base.....	117
Figura 5.14. Curva a 90° de las patas de la base.....	117
Figura 5.15. Diagrama de proceso de la base .....	118
Figura 5.16. Base del secador.....	118
Figura 5.17. Diseño del brazo del secador infrarrojo.....	119
Figura 5.18. Corte del tubo de sección grande. ....	119
Figura 5.19. Detalle A del brazo del secador.....	120
Figura 5.20. Selección de la platina.....	120
Figura 5.21. Curva a 45° de la platina .....	121
Figura 5.22. Trazo del detalle B .....	121
Figura 5.23. Detalle B finalizado .....	122
Figura 5.24. Ensamble de las partes del brazo.....	122
Figura 5.25. Diagrama del proceso del brazo .....	123
Figura 5.26. Brazo del secador.....	123
Figura 5.27. Columna, Base y Soporte.....	124

Figura 5.28. Sujeción de la columna con la base.....	125
Figura 5.29. Ajuste de los pernos .....	125
Figura 5.30. Ensamble columna brazo .....	126
Figura 5.31. Sujeción de la lámpara .....	126
Figura 5.32. Cable de resistencia.....	127
Figura 5.33. Carcasa de la lámpara infrarroja.....	127
Figura 5.34. Rejilla de protección .....	128
Figura 5.35. Caja de los componentes electrónicos .....	128
Figura 5.36. Perfil de soporte del LOGO! .....	129
Figura 5.37. Conexión de alimentación del LOGO!.....	129
Figura 5.38. Conexión de las entradas del LOGO!.....	130
Figura 5.39. Conexión de salidas del LOGO! .....	130
Figura 5.40. Conexión de los pines del control de potenciómetro .....	131
Figura 5.41. Conexión de los pines de carga .....	131
Figura 5.42. Llave estática .....	132
Figura 5.43. Montaje del breaker .....	132
Figura 5.44. Elementos en la caja protector .....	133
Figura 5.45. Parte superior .....	133
Figura 5.46. Montaje del LOGO! TD.....	134
Figura 5.47. Conexión pin 3 botón inicio .....	134
Figura 5.48. Conexión pin 4 botón inicio .....	135
Figura 5.49. Conexión del botón inicio .....	135
Figura 5.50. Conexión pin2 botón de emergencia .....	136
Figura 5.51. Conexión pin 1 botón de emergencia .....	136
Figura 5.52. Montaje del botón de emergencia .....	137
Figura 5.53. Parte posterior control .....	137
Figura 5.54. Control de luminosidad .....	138
Figura 5.55. Agujero de conexión entre el HC-SR04 y el Arduino .....	138
Figura 5.56. Sensor ultrasónico HC-SR04 .....	139
Figura 5.57. Orificio del LCD.....	139
Figura 5.58. Instalación del LCD .....	140
Figura 5.59. Agujero para la instalación del sensor.....	140
Figura 5.60. Sensor de temperatura infrarrojo RAYC13A .....	141

Figura 5.61. Secador Infrarrojo .....	141
Figura 6.1. Control del diseño mecánico .....	142
Figura 6.2. Revisión de cables y conexiones .....	143
Figura 6.3. Conexión del LOGO! TD .....	143
Figura 6.4. Medición del voltaje de los potenciómetros .....	144
Figura 6.5. Control de distancia y aviso de temperatura.....	144
Figura 6.6. Funcionamiento del Secador infrarrojo .....	145
Figura 6.7. Funcionamiento del secador.....	145
Figura 6.8. Capó para realizar la practica .....	147
Figura 6. 9. Despliegue digital de tiempo real de distancia .....	147
Figura 6.10. Comprobación de distancia .....	148
Figura 6.11. Despliegue digital en tiempo real de la temperatura.....	148
Figura 6.12. Ubicación del sensor RAYCIZA .....	149
Figura 6.13. Tiempo de secado .....	149
Figura 6.14. Función automática .....	150
Figura 6.15. Secado por infrarrojo .....	150
Figura 6. 16. Pintado del capó.....	151
Figura 6.17. Secado del pintado del capó.....	151
Figura 6.18. Terminado del capó.....	152
Figura 7.1. Cronograma .....	156

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Propiedades del acero estructural ASTM A36.....	29
Tabla 4.1. Variables independientes.....	63
Tabla 4.2. Variables dependientes.....	64
Tabla 4.3. Longitudes de onda infrarroja .....	65
Tabla 4.4. Emisores IR de onda corta estándar .....	68
Tabla 4.5. Propiedades del LOGO! .....	83
Tabla 4.6. Cableado standard .....	87
Tabla 4.7. Elementos electrónicos del circuito de distancia .....	95
Tabla 6.1. Tiempos y distancias de secado IR OC .....	146

Tabla 6.2. Análisis de resultados .....	152
Tabla 7.1. Presupuesto dispositivos electrónicos y eléctricos.....	154
Tabla 7.2. Presupuesto elementos estructurales.....	155
Tabla 7.3. Total de gastos .....	155

## ÍNDICE DE FÓRMULAS

Ec. 3.1 .....	33
Ec. 3.2 .....	35
Ec. 3.3 .....	36
Ec. 3.4 .....	36
Ec. 3.5 .....	36
Ec. 3.6 .....	37
Ec. 3.7 .....	37
Ec. 3.8 .....	37
Ec. 3.9 .....	38
Ec. 3.10.....	45
Ec. 3.11 .....	48
Ec. 3.12 .....	48
Ec. 3.13 .....	48
Ec. 3.14 .....	48

## RESUMEN

El equipo infrarrojo permite obtener un óptimo acabado el cual servirá con un aporte al estudio de la gestión de la calidad en el servicio de la pintura automotriz.

El sensor de temperatura infrarrojo permite controlar los ajustes de temperatura y el sensor ultrasónico ayuda a regular la distancia entre la lámpara infrarroja y el objeto, mientras que con el control electrónico se va a seleccionar el tiempo de trabajo y la intensidad de luminosidad, esto permite un fácil manejo del equipo.

Para profundizar en el tema a continuación se detalla el contenido del presente proyecto.

Se desarrollo la introducción del proyecto de tesis, en donde se formula el problema, se estableció los objetivos generales y específicos, también se detalla la justificación de este proyecto que se muestra innovador e importante en el tema de la pintura automotriz.

Como consecuencia de esto se investiga el marco teórico con conceptos de secado en pintura automotriz, normativas para el secado así como la radiación infrarroja.

Terminado con la investigación de conceptos se desarrolla el “Diseño de los elementos mecánicos del secador” que comprende cargas, pesos y planos de la columna, brazo y la base del secador infrarrojo.

También se selecciona los elementos eléctricos y electrónicos como, el sensor ultrasónico de distancia, el sensor de temperatura por infrarrojo, placa arduino uno R3. El circuito eléctrico lo diseñamos mediante un software que permite la realización de programas de uso en microcontroladores y circuitos integrados, ya que este software de diseño y construcción de circuitos electrónicos cuenta con extensas librerías de componentes y elementos que permiten la compilación y simulación de programas.

Se cierra la investigación porque se realiza la construcción y ensamblaje de todos los elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos que comprenden el secador infrarrojo.

Se pone puesta a punto el control de luminosidad, el sistema electrónico y eléctrico para la realización de la prueba de campo.

Aquí se establece el cumplimiento de los objetivos y metas planteados porque se muestra que el proyecto funcione correctamente y los resultados sean positivos.

## SUMMARY

The infrared equipment allows us to obtain an excellent finish which will serve as a contribution to the study of quality management in the automotive painting service

The infrared temperature sensor allows us to control the temperature adjustments and with the ultrasonic sensor help regulate the distance between the infrared lamp and the object, while the electronic control allows to select the working time and intensity of light , this allows an easy handling .

To further explore the topic below details the contents of this project.

Development is the introduction of the thesis project , where the problem is formulated , established general and specific objectives , also detailed justification of this project that demonstrates innovative and important in the field of automotive paint .

As a consequence of this is investigated with the theoretical concepts automotive paint drying , regulations for drying and infrared radiation.

Finished with research develops concepts " Design of the mechanical elements of the dryer " comprising loads , weights and levels of the spine, arm and infrared dryer base .

Also selected the electrical and electronic elements , ultrasonic distance sensor , the infrared temperature sensor , Arduino UNO R3. The electrical circuit design it with software that allows the execution of application programs on microcontrollers and integrated circuits , as this software design and construction of electronic circuits has extensive libraries of components and elements that allow the compilation and simulation programs.

Investigation is closed because is performed the construction and assembly of all electrical items, electronic and mechanical comprising the infrared dryer.

You set the luminosity control, electronic and electrical system for conducting the field test.



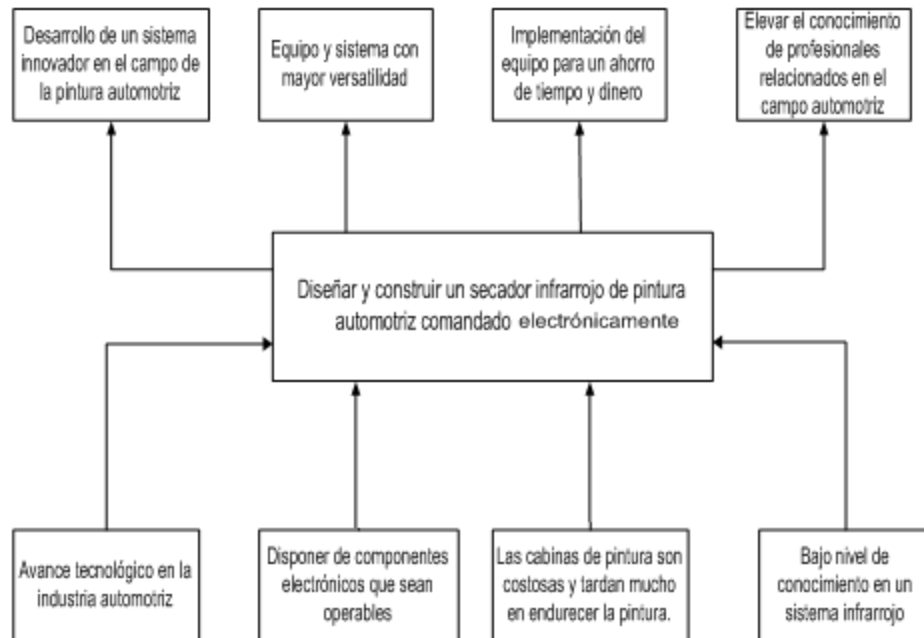
You set the the fulfillment of the objectives and targets set because it shows the project to work correctly and the results are positive.

# CAPÍTULO I

## 1.- EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

### 1.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La enderezada y pintura en el campo automotriz tiene varias aplicaciones que van relacionadas a la gestión de calidad del pintado de una pequeña parte del vehículo o en su totalidad por lo que es muy necesario poner a consideración la implementación de un secador infrarrojo de pintura automotriz que genera una satisfacción dentro de la industria automotriz.



**Figura 1.1. Planteamiento del problema causa efecto**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## **1.2.- OBJETIVOS**

### **1.2.1.- GENERAL**

Diseñar y construir un secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente que permite mejorar la calidad del acabado de pintado, en un óptimo tiempo.

### **1.2.2.- ESPECÍFICOS**

- Selección de los elementos mecánicos y electrónicos que permitan realizar el diseño del equipo.
- Calibrar los elementos mecánicos y electrónicos para aumentar la eficacia de transferencia de calor por radiación infrarroja, reduciendo el tiempo de secado.
- Desarrollar pruebas de funcionamiento del equipo para alcanzar los parámetros de estandarización deseados y obtener un resultado de calidad.
- Funcionamiento y puesta a punto del equipo para demostrar los resultados óptimos alcanzados.

## **1.3.- JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA**

Mediante la construcción de un secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente llegaremos a mejorar notablemente el rendimiento y calidad del servicio de un taller de enderezada y pintura relacionado con la industria automotriz y reducir considerablemente la contaminación del medio ambiente.

Además con el desarrollo del proyecto se pretende motivar al crecimiento de los pequeños talleres artesanales de enderezada y pintura en la industria automotriz en el Ecuador.



**Figura 1.2. Taller artesanal de chapa y pintura**

**Fuente:** <http://www.eltallerdefabian.blogspot.com/>

## **CAPÍTULO II**

### **2.- SECADO AUTOMOTRIZ**

#### **2.1.- MARCO TEÓRICO**

Pintar un automóvil es en realidad una tarea muy difícil. Requiere personal con muchos conocimientos y experiencia en el oficio.

Además, el cliente espera que la reparación sea invisible, no quiere ver ninguna diferencia entre la pintura original y el parche reparado.

Cuando nos vemos en la obligación de reparar parte del sistema de pintura, esto se traduce en tiempo extraordinario, excesivamente costoso. Así que tenemos que procurar evitar los errores actuando de una manera correcta. Esto se consigue efectuando el trabajo según el procedimiento apropiado y las técnicas adecuadas.

Hoy en día han aumentado las exigencias de calidad para los recubrimientos para esto, se han incorporado nuevos productos como Incoloro Acrílico Uretano, Aparejos de dos componentes, etc., que dan una terminación similar a la pintura de origen.

Los talleres que utilizan estos productos han tenido que incorporar como uno de los equipos importante un “Secador infrarrojo de pintura automotriz”. Además las compañías aseguradoras de vehículos califican a estos talleres para realizar trabajos de repintado de sus clientes.

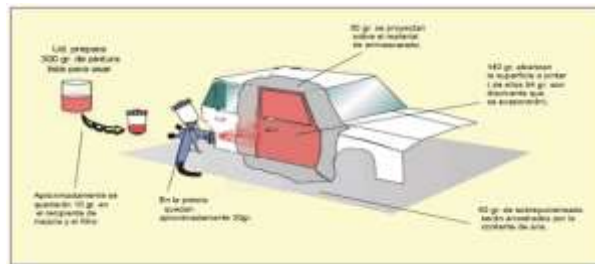
La utilización de los secadores infrarrojos se hace cada vez más necesaria especialmente en los talleres que utilizan estos productos, ya que por lo general son

productos de dos componentes que tienen un tiempo de secado al tacto más corto que lo habitual (10-25 minutos), siendo necesario un lugar limpio y libre de polvo.

### 2.1.1.- DÓNDE QUEDA LA PINTURA CONSUMIDA

La primera cuestión a plantearse cuando se pretende establecer un plan de actuación dirigido a minimizar el impacto medio ambiental de cualquier actividad es donde se producen los residuos y emisiones y cuáles son las causas que provocan la producción de estos desechos. En el pintado de carrocerías, la pintura preparada para la aplicación da lugar a diferentes tipos de residuos y la pintura se deposita en:

- El material de enmascarado
- Los filtros de la cabina
- El recipiente y tamiz de mezcla de la pintura
- En la propia pistola. <sup>1</sup>



**Figura 2.1. Datos orientativos del destino final de la pintura consumida en la reparación de carrocerías (por ejemplo una puerta)**

**Fuente:** Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones

## 2.2.- RADIACIÓN INFRARROJA

Se denominan radiaciones infrarrojas a las radiaciones electromagnéticas cuyas longitudes de onda están comprendidas entre 760 y 10000 nanómetros (un nanómetro es la millonésima parte de un milímetro).

<sup>1</sup> IHOBE, “Libro Blanco Para la Minimización de Residuos y Emisiones”, pág 79, primera edición, 1999, Vasco, Editorial IBOHE S.A.

Las radiaciones electromagnéticas son una forma de transmisión de energía que no precisa la existencia de un medio material para su propagación. Por ello este tipo de energía puede desplazarse incluso en el vacío, como por ejemplo la energía que llega a la Tierra desde el Sol, que lo hace atravesando el vacío del espacio exterior. La longitud de onda de las radiaciones electromagnéticas tiene una importante propiedad que caracteriza a las mismas y hace que su comportamiento varíe y tenga propiedades muy diferentes.

Se mide en unidades de longitud, y podemos encontrarnos con valores de longitud de onda muy variados, desde los muy pequeños como los correspondientes a los infrarrojos, que se miden en nanómetros a la luz visible (entre 400 y 700 nanómetros), hasta radiaciones como la microondas y las ondas de radar, que se miden en centímetros, y las ondas de TV y Radio que se miden en metros.

Al contrario de lo que ocurre en los otros dos mecanismos de transmisión del calor, convección y conducción, el calentamiento por radiación infrarroja permite la transferencia de energía térmica desde un cuerpo a otro sin necesidad de soporte intermedio, y sin absorción sensible de la energía emitida por parte del medio que separa ambos cuerpos. Como además, la radiación se puede dirigir, reflejar, concentrar y repartir, aumenta las posibilidades de utilización de esta tecnología.<sup>2</sup>

### **2.2.1.- OBTENCIÓN DE LAS RADIACIONES INFRARROJAS**

Las radiaciones infrarrojas son emitidas por cualquier cuerpo que haya experimentado un calentamiento, emitiendo radiaciones de distinta intensidad y longitud de onda dependiendo de la naturaleza del cuerpo calentado. La selección del tipo de material emisor influyente en la eficacia de la fuente emisora y, por lo tanto, en el proceso de calentamiento.

---

<sup>2</sup> [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/radiacion\\_infrarroja.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/radiacion_infrarroja.pdf)

Por ello, eligiendo distintos materiales radiantes o emisores, se pueden obtener radiaciones infrarrojas de onda corta, media o larga.

- IR corta: de 760 a 2000 nm de longitud de onda
- IR media: de 2000 a 4000 nm de longitud de onda
- IR larga: de 4000 a 10000 nm de longitud de onda.<sup>3</sup>

### **2.2.2.- EFECTOS DE LA RADIACIÓN INFRARROJA**

El comportamiento de un objeto respecto a la radiación recibida se caracteriza por su absorción, transmisión y reflexión. Estas características dependen normalmente de la longitud de onda de la radiación, de la naturaleza y estado del material irradiado, como por ejemplo el grado de humedad, o la temperatura del mismo.

El efecto de calentamiento se realiza en los primeros milímetros del espesor del objeto tratado y la energía calorífica es absorbida en un alto porcentaje por las masas próximas a la superficie, siendo muy baja la energía calorífica que llega a transmitirse a las zonas internas.

La temperatura conseguida depende de numerosos factores, como la energía recibida, el factor de absorción, calores específicos y latentes de su constituyente, la conductividad térmica del material a calentar y el de su soporte, etc.

---

<sup>3</sup> [https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_infrarroja](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_infrarroja)





**Figura 2.2. Los tres posibles efectos de la radiación sobre cualquier cuerpo**

**Fuente:**[http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)

### **2.2.3.- CARACTERÍSTICAS DEL CALENTAMIENTO POR (IR)**

De la radiación infrarroja que recibe un cuerpo, una parte se absorbe y otra se refleja. Podría incluso, transmitirse una parte de la radiación recibida a través del propio cuerpo. Los coeficientes que miden las respectivas capacidades de absorción, reflexión y transmisión varían en función de la longitud de onda.

El aumento de temperatura del cuerpo sometido a la radiación está determinado por la cantidad de energía absorbida, el peso, el calor específico y las pérdidas térmicas (por radiación, convección y conducción). Otros factores que así mismo, pueden influir en el calentamiento del cuerpo son: el calor latente de evaporación que exige un proceso de secado, y la energía necesaria cuando se produce una reacción química en el proceso de calentamiento.

Generalmente, se precisa un calentamiento uniforme del objeto, y este es más homogéneo cuando la radiación es absorbida por todo el espesor del material.<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)

En una primera aproximación se puede decir que la radiación infrarroja de longitud de onda corta es más penetrante y da lugar a un calentamiento más homogéneo. De forma opuesta, las radiaciones infrarrojas de longitudes de una onda media y larga dan lugar a calentamientos más superficiales, lo que conduce a mayores diferencias de temperatura y el interior del material.

## **2.2.4.- EMISORES ELÉCTRICOS DE RADIACIÓN INFRARROJA**

### **a).- Emisores de infrarrojo de onda corta**

Son lámparas y tubos de vacío o atmosfera neutra, que contienen un filamento de wolframio calentado a muy alta temperatura, 2100°C a 2500°C, por el paso de corriente eléctrica.

Las fuentes de infrarrojos de onda corta emiten una radiación luminosa que supone alrededor de un 5% de la energía emitida, lo que les confiere un típico color amarillo o amarillo – anaranjado intenso.

En términos generales, la vida de los emisores infrarrojos de onda corta está comprendida entre 3000 y 5000 horas, si se tiene cuidado de evitar los choques térmicos y mecánicos.

Presentan una inercia térmica muy baja (apenas un segundo para reducir la potencia emitida al 10% del valor de régimen), lo que posibilita una regulación muy fina, e incluso la seguridad para el producto en caso de parada en una cadena productiva.

La penetración de la radiación es generalmente, alta, produciéndose un calentamiento homogéneo a través de todo el espesor del material.<sup>5</sup>

---

<sup>5</sup> [http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared\\_cast.pdf](http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared_cast.pdf)



**Figura 2.3. Equipo de secado por infrarrojos de onda corta**

**Fuente:** [http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared\\_cast.pdf](http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared_cast.pdf)

#### **b).- Emisores de infrarrojo de onda media**

Estos emisores están formados por resistencia de tipo estándar, que funcionan entre 700°C y 1100°C, y colocados en tubos o paneles de cuarzo o sílice, así como en tubos radiantes metálicos.

Las fuentes de infrarrojos de onda media emiten un 1% de su energía dentro del espectro visible, lo que les confiere su típico color rojo claro.

Los emisores de radiaciones infrarrojas de onda media son robustos, aunque los tubos de cuarzo son aun más sensibles a los choques mecánicos que los de los emisores de onda corta, pero no necesitan refrigeración.

Estos emisores obtienen densidades de potencia bastante elevadas, con una inercia térmica media.

La penetración de radiación es media, y su reflexión débil, lo que le proporciona un buen rendimiento.<sup>6</sup>

---

<sup>6</sup> [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1045003](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1045003)



**Figura 2.4. Equipo de secado por infrarrojos de onda media**

**Fuente:**[http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1045003](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1045003)

**c).- Emisores de infrarrojo de onda larga**

Se utilizan paneles de vidrio tipo Pyrex, o de cerámica, calentados a una temperatura comprendida entre 300°C y 700°C. No emiten prácticamente ninguna radiación dentro del espacio visible.

Estos emisores, al constituir paneles radiantes, irradian el calor de forma muy homogénea; son robustos, resisten bien la corrosión, y son fáciles de instalar. En cambio, presentan mayor inercia térmica que los emisores de onda corta y media. Se adaptan bien para tratamientos de productos de poco espesor, ya que apenas penetran en los materiales, irradiados; proporcionan solo calentamiento superficial.<sup>7</sup>



**Figura 2.5. Equipo de secado por infrarrojos de onda larga**

**Fuente:** [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)

---

<sup>7</sup> [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)

### **2.3.- EL SECADO DE PINTURA**

El secado es la eliminación de líquido contenido en un sólido. Los sistemas de pintura suelen necesitar calor para provocar la evaporación de los disolventes incluyendo el agua de la pintura y así asegurar un acabado rápido y de alta calidad. Los sistemas de dos partes dependen de la reacción química entre las dos partes de la pintura para endurecer el material. Calentar estas pinturas también produce acabados rápidos y de calidad.

El calor se puede aplicar sin ningún problema en un horno convencional de gas, donde el endurecimiento puede tardar hasta 45 minutos. Probablemente esta es la mejor manera de endurecer grandes área de pintura y repintados de vehículos completos. Hay quien usa túneles de infrarrojos para trabajos grandes, pero estos pueden tener limitaciones debido a puntos ciegos y sombras.

### **2.4.- SECADO DE PINTURA POR INFRARROJO**

Mejorar la continuidad de los procesos de pintura ha sido siempre un reto al que han tenido que hacer frente los talleres de carrocería del automóvil, ya que la rápida finalización del trabajo y entrega del vehículo al propietario, incluso cuando se reparan pequeño daños, se ve condicionada por los proceso de secado de cada una de la capas de pintura que es preciso aplicar: imprimaciones, masillas, aparejo y pinturas de acabado.

Los equipos de secado por infrarrojos pueden contribuir en gran medida a minimizar estos tiempos de secado, y por tanto, adelantar la finalización del conjunto de la reparación, disminuyendo el tiempo que ah de permanecer el vehículo en el taller. Una alternativa para endurecer áreas más pequeñas de pintura es el uso de lámparas secadoras de infrarrojas.

Los secadores infrarrojos emiten calor que pueden penetrar en las superficies pintadas, introduciéndose en la pintura y acelerando el proceso de endurecimiento.

Los tiempos de endurecimiento normales para una área pequeña de pintura bajo un calentador infrarrojo de 3 KW son de menos 15 minutos.

Los secadores de infrarrojos son los más indicados para reparaciones de pequeños paneles planos, por ejemplo, aletas, puerta y capos.

Los secadores de infrarrojos tienen diversas ventajas, entre las que se incluyen:

- No hay necesidad de calentar todo un horno para endurecer una pequeña reparación, y así se reducen los costos energéticos.
- El trabajo es más rápido, lo que lleva a un incremento del rendimiento del taller de carrocerías/cabina.<sup>8</sup>



**Figura 2.6. Endurecimiento de una pequeña área de pintura usando lámparas secadoras infrarrojas**

**Fuente:** Libro blanco para la minimización de residuos y emisiones

---

<sup>8</sup> IHOBE, “Libro Blanco Para la Minimización de Residuos y Emisiones”, pág 101, primera edición, 1999, Vasco, Editorial IBOHE S.A.

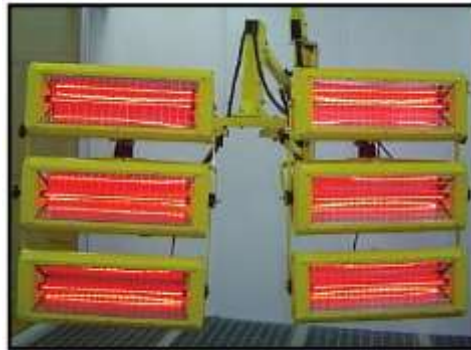
## **2.5.- EQUIPOS INFRARROJOS PARA EL SECADO DE PINTURA EN TALLERES DE CARROCERÍA**

Es preciso exponer las principales premisas sobre el uso de los equipos de secado por infrarrojos, que se derivan de todo lo expuesto.

### **2.5.1.- LOS EQUIPOS INFRARROJOS EN EL SECADO DE LAS PINTURAS**

Los equipos infrarrojos disponen de unidades caloríficas con lámparas de calor y paneles refractantes que aceleran el secado de las capas de pintura.

Para el secado de las pinturas de acabado aplicadas en la cabina es indudable que el sistema de irradiación ha de ser integrado en la misma cabina, ya que la introducción de un equipo móvil no puede realizarse sin correr el riesgo de ensuciar el aire de la cabina, ni tampoco puede permanecer en el interior de la misma desde el principio de la aplicación, ya que en la fase de pintado se deterioraría. Las instalaciones de secado de pintura integradas en la cabina de pintura son complejos sistema que desplazan las emisiones de infrarrojos en el interior de la cabina, según las necesidades de secado, y quedan ocultos y protegidos cuando se realiza el pintado.



**Figura 2.7. Equipo de secado por infrarrojos en el interior de una cabina**

Fuente:<http://books.google.com.ec>

Los actuales equipos de secado por infrarrojos tienen su mayor campo de utilización en el secado de pintura de preparación (masillas y aparejos), acelerando los tiempos

de espera entre operación y operación, sin necesidad de emplear para ello la cabina de pintado, pudiendo aprovechar al máximo el tiempo de empleo de la misma exclusivamente en el pintado y secado de las pinturas de acabado.<sup>9</sup>

### **2.5.2.- CUANDO EMPLEAR EL SECADO CON INFRARROJOS**

Actualmente los equipos manuales y portátiles presentan sus mayores ventajas de empleo en el secado de las pinturas de preparación, agilizando los tiempos de espera por secados de masillas y aparejos, ya que su empleo en la cabina de pintura exige una instalación específica para la cabina, y esto supone una importante inversión. La mayoría de los equipo de secado por infrarrojos disponibles para talleres únicamente pueden usarse para el secado de pinturas de fondo (masillas y aparejos), ya que para el secado de las pinturas de acabado se precisan de instalaciones más complejas, e integradas en la propia cabina de pintura.

De este modo, los equipos de secado por infrarrojos hay que entenderlos como elementos auxiliares de secado de pinturas de fondo (masillas y aparejos), y cuya misión es reducir el tiempo de espera de los vehículos en esta fase de la reparación, evitando la espera de supone el secado a temperatura ambiente, y que es de unos 30 minutos para las masillas de poliéster y de entre 8 y 12 hora para los aparejos, ya que por termino general, en los talleres, no suelen aplicarse en la cabina y mucho menos se emplea esta para sacarlos, sobre todo cuando el repintado afecta a un número reducido de piezas.<sup>10</sup>

---

<sup>9</sup><http://books.google.com.ec/books?id=SiJSK0EP7jcC&pg=PA30&lpg=PA30&dq=equipo+infrarrojo+onda+media&source=bl&ots=LmavindiMl&sig=AnVIt2XxClo3piBRE3HlioxH5fc&hl=es-419&sa=X&ei=XdHIUbvZLuTi4AOTn4GYCw&ved=0CDsQ6AEwBDgK#v=onepage&q=equipo%20infrarrojo%20onda%20>

<sup>10</sup> [http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP\\_Buenaspracticas/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160](http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP_Buenaspracticas/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160)





**Figura 2.8. Equipo de secado por infrarrojos portátil**

**Fuente:**[http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP\\_Buenaspracticass/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160](http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP_Buenaspracticass/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160)

### **2.5.3.- INTENSIDAD DEL SECADO REALIZADO CON INFRARROJOS**

Como el efecto de secado con estos sistemas es de adentro hacia afuera, es importante que todas las capas de pintura aplicadas anteriormente a la que se va a secar con radiación IR estén completamente secas, para evitar problemas de hervidos. En este sentido y de una forma práctica hay que tener en cuenta que si se va a secar con un equipo IR al aparejo aplicado sobre una masilla, lo más recomendable es que la masilla haya sido también secada con los ratos infrarrojos y no a temperatura ambiente, ya que el secado con IR de la masilla nos asegura que al volverlos a conectar para el secado del aparejo, la masilla no emitirá disolventes que hubiesen podido quedar retenidos en el secado se realiza a temperatura ambiente.

### **2.5.4.- COMO EMPLEAR LOS INFRARROJOS**

El empleo de estos sistemas de secado, siempre que se realice bajo las premisas de su diseño, y siguiendo las instrucciones del fabricante, no debe plantear ningún problema en su uso que pueda afectar a las capas de pintura, e incluso al resto del vehículo, ya que al calentar solo las superficies irradiadas y no el aire circulante, el riesgo de deterioro en otros componentes es incluso menor que en el calentamiento

en horno de aire calentado. De hecho, en algunas plantas de fabricación de automóviles, en su taller de retoque de pintura (donde se corrigen los defectos observados en los vehículos después del montaje de todos sus componentes), el sistema de secado empleado puede ser un horno de infrarrojos en los cuales pueden llegar a obtener los 100°C o 110°C en la superficie de chapa, que son suficiente para el curado de las pintura que se emplean para el pintado de las carrocerías desnudas (pinturas termo endurecibles), sin afectar el resto de los componentes del vehículo, como guarnecido, mecánica y electrónica. Temperaturas de secado entre 100°C o 110°C serian impracticables en un horno de aire caliente convencional, ya que se deteriorarían todo los componentes electrónicos, y afectarían algunos componentes mecánicos y a muchos de lo guarnecidos, molduras y plásticos. Las referidas temperaturas de horno de aire caliente solo se pueden emplear en el secado de la pintura cuando esta se aplica a las carrocerías todavía desnudas.

Con respecto al buen uso de los equipos infrarrojos, es un hecho a recalcar que pretende acelerar todavía más el secado contraviniendo las indicaciones de los manuales de uso, como por ejemplo situando los emisores a una distancia inferior a la especificada, no solo se acelera el secado sino también que puede llegar a deteriorar la película de pintura.<sup>11</sup>



**Figura 2.9. Empleo de los infrarrojos**

**Fuente:** <https://www.comforp.net/ebook/revista-cz/36/files/assets/downloads/page0020.pdf>

---

<sup>11</sup> <https://www.comforp.net/ebook/revista-cz/36/files/assets/downloads/page0020.pdf>

### **2.5.5.- TIEMPO DE SECADO Y DE EVAPORACIÓN**

Los tiempos de secado de pintura con sistemas infrarrojos son siempre menores que el secado con aire caliente a 60°C. Siendo el menor de todos el que se obtienen con infrarrojos de onda corta. Lo cual agiliza la continuidad de la operación. Por otro lado, los tiempos de evaporación a temperatura ambiente, previos al proceso de secado, son menores si el sistema a utilizar después es infrarrojo que si es convencional con aire caliente. Esto también contribuye a la continuidad de las reparaciones.<sup>12</sup>

### **2.5.6.- INFRARROJOS MÁS APROPIADOS PARA EL SECADO DE PINTURAS**

Para el secado de pinturas, y en particular en reparaciones de automóviles, donde los espesores de película que se aplican están comprendidos en la mayoría de los casos entre 60 y 400 micras (milésimas de milímetro), los sistemas de secado por infrarrojos más apropiados son los de onda corta y los de onda media. Los de onda larga, por su poco poder de penetración resultan desaconsejables, ya que se produce el secado de la parte exterior de la pintura, incluso en mayor medida que con el sistema de aire caliente. Por lo que al secarse primero la capa exterior, pueden permanecer retenidos los disolventes de las capas interiores y esto hace muy probable la aparición de hervidos, al intentar abandonar la película de pintura ya seca los disolventes retenidos en el interior de la película.

### **2.5.7.- REDUCCIÓN DE LA ESTANCIA DEL VEHICULO EN EL TALLER**

Al utilizar los equipos de secado infrarrojos en las pinturas de preparación masillas, aparejos y como consecuencia de la agilización de los tiempo de secado de estas pinturas, que comúnmente se dejan secar a temperatura ambiente de un día para otro, se consigue una disminución de los plazos de entrega al cliente, se reduce el tiempo

---

<sup>12</sup> [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R4\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R4_A2.pdf)

de permanencia del vehículo en el taller y una menor necesidad de espacio en el mismo, ya que no es necesario mantener vehículos en fases de espera de secado.

#### **2.5.8.- CALIDAD DE SECADO**

La calidad del secado de las pinturas es, si no superior, igual a la que se obtiene en el secado convencional con aire caliente.

#### **2.6.- DIFERENCIAS ENTRE EL SECADO CONVENCIONAL EN CABINA Y CON EQUIPOS INFRARROJO**

El principal uso industrial que se hace de los infrarrojos es, evidentemente, su empleo como equipos calefactores, empleándolos para el secado de pintura, tintas y cualquier proceso de horneado en general. En el presente tema vamos analizar las principales diferencias existentes entre los sistemas convencionales de calentamiento con aire caliente y los equipos infrarrojos, centrandó estas diferencias en los aspectos vinculados a su uso en los talleres de carrocería.

Los procesos de secado se realizan con la aportación de calor, para lo cual se hace uso de la cabina de pintado como horno de secado al objeto de obtener las mejoras cualidades de cada una de las películas de pintura, y en especial de las que constituyen las pinturas de acabado, mediante un curado homogéneo y acelerado, así como un secado y endurecimiento más rápido, forzando la evaporación del vehículo volátil (disolvente y diluyentes contenidos en la película de pintura).

Esta aportación de calor en el acabado de las pinturas beneficia la calidad de la pintura por las siguientes razones.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R3\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R3_A2.pdf)

a) **Curado homogéneo de la pintura.**

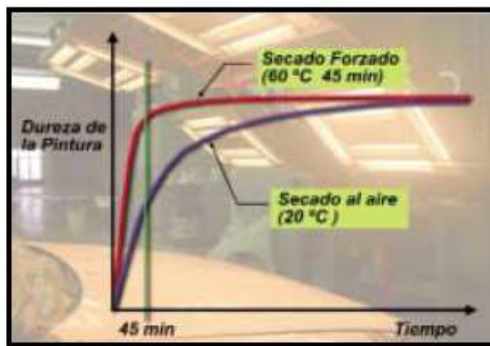
Las reacciones químicas que tienen lugar entre los componentes son favorecidas por el aporte de calor, con lo que la estructura formada es más resistente al crearse una estructura más homogénea.

b) **Mejora la evaporación de disolventes y diluyentes.**

Con el aporte de calor los disolventes y diluyentes que tienen que abandonar la película de pintura, lo hacen de forma más rápida y efectiva, con lo que apenas quedan retenidos disolvente en la película que puedan ocasionar posteriormente defectos.

### 2.6.1.- RÁPIDO ENDURECIMIENTO DE LA PELÍCULA DE PINTURA

Con esto se consigue reducir el riesgo de suciedades en la pintura, ya que se reduce el tiempo durante el cual pueden adherirse a la pintura partículas en suspensión y otros contaminantes.



**Figura 2.10. Evolución de la dureza de la película pinturas durante el proceso de secado**

Fuente: [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R3\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R3_A2.pdf)

### **2.6.2.- MEJORES PROPIEDADES SUPERFICIALES DE LA PINTURA EN LAS PRIMERAS HORAS Y DÍAS POSTERIORES AL PINTADO**

El endurecimiento de ese tipo de pintura alcanza su máximo nivel tras un tiempo más o menos largo desde el momento de la aplicación, cuando se han completado todas las reacciones químicas entre los componentes de la pintura y esto puede suceder pasados varios días después del pintado. Pero el camino para alcanzar el valor máximo es diferente se ha forzado el secado o no. De lo que se desprende que la pintura estará siempre mejor protegida después de un secado forzado con aporte de calor, ya que se alcanza mayor dureza en la primera etapa.

Esto por ejemplo limita la posibilidad de aparición de defectos como las “manchas de agua”, provocadas por las gotas de aguas depositadas sobre una película de pintura no totalmente endurecida.

### **2.6.3.- EFECTO DEL APORTE DE CALOR EN EL SECADO DE LAS PINTURAS**

El aumento de la temperatura beneficia el secado y endurecimiento de la pintura por cuanto acelera la reacción química de los dos componentes y la evaporación de los disolventes y diluyentes contenidos en la película de pintura. Pero una subida excesivamente brusca de la temperatura puede ocasionar problemas de hervidos debido a que el calentamiento del vehículo se realiza de fuera a dentro; es decir el aire caliente es el que calienta al vehículo y la pintura, por tanto la subida de temperatura comienza en la parte en contacto con el aire (la pintura aplicada), y esta transmite por conducción el calor hacia el interior. De esta forma la parte más exterior de la pintura se seca antes de lo que haga la interior formando una barrera a la evaporación de los disolventes, que en su intento de abandonar la película de pintura ocasionan las característicos hervidos.

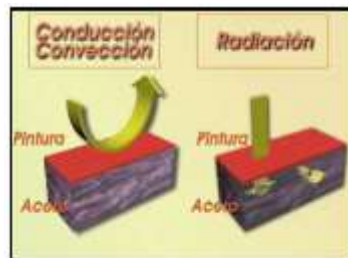
Por todo ello, al concluir la aplicación de la pintura en la cabina, antes de conectar la función de horno es necesario esperar un tiempo de aireación de nos 10 minutos para

permitir la evaporación de los disolventes más ligeros. Y la subida de la temperatura ha de realizarse de forma escalonada para evitar efectos de choque, esto último ha de estar calibrado y automatizado en el funcionamiento de la cabina.

El secado en las cabinas-horno convencionales se produce por conducción – convección; es decir el aire caliente que circula alrededor del vehículo, calienta su superficie exterior, y esta difunde el calor hacia el interior.

En los equipos de secado por radiación infrarroja (IR), las radiaciones infrarrojas actúan de forma muy diferente al calentamiento por aire. La pantalla emisora de radiación, situada a una cierta distancia, se enfoca hacia la superficie a secar y la radiación emitida atraviesa el aire en calentamiento. Al llegar a la película de pintura la radiación es absorbida prácticamente por igual en toda la masa de la película, atravesándola y llegando al soporte (generalmente chapa de acero), el cual también absorbe la radiación y se calienta (en mayor o menor medida, según el tipo de radiación y de soporte). El calor absorbido por la chapa de acero se transmite a la película de pintura por conducción y por ello el secado se realiza desde adentro hacia afuera, al contrario que sucede con el sistema convencional.

