



“Diseño y construcción de un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015”

Parreño Méndez, Juan Sebastián

Departamento de Ciencias de la Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Trabajo de titulación, previo a la obtención del título de Ingeniero Automotriz

Ing. Mena Palacios, Jorge Stalin

24 de julio del 2023

Latacunga

Reporte de verificación de contenido



DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SIST...

Scan details

Scan time:
July 24th, 2023 at 20:18 UTC

Total Pages:
75

Total Words:
18730

Plagiarism Detection



Types of plagiarism		Words
● Identical	0.6%	114
● Minor Changes	0.9%	176
● Paraphrased	2.6%	481
● Omitted Words	0%	0

AI Content Detection



Text coverage
● AI text
○ Human text

Ing. Mena Palacios, Jorge Stalin

C. C.: 1803725900



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Certificación

Certifico que el trabajo de titulación: **"Diseño y construcción de un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015"** fue realizado por el señor **Parreño Méndez, Juan Sebastián**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 24 de julio del 2023



Ing. Mena Palacios, Jorge Stalin

C. C.: 1803725900



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Parreño Méndez, Juan Sebastián**, con cédula de ciudadanía n°0503821530, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 24 de julio del 2023

Parreño Méndez, Juan Sebastián

C.C.: 0503821530



Departamento de Energía y Mecánica

Carrera de Ingeniería Automotriz

Autorización de Publicación

Yo, **Parreño Méndez, Juan Sebastián**, con cédula de ciudadanía n°0503821530, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de titulación: **Diseño y construcción de un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 24 de julio del 2023

Parreño Méndez, Juan Sebastián

C.C.: 0503821530

Dedicatoria

El siguiente proyecto está dedicado a todas y cada una de las personas que han sido parte fundamental en el camino que he tomado para realizar este proyecto.

A mis padres, por el apoyo incondicional que me han brindado. A mis hermanos, por acompañarme en cada momento importante de mi vida.

A mis abuelos, Amparito y Carlos, por brindarme la sabiduría para afrontar los problemas, los consejos para seguir siempre por el buen camino, y sobre todo por el amor incondicional que me ha dado a lo largo de toda mi vida.

A mis amigos, por su amistad sincera y por estar presentes en los momentos más difíciles. A mis profesores, por sus enseñanzas, experiencias y la guía que me han permitido desarrollarme como persona y profesional.

Este logro no es solo mío, es parte de cada una de las personas que han formado parte de este viaje llamado vida.

A mi sincero amigo, Steven, que siempre soñó con volar alto, y lo hizo, que descanses en paz.

Sebastián Parreño

Agradecimiento

Primero, quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis, Stalin Mena, por su tiempo, orientación profesional, su paciencia y su apoyo durante todo el proceso de la investigación. Su experiencia y conocimientos han sido fundamentales para culminar este trabajo.

Asimismo, quisiera agradecer al Ingeniero Henry Iza, por el asesoramiento y colaboración en determinados procesos de la investigación.

Es grato para mi mencionar a mi familia y amigos, quienes me han brindado su apoyo incondicional, y me han dado ánimos en todo momento. Quiero hacer énfasis en el impulso que me han brindado algunas personas que he conocido a lo largo de este proceso y se han convertido en mi segunda familia, Carlos Rosas y Juan Martínez, personas que me han apoyado con sus palabras de aliento no solo a culminar este proyecto, si no a crecer como persona.

Sebastián Parreño

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido.....	2
Certificación.....	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de Contenido.....	8
Índice de Figuras	16
Índice De Tablas.....	20
Índice De Ecuaciones	21
Resumen.....	22
Abstract.....	23
Capítulo I: Marco Teórico de la Investigación.....	24
Antecedentes.....	24
Planteamiento del Problema.....	25
Descripción Resumida del Proyecto.....	26
Justificación e Importancia	26
Objetivos del Proyecto.....	27

<i>Objetivo General</i>	27
<i>Objetivos Específicos</i>	27
Metas	28
Hipótesis	28
Variables de la Investigación	29
<i>Variable Dependiente</i>	29
<i>Variable Independiente</i>	30
Metodología del Desarrollo del Proyecto	31
<i>Método Analítico</i>	31
<i>Método de Síntesis</i>	31
<i>Método Inductivo</i>	31
<i>Método de Modelación</i>	31
Método Experimental	31
Capítulo II: Marco Teórico	33
Competencias Automovilísticas	33
Rally	34
Historia del Rally	35
<i>Rally en la Actualidad</i>	37
Vehículos Usados en Ecuador	38
<i>RC2E</i>	38
<i>RC3</i>	39

<i>RC4</i>	39
<i>RC5</i>	39
<i>RC2N</i>	39
<i>T1, T2, T3, T4</i>	39
<i>Todo Terreno</i>	40
<i>Camionetas</i>	40
<i>UTV</i>	40
Seguridad en el Vehículo	40
<i>Estructura de Seguridad</i>	40
<i>Asientos y Fijaciones</i>	41
<i>Arnés de Seguridad</i>	41
<i>Vidrios</i>	41
<i>Argollas de Remolque</i>	41
<i>Sujetadores Adicionales</i>	41
<i>Tuberías</i>	41
<i>Interruptor General del Circuito Eléctrico</i>	42
<i>Sistema de Frenos</i>	42
<i>Sistema de Dirección</i>	42
<i>Sistema de Protección Contra Incendios</i>	42
<i>Sistema de Extinción de Incendio</i>	42
Extintores – Sistemas de Extinción	43

<i>Extinción Manual</i>	43
<i>Sistema de Extinción Mediante Activación</i>	43
Clasificación de Fuegos	43
<i>Clase A</i>	43
<i>Clase B</i>	44
<i>Clase C</i>	44
<i>Clase D</i>	44
<i>Clase F</i>	44
Agente Extintor	44
<i>Agua</i>	45
<i>Agua Pulverizada</i>	45
<i>Espuma</i>	45
<i>Polvo</i>	45
<i>CO2</i>	45
Clasificación de los Modelos de Sistemas Fijos de Extinción	45
Evaluación de Rendimiento Norma FIA 8865-2015	46
<i>Tiempo de Descarga</i>	46
<i>Cantidad de Descarga</i>	46
<i>Resistencia Mecánica de la Tubería</i>	46
<i>Corrosión</i>	46
<i>Carga Inicial</i>	46

<i>Tamaño del Contenedor</i>	47
Prueba de Fuego en el Habitáculo	47
<i>Instalación del sistema de extinción fijo</i>	48
<i>Instalación de los depósitos de combustión</i>	48
Prueba de Fuego en el Compartimiento del Motor	49
<i>Instalación del sistema de extinción fijo</i>	49
<i>Instalación de los depósitos de combustión y elementos</i>	50
Capítulo III: Modelación E Implementación Del Sistema De Extinción	51
Diseño del Banco de Pruebas	51
<i>Diseño del Habitáculo</i>	51
<i>Diseño del Compartimiento Motor</i>	52
Construcción del Banco de Pruebas	53
<i>Construcción del Habitáculo</i>	53
<i>Construcción del Compartimiento Motor</i>	54
Elementos de simulación	56
<i>Chimeneas de combustible</i>	56
<i>Elemento de Enmascaramiento</i>	57
<i>Elementos de Plástico</i>	57
Diseño del Sistema de Extinción de Incendios	59
<i>Agente Extintor</i>	59
<i>Deposito o Tanque</i>	60

<i>Montaje del Deposito o Tanque</i>	62
<i>Tubería</i>	63
<i>Boquillas</i>	64
<i>Válvula</i>	65
Sistema de Activación	65
<i>Caja Eléctrica</i>	65
<i>Programación</i>	67
<i>Diagrama de flujo</i>	67
<i>Puertos de Entrada y Salida</i>	69
<i>Código de Programación del Algoritmo en Arduino IDE</i>	72
<i>Selección de componentes eléctricos y electrónicos</i>	84
<i>Diseño de circuitos</i>	86
<i>Circuito completo Modo Prueba</i>	91
<i>Circuito completo Modo Armado</i>	93
<i>Simulación de funcionamiento</i>	94
<i>Simulación Modo Prueba</i>	97
<i>Simulación Modo Armado</i>	102
Diseño PCB	104
<i>Circuito Antirrebote</i>	104
<i>Placa Modo Prueba</i>	106
<i>Placa Modo Armado</i>	108

Construcción del Sistema de Extinción de Incendios	109
<i>Sistema eléctrico/electrónico</i>	109
Implementación del Sistema en el Banco de pruebas	113
<i>Tubería y boquillas</i>	113
<i>Cilindro extintor</i>	114
<i>Sistema electromecánico</i>	114
Capítulo IV: Prueba y análisis de resultados	115
Prueba de incendio	115
<i>Instalación de las chimeneas de combustible</i>	115
Procedimiento de prueba.....	116
<i>Ensayo del sistema en Modo Prueba</i>	117
<i>Ensayo del sistema en Modo Armado</i>	120
<i>Peso de cilindro</i>	123
Análisis de Resultados	123
Capítulo V: Marco Administrativo.....	126
Recursos.....	126
<i>Recursos Humanos</i>	126
<i>Recursos Tecnológicos</i>	126
<i>Recursos Materiales</i>	127
Presupuesto.....	128
Capítulo VI: Conclusiones y Recomendaciones.....	130

Conclusiones.....	130
Recomendaciones.....	132
Bibliografía.....	134
Anexos.....	137

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Planteamiento del Problema</i>	25
Figura 2 <i>Tres vehículos de competición recorren las calles de Montecarlo en 1954</i>	33
Figura 3 <i>Ford WRC Puma Rally1 en asfalto</i>	34
Figura 4 <i>Audi Quattro durante el Rally Montecarlo 1981</i>	35
Figura 5 <i>Volkswagen Polo R WRC durante el Rally Montecarlo 2013</i>	36
Figura 6 <i>Toyota Yaris Rally1</i>	37
Figura 7 <i>KIA Proto Quirola Racing Team</i>	38
Figura 8 <i>Mitsubishi EVO IX</i>	39
Figura 9 <i>Banco de pruebas de incendio en el habitáculo</i>	47
Figura 10 <i>Ubicación de los depósitos de combustión dentro del habitáculo</i>	48
Figura 11 <i>Banco de pruebas del compartimiento motor</i>	49
Figura 12 <i>Ubicación de los depósitos de combustión dentro del compartimiento motor</i>	50
Figura 13 <i>Habitáculo modelado en software CAD</i>	51
Figura 14 <i>Compartimiento motor modelado en software CAD</i>	53
Figura 15 <i>Proceso de armado de la estructura del habitáculo</i>	54
Figura 16 <i>Proceso de armado de la estructura del compartimiento motor</i>	55
Figura 17 <i>Estructura del compartimiento motor</i>	55
Figura 18 <i>Depósito de combustible</i>	56
Figura 19 <i>Elementos de enmascaramiento</i>	57
Figura 20 <i>Elementos de plástico, habitáculo</i>	58
Figura 21 <i>Elementos de plástico, motor</i>	58

Figura 22 <i>Agentes extintores y sus usos</i>	60
Figura 23 <i>Tanque Extintor marca PREDEXE, certificado norma NTE INEN</i>	62
Figura 24 <i>Fijaciones de metal</i>	63
Figura 25 <i>Tuberías de metal de ½ pulgada</i>	64
Figura 26 <i>Boquilla diseñada en tubería de ½ pulgada</i>	64
Figura 27 <i>Válvula de activación eléctrica</i>	65
Figura 28 <i>Boceto de la caja eléctrica</i>	66
Figura 29 <i>Diagrama de flujo para circuito Prueba</i>	68
Figura 30 <i>Diagrama de flujo para circuito Armado</i>	69
Figura 31 <i>Simbología eléctrica de un relé</i>	84
Figura 32 <i>Simbología eléctrica de un regulador de voltaje</i>	85
Figura 33 <i>Símbolo de una pantalla LCD 16x2</i>	86
Figura 34 <i>Circuito divisor de voltaje</i>	87
Figura 35 <i>Simbología eléctrica de un circuito inversor de corriente</i>	88
Figura 36 <i>Regulador de Voltaje 12 a 5 voltios DC</i>	89
Figura 37 <i>Módulo RELAY Arduino</i>	90
Figura 38 <i>Circuito pantalla LCD</i>	91
Figura 39 <i>Circuito Modo Prueba</i>	92
Figura 40 <i>Circuito Modo Armado</i>	94
Figura 41 <i>Configuración de Arduino en software de simulación electrónico</i>	95
Figura 42 <i>Interfaz de Arduino IDE, Verificar</i>	95

Figura 43 <i>Interfaz de Arduino IDE, compilación</i>	96
Figura 44 <i>Interfaz de Salida Arduino IDE</i>	96
Figura 45 <i>Inicio de simulación</i>	97
Figura 46 <i>Comprobación de batería</i>	97
Figura 47 <i>Activador de cabina</i>	98
Figura 48 <i>Comprobación del interruptor de cabina</i>	98
Figura 49 <i>Activador externo</i>	99
Figura 50 <i>Comprobación del interruptor externo</i>	99
Figura 51 <i>Comprobación de electroválvula</i>	100
Figura 52 <i>Activación de electroválvula</i>	101
Figura 53 <i>Estado de electroválvula</i>	101
Figura 54 <i>Estado del sistema</i>	102
Figura 55 <i>Inicio de la simulación</i>	102
Figura 56 <i>Comprobación del sistema</i>	103
Figura 57 <i>Activación del sistema</i>	104
Figura 58 <i>Circuito antirrebote</i>	105
Figura 59 <i>Diseño de Placa PCB Modo Prueba</i>	107
Figura 60 <i>Diseño de Placa PCB Modo Armado</i>	109
Figura 61 <i>Batería de 12 voltios</i>	110
Figura 62 <i>Inversor de corriente</i>	110
Figura 63 <i>Placas PCB con elementos electrónicos</i>	111

Figura 64 <i>Caja de control</i>	112
Figura 65 <i>Electroválvula implementada</i>	112
Figura 66 <i>Instalación de tuberías para el banco de pruebas</i>	113
Figura 67 <i>Cilindro extintor en el banco de pruebas</i>	114
Figura 68 <i>Sistema armado</i>	114
Figura 69 <i>Ubicaciones de chimeneas en el habitáculo</i>	115
Figura 70 <i>Ubicaciones de chimeneas en el compartimiento motor</i>	116
Figura 71 <i>Orden de encendido de chimeneas</i>	117
Figura 72 <i>Comprobación de batería</i>	117
Figura 73 <i>Comprobación de activador interno (sin señal)</i>	118
Figura 74 <i>Comprobación de activador interno</i>	118
Figura 75 <i>Comprobación de activador externo</i>	119
Figura 76 <i>Comprobación de electroválvula</i>	119
Figura 77 <i>Comprobación de sistema general</i>	120
Figura 78 <i>Encendido de chimeneas</i>	121
Figura 79 <i>Activación del sistema</i>	121
Figura 80 <i>Pesos antes de la prueba</i>	123

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Operacionalización de la variable dependiente	29
Tabla 2 Operacionalización de la variable independiente	30
Tabla 3 Metodología de investigación.....	32
Tabla 4 Propiedades mecánicas de acero laminado en frío.....	61
Tabla 5 Propiedades térmicas de acero laminado en frío	61
Tabla 6 Puertos entrada y salida Arduino MEGA 2560 (Circuito Prueba)	70
Tabla 7 Puertos entrada y salida Arduino Uno (Circuito Armado)	71
Tabla 8 Elementos de la placa PCB del circuito Prueba	106
Tabla 9 Elementos de la placa PCB del circuito Armado	108
Tabla 10 Tiempos de Descarga.....	122
Tabla 11 Tiempo de extinción.....	122
Tabla 12 Pesos del cilindro extintor	123
Tabla 13 Recursos Humanos	126
Tabla 14 Recursos Tecnológicos.....	126
Tabla 15 Recursos Materiales	127
Tabla 16 Presupuesto.....	129

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 <i>Divisor de Voltaje</i>	87
Ecuación 2 <i>Constante de tiempo del circuito</i>	105
Ecuación 3 <i>Rango de tolerancia</i>	124

Resumen

El presente Proyecto de investigación expone el diseño y construcción de un sistema ignífugo a través de la aplicación y comprensión de las normativas vigentes FIA, aplicada a los automóviles deportivos para la disciplina de Rally que se desarrolla en el Ecuador. El diseño y construcción de una estructura que simule las condiciones de desarrollo, en tamaño y materiales, tanto del habitáculo como del compartimiento motor ayudarán a comprobar la efectividad de un sistema ignífugo diseñado para activarse eléctricamente, dentro de dicho sistema se evalúan materiales tanto para el contenedor como para el agente extintor, a la par se desarrolla el sistema de activación mediante una válvula que permita la salida del agente a los diferentes puntos ubicados a lo largo del habitáculo y compartimiento motor. Aplicando rangos de tiempo de activación, tiempo de extinción y temperatura que dicta la normativa FIA 8865-2015 se determinará si el sistema cumple la funcionalidad y sobre todo si cumple los parámetros para ser un sistema homologado, si un sistema aprueba la homologación puede ser utilizado en cualquier vehículo catalogado dentro de la normativa FIA tanto en Latinoamérica como en el resto del mundo. Cave recalcar que los sistemas de extinción de incendios son desarrollados para retrasar la propagación del fuego mas no para apagarlo completamente, razón por la cual es de suma importancia comprobar rigurosamente que los tiempos de extinción, reactivación y resistencia de materiales no se salgan de los rangos definidos ya que dentro de esta modalidad existen vidas humanas en riesgo.

Palabras clave: norma FIA 8865-2015, rally, sistema ignífugo, autos de competencia.

Abstract

This research project presents the design and construction of a fireproof system through the application and understanding of the current FIA regulations, applied to sports cars for the Rally discipline that is developed in Ecuador. The design and construction of a structure that simulates the conditions of development, in size and materials, both the passenger compartment and the engine compartment will help to test the effectiveness of a fireproof system designed to be activated electrically, within this system materials are evaluated for both the container and the extinguishing agent, at the same time the activation system is developed through a valve that allows the agent to exit to the different points located throughout the passenger and engine compartment. Applying ranges of activation time, extinguishing time and temperature dictated by the FIA 8865-2015 regulations will determine whether the system meets the functionality and especially if it meets the parameters to be an approved system, if a system approves the approval can be used in any vehicle listed within the FIA regulations both in Latin America and the rest of the world. It should be emphasized that fire extinguishing systems are developed to delay the spread of fire but not to extinguish it completely, which is why it is of utmost importance to rigorously check that the extinguishing times, reactivation and resistance of materials are not out of the defined ranges because in this mode there are human lives at risk.

Key words: FIA 8865-2015 standard, rally, fireproof system, competition cars.

Capítulo I

Marco Teórico de la Investigación

Antecedentes

La Federación Internacional del Automóvil (FIA) se fundó en 1904 con el objetivo de lograr una gestión y seguridad correctas para el automovilismo deportivo, desde ese momento y hasta la fecha esta organización ha evolucionado para promover eventos automovilísticos justos y sobre todo seguros.

En el siglo XX se comenzaron a popularizar las carreras de ciudad a ciudad sin embargo no existían reglas para que sean competencias justas y mucho menos competencias seguras, es por esta razón que el Automobile Club de France junto a otros clubs crearon la Association Internationale des Automobile Clubs Reconnus, que fue el predecesor de la FIA. (FIA, s.f.)

Cualquier deporte que involucre automotores conlleva peligros, según datos históricos en la década de los 60, una de cada ocho carreras involucraba la muerte de un piloto, razón por la cual el organismo internacional comenzó a crear normativas y estándares para mejorar la seguridad tanto para los competidores como para los espectadores.

En la disciplina de Rally los riesgos se encuentran siempre presentes debido a que se desarrollan en entornos naturales donde influyen factores que no pueden ser controlados, razón por la cual en la actualidad la FIA cuenta con normativas y estándares para que la seguridad de los tripulantes del vehículo sea lo más alta posible.

Entre los sistemas de seguridad que cuenta el vehículo se encuentra el sistema de extinción de incendios, la FIA (2015) afirma que un sistema de extinción de incendios está diseñado principalmente para retrasar el desarrollo del fuego. (p.4)

Planteamiento del Problema

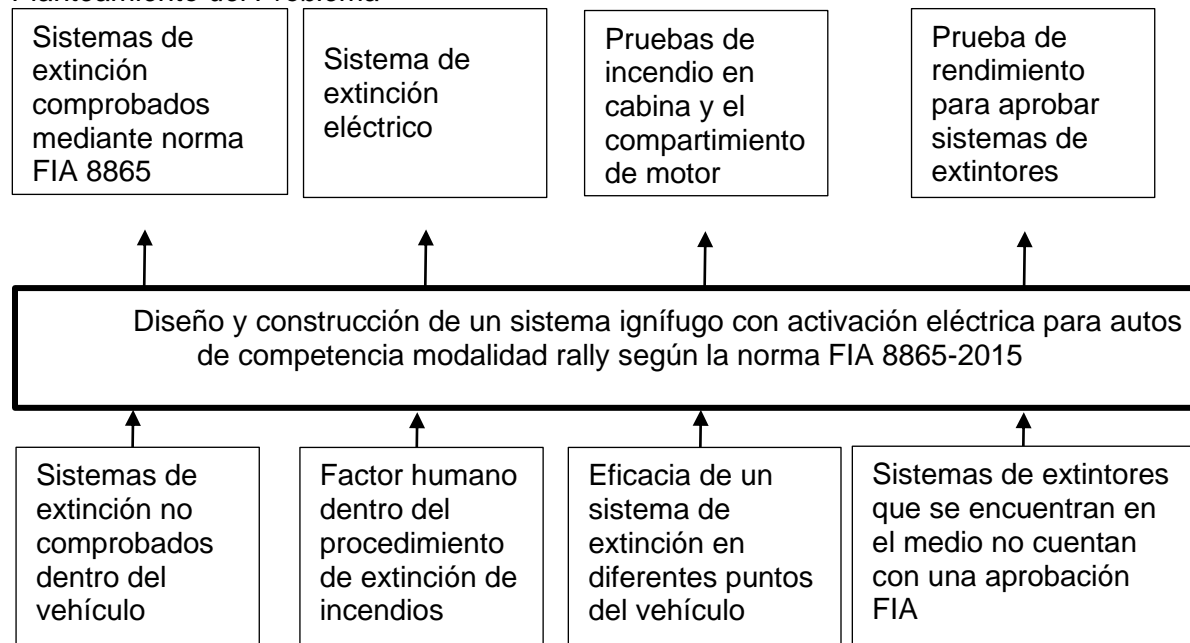
A pesar de que los sistemas de extinción manual están permitidos según la normativa FIA 8865-2015 (Sistemas De Extinción Fijos Y Portátiles), dentro de estos sistemas está inmerso el factor humano, es decir, que el desconocimiento del uso del extintor, o el retraso en la desconexión de los arneses puede significar la diferencia entre evitar o no pérdidas tanto humanas como materiales.

En la actualidad dentro del territorio ecuatoriano no existe un fabricante de sistemas de extinción con activación eléctrica para los vehículos que se usan en competencias automovilísticas en la modalidad de Rally. La norma FIA 8865-2015 estipula los parámetros exactos para simular las condiciones a las que deben someterse los sistemas para comprobar su funcionamiento y efectividad.

Considerando estos aspectos es necesario plantear el problema a resolver así: Diseño y construcción de un sistema ignífugo para autos de competencia modalidad rally del campeonato nacional ecuatoriano según la norma FIA 8865-2015.

Figura 1

Planteamiento del Problema



Descripción Resumida del Proyecto

Se obtendrá información sobre normativas de seguridad aplicadas en vehículos utilizados para competencias en la modalidad de rally y de fuentes de información verídicas como: artículos científicos, reglamentos, normativas, estándares y páginas web de organismos reguladores de eventos automovilísticos.

Se realizará un resumen técnico de los aspectos más importantes a considerar de cada normativa e investigar normativas o estándares relacionados con respecto a extintores y sistemas de extinción.

Se diseñará y construirá; un banco de prueba de sistemas de extinción siguiendo los parámetros de la normativa FIA 8865-2015, a la par la geometría del sistema de extinción regido en las medidas del banco de pruebas y en la normativa correspondiente, el sistema de extinción y el mecanismo para el accionamiento eléctrico siguiendo los parámetros de la normativa.

Se realizará los ensayos correspondientes al funcionamiento del sistema de extinción siguiendo la norma FIA 8865-2015 y se comprobará si el sistema ignífugo cumple con los parámetros que dicta la norma, en caso de no hacerlo se debe corregir o cambiar los elementos utilizados en el sistema.

