

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS EN LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS PARA PRUEBAS DE TERMOFLUENCIA, QUE PERMITA DISEÑAR UN SISTEMA REDUNDANTE O INTERLOKS, UTILIZANDO EL SOFTWARE LABVIEW Y LÓGICA DE CONTROL CABLEADA.**

**FREDY CALDERÓN GÓMEZ.**

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Electromecánica  
Bucaramanga, Colombia

2022

**CARACTERIZACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS EN LA OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYOS PARA PRUEBAS DE TERMOFLUENCIA, QUE PERMITA DISEÑAR UN SISTEMA REDUNDANTE O INTERLOKS, UTILIZANDO EL SOFTWARE LABVIEW Y LÓGICA DE CONTROL CABLEADA**

**FREDY CALDERÓN GÓMEZ.**

Trabajo de grado presentado para optar por el título de:  
Ingeniero Electromecánico

Director de proyecto de Grado:  
MsC. Indira Casalet Garrido.

Universidad Antonio Nariño  
Facultad de Ingeniería Electromecánica  
Bucaramanga, Colombia

2022

**NOTA DE ACEPTACIÓN**

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

## **Agradecimientos**

El autor de este trabajo de grado ofrece sus más sinceros agradecimientos a Dios autor y consumidor de la vida, a la UAN quien brinda la oportunidad de formar ingenieros en Electromecánica.

# Contenido

	<b>Pág.</b>
Resumen.....	11
Introducción .....	13
Planteamiento del problema.....	14
Justificación .....	17
Objetivos del proyecto .....	18
Objetivo general.....	18
Objetivos específicos .....	18
1. Marco teórico.....	19
1.1. Definición de riesgo y peligro .....	19
1.1.1. Valoración del riesgo .....	20
1.1.2. Interlock .....	21
1.2. Termofluencia.....	22
1.2.1. Etapas .....	23
1.3. Lógica de control cableado y lógica de control programado.....	24
1.3.1. Operadores de mando.....	26
1.4. Sistemas embebidos.....	27
1.5. Instrumentación industrial.....	28
1.4. Instrumentación virtual.....	31
2. Caracterización de riesgo de la máquina de termofluencia.....	32
3. Ventanas operativas de la máquina de termofluencia.....	35
3.1. Ventanas operativas .....	35
3.2 Selección de elementos para el sistema eléctrico .....	36
3.2.1. Selección de protección eléctrica para evitar contactos indirectos .....	38
3.3. Selección de elementos para protección de sobre temperatura .....	40
3.3.1. Selección del termostato de protección por alta temperatura.....	41
3.4. Selección de elementos de protección para sobre presión.....	42

3.4.1. Selección de PSV para circuito hidráulico .....	44
4. Diseño de lógica de control cableada.....	47
4.1. Diseño de control cableado para evitar contactos indirectos.....	47
4.1.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW de falla a tierra .....	49
4.2. Diseño de control cableado para evitar excesos de temperatura. ....	50
4.2.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW. ....	51
4.3. Diseño de control cableado para evitar excesos de presión.....	52
4.3.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW por exceso de presión	53
5. Rediseño de los algoritmos de control de LabVIEW.....	54
5.1. Rediseño en el panel frontal .....	54
5.2. Rediseño del diagrama de bloques .....	56
5.2.1. Lectura de falla a tierra para proteger de contactos indirectos en LabVIEW .....	56
5.2.2. Lectura de exceso de temperatura en LabVIEW .....	57
5.2.3. Control de válvula EV1 y visualización de exceso de presión en LabVIEW .....	57
6. Resultados y análisis .....	59
6.1. Simulación de exceso de presión y activación de EV1 .....	59
6.2. Simulación de exceso de temperatura y desactivación de MC1 .....	62
6.3. Simulación para evitar contactos indirectos y desactivación de MC1 .....	63
7. Conclusiones .....	65
Bibliografía .....	66
ANEXOS. ....	69