El tiempo necesario para secar pintura es sustancialmente menor que con el sistema de cabina – horno convencional. Siendo suficiente tiempos máximos de entre 15 y 20 minutos de irradiación, dependiendo del tipo de equipo IR, de la pintura a secar, e incluso del calor de la misma.



**Figura 2 11. Esquema del funcionamiento del calentamiento por conducción y por convección**

Fuente: [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R3\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R3_A2.pdf)

A pesar de que el secado de la pintura se realiza de adentro hacia afuera, tampoco es recomendable aplicar la radiación inmediatamente después de concluir la aplicación ya que en cualquier caso, una rápida subida de la temperatura en toda la masa de la película de pintura, conteniendo esta todos los disolventes, puede ocasionar una evaporación excesivamente rápida de los mismos, produciéndose los característicos hervidos. No obstante, el periodo de evaporación a temperatura ambiente antes de conectar el secado, es muy inferior al que se precisa en los procesos de secado convencional con aire caliente.

Por otra parte, es muy importante respetar escrupulosamente las indicaciones de uso de cada equipo, sobre todo en lo referente a:

- Tiempos de evaporación de la pintura antes de la conexión de los infrarrojos.
- Distancia entre la superficie pintada y el equipo emisor.
- Tiempo de irradiación a aplicar.

Los equipos de secado por infrarrojos pueden ser más o menos importantes en cuanto a su tamaño desde pequeños equipos manuales hasta instalaciones fijas en la cabina de pintura, pasando por instalaciones móviles para emplear en la zona de preparación.<sup>14</sup>

---

<sup>14</sup>[http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R3\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R3_A2.pdf)



## **CAPÍTULO III**

### **3.- DISEÑO MECÁNICO DEL SECADOR**

Podemos señalar que el diseño estructural es un proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global, las limitaciones globales en cuanto al costo y tiempo de ejecución así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas.

#### **3.1.- ETAPAS EN EL PROCESO DEL DISEÑO**

##### **a).- Etapa de estructuración**

Es probablemente la etapa más importante del diseño estructural, pues la optimización del resultado final del diseño depende en gran medida del acierto que se haya obtenido en adoptar la estructura más adecuada para una edificación específica.

En esta etapa de estructuración se seleccionan los materiales que van a constituir la estructura, se define el sistema estructural principal, arreglo y dimensiones preliminares de los elementos estructurales más comunes. El objetivo debe de ser el de adoptar la solución óptima dentro de un conjunto de posibles opciones de estructuración.

##### **b).- Estimación de las soluciones o acciones**

En esta segunda etapa del proyecto, se identifican las acciones que se consideran que van a iniciar o que tienen posibilidad de actuar sobre el sistema estructural durante su vida útil. Entre estas acciones se encuentran, por ejemplo, las acciones permanentes

como la carga muerta, acciones variables como la carga viva, acciones accidentales como el viento y el sismo. Cuando se sabe de antemano que en el diseño se tienen que considerar las acciones accidentales es posible seleccionar basándose en la experiencia la estructuración más adecuada para absorber dichas acciones.

#### **c).- Análisis estructural**

Procedimiento que lleva la determinación de la respuesta del sistema estructural ante la sollicitación de las acciones externas que puedan incidir sobre dicho sistema. La respuesta de una estructura o de un elemento es su comportamiento bajo una acción determinada, está en función de sus propias características y pueden expresarse en función de deformaciones, agrietamientos, vibraciones, esfuerzos, reacciones, etc.

#### **d).- Dimensionamiento**

En esta etapa se define a detalles la estructura y se revisa si se cumple con los requisitos de seguridad adoptados. La principal función de un sistema estructural es la de absorber las acciones o sollicitaciones que se derivan del funcionamiento de la construcción.

### **3.1.1.- MÉTODOS DEL DISEÑO ESTRUCTURAL**

#### **a).- Diseño por medio de modelos**

Se recomienda en el diseño de elementos estructurales de forma muy compleja que no son fáciles de analizar por medio de los modelos matemáticos usuales.

#### **b).- Método de los esfuerzos de trabajo, de esfuerzos permisibles o teoría elástica**

Los elementos mecánicos producidos en los distintos elementos por las sollicitaciones de servicio o de trabajo se calculan por medio de un análisis elástico. Se determinan después los esfuerzos en las distintas secciones debido a los elementos mecánicos, por métodos también basados en hipótesis elásticas. Los

esfuerzos de trabajo calculados, deben mantenerse por debajo de ciertos esfuerzos permisibles que se consideran aceptables, el método es razonable en estructuras de materiales con un comportamiento esencialmente elástico.

**c).- Método de la resistencia, de factores de carga y de reducción de resistencia o teoría plástica**

Los elementos mecánicos se determinan por medio de un análisis elástico lineal. Las secciones se dimensionan de tal manera que su resistencia a las diversas acciones multiplicadas por factores de carga, de acuerdo con el grado de seguridad deseado o específico.

La resistencia de la acción se determina prácticamente en la falla o en su plastificación completa.

**d).- Métodos basados en el análisis al límite**

En este criterio se determinan los elementos mecánicos correspondientes a la resistencia de colapso de la estructura, (formación de suficientes articulaciones plásticas para llegar a la falla de la estructura).

**e).- Métodos probabilísticos**

Las solicitaciones que actúan sobre las estructuras, así como las resistencias de estas son cantidades en realidad de naturaleza aleatoria, que no pueden calcularse por métodos determinísticos como se supone en los criterios de diseño anteriores.

### **3.2.- PARÁMETROS DE DISEÑO**

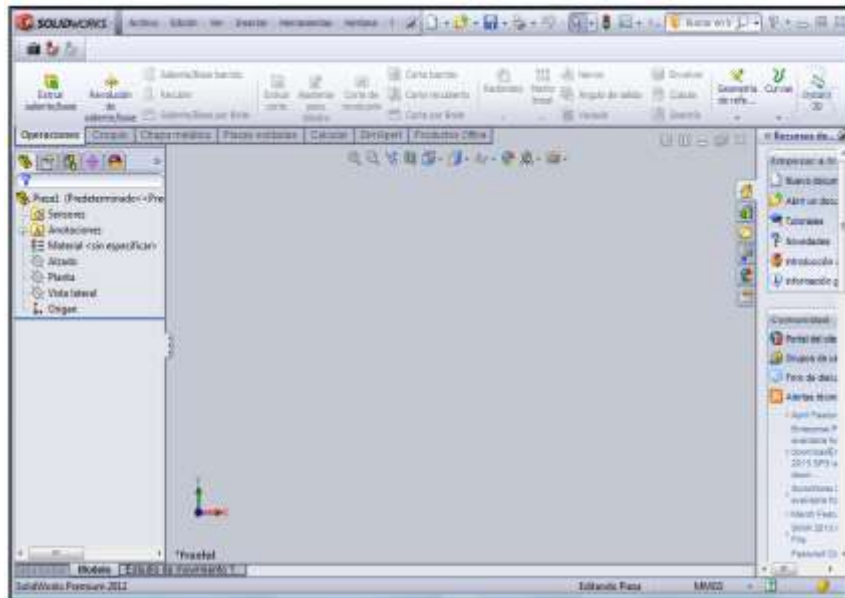
Antes de proceder con el análisis de esfuerzos y el diseño de la estructura se debe tomar en cuenta las cargas muertas y vivas que se van aplicar sobre la estructura y estas son el soporte o columna, brazo de la lámpara, lámpara infrarroja y la base que

influyen directamente en el diseño mecánico de los elementos del secador de pintura.

- Peso aproximado del brazo de la lámpara = 18 N
- Peso aproximado de la lámpara = 75 N
- Material de la estructura Acero estructural ASTM 36

### 3.2.1.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO MECÁNICO

#### a).- Solidworks 2012

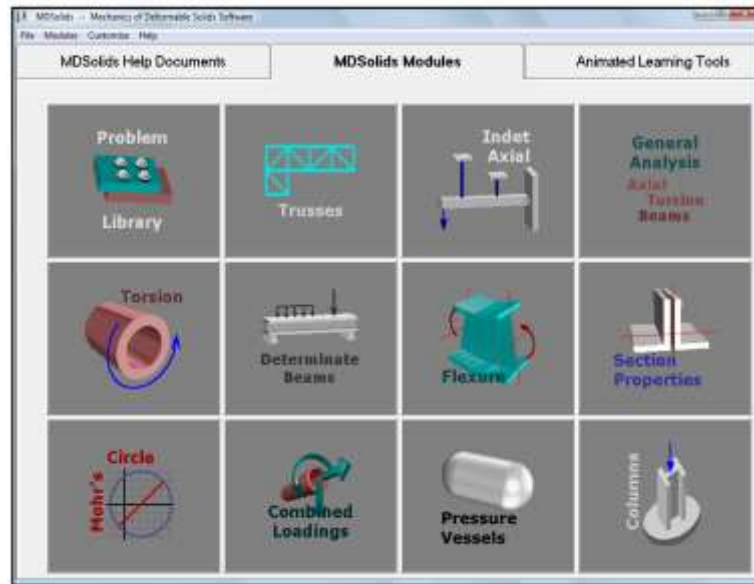


**Figura 3 1. Ventana de Solidworks**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Solidworks es un software de diseño computarizado que permite la modelación de elementos y piezas, unirlos para crear elementos más complejos, su versatilidad se nota en las instrucciones sencillas e interactivas a la hora de modelar piezas y elementos de manera interactiva.

## b).- MDSolids 3.5



**Figura 3.2. Ventana de MDSolids**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

MDSolids 3.5 es un software que se utiliza para el cálculo de estructuras, solicitaciones internas, centros de áreas, vigas, perfiles, columnas, etc. Ideal para estudiantes de ingeniería en que los materiales son importantes, muy útil en materias como elementos de maquinas, estática, etc.

### **3.3.- SELECCIÓN DE LOS MATERIALES**

Para seleccionar el material de la estructura base se ha optado por un acero fácil y seguro para trabajar como es el ASTM A36. Que ofrece una amplia gama de perfiles y planchas útiles para el uso del mecánico.

Este material es el resultado de la composición de elementos químicos, siendo el mas importante el hierro y el de menos presencia el carbón, el cual, no supera el 1.2% en peso de la composición, por lo general, alcanza porcentajes entre el 0.2% y el 0.3%, lo que facilita el proceso de moldeo de este acero.

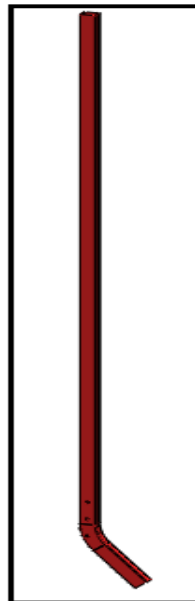
**Tabla 3.1. Propiedades del acero estructural ASTM A36**

Fuente: Biblioteca de materiales de Solidworks

Propiedades	
Nombre:	ASTM A36 Acero
Límite elástico:	2.5e+008 N/m <sup>2</sup>
Límite de tracción:	4e+008 N/m <sup>2</sup>
Módulo elástico:	2e+011 N/m <sup>2</sup>
Coefficiente de Poisson:	0.26
Densidad:	7850 kg/m <sup>3</sup>
Módulo cortante:	7.93e+010 N/m <sup>2</sup>

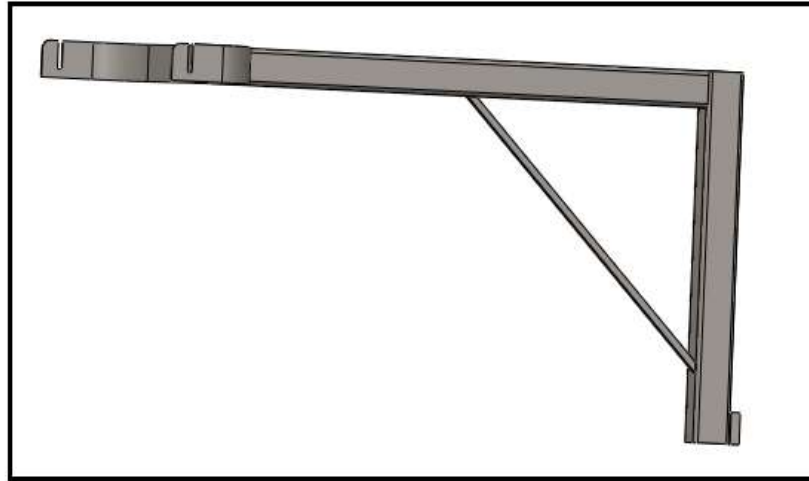
### **3.4.- MODELADO Y ENSAMBLAJE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS DEL SECADOR INFRARROJO**

Basado en el diseño conceptual, así como la geometría y dimensiones de la estructura base y demás componentes, se modelaron en SolidWorks las diferentes piezas que componen el banco de pruebas para determinar los diferentes esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad que tiene cada elemento del simulador.



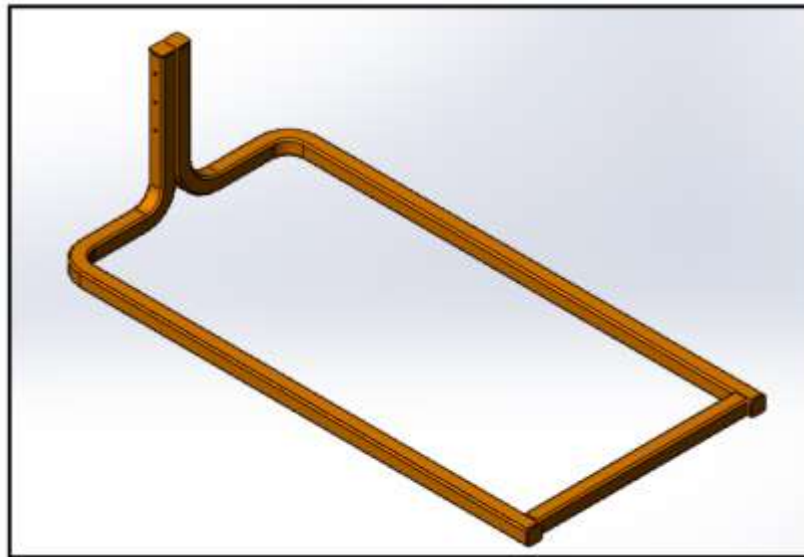
**Figura 3.3. Modelado y ensamblaje de la columna**

Fuente: Ángel Llumiyinga



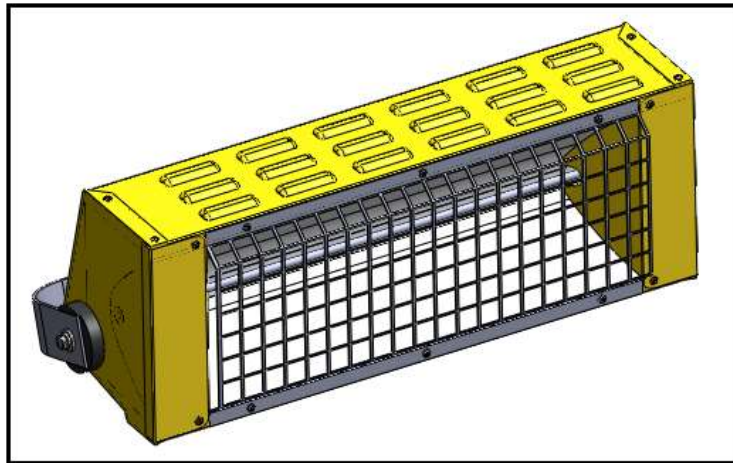
**Figura 3.4. Modelado y ensamblado del brazo**

Fuente: Ángel Llumiquinga



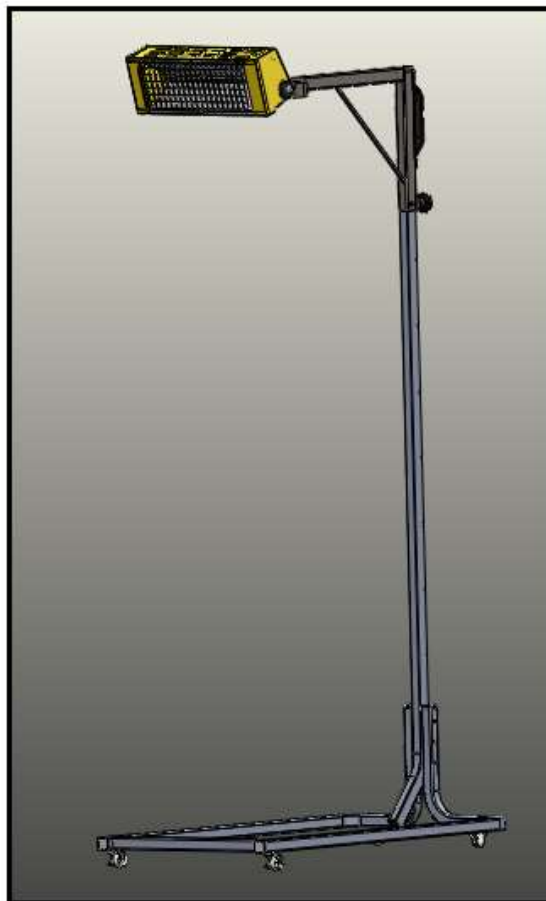
**Figura 3.5. Modelado y ensamblado de la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga



**Figura 3.6. Modelado y ensamble de la estructura de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquinga



**Figura 3.7. Modelado y ensamblado del secador infrarrojo**

Fuente: Ángel Llumiquinga



### **3.5.- DISEÑO DE LA ESTRUCTURA O COLUMNA**

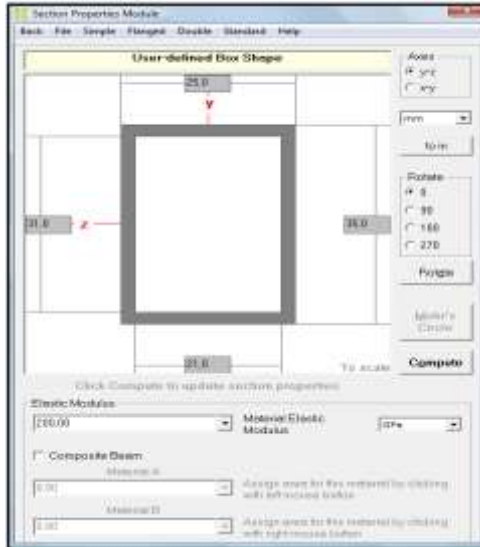
Esta estructura o columna soporta los elementos constitutivos del secador de pintura como: el brazo de la lámpara, la lámpara infrarroja, control electrónico, etc., por lo tanto, debe ser lo suficiente rígida para soportar el peso de estos elementos y de las cargas que se generen por el movimiento del aire.

La estructura o columna soporte será fabricada con tipos de perfiles estructurales de acero ASTM A36 cuyas propiedades mecánicas se muestran en la tabla 3.1.

#### **3.5.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA COLUMNA**

Para evitar una ruptura de la columna ya que esta es un miembro estructural que va a soportar una carga axial de compresión y que tiene a fallar por inestabilidad elástica o pandeo, más que por aplastamiento del material, la inestabilidad elástica es la condición de falla donde la forma de la columna no tiene la rigidez necesaria para mantenerla erguida bajo la carga.

Es obvio que este tipo de falla catastrófica se debe evitarse en estructuras como la que vamos a diseñar ya que si la carga es demasiada alta puede colapsar. En el caso de nuestro diseño la columna es relativamente larga y esbelta a la compresión ya que vamos a realizar un estudio de pandeo con la carga aplicarse. La tendencia de una columna a pandearse depende de la forma y las dimensiones de su sección transversal, de su longitud y la forma de fijarla.



**Figura 3.8. Sección transversal del tubo estructural Acero ASTM A 36**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

La formula de Euler se aplica cuando se plantea la hipótesis de que la columna es larga. La ecuación 1 seria la forma más adecuada, porque de ella despejamos el momento de inercia.<sup>15</sup>

$$I = \frac{NP_a(KL)^2}{\pi^2 E} \quad \text{Ec. 3.1}$$

Donde:

I = Momento de inercia

N = Factor de seguridad

Pa = Carga admisible

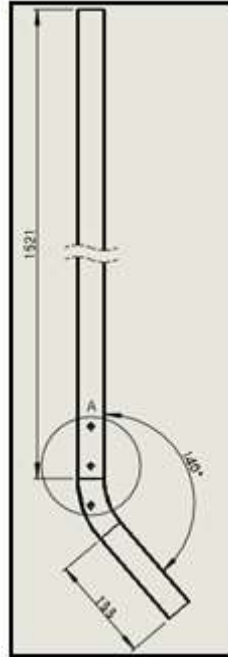
K = es la constante que depende del extremo fijo.

L = es la longitud real de la columna entre los dos soportes

E = Modulo de elasticidad del material

<sup>15</sup> MOTT, Robert. "Diseño de Elementos de Máquinas" pág. 230, cuarta edición 2006, México, Editorial pearson Education

Al tener el valor de **I** requerido, se puede determinar las dimensiones de la forma con cálculos adicionales, o buscar en tablas de datos las propiedades de perfiles comerciales disponibles.



**Figura 3.9. Dimensiones de la columna de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquire

### 3.5.2.- ESTUDIO DE CARGAS Y SUJECIONES

De acuerdo con lo mencionado en los parámetros de diseño, la columna o soporte debe resistir el peso del brazo de la lámpara, la lámpara y los componentes electrónicos.

- Peso total sobre la columna =  $(75 + 18)N = 93 N$  ó  $21 lb$

Entonces en el estudio de la columna de la lámpara infrarroja vamos a determinar el método de análisis más adecuado y si las cargas asignadas garantizan la seguridad bajo una diversidad de condiciones.

Los datos de la columna del secador infrarrojo son los siguientes:

- Longitud:  $L = 1774 \text{ mm}$  ó  $69.84 \text{ in.}$
- Acero ASTM A36 con sección transversal rectangular hueco
- Para la columna de la lámpara se emplea una constante de columna empotrada articulada  $K = 0.8$  que es el factor real de la constante de pandeo.
- Sección del tubo estructural se ubica en la figura 3.1

Calculamos la longitud efectiva con su respectiva formula y los datos obtenidos del diseño de la estructura.

$$L_e = KL \quad \text{Ec. 3.2}$$

Donde:

$L_e$  = longitud efectiva

$K$  = es la constante que depende del extremo fijo.

$L$  = es la longitud real de la columna entre los dos soportes

$$L_e = 1774 \text{ mm} * 0.8$$

$$L_e = 1419.2 \text{ mm} \text{ ó } 55.87 \text{ in.}$$

**NOTA:** Los cálculos para la longitud efectiva lo realizamos con una constante en el extremo fijo que es de valor real mientras que en la Figura 3.2 lo hacemos con el valor teórico que es de 0.7 en una columna empotrada articulada.

Con los datos, dimensiones y forma de la sección transversal de la columna calculamos el radio de giro.

$$r = \sqrt{I/A} \quad \text{Ec. 3.3}$$

Donde:

$r$  = es el radio de giro

$I$  = es el momento de inercia de la sección transversal, con respecto al eje para el que  $I$  es mínimo.

$A$  = es el área de la sección transversal.

Alternativamente el radio de giro se puede también calcular de acuerdo a la forma de la sección transversal del material a utilizarse. Para la sección transversal vamos a utilizar el radio de giro de un rectángulo. El radio de giro se calcula respecto al eje que produzca el menor valor. Es el eje  $Y - Y$

$$r_x = \frac{H}{\sqrt{12}} \quad \text{ó} \quad r_y = \frac{B}{\sqrt{12}} \quad \text{Ec. 3.4}$$

$$r_1 = \frac{B}{\sqrt{12}} = \frac{25}{\sqrt{12}} = 7.21 \text{ mm}$$

$$r_2 = \frac{B}{\sqrt{12}} = \frac{21}{\sqrt{12}} = 6.06 \text{ mm}$$

$$r_t = r_1 - r_2 = 7.21 - 6.06 = 1.14 \text{ mm} \quad \text{ó} \quad 0.0448 \text{ in}$$

Cálculo de la relación de esbeltez.

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{L_e}{r_{\min}} = \frac{KL}{r_{\min}} \quad \text{Ec. 3.5}$$

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{1419.2 \text{ mm}}{1.14 \text{ mm}} = 1244.17 \quad \text{ó}$$

$$\text{Relación de esbeltez} = \frac{55.87 \text{ in}}{0.0448 \text{ in}} = 1247.09$$

Calcular la constante de la columna, con la formula respectiva para el acero estructural ASTM A36, la resistencia de fluencia  $S_y = 36000$  psi y el módulo de elasticidad es de  $30 \times 10^6$  psi.

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2 E}{S_y}} \quad \text{Ec. 3.6}$$

Donde:

$E$  = es el módulo de elasticidad del material de la columna

$S_y$  = es la resistencia de fluencia del material

$$C_c = \sqrt{\frac{2\pi^2(30 * 10^6)\text{psi}}{36000 \text{ psi}}} = 128.25$$

**NOTA:** compare  $C_c$  con  $KL/r$ . como  $C_c$  representa el valor de la relación de esbeltez que separa una columna larga de una corta, el resultado de la comparación indica que clase de análisis se debe tomar.

- Si  $KL/r$  real es mayor que  $C_c$  la columna es larga. Se emplea la ecuación de Euler.

$$P_{er} = \frac{\pi^2 EA}{(KL/r)^2} \quad \text{Ec. 3.7}$$

- Si  $KL/r$  es menor que  $C_c$  la columna es corta. Se emplea la formula de J.B. Jhonson.

$$P_{er} = A_{S_y} \left[ 1 - \frac{S_y(KL/r)^2}{4\pi^2 E} \right] \quad \text{Ec. 3.8}$$

Donde:

$P_{er}$  = es la carga crítica del pandeo

$P_a$  = es la carga admisible

$P$  = carga real aplicada

$N$  = factor de diseño

$$P_a = \frac{P_{er}}{N} \quad \text{Ec. 3.9}$$

La estructura del secador infrarrojo es una columna larga debido a la condición de  $KL/r$  es mayor que  $C_c$ .

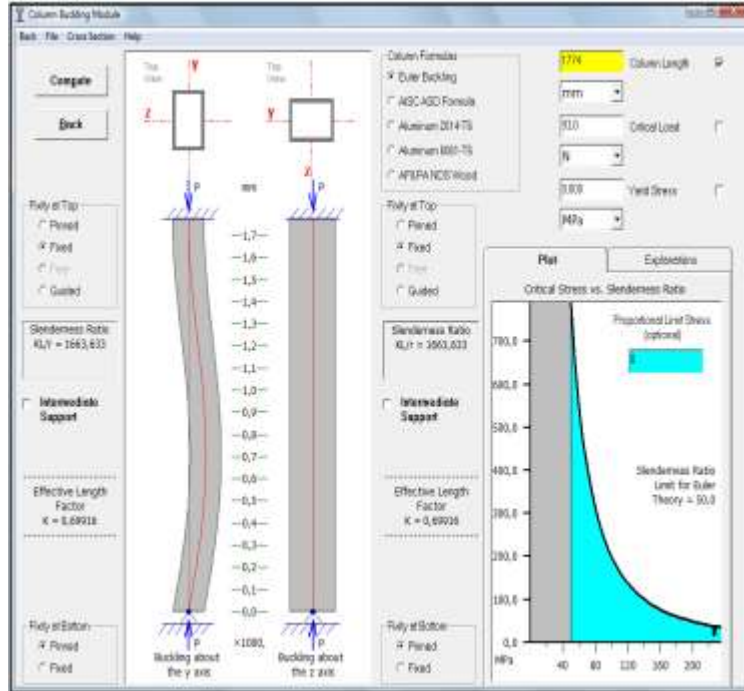
Entonces la carga crítica es:

$$P_{er} = \frac{\pi^2(30 * 10^6)psi * 0.247in^2}{(1247.09)^2} = 47.02 \text{ lb } \acute{o} \text{ 210.66 N}$$

Con esta carga, la columna comenzara apenas a pandearse. Una carga segura tendría un valor menor, que se calcula al aplicarse el factor de diseño a la carga crítica. Se empleara  $N = 3$  para calcular la carga admisible.

$$P_a = \frac{47.02 \text{ lb}}{3} = 15.67 \text{ lb } \acute{o} \text{ 70.21 N}$$

La carga crítica es de 15.67 lb.



**Figura 3.10. Cálculos de la columna con un factor de  $K=0.7$  valor teórico**  
**Fuente: Ángel Llumiquinga.**

Las sujeciones de la columna se le asignan en la base, en los puntos de anclaje que esta dado en la parte inferior de la columna conectada a la base con tres pernos parcialmente roscados.



**Figura 3.11. Asignación de cargas y sujeciones en la columna**  
**Fuente: Ángel Llumiquinga**



### 3.5.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE DISEÑO

Una vez asignada las cargas y las sujeciones se procede a mallar el modelo de la columna para luego ejecutar su estudio de diseño.



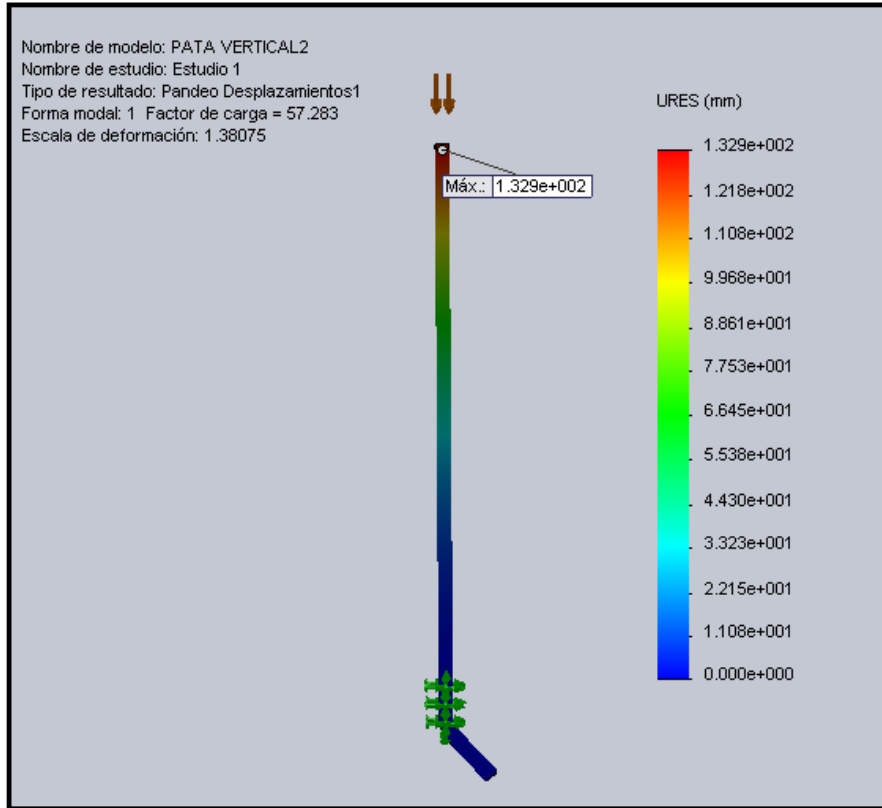
**Figura 3.12. Mallado del modelo de la columna**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 3.3.4.- RESULTADOS

Luego de mallar el modelo de la columna del secador se ejecuta su análisis de esfuerzos en el programa SolidWorks Simulation, obteniéndose los siguientes resultados.

**a).- Pandeo de la columna**

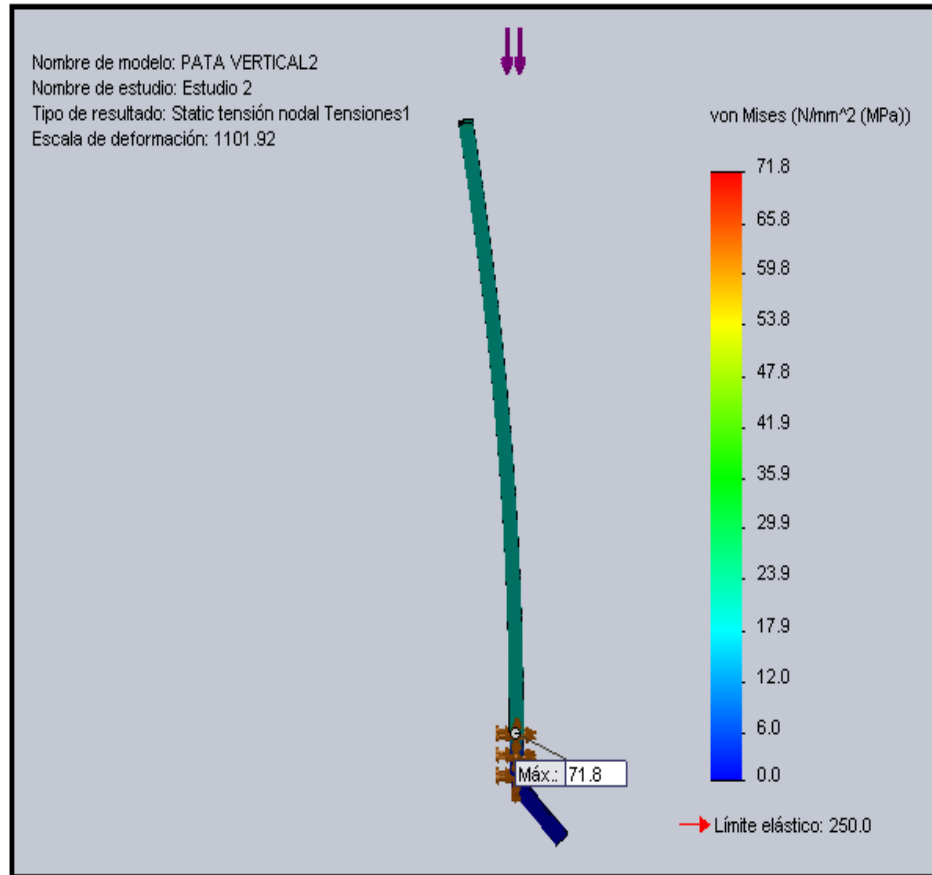


**Figura 3.13. Pandeo desplazamiento de la columna**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Al estudiar la figura 3.13 se observa que el máximo esfuerzo de pandeo desplazamiento de la columna es en la parte superior con un valor de 1.329e+002 mm, sin embargo, al tomar en cuenta las dimensiones del tubo estructural que se encuentra en la figura 3.8 se establece que este desplazamiento no afecta su funcionamiento normal y seguro.

## b).- Esfuerzo de Von Mises

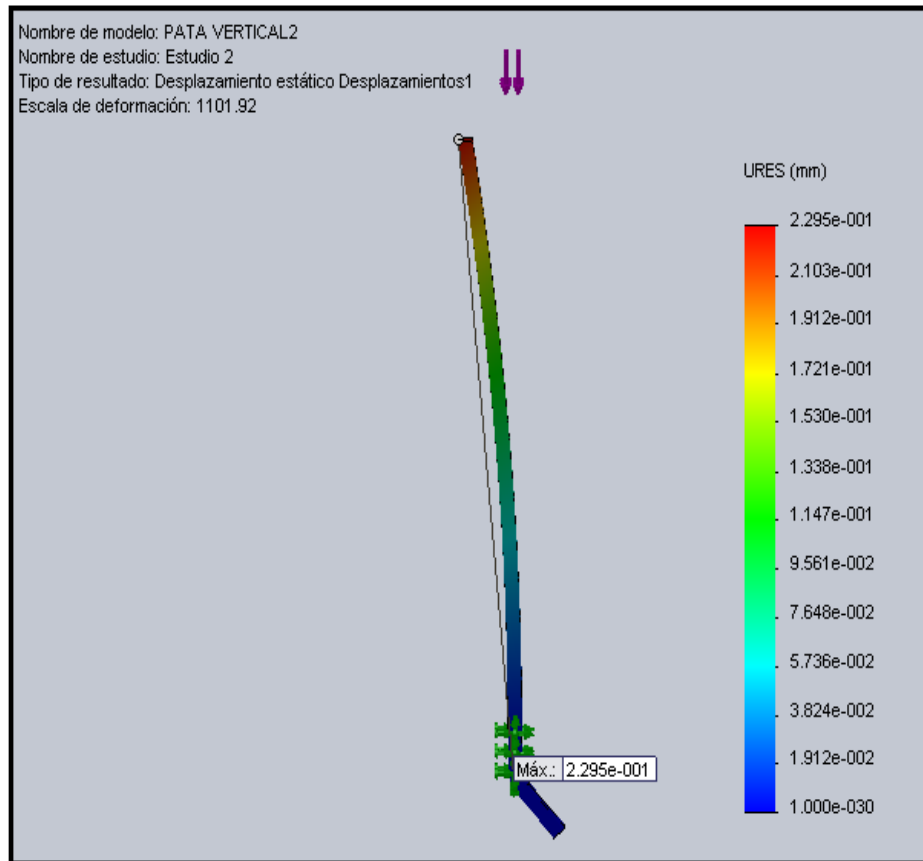


**Figura 3.14. Tensión de Von Mises en la columna**

Fuente: Ángel Llumiyinga

Al analizar la figura 3.14 se observa que la máxima tensión de Von Mises en la columna es de 71.8MPa y se produce en los pernos de sujeción que unen a la base con la columna, al ser esta tensión menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A36, la estructura soporte no falla.

### c).- Desplazamientos Resultantes

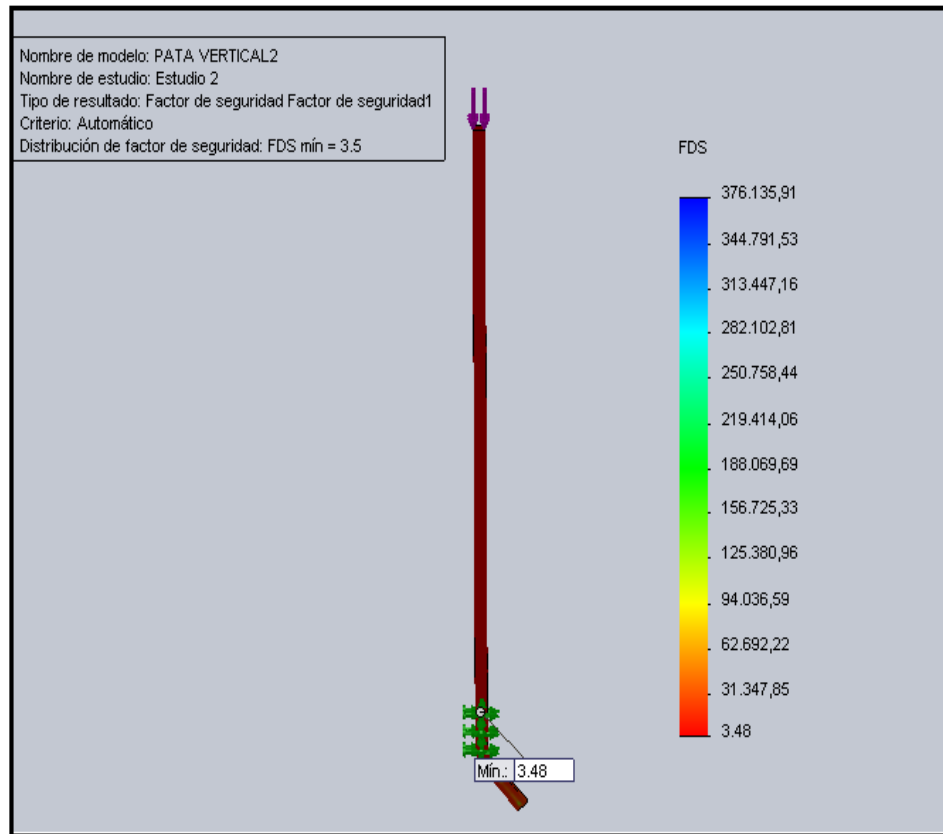


**Figura 3.15. Desplazamientos resultantes en la columna**

Fuente: Ángel Llumiquinga

En la figura 3.15 se observa que los desplazamientos estáticos máximos se produce en la parte superior de la columna y su valor es de  $2.295e-001$ mm, sin embargo, al tomar en cuenta las características del tubo estructural se considera un desplazamiento estático seguro.

#### d).- Factor de seguridad



**Figura 3.16. Factor de seguridad en la columna**

Fuente: Ángel Llumiquina

Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 3.16 se observa que las zonas críticas se encuentra en la parte de los pernos de sujeción con la base del secador, sin embargo el valor mínimo del factor de seguridad es de 3.48 y se concluye que el diseño de la columna del secador es segura.