Justificación e Importancia

Todos los sistemas de seguridad de un vehículo de competencia son de suma importancia, cada uno de ellos contribuye ya sea en la seguridad activa o pasiva de los ocupantes, y el sistema de extinción no es la excepción.

Tanto en vehículos ocupados en el día a día como en vehículos preparados para las diferentes disciplinas de competencia automovilística el factor riesgo está presente y más aún cuando se lleva el vehículo al límite.

Los sistemas de extinción se diseñan con el propósito de dar a los ocupantes del vehículo el tiempo suficiente para poder salir del habitáculo en caso de un siniestro, razón por la cual es de suma importancia comprobar su efectividad previamente.

La importancia y justificación de esta investigación se basa en que dentro del Ecuador no existe un sistema ignífugo eléctrico para autos de competencia modalidad rally, como consecuencia del sistema ignífugo se podrá comprobar su efectividad con los parámetros que dicta el organismo internación FIA.

Es importante lograr elevar el nivel del automovilismo ecuatoriano hasta los estándares internacionales, las creaciones de sistemas están debidamente justificados cuando se basan en los parámetros establecidos por las normativas vigentes en la actualidad.

Objetivos del Proyecto

Objetivo General

Diseñar y construir un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015.

Objetivos Específicos

- Obtener información sobre normativas de seguridad aplicadas en vehículos utilizados para competencias en la modalidad de rally de fuentes de información verídicas como: artículos científicos, reglamentos, normativas, estándares y páginas web de organismos reguladores de eventos automovilísticos.

- Diseñar y construir una cabina de pruebas del habitáculo y compartimiento motor para pruebas de sistemas de extinción siguiendo los parámetros de la normativa FIA 8865-2015.
- Investigar los estándares y normativas correspondientes a sistemas eléctrico de extinción para vehículos de competición.
- Diseñar el sistema y accionamiento en base al banco de pruebas según la normativa correspondiente.
- Investigar los materiales disponibles en el medio que cumplan con los estándares de la normativa FIA 8865-2015 para construir el sistema eléctrico de extinción.
- Realizar un análisis de resultados para comprobar si el sistema de extinción cumple con los parámetros que dicta la norma FIA 8865-2015.

Metas

- Diseñar y construir una cabina para el habitáculo y el compartimiento motor del banco de pruebas y el sistema eléctrico de extinción de incendios con esto se podrá comprobar que el sistema funcione dentro de los parámetros que dicta la normativa de seguridad de la FIA.
- Analizar los resultados obtenidos, que cumplan con la normativa FIA 8865-2015 (sistemas de extinción fijos y portátiles).

Hipótesis

¿Al diseñar y construir un banco de pruebas y un sistema de extinción de incendios en función a la norma FIA 8865-2015 se podrá comprobar el funcionamiento y eficacia del sistema?

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

“Diseño y construcción de un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015”

Variable Dependiente

Parámetros de funcionamiento del sistema eléctrico de extinción de incendios.

Tabla 1

Operacionalización de la variable dependiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Parámetros de funcionamiento del sistema eléctrico de extinción de incendios	Eficiencia del sistema de extinción en la cabina	Activación	-	Pruebas	Protocolo
		Tiempo de activación	s	Medición/ Experimentación	Protocolo
		Eliminación de fuego	-	Pruebas	Protocolo
		Tiempo de reactivación de fuego	s	Pruebas	Protocolo
		Daños en componentes	-	Pruebas	Protocolo
	Eficiencia del sistema de extinción en el compartimiento del motor	Activación	-	Pruebas	Protocolo
		Tiempo de activación	s	Medición/ Experimentación	Protocolo
		Eliminación de fuego	-	Pruebas	Protocolo
		Daños en componentes	-	Pruebas	Protocolo

Variable Independiente

Sistema eléctrico de extinción de incendios desarrollado para rally.

Tabla 2

Operacionalización de la variable independiente

Concepto	Categoría	Indicadores	Ítem	Técnicas	Instrumentos
Banco de pruebas	Tecnológico	Geometría	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Pila de combustible	ml	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Cuenco de fuego	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Elemento de enmascaramiento	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
		Conjunto de plásticos	mm	Medición	Guía y protocolo de pruebas
Sistema eléctrico de extinción de incendios desarrollado para rally	Tecnológico	Agente extintor	ml	Medición/ Experimentación	Protocolo
		Cuerpo del dispositivo	mm	Medición/ Experimentación	Protocolo
		Tipo de sistema de activación	-	Pruebas	Protocolo
		Boquillas	mm	Medición/ Experimentación	Protocolo
		Tuberías	mm	Medición	Protocolo

Metodología del Desarrollo del Proyecto

Método Analítico

Analizar las especificaciones y características de cada elemento que conforma el sistema eléctrico de extinción de incendios según normativa FIA.

Método de Síntesis

Se pretende analizar los elementos que forma la activación eléctrica de un sistema de extinción de incendios y los elementos del sistema de extinción de incendios para vehículos de competición siguiendo todas las especificaciones que dicta el organismo regulador FIA.

Método Inductivo

El método presente comprende llegar a principios generales partiendo de lo particular logrando así a través de la comprensión de la normativa específica para sistemas de extinción de incendios en vehículos de competición modalidad rally comprobar el funcionamiento del sistema en las circunstancias que dicta la normativa.

Método de Modelación

Esta metodología facilita el diseño de la cabina del habitáculo, el compartimiento del motor y el circuito tanto de los componentes para el accionamiento eléctrico como del sistema de extinción de incendios.

Método Experimental

Siguiendo este método será factible llegar a construir un circuito de activación eléctrica que considere la menor cantidad de componentes y lograr a la vez diseñar un circuito de extinción de incendios que se acople a la cabina del habitáculo, el compartimiento del motor de pruebas, consiguiendo así mediante la experimentación el conocimiento para instalar sistemas de extinción de incendios en vehículos para rally según normativa FIA.

Tabla 3*Metodología de investigación*

Metodología	Descripción	Equipo	Instalaciones y citas-virtual
Analítico	Analizar las especificaciones y características de cada elemento que conforma el sistema eléctrico de extinción de incendios según normativa FIA.	Computador, Normativas FIA, Anexos FIA, Fichas técnicas de elementos del sistema.	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Síntesis	Se pretende analizar los elementos que forma la activación eléctrica de un sistema de extinción de incendios y los elementos del sistema de extinción de incendios para vehículos de competición siguiendo todas las especificaciones que dicta el organismo regulador FIA.	Computador, Microsoft Excel	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Inductivo	El método presente comprende llegar a principios generales partiendo de lo particular logrando así a través de la comprensión de la normativa específica para sistemas de extinción de incendios en vehículos de competición modalidad rally comprobar el funcionamiento del sistema en las circunstancias que dicta la normativa FIA.	Computador, Microsoft Excel, Microsoft Word, Software CAD	Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Modelación	Esta metodología facilita el diseño de la cabina del habitáculo, el compartimiento del motor y el circuito tanto de los componentes para el accionamiento eléctrico como del sistema de extinción de incendios.	Computador, software de modelado CAD y simulación de fluidos, software de diseño de circuitos electrónicos. Procesos de manufactura	Laboratorio de Procesos de Manufactura - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"
Experimental	Siguiendo este método será factible llegar a construir un circuito de activación eléctrica que considere la menor cantidad de componentes y lograr a la vez diseñar un circuito de extinción de incendios que se acople a la cabina del habitáculo, el compartimiento del motor de pruebas, consiguiendo así mediante la experimentación el conocimiento para instalar sistemas de extinción de incendios en vehículos para rally según normativa FIA.	Computador, Microsoft Excel, Equipo de protección contra fuego Cronómetro Fuente de llama	Laboratorio de Procesos de Manufactura - Biblioteca de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE"

Capítulo II

Marco Teórico

Competencias Automovilísticas

En la actualidad las competencias automovilísticas se han convertido en una de las disciplinas con mayor popularidad alrededor del mundo, debido a esto a través de los años se han creado varios tipos de competiciones, siendo entre todas estas las más conocidas en el mundo, la Fórmula 1, la NASCAR y el Rally.

A través de los años las competencias automovilísticas han evolucionado tanto en la tecnología para el diseño de los vehículos, las modificaciones necesarias para completar los requisitos mínimos de competencia como en la seguridad y normativas para los competidores y los espectadores.

Figura 2

Tres vehículos de competición recorren las calles de Montecarlo en 1954



Nota. Tomado de *Así empezaron las carreras de coches* [Fotografía], por J. Elliot, 2019, La Vanguardia.

Cada tipo de competencia cuenta con su reglamento específico, en el cual se detalla las modificaciones permitidas para los diferentes sistemas dentro del automóvil; motor, suspensión, transmisión, frenos, alimentación, escape, etc.

Rally

El Rally es una competencia que ha diferencias de muchas otras disciplinas motor se desarrolla en carreteras o pistas públicas, de manera general la competencia consiste en un número específico de secciones cronometradas dentro de diferentes tramos, la tripulación que complete dichos tramos en el menor tiempo posible se lleva la victoria de la competencia.

Uno de los puntos a resaltar de esta competencia consta del hecho que los vehículos deben cumplir las normas de circulación del país en donde se desarrolla la competencia ya que el automóvil circula por vías públicas.

Figura 3

Ford WRC Puma Rally1 en asfalto



Nota. Tomado de *Ford WRC Puma Rally1* [Fotografía], por WRC, 2022.

La tripulación del automóvil consta de dos personas, el piloto; encargado de conducir el vehículo e intentar menorar en lo posible el tiempo de competencia y el copiloto, encargado de anotar las referencias a lo largo de todo el tramo para facilitar al piloto la conducción, dentro de estas referencias se detalla aspectos como el estado o tipo de suelo, las distancias entre una y otra referencia, el tipo de curva y los obstáculos presentes en la vía, entre otras funciones del copiloto se encuentra la de vigilar a lo largo de la competencia los indicadores dentro del vehículo como son los niveles de líquidos, temperaturas, voltaje de batería, etc.

Historia del Rally

Desde la invención del automóvil a finales del siglo XVIII, los aficionados a los deportes motor competían para probar tanto sus habilidades detrás del volante y el desempeño de los vehículos.

El rally era desde hace varios años ya una competencia que atraía mucho tanto a los fabricantes como a los pilotos, ya que al realizarse por todo tipo de terrenos se ponía a prueba la resistencia del vehículo y la habilidad del piloto para adaptarse a los diferentes terrenos, pero no es hasta el año 1973 que la competencia se oficializa, iniciando con el Rally de Monte Carlo y otras 12 competencias a lo largo de todo el mundo.

WRC (s.f.) afirma que “Renault se coronó como primer Campeón del Mundo de Rallyes después de que su Alpine A110 dominara a manos de pilotos como Jean-Claude Andruet, Jean-Pierre Nicolas y Jean-Luc Thérier” (párr. 4).

Al pasar los años los vehículos de tracción posterior fueron sustituidos por vehículos con tracción integral (4WD), estos automóviles fueron denominados Grupo B, en sus principios no existían muchos fabricantes que apostaran por la tracción a las cuatro ruedas, hasta que la marca Audi debutó con su icónico Audi Quattro en el Rally Montecarlo en 1981.

Figura 4

Audi Quattro durante el Rally Montecarlo 1981



Nota. Tomado de *The 1981 World Rally Championship* [Fotografía], s.f., Audi Emotion Club.

A partir de la prohibición del Grupo B, en 1982 se inició una nueva normativa para los automóviles en la que se comenzó ya a delimitar parámetros mucho más específicos, restringiendo así potencia, torque, peso, entre otros.

Para que un vehículo pueda competir en esta categoría se debía cumplir un mínimo de 5.000 unidades producidas en el año para que se considere un vehículo homologado como producción en serie, gracias a las limitaciones de la nueva normativa muchos equipos privados ingresaron a la competencia.

En 1997 se introdujo este nuevo reglamento el cual reemplazo a los del Grupo A, reduciendo la producción de vehículos necesarios para la homologación a 2500 unidades, entre otros cambios los circuitos se redujeron ya no eran pruebas tipo maratón, y con esto el calendario aumentó a 14 Rallyes a lo largo del año.

Entre los vehículos que destacaron en esta categoría fueron: Mitsubishi Lancer Evolution, Peugeot 206, Subaru Impreza, Citroën C4, Volkswagen Polo R.

Figura 5

Volkswagen Polo R WRC durante el Rally Montecarlo 2013



Nota. Tomado de Volkswagen Polo R WRC 2013: Así es el toro de Ogier [Fotografía], de C. Luque, 2012, Car and Driver.

Rally en la Actualidad

En la actualidad el rally ha sufrido una serie de cambios y quizá el más importante es la inclusión de tecnología de motores híbridos en su categoría principal, la denominada Rally1, que es el reemplazo de la anteriormente conocida como World Rally Cars, en esta categoría los fabricantes desarrollan vehículos totalmente nuevos en base a un chasis espacial de acero.

Los vehículos van a incluir por primera vez una unidad híbrida de hasta 100 kW, esta unidad en conjunto con el motor de combustión interna de 1,6 litros con sobrealimentación va a permitir que esta categoría desarrolle potencias de hasta 500cv.

Ahora con la regulación actual, pasó de ser un vehículo con motor de combustión interna, a un vehículo híbrido enchufable, es decir ahora incluye un motor eléctrico y un kit para el sistema híbrido desarrollado por Compact Dynamics.

Figura 6

Toyota Yaris Rally1



Nota. Tomado de *Toyota Gazoo Racing Yaris Rally1* [Fotografía], de Toyota Racing, s.f., MotorSport.

Vehículos Usados en Ecuador

Dentro del territorio ecuatoriano el organismo deportivo encargado de controlar las competencias de Rally es la Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo (FEDAK), los vehículos usados en las competencias se rigen en el Reglamento Nacional Deportivo de Rally proporcionado por dicho organismo, este detalla en el reglamento 2022 que existen 4 categorías con homologación FIA y 9 categorías adicionales.

RC2E

Homologación FIA.

Grupo Rally2, Grupo Rally2 Kit, Grupo NR4 > 2.0, Grupo S2000-Rally, Grupo R4 N5.

Autos Proto.

Son autos derivados del Mitsubishi Lancer Evolution X Grupo N, con kit R4 homologado por la FIA con sobrealimentación a través de turbocargador y tracción a las 4 ruedas, a los que se les sustituye la carrocería monocasco por otra de un vehículo de venta en concesionarios de cualquier marca con un peso mínimo de 1.300 kilogramos (FEDAK, 2022).

Figura 7

KIA Proto Quirola Racing Team



Nota. Este automóvil es el primer vehículo correspondiente a la categoría RC2E (Autos Proto) en el Ecuador. Tomado de *Automóvil KIA Proto* [Fotografía], de Quirola Racing Team, 2021.

RC3

Grupo Rally 3.

RC4

Grupo Rally4, Grupo R2, Grupo R3, Grupo A < 2.0.

RC5

Grupo Rally5, Grupo R1.

RC2N

Autos grupo NR4, con ficha de homologación y Anexos FIA - CODASUR vigente en Conformidad con el Art.254 del Anexo J 2019.

Figura 8

Mitsubishi EVO IX



Nota. Automóvil correspondiente a la categoría RC2N, piloto S. Palacios, ganador de la categoría RC2N en el Rally Cotopaxi 2022 en el Ecuador. Tomado de *Mitsubishi EVO IX* [Fotografía], de Cotopaxi Racing Club, 2022.

T1, T2, T3, T4

Son automóviles turismo de gran producción en serie, con un mínimo de 4 plazas. Los vehículos de estas categorías, solo pueden ser tracción a 2 ruedas motrices (FEDAK, 2022).

T1. 0 a 1.250 centímetros cúbicos;

T2. 1.251 a 1.450 centímetros cúbicos;

T3. 1.451 a 1.650 centímetros cúbicos;

T4. 1651 a 2.050 centímetros cúbicos.

Todo Terreno

Dentro de esta categoría se encuentran vehículos todo terreno, tipo jeep 4x4, de producción en serie con admisión atmosférica y una cilindrada máxima de 2.000 centímetros cúbicos (FEDAK, 2022).

Camionetas

Son vehículos tipo camioneta aprobados para su uso en Ecuador, tracción 4x4 o 4x2 con cabina doble.

UTV

Vehículos UTV propulsados mecánicamente por un motor, con 4 ruedas, pueden ser con alimentación atmosférica o sobrealimentación. (FEDAK, 2022).

Seguridad en el Vehículo

Para los vehículos usados en Rally existen requisitos generales para la seguridad de los ocupantes, esto se rige en el Anexo J de la FIA, Equipos de Seguridad para vehículos de grupo N, A (y Extensiones) y R-GT, de este anexo se basa el Reglamento Nacional de Seguridad para Rallyes 2022 de la FEDAK que rige el Ecuador.

Estructura de Seguridad

La incorporación de una jaula de seguridad es obligatoria para todos los vehículos, la estructura debe ser homologada por la FIA o certificado por la Autoridad Deportiva Nacional, se debe diseñar con tubo estructural de un diámetro no menor a 1 7/8 de pulgada, tipo jaula de 6

puntos mínimos anclados al piso, con protección lateral en las puertas en forma de X.

(FIA,2022)

Asientos y Fijaciones

Todos los haciendo deben estar homologados por la FIA, se deben situar delante de la barra antivuelco principal de la jaula de seguridad, se debe fijar a los puntos de anclaje mediante al menos 4 puntos de fijación.

Arnés de Seguridad

Estos deben ser de tipo competencia con tipo arnés doble instalados en los puntos de anclaje de la carrocería, se deben llevar a bordo dos cortadores de cinturones en un lugar de fácil acceso para el piloto y copiloto mientras están sentados.

Vidrios

No se puede sustituir los vidrios del vehículo por micas (excepto vehículos homologados).

Argollas de Remolque

Se deben instalar dos argollas de remolque, una en la parte delantera y otra en la parte posterior, solo se debe usar si el vehículo puede moverse sin dificultad alguna.

Sujetadores Adicionales

Deben instalarse al menos dos cierres de seguridad adicionales para cada una de las puertas de capó y del maletero, los mecanismos de bloqueo originales deben dejarse inoperativos o retirarse. (FIA, 2022)

Tuberías

Los conductos de combustible, aceite y frenos deben estar protegidos exteriormente contra todo riesgo de deterioro (piedras, corrosión, rotura mecánica) e interiormente contra todo riesgo de incendio y deterioro.

Interruptor General del Circuito Eléctrico

Debe cortar todos los circuitos eléctricos (batería, alternador, luces, sirenas, encendido, controles eléctricos) y también debe detener el motor.

Sistema de Frenos

Circuito doble accionado por el mismo pedal, se debe tener un sistema auxiliar con el cual si existe alguna fuga o rotura en el sistema principal se puedan controlar por lo menos dos ruedas. (FIA, 2022)

Sistema de Dirección

Se debe retirar el sistema de seguridad de bloqueo antirrobo y el sistema de ajuste la columna de dirección se debe bloquear.

Sistema de Protección Contra Incendios

Se debe colocar una pantalla protectora entre el compartimiento motor y el asiento de los tripulantes para evitar que traspasen las llamas en caso de un incendio.

Sistema de Extinción de Incendio

Para los sistemas de extinción se recomiendan los sistemas y extintores manuales que cumplan la normativa FIA 8865-2015, los sistemas son obligatorios para los automóviles World Rally Cars, Super 2000, Grupo Rally 2, Rally 3, Rally 4, Rally 5, coches homologados del Grupo R1, R2 y sus extensiones.

La cantidad mínima de agente extintor debe ser de 2 kilogramos, debe estar al alcance de piloto o copiloto sin necesidad de moverse de la butaca con el cinturón abrochado, también se recomienda el uso de sistemas de extinción centralizados que debe cubrir obligatoriamente el compartimiento del motor y el habitáculo.

Para los vehículos Rally 1 y WRC, la activación del extintor externo o interno debe provocar el apagado del motor y de la batería.

Extintores – Sistemas de Extinción

Dentro del reglamento de los sistemas de seguridad que debe cumplir un vehículo de Rally se encuentra el sistema contra incendios, estos sistemas están regidos por la normativa FIA 8865-2015 (Sistemas De Extinción Fijos Y Portátiles), esta norma detalla que dentro de un vehículo de rally se debe usar un sistema de extinción de incendios ya sea manual o automático.

Extinción Manual

Los extintores deben estar colocados en una posición donde el piloto o copiloto pueda acceder rápidamente, debe soportar una aceleración de 25G en cualquier dirección y estar fijado con elementos metálicos de apertura rápida (FEDAK, 2022).

Sistema de Extinción Mediante Activación

Existen tres tipos de activación para los sistemas fijos de extinción.

Activación Mecánica. Activación por medio de un cable.

Activación Eléctrica. Es un sistema de activación con una fuente de energía independiente, es decir que debe funcionar aún si los sistemas eléctricos del vehículo fallan.

Activación Automática. Se considera automático a cualquier sistema de activación que no requiera de la intervención humana para entrar en funcionamiento.

Clasificación de Fuegos

El Instituto Ecuatoriano de Normalización [INEN] (2013) afirma que se debe clasificar al fuego en 5 categorías que son definidas por la naturaleza del combustible que los produce (p.2).

Clase A

Fuegos de material que combustiona con la formación de brasas, puede ser madera, caucho, neumáticos, etc.

Clase B

Fuegos de líquidos o sólidos licuables, pueden ser gasolina, diésel, queroseno, etc.

Dentro de esta clase se encuentran los combustibles utilizados en los vehículos con motor de combustión interna, la FIA divide los tipos de combustible en cinco categorías.

Clase I. Gasolina de acuerdo con el art. 252 del Apéndice J 2014, es decir gasolina que se pueda conseguir en un surtidor local.

Clase II. Gasolina + hasta 30% de etanol.

Clase III. Diésel de acuerdo con el art. 252 del Anexo J 2014, es decir diésel que se pueda conseguir en un surtidor local.

Clase IV. Etanol hasta 100% o metanol hasta 100%.

Clase V. Cualquier otro combustible específico.

Clase C

Se desarrollan por la presencia de gases.

Clase D

Se producen por la presencia de metales inflamables como aluminio en polvo.

Clase F

Aceites y grasas vegetales o animales en productos de cocina.

Agente Extintor

Según el Cuerpo de Bomberos del Tena (s.f.) los tipos de extintores según el agente extintor que utilizan son cinco.

Agua

Se usan para combatir fuegos de Clase A en sitios donde no haya presencia de electricidad.

Agua Pulverizada

Se usan para combatir fuegos de Clase A y B en sitios donde no haya presencia de electricidad.

Espuma

Se usan para combatir fuegos de Clase A y B en sitios donde no haya presencia de electricidad.

Polvo

Se usa para combatir fuegos de Clase A, B y C, no existe riesgo en presencia de electricidad.

CO₂

Se usa para combatir fuegos de Clase A, B y C, al ser un gas no existe riesgo en presencia de electricidad, se usa para evitar daños en equipos o material delicado.

Clasificación de los Modelos de Sistemas Fijos de Extinción

Las principales características de los modelos de sistemas fijos de extinción de incendios son la capacidad del agente extintor, el tipo de agente extintor, las boquillas y el número de boquillas esto se comprueba mediante una prueba de fuego, en cambio las válvulas, la caja eléctrica, el método de fabricación, caudal, materiales y clase de homologación contra incendios se comprueba mediante el artículo 4.9 de la norma FIA 8865-2015 (FIA, 2015).

Evaluación de Rendimiento Norma FIA 8865-2015

Son los parámetros o rangos que dicta la FIA para que se pueda clasificar un sistema fijo de extinción y comprobar su correcto funcionamiento.

Tiempo de Descarga

Los tiempos de descarga de cada prueba deben ser similares con un margen de tolerancia de 10% para los tiempos de descarga mayores a 10 segundos, para los tiempos de descarga menores a 10 segundos deben tener una tolerancia de ± 10 segundos.

Los tiempos de descarga de tanques separados para compartimiento del motor y habitáculo se compararán por separado (FIA, 2015).

Cantidad de Descarga

La cantidad de agente extintor sobrante de cada prueba debe ser similar con un margen de tolerancia de 10%, si existe tanques separados para compartimiento del motor y habitáculo se compararán por separado.

Resistencia Mecánica de la Tubería

Las tuberías deben cumplir con la cláusula 10.5 de la norma BS EN 3-7:2004+A1:2007.

Corrosión

Todas las partes metálicas del sistema deben someterse al ensayo de corrosión del Apéndice C de la norma FIA 8865-2015, después del ensayo no se debe observar ningún signo de deterioro que pueda afectar al buen funcionamiento del sistema.

Carga Inicial

La carga inicial del agente extintor se debe medir según el tipo que se va a usar, es decir la medición puede ser volumen, peso, etc.