## Listado de figuras

	<b>Pág.</b>
Figura 1 Muestra de curvas de Ruptura para Acero Ferrítico al Molibdeno. ....	14
Figura 2 Maquina Termofluencia UAN Sede Bucaramanga. ....	15
Figura 3 Controles sobre la fuente. ....	20
Figura 4 Ejemplo de interlock en diagrama de proceso. ....	21
Figura 5 Etapas de la termofluencia. ....	24
Figura 6 Ejemplo de control cableado. ....	25
Figura 7 Lógica programada con compuertas lógicas. ....	26
Figura 8 Arduino. ....	27
Figura 9 Arduino Mega. ....	28
Figura 10 Sensor de Presión 4-20mA. ....	30
Figura 11 Sensor LM35 con sus pines correspondientes. ....	31
Figura 12 Beneficios de utilizar LabVIEW. ....	31
Figura 13 Beneficios de utilizar LabVIEW. ....	32
Figura 14 Matriz RAM. ....	33
Figura 15 Uso de matrices de Holmes. ....	35
Figura 16 Cambio a realizar en tablero de control. ....	38
Figura 17 Modificación del circuito de potencia. ....	39
Figura 18 Adecuación al tablero de control. ....	42
Figura 19 Elementos de una PSV. ....	45
Figura 20 Conexión de PSV al sistema hidráulico. ....	46
Figura 21 Circuito de control cableado actual de la maquina de termofluencia. ....	47
Figura 22 Circuito de control cableado para detectar falla de aislamiento. ....	48
Figura 23 Circuito de control cableado para detectar falla de aislamiento desactivando MC1... ..	49
Figura 24 Circuito de acondicionamiento de señal para detectar conmutación de GFCI. ....	49
Figura 25 Circuito de control cableado para detectar exceso de temperatura desactivando MC1. .....	50
Figura 26 Circuito de acondicionamiento de señal para detectar excesos de temperatura. ....	51
Figura 27 Algoritmo para detectar excesos de presión en el sistema hidráulico. ....	52

Figura 28	Propuesta de venteo para sistema hidráulico.....	53
Figura 29	Acondicionamiento de señal para activar EV1. ....	53
Figura 30	Panel frontal actual de la maquina de termofluencia.....	54
Figura 31	Rediseño del panel frontal. ....	55
Figura 32	Diagrama de bloques actual de la maquina de termofluencia. ....	56
Figura 33	Rediseño de diagrama de bloques para evitar contactos indirectos. ....	57
Figura 34	Rediseño de diagrama de bloques para evitar excesos de temperatura. ....	57
Figura 35	Rediseño de diagrama de bloques para evitar excesos de presión. ....	58
Figura 36	Simulación de exceso de presión en Arduino Mega. ....	59
Figura 37	Reporte en LabVIEW de 0 Psi. ....	60
Figura 38	Reporte en LabVIEW de 4995 Psi. ....	60
Figura 39	Reporte en LabVIEW de exceso de presión.....	61
Figura 40	Simulación de activación EV1. ....	61
Figura 41	Reporte en LabVIEW de exceso de presión.....	62
Figura 42	Simulación de activación termostato.....	63
Figura 43	Reporte en LabVIEW de exceso de temperatura. ....	63
Figura 44	Simulación de activación falla a tierra. ....	64
Figura 45	Reporte en LabVIEW de falla a tierra.....	64

## Listado de tablas

	<b>Pág.</b>
Tabla 1 Definición de riesgo y peligro. ....	19
Tabla 2 Clasificación de riesgos. ....	19
Tabla 3 Evaluación de riesgo y probabilidad.....	21
Tabla 4 Definición de consecuencias.....	21
Tabla 5 Ejemplo de un interlock.....	22
Tabla 6 Mecanismos de deformación. ....	23
Tabla 7 Ejemplo de un interlock.....	24
Tabla 8 Elementos de mando.....	26
Tabla 9 Sensores de presión.....	29
Tabla 10 Elementos de protección personal. ....	32
Tabla 11 Diligenciar antes de una práctica. ....	34
Tabla 12 Caracterización de riesgos maquina de termofluencia. ....	34
Tabla 13 Caracterización de riesgos máquina de termofluencia. ....	36
Tabla 14 Comparación de criterios para seleccionar protección del sistema eléctrico.....	36
Tabla 15 Sensibilidad vs protecciones.....	37
Tabla 16 Voltaje vs protecciones.....	37
Tabla 17 Corriente vs protecciones.....	37
Tabla 18 Matriz final para seleccionar protección eléctrica. ....	37
Tabla 19 Personas que se protegen ante una falla de origen eléctrico.....	39
Tabla 20 Criterios para seleccionar protección por alta temperatura. ....	40
Tabla 21 Salida contacto vs protecciones. ....	40
Tabla 22 Rango vs protecciones. ....	41
Tabla 23 Tensión vs protecciones.....	41
Tabla 24 Matriz final para seleccionar protección por alta temperatura. ....	41
Tabla 25 Características de termostato RAIBOW TS320SR .....	42
Tabla 26 Criterios para seleccionar protección por sobrepresión.....	43
Tabla 27 Alternativas vs automático.....	43
Tabla 28 Alternativas vs manual.....	43