### **3.6.- DISEÑO DEL BRAZO DEL SECADOR INFRARROJO**

#### **3.6.1.- DIMENSIONAMIENTO DEL BRAZO DEL SECADOR INFRARROJO**

El brazo de la lámpara infrarroja soporta el peso de los elementos electrónicos por lo tanto el diseño debe estar lo suficientemente seguro para que el nivel de esfuerzo al que está sometido el brazo no sufra deformidades y mucho menos una ruptura.

Para que no sufra ningún daño el soporte debemos estudiar la resistencia del material para determinar si es lo suficiente resistente a las cargas y esfuerzos sometidos.

En el diseño del brazo de la lámpara vamos a analizar la fuerza o fuerzas que ejercen sobre el soporte mediante los principios de la estática.

El brazo ó soporte de la lámpara infrarroja también está fabricado con diferentes tipos de perfiles estructurales de acero ASTM A36 cuyas propiedades mecánicas se muestran en la tabla 3.1.

El brazo de la lámpara le vamos a analizar como una viga que soporta cargas transversales y su eje desarrollara fuerza de corte las cuales se representara con la letra **V**. en el análisis vamos a calcular la variación de la fuerza cortante a todo lo largo de la viga y trazar el diagrama de fuerzas cortantes.<sup>16</sup>

$$\tau_{\text{más}} = 3V/2A \text{ (exacta)} \quad \text{Ec. 3.10}$$

La ecuación 10 es una formula especial para nuestra sección transversal rectangular que se encuentra en la figura 3.8

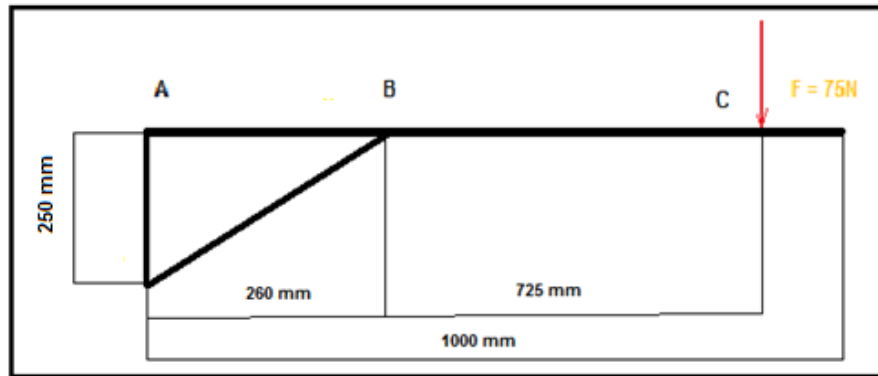
---

<sup>16</sup> MOTT, Robert. "Diseño de Elementos de Máquinas" pág. 104, cuarta edición 2006, México, Editorial pearson Education

Donde:

$V$  = Fuerza de corte máximo

$A$  = Superficie transversal de la viga



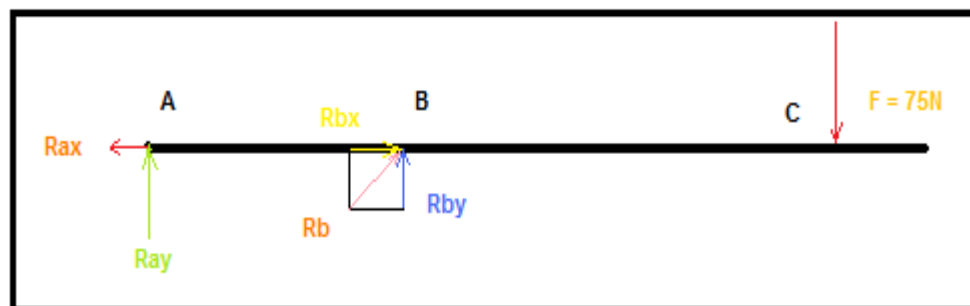
**Figura 3.17. Dimensiones del brazo del secador**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 3.6.2.- ASIGNACIÓN DE CARGAS Y SUJECIONES

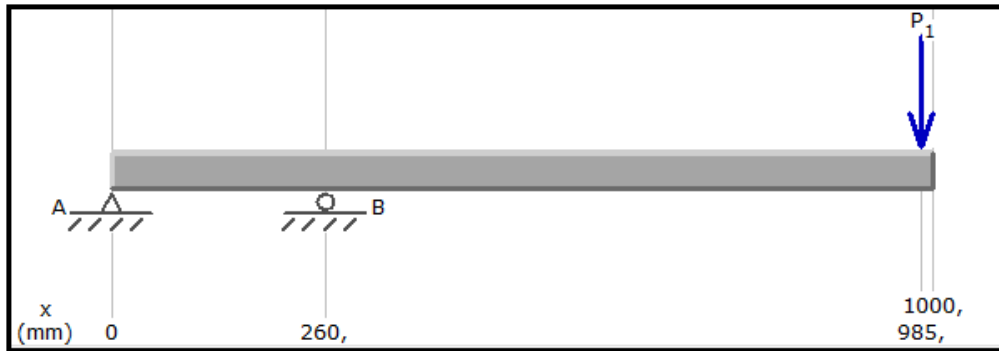
De acuerdo con lo mencionado en los parámetros de diseño, el brazo soporte debe resistir el peso de los componentes elementos electrónicos siendo estos componentes muy delicados.

- Peso total de la lámpara con los componentes electrónicos = 75 N



**Figura 3.18. Diagrama de cuerpo libre**

Fuente: Ángel Llumiquinga



**Figura 3.19. Diagrama de la viga MDSolids**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Para seguir con el diseño del brazo de la lámpara determinamos los diagramas de fuerza cortante y momentos flectores para el estudio estático del brazo.

El diagrama de fuerzas cortantes podemos definir que es el esfuerzo como la resistencia interna que ofrece una unidad de área de un material contra una carga externa aplicada.

Cálculos para la obtención del diagrama de fuerzas cortantes y momento flectores.

Como primer paso calculamos el ángulo y la fuerza resultante  $R_B$ .

En este punto se debe reconocer que el puntual  $R_B$  está articulado en cada uno de sus extremos y solo soporta cargas en sus extremos. Por consiguiente en un miembro de dos fuerzas y la dirección de la fuerza total  $R_B$  actúa a lo largo del mismo elemento, entonces se encuentra a mas compresión que tensión.

Datos:

$$R_y = 250 \text{ mm}$$

$$R_x = 260 \text{ mm}$$



$$\tan \phi = \frac{Y}{X} \quad \text{Ec. 3.11}$$

$$\tan \phi = \frac{250 \text{ mm}}{260 \text{ mm}}$$

$$\tan \phi = 43,87^\circ$$

$$\sum F_x = 0$$

$$-R_{AX} + R_B \cos 43.87^\circ = 0 \quad \text{Ec. 3.12}$$

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{AY} + R_B \sin 43.87^\circ - P_1 = 0 \quad \text{Ec. 3.13}$$

$$\sum M_A = 0$$

$$R_B \sin \phi * 260 \text{ mm} - P_1 * 985 \text{ mm} = 0 \quad \text{Ec. 3.14}$$

$$R_B \sin 43.87^\circ * 260 \text{ mm} - 75 \text{ N} * 985 \text{ mm} = 0$$

$$R_B = 409,993 \text{ N}$$

Entonces  $R_B$  en la Ec. 3. 13.

$$R_{AY} + 409.993 \sin 43.87^\circ - 75 = 0$$

$$R_{AY} = -209.135 \text{ N}$$

Entonces  $R_B$  en la Ec. 3.12

$$-R_{AX} + 409.993 \cos 43.87^\circ = 0$$

$$R_{AX} = -295.569$$

La fuerza  $R_{BX}$  se puede calcular por medio del teorema de Pitágoras y despejando  $R_{BY}$  de la ecuación de la tangente.

$$R_B = \sqrt{R_{BX}^2 + R_{BY}^2}$$

$$R_B = \sqrt{R_{BX}^2 + (R_{BX} \tan 43.87^\circ)^2}$$

$$R_B = \sqrt{R_{BX}^2 + 0.9241R_{BX}^2}$$

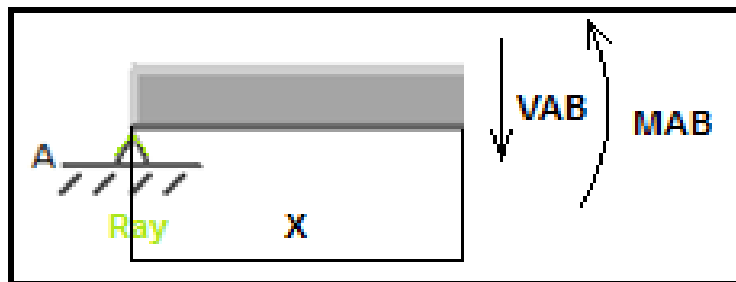
$$R_{BX} = 295.569 \text{ N}$$

Entonces por medio de la ecuación del ángulo de la tangente se calcula  $R_{BY}$ .

$$R_{BY} = 295.569 * \tan 43.87^\circ$$

$$R_{BY} = 284,135 \text{ N}$$

Tramo AB



**Figura 3.20. Tramo AB**

Fuente: Ángel Llumiquinga

$$\sum F_y = 0$$

$$R_{AY} - V_{AB} = 0$$

$$-209,135 - V_{AB} = 0$$

$$V_{AB} = -209,135 \text{ N}$$

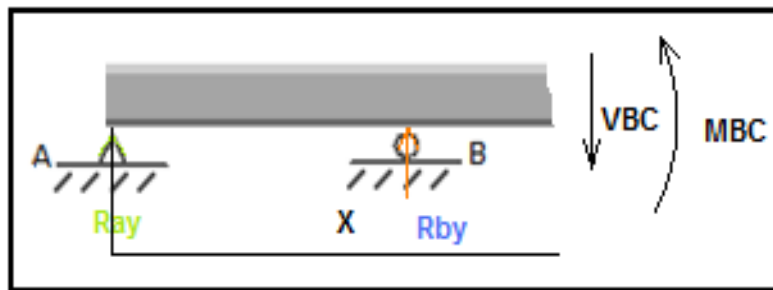
$$\sum M_{AB} = 0$$

$$R_{AY} * X - M_{AB} = 0$$

$$-209,135 X - M_{AB} = 0$$

$$M_{AB} = -209,135 X \text{ Nmm}$$

Tramo BC



**Figura 3.21. Tramo BC**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - V_{BC} = 0$$

$$-209,135 + 284,135 - V_{BC} = 0$$

$$V_{BC} = 75 \text{ N}$$

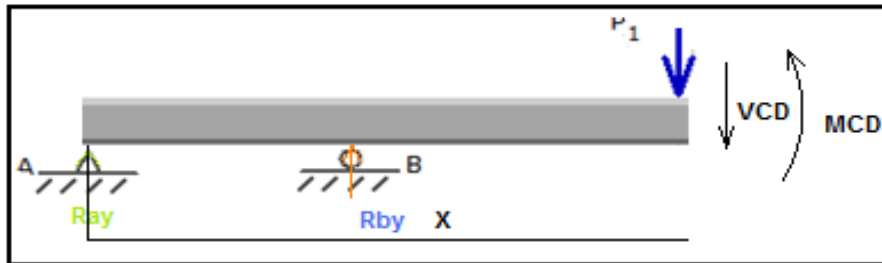
$$\sum M_{AB} = 0$$

$$R_{AY} * X + R_{BY}(X - 260) - M_{BC} = 0$$

$$-209,135 X + 284,569(X - 260) - M_{BC} = 0$$

$$M_{BC} = -209,135 X \text{ Nmm} + 284,135(X - 260) \text{ Nmm}$$

Tramo CD



**Figura 3.22. Tramo BC**

Fuente: Ángel Llumiquinga

$$\sum F_Y = 0$$

$$R_{AY} + R_{BY} - P_1 - V_{CD} = 0$$

$$-209,135 + 284,135 - 75 - V_{CD} = 0$$

$$V_{CD} = 0 \text{ N}$$

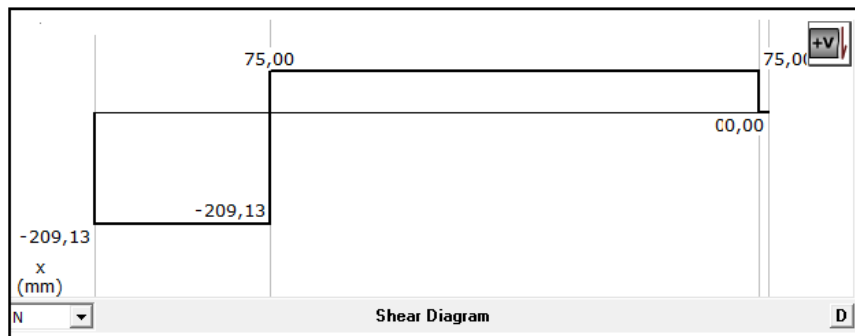
$$\sum M_{AB} = 0$$

$$R_{AY} * X + R_{BY}(X - 260) - P_1(X - 985) - M_{CD} = 0$$

$$-209,135 X + 284,569(X - 260) - M_{CD} = 0$$

$$M_{CD} = -209,135X \text{ Nmm} + 284,135(X - 260) \text{ Nmm} - 75(X - 985) \text{ Nmm}$$

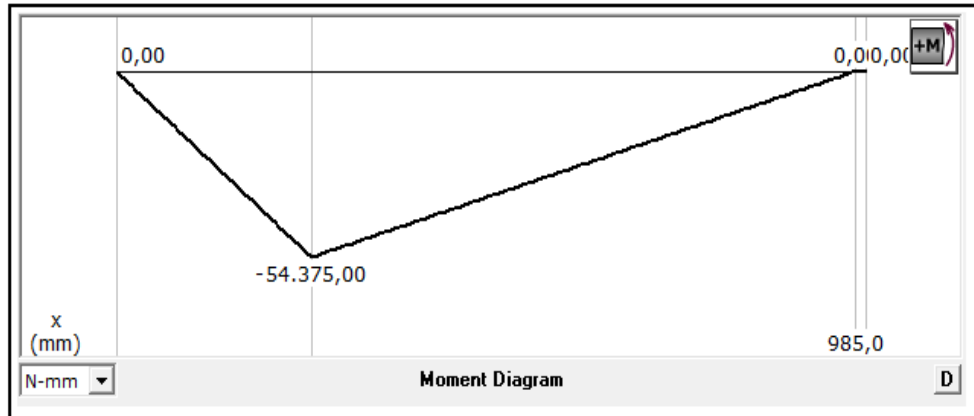
Diagrama de fuerzas cortantes



**Figura 3.23. Diagrama de fuerzas cortantes**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### Diagrama de momentos flectores



**Figura 3.24. Diagrama de momentos flectores**

Fuente: Ángel Llumiangua

Momento flector máximo.

$$M_{max} = -54.375 \text{ N} - \text{mm} \text{ ó } -54.38 \text{ N} - \text{m}$$

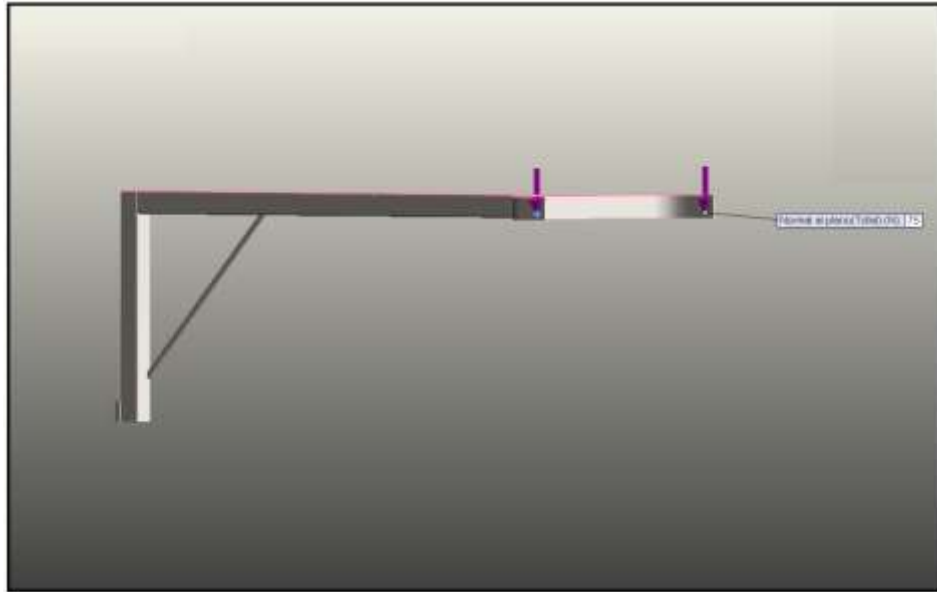
Examinando los diagramas de las figuras 3.23 y 3.24 observamos lo siguiente.

El brazo de la lámpara actúa como una viga en flexión. En el extremo derecho entre los puntos B, C y D se somete a esfuerzo de flexión y a esfuerzo cortante vertical.

Entre los puntos A y B existen flexión y cortante combinados con un esfuerzo de tensión axial.

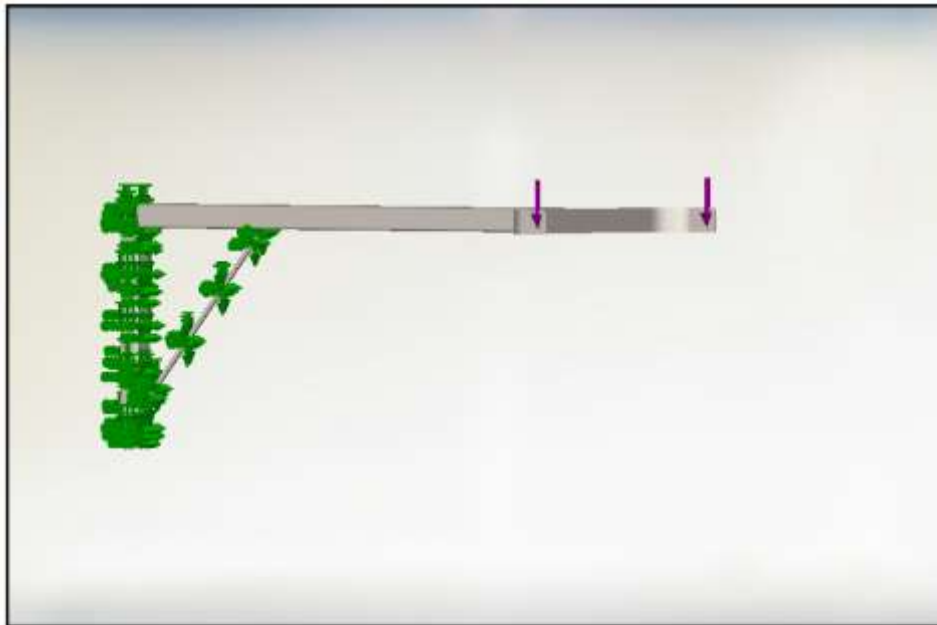
Para finalizar con el proceso de diseño del brazo de la lámpara infrarroja las partes de la columna y brazo soportan fuerzas perpendiculares a sus ejes longitudinales y en consecuencia funcionan como vigas en flexión.

Las sujeciones del brazo de la lámpara se les asignan en la manilla y en su perilla, que son los puntos de unión a la columna de la lámpara.



**Figura 3.25. Asignación de carga**

Fuente: Ángel Llumiñana

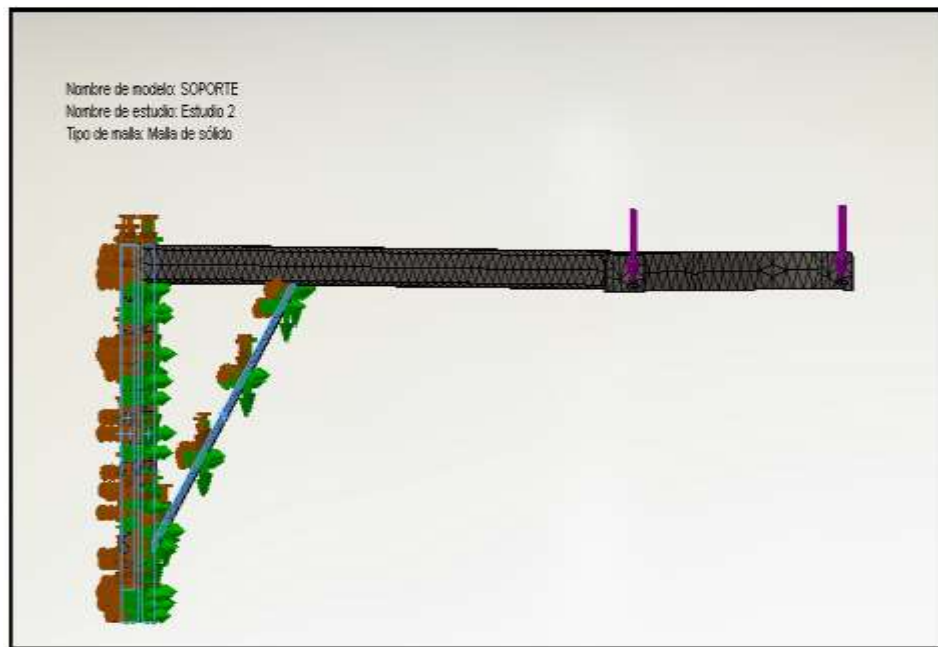


**Figura 3.26. Sujeción a la estructura soporte**

Fuente: Ángel Llumiñana

### 3.6.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE ESTUDIO DE DISEÑO

Una vez asignado las cargas y las respectivas sujeciones se procede a mallar el modelo de la estructura para luego realizar su estudio de diseño.



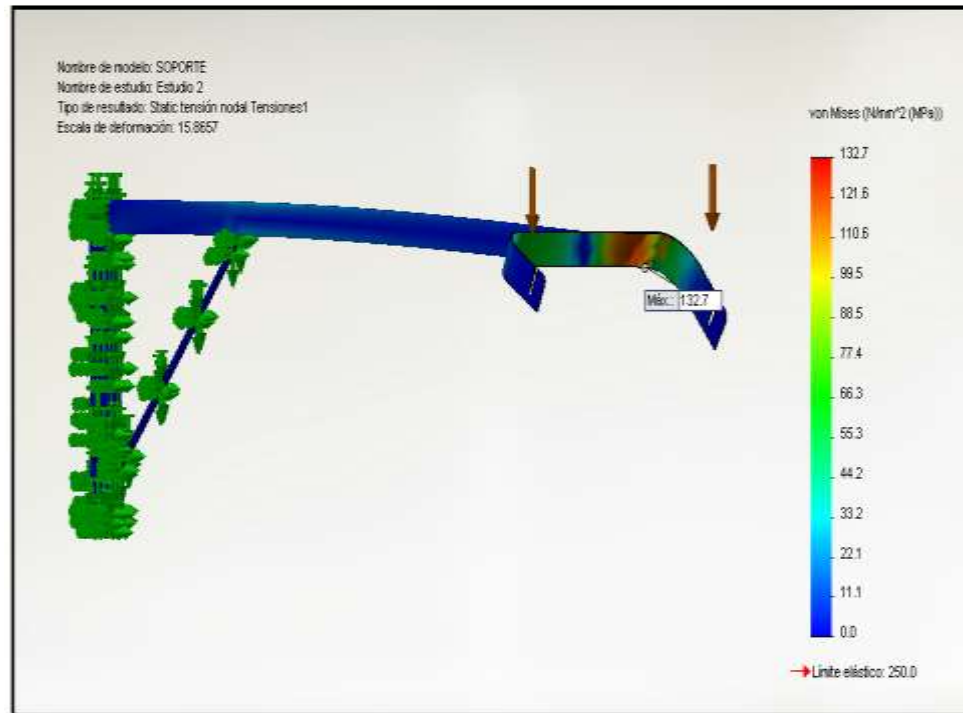
**Figura 3.27. Mallado del modelo del brazo de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 3.6.4.- RESULTADOS

Luego de mallar el modelo del brazo de lámpara se ejecuta su análisis de esfuerzos en el programa SolidWorks Simulation, obteniéndose los siguientes resultados.

**a).- Esfuerzo de Von Mises**



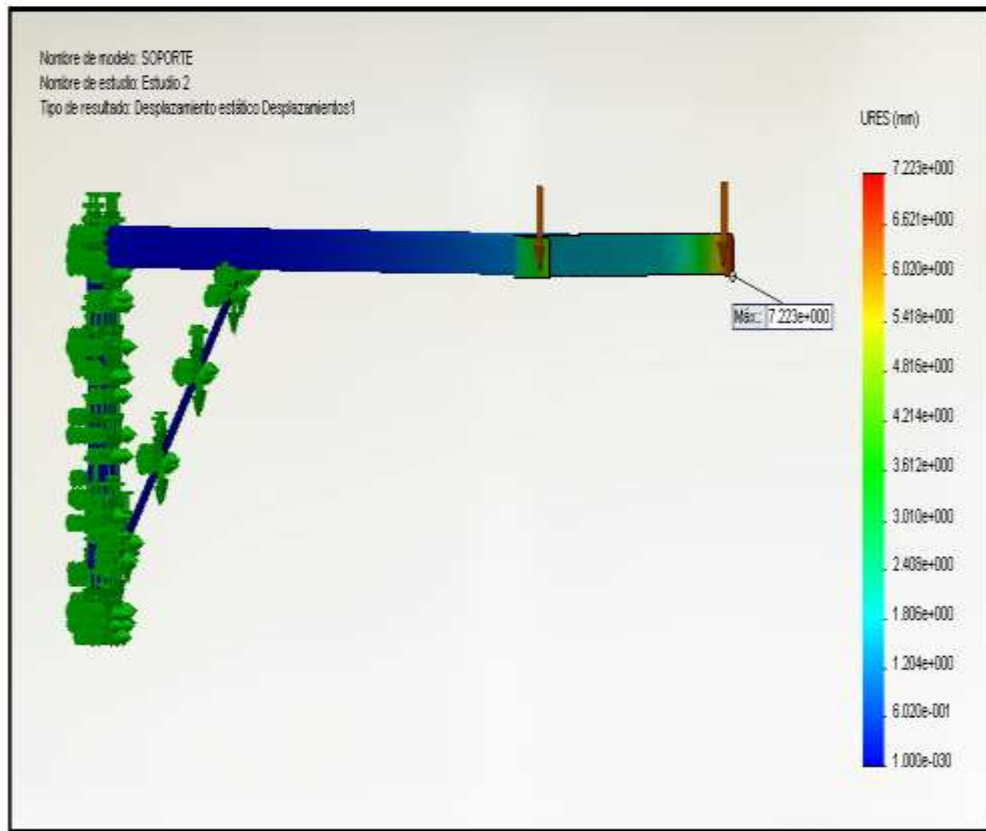
**Figura 3.28. Tensión de Von Mises en el brazo de la lámpara**

**Fuente:** Ángel Llumiquina

Al analizar la figura 3.28 se observa que la máxima tensión de Von Mises en el soporte de la lámpara es de 132.7 MPa y se produce en la platina que soporta el peso de la lámpara, sin embargo, al ser esta tensión menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A36, la estructura no falla.



## b).- Desplazamientos Resultantes

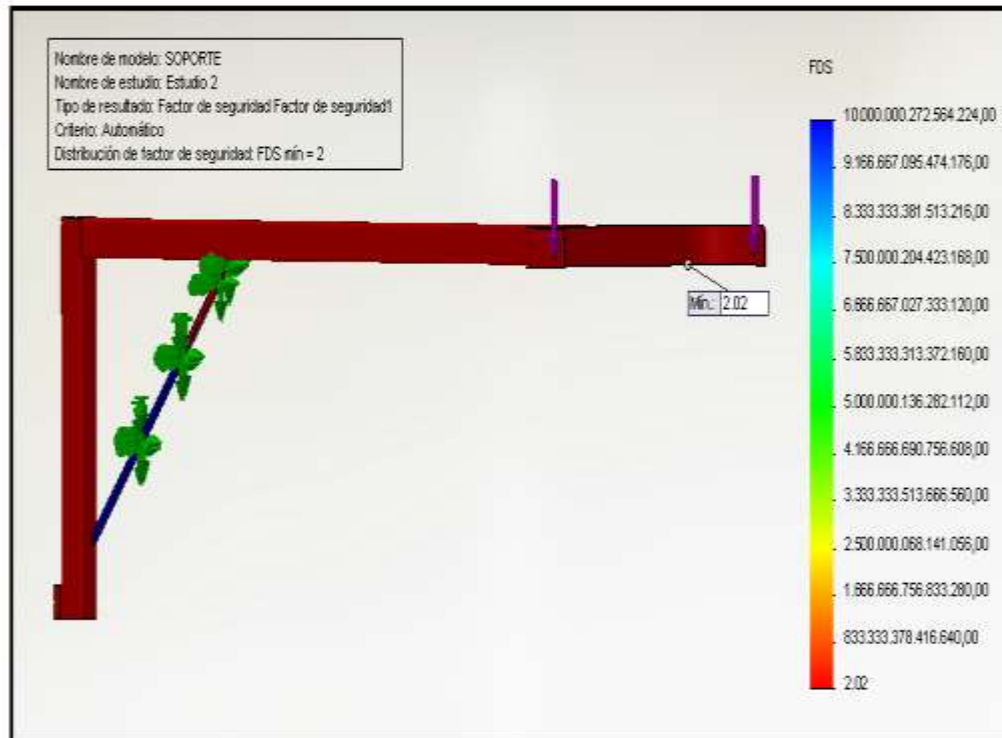


**Figura 3.29. Desplazamientos resultantes en el brazo de la lámpara**

**Fuente:** Ángel Llumiquina

En la figura 3.29 se observa que los desplazamiento máximos se producen al final del brazo y su valor es de  $7.223e+000$  mm, sin embargo, al tomar en cuenta las dimensiones del brazo se considera que este desplazamiento no afecta su funcionamiento normal y seguro.

### c).- Factor de Seguridad



**Figura 3.30. Factor de seguridad en la estructura soporte**

Fuente: Ángel Llumiquinga

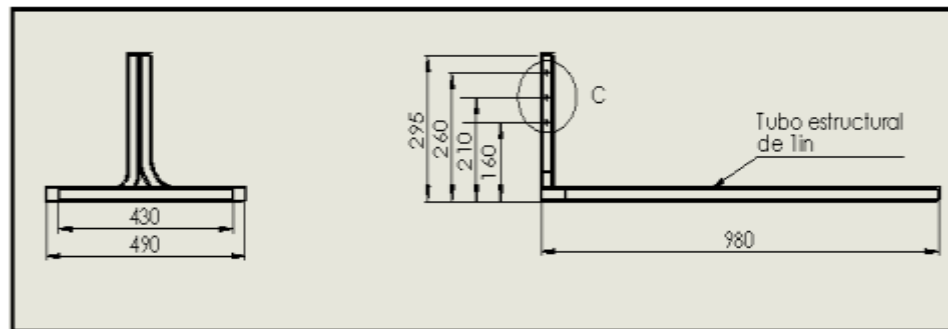
Con respecto a la distribución del factor de seguridad en la figura 3.30 se observa que las zonas críticas se encuentran en la platina que soporta el peso de la lámpara y sus componentes electrónicos, sin embargo el valor mínimo del factor de seguridad es de 2.02, se concluye que el diseño del brazo de la lámpara es seguro.

## 3.7.- DISEÑO DE LA BASE DE LA LÁMPARA

### 3.7.1.- DIMENSIONAMIENTO DE LA BASE DE LA LAMPARA

Sobre la base de la lámpara infrarroja descansa la columna, el brazo y los componentes electrónicos, por lo tanto, la base de la lámpara debe ser lo suficientemente rígida para soportar el peso de todos los componentes juntos ya mencionados y de las cargas que se generen por el movimiento del aire.

En el dimensionamiento de la base vamos a aplicar el mismo análisis del brazo de la lámpara.

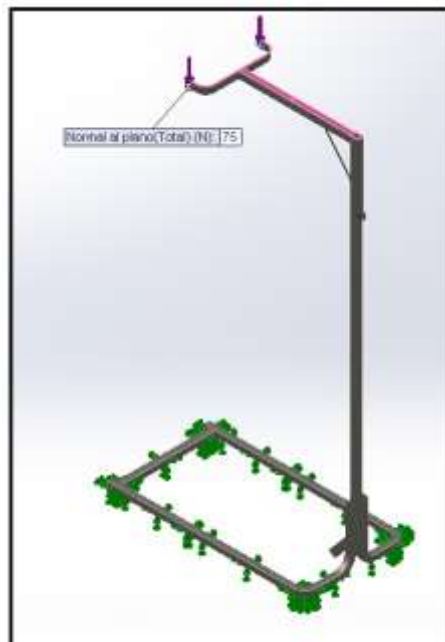


**Figura 3.31. Dimensiones de la base de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 3.7.2.- ASIGNACIÓN DE CARGAS Y SUJECIONES

La base será fabricada con un tubo de acero estructural ASTM A36 en forma de “u” para lo cual las dos patas inferiores que forman la base serán sujetadas con tres pernos a la columna donde se realizarán los mayores esfuerzos.

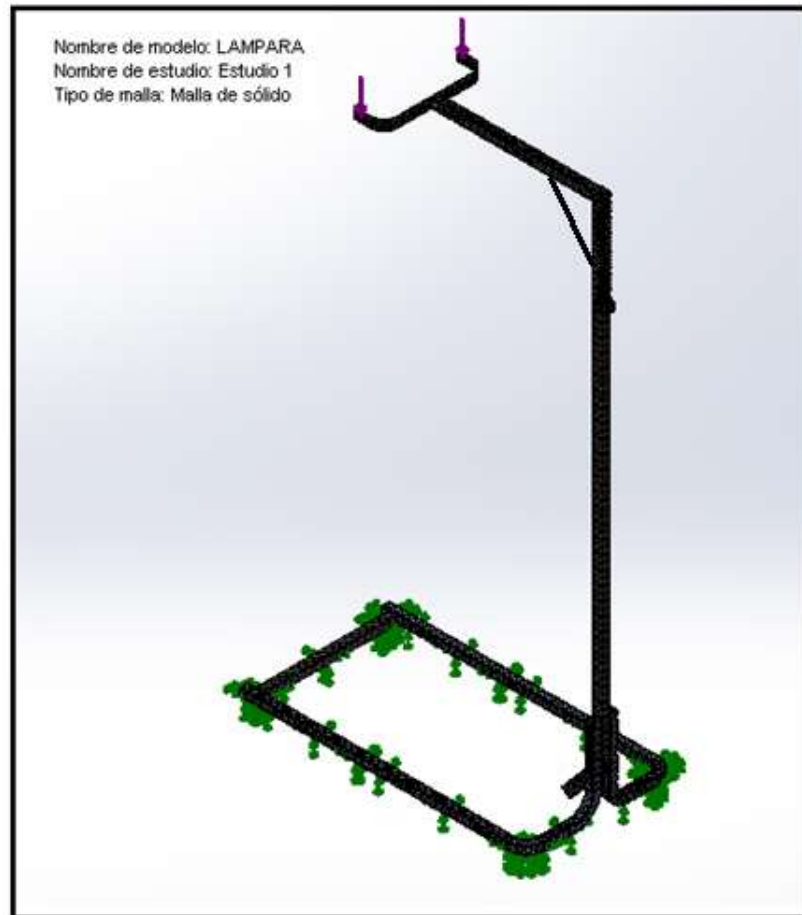


**Figura 3.32. Asignación de cargas y sujeciones de la base de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 3.7.3.- MALLADO Y EJECUCIÓN DE ESTUDIO DE DISEÑO

Luego de asignar las cargas y sujeciones a la base de la lámpara, se procede a mallar el modelo.



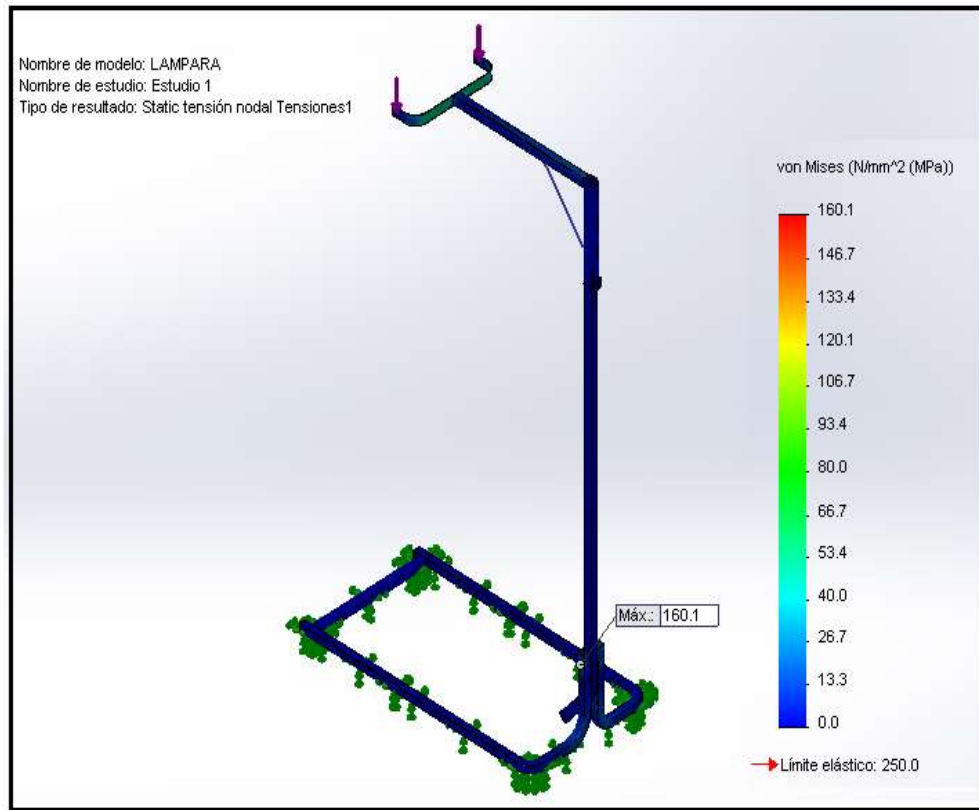
**Figura 3.33. Mallado del modelo de la base**

**Fuente:** Ángel Llumiquire

### 3.7.4.- RESULTADOS

Una vez mallado el modelo se procede a realizar el análisis de esfuerzos de la base en el programa SolidWorks Simulation, obteniéndose los siguientes resultados.

**a).- Esfuerzo de Von Mises**

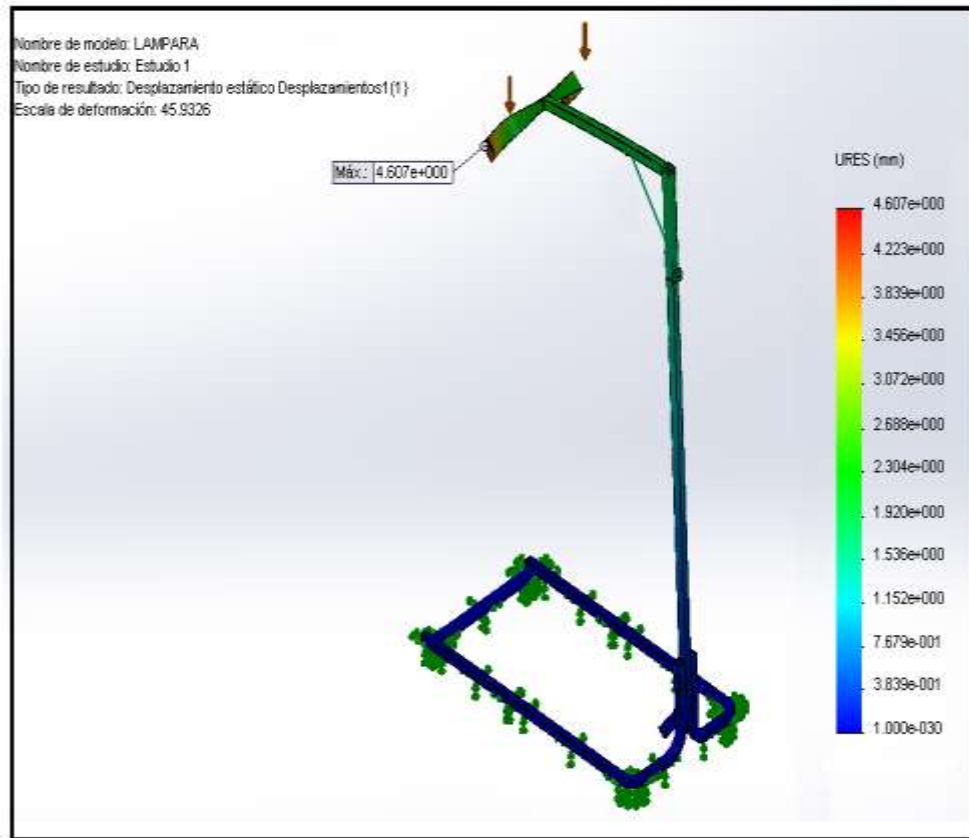


**Figura 3.34. Tensión de Von Mises en la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga

En la figura 3.34 se observa que la máxima tensión de Von Mises es de 160.1 MPa y se produce en la junta empernada entre la unión de la base y la columna, sin embargo esta tensión es menor que el límite elástico del acero estructural ASTM A36, por lo tanto la base puede resistir todos los componentes sin fallar la tensión máxima.