Tamaño del Contenedor

El tamaño de la botella del sistema de extinción es regido por el fabricante, se debe indicar claramente en el informe de la prueba.

Prueba de Fuego en el Habitáculo

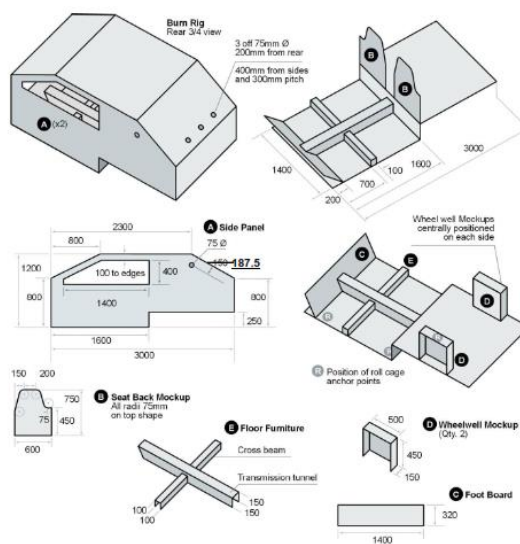
El rendimiento de esta prueba se debe medir de acuerdo con la prueba de fuego definida en el Apéndice A de la norma FIA 8865-2015, se debe usar combustible Clase I para la prueba según lo define el artículo 4.9 de la misma normativa.

La prueba se considera positiva sí; el fuego se controla y se extingue por completo en los 11 segundos siguientes a la activación del sistema y si el fuego no se reaviva en los 3 minutos siguientes a la activación del sistema.

El banco de pruebas del habitáculo debe ser hecha en una estructura cerrada con las medidas estándar de un vehículo de rally de 3 puertas, como se detalla en la Figura 9.

Figura 9

Banco de pruebas de incendio en el habitáculo



Nota. Tomado de *Standard FIA 8865-2015 Plumbed-in and Hand-Held Fire Extinguisher Systems* (p. 20), por FIA, 2015.

Instalación del sistema de extinción fijo

Se debe instalar el sistema de extinción respetando un número máximo de cuatro boquillas, la ubicación es libre siempre y cuando se encuentren a una distancia mayor a los 300 mm de los depósitos de combustión.

Instalación de los depósitos de combustión

Se deben colocar 3 depósitos de combustión en las posiciones designadas en la Figura 10 de forma aleatoria siempre y cuando:

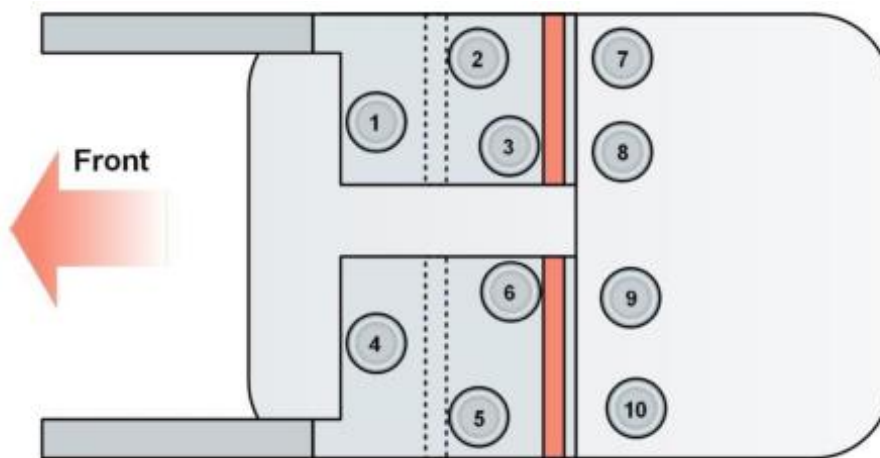
- Un depósito en la zona del asiento derecho (1,2 o 3);
- Un depósito en la zona del asiento izquierdo (4,5 o 6);
- Un depósito en la zona del respaldo de los asientos (7, 8, 9 o 10).

Cada depósito de combustible debe constar de:

- Un recipiente con 1 ¼ litros de combustible;
- Un elemento de enmascaramiento previamente sumergido en combustible.

Figura 10

Ubicación de los depósitos de combustión dentro del habitáculo



Nota. Tomado de *Standard FIA 8865-2015 Plumbed-in and Hand-Held Fire Extinguisher Systems* (p. 22), por FIA, 2015.

Prueba de Fuego en el Compartimiento del Motor

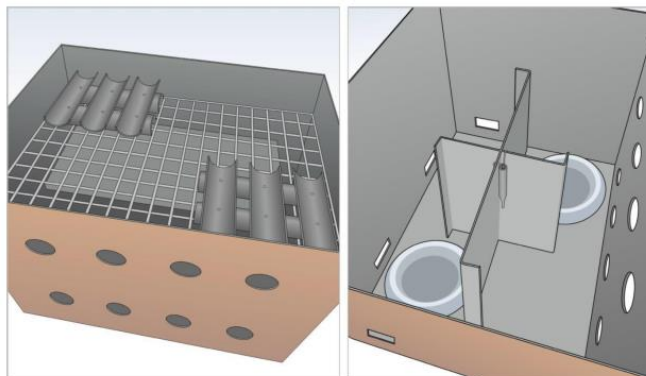
El rendimiento de esta prueba se debe medir de acuerdo con la prueba de fuego definida en el Apéndice B de la norma FIA 8865-2015, se debe usar combustible Clase I para la prueba según lo define el artículo 4.9 de la misma normativa.

La prueba se considera positiva sí; el fuego se controla y se extingue por completo en los 11 segundos siguientes a la activación del sistema y si el fuego no se reaviva en los 3 minutos siguientes a la activación del sistema.

El banco de pruebas del compartimiento motor es una caja cerrada con las medidas estándar del motor de un vehículo de rally (900mm ancho, 700 mm largo, 650 mm alto), como se muestra en la Figura 11.

Figura 11

Banco de pruebas del compartimiento motor



Nota. Tomado de *Standard FIA 8865-2015 Plumbed-in and Hand-Held Fire Extinguisher Systems* (p. 25), por FIA, 2015.

Instalación del sistema de extinción fijo

Se debe instalar el sistema de extinción respetando un número máximo de tres boquillas, la ubicación es libre siempre y cuando no se encuentren fijadas a las paredes del banco de pruebas, las tuberías se deben instalar dentro del banco de pruebas del motor.

Instalación de los depósitos de combustión y elementos

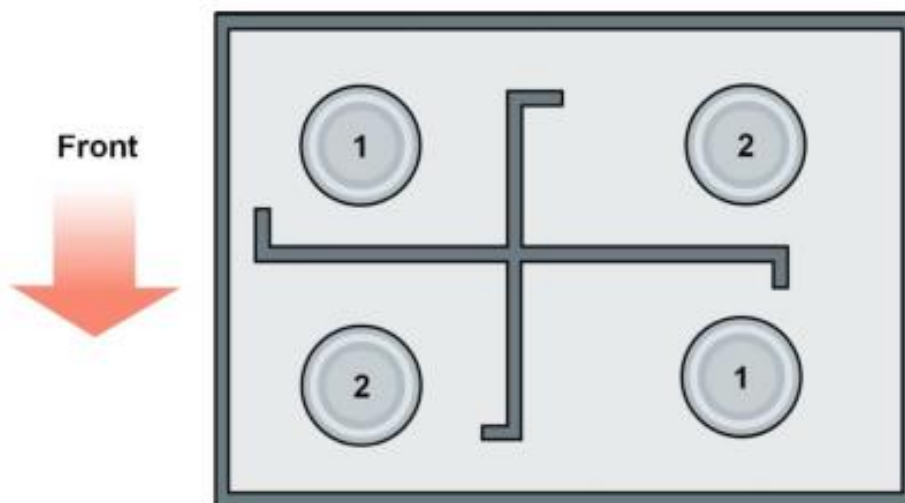
Se deben colocar 2 depósitos de combustión en las posiciones designadas en la Figura 12 de forma diagonal.

Cada depósito de combustible debe constar de:

- Un recipiente con 1 ¼ litros de combustible;
- Un elemento de enmascaramiento previamente sumergido en combustible.

Figura 12

Ubicación de los depósitos de combustión dentro del compartimiento motor



Nota. Tomado de *Standard FIA 8865-2015 Plumbed-in and Hand-Held Fire Extinguisher Systems* (p. 27), por FIA, 2015.

Se debe colocar una malla metálica para colocar un conjunto de elementos de plásticos en cada esquina por encima del depósito de combustión como en la Figura 11.

Capítulo III

Modelación E Implementación Del Sistema De Extinción

Diseño del Banco de Pruebas

Para probar la eficiencia y eficacia del sistema de extinción se diseñó una estructura que simule las medidas de un habitáculo y el compartimiento del motor, basado en las dimensiones detalladas en la normativa FIA 8865 (*Figura 9*).

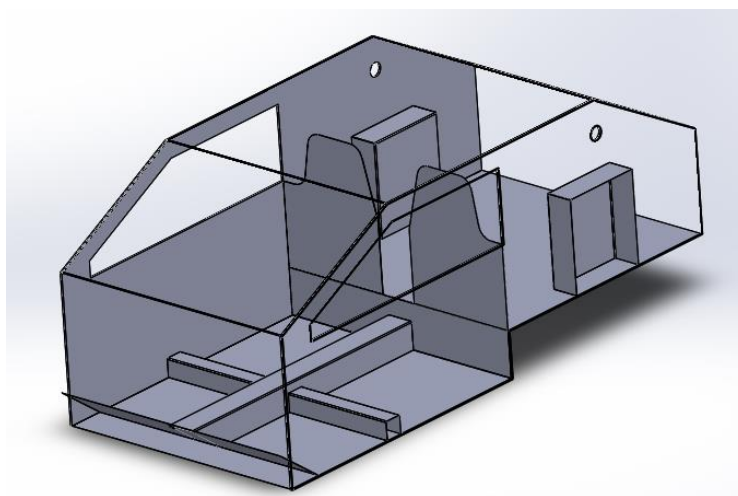
Diseño del Habitáculo

Se utiliza como referencia las medidas del Anexo A (Dispositivo y Procedimientos de Prueba para el Ensayo de Incendio del Habitáculo), mediante software CAD se modela las diferentes piezas que componen el habitáculo.

El habitáculo es una estructura cerrada de acero que simula las dimensiones de un vehículo de rally de 3 puertas, las piezas pueden ensamblarse ya sea por tornillos o soldada siempre que sea una unión que impida que se filtren las llamas y el humo.

Figura 13

Habitáculo modelado en software CAD



Nota. El habitáculo es una estructura cerrada, las piezas transparentes se encuentran de esa forma para visualización de la parte interior de la estructura.

Se utiliza chapa de acero de 2 milímetros de espesor acorde a lo establecido en la normativa, se diseña cada pieza de forma individual y se realiza un ensamble para formar la estructura final del habitáculo, las medidas son hechas con una escala 1:1 es decir una escala real.

Se debe tener acceso al compartimiento delantero y trasero, las puertas deben ser herméticas, pero no estancas.

Diseño del Compartimiento Motor

Se utiliza como referencia las medidas del Anexo B (Aparatos Y Procedimientos De Ensayo Para La Prueba De Fuego Del Motor), mediante software CAD se modela las diferentes piezas que componen el compartimiento motor.

El compartimiento motor es una caja cerrada de acero que simula las dimensiones de un motor de un vehículo de rally, las dimensiones son 900 mm de ancho x 700 mm de largo x 650 mm de alto, figura 11.

La tapa de la caja de pruebas debe ser desmontable para poder acceder a los compartimientos, deben ser ajustadas, pero no herméticas

Se utiliza chapa de acero de 2 milímetros de espesor acorde a lo establecido en la normativa, una malla metálica lo suficientemente fuerte como para soportar las juntas de plástico y con aberturas de al menos 50 x 50 mm se coloca sobre toda la abertura superior y se apoya en la parte superior del mamparo.

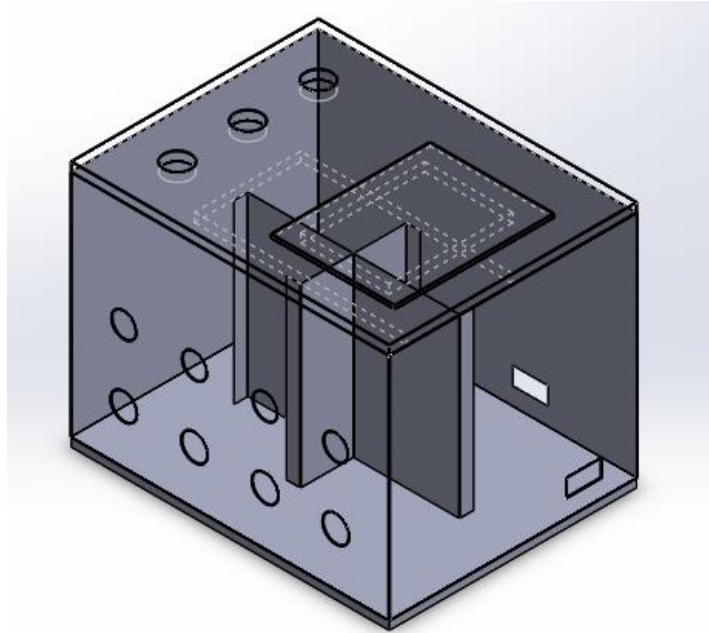
La caja de pruebas es un espacio cerrado con los siguientes orificios de ventilación:

- Ocho orificios de ventilación de 75 mm de diámetro en la parte delantera;
- Dos orificios de ventilación de 50 x 100 mm en la parte trasera;
- Un orificio de ventilación de 50 x 100 mm por lado;

- Tres orificios de ventilación de 75 mm de diámetro y una tapa de cierre de 350 x 400 mm en el panel superior.

Figura 14

Compartimiento motor modelado en software CAD



Nota. El compartimiento motor es una estructura cerrada, las piezas transparentes se encuentran de esa forma para visualización de la parte interior de la estructura.

Construcción del Banco de Pruebas

Construcción del Habitáculo

Para la construcción del habitáculo se usan láminas de acero, toda la estructura usa lámina con un espesor de 1.5 milímetros, a excepción de los respaldos de los asientos que en la normativa indica un espesor mínimo de 2 milímetros.

Las dimensiones se realizan en base a los planos generados de la estructura diseñada en software CAD, una vez establecidas las dimensiones se corta la lámina con ayuda de una amoladora con disco de corte de 4 ½ pulgadas.

Una vez cortadas todas las piezas correspondientes a la estructura se unen las partes usando una soldadora con electrodo 6011, ya que es apta para soldar aceros al carbono con resistencia a la tensión de hasta 50.000.

Figura 15

Proceso de armado de la estructura del habitáculo



Nota. Todas las dimensiones son basadas en la norma FIA 8865-2015.

Construcción del Compartimiento Motor

Para la construcción del compartimiento motor se usan láminas de acero, toda la estructura usa lámina con un espesor de 1.5 milímetros.

Las dimensiones se realizan en base a los planos generados de la estructura diseñada en software CAD, una vez establecidas las dimensiones se corta la lámina con ayuda de una amoladora con disco de corte de 4 ½ pulgadas.

Después de cortadas todas las piezas correspondientes a la estructura se unen las partes usando una soldadora con electrodo 6011, ya que es apta para soldar aceros al carbono con resistencia a la tensión de hasta 50.000.

Figura 16

Proceso de armado de la estructura del compartimiento motor



Nota. Todas las dimensiones son basadas en la norma FIA 8865-2015.

Se coloca una malla sobre la abertura superior con aberturas de al menos 50 x 50 milímetros, apoyada en la parte superior del mamparo.

Figura 17

Estructura del compartimiento motor



Nota. Todas las dimensiones son basadas en la norma FIA 8865-2015.

Elementos de simulación

Para simular las condiciones dentro de un incendio en el habitáculo según el Anexo A (Dispositivo y Procedimientos de Prueba para el Ensayo de Incendio del Habitáculo) de la norma FIA 8865-2015, se estipula que se debe contener tres elementos que simulen los materiales y condiciones, estos son: elemento de enmascaramiento, combustible y plástico.

Chimeneas de combustible

Para el cuenco de combustible se consigue un depósito que cumpla con los siguientes requisitos estipulados en la norma FIA 8865-2015.

- Recipiente circular de acero inoxidable
- Volumen mínimo de 2 litros.
- Diámetro máximo 250 milímetros.
- Profundidad máxima 100 milímetros.

Figura 18

Depósito de combustible



Nota. El depósito de combustible cumple con los requisitos de la norma FIA 8865-2015.

Elemento de Enmascaramiento

Los elementos de enmascaramiento tienen que cumplir con los requisitos estipulados en la norma FIA 8865-2015, ser un elemento rectangular de tela de algodón con las siguientes dimensiones:

Habitáculo. Longitud, 500 - 700 x 600 - 700 mm y peso, 200 - 350 g.

Motor. Longitud, 450 - 700 x 500 - 700 mm y peso, 100 - 350 g.

Figura 19

Elementos de enmascaramiento



Nota. Los elementos de enmascaramiento tienen una dimensión de 600 x 700 mm y un peso de 300 g cumpliendo los requisitos para ambas pruebas, habitáculo y motor.

Elementos de Plástico

Los elementos de plástico tienen que cumplir con los requisitos estipulados en la norma FIA 8865-2015, un conjunto de plástico de tuberías PVC cortadas en forma de U, divididas en 2 capas.

Habitáculo. Ancho, 76 ± 5 mm, longitud, 335 ± 10 mm y peso total, 600 - 750 g. Cada capa tiene 3 tramos colocados en paralelo con los bordes separados 50 ± 5 mm, la capa siguiente se coloca perpendicular.

Figura 20

Elementos de plástico, habitáculo



Nota. Los elementos de plástico son pegados con ayuda de pegamento epóxico.

Motor. Ancho, 76 ± 5 mm, longitudes; 220 ± 10 , 335 ± 10 mm y peso total, 400 - 550 g. La primera capa tiene 3 tramos colocados en paralelo con los bordes separados 50 ± 5 mm, la segunda capa contiene 2 tramos colocados a 90 grados.

Figura 21

Elementos de plástico, motor



Nota. Los elementos de plástico son pegados con ayuda de pegamento epóxico.

Diseño del Sistema de Extinción de Incendios

Agente Extintor

Para Rally la norma FIA en el Anexo J dicta que la cantidad mínima de agente extintor debe ser 2 kilogramos o 2.4 litros, está prohibido el uso de los siguientes productos: BCF, NAF.

Para elegir el agente extintor se toma en cuenta los elementos que se encuentran relacionados al vehículo según el origen del fuego, estos son:

Clase A - Combustibles sólidos: Telas, elementos plásticos;

Clase B - Combustibles líquidos: Aceite, gasolina, pintura;

Clase C - Equipos eléctricos: tableros eléctricos, baterías.

Una vez que se tiene en cuenta que clase de incendios se encuentran presentes en el automóvil se verifica que agentes extintores son aptos para combatir estas tres clases.

Los agentes que cumplen estos requisitos son: Polvo Químico Seco y CO₂.

Ambos agentes se usan para combatir fuegos de Clase A, B y C además de que no existe riesgo en presencia de electricidad.

Para el presente proyecto se elige CO₂ debido a que el Polvo Químico Seco es un agente en polvo razón por la cual no funciona con la electroválvula, ya que es diseñada para agentes líquidos y gases.

Existen en el mercado normalizado por el Instituto Ecuatoriano de Normalización extintores de 5, 10, 20 y 50 libras, razón por la cual se opta por el de 5 libras, según la norma FIA 8865-2015, el agente extintor utilizado en el sistema debe estar aprobado según una norma nacional o internacional conocida que tenga en cuenta los efectos del producto sobre salud, la seguridad y el medio ambiente.

Figura 22

Agentes extintores y sus usos

CLASES DE FUEGOS		AGENTES EXTINTORES								
		AGUA	AFFF	CO2	POLVO ABC	POLVO BC	HCFC 123	POLVO D	AGUA VAPORIZADA	ACETATO DE POTASIO
	Materiales que producen brasas (madera, papel, cartón y otros).	SI Acción de enfriamiento	SI Enfría y sofoca	NO No apaga fuegos profundos	SI Se funde sobre los elementos	NO No es específico para este uso	SI Absorbe el calor	NO No es específico para este uso	SI Absorbe el calor	SI Absorbe el calor
	Líquidos inflamables (naftas, alcoholes, y otros).	NO Esparce el combustible	SI Sofoca por medio de película de espumígeno	SI Sofoca por desplazar el oxígeno	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	SI Rompe la cadena de combustión	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso
	Equipos energizados eléctricamente.	NO Conduce la electricidad	NO Conduce la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	SI No es conductor de la electricidad	NO No es específico para este uso	SI No es conductor de la electricidad	NO Conduce la electricidad
	Metales cobustibles (aluminio, magnesio y otros).	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Es necesario utilizar el polvo adecuado para cada riesgo	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso
	Elementos que involucran aceites y grasas de origen vegetal y mineral.	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	NO No es específico para este uso	SI Actúa por saponificación

AGENTES EXTINTORES: ■ SI ■ NO ES RECOMENDABLE ■ NO - PELIGRO

Nota. Tomado de *Agentes extintores* [Fotografía], por MAXISEGURIDAD, 2016, Maxiseguridad.

Deposito o Tanque

Para el tanque del agente extintor es necesario saber los parámetros necesarios para cumplir los requisitos mínimos de la norma.

Presión. Según la Norma FIA 8865-2015 de acuerdo con el contenido los extintores de CO2 se deben presurizar de acuerdo con las instrucciones del fabricante.

Se usa acero laminado en frío, el cual cuenta con las siguientes propiedades:

Tabla 4

Propiedades mecánicas de acero laminado en frío

Resistencia al rendimiento [MPa]	Resistencia a la tracción [MPa]
140 – 280	≥ 270

Nota. Tomado de *Propiedades mecánicas de acero laminado en frío* [Tabla], por Gnee GI, 2021, GNEESTEEL.

Material. Según el apéndice J de la FIA, el material debe resistir al fuego y funcionar dentro de los límites de -15°C a +80°C.

Tabla 5

Propiedades térmicas de acero laminado en frío

Temperatura máxima de servicio [°C]	Punto de fusión [°C]
500	1480 - 1526

Nota. Tomado de *Propiedades térmicas SPCC* [Tabla], por Gnee GI, 2021, GNEESTEEL.

Se va a usar como base un tanque extintor marca PREDEXE, fabricado en acero SPCC, ya que este tipo de acero tiene una temperatura máxima de servicio de 500°C y una temperatura de fusión de 1526°C, cumpliendo con los parámetros del apéndice J de la FIA además de norma ANSI, NFPA10 e ISO9001.

La presión de este tipo de acero tiene su límite elástico a los 140 MPa que es igual a 1400 Bares, lo que se considera para este caso como la Presión de Rotura, ya que desde este

punto el material comienza a deformarse, esta presión es mayor a la presión de prueba por la cual cumple con la norma FIA.

Figura 23

Tanque Extintor marca PREDEXE, certificado norma NTE INEN



Nota. Tomado de *Extintores Portátiles* [Fotografía], por PREDEXE, 2021, Extintores Predexe.

Montaje del Deposito o Tanque

El tanque debe instalarse en el vehículo de acuerdo con el artículo 253.7.2.2 de Apéndice J, FIA (2022) afirma lo siguiente:

Cada cilindro extintor debe estar adecuadamente protegido y debe estar ubicado en la cabina, debe fijarse mediante un mínimo de 2 flejes metálicos bloqueados mediante tornillos y el sistema de fijación debe ser capaz de soportar una deceleración de 25 g.

El material del sistema de fijación debe ser adecuado para su uso en el rango de temperatura de -15°C a +80°C, debe ser resistente al fuego, incluidas las fijaciones de las tuberías y boquillas, los tubos de plástico están prohibidos. (p. 7)

Figura 24

Fijaciones de metal



Nota. Fijaciones de metal, se utilizan remaches para fijar en la carrocería del banco de pruebas.

Tubería

Según la norma FIA 8865, las tuberías y demás componentes de la instalación deben ser resistentes al fuego y no deben fundirse ni perder su integridad durante las pruebas definidas en los artículos 6.8 y 6.9.

Todos los componentes de un conjunto, excepto la etiqueta de homologación, y todas las piezas metálicas, incluidas las tuberías, deberán someterse a pruebas, todos los componentes metálicos de un conjunto deberán estar adecuadamente protegidos contra la corrosión.

Al examinar los componentes a simple vista, no deberá detectarse ningún deterioro que pueda afectar al buen funcionamiento del dispositivo ni una corrosión significativa.