Tabla 29 Alternativas vs remoto. ....	44
Tabla 30 Matriz final para seleccionar protección por sobre presión. ....	44
Tabla 31 Matriz final para seleccionar protección por sobre presión. ....	45
Tabla 32 Pines utilizado actualmente por el Arduino Mega. ....	47
Tabla 33 Matriz causa efecto para evitar contactos indirectos. ....	48
Tabla 34 Estados tras conmutación de R1. ....	50
Tabla 35 Estados de activación de alarma por alta temperatura. ....	51
Tabla 36 Estados de activación de alarma por alta temperatura. ....	52
Tabla 37 Botones de visualización incluidos. ....	55

## Resumen

**Título:** Caracterización de los riesgos asociados en la operación de la máquina de ensayos para pruebas de termofluencia, que permita diseñar un sistema redundante o interlocks, utilizando el software Labview y lógica de control cableada.

**Autor:** Fredy Calderón Gómez.

### Descripción

Según lo indica la NTC 2 para la ejecución de pruebas en la máquina de termofluencia es necesario alcanzar temperaturas de hasta 90°C y 4500 psi condiciones que implican un riesgo para docentes, estudiantes quienes realizan la ejecución de las prácticas de laboratorio, es por esta razón que se plantea caracterizar los riesgos asociados en la operación de este equipo de tal forma que sea posible diseñar un sistema redundante monitoreado desde Labview. Para ello se dividirá la ejecución del proyecto en cuatro etapas siendo la primera establecer las ventanas operacionales, después de esto diseñar planos de lógica de control cableada y para conectar las señales pertinentes al Arduino Mega 2560 y finalmente modificar los algoritmos en Labview que permitan monitorear las condiciones de proceso y visualizar si el estado de operación del equipo es seguro o no.

**Palabras claves:** *Termofluencia, Labview, Arduino Mega, presión, temperatura, riesgo, peligro.*

## Abstract

**Title:** Characterization of the risks associated with the operation of the testing machine for creep tests, which allow the design of a redundant system or interlocks, using the Labview software and wired control logic.

**Author:** Fredy Calderón Gómez.

### Description.

As indicated by the NTC 2 for the execution of tests in the creep machine it is necessary to reach temperatures of up to 90 ° C and 4500 psi conditions that imply a risk for teachers, students who carry out the execution of laboratory practices, it is for this reason that arises to characterize the risks associated with the operation of this equipment in such a way that it is possible to design a redundant system monitored from Labview. For this, the execution of the project will be divided into four stages, the first being to establish the operational windows, after this design plans of wired control logic and to connect the relevant signals to the Arduino Mega 2560 and finally modify the algorithms in Labview that allow monitoring the process conditions and view whether the operating status of the equipment is safe or not.

**Keywords:** Thermal creep, Labview, Arduino Mega, pressure, temperature, risk, danger.

## **Introducción**

La termofluencia es un factor limitante para materiales que trabajan a alta temperatura y presión y esta define la vida útil del material antes de alcanzar el límite de deformación plástica (López, 2017).