## b).- Desplazamientos resultantes

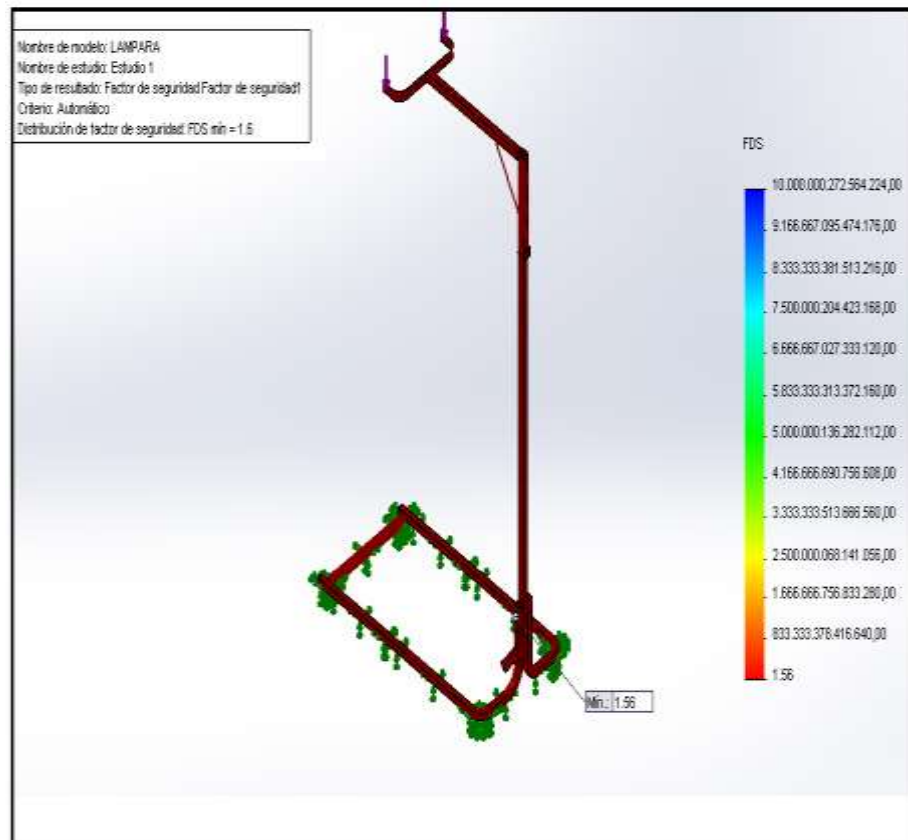


**Figura 3.35. Desplazamientos resultantes en la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Al analizar la figura 3.35 se observa que el desplazamiento máximo ocurre en la parte superior en el soporte donde descansa la lámpara con sus componentes electrónicos y su valor es de  $4.607e+000\text{mm}$ , por lo que se considera que no afecta el funcionamiento de la base.

### c).- Factor de Seguridad



**Figura 3.36. Distribución del factor de seguridad en la base**

Fuente: Ángel Llumiangua

Con respecto al factor de seguridad, en la figura 3.36 se muestra su distribución y se observa que las partes críticas se encuentran en las juntas empennadas entre las dos patas inferiores de la base y la columna y su valor mínimo es de 1.56, por lo que se concluye que el diseño de la base es seguro.

## CAPÍTULO IV

### 4.- DISEÑO Y ELECCIÓN DE LOS ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

#### 4.1.- HIPÓTESIS

¿El diseño y construcción de un secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente permitirá optimizar un acabado de calidad en las zonas dedicadas a los trabajos rápidos de pintura mediante el control de ajuste electrónico y la determinación de la temperatura?

#### 4.2.- METAS

- Diseño de los elementos eléctricos y electrónicos del sistema infrarrojo a las ocho semanas de iniciar el proyecto.
- Pruebas de funcionamiento del equipo para determinar el nivel de sofisticación necesario para optimizar el calentamiento de la pintura con el sistema infrarrojo, a las doce semanas de iniciar el proyecto.
- Aplicación del calentador de pintura infrarrojo en cualquier parte de la carrocería de un vehículo, a las 16 semanas de iniciar el proyecto.

#### 4.3.- VARIABLE INDEPENDIENTE

Sistemas eléctricos y electrónicos.

**Tabla 4.1. Variables independientes**

Fuente: Ángel Llumiquinga

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Diseñar y construir un secador infrarrojo de pintura automotriz mediante un control electrónico y sensores de distancia y temperatura.	Tecnológica	Número de señales de sensores que recibe el sistema.	¿Cuáles son los sensores necesarios para el funcionamiento del sistema?



### 4.3.- VARIABLE DEPENDIENTE

Secador infrarrojo.

**Tabla 4.2. Variables dependientes**

Fuente: Ángel Llumiquinga

CONCEPTO	CATEGORÍA	INDICADOR	PREGUNTAS
Elevar el rendimiento del taller ya que permitirá mejorar la calidad del acabado en un tiempo óptimo.	Tecnológica	Nivel de calidad del acabado  Variables a monitorear del comando electrónico	¿Cómo se podría calificar el nivel de acabado?  ¿Qué variable permite el sistema monitorear en tiempo real?

### 4.4.- PARÁMETROS DE DISEÑO

Para realizar el diseño del sistema de control partimos de la necesidad de controlar la temperatura de la lámpara infrarroja con el fin de obtener una temperatura uniforme alrededor del bulbo de la lámpara. Además para el calentamiento del secador de pintura se emplea resistencias eléctricas que proporcionan la potencia requerida de operación, la niquelina será controlada por tres resistencias conectadas a 12 voltios al PLC logo y el sistema de control se encarga de apagar o encender la niquelina con el fin de mantener estable la temperatura de la lámpara infrarroja.

### 4.5.- DETERMINACIÓN DE LA LUMINOSIDAD DE LA LAMPARA INFRARROJA

La determinación de la luminosidad de la lámpara es un método de distribución uniforme de la luz infrarroja de onda corta que se produce en todo el contorno de la superficie de la lámpara.

La luminosidad del bulbo de la lámpara de onda corta es directa, es decir que toda la parte del flujo luminoso (onda infrarroja) se dirige directamente a la superficie que se

trata de secar y que ninguna parte de la onda infrarroja se puede desviar de la superficie a curar.

En este tipo de iluminación las sombras son intensas por el mismo hecho de tener este flujo luminoso y esto hace que el riesgo de deslumbramiento para el operador sea muy intenso. Por este motivo el infrarrojo es una radiación electromagnética que se encuentra más allá del extremo rojo.

Cuya principal característica es producir un aumento de temperatura. Son aquellas que se ubican aproximadamente en el rango de 300 GHercios a 385 Thercios o expresados en términos de longitud de onda en el rango de 760 nm a 10000 nm.<sup>16</sup>

**Tabla 4.3. Longitudes de onda infrarroja**

**Fuente:** <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/Descargas/Unidad5.pdf>

Tipo de Onda	Radiación	Long. De onda (λ)
Onda corta	IR-A	760 – 2.000 nm
Onda media	IR-B	2.000 – 4000 nm
Onda larga	IR-C	4.000 – 10.000 nm

El nivel de onda recomendado para conseguir un acabado eficaz es la de onda corta correspondiente a la máxima radiación, que produce un calentamiento homogéneo a toda la superficie a secar.

Onda corta (IR-A) = 760 a 2000 nm

#### **4.5.1.- ELEMENTOS DEL SISTEMA DE LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA**

Los elementos para determinar la luminosidad de la lámpara infrarroja son los siguientes.

---

<sup>16</sup> <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/Descargas/Unidad5.pdf>

**a).- Lámpara infrarroja de onda corta.**

Se escogerá una lámpara infrarroja de onda corta correspondiente a la máxima radiación, que está directamente ligada a la temperatura de funcionamiento, ya que esto nos proporciona la densidad de máxima potencia, que se puede aplicar sobre el producto tratado. Y su inercia térmica se caracteriza por su rapidez de calentamiento y por ende el secado de la pintura automotriz es más rápido por la penetración y reflexión de la radiación en función del producto.<sup>17</sup>

La lámpara infrarroja a utilizarse debe cumplir con características y necesidades de los secadores de pintura automotriz y entre las principales tenemos.

- Económicas
- 6000 horas de vida útil
- Longitud de onda 0.04 W/nm
- Se utiliza en la industria



**Figura 4.1. Lámpara Infrarroja de onda corta**

Fuente: <http://www.aviauto.net>

La lámpara escogida en el secador de pintura automotriz es de onda corta que genera 1000 watts de potencia de curado a un promedio de 800mm x 1000mm del área de cobertura, permitiendo lograr una producción más rápida en menor tiempo.

---

<sup>17</sup> <http://www.aviauto.net>

Esta lámpara no solo produce el calor más rápido, sino también el calor más apropiado para aplicaciones concretas. Los emisores IR permiten resultados individuales y variados para tareas de calentamiento y secado de cualquier tipo de material. El uso de esta lámpara IR nos permite obtener un “calor a la medida” cosa que a su vez asegura una productividad sencilla y mucha más económica debido a su eficiencia.

Un ejemplo especialmente exigente son los procesos en los que se tiene que trabajar al vacío o con altas condiciones de pureza. Otra ventaja fundamental de la lámpara infrarroja de onda corta es que no requiere ni agua ni aire para poder actuar sobre la superficie a calentar. Además el calor IR está libre de fracciones de radiación algo más nocivas tales como los rayos ultravioletas UV o los rayos X.

Esta lámpara infrarroja está construida con cuarzo fundido transparente el cual no únicamente soporta altas temperaturas sino que además permite el paso de los altos niveles de transmisión infrarrojos. El sello hermético de la lámpara está formado por una lámina de molibdeno dentro del pellizco de cuarzo.

Los filamentos se construyen usando tungsteno impurificado con AKS (aluminio, potasio y silicio) para impedir la formación de granos a largo plazo y la consiguiente fragilización de la lámpara.

Los hilos sobre bobinados están inter bobinados y a su vez el filamento está diseñado para permitir una estricta tolerancia operativa dentro de la envuelta a fin de reducir los esfuerzos impuestos por la vibración o la caída de la bobina. Las colas se fabrican con un material que tiene grandes áreas transversales para reducir el calentamiento interno y aumentar la capacidad de corriente de la región de soldadura. Por último, el reflector de oro de la lámpara incrementa el rendimiento de la radiación y mejora la direccionalidad.<sup>18</sup>

---

<sup>18</sup> <http://www.cvlamps.com/esquema.htm>



**Figura 4.2. Filamento de la lámpara de onda corta**

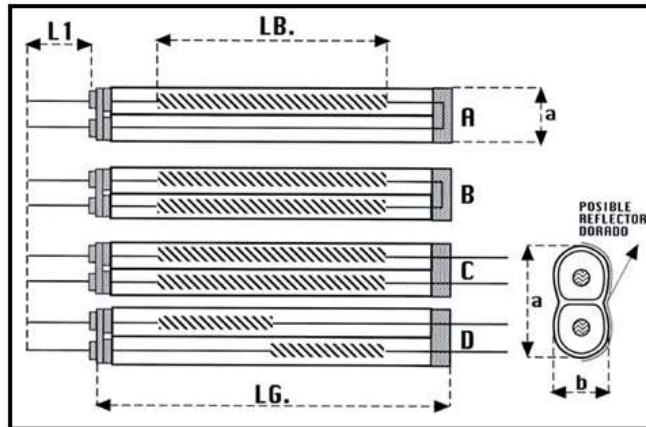
Fuente: <http://www.cvlamps.com/esquema.htm>

A continuación se enuncian valores de emisor de la lámpara que estamos utilizando. En esta tabla se expresan lo siguiente.

**Tabla 4.4. Emisores IR de onda corta estándar**

Fuente: <http://www.cvlamps.com/esquema.htm>

Long. Calentada (lb) (mm)	Formato (mm)	Potencia (W)	Tensión (V)	Long. Total (lg) (mm)	Forma constructiva
1000	23x11	3000	380	1100	A
80	23x11	600	110	143	B
<b>200</b>	<b>23x11</b>	<b>1000</b>	<b>220</b>	<b>400</b>	<b>C</b>
340	23x11	1200	220	405	B
500	23x11	3000	380	600	B
500	23x11	3000	220	650	C
700	23x11	4200	220	850	C
1000	23x11	6000	380	1150	C
1300	23x11	7000	380	1450	C
1500	23x11	6000	380	1650	D
1700	23x11	5000	380	1650	D



**Figura 4.3. Tipos de construcción de emisores IR**

Fuente: <http://www.cvlamps.com/esquema.htm>

Nomenclatura del tipo de construcción de una lámpara infrarroja.

- Un canal calentado, cable a un lado (A).
- Dos canales calentados, cables a un lado (B).
- Dos canales calentados, cables a los dos lados (C).
- Dos canales calentados al 50%, cables a los dos lados (D).
- Longitud total (LG) expresada en (mm).
- Longitud calentada (LB), expresada en (mm).
- Longitud de cables (L1), expresada en (mm).
- Sección ancha (a).
- Sección (b).
- Voltaje de trabajo (V).
- Potencia total (W).
- Onda corta  $IR_{corta} = a * b = 23 * 11 \text{ mm}$

## b).- PLC LOGO 12/24RC



**Figura 4.4. PLC LOGO 12/24 RC**  
**Fuente:** <http://support.automation.siemens.com>

El LOGO! Es un módulo lógico universal de Siemens que cumple estrictamente los requisitos de calidad estipulados en la norma ISO 9001.<sup>19</sup>

LOGO lleva integrados:

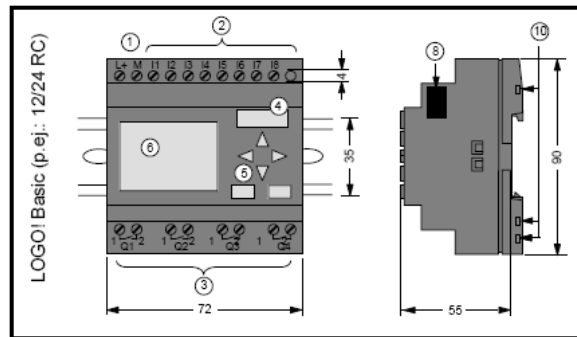
- Control
- Unidad de mando y visualización con retro iluminación
- Fuente de alimentación
- Interfaz para módulos de ampliación
- Funciones básicas habituales pre programadas
- Temporizador
- Marcas digitales y analógicas
- Entradas y salidas en función del modelo

Con LOGO! Se resuelven tareas de instalación de alumbrado de lámparas así como la construcción de maquinas y aparatos eléctricos, controles de puertas, bombas de agua no potables, etc.

---

<sup>19</sup> SIEMENS, “Manual LOGO” pág. 1, segunda edicion 2005, Alemania, Editorial Copyright Siemens

## Estructura del logo



**Figura 4.5. Estructura PLC LOGO 12/24 RC**

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

1. Alimentación de tensión
2. Entradas
3. Salidas
4. Receptáculo de modulo con revestimiento
5. Panel de manejo
6. Pantalla LCD
7. Indicación del estado RUN/STOP
8. Interfaz de ampliación
9. Codificación mecánica – pernos
10. Codificación mecánica – conectores
11. Guía deslizante<sup>20</sup>

## Nomenclatura y Símbolos de LOGO!

- 12: versión de 12 V
- 24: versión de 24 V
- R: salida de relé (sin R: salidas de transistor)
- C: temporizador semanal integrado



Variante con pantalla, dispone de 8 entradas y 4 salidas

<sup>20</sup>SIEMENS, “Manual LOGO” pág. 9, segunda edición 2005, Alemania, Editorial Copyright Siemens



Vamos a dar las características principales del LOGO que vamos a utilizar, toda la ficha técnica se encuentra en el Anexo F.

- Alimentación 12/24 V DC.
- Entradas digitales 8DI 24V DC (I1, I2 & I7, I8 0...10V) de ellas 4 aptas como analógicas.
- Salidas 4DO, 10A por relé

### c) LOGO AM2 AQ

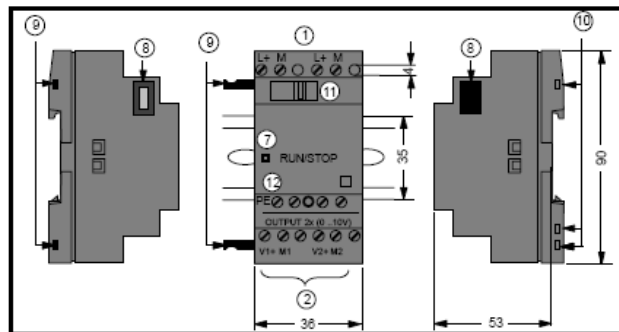


**Figura 4.6. LOGO! AM2 AQ**

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

La amplia gama de módulos permite la expansión individual del LOGO! 12/24 RC a 2 salidas analógicas

Estructura del Logo!



**Figura 4.7. Estructura del LOGO! AM2 AQ**

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

1. Alimentación de tensión
2. Entradas
7. Indicación del estado RUN/STOP
8. Interfaz de ampliación
9. Codificación mecánica – pernos
10. Codificación mecánica – conectores
11. Guía deslizamiento
12. Borne PE para la conexión a tierra

#### Características principales del LOGO! AM2 AQ

- Tensión de entrada 24 Vc.c.
- Protección contra inversión de polaridad
- Borne PE para la conexión de tierra y pantalla del cable de salida analógico
- Salidas analógicas 2
- Resistencia de carga 5K $\Omega$
- Protección contra cortocircuito

#### d).- LOGO! TEXT Display.



**Figura 4.8. LOGO! Text Display**

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

El LOGO! TD amplía el display y las posibilidades de visualización de los nuevos módulos LOGO!

El LOGO! TD proporciona un interfaz accesible para los usuarios de sistema de conmutación sencilla. Ajustes y alarmas de solución de problemas se manejan fácilmente con el LOGO! TD con funciones de operador integrado y diagnósticos.<sup>21</sup>

Los beneficio del LOGO! TD son los siguientes y más importantes.

- Retro iluminación controlable y conjuntos de caracteres multilingües.
- Soporta de 12 ó 16 caracteres por línea estándar en función de caracteres seleccionados.
- Visualización de hasta 4 graficas de barras y 4 estados de RUN/STOP por mensaje.
- Alimentación: 12V DC; 24V AC/ DC
- Margen admisible: 10,2 a 28.8V CC ó 20.4 a 26.4V de CA (47 a 63 HZ)
- Entradas: 6 teclas estándar, 4 teclas de función (teclas táctiles).
- Pantalla de 61 x 33 mm, blanco retro iluminación controlable.
- La conexión del cable es de 2.5m y puede extenderé hasta 10m. el cable serial es de 9 pines

#### **e). - Mini Circuit Breaker**

Tiene la característica de pequeño tamaño, alta sensibilidad, su fuerte función es la protección de cortocircuito y sobre carga.

Este elemento eléctrico tiene alto grado de protección, alta capacidad de corte, una fiabilidad de la acción sensible y se utiliza generalmente en la iluminación y la distribución en la industria.<sup>22</sup>

---

<sup>21</sup> <http://support.automation.siemens.com>

<sup>22</sup> <http://www.electricalcomponentsdirect.co.uk>



**Figura 4.9. Mini Circuit Breaker**

**Fuente:** <http://www.electricalcomponentsdirect.co.uk>

Las especificaciones técnicas de este elemento son las siguientes.

- Ajuste de temperatura a 40°.
- Voltaje de 220 a 440 V
- Corriente nominal de 3 amperios.
- Vida eléctrica no menos de 6000 operaciones.
- Vida mecánica no menos de 4000 operaciones
- 10KA capacidad de ruptura.
- Numero de polo 1p.

**f).- Variador de potencia ó llave estática.**

Los variadores de potencia son dispositivos de estado sólido desarrollados para proporcionar una tensión de salida regulable.



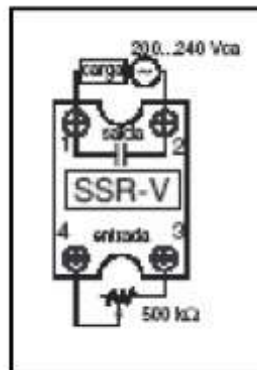
**Figura 4.10. Llave estática de potencia**

**Fuente:** <http://www.dhacel.com.ar>

El módulo de potencia que se va a utilizar tiene una rampa de tensión ajustable se limita por control de fase la intensidad durante el cierre de circuito. Esto resulta sobre todo interesante en caso de cargas como es la radiación infrarroja, con gran sobre intensidad de conexión.<sup>23</sup>

Los datos técnicos y características de la llave estática son las siguientes:

- Tensión de operación de carga de 24 -260 VCA.
- Frecuencia de 50 – 60 Hz
- Corriente de régimen 15A.
- Mayor vida útil pues no sufre desgaste mecánico.
- Economía de energía, pues no provoca chispas en su apertura ó cierre.
- Dimensiones reducidas
- Bajo costo.



**Figura 4.11. Esquema eléctrico**

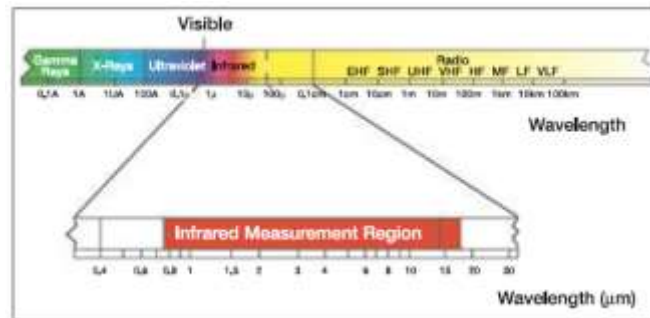
Fuente: <http://www.dhacel.com.ar>

#### **g).- Sensor Infrarrojo de Temperatura RAYCI3A**

La radiación infrarroja es solo una parte del espectro electromagnético que también incluye las ondas de radio, microondas, luz visible y luz ultravioleta, al igual que los rayos gama y rayos X. el rango infrarrojo del espectro electromagnético esta entre la porción visible del espectro y las ondas de radio. Las longitudes de onda del infrarrojo se expresa usualmente en micras (10-6m o  $\mu\text{m}$ ), con el espectro infrarrojo

<sup>23</sup> <http://www.dhacel.com.ar>, <http://www.dhacel.com.ar>

extendiéndose desde los 0.7 micras hasta las 1000 micras. Solo se utiliza la banda entre los 0.7 a 18 micras para la medición de temperatura infrarroja.

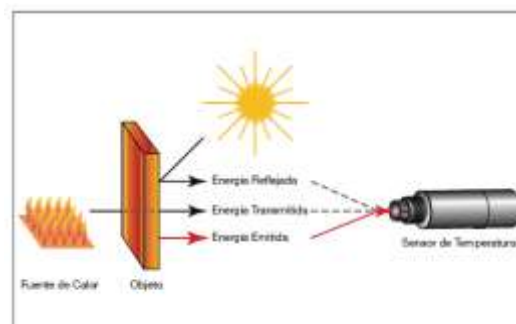


**Figura 4.12. Banda de medición temperatura infrarroja**

**Fuente:** [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

La mayoría de los sensores infrarrojos Raytek cuenta con ajustes de la emisividad, usualmente entre 0.1 a 1.0, lo que permite hacer mediciones precisas de la temperatura de diversos tipos de superficies.

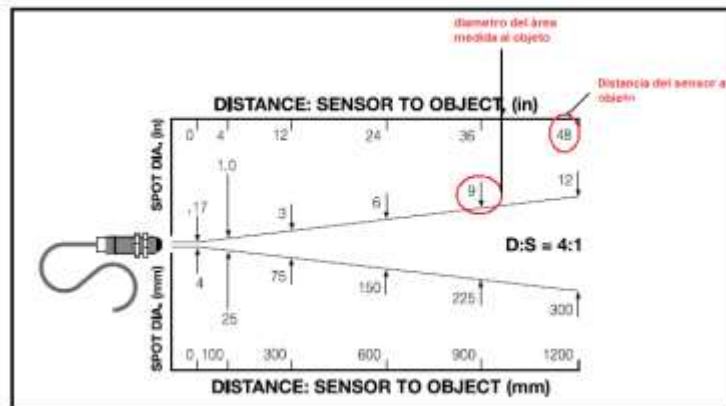
Un sensor infrarrojo detecta la energía emitida por un objeto y enfoca dicha energía sobre uno o más detectores. El detector convierte la energía infrarroja en una señal eléctrica, que a su vez convierte en un valor de temperatura basado en la ecuación de calibración del sensor y su ajuste de emisividad. Este valor de temperatura puede visualizarse en el sensor, dada la salida en forma de señal analógica, o en el caso de un sensor inteligente convertiría en una señal digital y mostrarla en una terminal de computadora.



**Figura 4.13. Sensor de temperatura infrarroja**

**Fuente:** [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

El sensor de la Serie Compacta Raytek CI mide con precisión y repetibilidad la cantidad de energía calorífica emitida por un cuerpo y la convierte en una señal eléctrica medible. El CI mide la temperatura de objetivos en rangos desde 0 hasta 500°C (32 a 932°F). La tablilla electrónica está protegida por un resistente cuerpo ip 65 (NEMA 4) de acero inoxidable que le permite al sensor operar en temperatura ambiente de 70°C (160°F) sin enfriamiento. Con enfriamiento por agua, el CI puede soportar temperaturas de 260°C (500°F).



**Figura 4.14. Distancia del sensor al objeto**

**Fuente:** [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

Los diagramas ópticos ayudan a determinar el área medida a una distancia específica. El área más pequeña que este instrumento puede medir es de 4 mm de diámetro a una distancia de 0 mm.

Este sensor de una sola longitud de onda, el objeto a medir debe ser más grande que el campo visual en un 50%. Si el objeto es más pequeño que el campo visual, los objetos de fondo influenciarán la lectura de temperatura. El rango de temperatura en el material del objeto, emisividad y características de la superficie determinan la respuesta o longitud de ondas requeridas en el sensor.<sup>24</sup>

Este sensor infrarrojo de temperatura Raytek alcanza un 95% de la lectura de temperatura final, una definición común de tiempo de respuesta mucha más rápido

<sup>24</sup> [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

que los sensores de temperatura de contacto (tal como las termocúpidas). Esto es particularmente importante cuando se miden objetos que se calientan rápidamente o que están en movimiento.

Este sensor infrarrojo de temperatura es fácil de usar e intuitivo uso para las operadoras de planta,



**Figura 4.15. Sensor RAYCI3A**

**Fuente:** <http://www.raytek.com.mx/Raytek/es-r0/ProductsAndAccessories/InfraredPointSensors/CompactSeries/RaytekCI/Default.htm>

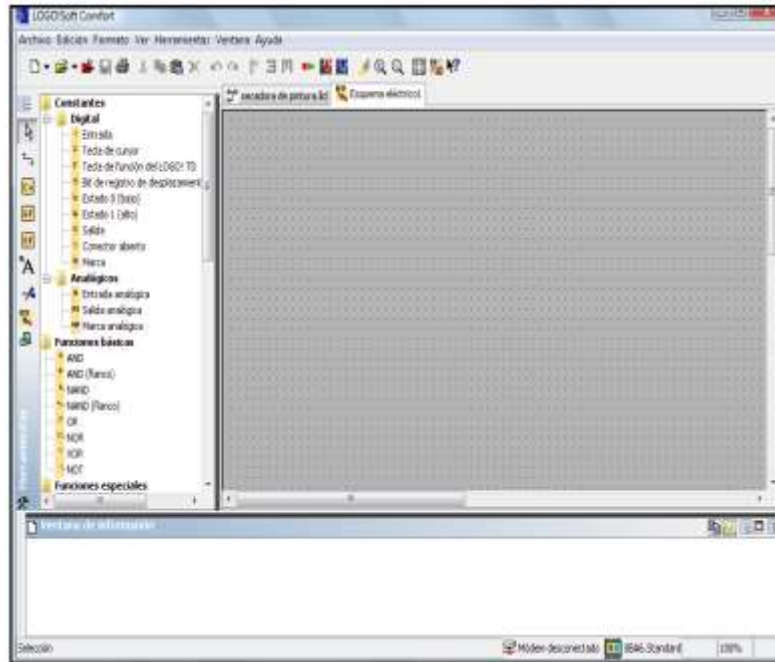
Las características de este sensor son las siguientes y las más importantes.

- Modelo RAYCI3A serie compacta sirve para hornos, secado, laminado, recubrimiento, **secado de pintura**, curado, monitoreo de equipo, pavimentado, ideal para aplicaciones OEM (Fabricantes de Equipo Original)
- Respuesta Espectral: 7-18  $\mu\text{m}$
- Rango de temperatura: 0°C a 500°C
- Resolución Óptica: 4:1
- Precisión:  $\pm 2\%$  o  $\pm 3^\circ\text{C}$
- Repetibilidad:  $\pm 1\%$  o  $1^\circ\text{C}$
- Tiempo de respuesta 95%: 359mSec
- Salida: 0-5v



## 4.5.2.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE LUMINOSIDAD

### a).- LOGO! Soft Comfort



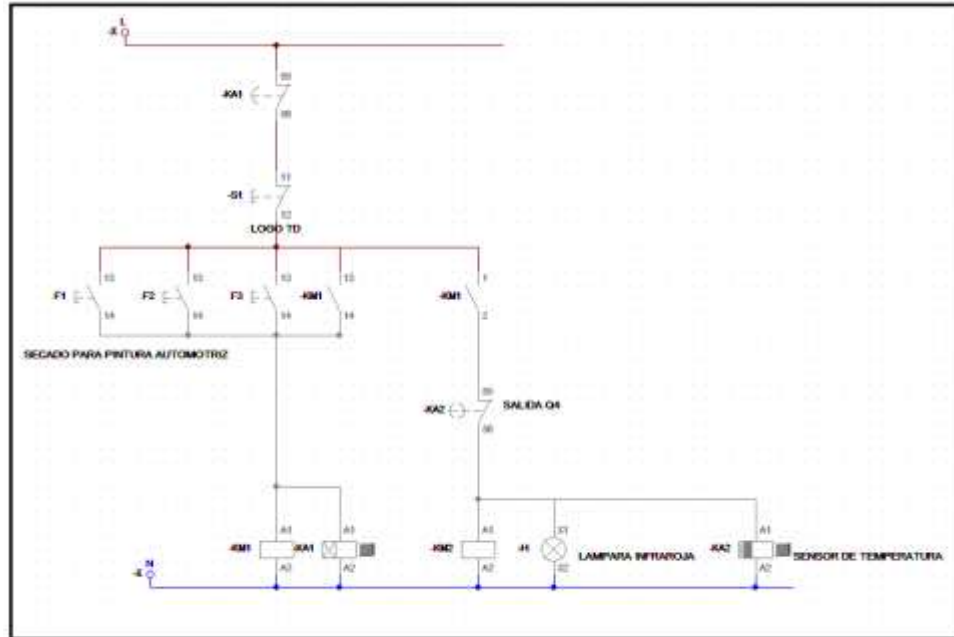
**Figura 4.16. LOGO! Soft Comfort**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Es un programa de elaboración offline gráfica como diagramas de escalones (esquema de contacto / esquema de corriente) o como diagrama de bloques de funciones, es fácil para el programador debido a su faceta de Windows interactiva ya que se puede simular el programa en el ordenador y comprobar su funcionamiento antes de ponerlo en marcha.



En lo posible se evita que el operador tenga necesidad de conectar o desconectar los dispositivos cada vez que utilicen el secador infrarrojo, por otro lado se da la posibilidad de conectar un switch de uso normal debido a que se trabaja con amperajes elevados, con la posibilidad de daño del mismo.

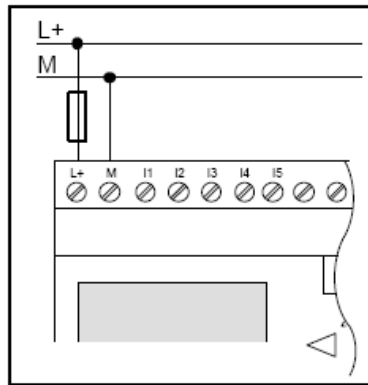


**Figura 4.18. Circuito de control de luminosidad**

Fuente: Ángel Llumiquinga

**a).- Conexión del LOGO 12/24 RC**

Al conectar el LOGO! 12/24 RC tenemos que tener muy en cuenta todas las directrices. El LOGO! Basic 12/24 RC están indicadas para tensiones eléctricas con un valor adecuado de 24 V DC o bien 12 V DC de tensión de alimentación. Las especificaciones técnicas lo podemos encontrar en el anexo F referencias a las tolerancias de tensión permitidas, frecuencias de red y consumos de corriente.



**Figura 4.19. LOGO! Con alimentación DC**

Fuente: Ángel Llumiquinga

LOGO! Es un equipo de conmutación con aislamiento protector. Por lo tanto, no necesita una conexión para conductor de protección.

Para las conexión de la entradas de LOGO! 12 /24 RC tiene las siguientes propiedades

**Tabla 4.5. Propiedades del LOGO!**

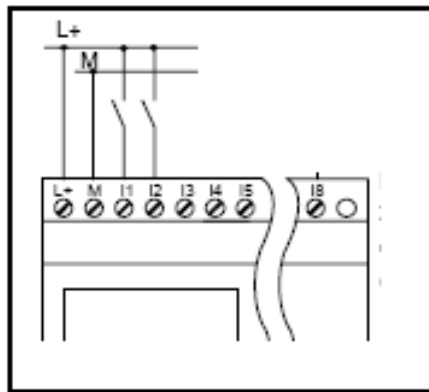
Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

	LOGO! 12/24 RC/RCo LOGO! DM8 12/24 R		LOGO! 24/24o LOGO! DM8 24	
	I1 ... I6	I7,I8	I1 ... I6	I7,I8
<b>Estado operacional 0</b>	< 5 V CC	< 5 V CC	< 5 V CC	< 5 V CC
Intensidad de entrada	< 1,0 mA	< 0,05 mA	< 1,0 mA	< 0,05 mA
<b>Estado operacional 1</b>	> 8 V CC	> 8 V CC	> 8 V CC	> 8 V CC
Intensidad de entrada	> 1,5 mA	> 0,1 mA	> 1,5 mA	> 0,1 mA

Las entradas de este dispositivo que vamos a utilizar son el pin I1 y el pin I2 que van hacer de señal analógica integradas con una alimentación de (0 – 10V).

Las entradas de estos dispositivos no están libres de potencia, por lo que requieren el mismo potencial de referencia (masa) que la tensión de alimentación.

En el LOGO! 12/24 RC pueden adquirir señales analógicas entre la tensión de alimentación y masa resistencia previa con 24V DC.



**Figura 4.20. Conexión de entradas analógicas del LOGO!**

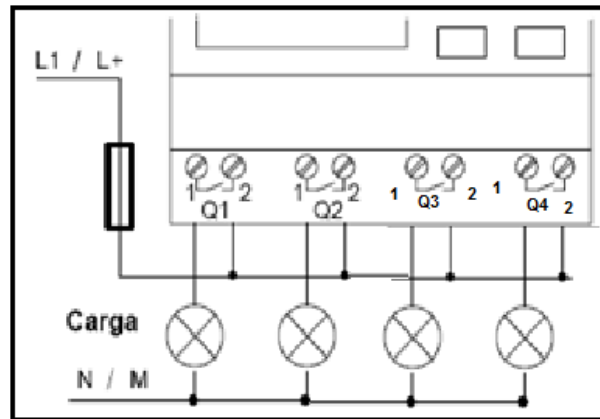
Fuente: Ángel Llumiquirega

Hay que indicar en el programa o en el LOGO! Si van a ser empleadas 2 o 4 entradas analógicas integrales.

Las conexiones de la salida LOGO! R que es nuestro dispositivo que vamos a utilizar son relés. Los contactos de los relés están libres de potencial con respecto a la tensión de alimentación y a las entradas.

Las salidas digitales que vamos a utilizar son el pin Q1, Q2, Q3 y Q4, están protegidas con fusible automático máximo 16A.

La salida Q2 es la opción de “secador de pintura automotriz” que está regulada por un potenciómetro para determinar la temperatura requerida.

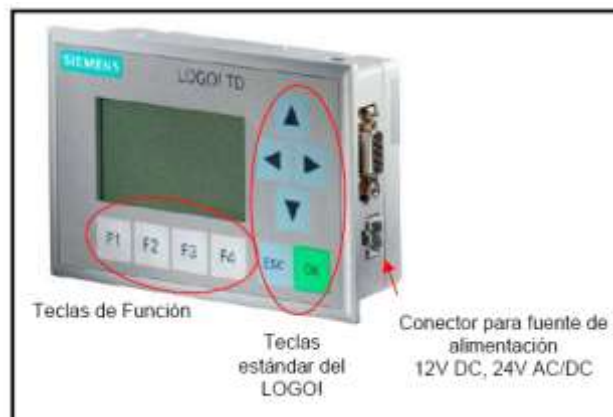


**Figura 4.21. Conexión de salidas digitales del LOGO!**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### b).- Conexión del LOGO! TD

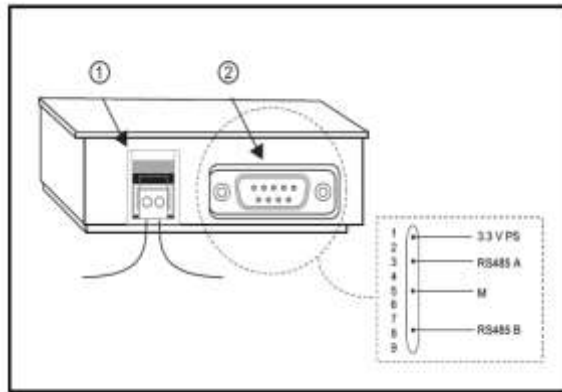
El LOGO! TD se alimenta con 12V DC en función normal, que le corresponde al pin de desconectar la fuente de alimentación.



**Figura 4.22. Conexión del conector**

Fuente: <http://support.automation.siemens.com>

Para transmitir los datos del LOGO! al LOGO! TD lo hacemos mediante el interfaz de conexión.