Se va a usar una tubería de acero galvanizado de 1/2 pulgada, este diámetro es acorde al diámetro de salida de la válvula.

Figura 25

Tuberías de metal de ½ pulgada



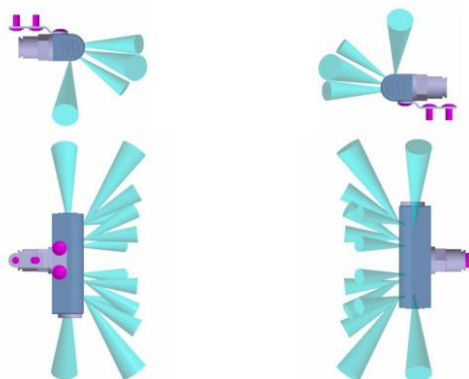
Nota. Tubería de acero galvanizado ½ in son usados para el circuito. Tomado de *Tubo Galvanizado 1/2* [Fotografía], por KUBIEC, s.f., FERRIMAXI.

Boquillas

Para las boquillas se perforan agujeros en una sección de tubo para la correcta salida del compuesto extintor, estos bloques tendrán 14 salidas con diferentes ángulos para que el compuesto se disperse de manera adecuada y cubra el mayor rango posible tanto dentro del habitáculo como el compartimiento motor.

Figura 26

Boquilla diseñada en tubería de ½ pulgada (referencia).



Nota. Tomado de *Posición de toberas* [Fotografía], por SPARCO, 2021, FIA.

Válvula

Para el control de salida del compuesto extintor, se utilizará una electroválvula Normalmente Cerrada de Alta Presión, debido a que el extintor funciona con una presión de trabajo de 600 PSI.

Se utiliza una válvula de Alta Presión modelo SLG5404-15 con un rango de 0 - 75 Bar, este valor es equivalente a 1088 PSI, valor superior a la presión de trabajo del cilindro extintor, la temperatura de trabajo es de 10 a 150 grados centígrados.

Se encontró en el mercado únicamente la medida de ½ pulgada razón por la cual, se utiliza un acople macho ½ in – hembra 3/8 in para la conexión.

Figura 27

Válvula de activación eléctrica



Nota. Válvula de activación eléctrica de ½ pulgada, normalmente cerrada.

Sistema de Activación

Caja Eléctrica

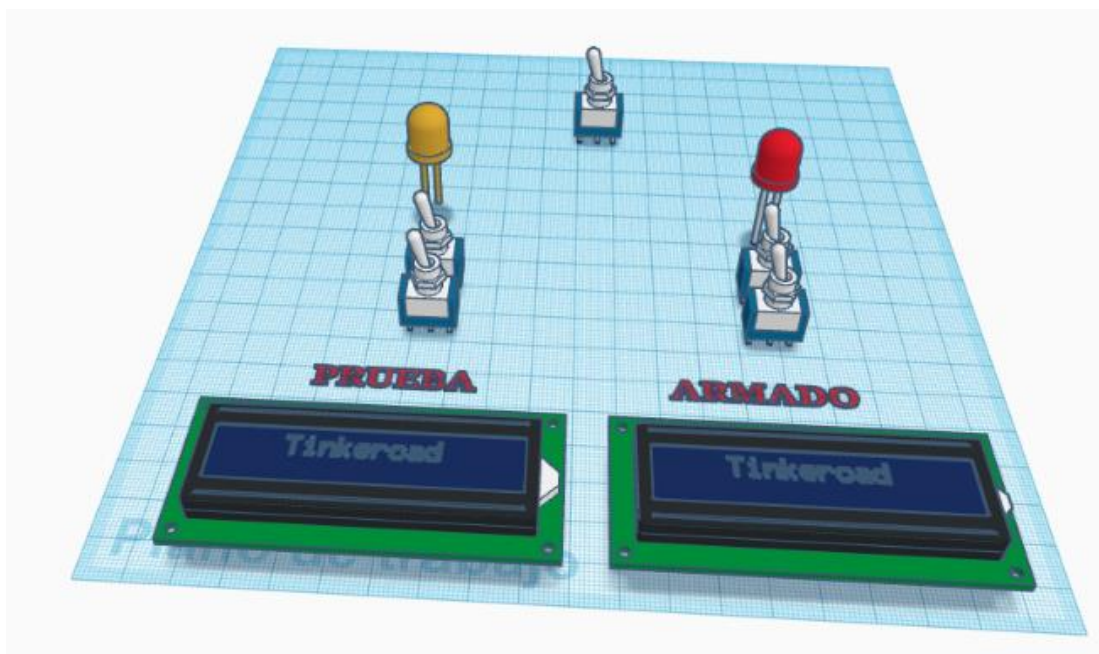
Para diseñar la caja eléctrica, se toma en cuenta los requisitos según la normativa:

- Un interruptor de dos posiciones, posición de armado y posición de prueba;
- Cuatro interruptores de dos posiciones:
 - Dos interruptores para el botón de activación interno, uno para la posición prueba y uno para la posición armado;
 - Dos interruptores para el botón de activación externo, uno para la posición prueba y uno para la posición armado.
- Dos LED;
 - LED rojo, para la posición de armado.
 - LED naranja, para la posición de prueba.
- Se debe colocar una descripción de los códigos de errores de los LED.

Para poder tener una mejor visualización de la comprobación se va a utilizar dos pantallas LCD de 16x2 (16 caracteres y 2 líneas).

Figura 28

Boceto de la caja eléctrica



Nota. Boceto de la caja eléctrica realizado en Tinkercad, programa de modelado 3D gratuito.

Programación

El circuito se debe diseñar en base a los parámetros mínimos dictados en la normativa para el uso y comprobación correcta.

El entorno de programación se lo realiza mediante Arduino IDE 2.1., software de electrónica de código abierto, basado en C++, usando como complemento el hardware Arduino UNO SMD y Arduino MEGA 2560.

Se utilizará dos placas, una para cada posición; armado y prueba, razón por la cual la programación se va a dividir en dos programas, una para cada placa.

La norma FIA 8865-2015, pide específicamente lo siguiente:

Posición de Armado. Cuando el sistema se encuentre listo la luz debe parpadear, la frecuencia de parpadeo puede ser elegida por el usuario, procurando que la batería no se agote.

Posición de Prueba.

- Cuando se compruebe que este todo correcto la luz debe estar encendida 5 segundos.
- Cuando se compruebe que exista un error la luz debe parpadear según el error.

Errores. Los errores son definidos como: Batería baja, Discontinuidad eléctrica, Botones para activar el sistema no funcionan, electroválvula no funciona.

Diagrama de flujo

Se realiza un diagrama de flujo para representar los pasos que va a seguir el programa, este es el primer paso antes de la programación, ya que con el flujograma terminado se puede empezar a programar cada paso de este. Se realizarán dos flujogramas, uno para cada placa.

Figura 29

Diagrama de flujo para circuito Prueba

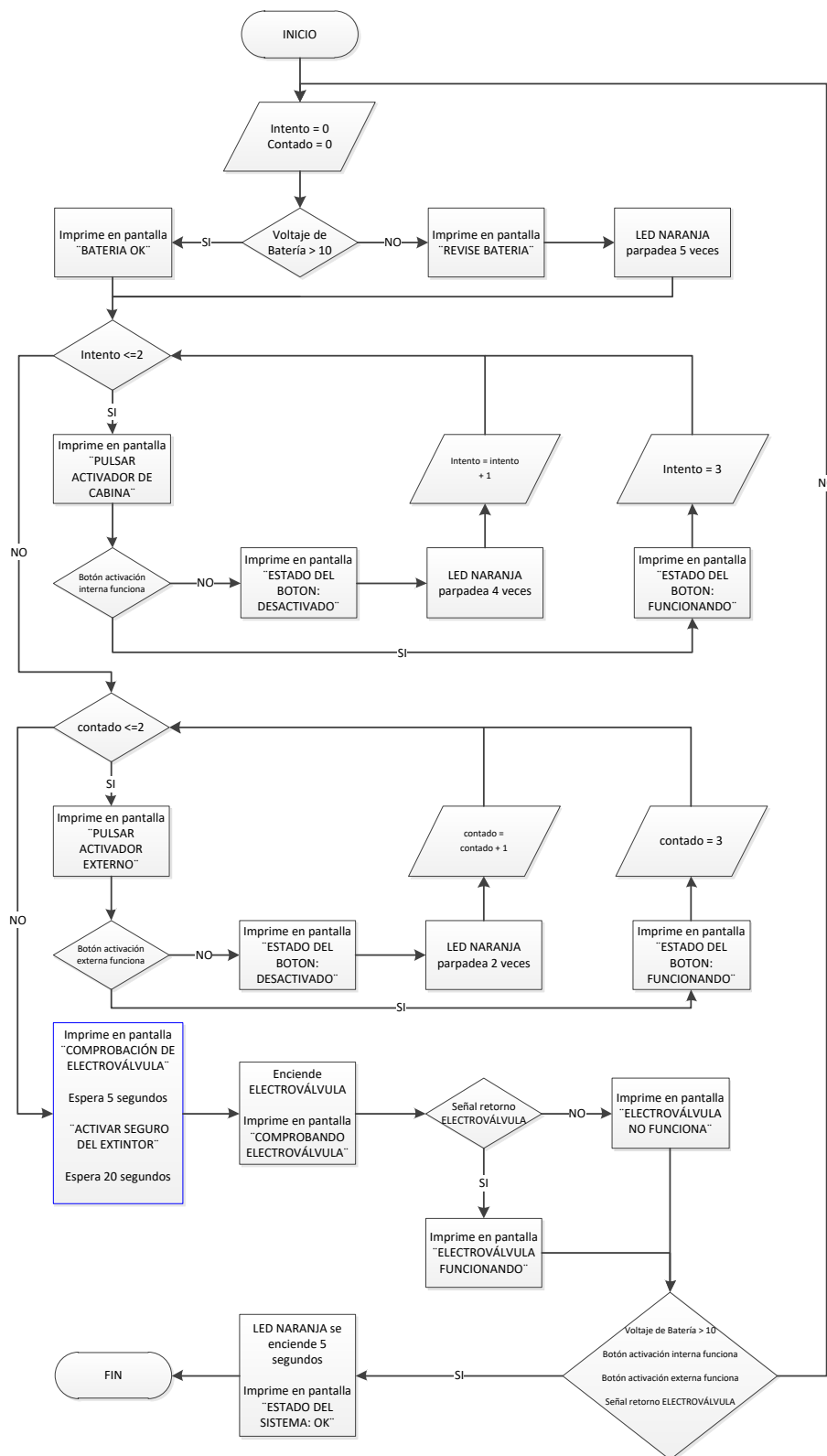
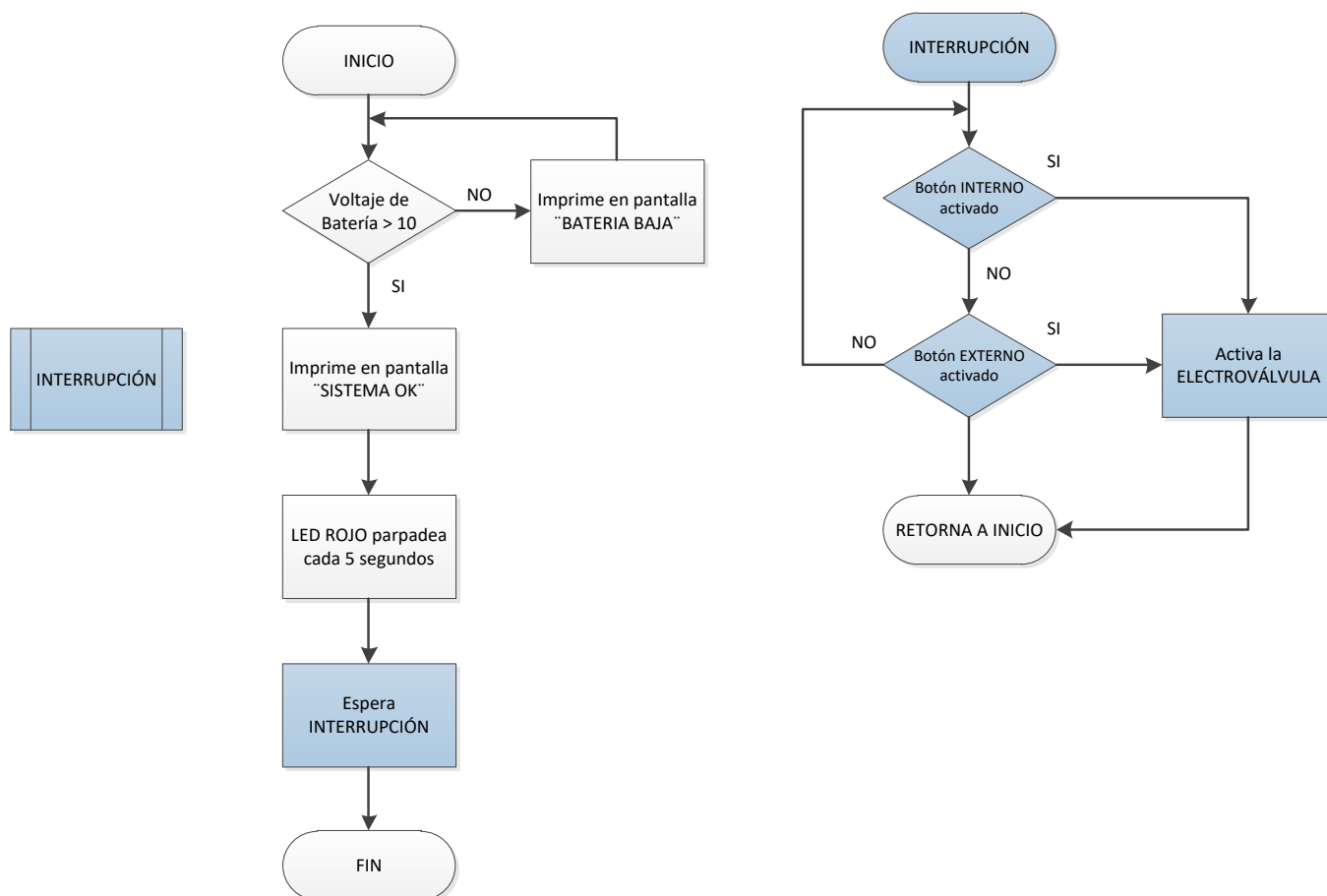


Figura 30

Diagrama de flujo para circuito Armado



Nota. La interrupción [INTERRUPCIÓN] está presente durante todo el programa principal, es decir que se puede activar en cualquier punto de este.

Puertos de Entrada y Salida

Se van a utilizar dos placas, Arduino Uno cuenta con 14 entradas / salidas digitales y 6 entradas analógicas, mientras que Arduino Mega cuenta con 54 entradas / salidas digitales y 16 entradas analógicas.

Tabla 6*Puertos entrada y salida Arduino MEGA 2560 (Circuito Prueba)*

N Puerto	Función	Descripción	I/O
A0	Analógica	Voltaje de Batería 12 voltios	Entrada
D02	Interrupción	Botón Interior	Entrada
D03	Interrupción	Botón Exterior	Entrada
D22	Digital	LED Naranja	Salida
D23	Digital	Comprobación Electroválvula	Entrada
D24	Digital	Electroválvula	Salida
D40	Digital	LCD - RS	Salida
D42	Digital	LCD - E	Salida
D44	Digital	LCD - D4	Salida
D46	Digital	LCD - D5	Salida
D48	Digital	LCD - D6	Salida
D50	Digital	LCD - D7	Salida

Tabla 7*Puertos entrada y salida Arduino Uno (Circuito Armado)*

N Puerto	Función	Descripción	I/O
A0	Analógica	Voltaje de Batería	Entrada
A1	Analógica	Sin uso	-
A2	Analógica	Sin uso	-
A3	Analógica	Sin uso	-
A4	Analógica	Sin uso	-
D0	Digital	Sin uso	-
D1	Digital	Sin uso	-
D2	Interrupción	Botón Interior	Entrada
D3	Interrupción	Botón Exterior	Entrada
D5	Digital	Sin uso	-
D6	Digital	Electroválvula	Salida
D7	Digital	LED Rojo	Salida
D8	Digital	LCD - RS	Salida
D9	Digital	LCD - E	Salida
D10	Digital	LCD - D4	Salida
D11	Digital	LCD - D5	Salida
D12	Digital	LCD - D6	Salida
D13	Digital	LCD - D7	Salida

Código de Programación del Algoritmo en Arduino IDE

Una vez definidas las entradas y salidas en Arduino, en los puertos específicos se comienza con la programación de estos.

Circuito Prueba. Las primeras líneas de programación son para declarar los pines que se van a usar dentro del programa.

```
int LED_prueba = 22; //Bautizo el PIN 22 para LED NARANJA POSICION PRUEBA
int BOTON_control = 2; //Bautizo el PIN 2 para BOTON ACTIVACION CONTROL
int BOTON_externo = 3; //Bautizo el PIN 3 para BOTON ACTIVACION EXTERNO
int Extintor = 24; //Bautizo el PIN 24 para VALVULA o MOTOR (ACTUADOR)
EXTINTOR
int Valvula = 23; //Bautizo el PIN 23 para COMPROBACION VALVULA (ACTUADOR)
EXTINTOR
```

Se incluye la librería que habilita la comunicación con la pantalla LCD 16x2 y se declaran los diferentes puertos que van a utilizarse para dicha comunicación.

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(40, 42,44 , 46, 48, 50); //(RS, E, D4,D5, D6, D7)
```

Se realiza la configuración de los diferentes puertos, para declararlos entradas y salidas, se usa también `<<Serial.begin(9600)>>`, el comando que habilita la comunicación con Monitor Serie a una velocidad de 9600 bits por segundo, es decir que se pueda visualizar la información en la computadora, esto no afecta de ninguna manera en el programa, es solamente para que el operador pueda visualizar el estado de los diferentes puertos.

```
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
  Serial.begin(9600); //IMPRIMIR EN MONITOR COMPUTADORA
  pinMode(LED_prueba,OUTPUT); //Bautizo LED NARANJA POSICION PRUEBA como
salida
  pinMode(Extintor,OUTPUT); //Bautizo VALVULA o MOTOR (ACTUADOR) EXTINTOR
como salida
```



```

    pinMode(Valvula,INPUT); //Bautizo COMPROBACION VALVULA (ACTUADOR) EXTINTOR
como ENTRADA
    pinMode(BOTON_control,INPUT); //Bautizo BOTON ACTIVACION CONTROL como
entrada
    pinMode(BOTON_externo,INPUT); //Bautizo BOTON ACTIVACION EXTERNO como
entrada
}

```

Comienza el programa principal <<loop()>>, como su nombre lo dice un bucle, una vez que el programa llega al final, repite la secuencia desde el inicio.

```
void loop() {
```

Se declara la salida del puerto Extintor como estado (1) o HIGH para que se mantenga apagada la electroválvula ya que se va a usar un Módulo Arduino Relé, el cual se activa cuando el circuito hace conexión a tierra o estado (0) o LOW.

```

    digitalWrite(Extintor,1); // APAGAR electroválvula
    // put your main code here, to run repeatedly:
    int valor_botcontrol = digitalRead(BOTON_control); // Valor de BOTON
ACTIVADOR INTERIOR CONTROL
    int valor_botexterno = digitalRead(BOTON_externo); // Valor de BOTON
ACTIVADOR EXTERNO

```

Se asigna un nombre a la lectura de la entrada analógica (A0), la cual lee un valor entre 0 y 1023, debido a la resolución (bits) que tiene, $2^{10} = 2024$.

```
int Volt_arduino = analogRead(A0); // Guardar el Valor en BITS de voltaje
en la entrada A0
```

Se usa una fórmula para que el valor de la entrada analógica se pueda leer en formato de voltios, el voltaje máximo que se puede leer en el pin es 5 voltios, mientras que el voltaje de la batería del vehículo es de 12 voltios, entonces se realiza una regla de tres, multiplicando el valor en bits por 5 voltios dividido para el valor máximo en bits y esto se multiplica por la relación de voltaje 12/5.

```
float Volt_bateria= Volt_arduino * (5.0 / 1023.0)*2.4;
Serial.println(Volt_bateria); //IMPRIME EL VOLTAJE EN LA COMPUTADORA
```

```
delay(1000); //RETARDO
```

Se usan los comandos para iniciar la visualización en la pantalla LCD.

```
lcd.begin(16, 2);           // Inicia el LCD 16x02 (columnas, filas)
  lcd.setCursor(2, 0);     // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,0)
  lcd.print("MODO PRUEBA"); // IMPRIMIR TEXTO
delay(5000);
  lcd.setCursor(1, 1);     // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,1)
  lcd.print("VOLTAJE " +String(Volt_bateria)+" v"); // IMPRIMIR
TEXTO
  delay(5000);
```

El comando <<*Serial.println*>> se usa para poder visualizar en la computadora el estado de los pines, esto no influye en el programa.

```
Serial.println(valor_botexterno);
Serial.println(valor_botcontrol);
```

Desde este punto se comienza ya con la programación definida en el flujograma, la sección a continuación es definida para preguntar por el voltaje de la batería, si la batería es menor a 10 voltios, imprime el mensaje "REVISE BATERIA", y el LED parpadea 5 veces para indicar un error.

```
if(Volt_bateria < 10.0)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 0);     // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,0)
  lcd.print("REVISE BATERIA"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(2, 1);     // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
  lcd.print("Volt: " +String(Volt_bateria)+" v"); // IMPRIMIR TEXTO
  int contador = 0;
  while (contador <=4)     //Secuencia para que el LED parpadee 5
veces
  {
```

```

    digitalWrite(LED_prueba,1);
    delay(1000);
    digitalWrite(LED_prueba, 0);
    delay(1000);
    contador++;
    Serial.println(contador);
  }
}

```

Si el voltaje es mayor a 10 voltios el sistema imprime el mensaje "BATERIA OK", y la variable *comprobador* suma 1.

```

else {
  lcd.clear();
  (3,0)  lcd.setCursor(3, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas

  lcd.print("COMPROBANDO"); // IMPRIMIR TEXTO
  delay(5000);
  (3,1)  lcd.setCursor(3, 1);          // Coloca el cursor en las coordenadas

  lcd.print("BATERIA OK");      // IMPRIMIR TEXTO
  comprobador++;
  Serial.println(comprobador);
  delay(5000);
}

```

La siguiente sección es programada para la comprobación del botón de activación interno, el bucle *while* es definido para comprobar hasta 3 veces en caso de que no se detecte la activación del botón.

```

int intento = 0;
while (intento <= 2)
{
  (0,0)  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas

  lcd.print("PULSAR ACTIVADOR"); // IMPRIMIR TEXTO
  (4,1)  lcd.setCursor(3, 1);          // Coloca el cursor en las coordenadas

  lcd.print("DE CABINA");      // IMPRIMIR TEXTO
  delay(10000);
}

```

Si el botón es activado se imprime "FUNCIONANDO" y la variable comprobador suma 1.

```

if (digitalRead(BOTON_control) == 1) //SI EL BOTON ESTA ACTIVADO
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
  lcd.print("ESTADO DEL BOTON"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(2, 1);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
  lcd.print("FUNCIONANDO");    // IMPRIMIR TEXTO
  comprobador++;
  Serial.println(comprobador);
  delay(10000);
  intento = 3; // PARA SALIR DEL BUCLE DE PREGUNTA
}

```

Si el botón no es activado se imprime "DESACTIVADO" y el LED parpadea 4 veces.

```

else
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
  lcd.print("ESTADO DEL BOTON"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(2, 1);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
  lcd.print("DESACTIVADO");    // IMPRIMIR TEXTO
  int num = 0;
  while (num <=3)
  {
    digitalWrite(LED_prueba,1);
    delay(1000);
    digitalWrite(LED_prueba, 0);
    delay(1000);
    num++;
  };
  intento++;
}
}

```

Para el botón de activación externo se usa el mismo código de programación, con la única diferencia que cambia el PIN de activación.

```

int contado = 0;
while (contado <= 2)
{
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
  lcd.print("PULSAR ACTIVADOR"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(4, 1);         // Coloca el cursor en las coordenadas
(4,1)
  lcd.print("EXTERNO");        // IMPRIMIR TEXTO
  delay(10000);
  if (digitalRead(BOTON_externo) == 1) //SI EL BOTON ESTA ACTIVADO
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);       // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
    lcd.print("ESTADO DEL BOTON"); // IMPRIMIR TEXTO
    lcd.setCursor(2, 1);       // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
    lcd.print("FUNCIONANDO");   // IMPRIMIR TEXTO
    contado = 3; // PARA SALIR DEL BUCLE DE PREGUNTA
    comprobador++;
    delay(10000);
  }
  else
  {
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);       // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
    lcd.print("ESTADO DEL BOTON"); // IMPRIMIR TEXTO
    lcd.setCursor(2, 1);       // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
    lcd.print("DESACTIVADO");   // IMPRIMIR TEXTO
    int dig = 0;
    while (dig <=1)
    {
      digitalWrite(LED_prueba,1);
      delay(1000);
      digitalWrite(LED_prueba, 0);
      delay(1000);
    }
  }
}

```

```

    dig++;
  }
  contado++;
}
}

```

La siguiente sección es para comprobar el funcionamiento de la electroválvula.

```

lcd.clear();
  lcd.setCursor(0, 0);          // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
  lcd.print("COMPROBACION DE"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(1, 1);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,1)
  lcd.print("ELECTROVALVULA"); // IMPRIMIR TEXTO
  delay(5000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 0);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,0)

```

Se imprime un mensaje para que el usuario, y comienza un contador de 20 segundos para que se pueda activar el seguro del extintor.

```

  lcd.print("ACTIVAR SEGURO"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(2, 1);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,1)
  lcd.print("DEL EXTINTOR"); // IMPRIMIR TEXTO
  delay(3000);
  int z = 0;
  int t = 20;
  while (z < 20)
  {
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(1, 0);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
  lcd.print("ACTIVAR SEGURO"); // IMPRIMIR TEXTO
  lcd.setCursor(3, 1);        // Coloca el cursor en las coordenadas
(4,1)
  lcd.print("Tiempo: " +String(t)+" s" ); // IMPRIMIR TEXTO
  delay (1000);
  z++;
  t--;
  }

```

Se enciende la electroválvula, activando un estado (0) o LOW, debido a que el circuito de Módulo Relé se activa con una conexión a tierra.

```

digitalWrite(Extintor,0); // Encender electroválvula
lcd.clear();
lcd.setCursor(3, 0);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(3,0)
    lcd.print("COMPROBANDO"); // IMPRIMIR TEXTO
    lcd.setCursor(1, 1);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,1)
    lcd.print("ELECTROVALVULA"); // IMPRIMIR TEXTO
    delay(5000);

```

Mediante un PIN que recibe el voltaje de comprobación de la electroválvula, se puede saber si se activó, generando así un estado (1) o HIGH.

```

if (digitalRead(Valvula) == 1)
{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(1, 0);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
    lcd.print("ELECTROVALVULA"); // IMPRIMIR TEXTO
    lcd.setCursor(2, 1);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(4,1)
    lcd.print("FUNCIONANDO"); // IMPRIMIR TEXTO
    comprobador++;
    delay(5000);
}
else{
    lcd.clear();
    lcd.setCursor(0, 0);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(0,0)
    lcd.print("ELECTROVALVULA"); // IMPRIMIR TEXTO
    lcd.setCursor(2, 1);      // Coloca el cursor en las coordenadas
(4,1)
    lcd.print("NO FUNCIONA"); // IMPRIMIR TEXTO
    delay(1000);

    int fall = 0;
    while (fall <=5)
    {
        digitalWrite(LED_prueba,1);
        delay(1000);
    }
}

```

```

digitalWrite(LED_prueba, 0);
delay(1000);
fall++;
Serial.println(fall);
}
}

```

Es muy importante apagar la activación de la electroválvula, recordando que el circuito se activa con una conexión a tierra, se desactiva dándole un estado (1) o HIGH.

```
digitalWrite(Extintor,1); // Apagar electroválvula
```

Una vez comprobado el funcionamiento de la batería, los botones y la electroválvula, la siguiente sección pregunta si todo se encuentra en orden, si los 4 parámetros son correctos imprime "SISTEMA OK" y el LED se queda encendido por 5 segundos, mientras que si hay algún error vuelve al principio del programa.

```

if (comprobador == 4)
{

lcd.clear();
lcd.setCursor(3, 0); // Coloca el cursor en las coordenadas
(3,0)
lcd.print("ESTADO DEL"); // IMPRIMIR TEXTO
lcd.setCursor(3, 1); // Coloca el cursor en las coordenadas
(3,1)
lcd.print("SISTEMA: OK"); // IMPRIMIR TEXTO

int y = 0;
while (y<1)

{
digitalWrite(LED_prueba,1);
delay(5000);
digitalWrite(LED_prueba, 0);
delay(2000);
}
}
}

```


Circuito Armado. Las primeras líneas de programación son para declarar los pines que se van a usar dentro del programa.

```
int LED_armado = 7; //Bautizo el PIN 7 para LED ROJO POSICION ARMADO
const byte BOTON_control = 2; //Bautizo el PIN 2 INTERRUPCION para BOTON
ACTIVACION CONTROL
const byte BOTON_externo = 3; //Bautizo el PIN 3 INTERRUPCION para BOTON
ACTIVACION EXTERNO
int Extintor = 6; //Bautizo el PIN 6 para VALVULA o MOTOR (ACTUADOR)
EXTINTOR
```

Se incluye la librería que habilita la comunicación con la pantalla LCD 16x2 y se declaran los diferentes puertos que van a utilizarse para dicha comunicación.

```
#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(8, 9, 10, 11, 12, 13); //(RS, E, D4,D5, D6, D7)
```

Se realiza la configuración de los diferentes puertos, para declararlos entradas y salidas, además se declara la función *attachInterrupt* para habilitar los puertos como interrupciones.

```
void setup()
{
  pinMode(LED_armado,OUTPUT); //Bautizo LED ROJO POSICION ARMADO como
salida
  pinMode(Extintor,OUTPUT); //Bautizo VALVULA (ACTUADOR) EXTINTOR como
salida
  pinMode(BOTON_control,INPUT); //Bautizo BOTON ACTIVACION CONTROL como
entrada
  pinMode(BOTON_externo,INPUT); //Bautizo BOTON ACTIVACION EXTERNO como
entrada
  //FUNCION QUE ACTIVA LA INTERRUPCION DENTRO DEL PROGRAMA PRINCIPAL
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BOTON_control), ActivarValvula,
RISING);
  attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(BOTON_externo), ActivarVal2,
RISING);
}
```

Comienza el programa principal <<loop()>>, como su nombre lo dice un bucle, una vez que el programa llega al final, repite la secuencia desde el inicio, al igual que en el anterior programa se realiza la fórmula para convertir el valor en bits a voltaje.

```
void loop()
{
  digitalWrite(Extintor,1); //DESACTIVA EL PUERTO QUE ENERGIZA EL RELE EN 0
  // put your main code here, to run repeatedly:
  int valor_botcontrol = digitalRead(BOTON_control); // Valor de BOTON
  ACTIVADOR INTERIOR CONTROL
  int valor_botexterno = digitalRead(BOTON_externo); // Valor de BOTON
  ACTIVADOR EXTERNO
  int Volt_arduino = analogRead(A0); // Guardar el Valor en BITS de voltaje
  en la entrada A0
  // Convertir el valor a VOLTIOS 5 valor máximo, 1023 valor resolución 10
  BITS, 2.4 CONVERSION 12V/5V
  float Volt_bateria= Volt_arduino * (5.0 / 1023.0)*2.4;
  delay(2000);
}
```

Se imprime en la pantalla "MODO ARMADO" y se comprueba el valor del voltaje de la batería.

```
lcd.begin(16, 2); // Inicia el LCD 16x02 (columnas, filas)
lcd.setCursor(2, 0); // Coloca el cursor en las coordenadas
(2,0)
lcd.print("MODO ARMADO"); // IMPRIMIR TEXTO
delay(5000);
lcd.setCursor(1, 1); // Coloca el cursor en las coordenadas
(1,1)
lcd.print("VOLTAJE "+String(Volt_bateria)+" v"); // IMPRIMIR
TEXTO
delay(5000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(3, 0); // Coloca el cursor en las coordenadas
(3,0)
lcd.print("COMPROBANDO"); // IMPRIMIR TEXTO
delay(5000);
```

Si el voltaje de la batería es mayor a 10 imprime "Sistema OK", y parpadea el LED cada 5 segundos, si el voltaje es menor a 10 imprime "Batería Baja".

```

if (Volt_bateria > 10.00)
{
  int x = 0;
  while(x <1)
  {

(3,1)    lcd.setCursor(3, 1);          // Coloca el cursor en las coordenadas

          lcd.print("SISTEMA: OK");      // IMPRIMIR TEXTO
          digitalWrite(LED_armado,1);
          delay(1000);

          digitalWrite(LED_armado,0);
          delay(5000);
        }
      }
  else
  {
(1,1)    lcd.setCursor(1, 1);          // Coloca el cursor en las coordenadas

          lcd.print("BATERIA: BAJA ");    // IMPRIMIR TEXTO
        }
      }
}

```

Se declaran dos interrupciones, están presentes durante todo el programa principal, pueden ser llamadas en cualquier punto del bucle.

```

void ActivarValvula()
{
  digitalWrite(Extintor,0);
  delay (5000);
}
void ActivarVal2()
{
  digitalWrite(Extintor,0);
  delay (5000);
}

```

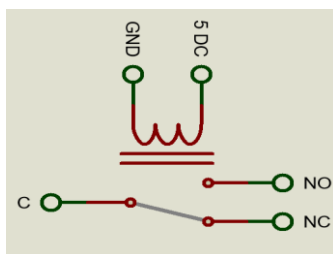
Selección de componentes eléctricos y electrónicos

Se utilizará componentes tanto eléctricos como electrónicos con la finalidad de obtener datos tanto análogos como digitales, para poder activar así tanto el actuador como los circuitos de comprobación de los diferentes elementos.

Relay (Relé). Es un dispositivo electromagnético, el cual permite la activación de un circuito de mayor tensión y corriente, mediante la activación o señal de otro circuito de menor tensión, usando una bobina y un electroimán. En el caso del proyecto se utilizará para activar, mediante la señal de 5 voltios de Arduino, la electroválvula que funciona con un voltaje de 110 voltios.

Figura 31

Simbología eléctrica de un relé

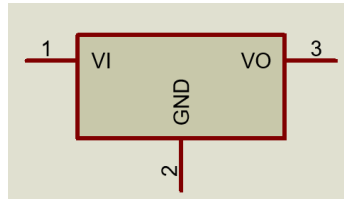


Nota. Cuenta con un terminal positivo (5 DC), tierra (GND), un circuito normalmente abierto (NO) y normalmente cerrado (NC), y la entrada (C) para el circuito de alta tensión.

LM7805 (Regulador de voltaje). Este elemento es un regulador de voltaje que limita el voltaje de entrada a un voltaje de salida de 5 voltios, este dispositivo se va a usar para poder medir el voltaje que viene del transformador de 110 voltios AC a 12 voltios DC, transformando este valor a 5 voltios, a la par también para transformar el voltaje proveniente del inversor de corriente 12 voltios a 5 voltios, valor máximo que soporta las entradas digitales de Arduino.

Figura 32

Simbología eléctrica de un regulador de voltaje



Nota. Se compone de una entrada de voltaje (VI), tierra (GND) y una salida de voltaje (VO).

Display LCD 16x2. Este elemento es una pantalla de cristal líquido, se encarga de mostrar caracteres alfanuméricos para que el operador pueda visualizar lo que sucede en el programa, mediante señales de activación provenientes de la programación del microcontrolador, muestra texto y números en una pantalla de 16 caracteres y 2 líneas.

VSS: Tierra;

VDD: Alimentación (5 voltios);

VEE: Contraste del Display;

RS: Controla en que posición de la memoria se escriben la información;

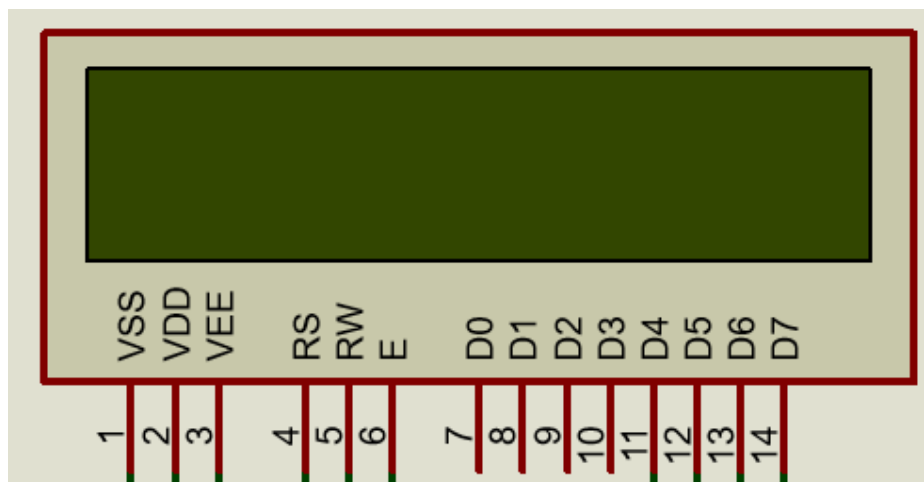
RW: Escritura y lectura de datos y comandos;

E: Habilita los registros;

D00-D07: Encargados de los registros, tanto para escritura como para lectura.

Figura 33

Símbolo de una pantalla LCD 16x2



Nota. Cada una de las entradas tienen una función específica.

Diseño de circuitos

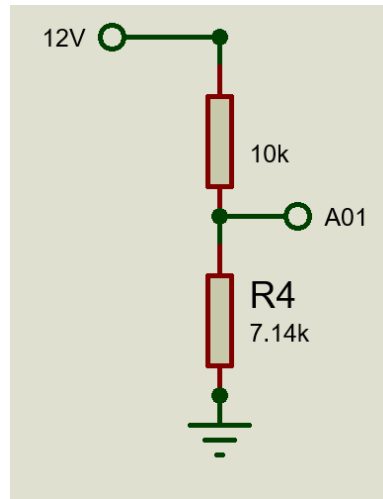
Se van a diseñar circuitos con elementos que solventen las necesidades de cada proceso, un circuito para la parte de prueba y un circuito para la parte de armado.

Para realizar el circuito se usa software de automatización de diseño electrónico, luego de diseñado el circuito, se realiza la PCB o Placa del Circuito Impreso para poder implementar todos los elementos en el circuito físico.

Divisor de Voltaje. El circuito divisor de voltaje se usa para poder medir el voltaje de la batería, debido a que las entradas analógicas de Arduino permiten solo hasta 5 voltios, se debe lograr un circuito que permita medir los cambios de voltaje de la batería.

Figura 34

Circuito divisor de voltaje



Se realiza un pequeño calculo para determinar el valor de las resistencias del circuito en función a los voltajes, se le asigna un valor a cualquiera de las resistencias.

Ecuación 1

Divisor de Voltaje

$$V_{salida} = \left(V_{entrada} \times \frac{1}{R_1 + R_2} \right) \times R_2$$

Donde:

V_{salida} : Tensión que recibe el Arduino (5 v)

$V_{entrada}$: Tensión de la batería (12 v)

R_1 : Resistencia antes del divisor (10 k Ω)

R_2 : Resistencia para el voltaje deseado (Ω)

Se reemplazan los valores de la Ecuación 1:

$$5 \text{ v} = \left(12 \text{ v} \times \frac{1}{10\text{k}\Omega + R_2} \right) \times R_2$$

$$\frac{5v}{R_2} = \frac{12v}{10k\Omega + R_2}$$

$$5x(10k\Omega + R_2) = 12xR_2$$

$$50k\Omega + 5R_2 = 12R_2$$

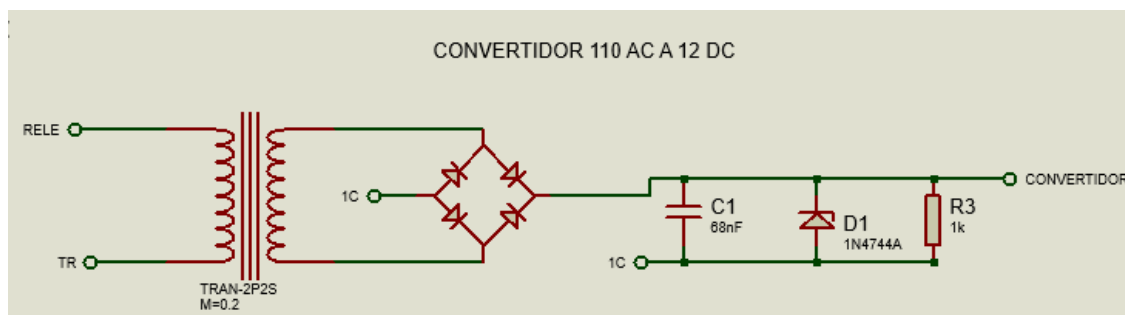
$$R_2 = \frac{50}{7}k\Omega$$

$$R_2 = 7.14k\Omega$$

Inversor de Corriente. Este elemento es un circuito que transforma la tensión de corriente continua que entra, por una tensión de salida de corriente alterna, con esto se puede obtener una magnitud y una frecuencia determinada por ciertos elementos en el circuito, dentro del proyecto este dispositivo se usa para poder activar la electroválvula que funciona con 110 voltios con la señal generada por la batería de 12 voltios. A la par también se utilizará un elemento regulador de corriente de 110 voltios a 12 voltios para comprobar la señal de activación en el circuito de prueba.

Figura 35

Simbología eléctrica de un circuito inversor de corriente

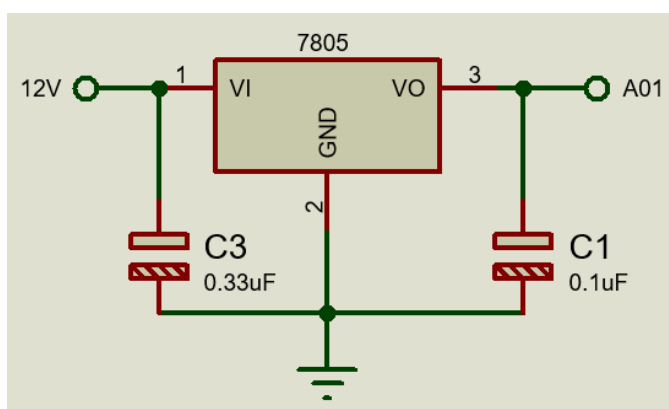


Nota. En la parte izquierda se encuentra la señal de corriente alterna, mientras que en la parte derecha se encuentra la señal de corriente continua.

Regulador de voltaje. Para poder captar el voltaje proveniente del transformador de 110 a 12 voltios se debe convertir a un voltaje máximo de 5 voltios, capacidad máxima de entrada para los puertos de Arduino, para realizar este proceso se ocupa un regulador de voltaje 7805, el cual como se explicó anteriormente tiene una salida de voltaje de 5 voltios a 1 Amperio.

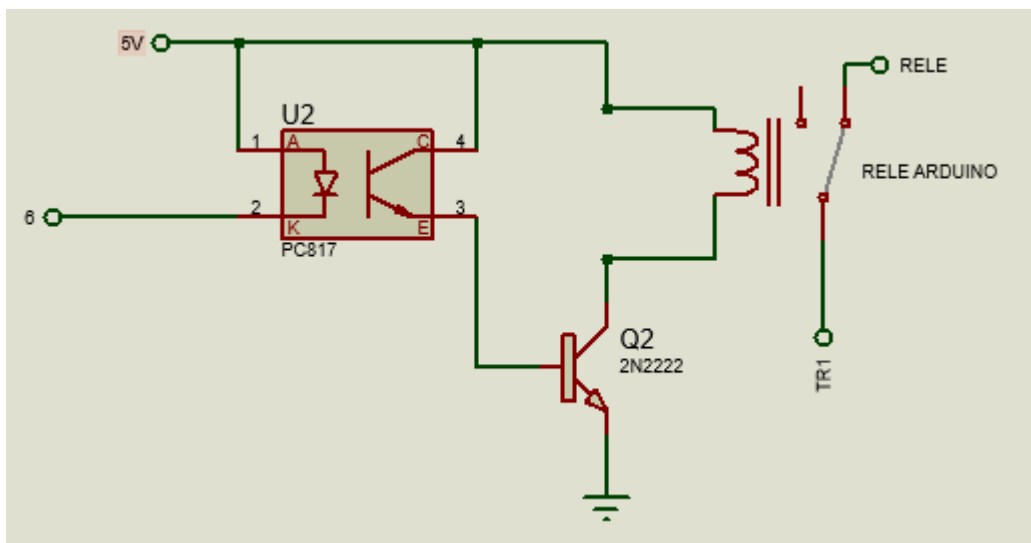
Figura 36

Regulador de Voltaje 12 a 5 voltios DC



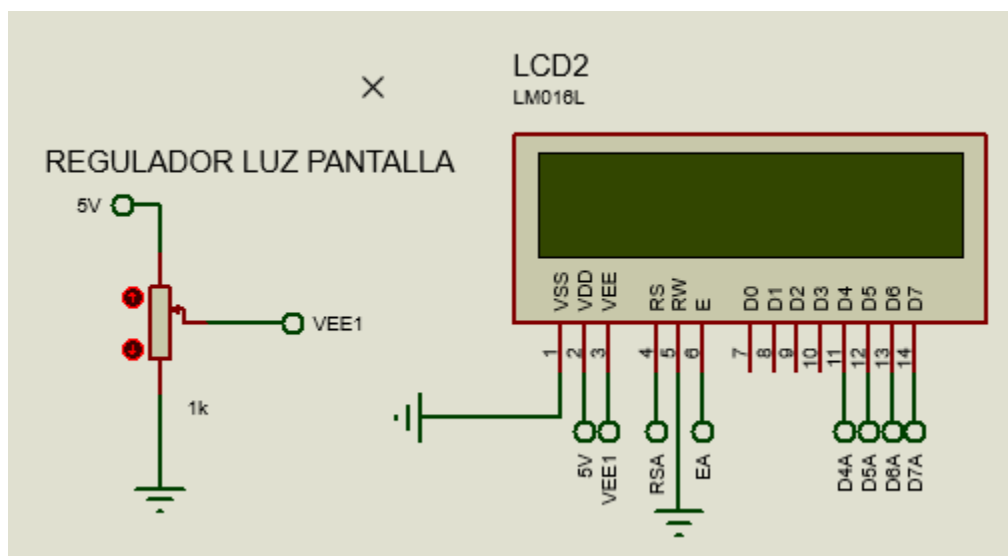
Nota. El fabricante recomienda el uso de dos capacitores, a la entrada 3 veces mayor que a la salida, para estabilizar el circuito.

Módulo relé Arduino. Como ya se explicó en el apartado de elementos, el relé será usado para la activación de la electroválvula, para poder comunicar el Relé con Arduino, existe un módulo integrado con los componentes necesarios para el funcionamiento correcto.

Figura 37*Módulo RELAY Arduino*

Nota. El terminal 6 es Vin, el PIN de control, 5V es el voltaje de funcionamiento y un PIN de GND, PC817 es un optoacoplador, es decir un diodo emisor de luz, cuando existe una correcta polarización el diodo se enciende, el ánodo esta ya conectado a positivo, es decir que hace falta negativo en el PIN de control para que se encienda, al encender activa un transistor fotosensible, cerrando así el circuito, el cual conecta un Transistor NPN, dispuesto para manejar una mayor cantidad de corriente, activado con una tensión positiva en la base, permitiendo el paso entre el colector y el emisor del transistor, energizando así la bobina del relé.

Circuito Pantalla LCD. Para el correcto funcionamiento y visualización de la pantalla, se conecta el PIN VSS a GND, PIN VDD a 5 V, PIN VEE se conecta a un potenciómetro para regular el contraste de la pantalla, PIN RW a GND para activar la escritura de datos, los demás pines se conectan a las entradas digitales de Arduino para su programación.

Figura 38*Circuito pantalla LCD*

Nota. Pines RS, D4 a D7 van conectados a Pines Digitales de Arduino.

Circuito completo Modo Prueba

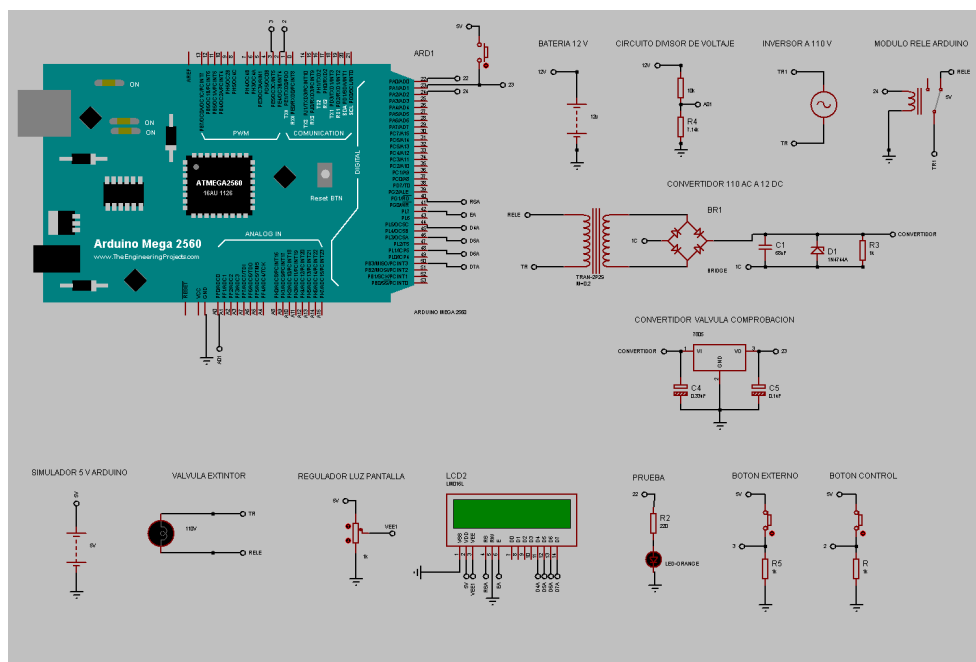
Para el Modo Prueba se usa Arduino MEGA, consta de los siguientes componentes de izquierda a derecha.

1. Arduino MEGA;
2. Batería de 12 voltios;
3. Circuito divisor de voltaje para entrada analógica;
4. Inversor a 110 voltios, representa al inversor de voltaje que usa los 12 voltios DC de la batería para suministrar 110 voltios AC;
5. Módulo Relé Arduino, está representado por un circuito simple, debido a que no hay manera de simular el trabajo de un optoacoplador;
6. Convertidor 110 voltios AC a 12 Voltios DC, representa al regulador que transforma la señal de la electroválvula de 110 voltios AC a 12 voltios DC;

7. Convertidor Válvula Comprobación, transforma los 12 voltios del convertidor de 110 voltios AC a 5 voltios para entrada digital;
8. Simulador 5 voltios Arduino, representa al PIN de salida, 5 voltios de Arduino;
9. Válvula extintora, circuito para la activación de la electroválvula acoplada al extintor, una lampara de 110 voltios representa la electroválvula;
10. Regulador Luz Pantalla, circuito que regula el contraste de la pantalla LCD;
11. LCD2, pantalla LCD 16x2 con sus respectivas conexiones;
12. Prueba, LED color NARANJA conectado a la salida digital de Arduino;
13. Botón externo y control, botones de activación de la electroválvula;

Figura 39

Circuito Modo Prueba



Nota. Algunos elementos son reemplazados u omitidos para una correcta simulación del circuito dentro del software electrónico.

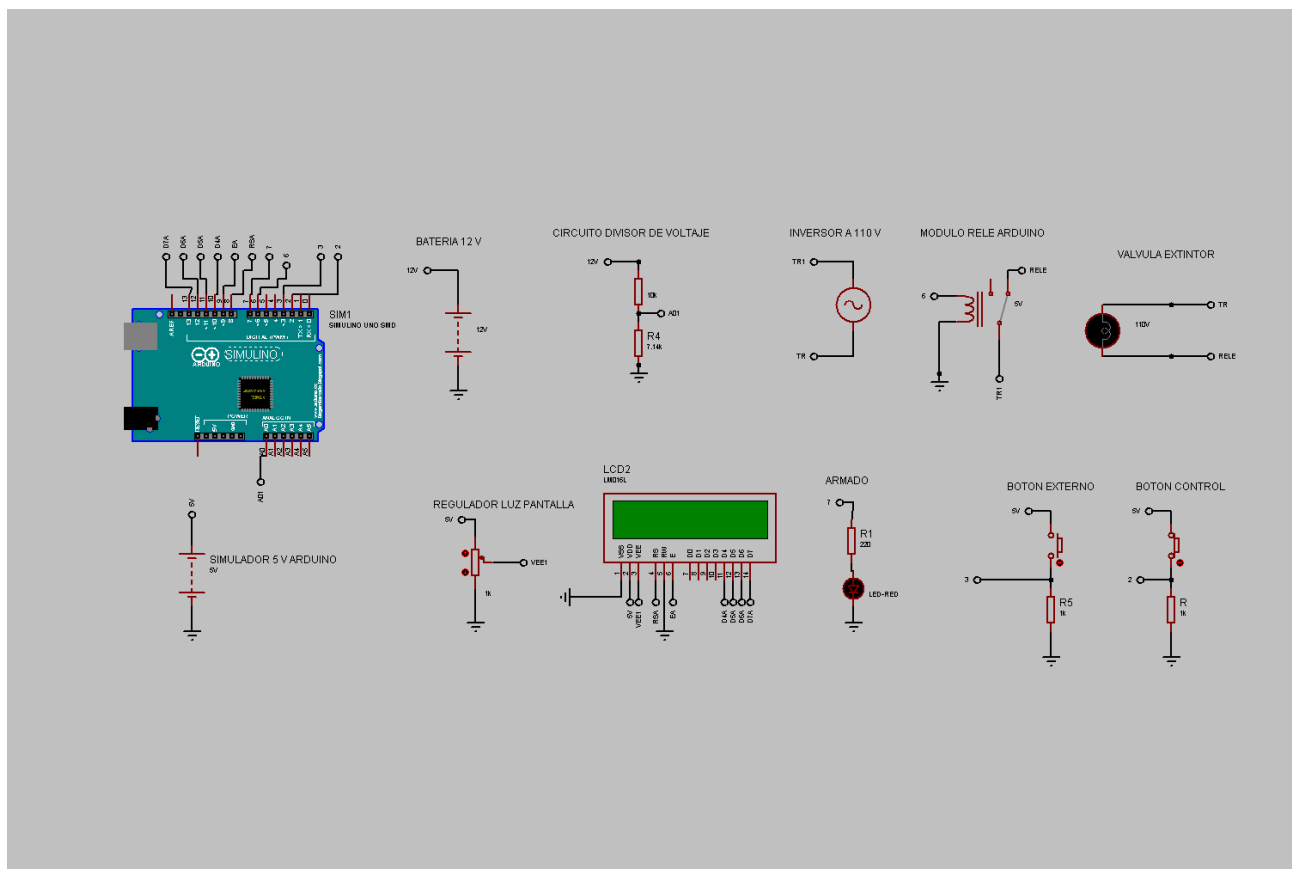
Circuito completo Modo Armado

Para el Modo Armado se usa Arduino Uno, consta de los siguientes componentes de izquierda a derecha.

1. Arduino Uno;
2. Batería de 12 voltios;
3. Circuito divisor de voltaje para entrada analógica;
4. Inversor a 110 voltios, representa al inversor de voltaje que usa los 12 voltios DC de la batería para suministrar 110 voltios AC;
5. Módulo Relé Arduino, está representado por un circuito simple, debido a que no hay manera de simular el trabajo de un optoacoplador;
6. Válvula extintora, circuito para la activación de la electroválvula acoplada al extintor, una lampara de 110 voltios representa la electroválvula;
7. Simulador 5 voltios Arduino, representa al PIN de salida, 5 voltios de Arduino;
8. Regulador Luz Pantalla, circuito que regula el contraste de la pantalla LCD;
9. LCD2, pantalla LCD 16x2 con sus respectivas conexiones;
10. Armado, LED color ROJO conectado a la salida digital de Arduino;
11. Botón externo y control, botones de activación de la electroválvula.

Figura 40

Circuito Modo Armado



Nota. Algunos elementos son reemplazados u omitidos para una correcta simulación del circuito dentro del software electrónico.

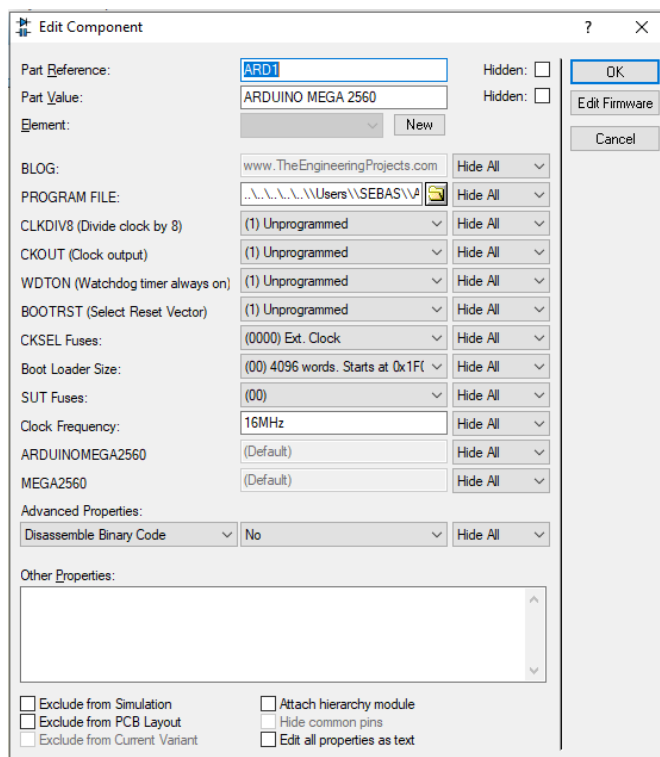
Simulación de funcionamiento

Para simular el funcionamiento de los circuitos el primer paso es cargar la programación en el microcontrolador Arduino, una vez cargada la programación se puede iniciar la simulación.

Para cargar la simulación se debe hacer doble clic en el Arduino, lo que despliega el menú de configuración, en PROGRAM FILE se debe cargar el archivo de la programación.

Figura 41

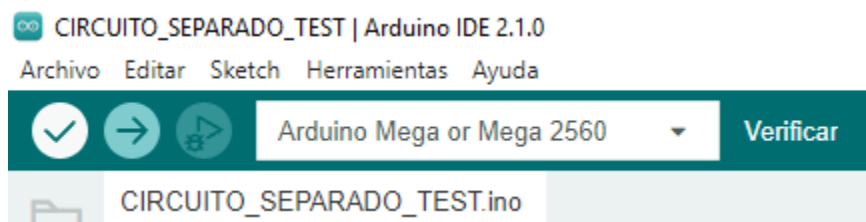
Configuración de Arduino en software de simulación electrónico



El archivo de la programación debe ser con extensión (.hex), para copiar la ubicación del archivo de programa, se debe abrir el archivo Arduino IDE en donde se encuentra la programación, una vez abierto se debe verificar el código para generar la extensión necesaria.

Figura 42

Interfaz de Arduino IDE, Verificar



Nota. Para verificar el programa es muy importante verificar que el código no contenga ningún error, elegir qué tipo de placa y aplastar el botón de verificar en la parte superior izquierda.

Una vez que se verifica el programa, se compila el programa y en la sección de Salida, se generan líneas de código con información.

Figura 43

Interfaz de Arduino IDE, compilación