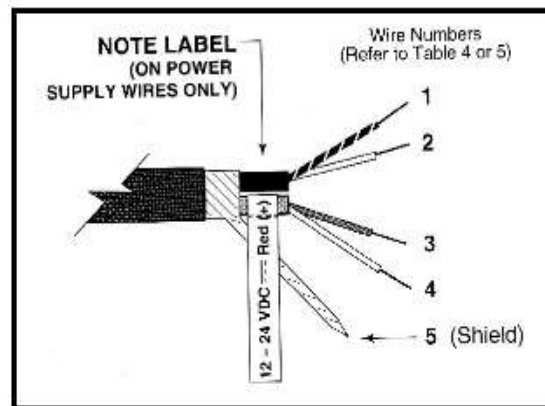
**Figura 4.23.** Interface de conexión

**Fuente:** <http://support.automation.siemens.com>

1. Fuente de alimentación.
2. Interface de comunicación

### c).- Conexión del Sensor de Temperatura RAYCI3A

El sensor RAYCI3A se conecta al LOGO AM2 AQ



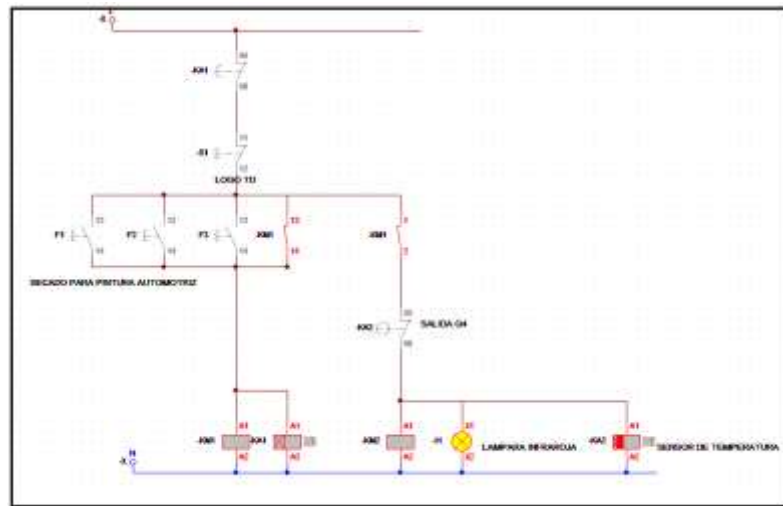
**Figura 4.24.** Configuración del cableado

**Fuente:** <http://www.raytek.com.mx/Raytek/es-r0/ProductsAndAccessories/InfraredPointSensors/CompactSeries/RaytekCI/Default.htm>

**Tabla 4.6. Cableado standard**

**Fuente:** <http://www.raytek.com.mx/Raytek/es-r0/ProductsAndAccessories/InfraredPointSensors/CompactSeries/RaytekCI/Default.htm>

Salida	Etiqueta	Número de cable	Color del Cable	Función	Conexión
10mV / °C Voltaje	Salida	1	Blanco	Señal +	I7 PLC
		2	Verde	Señal tierra	Suelto
	Fuente de alimentación	3	Rojo	Fuente de alimentación *	AM2 AQ
		4	Negro	Fuente de alimentación -	AM2 AQ
		5	Sin color	Tierra la pantalla	Suelto

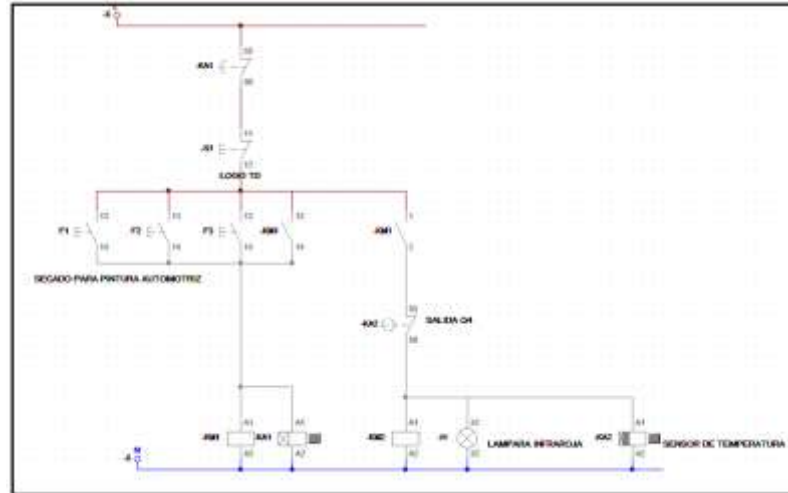


**Figura 4.25. Conexión y simulación del RAYCI3A al PLC**

**Fuente:** Ángel Llumiquirega

Las conexiones del sensor RAYCI3A con el LOGO AM2 AQ se realizan por el puerto I7 habilitado en el programa y la señal digital puerto Q4 para el sensor de temperatura igualmente para la alimentación del sensor



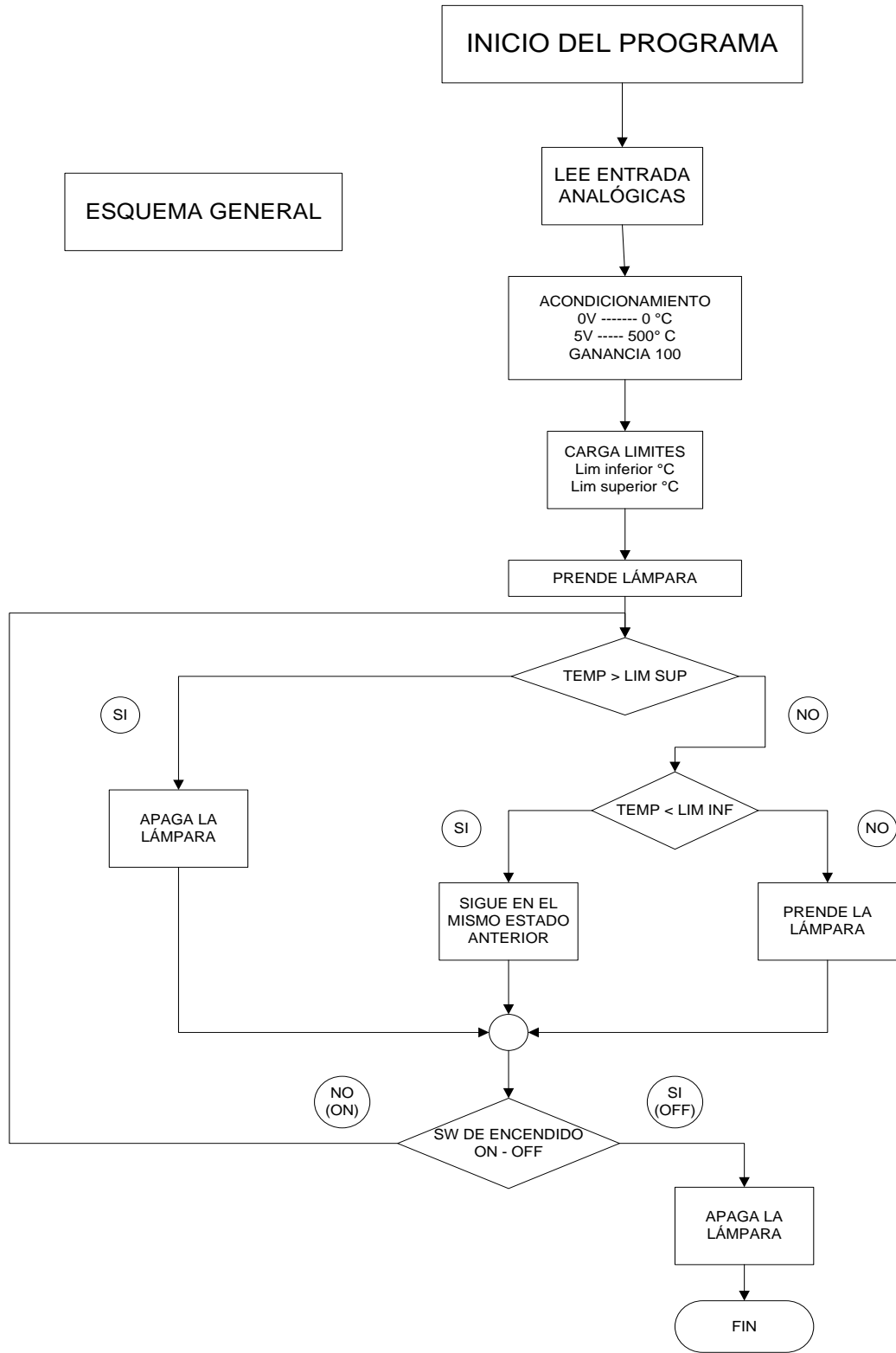


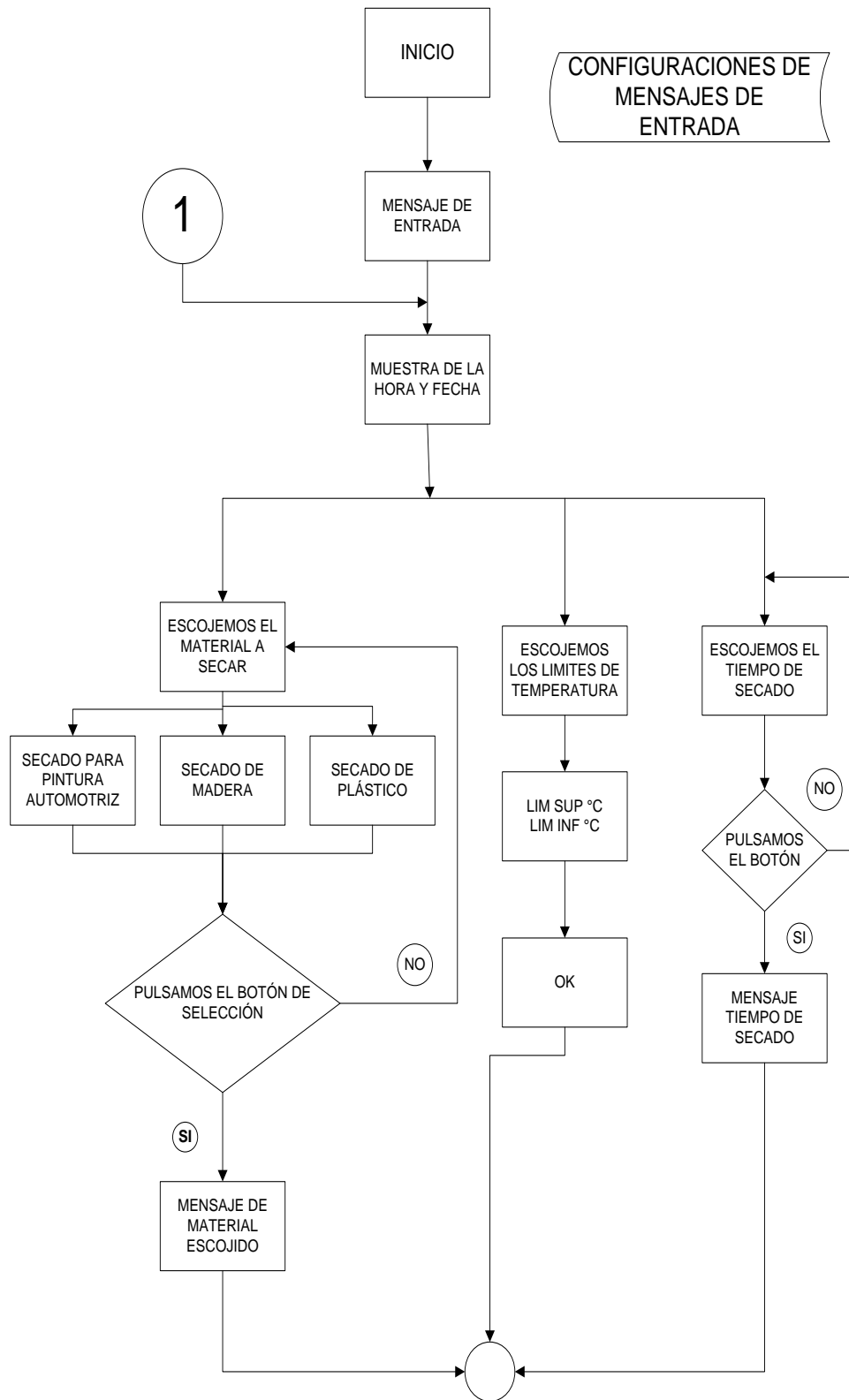
**Figura 4.26. Esquema eléctrico RAYCI3A**

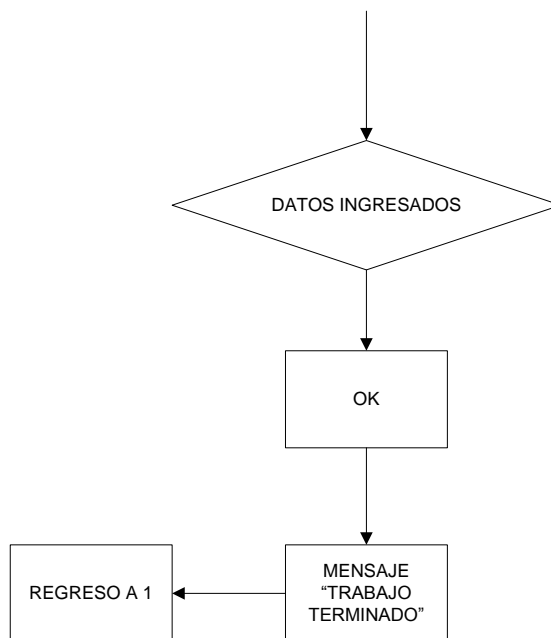
Fuente: Ángel Llumiquire

#### **4.5.4.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL LOGO QUE DETERMINA EL CONTROL DE LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA**

La elaboración del programa se desarrolla de aquí en adelante mediante diagramas de flujo para mejor entendimiento y comprensión de las secuencias y orden del programa ver en anexo H, la programación se lo realiza en Logo! Soft Confort.







#### **4.5.5.- SIMULACIÓN DEL PROGRAMA LOGO QUE DETERMINA EL CONTROL DE LUMINOSIDAD DE LA LÁMPARA INFRARROJA**

Mediante los pulsadores F1, F2 y F3 se determina el proceso de trabajo de la lámpara infrarroja y en que material se va a emplear, y con un pulsador I1 se puede detener la instalación del circuito mientras con el pulsador I2 se escoge el tiempo de secado de la lámpara que va a estar en funcionamiento.

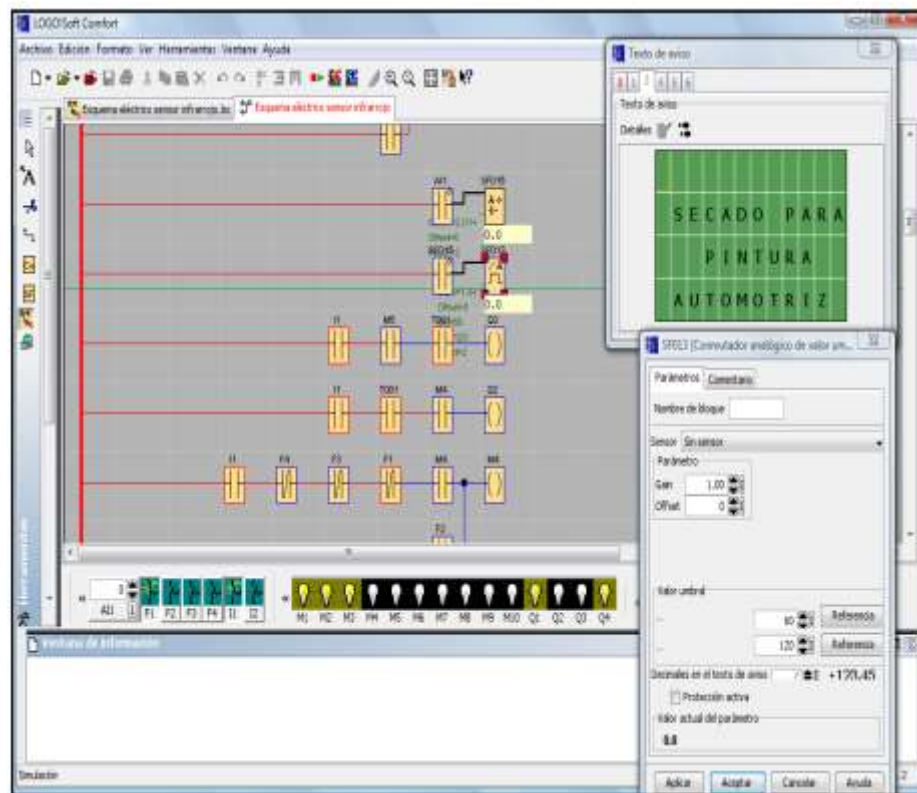
Mediante los módulos SF005 (secado para pintura automotriz), SF008 (secado para plásticos), SF007 (secado para madera), SF009 (emergencia), SF003 (trabajo terminado) y SF002 (tiempo de secado) son los mensajes de aviso dependiendo del material que se escoja y funcionamiento de trabajo del control.

Mientras que los módulos de temporización son los siguientes; el T001 con un tiempo de desconexión de 1 minuto y el T006 con un tiempo de desconexión de 10 segundos ambos tienen una programación de un flanco descendente (cambia de 1 a 0) inicia el tiempo para el retardo a la desconexión.

Los bloques de marcas emiten en su salida la señal que se encuentran en su entrada LOGO! hay en total 10 marcas que son: M1, M2, M3, M4, M5, M6, M7, M9, M10 y la marca M8 esta activada en el primer ciclo del programa de usuario y, por lo tanto, se puede utilizar como **marca de arranque** en el programa. Cuando transcurre el primer ciclo del procesamiento del programa, se pone a cero automáticamente.

La excitación de las bobinas para la intensidad se realiza a través de las salidas Q1, Q2, Q3 y Q4 nos permite manipular (escoger) la temperatura de trabajo, mientras que en las entradas I2 es para dar inicio al sistema poniendo en funcionamiento y la entrada I1 está conectada al botón de emergencia para detener el circuito en caso de algún inconveniente.

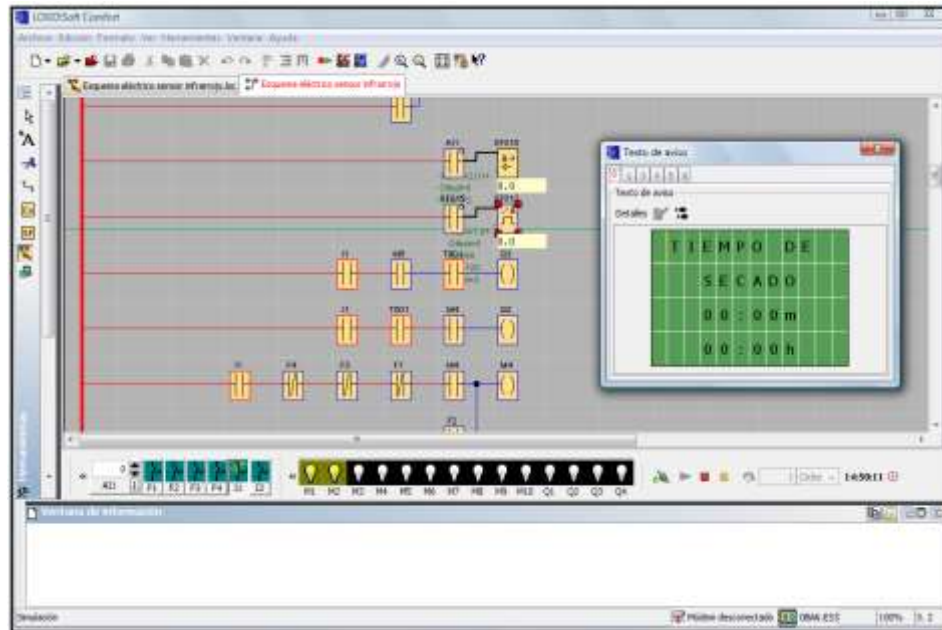
#### a).- Secado para Pintura Automotriz



**Figura 4.27. Simulación Secado para Pintura Automotriz**

Fuente: Ángel Llumiquinga

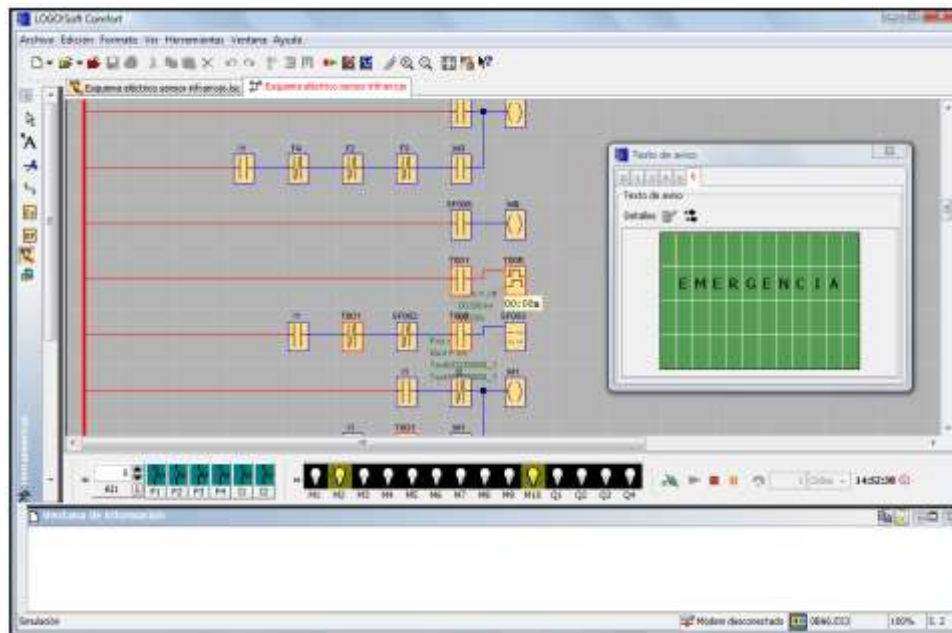
**b).- Tiempo de Secado**



**Figura 4.28. Simulación Tiempo de secado**

Fuente: Ángel Llumiangua

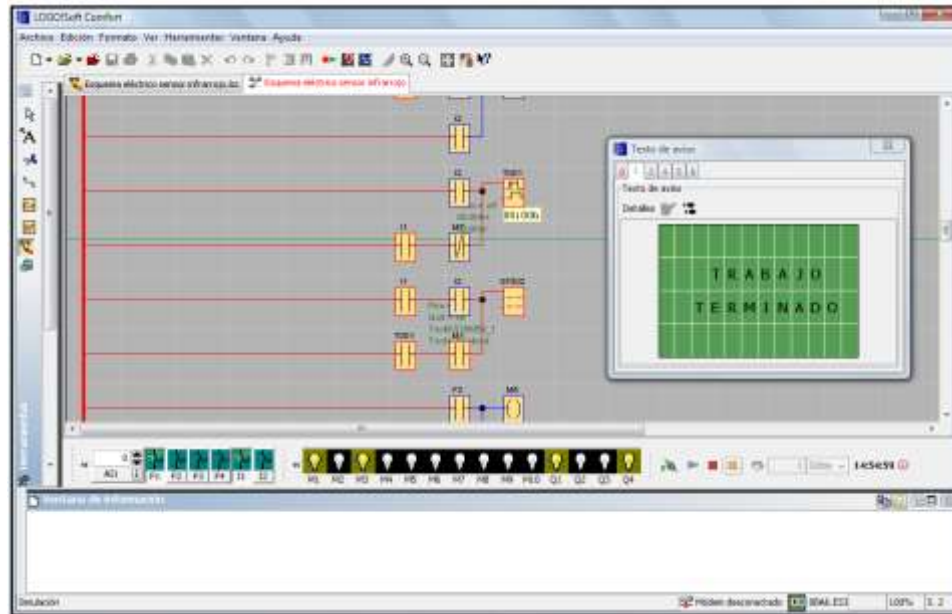
**c).- Emergencia**



**Figura 4.29. Simulación Emergencia**

Fuente: Ángel Llumiangua

#### d).- Mensaje de Terminado



**Figura 4.30. Simulación listo**

Fuente: Ángel Llumiquinga

#### **4.6.- SELECCIÓN DE LOS INSTRUMENTOS PARA EL CIRCUITO DEL SENSOR DISTANCIA**

Los datos son adquiridos y mostrados de manera digital por elementos o equipos electrónicos, facilitando su lectura, resolución y dejando atrás aquellos equipos análogos de errores de apreciación, difícil calibración y baja confiabilidad. A continuación se detallaran los componentes y materiales electrónicos utilizados para la adquisición de datos.

**Tabla 4.7. Elementos electrónicos del circuito de distancia**

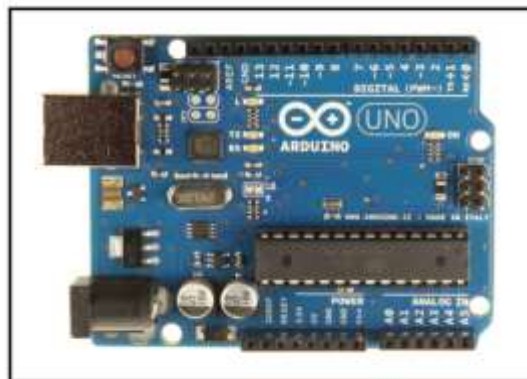
**Fuente:** Ángel Llumiquinga

<b>Elementos del circuito de distancia</b>
LCD 16x2
Sensor ultrasonido HC -SR04
Arduino Uno R3

#### **4.6.1.- ARDUINO UNO R3**

El Arduino Uno R3 es una placa electrónica basada en el microprocesador ATmega328. Tiene 14 pines digitales de entrada / salida (de las cuales 6 se puede utilizar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, un 16MHz resonador cerámico, una conexión USB, un conector de alimentación, una cabecera ICSP y un botón de reinicio.

Contiene todo lo necesario para apoyar el micro controlador, basta con conectarlo a un ordenador con un cable USB, un adaptador AC-DC ó batería.<sup>25</sup>



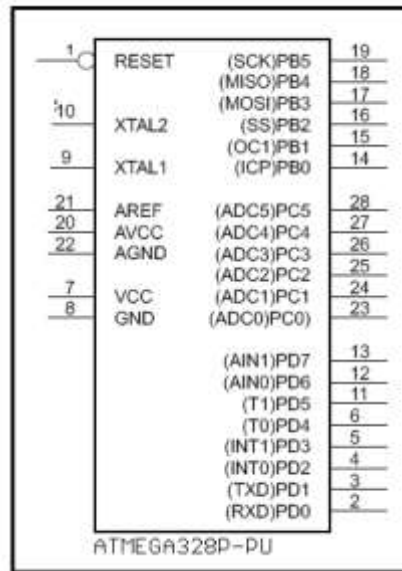
**Figura 4.31. Arduino Uno R3**

**Fuente:** <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>

<sup>25</sup> <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>



Ver anexo G.



**Figura 4.32. Diagrama de pines del microcontrolador**

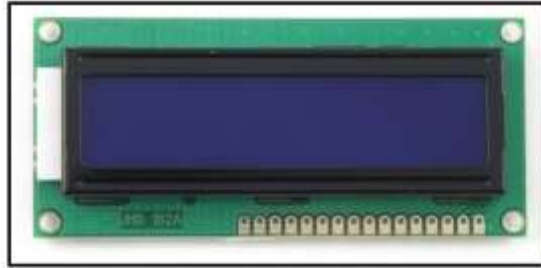
**Fuente:** <http://www.atmel.com/Images/doc8161.pdf>

Las características principales del Arduino Uno R3 son:

- Micro controlador ATmega328
- Voltaje de funcionamiento 5V
- Voltaje de entrada (limites) 6 – 20 V
- Voltaje de entrada (recomendado) 7 – 12V
- Pines E / S digitales 14 (de los cuales 6 proporcionan PWM).
- Pines de entrada analógica 6
- DC corriente por I / O pin 40 mA
- Corriente CC para pin 3.3V 50 mA
- Memoria flash 32 Kb (ATmega328) de los cuales 0,5 Kb utilizado por gestor de arranque
- SRAM 2 Kb (ATmega 328)
- EEPROM 1 Kb (ATmega328)
- Velocidad del reloj 16MHz

#### 4.6.2.- PANTALLA LCD 16X2

La pantalla de cristal líquido o LCD (Liquid Crystal Display) es un dispositivo controlado de visualización gráfico para la presentación de caracteres, símbolos ó incluso dibujos.

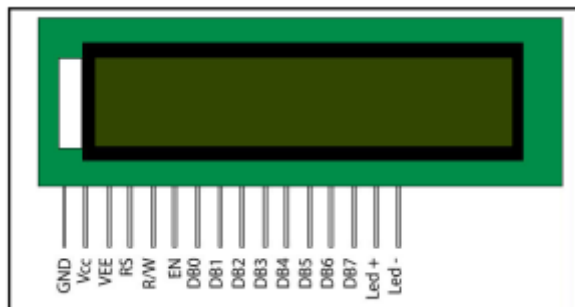


**Figura 4.33. Pantalla LCD 16x2**

Fuente: <http://www.apmmicro.com>

Las características del LCD son las siguientes.

- Dos filas de 16 caracteres cada una.
- 5x7 puntos pixeles caracteres matriciales.
- Alta definición
- Conexión a un procesador usando un interfaz de 4 u 8 bit.



**Figura 4.34. Pines del LCD 16x2**

Fuente: <http://www.apmmicro.com>

#### 4.6.3.- SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04

Vamos a utilizar un sensor muy curioso y sencillo de usar. Es un sensor de baja frecuencia ó ultrasónica HC – SR04. Que nos permite medir la distancia entre la lámpara y la superficie a tratar.

El sensor de distancia ultrasónico HC-SR04 tiene la capacidad de sensor la distancia por medio de la diferencia en tiempo entre la transmisión y recepción de una serie de pulsos que el módulo envía y captura. Este sensor es capaz de sensor fielmente distancias de entre 2cm y 400 cm.



**Figura 4.35. Sensor ultrasónico HC-SR04**

Fuente: <http://www.apmmicro.com>

Las características del sensor son las siguientes.

- Tensión de alimentación 5 Vcc.
- Frecuencia de trabajo 40KHz.
- Rango máximo 400cm
- Rango mínimo 1.7cm.
- Duración mínima del pulso de disparo (nivel TTL) 10uS.
- Duración del pulso de eco de salida (nivel TTL) 100-25000 uS.
- Tiempo mínimo de espera entre una medida y el inicio de otra 20mS.
- Angulo eficaz menor a 15°
- 4 pines



**Figura 4.36. Pines del sensor ultrasónico HC-SR04**

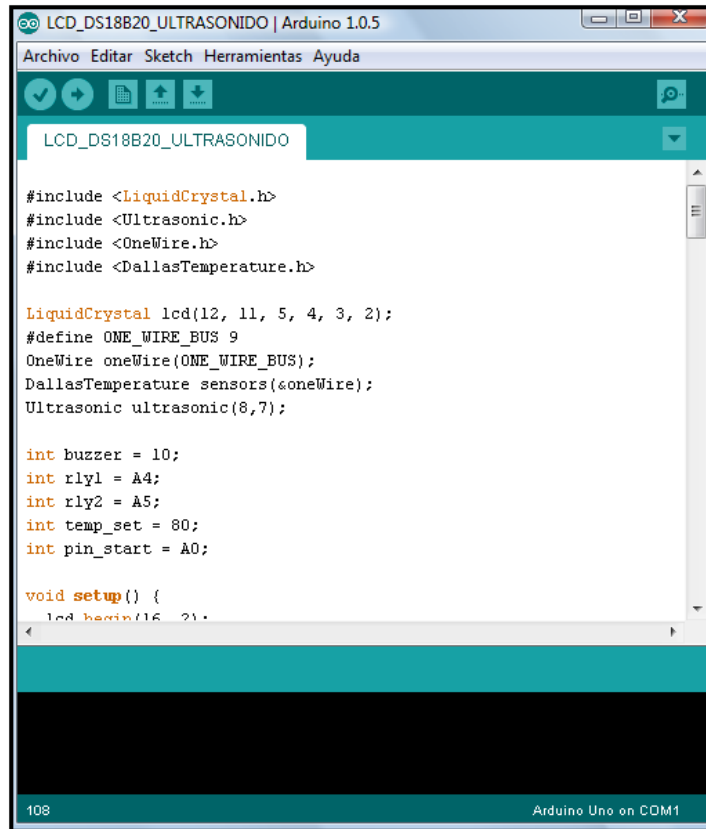
**Fuente:** <http://www.apmmicro.com>

#### **4.7.- DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DEL CIRCUITO DE CONTROL DE DISTANCIA**

El diseño y construcción del circuito electrónico con lleva ah un uso adecuado de herramientas en software, que permite realizar de manera virtual la realización de cualquier circuito, con la ventaja de ser adaptables y con la seguridad de probarlos de manera anticipada, sin necesidad de adquirir los elementos.

## 4.7.1.- HERRAMIENTAS PARA EL DISEÑO ELECTRÓNICO, PROGRAMACIÓN, SIMULACIÓN Y CONSTRUCCIÓN

### a).- Arduino 1.0.4



```
LCD_DS18B20_ULTRASONIDO | Arduino 1.0.5
Archivo Editar Sketch Herramientas Ayuda
LCD_DS18B20_ULTRASONIDO
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Ultrasonic.h>
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>

LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
#define ONE_WIRE_BUS 9
OneWire oneWire(ONE_WIRE_BUS);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
Ultrasonic ultrasonic(8,7);

int buzzer = 10;
int rly1 = A4;
int rly2 = A5;
int temp_set = 80;
int pin_start = A0;

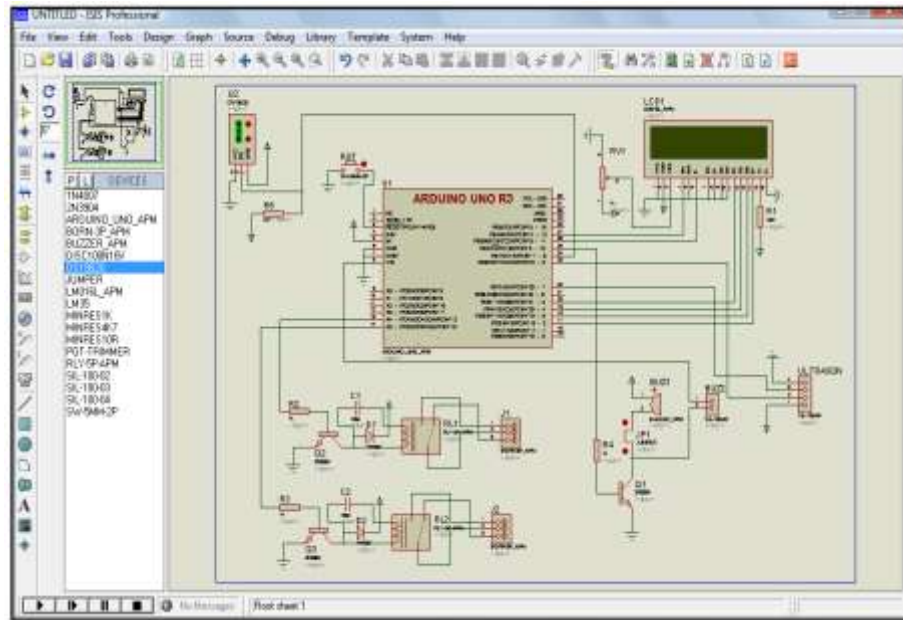
void setup() {
  lcd.begin(16, 2);
}
```

**Figura 4.37. Arduino 1.0.4**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Es un software editor de códigos para la realización de programas bases de uso en arduino y circuitos integrados, estos se dividen en tres partes principales: estructura, valores (variables y constantes) y funciones es fácil para el programador debido a su faceta de Windows interactiva, sus íconos sencillos y su vitalidad de manejo, así como su lenguaje lógico de programación Arduino es sencillo en C/C++, realiza compilaciones y depuraciones de errores.

## b).- ISIS 7 Profesional



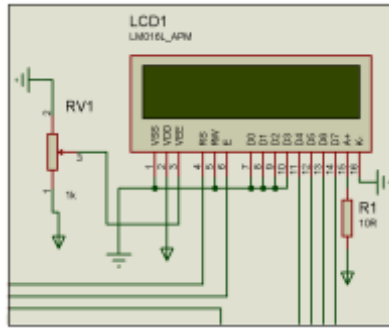
**Figura 4.38.** ISIS 7 Profesional

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

ISIS es un programa constructor de circuitos electrónicos, con muchas aplicaciones a lo laboral, industrial y experimental; facilidad de manejo en cuanto a los componentes, extensa librería y base de datos de componentes que permite permutar varios circuitos con diferentes elementos, y por supuesto la función de simulación a tiempo real que permite depurar errores.

### **4.7.2.- CONEXIÓN DE LA PANTALLA DISPLAY**

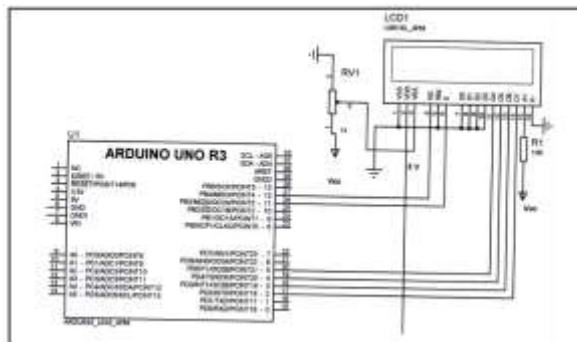
El LCD 16x2 se alimenta con 5V a 12 V en función nominal, el pin 1 (VSS) corresponde a tierra en el LCD, el pin 2 (VDD) es la alimentación de 5V, el pin 3 (VEE) está conectado a un potenciómetro de 1K $\Omega$  (RV1) encargado de ajustar el contraste del LCD.



**Figura 4.39. Conexión del DISPLAY**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Los pines RS (pin4), E (pin6) se conectan con su respectivo pin etiquetado en el programa al PIC Atmel, en el caso de datos de 8 bits siempre se utilizan los últimos pines del DISPLAY (D4, D5, D6, D7), mientras que los pines (D3, D2, D1, D0, E, K) están conectados a tierra y por último el pin A+ está conectada a una resistencia de 10Ω limitadora para el led del display.



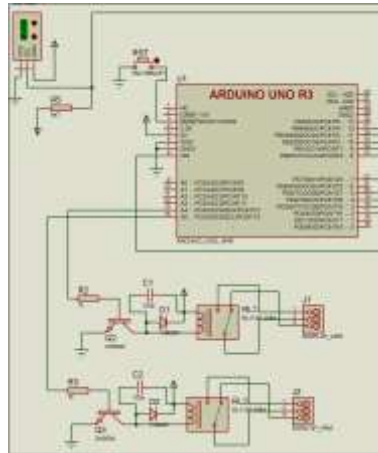
**Figura 4.40. Esquema eléctrico del DISPLAY**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

### 4.7.3.- CONEXIÓN DEL BOTÓN DE EMERGENCIA

La conexión del botón de emergencia tiene la función de apagar el equipo cuando la temperatura del objeto a secar sobrepase el rango asignado en el programa.

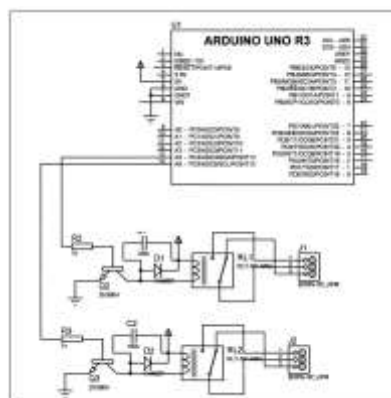
La conexión se realiza de la siguiente manera, en los puertos analógicos A4 y A5 esta conectadas dos resistencias de 1kΩ (R2 y R3) las mismas están conectadas en paralelo.



**Figura 4.41. Conexión del Botón de emergencia**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Conectadas las resistencias se continúa con la conexión de un transistor NPN 2N3904 (Q2 y Q3) que tiene 3 patas un colector (C), base (B) y emisor (E). La base (B) está conectada a las salidas de las resistencias R2 y R3, el emisor es a tierra y el colector a las entradas de los diodos (D1 y D2), capacitores (C1 y C2) y a la bobina de los relés (RL1 y RL2) lo que se realizó es un puente que nos ayuda al control de convertidores de potencia este es llamado puente H, el otro extremo del capacitor y diodo son de carga que también están conectados a la bobina del relé. Por último las entradas y salida del relé están conectadas a una bornera J1 y J2 para estar acopladas con el pulsador.



**Figura 4.42. Esquema eléctrico del botón de emergencia**

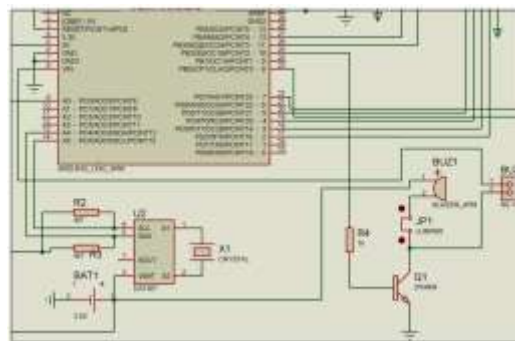
Fuente: Ángel Llumiquinga



#### 4.7.4.- CONEXIÓN DEL BUZZER

El pin 10 del microcontrolador Atmel va estar acoplado a una resistencia (R4) de  $1K\Omega$  y a la vez esta a un transistor NPN 2N3904 (Q1) que consta de 3 patas un colector (C), base (B) y emisor (E). La base (B) está conectada con la salida de la resistencia R4, el emisor es a tierra y el colector a la entrada de un JUMPER (JP1).