```

CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino
1 //ENTRADAS IMPAR
2 //SALIDAS PAR
3 // 2 Y 3 INTERRUPCIONES
4 int LED_prueba = 22; //Bautizo el PIN 22 para LED NARANJA POSICION PRUEBA
5 int BOTON_control = 2; //Bautizo el PIN 2 para BOTON ACTIVACION CONTROL
6 int BOTON_externo = 3; //Bautizo el PIN 3 para BOTON ACTIVACION EXTERNO
7 int Extintor = 24; //Bautizo el PIN 24 para VALVULA o MOTOR (ACTUADOR) EXTINTOR
8 int Valvula = 23; //Bautizo el PIN 23 para COMPROBACION VALVULA (ACTUADOR) EXTINTOR
9 //ACTIVAR PANTALLA LCD
10 #include <LiquidCrystal.h>
11 LiquidCrystal lcd(40, 42,44 , 46, 48, 50); //(RS, E, D4,D5, D6, D7)
12 void setup() {
13 //...
}

Salida Monitor Serie
C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmega13.6.1-arduino7/bin/avr-g++ -c -g -Os -w -std=gnu++11 -fpermissive -fno-except...
Compilando librerías...
Compilando librería "LiquidCrystal"
Utilizando archivo previamente compilado: C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\libraries\LiquidCrystal\LiquidCrystal.cpp.o
Compilando el núcleo...
Using precompiled core: C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\cores\arduino_avr_mega_cpu_atmega2560_c037ad03cd048292aec3f8e3943eb9b8\core.a
Linking everything together...
"C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmega13.6.1-arduino7/bin/avr-gcc" -w -Os -g -flto -fuse-linker-plugin -Wl,--gc-sections -xelf -o "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.elf" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.o" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\cores\arduino_avr_mega_cpu_atmega2560_c037ad03cd048292aec3f8e3943eb9b8\core.a"
Usando librería LiquidCrystal con versión 1.0.7 en la carpeta: C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Arduino15\libraries\LiquidCrystal
El Sketch usa 10340 bytes (4%) del espacio de almacenamiento de programa. El máximo es 253952 bytes.
Las variables Globales usan 496 bytes (6%) de la memoria dinámica, dejando 7696 bytes para las variables locales. El máximo es 32768 bytes.

Lin. 228, col. 75 Arduino Mega or Mega 2560 [no conectado]

```

En la sección salida se debe buscar la ubicación del programa con la extensión necesaria, se copia la ubicación y se pega en la configuración de la placa "PROGRAM FILE" (Fig. 41).

Figura 44

Interfaz de Salida Arduino IDE

```

Salida Monitor Serie
cs -wno-error=narrowing -MMD -flto -mmcu=atmega2560 -DF_CPU=1600000L -DARDUINO=10607 -DARDUINO_AVR_MEGA2560 -DARDUINO_ARCH_AVR "-IC:\Users\SEBAS\AppData\Local\Arduino15\packages\arduino\tools\avr-gcc\7.3.0-atmega13.6.1-arduino7/bin/avr-g++" -c -g -Os -w -std=gnu++11 -fpermissive -fno-except...
ip\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.elf" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.o" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\cores\arduino_avr_mega_cpu_atmega2560_c037ad03cd048292aec3f8e3943eb9b8\core.a"
0 "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.elf" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.o" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\cores\arduino_avr_mega_cpu_atmega2560_c037ad03cd048292aec3f8e3943eb9b8\core.a"
632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.elf" "C:\Users\SEBAS\AppData\Local\Temp\arduino\sketches\162097525B3E516C7C0DD2EB569F9632\CIRCUITO_SEPARADO_TEST.ino.hex"

DO_TEST.ino.elf"

```

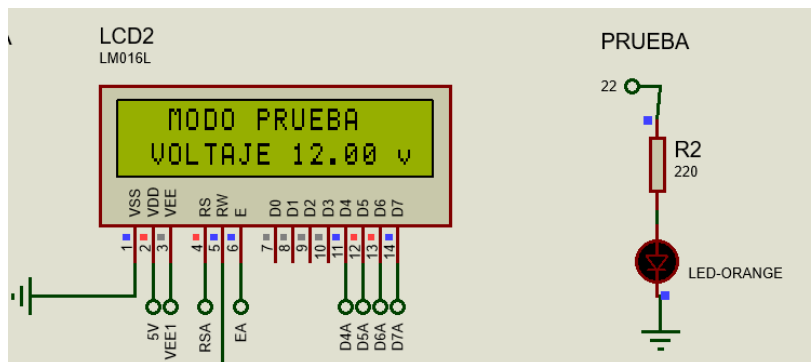
Nota. Se copia el código que se encuentra dentro de las comillas con la extensión (.hex).

Simulación Modo Prueba

Se inicia la simulación, la pantalla LCD se enciende y muestra el modo en el que se encuentra, en la segunda línea muestra el Voltaje de la batería.

Figura 45

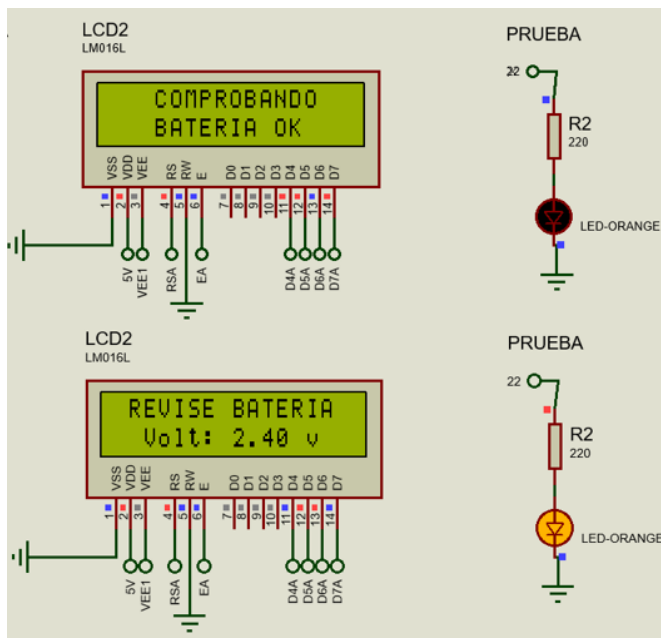
Inicio de simulación



Se comprueba el voltaje de la batería, si el voltaje es mayor a 10 imprime "Batería OK", si el voltaje es menor imprime "REVISE BATERIA" y EL LED parpadea 5 veces.

Figura 46

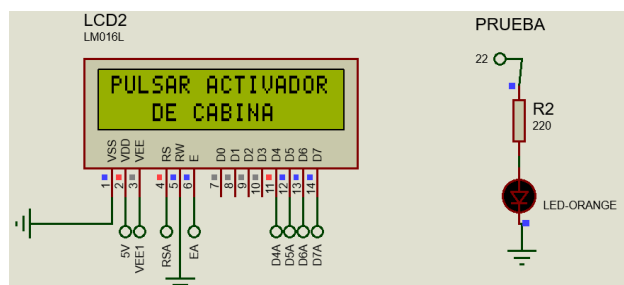
Comprobación de batería



Una vez comprobado el voltaje de la batería imprime "PULSAR ACTIVADOR DE CABINA"

Figura 47

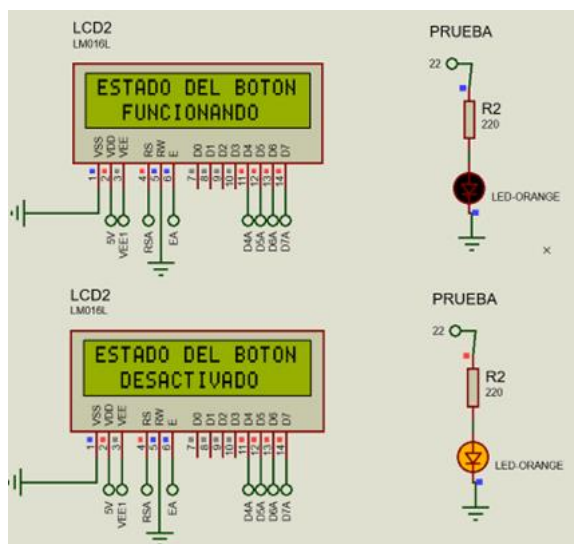
Activador de cabina



Si el operador activa el botón de cabina y no hay ninguna discontinuidad se imprime "ESTADO DEL BOTON FUNCIONANDO", si el operador no activa o hay discontinuidad se imprime "ESTADO DEL BOTON DESACTIVADO" y el LED parpadea 4 veces.

Figura 48

Comprobación del interruptor de cabina

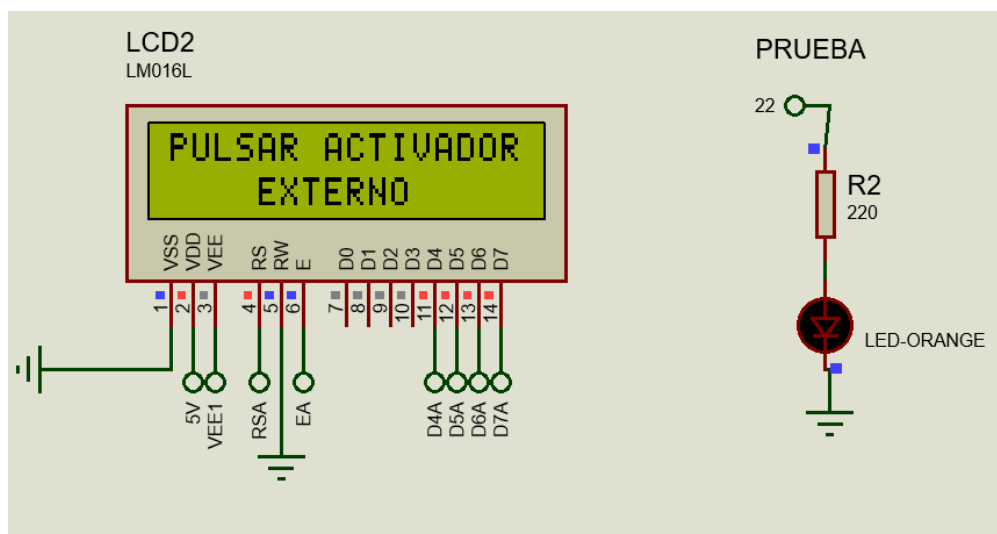


Nota. Si el botón no se activa, el programa pregunta 2 veces más por la activación, después de eso si no se activa, continua con el programa.

Una vez comprobado el botón de control, la pantalla imprime "PULSAR ACTIVADOR EXTERNO".

Figura 49

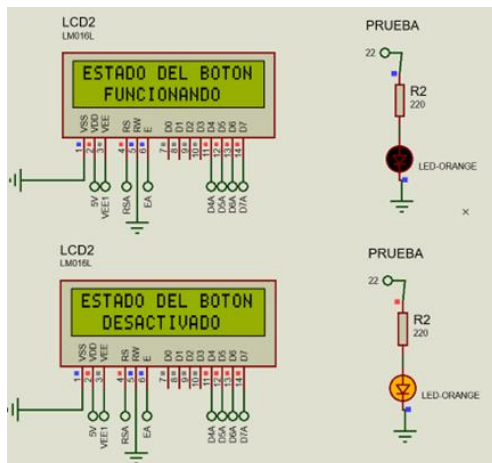
Activador externo



Si el operador activa el botón de cabina y no hay ninguna discontinuidad se imprime "ESTADO DEL BOTON FUNCIONANDO", si el operador no activa o hay discontinuidad se imprime "ESTADO DEL BOTON DESACTIVADO" y el LED parpadea 2 veces.

Figura 50

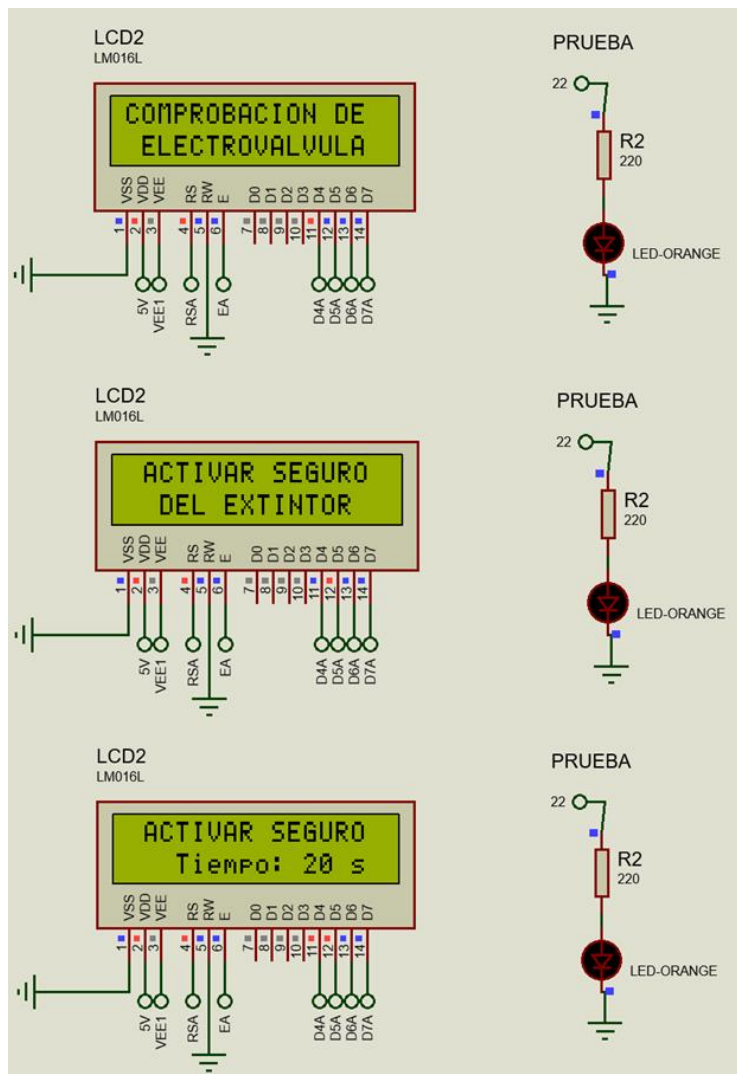
Comprobación del interruptor externo



Una vez comprobado el funcionamiento del botón exterior, la pantalla imprime "COMPROBACION DE ELECTROVALVULA", indica después "ACTIVAR SEGURO DEL EXTINTOR" y da un tiempo de 20 segundos antes de activar la electroválvula.

Figura 51

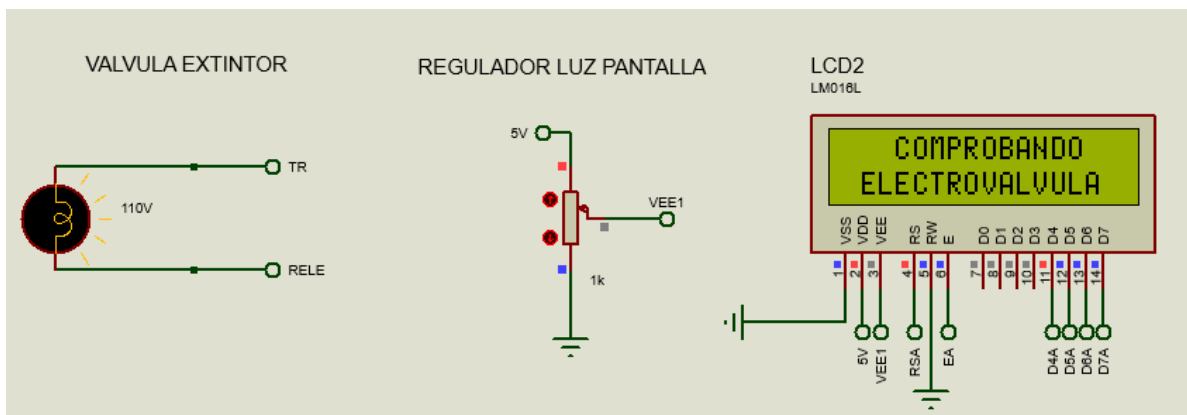
Comprobación de electroválvula



Se comprueba la electroválvula, el programa envía una señal de activación al Relé de la electroválvula.

Figura 52

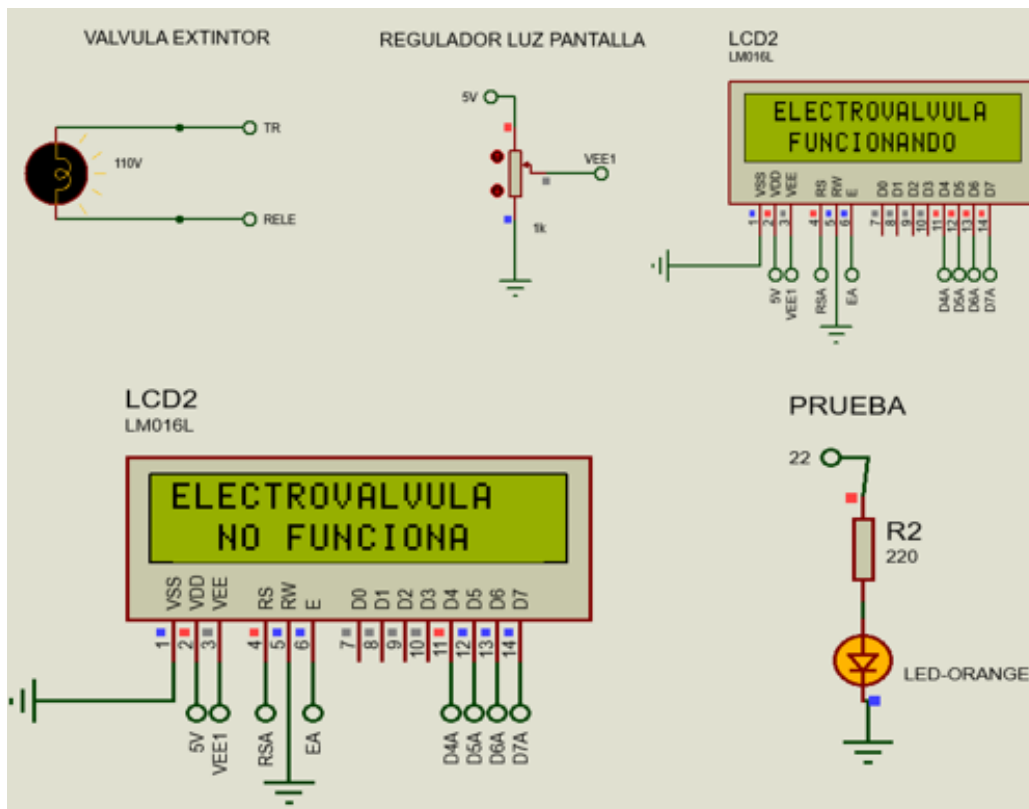
Activación de electroválvula



Si la electroválvula se activa imprime "ELECTROVALVULA FUNCIONANDO", si no se activa imprime "ELECTROVALVULA NO FUNCIONA" y el LED parpadea 6 veces.

Figura 53

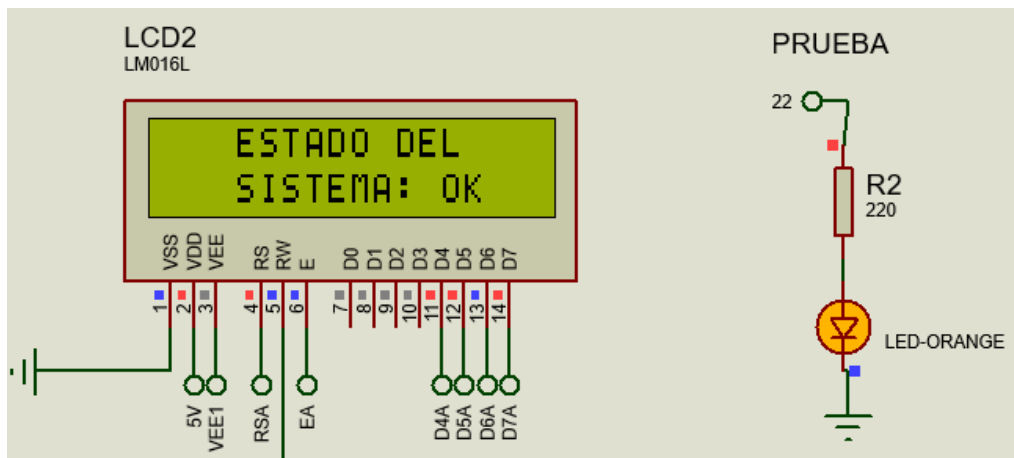
Estado de electroválvula.



Una vez que se comprueba la electroválvula el sistema hace un conteo previo de los errores, si no existe ningún error la pantalla imprime "ESTADO DEL SISTEMA: OK" y el LED se mantiene encendido 5 segundos, si existe algún error el programa vuelve al inicio.

Figura 54

Estado del sistema

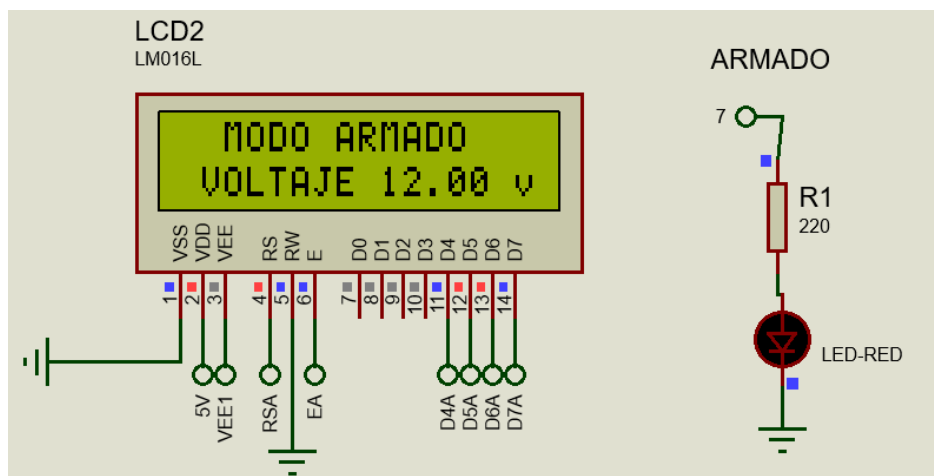


Simulación Modo Armado

Se inicia la simulación, la pantalla LCD se enciende y muestra el modo en el que se encuentra, en la segunda línea muestra el Voltaje de la batería.

Figura 55

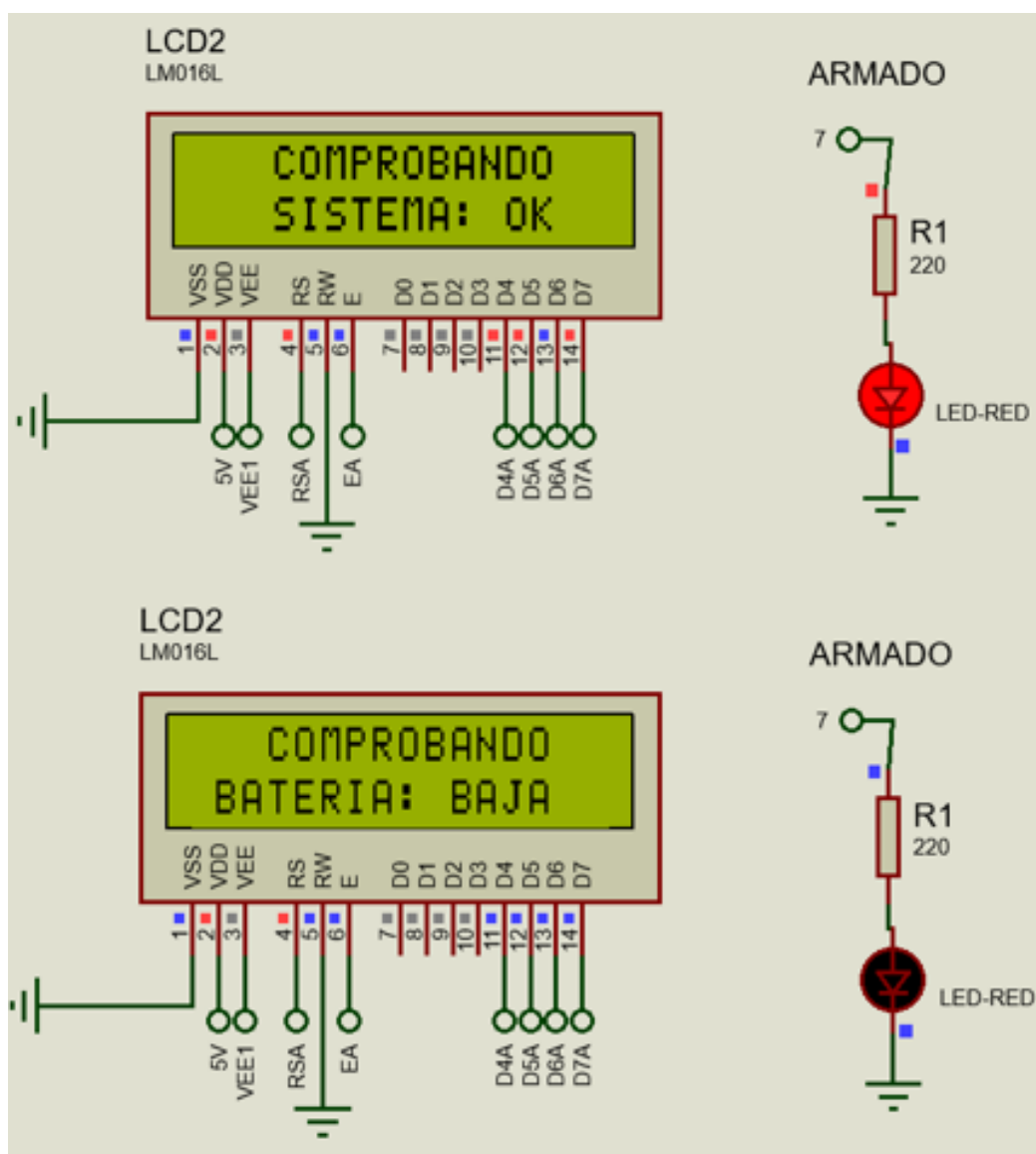
Inicio de la simulación



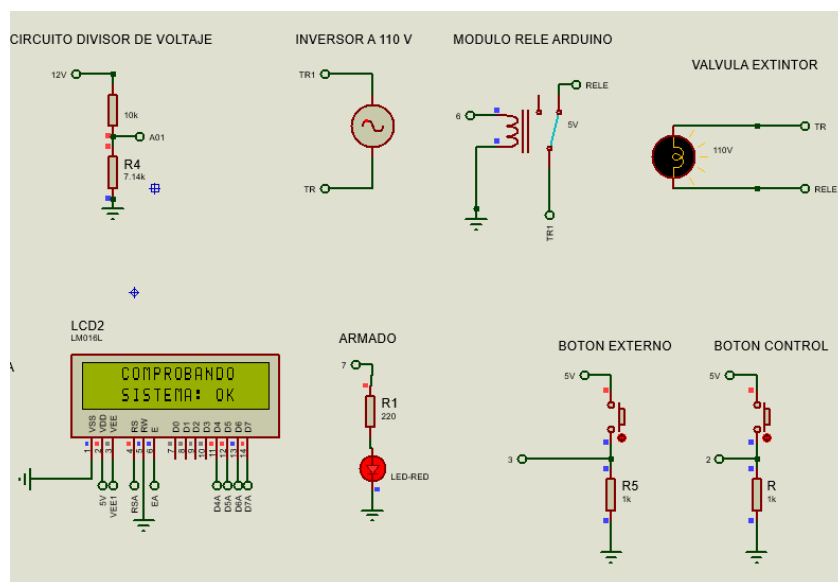
Se comprueba el voltaje de la batería, si el voltaje es mayor a 10 imprime "SISTEMA OK", y el LED parpadea cada 5 segundos, si el voltaje es menor imprime "BATERIA BAJA".

Figura 56

Comprobación del sistema



Una vez que comprueba la batería, el sistema queda listo para usarse, al activar cualquiera de los dos botones, interior o exterior, se energiza el relé activando la electroválvula.

Figura 57*Activación del sistema***Diseño PCB**

Una vez que se encuentran diseñados todos los circuitos necesarios para el funcionamiento del sistema, se diseña dos placas PCB, una para cada modo, Prueba y Armado, esto va a permitir integrar todos los componentes y circuitos para tener un funcionamiento correcto del sistema.

Circuito Antirrebote

Existe un inconveniente al momento de implementar el circuito de manera física, debido a que los interruptores como son componentes mecánicos generan ruido eléctrico y esto puede ocasionar inconveniente al momento de pulsar el mecanismo, para solucionar ese inconveniente se incorpora un circuito en los pulsadores, compuesto por una resistencia y un condensador.

Al añadir un capacitor en paralelo a la resistencia el ruido producido es cargado al condensador, se estima que el tiempo estimado que se genera el ruido es de 50 a 100 ms, entonces se hace un cálculo de tiempo.

Ecuación 2

Constante de tiempo del circuito

$$T = R \times C$$

Donde:

T: Tiempo (100 ms)

R: Resistencia (10 k Ω)

C: Capacitancia (μF)

Se reemplazan los valores de la Ecuación 2 donde ms y k Ω son unidades equivalentes:

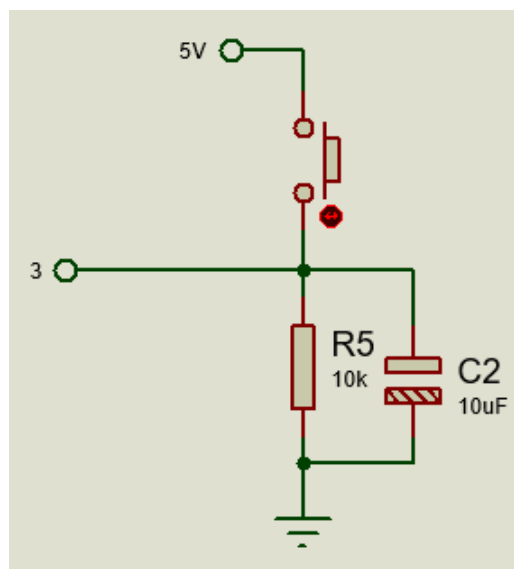
$$C = \frac{T}{R}$$

$$C = \frac{100 \text{ ms}}{10 \text{ k}\Omega}$$

$$C = 10\mu F$$

Figura 58

Circuito Antirrebote



Placa Modo Prueba

Para el diseño del circuito PCB de Modo Prueba es necesario tener en cuenta los elementos de la siguiente tabla:

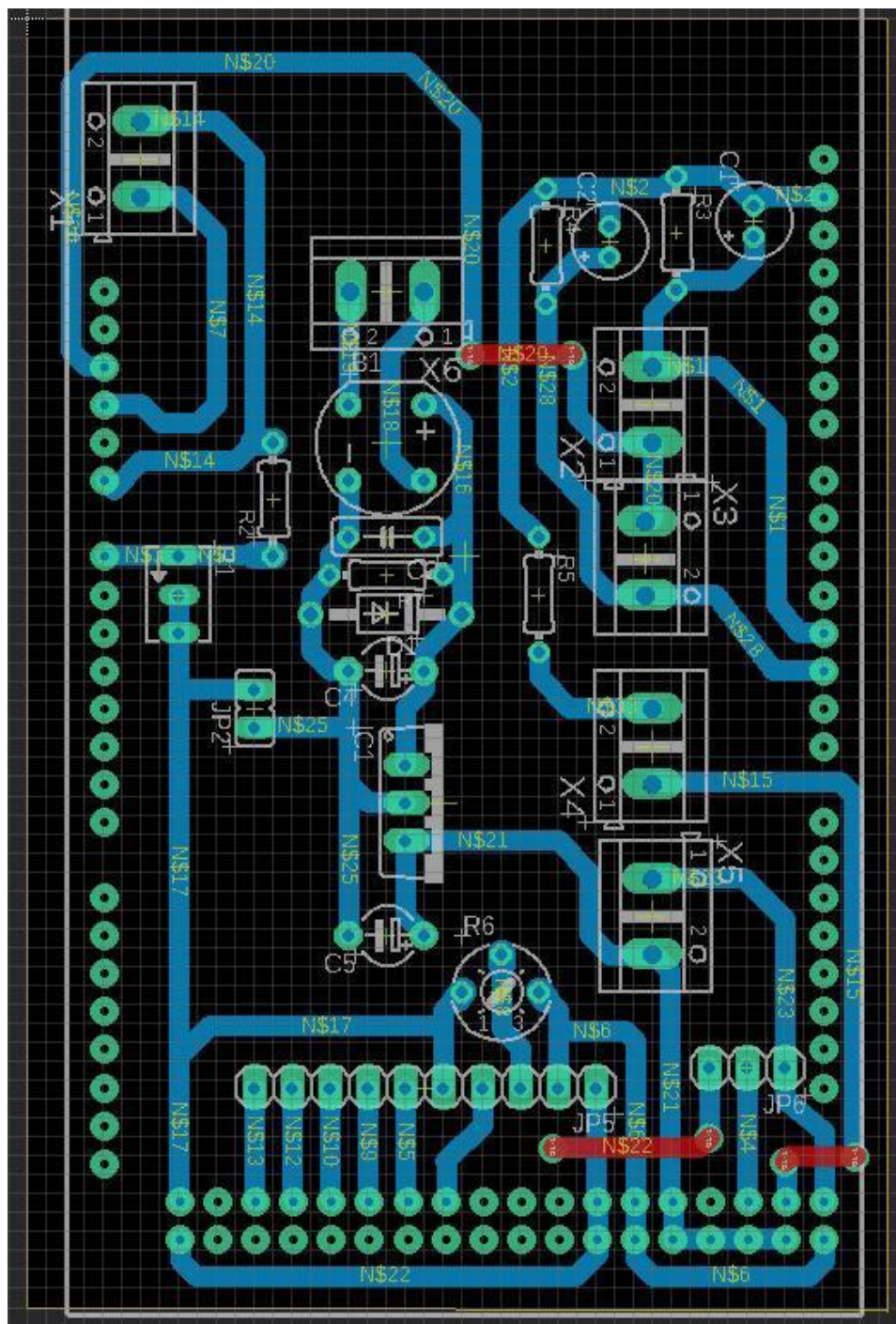
Tabla 8

Elementos de la placa PCB del circuito Prueba

N Puertos	Cantidad	Componente
15	1	Arduino MEGA
2	1	Batería 12 v
4	2	Condensador Polarizado 10 uF
3	2	Interruptor
12	1	LCD 16 x 2
3	1	LM7805 Regulador 5 v
3	1	Módulo Relé Arduino
3	1	Potenciómetro 5 k Ω
2	1	Resistencia 220 Ω
2	1	Resistencia 1 k Ω
2	1	Resistencia 7.14 k Ω
6	3	Resistencia 10 k Ω
2	1	Rojo LED

Figura 59

Diseño de Placa PCB Modo Prueba



Nota. La ubicación de elementos se hace con el fin de distribuir correctamente el circuito, minimizando el espacio que ocupa, acoplado con los pines del Arduino MEGA.

Placa Modo Armado

Para el diseño del circuito PCB de Modo Armado es necesario tener en cuenta los elementos de la siguiente tabla:

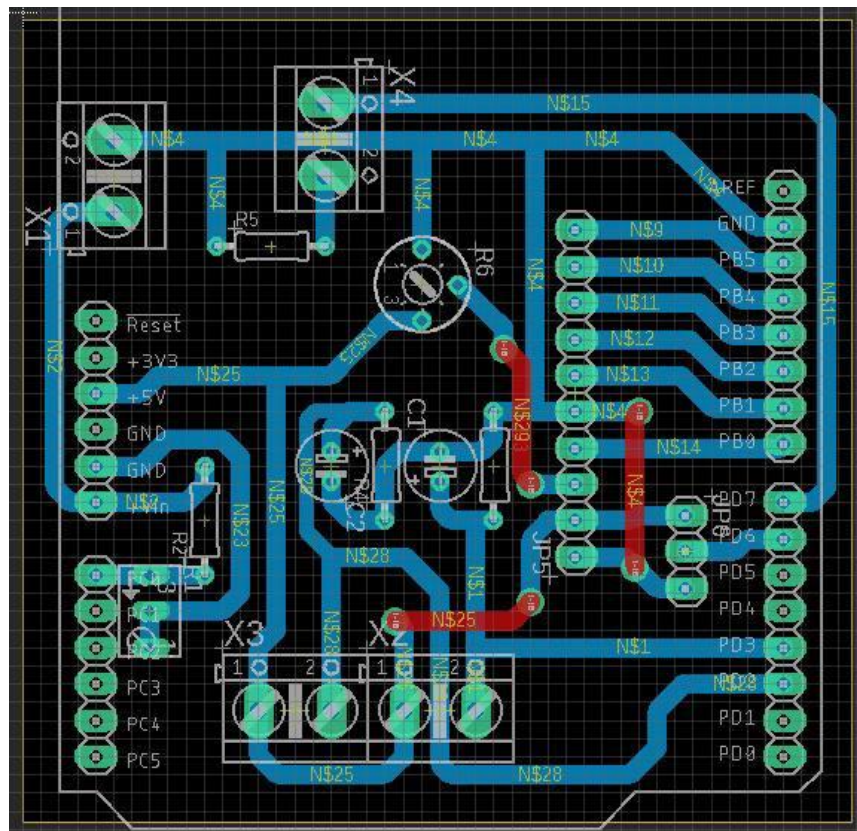
Tabla 9

Elementos de la placa PCB del circuito Armado

N Puertos	Cantidad	Componente
15	1	Arduino MEGA
2	1	Batería 12v
4	2	Condensador Polarizado 10 uF
3	2	Interruptor
12	1	LCD 16 x 2
3	1	Módulo Relé Arduino
3	1	Potenciómetro 5 k Ω
2	1	Resistencia 220 Ω
2	1	Resistencia 1 k Ω
2	1	Resistencia 7.14 k Ω
6	3	Resistencia 10 k Ω
2	1	Rojo LED

Figura 60

Diseño de Placa PCB Modo Armado



Nota. La ubicación de elementos se hace con el fin de distribuir correctamente el circuito, minimizando el espacio que ocupa, acoplado con los pines del Arduino Uno.

Construcción del Sistema de Extinción de Incendios

Sistema eléctrico/electrónico

Una vez diseñado el sistema electrónico de cada circuito, prueba y armado, se procede con la implementación de ambos sistemas electrónicos y un sistema eléctrico para la activación de la electroválvula.

Fuente de alimentación. Se usa como fuente una batería de 12 voltios, 2.8 Ah, marca FirstPower.

Figura 61

Batería de 12 voltios



Para poder alimentar el circuito de 110 voltios AC, se usa un inversor de corriente DE 400 Watts, marca TITAN, con una entrada de 12 v DC y una salida de 110 v AC.

Figura 62

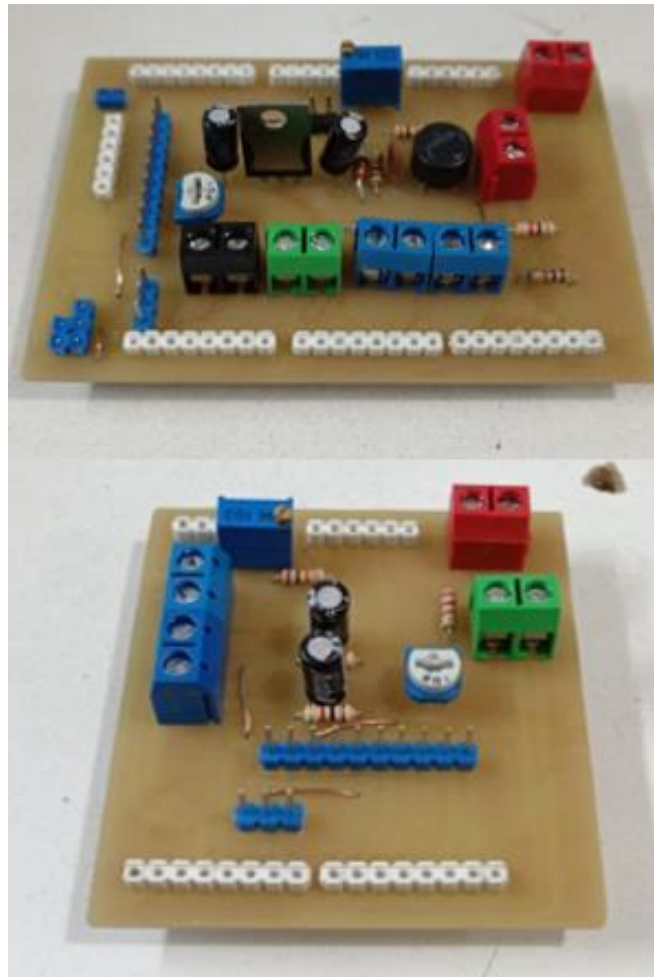
Inversor de corriente



Instalación de elementos electrónicos. Se realiza la instalación de los circuitos, se sueldan los elementos electrónicos en la placa PCB.

Figura 63

Placas PCB con elementos electrónicos



Nota. El circuito para Arduino MEGA corresponde al modo Prueba, izquierda, y el circuito para Arduino Uno corresponde al modo Armado, derecha.

Instalación de elementos de control y salida. Se colocan los elementos de control, conmutadores y los elementos de salida, pantalla LCD y LEDs en un elemento tipo caja para poder manipularlo de fácil manera.

Figura 64

Caja de control

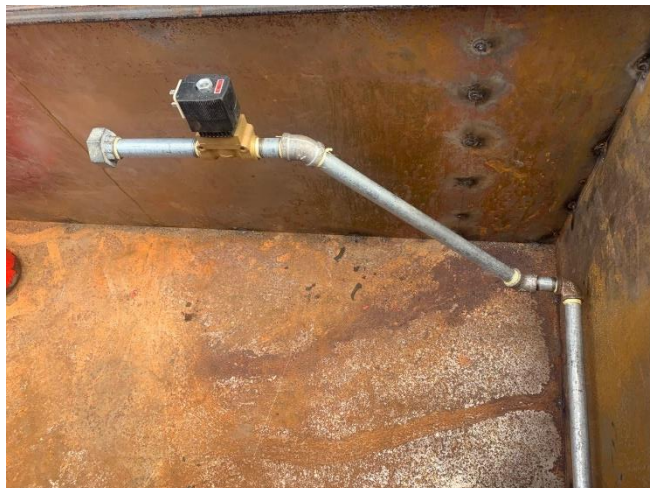


Nota. El LED rojo corresponde al modo Armado, mientras que el LED naranja corresponde al modo Prueba.

Se realiza la conexión del circuito de activación de la electroválvula, la electroválvula funciona con un voltaje de 110 v AC, dispone de tres terminales, fase, neutro y tierra.

Figura 65

Electroválvula implementada



Implementación del Sistema en el Banco de pruebas

Tubería y boquillas

Se instala las tuberías de acuerdo con los parámetros de la normativa FIA, esta normativa nos especifica que se debe tener por lo menos una boquilla en el habitáculo y una en el compartimiento motor, el número máximo es 4 para el habitáculo y 3 para el compartimiento motor, las posiciones son de libre elección, con una distancia mínima de 300 mm de las chimeneas de combustible, cuando solo se utiliza una boquilla esta condición no aplica.

Figura 66

Instalación de tuberías para el banco de pruebas



Nota. Se usa dos boquillas para el habitáculo, una en el frente a la altura del salpicadero y otra en la parte trasera de los asientos y una boquilla para el compartimiento motor.

Cilindro extintor

El cilindro extintor estará situado en la parte trasera del vehículo.

Figura 67

Cilindro extintor en el banco de pruebas



Nota. Se instala el acople de 3/8 a 1/2 pulgada entre el extintor y la electroválvula y se conecta al sistema de tuberías.

Sistema electromecánico

Una vez instalado todo el sistema de tuberías y el cilindro extintor se conecta los terminales de la electroválvula al sistema electrónico.

Figura 68

Sistema armado



Capítulo IV

Prueba y análisis de resultados

Las pruebas están regidas por el Anexo A y B de la norma FIA 8865-2015, las cuales especifican los parámetros para los ensayos de incendio en el habitáculo y compartimiento motor.

Prueba de incendio

Instalación de las chimeneas de combustible

Se instalarán 3 chimeneas de combustible para el habitáculo y 2 chimeneas de combustible para el compartimiento motor, de acuerdo con los parámetros de la norma FIA.

1. Una chimenea en la zona del asiento derecho (1 en la figura 10)
2. Una chimenea en la zona del asiento izquierdo (4 en la figura 10);
3. Una chimenea en la zona del respaldo (7 en la figura 10).

Figura 69

Ubicaciones de chimeneas en el habitáculo



Nota. Todas las ubicaciones se colocan en base a lo que dicta la normativa, cada chimenea contiene 1 ¼ litros de combustible y un elemento de enmascaramiento (tela) y el elemento plástico.

4. Dos chimeneas en el compartimiento motor de forma diagonal (1 y 2 en la figura 12).

Figura 70

Ubicaciones de chimeneas en el compartimiento motor



Nota. Todas las ubicaciones se colocan en base a lo que dicta la normativa, cada chimenea contiene 1 ¼ litros de combustible y un elemento de enmascaramiento (tela) y el elemento plástico va sobre la rejilla.

Se debe pesar la botella del sistema de extinción antes y después de la prueba y contar el tiempo desde que se inicia el incendio.

Procedimiento de prueba

Una vez que se pesa el cilindro extintor y se instalan las chimeneas en el habitáculo y el compartimiento motor se procede a encender las chimeneas, éstas deben estar encendidas 60 segundos para que alcance una temperatura considerable y se simulen las condiciones en un

incendio dentro del vehículo, mientras que en el compartimento motor el tiempo debe ser de 3 a 6 minutos para que alcance una temperatura promedio de 500 °C, se opta por un tiempo promedio de 4 minutos con 30 segundos. Para que ambos rangos de tiempo se puedan simular en la misma prueba, se toma en cuenta los siguientes tiempos.

Figura 71

Orden de encendido de chimeneas

Tiempo de encendido [mm:ss]	Ubicación de chimeneas
00:00	Motor
03:30	Habitáculo

Ensayo del sistema en Modo Prueba

Para comprobar el funcionamiento en Modo Prueba, se coloca el modo elegido en el conmutador principal, la pantalla LCD se enciende y comprueba el Voltaje de la Batería.

Figura 72

Comprobación de batería



El sistema pide que se active el interruptor de activación interior, para comprobar si funciona correctamente el sistema, en el primer intento no se activó el interruptor, en sistema comprobó que no hay señal de activación y nos informa del error mediante la pantalla y el código de parpadeos (4 parpadeos).

Figura 73

Comprobación de activador interno (sin señal)



El segundo intento activamos el interruptor y el sistema nos informa que el interruptor está funcionando correctamente.

Figura 74

Comprobación de activador interno



Ahora se realiza la comprobación del activador externo, en esta ocasión activamos directamente el interruptor y el sistema informa que se encuentra de manera correcta.

Figura 75

Comprobación de activador externo



Ahora el sistema realiza la comprobación de la electroválvula, es muy importante en este punto comprobar que el sistema no se encuentre conectado al cilindro extintor, ya que en este procedimiento se da activación a la electroválvula, en el caso de que se encuentre conectado al sistema, el agente extintor saldrá por las tuberías.

Figura 76

Comprobación de electroválvula



Una vez comprobado el funcionamiento de la electroválvula el sistema comprueba el sistema en general e informa que todo se encuentra funcionando mediante la pantalla y con el código de LED (Encendido 5 segundos).

Ensayo del sistema en Modo Armado

Una vez que el sistema comprueba todas las señales de entrada y salida, cambiamos en el conmutador principal al Modo Armado. La pantalla se enciende y hace una comprobación general, una vez que acaba con eso indica que el sistema se encuentra listo.

Figura 77

Comprobación de sistema general



Ahora se encienden las chimeneas en el orden establecido, primero se encienden las chimeneas del compartimiento motor, y 3 minutos con 30 segundos después encendemos las chimeneas del habitáculo.

Figura 78*Encendido de chimeneas*

Una vez que se encienden las chimeneas del habitáculo, se debe esperar 60 segundos para activar el sistema de extinción.