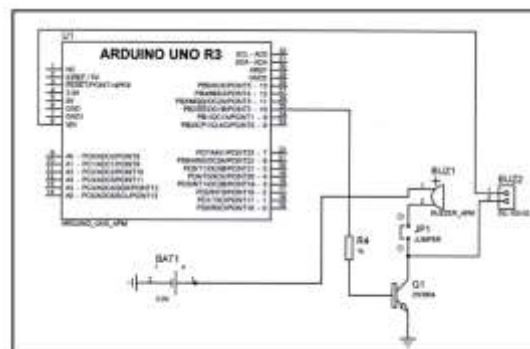
El JUMPER va estar conectado en un extremo al conector del buzzer SIL100-02 (BUZ2) y el otro al buzzer (BUZ1).



**Figura 4.43. Conexión del buzzer**

Fuente: Ángel Llumiquinga

El BUZ2 posee dos pines: el pin 2 está conectado con el JP1 y el pin 1 con el pin VIN del microcontrolador. Mientras que el BUZ1 también consta de dos pines: el pin 2 conectado con el JP1 y el pin 1 con la fuente de alimentación.



**Figura 4.44. Esquema eléctrico del buzzer**

Fuente: Ángel Llumiquinga

#### 4.7.5.- CONEXIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04

El sensor HC\_SR04 tiene cuatro puertos y están conectados de la siguiente manera; el pin VCC está conectado con la fuente de alimentación y el puerto GND a tierra.

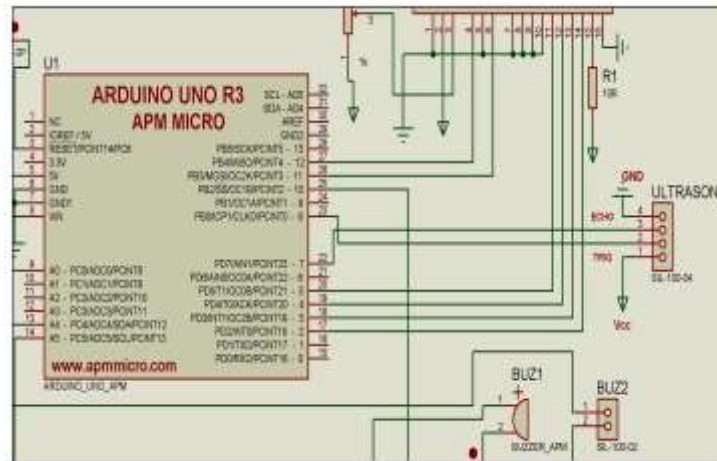


Figura 4.45. Conexión del sensor HC-SR04

Fuente: Ángel Llumiquinga

Las conexiones con el microcontrolador del ULTRASON se realizan por los pines habilitados en el programa, el pin TRIG con el puerto 8 del pic y el pin ECHO con el puerto 7 del microcontrolador.

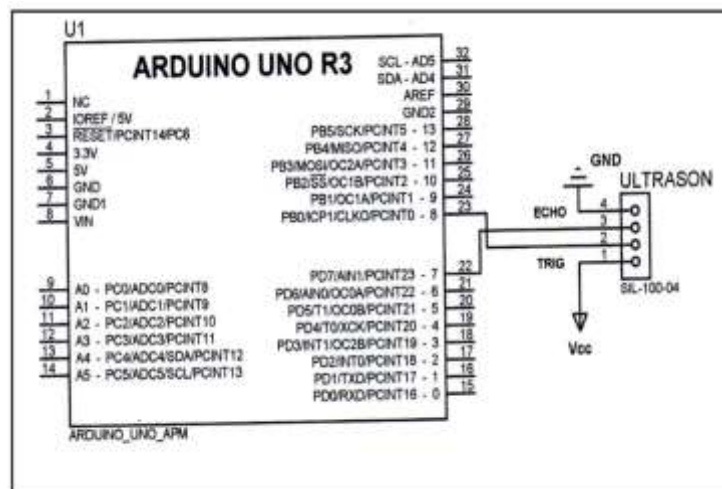


Figura 4.46. Esquema eléctrico del sensor HC-SR04

Fuente: Ángel Llumiquinga

#### 4.7.7.- ESQUEMA ELÉCTRICO DEL CIRCUITO EN GENERAL

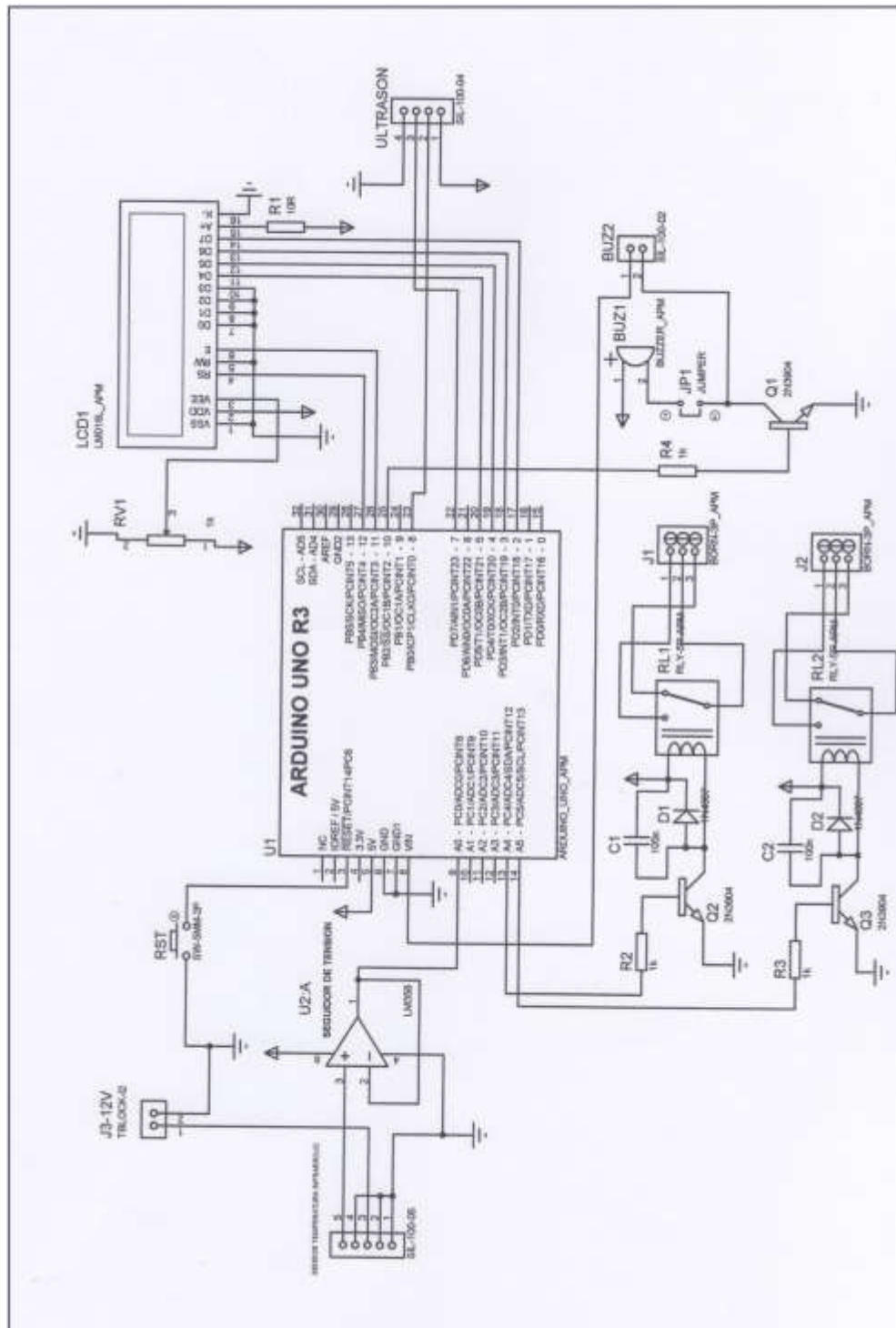
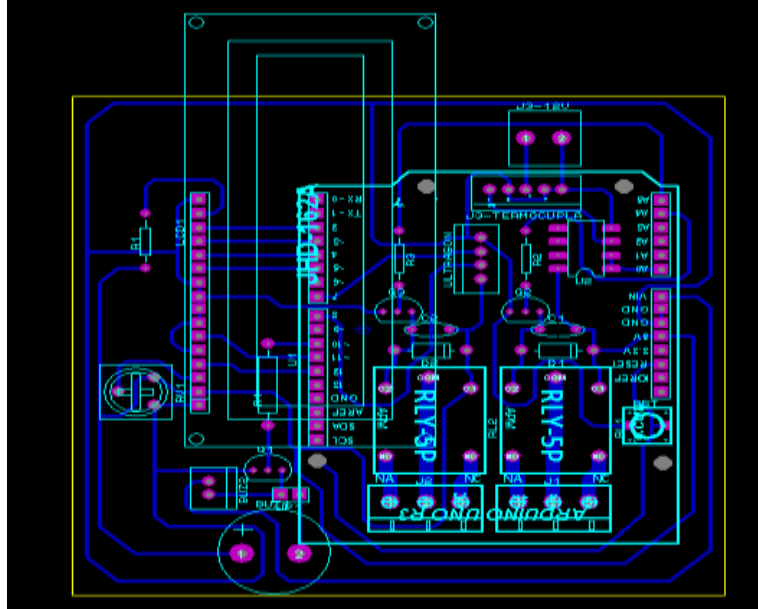


Figura 4.47. Esquema eléctrico del circuito

Fuente: Ángel LlumiQuinga

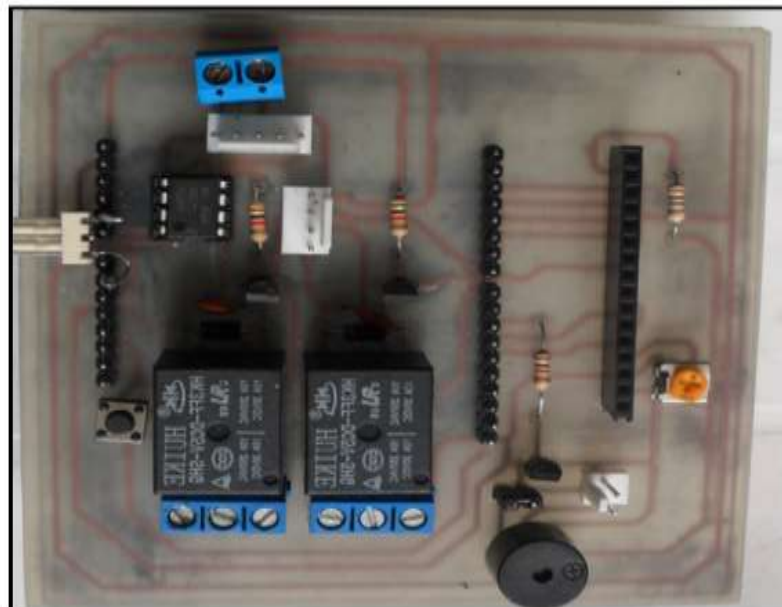
#### 4.7.8.- DISEÑO DE LA PLACA DEL CIRCUITO

El diseño de la placa se lo realizo manualmente en ISIS y se trata de hacerlo lo más compacta posible por cuestión de espacio físico.



**Figura 4.48. Baquelita**

Fuente: Ángel Llumiquina

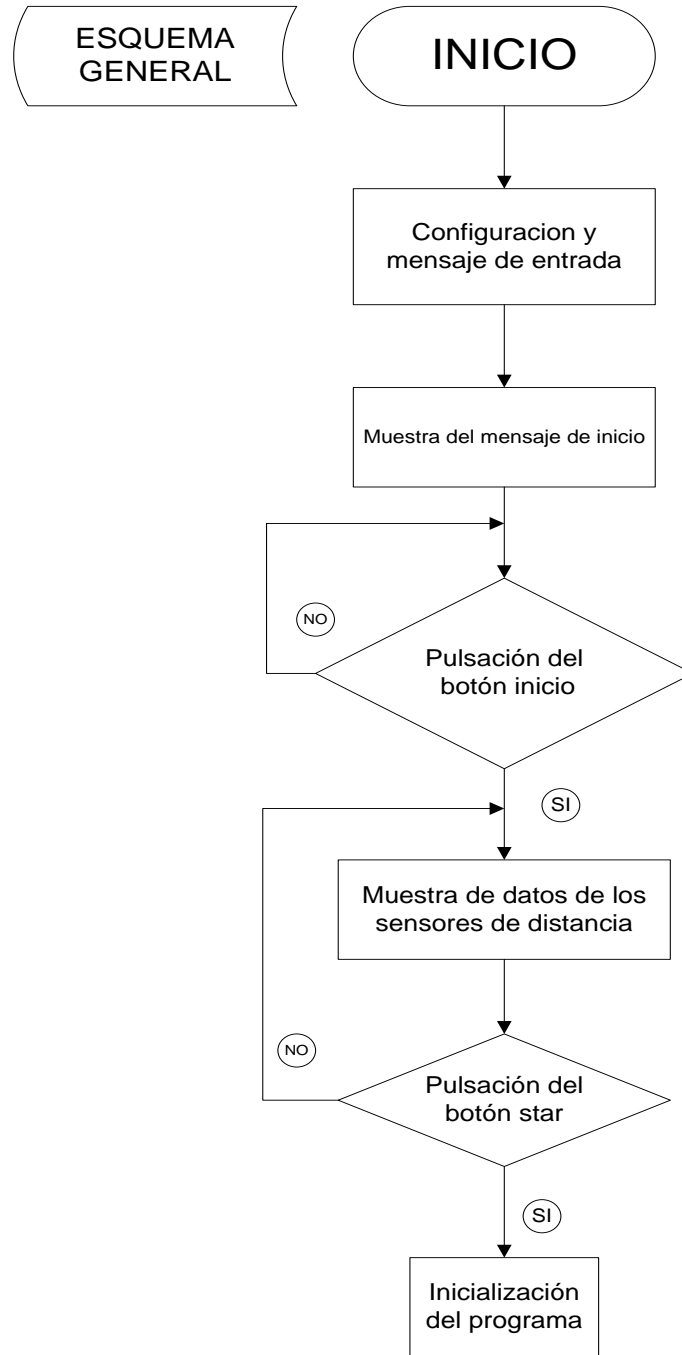


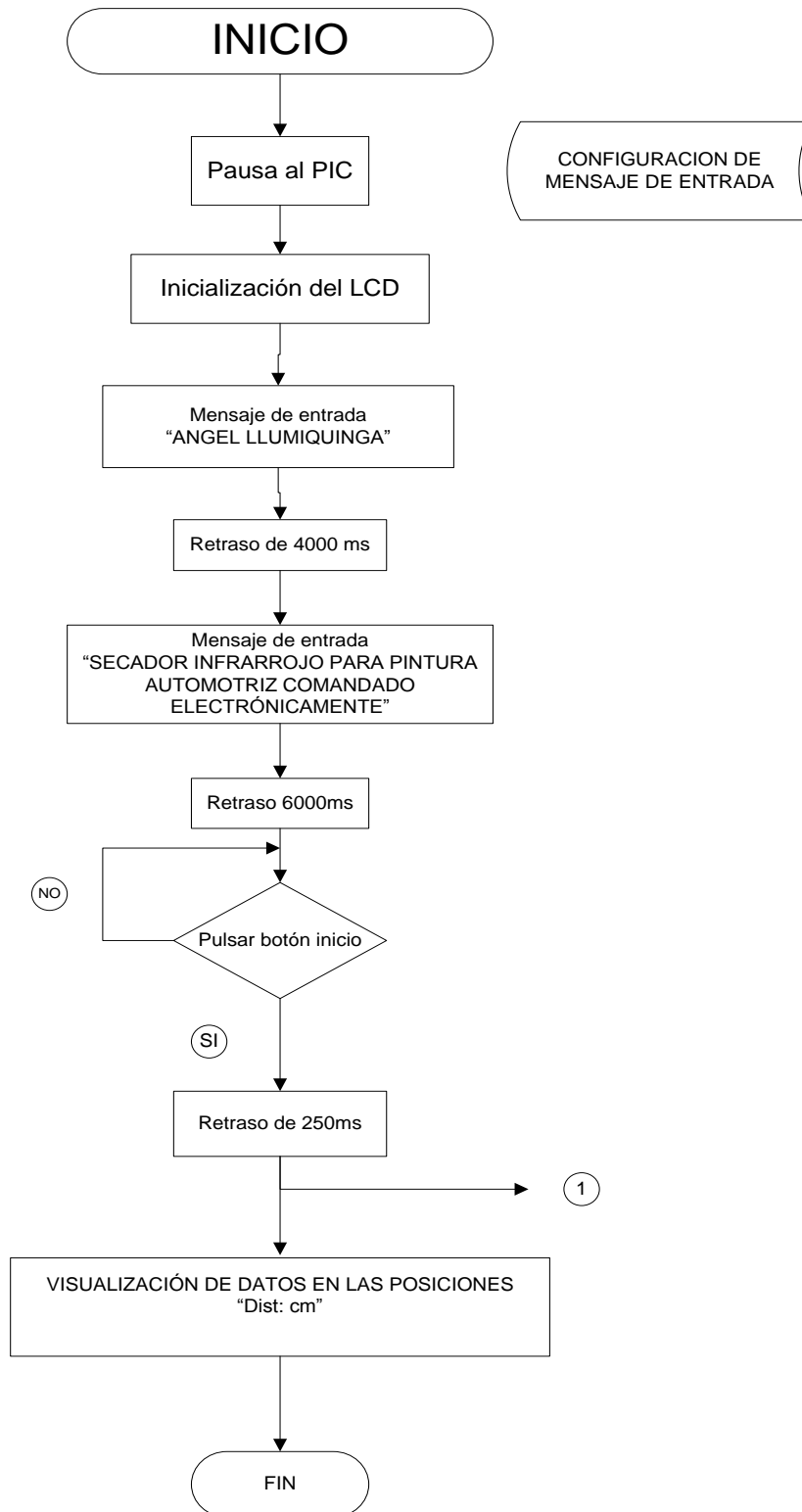
**Figura 4.49. Placa electrónica**

Fuente: Ángel Llumiquina

#### 4.7.9.- ELABORACIÓN DEL PROGRAMA DEL SENSOR DE DISTANCIA

La elaboración del programa se desarrolla de aquí en adelante mediante diagramas de flujo para el mejor entendimiento y comprensión de las secuencias del programa ver en anexo J, la programación se lo realiza en Arduino 1.0.5 Windows.





# CAPÍTULO V

## 5.- CONSTRUCCIÓN DEL EQUIPO

Estando diseñadas, construidas y seleccionadas las diferentes partes constitutivas del secador infrarrojo, se procede a la construcción, montaje e instalación de sus elementos basándose para ello en los planos que se incluyen en el documento. Las máquinas, herramientas y accesorios que se describen a continuación.

Máquina empleadas en la construcción:

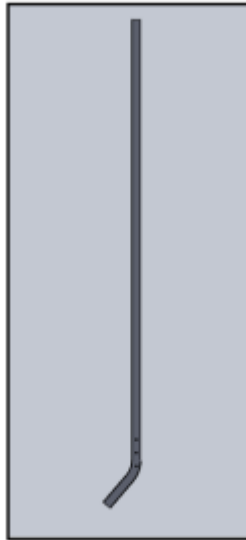
- Taladro de pedestal
- Cortadora de tubo eléctrica
- Sueda Eléctrica

Herramientas y útiles necesarios para la construcción.

- Flexómetro
- Calibrador pie de Rey
- Escuadra
- Brocas
- Martillo
- Llaves en general
- Entenalla o tornillo de banco
- Machuelos
- Sierra de mano
- Electrodo 6011
- Destornilladores
- Cartón
- Lima plana y redonda

## 5.1.- CONSTRUCCIÓN DE LA COLUMNA DEL SECADOR

Para la construcción de la columna del secador de pintura automotriz el material a utilizar es el tubo estructural de acero ASTM A36 de sección transversal rectangular hueco y sus dimensiones se especifican en la figura 3.8.



**Figura 5.1. Columna del secador**

Fuente: Ángel Lumiquinga

La columna del secador aloja al soporte del brazo de la lámpara y el control electrónico de la lámpara



**Figura 5.2. Tubo estructural y longitud de la columna**

Fuente: Ángel Lumiquinga



Lo siguiente es cortar el tubo estructural con las dimensiones que se encuentran en el plano de la columna anexo C. Para cortar el tubo estructural se lo realiza con la máquina cortadora.



**Figura 5.3. Corte de la longitud de la columna**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Realizado el corte del tubo a la longitud que se indica en el plano seguimos a dimensionar las perforaciones que van a unir a la columna y la base.



**Figura 5.4. Dimensionamiento de las perforaciones**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Establecidas las longitudes de los diámetros se continúa con las perforaciones que son las encargadas de juntar a la columna con la base.

Las herramientas a utilizarse son el taladro de pedestal y una broca de diámetro  $\frac{1}{4}$  in o 6.35mm.



**Figura 5.5. Perforación del tubo**

Fuente: Ángel Llumiquinga

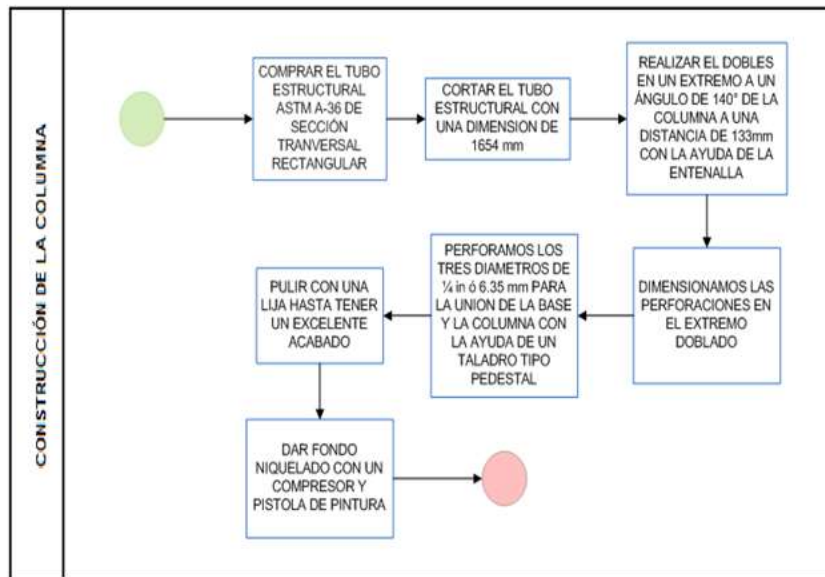
Como último paso de la construcción de la columna se procede a doblar su extremo inferior a un ángulo de  $140^\circ$  con una longitud del extremo superior a 1521mm, y del extremo inferior a 133mm con la ayuda de la entenalla o tornillo de banco.



**Figura 5.6. Doblamiento de la columna**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Columna del secador de pintura.



**Figura 5.7. Diagrama de proceso de la columna**

Fuente: Ángel Llumiquinga

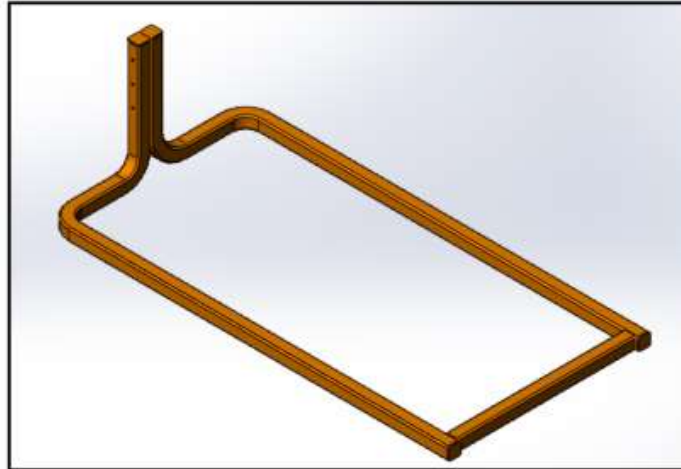


**Figura 5.8. Columna terminada**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## 5.2.- CONSTRUCCIÓN DE LA BASE DEL SECADOR

La base de la lámpara está construida por un tubo rectangular hueco en acero ASTM A36.



**Figura 5.9. Diseño de la base del secador**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

La base consta de dos patas en forma de un rectángulo de acero estructural que es la encargada de soportar el peso de todos los componentes del secador infrarrojo.



**Figura 5.10. Definición de las medidas de la base**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

El próximo paso para la construcción de la base es cortar el tubo estructural con las dimensiones que se encuentran establecidas en el plano correspondiente anexo D. Para cortar el tubo estructural lo realizamos con la máquina cortadora.



**Figura 5.11. Corte de los tubos de la base**

**Fuente:** Ángel Llumiyinga

El tubo cortado a las dimensiones que se indica en el plano se continúa a determinar el lugar de las perforaciones.



**Figura 5.12. Medidas de las perforaciones en las patas inferiores**

**Fuente:** Ángel Llumiyinga

Las perforaciones son del mismo diámetro que de la columna, y las herramientas que utilizamos son las mismas que se ocupó en el primer paso.



**Figura 5.13. Perforación de los agujeros de la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga

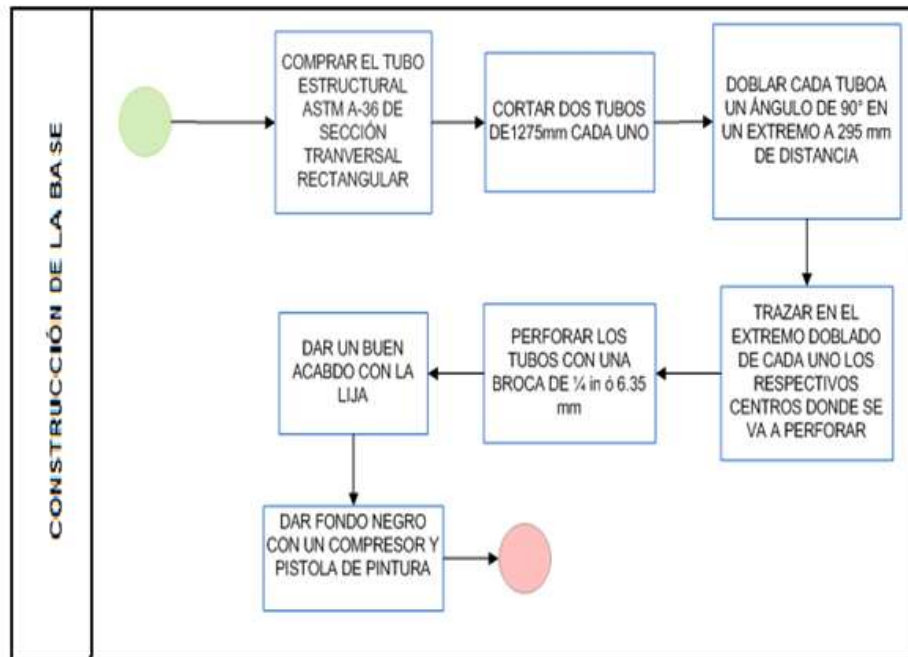
Para culminar con la construcción de la base doblamos los dos extremos a un ángulo de  $90^\circ$  como lo indican en el anexo D con el apoyo del tornillo de banco.



**Figura 5.14. Curva a  $90^\circ$  de las patas de la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Finalización de las patas que conforman la base del secador infrarrojo.



**Figura 5.15. Diagrama de proceso de la base**

Fuente: Ángel Llumiquinga



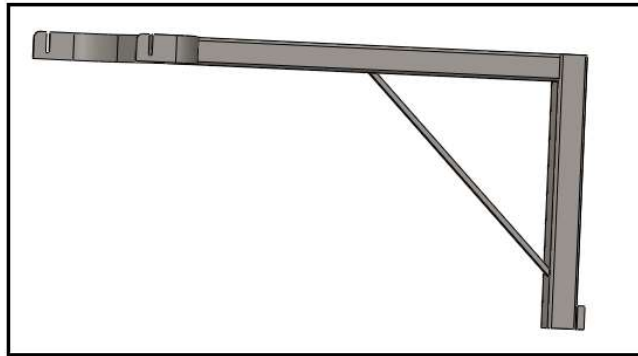
**Figura 5.16. Base del secador**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### **5.3.- CONSTRUCCIÓN DEL BRAZO DE LA LÁMPARA**

Luego de haber definido las dimensiones y el diseño del brazo de la lámpara que Anexo E y haber seleccionado el material, se sigue los siguientes pasos:





**Figura 5.17. Diseño del brazo del secador infrarrojo**

**Fuente:** Ángel Llumiquina

Se debe tener en cuenta los materiales y planos tomando en consideración que vamos a utilizar dos clases de tubos rectangulares ASTM A36 y una platina.

Como primer material se va a utilizar el tubo rectangular de sección transversal más grande que el utilizado para construir la columna del secador, por motivo que el primero tiene que deslizarse sobre el segundo para el movimiento del brazo.

Se corta el tubo estructural ASTM A36 de sección transversal más ancha, según las medidas correspondientes del Anexo E. Para el corte del tubo utilizamos la cortadora eléctrica para obtener un corte preciso.



**Figura 5.18. Corte del tubo de sección grande.**

**Fuente:** Ángel Llumiquina



En la parte inferior del tubo seguimos a realizar el detalle A del plano, que nos ayuda asegurar el soporte con la columna para que no haya ningún deslizamiento y se mantenga fija en la posición que lo dejemos.

Para realizar el detalle de sujeción perforamos la parte inferior con las medidas correspondientes se utiliza una broca 5/16in para luego pasar un machuelo del mismo diámetro y abrir la rosca del perno de sujeción. Para estos pasos de construcción utilizamos el taladro de pedestal, una broca y un machuelo.



**Figura 5.19. Detalle A del brazo del secador**

**Fuente:** Ángel Llumiquire

Para el corte del tubo rectangular horizontal seleccionamos la medida indicada. Se selecciona la platina para cortar con las medidas que se indica en el Anexo E.



**Figura 5.20. Selección de la platina**

**Fuente:** Ángel Llumiquire

Para seguir con la construcción del soporte doblamos los extremos de la platina a un ángulo de 45° y continuamos con la construcción del detalle B.



**Figura 5.21. Curva a 45° de la platina**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Realizado el corte y doblada la platina en sus extremos, se realiza el detalle B, que está diseñado en el plano del soporte para seguir a cortar con las medidas establecidas y por ultimo limar para tener un fino acabado.

En este proceso se utiliza el trazador, escuadra, sierra de mano y la lima de grano fino.



**Figura 5.22. Trazo del detalle B**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Finalización del detalle B.



**Figura 5.23. Detalle B finalizado**

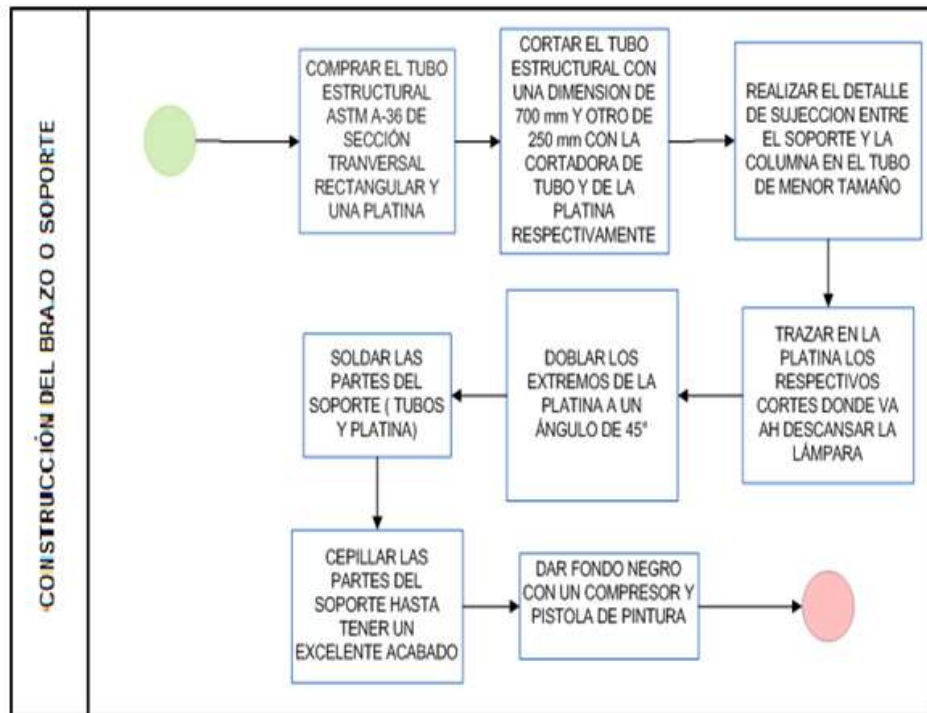
Fuente: Ángel Llumiquinga

Para terminar con la construcción del brazo se ensambla las tres partes para esto utilizamos la suelda eléctrica, se debe tener cuidado de no tener perdida de material porque las partes deben quedar unidas de forma hermética.



**Figura 5.24. Ensamble de las partes del brazo**

Fuente: Ángel Llumiquinga



**Figura 5.25. Diagrama del proceso del brazo**

Fuente: Ángel Llumiquire

Terminado del brazo de la lámpara.



**Figura 5.26. Brazo del secador**

Fuente: Ángel Llumiquire

## 5.4.- ENSAMBLE DE LOS ELEMENTOS MECÁNICOS

Antes de instalar los elementos mecánicos mostraremos por graficas cuales son todas las piezas involucradas sin ningún orden aparente.



**Figura 5.27. Columna, Base y Soporte**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Primero se instala la columna con la base están unidas con tres pernos, dos rodela de presión una a cada lado y una tuerca en cada perno que ayuda a mantener fija a las dos partes.

El perno que se utiliza respecto a las normas internacionales para identificar el grado de dureza es un DIN Clase 8.8 con sus características que es de Acero de medio carbono tratado térmicamente

DIN = Deutsches Institut für Normung ó Instituto Alemán de Normalización.



**Figura 5.28. Sujeción de la columna con la base**

Fuente: Ángel Llumiquire

Luego de quedar empernado y fijo, se procede a ajustar las tuercas con la ayuda de dos llaves mixtas de 10mm.



**Figura 5.29. Ajuste de los pernos**

Fuente: Ángel Llumiquire

El soporte o brazo se ensambla con la columna por la parte superior.



**Figura 5.30. Ensamble columna brazo**

Fuente: Ángel Llumiquire

Finalmente los elementos mecánicos están listos y dispuestos, el próximo paso será colocar los elementos eléctricos y electrónicos.

## **5.5.- ENSAMBLE Y AJUSTE DEL COMANDO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO**

### **5.5.1.- INSTALACIÓN DE LA LÁMPARA INFRARROJA**

Para el ensamble del secador infrarrojo, se utiliza una caja metálica realizado a la medida de la lámpara con sujeción en los extremos donde esta estática para que no sufra ninguna caída.

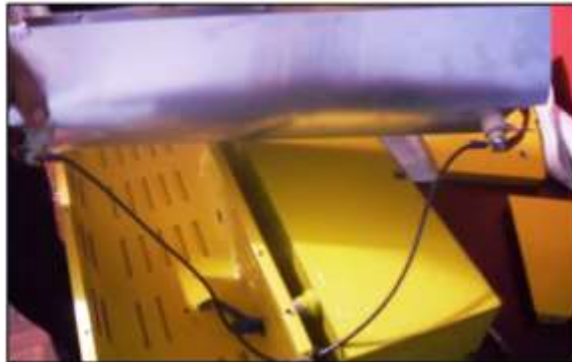


**Figura 5.31. Sujeción de la lámpara**

Fuente: Ángel Llumiquire



A continuación en los extremos se coloca los cables de resistencia, que sujetan al cable de conexión de voltaje (220 V).



**Figura 5.32. Cable de resistencia**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Luego de instalar la lámpara infrarroja, se ensambla la carcasa que sirve de protección para que no sufra ningún daño.



**Figura 5.33. Carcasa de la lámpara infrarroja**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Luego instalamos la rejilla de protección que es atornillada a la carcasa como protección si la lámpara se llegara a desinstalar de los extremos.





**Figura 5.34. Rejilla de protección**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Para instalar los componentes electrónicos, se elabora una caja metálica que va estar ubicada en la parte superior de la carcasa de protección que sirve también para instalar el control electrónico.

Para sujetar la caja de los componentes electrónicos se lo hace con unas alzas y pernos.



**Figura 5.35. Caja de los componentes electrónicos**

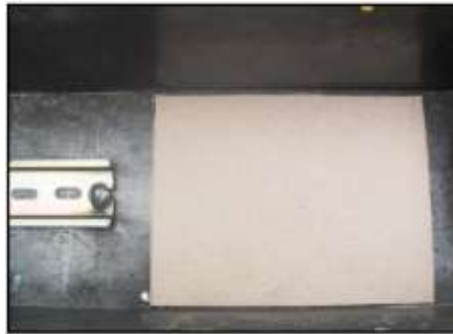
Fuente: Ángel Llumiquinga

### **5.5.2.- INSTALACIÓN DEL LOGO!**

Construida la caja metálica donde van a estar ubicados los componentes eléctrico y electrónicos del control de luminosidad seguimos a montar el LOGO!.

Al LOGO! lo vamos a fijar a presión en un perfil soporte de 35mm de ancho según la norma DIN. Para montar un módulo base LOGO! en un perfil soporte, se procede del siguientes modo:

1. Enganchamos el modulo base LOGO! en el perfil soporte.
2. Empujamos la parte inferior del modulo hacia abajo hasta que encaje en el perfil. La corredera ubicada en la parte posterior del modulo debe quedar enclavada.



**Figura 5.36. Perfil de soporte del LOGO!**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Ya sujetado el logo en el perfil soporte continuamos con el cableado del LOGO! en la forma física. Para esto utilizamos un destornillador con un ancho de hoja no mayor a 3mm y unas punteras.

Como primer punto conectamos la alimentación DC del LOGO! en el Pin L+ positivo y en el pin M negativo.



**Figura 5.37. Conexión de alimentación del LOGO!**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Conectado los cables de alimentación del LOGO! seguimos a conectar las entradas analógicas I1 e I2 que vamos a utilizar y vienen de la fuente de la lámpara mientras que I7 es la señal de entrada del sensor de temperatura.



**Figura 5.38. Conexión de las entradas del LOGO!**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Luego seguimos con las conexiones de salida, el logo tiene 4 salidas que están equipadas con relés y las salidas que vamos a ocupar son la Q1, Q2, Q3 y Q4 que van a estar conectadas a las bobinas en especial para la opción F1 que determina la temperatura requerida con la ayuda de la salida Q4 en forma digital.



**Figura 5. 39. Conexión de salidas del LOGO!**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 5.5.3.- INSTALACIÓN DE LA LLAVE ESTÁTICA

A la llave estática la ubicamos a un extremo de la caja de los elementos electrónicos. Esta llave tiene dos pines 1 y 2 y van a estar conectada a las tres bobinas ya que son las encargadas de regular la intensidad.



**Figura 5.40. Conexión de los pines del control de potenciómetro**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Luego conectamos los pines 3 y 4 que son los encargados de la carga y estos pines están conectados a la lámpara infrarroja.



**Figura 5.41. Conexión de los pines de carga**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Por último tenemos instalada la llave estática que es el control de voltaje.



**Figura 5.42. Llave estática**

Fuente: Ángel Llumiquinga

#### **5.5.4. - INSTALACIÓN DEL MINI CIRCUIT BREAKER**

En la caja de de los elementos se monta el breaker encargado de controlar que no sufra ningún cortocircuito el control de luminosidad. Se escoge el lugar donde va a estar ubicado el breaker y se perforan los huecos de sujeción con su respectiva caja de protección. Se conecta el breaker a la placa del circuito de luminosidad debido que este tiene que estar protegido a las sobrecargas.



**Figura 5.43. Montaje del breaker**

Fuente: Ángel Llumiquinga

En este último paso de revisión nos aseguramos que todos los componentes instalados en la caja de protección estén asegurados y bien conectados para evitar inconvenientes al poner en funcionamiento el equipo.



**Figura 5. 44. Elementos en la caja protector**

Fuente: Ángel Llumiquinga

#### **5.5.5.- MONTAJE DEL LOGO! TD Y DE LOS BOTONES DE FUNCIONAMIENTO**

Para el montaje del LOGO! TD, botones start, inicio y de emergencia los vamos a ubicar en la parte superior de la caja protectora. Para el corte donde va a estar instalado el LOGO! TD hacemos un recuadro de 119.5mm x 78.5mm en la superficie de montaje.