Pasados los 60 segundos se activa el sistema de extinción mediante cualquiera de los interruptores, interno o externo.

Figura 79*Activación del sistema*

Se toma el tiempo desde la activación del sistema de extinción hasta cuando ya no existe agente extintor, y se tabulan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 10*Tiempos de Descarga*

Prueba	Tiempo de descarga [ss.ms]
1	15.39
2	14.82
3	16.08

Se toma el tiempo desde la activación del sistema de extinción hasta cuando ya no existe ninguna chimenea activada, la norma FIA pide comprobar si hay reactivación del fuego hasta 3 minutos después, se tabulan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 11*Tiempo de extinción*

Prueba	Tiempo de extinción [ss.ms]	Tiempo de reactivación [mm.ss]
1	10.49	No existe
2	08.14	No existe
3	07.36	No existe

Nota. El tiempo de extinción es el tiempo máximo de ambos compartimientos, es decir que en varias ocasiones uno de los dos compartimientos se apagó primero, pero se considera como tiempo de extinción cuando ambos compartimientos están apagados.

Peso de cilindro

Se pesa el cilindro antes de la prueba y al final, se tabulan los resultados en la siguiente tabla.

Tabla 12

Pesos del cilindro extintor

Orden / Prueba	1 - Peso [lb]	2 – Peso [lb]	3 – Peso [lb]
Inicio	16.4	16.9	16.7
Final	10.01	10.12	10.17

Figura 80

Pesos antes de la prueba



Análisis de Resultados

Una vez realizados los ensayos correspondientes se puede determinar que el sistema ignifugo con activación eléctrica funciona dentro de los parámetros estipulados por la FIA en específico de acuerdo con la norma FIA 8865-2015, ya que los tiempos de descarga dentro de

la norma especifica que la duración para tiempo de descarga mayores a 10 segundos puede tener un margen de tolerancia del 10%.

Para comprobar si cumple con el requisito se toma el valor intermedio de las mediciones, 15.39 (tabla 10).

Ahora para poder sacar el rango de tolerancia se calcula el 10% del valor intermedio.

Ecuación 3

Rango de tolerancia

$$R = X \pm (X \times 10\%)$$

Donde:

X: Valor intermedio (15.39 s)

Se reemplazan los valores de la Ecuación 3 para encontrar el rango, tanto mayor como menor.

$$R_1 = 15.39 \text{ s} + (15.39 \text{ s} \times 10\%)$$

$$R_1 = 15.39 \text{ s} + 1.539 \text{ s}$$

$$R_1 = 16.929 \text{ s}$$

$$R_2 = 15.39 \text{ s} - (15.39 \text{ s} \times 10\%)$$

$$R_2 = 15.39 \text{ s} - 1.539 \text{ s}$$

$$R_2 = 13.851 \text{ s}$$

Se obtienen el rango de tolerancia que se encuentra entre 13.851 s y 16.929 s, ambos datos obtenidos en las 2 pruebas restantes se encuentran dentro del rango de tolerancia de tiempo de descarga.

Ahora se analiza el tiempo de extinción, es decir el tiempo desde la activación hasta que el fuego se controla, la norma dicta que el fuego debe extinguirse por completo en los primeros 11 segundos desde la activación del sistema de extinción y no debe reactivarse hasta 3 minutos luego de la activación del sistema de extinción.

Se hace un análisis de los datos obtenidos en los ensayos de tiempos de extinción (tabla 11).

Todos los tiempos son menores a 11 segundos cumpliendo el requisito solicitado en la norma FIA 8865-2015, y ningún fuego se reactivó 3 minutos posteriores a la activación del sistema de extinción por lo que se puede concluir que ambos parámetros se cumplieron.

Capítulo V

Marco Administrativo

Recursos

Para realizar el presente proyecto de investigación se necesitaron los recursos detallados a continuación, tanto para la construcción del sistema ignífugo como para el banco de pruebas y sus distintos componentes.

Recursos Humanos

Tabla 13

Recursos Humanos

Orden	Descripción	Función
1	Parreño Méndez, Juan Sebastián	Investigador
2	Ing. Mena Palacios, Jorge Stalin	Colaborador Científico

Recursos Tecnológicos

Tabla 14

Recursos Tecnológicos

Orden	Detalle	Valor (\$)
1.	Laptop	500
2.	Software CAD (Versión Educativa)	-
4.	Arduino IDE	-
	Costo Total	500

Recursos Materiales**Tabla 15***Recursos Materiales*

Orden	Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
1	11	Acoples de tubería 1/2 in	0,80	8,80
2	1	Acople tubería 3/8 a 1/2 in	5,00	5,00
3	3	Agente Extintor (Recarga)	20,00	60,00
4	1	Arduino Mega	24,00	24,00
5	1	Arduino Uno	15,00	15,00
6	1	Batería 12 voltios	15,00	15,00
7	4	Combustible (Galón)	4,66	18,64
8	1	Componentes electrónicos	100,00	100,00
9	1	Contenedor (Tanque)	25,00	25,00
10	1	Disco de Corte	12,00	12,00
11	1	Electroválvula Alta Presión	90,00	90,00
12	2	Electrodos 6011 (kg)	4,30	8,60
13	10	Ganchos de tubería	0,25	2,50

Orden	Cantidad	Descripción	Valor unitario (\$)	Valor total (\$)
14	1	Inversor de corriente 12 a 110 v	40,00	40,00
15	20	Láminas de acero (metros cuadrados)	25,00	500,00
16	2	Módulo Relé Arduino	4,00	8,00
17	2	Placa PCB	20,00	40,00
18	5	Recipientes para fuego	5,00	25,00
19	1	Regulador de voltaje 110 a 12 voltios	8,00	8,00
20	20	Remache 1/8 x 5/16	0,12	2,40
21	1	Teflón	2,20	2,20
22	1	Termocupla	18,00	18,00
23	5	Toalla de Algodón Rectangular	4,00	20,00
24	1	Tubería acero 1/2 in (6 metros)	12,80	12,80
25	4	Tubo PVC (metros)	7,50	30,00
			Costo total	\$ 1.090,94

Presupuesto

Con todos los recursos utilizados se realiza un balance total utilizado durante la elaboración del proyecto, al costo total se les añade un valor correspondiente a gastos de logística, es decir transporte.

Tabla 16*Presupuesto*

Orden	Detalle	Valor (\$)
1.	Recursos Materiales	1.090,94
2.	Recursos Tecnológicos	500,00
3.	Logística	100,00
	Costo Total	1.690,94

Capítulo VI

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

Se construyó un sistema ignífugo con activación eléctrica para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015, se diseñó un banco de pruebas del habitáculo y el compartimiento motor para la comprobación de sistemas ignífugos para autos de competencia modalidad rally según la norma FIA 8865-2015.

Se determinó las normativas internacionales y nacionales a las que se rigen los sistemas de seguridad de los vehículos para competencias en la modalidad de rally, la investigación se realizó desde una perspectiva general, normativa internacional FIA, hasta llegar a la perspectiva específica, Norma FIA 8865-2015 aplicada al medio, Reglamento FEDAK.

A través de los diferentes agentes extintores existentes y disponibles en el Ecuador, se analizó cada uno con el fin de seleccionar el agente más adecuado para el tipo de activación del sistema, tomando en cuenta la relación costo – eficiencia.

Se investigó el uso de microcontroladores, en específico el software y hardware Arduino, ya que este soporta señales analógicas y digitales, que fueron utilizadas para adaptar los componentes mecánicos al sistema eléctrico – electrónico, logrando así que el sistema se pueda activar de manera eléctrica.

Por medio de los materiales disponibles en el medio, tanto para la parte mecánica como para la parte electrónica del sistema eléctrico de extinción, se determinó para su uso los que cumplan con los estándares detallados en la normativa FIA 8865-2015.

Mediante programación e implementación de componentes electrónicos se desarrolló la correcta visualización y comprobación de errores en el sistema, mejorando los parámetros básicos estipulados en la norma, al implementar una pantalla LCD el usuario puede verificar de manera clara y concisa si existe algún inconveniente dentro del sistema.

Se desarrollo las pruebas detalladas por la norma FIA 8865-2015 del sistema eléctrico de extinción utilizando el banco de pruebas para simular las condiciones reales de un incendio dentro de un vehículo de competencia modalidad rally.

Por medio de un análisis de resultados se comprobó que el sistema de extinción cumple con los parámetros que dicta la norma FIA 8865-2015, estos parámetros dictan que el sistema pueda ser activado en cualquier momento, tanto desde el habitáculo como desde la parte exterior del vehículo, el sistema se activa, controla y elimina el fuego en menos de 11 segundos desde su activación.

Recomendaciones

Para una futura investigación desarrollar la implementación de sensores de calor en el vehículo para que el sistema se pueda activar de manera automática y no sea necesaria la activación por parte de ningún miembro de la tripulación, ya que en muchos de los casos los ocupantes pueden quedar inconscientes por el impacto.

Siempre tener presente las normativas tanto nacionales como internacionales, ya que estas dictan de manera específica las características y pruebas que debe pasar el sistema para que pueda ser implementado en vehículos reales.

Es de vital importancia que el banco de pruebas se desarrolle a escala real ya que solo de esa forma se pueden simular las condiciones reales de un vehículo de competencia de modalidad rally.

Para la implementación real en un vehículo que el agente extintor sea HFCF, el cual es un agente limpio y funciona de una manera más eficaz en el combate de elementos de riesgo tipo A, el único inconveniente de este elemento es el elevado costo.

Comprobar cada uno de los elementos electrónicos en el sistema, sobre todo su conexión a GND, ya que se debe tener una conexión de los elementos a GND de Arduino, si no se conectan los elementos electrónicos a GND generado por Arduino, el programa va a presentar fallos en el proceso.

Para la implementación de manera general, es decir que el sistema funcione en cualquier vehículo que cumpla con las características dictadas por la FIA, se recomienda cambiar el tipo de tubería, por una tubería flexible siempre y cuando cumpla con las propiedades que dicta la norma FIA 8865-2015, el uso de tubería flexible ayudará a que se pueda adaptar sin inconveniente a las geometrías específicas de cada vehículo.

Para el correcto funcionamiento del sistema electrónico, se recomienda evitar usar la función *Delay()* en la programación del microprocesador debido a que esta función pone en pausa el programa, ocasionando que la información no se lea en tiempo real.

Para comprobar futuros sistemas ignífugos realizar un formato tipo check list donde se encuentren todos los parámetros y características que debe aprobar el sistema, con esto se puede estandarizar las pruebas que se realizan en el banco tanto del compartimiento motor como del habitáculo.

Bibliografía

Audi Emotion Club. (s.f.). *The 1981 World Rally Championship* [Fotografía].

<https://audiemotion.com/the-1981-fia-world-rally-championship-audi-quattro-rally-car-manual/>

Cotopaxi Racing Club. (2022). [Mitsubishi EVO IX] [Fotografía].

www.facebook.com/CotopaxiRacingClub/photos/pcb.3151134638480223/3151134465146907

Cuerpo de Bomberos del Tena. (s.f.). *Tipos de extintores según el agente extintor que utiliza.*

<https://bomberostena.gob.ec/index.php/tipos-de-extintores-segun-el-agente-extintor-que-utiliza>

Elliot, J. (2019). *Así empezaron las carreras de coches* [Fotografía]. La Vanguardia.

<https://www.lavanguardia.com/historiayvida/historia-contemporanea/20190717/47312170265/asi-empezaron-las-carreras-de-coches.html>

Federación Ecuatoriana de Automovilismo y Kartismo. (2022). *Reglamento Nacional Técnico De Rally 2022.*

https://drive.google.com/file/d/1wHh0s7fVyII_GE1pXfCW5MvXAVYi4IAM/view?fbclid=IwAR36x_UqsmoKAsUP14STnCit9nt4WWKRID8XJj_Barrg0hXqJfiHzoRHlbg

Federación Internacional del Automóvil. (s.f.). *Organización.*

<https://www.fia.com/es/organizacion>

Federación Internacional del Automóvil. (2015). *Standard FIA 8865-2015 Plumbed-in and Hand-Held Fire Extinguisher Systems* [Norma FIA 8865-2015 Sistemas De Extinción Fijos Y

Portátiles]. https://www.fia.com/sites/default/files/8865-2015_plumbed-in_and_hand_fire_extinguisher_systems.pdf

Federación Internacional del Automóvil. (2022). *Safety Equipment for Cars of Group N, A (and Extensions) and R-GT* [Equipos de Seguridad para Automóviles del Grupo N, A (y Extensiones) y R-GT].

www.fia.com/sites/default/files/253_2022_wmsc_2021.12.15.pdf

FIA World Rally Championship. (s.f.) *Los primeros años*. <https://www.wrc.com/es/mas/wrc-historia/primeros-anos/>

FIA World Rally Championship. (2022). Ford WRC Puma Rally1 [Fotografía].

<https://www.wrc.com/es/noticias/2022/wrc/croatia-rally-entry-list-revealed>

GNEESTEEL. (2021). *Propiedades de acero SPCC*. [Tabla]. <https://www.galvanized-coil.com/info/spcc-steel-properties-53167674.html>

Instituto Ecuatoriano de Normalización. (2013). *Clasificación de los Fuegos*.

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/92-1.pdf>

KUBIEC. (s.f.). Tubo Galvanizado 1/2 [Fotografía]. FERRIMAXI.

<https://www.ferrimaxi.com/product/tubo-galvanizado-1-1-2x6m-iso-2>

Luque, C. (2012). *Volkswagen Polo R WRC 2013: Así es el toro de Ogier* [Fotografía]. Car and Driver. <https://www.caranddriver.com/es/motorsport/a5493/volkswagen-polo-r-wrc-2013-asi-es-el-toro-de-ogier/>

MAXISEGURIDAD. (2016). Agentes Extintores: Clases de Fuego [Fotografía].

<https://www.maxiseguridad.com.ar/detalle-noticias-maxiseguridad/48/Agentes-Extintores-Clases-de-Fuego>

Predexe. (2021). Extintor 5 LB CO2 [Fotografía], por PREDEXE, 2021, Extintores Predexe.

<https://extintorespredexe.com/producto/>

Quirola Racing Team. (2021). [Automóvil KIA Proto][Fotografía].

www.facebook.com/photo/?fbid=272468454747672&set=pcb.272468611414323

SPARCO. (2021). Guía de instalación Sistema SPARCO 24 4015 01 [Fotografía]. FIA.

https://www.fia.com/sites/default/files/ex.027.21_installation_guide_v00.pdf

Toyota Racing. (s.f.). *Toyota Gazoo Racing Yaris Rally1* [Fotografía]. MotorSport.

<https://lat.motorsport.com/wrc/news/wrc-2022-nuevo-reglamento-nuevos-coches-y-todo-lo-que-debes-saber/7428677/?nrt=193>

Anexos