**Figura 5.45. Parte superior**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Colocamos la junta, que viene incluida en la placa frontal del LOGO! TD, encajamos el LOGO! TD en el recorte hecho en la superficie de montaje y fija los estribos de fijación incluidos en el suministro al LOGO! TD.

Aquí apretamos los tornillos de montaje (con un par de apriete de 0.2 Nm) sobre los estribos de fijación para sujetar el LOGO! TD.



**Fuente:** Ángel Llumiquinga

**Figura 5.46.** Montaje del LOGO! TD.

Ya montado el logo se continua con la conexión del LOGO! TD esto es muy sencillo así como se indica en el capítulo IV de diseño electrónico. La alimentación del LOGO TD viene desde los terminales de alimentación de la lámpara y el pin 3 del botón start se conecta también con un pin del LOGO TD para dar inicio al funcionamiento de la lámpara. Para terminar con el cableado de LOGO TD seguimos a conectar el interfaz de comunicación entre el LOGO! y el display que nos ayuda a tener una mejor visualización y a operar de mejor manera el control de luminosidad.

El pin 3 del botón de inicio tiene dos conexiones la primera es con el botón de emergencia y otro con el LOGO! TD.



**Figura 5. 47. Conexión pin 3 botón inicio**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

El pin 4 del botón inicio tiene una sola conexión que está conectado con el LOGO RC al pin I2.



**Figura 5.48. Conexión pin 4 botón inicio**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Finalización del botón start.



**Figura 5.49. Conexión del botón inicio**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Para terminar en la parte superior se continúa con la conexión del botón de emergencia.

Primero se comienza con la conexión del pin 2 este tiene un solo empalme que está conectado con el LOGO RC en el pin I1.





**Figura 5.50. Conexión pin2 botón de emergencia**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Como siguiente paso es la conexión del pin 1 del botón de emergencia este va a estar conectado con el pin 3 del botón start.



**Figura 5.51. Conexión pin 1 botón de emergencia**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Por último se instala el botón de emergencia.



**Figura 5.52. Montaje del botón de emergencia**

Fuente: Ángel Llumiquinga

También del botón de emergencia se instala cables al terminal 2 y 1 que son conectados a un relé de la placa de control de los sensores.

Instalación de todos los elementos vistos por la parte posterior.



**Figura 5.53. Parte posterior control**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 5.5.6. – VISTA DEL CONTROL DE LUMINOSIDAD DEL SECADOR INRRARROJO



**Figura 5.54. Control de luminosidad**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### 5.5.7. – INSTALACIÓN DEL SENSOR ULTRASÓNICO HC-SR04

Como primer paso para proteger el sensor, se elabora una caja metálica para protección del sensor. Luego continuamos a sujetar la caja de protección al frente de la caja de los componentes eléctricos con la ayuda de unos tornillos previa perforación.

Realizado este paso se continua a perforar la parte interior de la caja ya que es por donde va a pasar el cable de conexión del sensor hacia la placa ya diseñados en el circuito (figura 4.48). También se le añade unas alzas y cartón prensado al fondo de la cajita para tener un ángulo excelente hacia el objeto a tratar.



**Figura 5.55. Agujero de conexión entre el HC-SR04 y el Arduino**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Por último se procede a instalar y sujetar el sensor ultrasónico en la caja de protección.



**Figura 5.56. Sensor ultrasónico HC-SR04**

Fuente: Ángel LlumiQuinga

#### **5.5.8. – INSTALACIÓN DEL DISPLAY**

Fijaremos el display a la caja de control electrónico, para esto se realiza un orificio de ajuste a medida para el LCD y la introducción es a presión.



**Figura 5.57. Orificio del LCD**

Fuente: Ángel LlumiQuinga

Una vez instalado el display se procede a conectar según el diseño las entradas de alimentación y datos.



**Figura 5.58. Instalación del LCD**

Fuente: Ángel Llumiquire

### **5.5.9. – INSTALACIÓN DEL SENSOR DE TEMPERATURA**

Para instalar el sensor de temperatura por rayos infrarrojos se realiza un agujero de 19mm o 3/4 in con la ayuda de un taladro y la broca respectiva.



**Figura 5.59. Agujero para la instalación del sensor**

Fuente: Ángel Llumiquire

El sensor de temperatura se instala al frente de la caja protectora por el motivo que es el encargado de enviar la señal de sobrecalentamiento y proteger la pintura del objeto a secar.

Para concluir con la instalación del sensor de temperatura infrarrojo RAYCI3A procedemos a sujetarlo por medio de dos tuercas para que no sufra ningún daño.



**Figura 5.60. Sensor de temperatura infrarrojo RAYCI3A**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## **5.6.- VISTA GENERAL DEL SECADOR INFRARROJO COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE**



**Figura 5.61. Secador Infrarrojo**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## CAPÍTULO VI

### 6.- PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO

Antes de realizar las pruebas de funcionamiento del secador es necesario realizar ciertas verificaciones, del montaje de los elementos, para garantizar un funcionamiento normal, realizando las siguientes operaciones.

#### 6.1.- PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO CON EL COMANDO ELETRÓNICO

Dentro de la puesta a punto del secador infrarrojo se realiza el control del diseño mecánico y diseño electrónico del equipo.

1. Sistema mecánico: Se verifica si la estructura está sujeta con los pernos de anclaje de la base a la columna y el brazo soporte este sin ningún daño en las uniones soldadas.



**Figura 6.1. Control del diseño mecánico**

Fuente: Ángel Llumiyinga

2. Sistema de encendido eléctrico: Se revisa el estado de los cables y las conexiones de los terminales en la caja de control eléctrico y electrónico.



**Figura 6.2. Revisión de cables y conexiones**

Fuente: Ángel Llumiquinga

3. Sistema de control de luminosidad: Se realiza una inspección visual acerca de la conexión del interfaz de comunicación entre el LOGO! 12/24 V RC y el LOGO! TD. Además se revisa el voltaje de los potenciómetro que indican la intensidad de temperatura máxima, media y mínima. El voltaje para cada potenciómetro es el siguiente máxima 4.1V, media 3.0V y mínima 2.1V.



**Figura 6.3. Conexión del LOGO! TD**

Fuente: Ángel Llumiquinga





**Figura 6.4. Medición del voltaje de los potenciómetros**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

4. Sistema de control de distancia y temperatura: Se procede al chequeo del circuito de distancia y de aviso de temperatura para que no haya ningún inconveniente y así el sistema tenga un buen funcionamiento.



**Figura 6.5. Control de distancia y aviso de temperatura**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Con el funcionamiento óptimo de los sistemas eléctricos y electrónicos del equipo se ensambla todos los implementos y se pondrá en funcionamiento el secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente.



**Figura 6.6. Funcionamiento del Secador infrarrojo**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## **6.2.- COMPROBACIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA**

Para la comprobación del funcionamiento de los diferentes sistemas del equipo se realiza por última vez una inspección visual lateral, frontal y superior del secador para evitar cualquier controversia en el desarrollo de la prueba de campo.



**Figura 6.7. Funcionamiento del secador**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Comprobado el funcionamiento del equipo en todos los sistemas se continúa con la prueba de campo.

### 6.3.- PRUEBA DE DESEMPEÑO DEL SECADOR INFRARROJO

Por medio de la siguiente prueba se podrá verificar el correcto funcionamiento del secador infrarrojo de onda corta. Para completar el periodo de pruebas y evaluación de resultados se verifico el funcionamiento de cada componente o parte por separado, estando cada uno de estos ya instalado.

Para la prueba de desempeño del equipo se realiza en un taller artesanal de enderezada y pintura, para la prueba de campo se va a basar en la siguiente tabla.

**Tabla 6.1. Tiempos y distancias de secado IR OC**

Fuente: Fuente: <http://www.aviauto.net>

<b>MATERIAL</b>	<b>DISTANCIA</b>	<b>TIEMPO ONDA CORTA</b>	<b>TIEMPO CABINA</b>	<b>TIEMPO SEADO AL AIRE</b>
MASILLA	50 cm	8 - 10 min.	15 - 20 min	30 – 60 min
FONDO	50 cm	10 - 12 min	30 - 40 min	210 min
COLOR PLANO	50 cm	10 - 12 Min	30 - 40 min	240 min
BARNIZ	50 cm	12 - 14 Min	30 - 45 min	240 min
PLASTICOS	50 cm	8 - 10 Min	20 - 30 min	150 min
MADERA	40 cm	13 – 15 Min	35 - 45 min	260 min

**NOTA:** En los colores claros agregar un minuto más en los tiempos de secado.

En la práctica se utiliza un capó de una camioneta de color negro que se va ah dar fondo y ah pintar, para secar por radiación infrarroja y para el proceso se observa los datos de la tabla 6.1



**Figura 6.8. Capó para realizar la practica**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

### **6.3.1.- PRUEBA DEL SENSOR DE DISTANCIA ULTRASÓNICO**

Este sensor que emite una onda ultrasónica, lo cual se dispersa y rebota siendo captada por el sensor permitiendo calcular la distancia que hay entre el sensor y el objeto.

El sensor ultrasónico permite visualizar a través del LCD la distancia del equipo con el objeto con la finalidad de que no esté muy cerca y determinar la distancia recomendada para cada tipo de material. Para este caso se utiliza un material de tipo fondo y la distancia recomendada se toma de la tabla 6.1.



**Figura 6. 9. Despliegue digital de tiempo real de distancia**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Para la respectiva comprobación de los datos obtenidos con el sensor ultrasónico se lo hace a través de un flexómetro.



**Figura 6.10. Comprobación de distancia**

Fuente: Ángel LlumiQuinga

### **6.3.2.- PRUEBA DEL SENSOR DE TEMPERATURA RAYCI3A**

El sensor RAYCI3A nos indica la temperatura de operación que se encuentra en el objeto a secar por medio de un rayo infrarrojo, ya que su principal característica es sensar la temperatura sin contacto. El sensor está programado a una temperatura de 60°C.



**Figura 6.11. Despliegue digital en tiempo real de la temperatura**

Fuente: Ángel LlumiQuinga

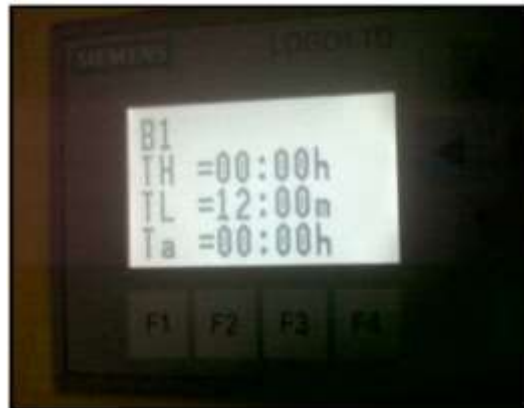


**Figura 6.12. Ubicación del sensor RAYCI3A**

Fuente: Ángel Llumiquinga

### **6.3.3.- PRUEBA DE SECADO CON EL EQUIPO INFRARROJO**

Como primer pasó se escoge el tiempo de secado que se va a emplear en la prueba de campo, se utiliza un tiempo de 12 minutos ya que el material a secar es de tipo fondo. El tiempo escogido se lo hace a través de la tabla 6.1



**Figura 6.13. Tiempo de secado**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Luego escogemos la función automática “SECADO PARA PINTURA AUTOMOTRIZ” F1, ya que el equipo posee función de despliegue de secado como son “SECADO DE MADERA” F2 y “SECADO DE PLASTICOS” F3.



**Figura 6.14. Función automática**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Como ya se tiene la distancia, tiempo y función automática se continua a pulsar el botón start para seguir con la prueba de campo.



**Figura 6.15. Secado por infrarrojo**

**Fuente:** Ángel Llumiquinga

Ya terminado de secar el material “fondo” se continúa a pintar el capó de color negro.



**Figura 6. 16. Pintado del capó**

Fuente: Ángel Llumiquinga

Acabado de pintar el capó como siguiente paso es secar la pintura con el secador infrarrojo y el material a utilizar es el de “color” para eso nos dirigimos a la tabla 6.1. La distancia, el tiempo y la temperatura escogida es la misma que el material de fondo.



**Figura 6.17. Secado del pintado del capó**

Fuente: Ángel Llumiquinga



Por último tenemos el terminado del secado por ondas infrarrojas.



**Figura 6.18. Terminado del capó**

Fuente: Ángel Llumiquinga

## 6.4.- ANÁLISIS DE RESULTADOS

**Tabla 6.2. Análisis de resultados**

Fuente: Fuente: Ángel Llumiquinga

PARTE O SISTEMA	ANÁLISIS DE RESULTADOS EN LA PRUEBA DE CAMPO
Sensor de distancia o ultrasónico	El problema que se pudo observar es al principio que el sensor trabaja a un ángulo de sensado de 15°.
Sensor de temperatura RAYCI3A	Se verifico la correcta instalación del sensor y comprobar si el cable no sufría ningún daño por las altas temperaturas.
Sistema eléctrico.	Para la instalación eléctrica se debió tener especial cuidado en la selección de los materiales tales como materiales de aislamientos (para temperaturas elevadas).
Sistema de control electrónico.	En cuanto al sistema de control electrónico no se encontró ningún daño.
Estructura del equipo.	La estructura del secador no presenta ningún tipo de complicaciones.

## **CAPÍTULO VII**

### **7.- MARCO ADMINISTRATIVO**

#### **7.1.- RECURSOS**

Los recursos humanos, tecnológicos y materiales son de vital importancia, para el adecuado desarrollo de un proyecto; por ello, en este capítulo abordaremos todo el aspecto técnico – operativo del mismo. La planificación es fundamental para la correcta utilización de los recursos y así obtener los mejores resultados.

##### **7.1.1.- RECURSOS HUMANOS**

En este proyecto de tesis “Diseño y construcción de un secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente”, el principal recurso fue el humano, ya que mi tarea investigativa y práctica fue el pilar para el desarrollo del mismo. Así como, el asesoramiento del Ing. Guido Torres, como Director, quien aportó de sobremanera en la consecución de este proyecto, tanto en la investigación como en la operatividad y por la colaboración para la ejecución del Ing. Mauricio Cruz, Codirector.

##### **7.1.2.- RECURSOS TECNOLÓGICOS**

Este proyecto constituye en sí una herramienta tecnológica que ayuda a los talleres artesanales de enderezada y pintura a tener un acabado de calidad en un tiempo óptimo.

Asimismo, la realización del proyecto necesitó de la utilización de distintos dispositivos tecnológicos como: cámara de fotos, computadoras, internet, interface, que facilitaron la ejecución de este trabajo.

##### **7.1.3.- RECURSOS MATERIALES**

Entre los recursos materiales puedo mencionar: lámpara infrarroja de onda corta, LOGO! 12/24 RC, LOGO! TD, placa arduino uno R3, sensor de temperatura infrarrojo RAYCI3A, sensor ultrasónico HCS-04, entre los más representativos.

## 7.2.- PRESUPUESTO

Para cumplir con el proyecto “Diseño y construcción de un secador de pintura automotriz comandado electrónicamente”, fue necesario contar con un presupuesto, el mismo que se detalla a continuación:

**Tabla 7.1. Presupuesto dispositivos electrónicos y eléctricos**

Fuente: Ángel Llumiquinga

ORDEN	Elementos Electrónicos	Característica	TOTAL USD
1	Lámpara infrarroja	onda corta	250,00
2	Llave estática	RESP-1-015	120,18
3	LOGO!	12/24V RC	131,04
4	Funda de terminales	470/8	2,24
5	Selector H. Y.	2 posiciones	3,92
6	Cable flexible 10 metros	# 18	1,90
7	Cable flexible 5 metros	# 14	1,96
8	LOGO! TD	Display	152,32
9	Funda de terminales	14-16	1,68
10	Breaker	3 Amperios	5,04
11	Pulsador de emergencia	Rojo camsco	2,91
12	ZOC 8P	1	0,06
13	DS 1307	1	3,00
14	Zocalo Pila CR2032	1	1,00
15	Pila CR2032	1	0,75
16	CRY 32768 KHZ	1	0,55
17	PUL2P 5mm NEGRO PATAS LARGAS	1	0,12
18	TRIMMER 10 KOHM	2	0,50
19	CAN HEAD MALE SIMPLE	4	1,60
20	CAN HEAD FEMALE SIMPLE	2	1,00
21	LCD 16x2 VE	1	6,25
22	ARDUINO UNO	1	36,40
23	CABLE 16 HILOS - METROS	1	1,25
24	1N4007 - 1A/1000 v	2	0,16
25	RELE 5V - 5P	2	0,65

26	2N3904 - NPN	2	0,16
27	CC 100 NT 0.1 UF/50V	2	0,16
28	BUZZER ACTIVO 5V	1	0,65
29	BORN 3P - AZ	1	0,35
30	RAYCISA Voltaje	1	124,00
31	ULTRASONIDO SR04	1	12,00
32	CON-POLHDR 3P	4	1,20
		<b>TOTAL</b>	<b>865,00</b>

**Tabla 7.2. Presupuesto elementos estructurales**

Fuente: Ángel Llumiquinga

ORDEN	Elementos Estructurales	Características	TOTAL USD
1	Tubo estructural rectangular hueco	ASTM A36	80,00
2	Platina metálica	ASTM A36	15,00
3	Ruedas	4	4,00
4	Pernos	3	8,00
5	Tuercas	3	4,00
6	Arandelas de presión	6	2,00
7	Varios		300,00
		<b>TOTAL</b>	<b>413,00</b>

**Tabla 7.3. Total de gastos**

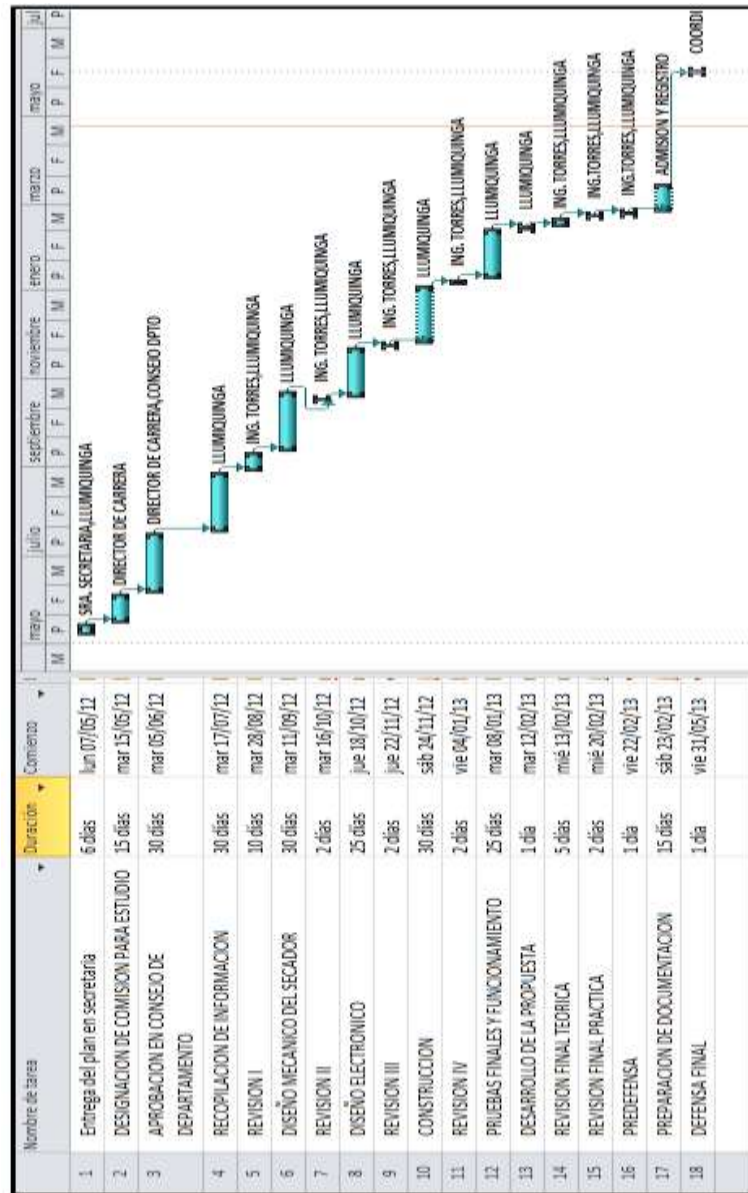
Fuente: Ángel Llumiquinga

ORDEN	DESCRIPCION	TOTAL USD
1	Elementos electrónicos	865,00
2	Elementos estructurales	413,00
3	Elaboración de tesis	200,00
		<b>TOTAL 1478,00</b>

### 7.3.- FINANCIAMIENTO

Este proyecto está financiado en su totalidad por el realizador del mismo Ángel Heriberto Llumiquinga Chingay.

### 7.4.- CRONOGRAMA



Fuente: Ángel Llumiquinga

Figura 7.1. Cronograma

## **CONCLUSIONES:**

Finalizando este trabajo de investigación, presento las siguientes conclusiones y recomendaciones, a fin de que sean consideradas por quien utilice el presente como fuente de consulta.

- En base a los conocimientos de Ingeniería en Mecánica Automotriz se diseño y se selecciono los elementos indispensables para construir el secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente.
- Se ha diseñado y construido un equipo que permite secar a base de radiación infrarroja en forma eficiente y un tiempo aproximado de 10 a 15 minutos, mejorando la calidad del terminado, así como la seguridad del trabajador para que no tenga ningún accidente.
- El secador infrarrojo comandado electrónicamente permitirá solventar la necesidad industrial automotriz en el área de la carrocería, al secar las autopartes del vehículo ahorrando recursos.
- Disminuye el tiempo en un 50% y 60% en relación al secado convencional, se mejoro notablemente el proceso de secado de partes pequeñas del automóvil a la vez que se realizo en una forma más técnica del proceso.
- Se diseño y selecciono los elementos indispensables en el sistema de luminosidad al utilizar un LOGO y el LOGO TD que nos permite una mejor visualización al seleccionar la intensidad adecuada con el comando electrónico.
- Se selecciono los elementos electrónicos, idóneos para el desarrollo del sistema de control de distancia y temperatura de la lámpara, la placa arduino uno R3, el sensor RAYCI3A y el sensor HCR-R04 se usaron por sus

capacidades de memoria de programación, precio y facilidad de uso. Todo esto en función de los requerimientos necesarios, conforme el diseño realizado.

- En el país existen muy pocos talleres artesanales de enderezada y pintura que utilizan este equipo de secado por infrarrojos por ser de un alto costo económico. Gracias al conocimiento adquirido en la carrera de Ingeniería Automotriz se diseño y construyo el equipo con materiales adquiridos en el mercado local a un costo menor y de óptimo rendimiento,
- La operación y el mantenimiento del equipo es muy sencillo, solo requiere tomar todas las precauciones de seguridad mencionada en el manual del usuario para evitar accidentes.
- Al reducir el tiempo en relación al secado convencional o llamado manual, se podría secar autopartes alrededor de 7 a 10 partes diarias, realizando en una jornada de trabajo de 8 horas diarias y un total de unas 150 autopartes al mes.
- El sensor de temperatura sin contacto por rayos infrarrojos es una novedad ya que por medio de él podemos determinar la temperatura de un objeto a cierta distancia y así estar seguro que la pintura no va a sufrir ningún daño por sobrecalentamiento.

## **RECOMENDACIONES:**

- Para manejar el secador infrarrojo se deberá tomar muy en cuenta las normas de seguridad necesarias para evitar accidentes.
- Realizar una consulta en la tabla de tiempos y distancias sobre el material a secar para no tener ningún inconveniente.
- La intensidad de la luminosidad de trabajo debe estar acorde a la necesidad de secado.
- Los sensores son elementos sensibles a los golpes, tener mucho cuidado al manipular el circuito de distancia y temperatura, ya que alguna caída o golpe fuerte puede dañar de forma definitiva los sensores utilizados.
- La placa Arduino Uno R3 utilizado es un elemento sensible por lo que se recomienda aislarlo de condiciones ambientales desfavorables, como temperaturas altas y también es importante aislar el circuito completo en un dispositivo metálico conectado a tierra.
- El tubo de la lámpara no debe colocarse en forma perpendicular al suelo mientras el equipo esté funcionando. De lo contrario, se acorta la vida útil del tubo de la lámpara.
- Durante el proceso de curado, la superficie de la pintura debe estar limpia, libre de agua e impurezas.
- Apague el equipo luego de ser utilizado, guarde el equipo en un lugar seguro para evitar dañar la lámpara.



## BIBLIOGRAFÍA

### LIBROS

- IHOBE, “Libro Blanco Para la Minimización de Residuos y Emisiones”, primera edición, 1999, Vasco, Editorial IBOHE S.A.
- MOTT, Robert. “Diseño de Elementos de Máquinas”, cuarta edición 2006, México, Editorial pearson Education.
- SIEMENS, “Manual LOGO”, segunda edición 2005, Alemania, Editorial Copyright Siemens

### NET GRAFÍA

- Taller artesanal. Disponible en el taller de fabian (2000). Consultado el 07 de agosto del 2012, en:
  - ✓ <http://www.eltallerdefabian.blogspot.com/>
- Radiación infrarroja. Disponible en sld (1999). Consultado el 15 de agosto del 2012
  - ✓ [http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/radiacion\\_infrarroja.pdf](http://www.sld.cu/galerias/pdf/sitios/rehabilitacion-fis/radiacion_infrarroja.pdf)
- Obtención de las radiaciones infrarrojas. Disponible en wikipedia (2012). Consultado el 20 de agosto del 2012.
  - ✓ [https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_infrarroja](https://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_infrarroja)
- Efectos de la radiación infrarroja. Disponible en centro-zaragoza (2012). Consultado el 25 de agosto del 2012

- ✓ [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)
- Emisores de infrarrojo de onda corta. Disponible en sagola (2012). Consultado el 28 de agosto del 2012.
  - ✓ [http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared\\_cast.pdf](http://www.sagola.com/imagenes/folletos/pdf/infrared_cast.pdf)
- Emisores de infrarrojo de onda media. Disponible en mapfre (2011). Consultado el 27 de agosto del 2012
  - ✓ [http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo\\_imagenes/grupo.cmd?path=1045003](http://www.mapfre.com/documentacion/publico/i18n/catalogo_imagenes/grupo.cmd?path=1045003)
- Emisores de infrarrojo de onda larga. Disponible en centro-zaragoza (2012). Consultado el 27 de agosto del 2012
  - ✓ [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R2_A2.pdf)
- Equipos infrarrojos en el secado de las pinturas. Disponibles en books-google (2011). Consultado el 01 de septiembre del 2012.
  - ✓ [http://books.google.com.ec/books?id=SiJSK0EP7jcC&pg=PA30&lp\\_g=PA30&dq=equipo+infrarrojo+onda+media&source=bl&ots=LmavindiMl&sig=AnVIt2XxClo3piBRE3HlioxH5fc&hl=es-419&sa=X&ei=XdHIUbvZLuTi4AOtn4GYCw&ved=0CDsQ6AEwBDgK#v=onepage&q=equipo%20infrarrojo%20onda%20](http://books.google.com.ec/books?id=SiJSK0EP7jcC&pg=PA30&lp_g=PA30&dq=equipo+infrarrojo+onda+media&source=bl&ots=LmavindiMl&sig=AnVIt2XxClo3piBRE3HlioxH5fc&hl=es-419&sa=X&ei=XdHIUbvZLuTi4AOtn4GYCw&ved=0CDsQ6AEwBDgK#v=onepage&q=equipo%20infrarrojo%20onda%20)
- Cuando emplear el secado con infrarrojos, Disponible en stopco2 (2004). Consultado el 2 de septiembre del 2012.

- ✓ [http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP\\_Buenaspractic/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160](http://www.stopco2euskadi.com/Pags/AP/AP_Buenaspractic/FichasDetalle.asp?cod=EEB46B37-8469-41BE-840D-53884BE9D197&IdMedida=160)
- Empleo de los infrarrojos. Disponible en comforp (2008). Consultado el 4 de septiembre del 2012
  - ✓ <https://www.comforp.net/ebook/revista-cz/36/files/assets/downloads/page0020.pdf>
- Tiempo de secado. Disponible en el centro – zaragoza (2012). Consultado el 5 de septiembre del 2012.
  - ✓ [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R4\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R4_A2.pdf)
- Diferencia entre el secado convencional, en cabina y equipos infrarrojos. Disponible en el centro – zaragoza (2012). Consultado el 5 de septiembre del 2012
  - ✓ [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/hemeroteca/articulos/R3\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/hemeroteca/articulos/R3_A2.pdf)
- Determinación de la luminosidad de la lámpara infrarroja. Disponible en bioingeniería (2012). Consultado el 5 de octubre del 2012
  - ✓ <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/Descargas/Unidad5.pdf>
- Lámpara infrarroja de onda corta. Disponible en aviauto (2012). Consultado el 8 de octubre del 2012
  - ✓ <http://www.aviauto.net>

- Filamentos de onda corta. Disponible en cvlamps (2009). Consultado el 12 de octubre del 2012.
  - ✓ <http://www.cvlamps.com/esquema.htm>
- Logo! TEXT Display. Disponible en siemens (2012). Consultado el 20 de octubre del 2012.
  - ✓ <http://support.automation.siemens.com>
- Mini Circuit Breaker. Disponible en electrical components (2010). Consultado el 22 de octubre del 2012
  - ✓ <http://www.electricalcomponentsdirect.co.uk>
- Variador de potencia. Disponible en dhacel (2010). Consultado el 24 de octubre del 2012
  - ✓ <http://www.dhacel.com.ar>
- Características del arduino uno. Disponible en arduino (2013). Consultado el 05 de enero del 2013.
  - ✓ <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- Sensor Raytek RAYCI3A. disponible en fluke (2013). Consultado el 10 de febrero del 2013
  - ✓ [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

# **ANEXOS**

## **ANEXO A: MANUAL DE USUARIO**

## **Diseño y construcción de un secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente.**

Lámpara infrarroja de onda corta para el curado de pinturas.

El pintor debe conocer los pasos a seguir para el uso del secador automotriz.

### **Procedimiento:**

Conectar la fuente de energía asegurando que el suministro de energía sea el adecuado a 220V.



Conectado el equipo a la fuente recomendada por el manual prendemos el secador a través del breaker que se encuentra en un extremo de la lámpara.

Una vez que el secador se encuentre conectado seleccione el tiempo de secado y la opción “secado para pintura automotriz” con el control electrónico de acuerdo con los requerimientos de la pintura de curado.

Para lograr un mejor efecto, seleccionamos la temperatura con el control electrónico y los emisores deben estar paralelos a la superficie de la pintura. Mantenga la distancia de 30 – 60 cm del panel de acuerdo a la distancia recomendada en la tabla.



Pulsamos el botón inicio para que comience a funcionar el sensor ultrasónico HR-S04 y el sensor infrarrojo de temperatura RAYCISA obtener la distancia que nos indica en la tabla.

Y por ultimo pulsamos el botón start para dar comienzo al proceso de secado.

En caso de algún percance presione el botón rojo de la caja de control, que desconecta inmediatamente todo el funcionamiento



Apague el equipo luego de ser utilizado. Guarde el secador en un lugar seguro para evitar daños en la lámpara.

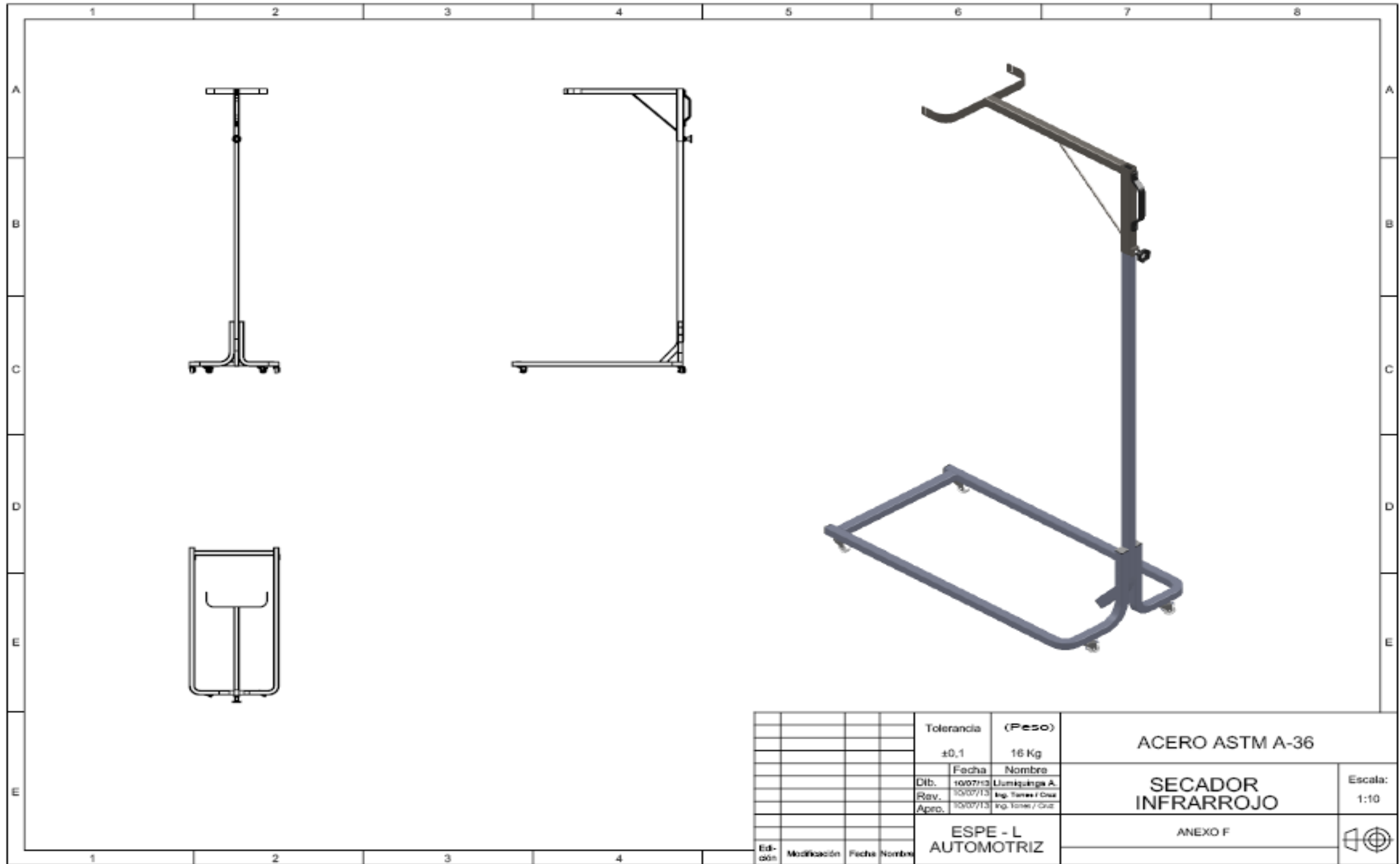
#### **RECOMENDACIONES:**


- Mantener una distancia segura entre el emisor y el panel.



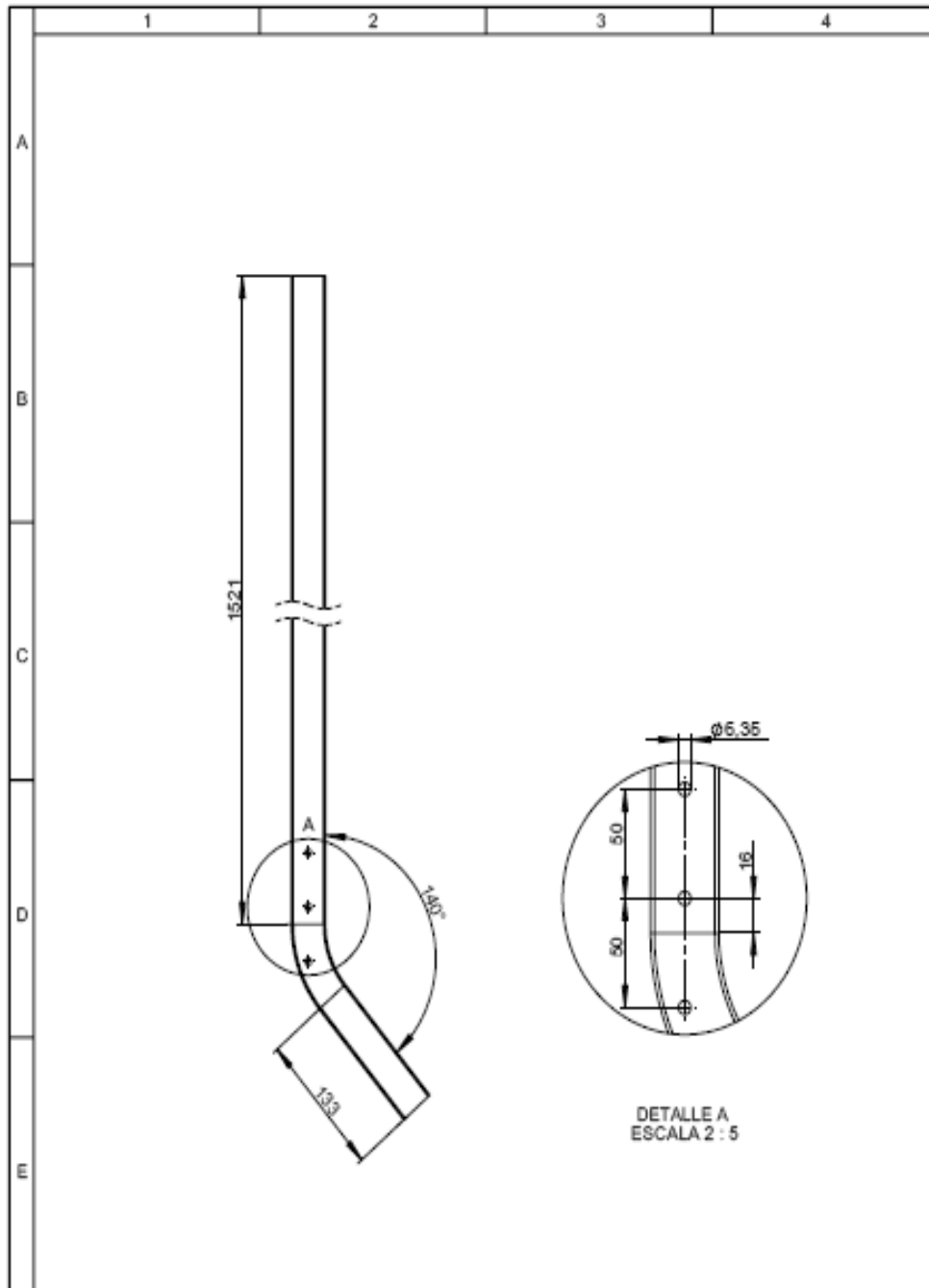
- El mantenimiento inadecuado de la unidad puede ocasionar daños en la superficie pintada.
- Desconecte la fuente de energía si el equipo no es utilizado por un periodo largo.
- Guarde el equipo en un lugar seguro o fin de evitar daños en el tubo de la lámpara.

## **ANEXO B: EQUIPO SECADOR INFRARROJO**



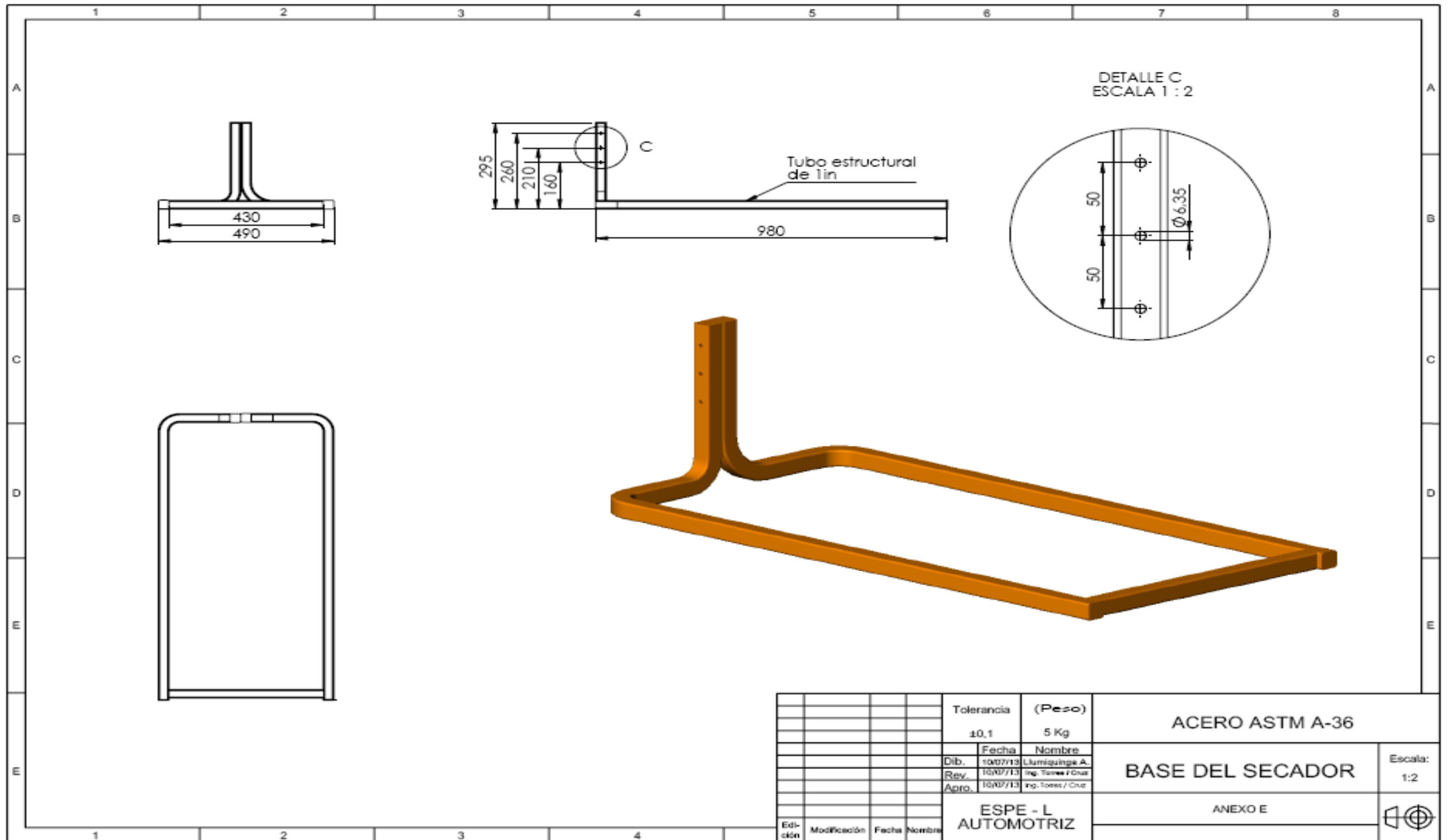
				Tolerancia	(Peso)	ACERO ASTM A-36	
				±0,1	16 Kg		
				Fecha	Nombre	SECADOR INFRARROJO	Escala: 1:10
				Dib. 10/07/13	Urniquinga A.		
				Rev. 10/07/13	Ing. Torres / Cruz		
				Apro. 10/07/13	Ing. Torres / Cruz		
				ESPE - L AUTOMOTRIZ		ANEXO F	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				

**ANEXO C: PLANO DE LA COLUMNA**



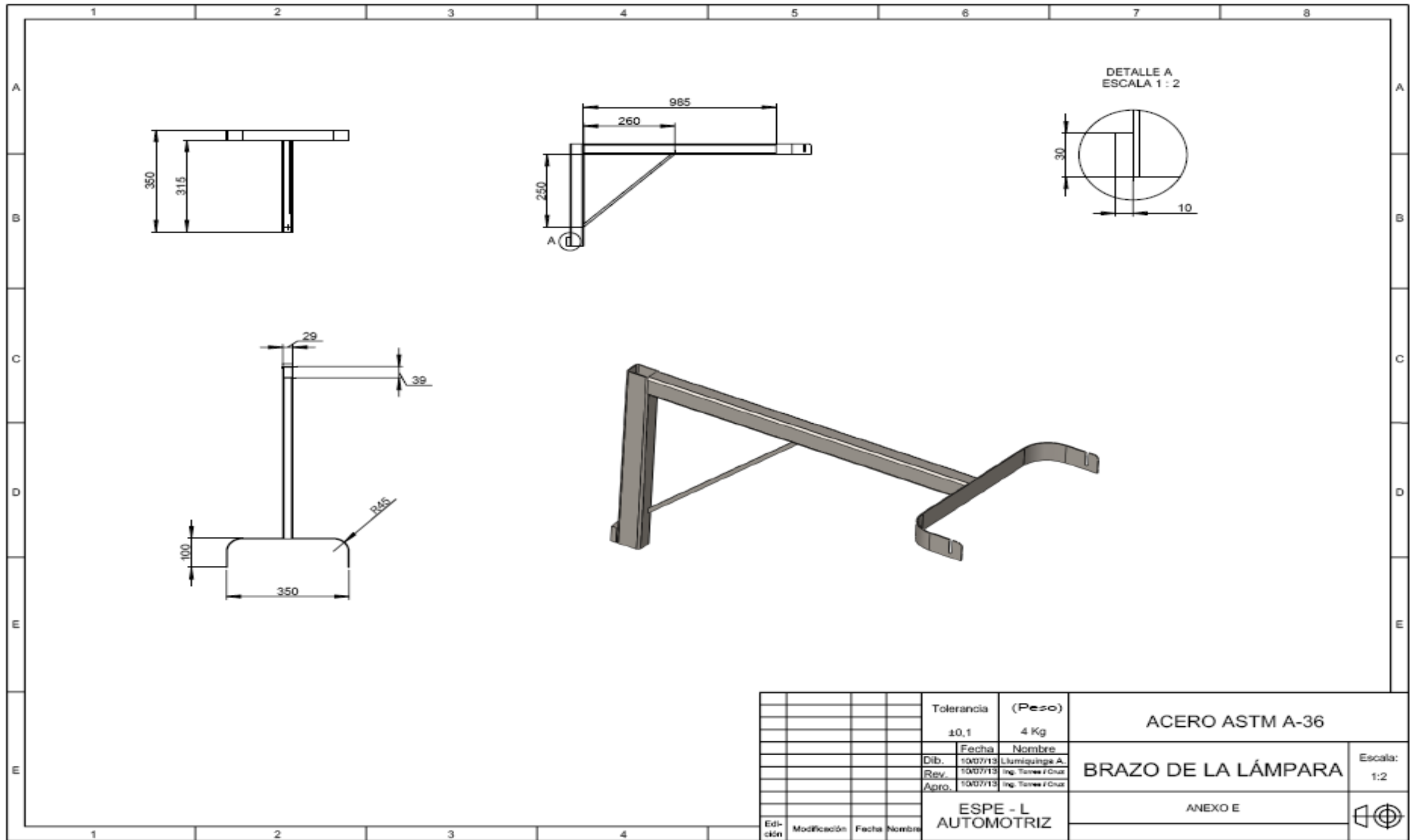
				Tolerancia	(Peso)	ACERO ASTM A36	Escala: 2:5
				±0,1	5 Kg		
				Fecha	Nombre	COLUMNA DEL SECADOR	
				Dib. 10/07/13	Lizarraga A.		
				Rev. 10/07/13	Ing. Torres / Cruz		
				Apro. 10/07/13	Ing. Torres / Cruz		
				ESPE - L AUTOMOTRIZ		ANEXO C	
Edi- ción	Modificación	Fecha	Nombre				

**ANEXO D: PLANO DE LA BASE**



## **ANEXO E: PLANO DEL SOPORTE**





				Tolerancia	(Peso)	ACERO ASTM A-36	
				±0,1	4 Kg		
					Fecha	Nombre	BRAZO DE LA LÁMPARA
				Dib.	10/07/13	Lumiguina A.	
				Rev.	10/07/13	Ing. Torres / Chut	
				Apro.	10/07/13	Ing. Torres / Chut	
				ESPE - L AUTOMOTRIZ		ANEXO E	
Edición	Modificación	Fecha	Nombre			Escala: 1:2	

## **ANEXO F: DATOS TECNICOS DEL LOGO**

## DATOS TECNICOS DEL LOGO

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo LOGO! 12/24RCE	LOGO! DM8 12/24R
<b>Fuente de alimentación</b>		
Tensión de entrada	12/24 V DC	12/24 V DC
Rango admisible	10.8 ... 28,8 V DC	10.8 ... 28,8 V DC
Protección contra inversión de polaridad	Sí	Sí
Consumo de corriente	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 V DC</li> <li>• 24 V DC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 30 ... 140 mA</li> <li>• 20 ... 75 mA</li> </ul>
Compensación de fallos de tensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Típ. 2 ms</li> <li>• Típ. 5 ms</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Típ. 2 ms</li> <li>• Típ. 5 ms</li> </ul>
Disipación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 12 V DC</li> <li>• 24 V DC</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 0.3 ... 1,7 W</li> <li>• 0.4 ... 1,8 W</li> </ul>
Respaldo del reloj en tiempo real a 25 °C	<ul style="list-style-type: none"> <li>• LOGO! 12/24RC/RCo: Típ. 80 horas sin tarjeta de batería Típ. 2 años con tarjeta de batería</li> <li>• LOGO! 12/24RCE: Típ. 20 días</li> </ul>	--
Precisión del reloj en tiempo real	Típ. $\pm 2$ s / día	--
Aislamiento galvánico	No	No
<b>Entradas digitales</b>		
Número	8	4
Aislamiento galvánico	No	No
Número de entradas rápidas	4 (I3, I4, I5, I6)	0
Frecuencia de entrada	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entrada normal</li> <li>• Entrada rápida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Máx. 4 Hz</li> <li>• Máx. 5 kHz</li> <li>• --</li> </ul>
Tensión admisible continua máx.	28,8 V DC	28,8 V DC
Tensión de entrada L+	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Señal 0</li> <li>• Señal 1</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; 5 V DC</li> <li>• &gt; 8,5 V DC</li> </ul>

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo LOGO! 12/24RCE	LOGO! DM8 12/24R
Intensidad de entrada en		
• Señal 0	< 0,85 mA (I3...I6) < 0,05 mA (I1, I2, I7, I8)	< 0,85 mA
• Señal 1	> 1,5 mA (I3... I6) > 0,1 mA (I1, I2, I7, I8)	> 1,5 mA
Tiempo de retardo		
• 0 a 1	Típ. 1,5 ms <1,0 ms (I3 ... I6)	Típ. 1,5 ms
• 1 a 0	Típ. 1,5 ms <1,0 ms (I3 ... I6)	Típ. 1,5 ms
Longitud de cable (sin pantalla)	Máx. 100 m	Máx. 100 m
<b>Entradas analógicas</b>		
Número	4 (I1=AI3, I2=AI4, I7=AI1, I8=AI2)	--
Rango	0 ... 10 V DC impedancia de entrada 72 kΩ	--
Tiempo de ciclo para generar valores analógicos	300 ms	--
Longitud de cable (blindado y trenzado)	Máx. 10 m	--
Límite de error	± 1,5 % a FS	--
<b>Salidas digitales</b>		
Número	4	4
Tipo de salida	Salidas de relé	Salidas de relé
Aislamiento galvánico	Sí	Sí
En grupos de	1	1
Control de una entrada digital	Sí	Sí
Corriente permanente I <sub>th</sub> (por borne)	Máx. 10 A por relé	Máx. 5 A por relé
Corriente de cierre	Máx. 30 A	Máx. 30 A
Carga de lámparas incandescentes (25.000 ciclos de conmutación) a	1000 W	1000 W
Tubos fluorescentes con reductor de tensión (25.000 ciclos de conmutación)	10 x 58 W	10 x 58 W
Tubos fluorescentes compensados convencionalmente (25.000 ciclos de conmutación)	1 x 58 W	1 x 58 W
Tubos fluorescentes no compensados (25.000 ciclos de conmutación)	10 x 58 W	10 x 58 W

	LOGO! 12/24RC LOGO! 12/24RCo LOGO! 12/24RCE	LOGO! DM8 12/24R
Reducción de potencia	Ninguna; en todo el rango de temperatura	Ninguna; en todo el rango de temperatura
Resistencia a cortocircuitos cos 1	Protector de potencia B16, 600A	Protector de potencia B16, 600A
Resistencia a cortocircuitos cos 0,5 a 0,7	Protector de potencia B16, 900A	Protector de potencia B16, 900A
Conexión en paralelo de salidas para aumentar la potencia	No admisible	No admisible
Protección de un relé de salida (si se desea)	Máx. 16 A, característica B16	Máx. 16 A, característica B16
<b>Frecuencia de conmutación</b>		
Mecánica	10 Hz	10 Hz
Carga óhmica/carga de lámparas	2 Hz	2 Hz
Carga inductiva	0,5 Hz	0,5 Hz

Nota: Para las lámparas fluorescentes con condensadores deben considerarse también los datos técnicos de los reductores de tensión de lámparas fluorescentes. Si se excede la corriente de cierre máxima admisible, las lámparas fluorescentes se deberán conectar a través de los relés auxiliares correspondientes.

Los datos se han determinado con los dispositivos siguientes:

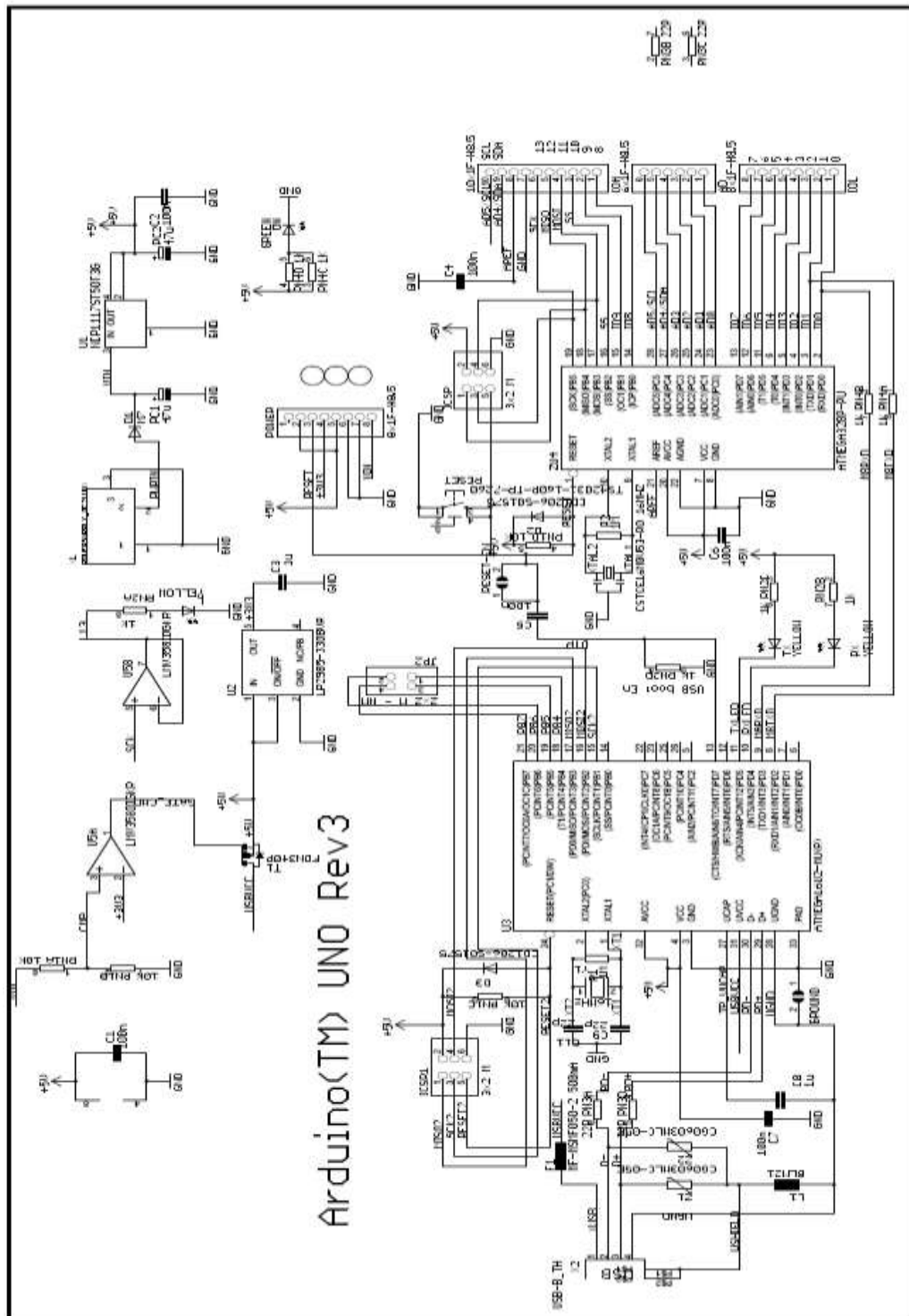
Lámparas fluorescentes Siemens 58W VVG 5LZ 583 3-1 no compensadas.

Lámparas fluorescentes Siemens 58W VVG 5LZ 583 3-1 compensadas en paralelo con 7 $\mu$ F.

Lámparas fluorescentes Siemens 58W VVG 5LZ 501 1-1N con reductor de tensión.

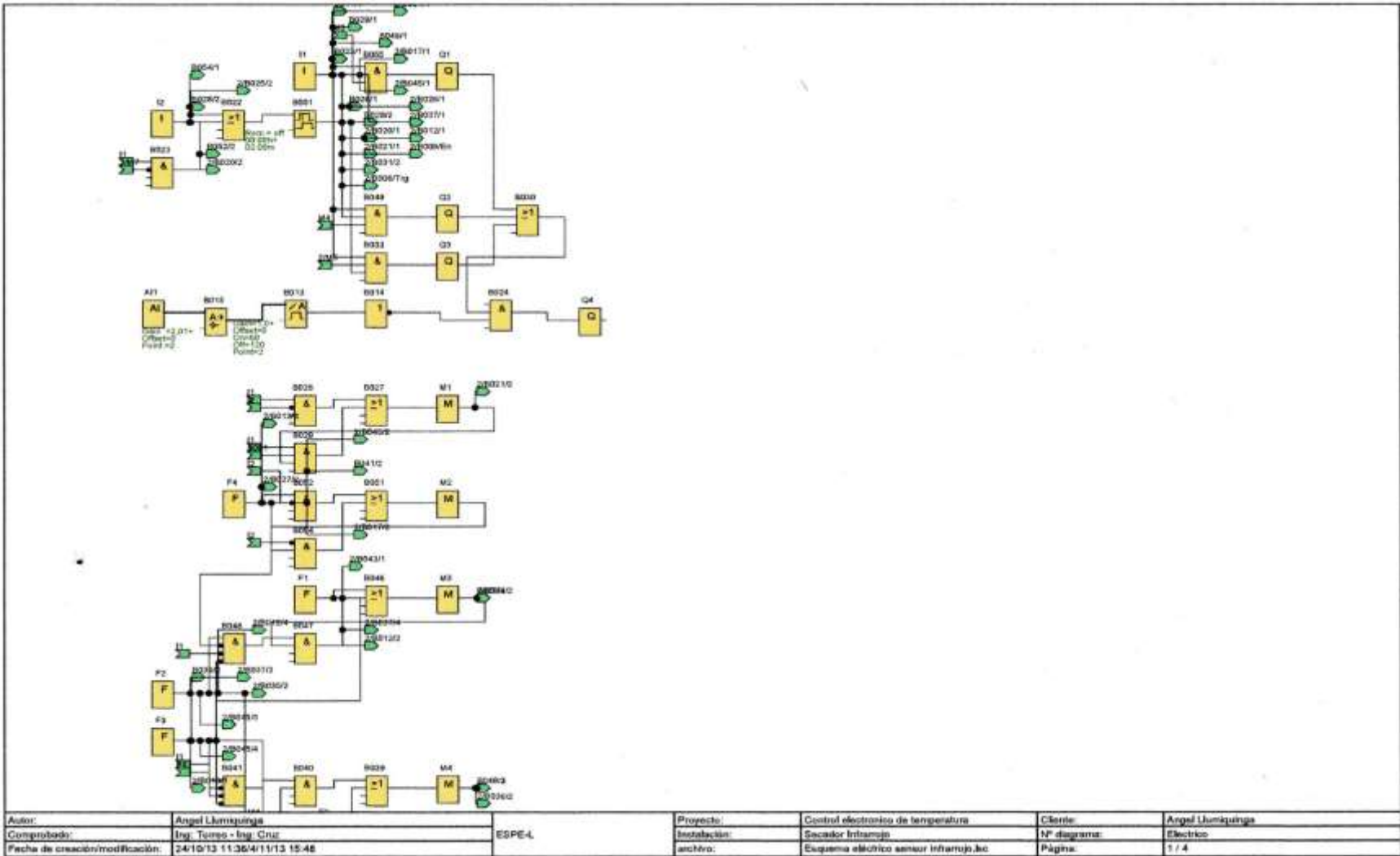
## **ANEXO G: ESQUEMA DEL ARDUINO UNO R3**

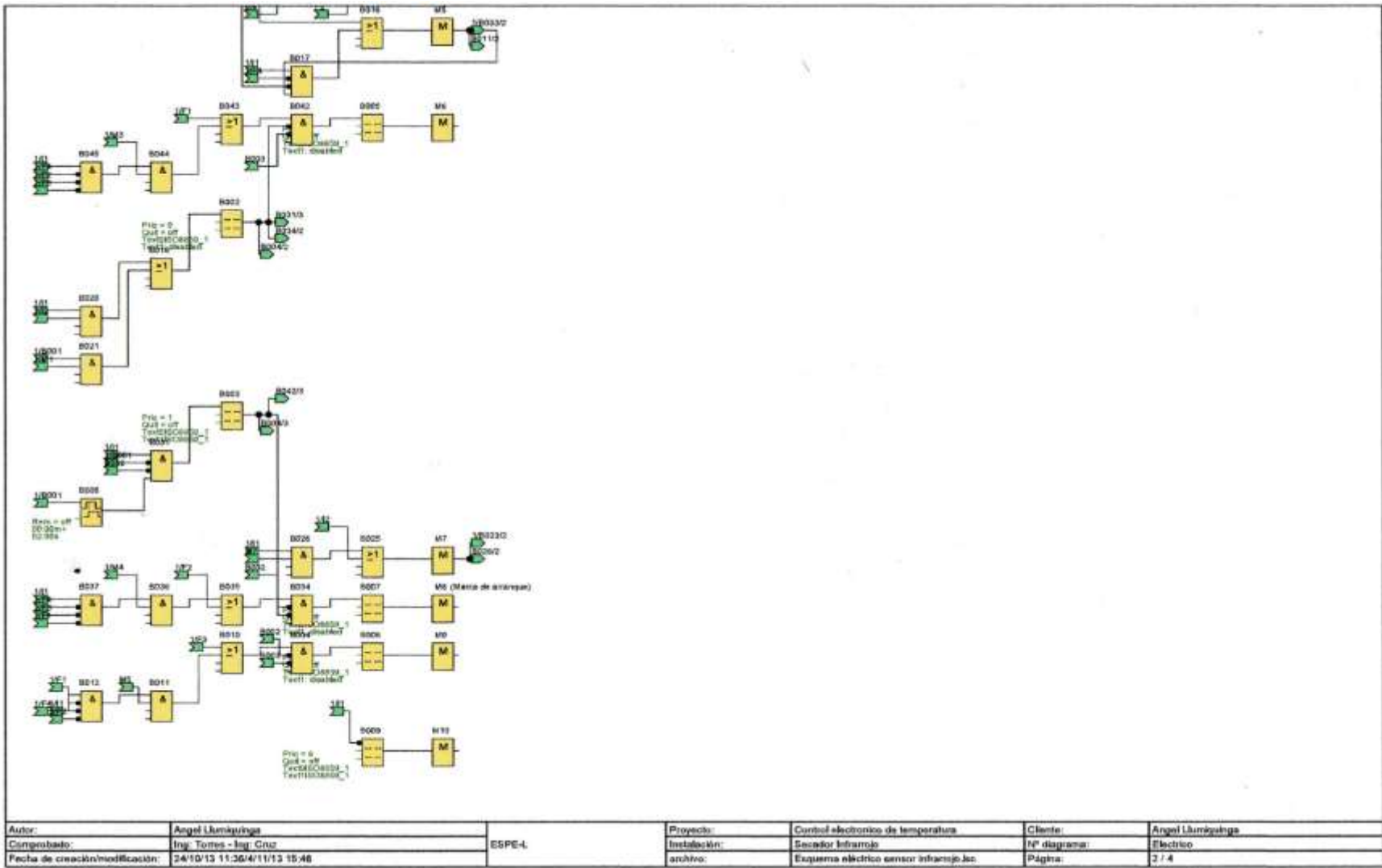
# ESQUEMA DEL ARDUINO UNO R3



## **ANEXO H: PROGRAMA EN LOGO! SOFT**







## **ANEXO I: PROGRAMA EN EL ARDUINO**

## PROGRAMACION DE LOS SENSORES

```
#include <LiquidCrystal.h>
#include <Ultrasonic.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
Ultrasonic ultrasonic(8,7);

#define BUZZ 10
#define RLYA A4
#define RLYB A5
#define SENS A0
#define inicio A1
boolean finicio;
float sensor;
int x;
int cont=0;
boolean deshabilitado=1;
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("*****ANGEL*****");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("***LLUMIQUINGA**");
  delay(4000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("SECADOR    ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("INFRARROJO  ");
  delay(2000);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("DE PINTURA  ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("AUTOMOTRIZ  ");
  delay(2000);
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("COMANDADO    ");
  lcd.setCursor(0,1);
  lcd.print("ELECTRONICAMENTE");
  delay(2000);

  Serial.println("Medidor de Distancia y Temperatura");
```

```

Serial.println("Para Procesos de Pintura");
pinMode(BUZZ, OUTPUT);
pinMode(RLYA, OUTPUT);
pinMode(RLYB, OUTPUT);
pinMode(SENS, INPUT);
pinMode(inicio, INPUT);
digitalWrite(inicio,HIGH);
lcd.clear();
for(int x=0;x<5;x++){
  digitalWrite(BUZZ,HIGH);
  delay(80);
  digitalWrite(BUZZ,LOW);
  delay(80);
}
}

void loop()
{
  finicio=digitalRead(inicio);
  while(finicio==0)
  {
    lcd.setCursor(0, 0);
    lcd.print("Dist: ");
    lcd.print(ultrasonic.Ranging(CM)); // CM or INC
    lcd.print(" cm");
    delay(500);
    //while(ultrasonic.Ranging(CM)>30 && ultrasonic.Ranging(CM)<100)
    //{
      //lcd.setCursor(0, 0);
      //lcd.print("Dist: ");
      //lcd.print(ultrasonic.Ranging(CM)); // CM or INC
      //lcd.print(" cm");
      for(x=0;x<100;x++)
      {
        sensor+=analogRead(SENS);
        delay(1);
      }
      sensor=sensor/100;
      sensor=(sensor*5)/1024;
      sensor=sensor*100;
      lcd.setCursor(0, 1);
      lcd.print("T: ");
      lcd.print(sensor);
      lcd.print(" Grados C");
      delay(100);
    }
  }
}

```

```

Serial.print("Distancia: ");
Serial.print(ultrasonic.Ranging(CM));
Serial.println(" en CM.");
Serial.print("Temperatura: ");
Serial.print(sensor);
Serial.println(" en Grados Centigrados");
if(sensor>=65)
{
digitalWrite(BUZZ,HIGH);
while(sensor>65)
{
sensor=analogRead(SENS);
sensor=sensor/100;
sensor=(sensor*5)/1024;
sensor=sensor*100;
cont++;
lcd.setCursor(14, 0);
lcd.print(cont);
delay(500);
if(cont>5)
{
digitalWrite(BUZZ,LOW);
digitalWrite(RLYA,HIGH);
delay(2000);
digitalWrite(RLYA,LOW);
delay(1000);
cont=0;
deshabilitado=0;
}
}
}
while(deshabilitado==0)
{
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("Sistema Deshab. ");
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("Reseteo--Sistema");
delay(100);
}
delay(100);
//}
}
}

```

## **ANEXO J: ARTÍCULO**

# **DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SECADOR INFRARROJO DE PINTURA AUTOMOTRIZ COMANDADO ELECTRÓNICAMENTE**

Ángel Llumiquinga<sup>1</sup> Guido Torres<sup>2</sup> Stalin Mena<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador. email: jax\_345@hotmail.com

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

<sup>3</sup> Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica, Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Márquez de Maenza S/N Latacunga, Ecuador.

## **RESUMEN**

El equipo infrarrojo permite obtener un óptimo acabado el cual servirá con un aporte al estudio de la gestión de la calidad en el servicio de la pintura automotriz.

El sensor de temperatura infrarrojo permite controlar los ajustes de temperatura y el sensor ultrasónico ayuda a regular la distancia entre la lámpara infrarroja y el objeto, mientras que con el control electrónico se va a seleccionar el tiempo de trabajo y la intensidad de luminosidad, esto permite un fácil manejo del equipo.

## **ABSTRACT**

The infrared equipment allows us to obtain an excellent finish which will serve as a contribution to the study of quality management in the automotive painting service

The infrared temperature sensor allows us to control the temperature adjustments and with

the ultrasonic sensor help regulate the distance between the infrared lamp and the object, while the electronic control allows to select the working time and intensity of light , this allows an easy handling .

## **I. INTRODUCCIÓN**

En los últimos años el parque automotriz ha tenido un desarrollo constante dentro de su evolución en sus modelos tanto estéticos, mecánicos y la electrónica. Por este motivo el numero de talleres de reparación de carrocerías (pintura) también lo ah hecho. Siendo esta una de las actividades que representa un mayor potencial contaminante en el sector de servicios.

Por este motivo se llevo a cabo la innovación de nuevos procesos en el pintado automotriz ya que anteriormente este proceso se lo hacía de una forma artesanalmente y en la actualidad el cliente exige un acabado de excelente calidad.



El pintado en el vehículo influye muchos factores importantes en la estética del auto ya que este debe ser igual en todo su aspecto (tono, efecto, brillo) y sus propiedades mecánicas (dureza, resistencia a las inclemencias del tiempo) al pintado original.

Las ventajas que reporta las lámparas de secado por infrarrojo son muy variadas y la que consideramos como la principal es la que nos asegura un acabado de muy alta calidad y en menor tiempo porque no hay la necesidad de calentar un horno para endurecer una pequeña reparación y así reducir los tiempos de secado.

Finalmente para concluir los secadores de pintura automotriz por infrarrojos es una excelente herramienta de trabajo en un taller artesanal de enderezada y pintura por el motivo que en el mundo actual tenemos que ser muy competitivos

## II. DISEÑO MECÁNICO DEL SECADOR

Podemos señalar que el diseño estructural es un proceso creativo mediante el cual se le da forma a un sistema estructural para que cumpla una función determinada con un grado de seguridad razonable y que en condiciones normales de servicio tenga un comportamiento adecuado. Es importante considerar ciertas restricciones que surgen de la interacción con otros aspectos del proyecto global, las limitaciones globales en cuanto al costo y tiempo de ejecución así como de satisfacer determinadas exigencias estéticas.

Para proceder con el análisis de esfuerzos y el diseño de la estructura se debe tomar en cuenta las cargas muertas y vivas que se van aplicar sobre la estructura y estas son el soporte o columna, brazo del equipo y la base que influyen directamente en el diseño mecánico de los elementos del secador de pintura.

Para el estudio de diseño se utiliza dos herramientas muy buenas y fáciles de usar que son los programas Solidworks y MDSolids.el cual nos ayuda para determinar los esfuerzos, desplazamientos y factores de seguridad de cada elemento que intervienen en la estructura del equipo.

Esta etapa es la más importante, por ser la que nos garantiza que la maquina es apta para su fabricación bajo condiciones de carga establecidas previamente.

Esfuerzo de Von Mises

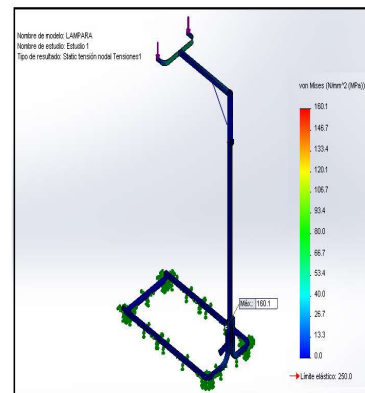
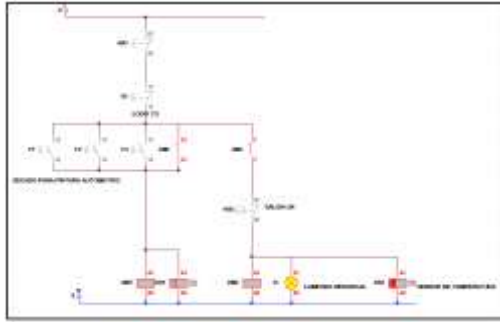


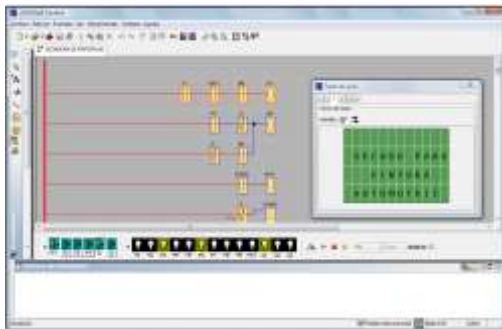
Figura 1. Tensión de Von Mises en la estructura del equipo





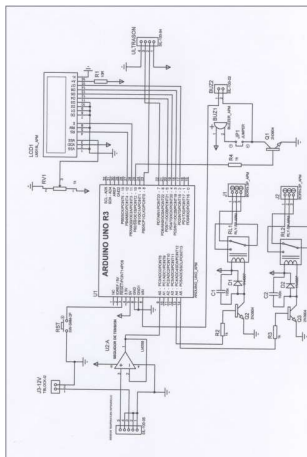
**Figura 5.** Diseño del circuito de luminosidad

El Software Logo Soft Comfort permite programar el LOGO 12/24 RC y también a simular el programa creado.



**Figura 7.** Simulación

Diseño del circuito de los sensores



**Figura 6.** Diseño circuito de sensores

Para la programación de la placa Arduino Uno R3 y de los sensores vamos a utilizar el Software de Arduino.

En este caso los sensores de distancia ultrasónico y temperatura infrarroja van a estar funcionando bajo parámetros de programación.

El sensor ultrasónico HCRS-04 tiene la capacidad de medir en “cm e in” y el trabajo lo hace hasta los 3 metros de longitud. Mientras que el sensor RAYCI3A puede sensar temperaturas desde 0 hasta 500 °C y con la ayuda del PLC lo podemos controlar que cuando llegue el objeto a una temperatura de 65°C se active la situación de emergencia y apague el equipo para que el objeto a curar no sufra ningún daño.



**Figura 6.** Placa electrónica del circuito de los sensores

#### IV. MONTAJE Y CONSTRUCCIÓN DEL SECADOR INFRARROJO

Ya diseñadas, construidas y seleccionadas las diferentes partes constitutivas de la lámpara infrarroja, se procede a la construcción, montaje e instalación de sus elementos

basándose para ello en los planos que se encuentran en el documento.



**Figura 8.** Secador infrarrojo

## V. PRUEBAS DE DESEMPEÑO

Aquí se establece el cumplimiento de los objetivos y metas planteados ya que se muestra que el proyecto funcione adecuadamente y los resultados sean positivos.

Se pone puesta a punto el control de luminosidad y el control electrónico.



**Figura 9.** Prueba de Campo

## VI. RESULTADOS

El equipo funciona correctamente bajo las condiciones de temperatura.

El equipo de secado infrarrojo permite obtener un desempeño de excelente calidad, sin embargo al tratarse de una lámpara que va aumentando la temperatura en el objeto a curar , por lo que se recomienda no sobrepasar de los 65°C que esta establecida en la perilla de control de temperatura

## VII. PRESUPUESTO

Los recursos humanos, tecnológicos y materiales son de vital importancia, para el adecuado desarrollo de un proyecto; por ello, en este capítulo abordaremos todo el aspecto técnico – operativo del mismo. La planificación es fundamental para la correcta utilización de los recursos y así obtener los mejores resultados.

ORDEN	DESCRIPCION	TOTAL USD
1	Elementos electrónicos	865,00
2	Elementos estructurales	413,00
3	Elaboración de tesis	200,00
	<b>TOTAL</b>	<b>1478,00</b>

**Tabla 1.** Presupuesto dispositivo electrónico

## VIII. CONCLUSIONES

- En base a los conocimientos de Ingeniería en Mecánica Automotriz se diseño y se selecciono los elementos indispensables para construir el secador infrarrojo de pintura automotriz comandado electrónicamente.

- Se selecciono los elementos electrónicos, idóneos para el desarrollo del sistema de control de distancia y temperatura de la lámpara, la placa arduino uno R3, el sensor RAYCI3A, el sensor HC-RS04 y el DS1307 se usaron por sus capacidades: memoria de programación, precio y facilidad de uso. Todo esto en función de los requerimientos necesarios, conforme el diseño realizado.
- Se diseño y selecciono los elementos indispensables en el sistema de luminosidad al utilizar un LOGO y el LOGO TD que nos permite una mejor visualización al rato de seleccionar la intensidad adecuada con el comando electrónico.

#### **IX. RECOMENDACIONES**

- Mantener una distancia segura entre el emisor y el panel.
- El mantenimiento inadecuado de la unidad puede ocasionar daños en la superficie pintada.
- Desconecte la fuente de energía si el equipo no es utilizado por un periodo largo.
- Guarde el equipo en un lugar seguro o fin de evitar daños en el tubo de la lámpara.

#### **X. BIBLIOGRAFÍA**

##### **LIBROS**

- IHOBE, “Libro Blanco Para la Minimización de Residuos y Emisiones”, primera edicion, 1999, Vasco, Editorial IBOHE S.A.
- MOTT, Robert. “Diseño de Elementos de Máquinas”, cuarta edición 2006, México, Editorial pearson Education.
- SIEMENS, “Manual LOGO”, segunda edicion 2005, Alemania, Editorial Copyright Siemens

##### **NETGRAFÍA**

- Efectos de la radiación infrarroja. Disponible en centro-zaragoza (2012). Consultado el 25 de agosto del 2012  
 ✓ [http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala\\_prensa/revista\\_tecnica/heroteca/articulos/R2\\_A2.pdf](http://www.centro-zaragoza.com:8080/web/sala_prensa/revista_tecnica/heroteca/articulos/R2_A2.pdf)
- Determinación de la luminosidad de la lámpara infrarroja. Disponible en bioingeniería (2012). Consultado el 5 de octubre del 2012  
 ✓ <http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras/radiaciones/Descargas/Unidad5.pdf>
- Logo! TEXT Display. Disponible en siemens (2012). Consultado el 20 de octubre del 2012.

- ✓ <http://support.automation.siemens.com>
- Características del arduino uno. Disponible en arduino (2013). Consultado el 05 de enero del 2013.
  - ✓ <http://arduino.cc/en/Main/arduinoBoardUno>
- Sensor Raytek RAYCI3A. disponible en fluke (2013). Consultado el 10 de febrero del 2013
  - ✓ [http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440\\_0000\\_ENG\\_G\\_W.PDF](http://support.fluke.com/raytek-sales/Download/Asset/3111440_0000_ENG_G_W.PDF)

## XI. BIOGRAFÍA



sistemas automotrices.

**Ángel Llumiquinga**, nació en Quito Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, presta sus servicios profesionales en asesoramiento de



Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Riobamba – Ecuador y cuenta con un Magister en Docencia y Administración Educativa en la Universidad Indoamérica de

**Guido Torres**, nació en Alausí provincia de Chimborazo en Ecuador. Se graduó como Ingeniero Mecánico en la

Ambato - Ecuador, es egresado de la Maestría de Gestión de Energía en la Universidad Técnica de Cotopaxi. Actualmente se desempeña como docente del Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica en el área de Diseño Mecánica Computacional de la Escuela Politécnica del Ejército en la ciudad de Latacunga.



**Stalin Mena**, nació en Ambato, Ecuador. Es Ingeniero Automotriz, dispone de estudios de

Posgrado en Autotrónica, Gestión del Aprendizaje Universitario, docente Tiempo Parcial en la Escuela Politécnica del Ejército desde 2009. Imparte servicios de asesoramiento y capacitación en mecánica básica.

Latacunga, julio de 2013.

---

Ángel Heriberto Llumiyinga Chingay

Director de Tesis:

---

Ing. Guido Torres

Codirector de Tesis:

---

Ing. Stalin Mena

Director de la Carrera de Ingeniería Automotriz:

---

Ing. Juan Castro Clavijo

Secretario Académico:

---

Dr. Freddy Jaramillo Checa

---