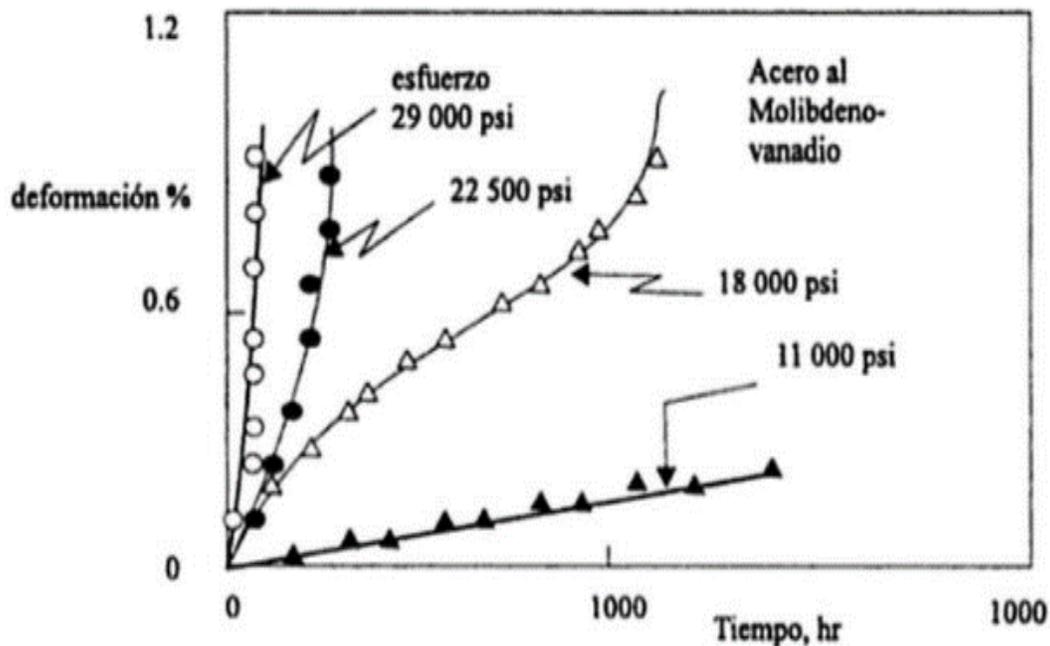
En el año 2017 en la Universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga se realiza la implementación de la máquina de termofluencia para llevar a cabo prácticas en el laboratorio de materiales, sin embargo, se observa que esta no tiene en cuenta aspectos relacionados con riesgos y peligros que pueden afectar a los estudiantes en práctica. Esta opera a temperatura de 90°C y 2000psi controlada desde el software Labview.

Ahora bien, a la norma OHSAS 18001 define al peligro como toda fuente con el potencial de causar daño y riesgo es la probabilidad que el peligro se libere. Para el caso de la máquina de termofluencia se tienen identificados tres peligros potenciales

## Planteamiento del problema

La termofluencia es una deformación en el tiempo, y esta prueba se realiza a materiales metálicos que operen a elevadas temperaturas durante largos periodos de tiempo, los cuales deben ser caracterizados para obtener las propiedades mecánicas del mismo con el fin de garantizar fabricación de equipos y elementos que ejecuten su función dentro de un proceso de manera segura. Durante esta prueba se registra y controla la presión y temperatura aplicada, terminando la prueba cuando se produce la fractura, al registro realizado se le llama curva de termofluencia (ver figura 1).

**Figura 1** Muestra de curvas de Ruptura para Acero Ferrítico al Molibdeno.



**Fuente:** González, J. (1999). Metalurgia Mecánica, Limusa-Noriega Editores, México.

La UAN sede Bucaramanga cuenta con un banco para realizar pruebas de termofluencia (ver figura 2) en el laboratorio de materiales con el fin de ejecutar prácticas con estudiantes de Ingeniería Electromecánica.

**Figura 2** Maquina Termofluencia UAN Sede Bucaramanga.



**Fuente:** Moron j & Murallas c. desarrollo de un sistema de control de temperatura y supervisión de la presión aplicada a la máquina de ensayos de termofluencia del laboratorio de materiales de la Universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga, a través del desarrollo de una interfaz HMI mediante el software Labview y un microcontrolador ATMEGA 2560. Universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga, p. 46.

La norma que estandariza la ejecución de las pruebas realizadas con la máquina de termofluencia es la ASTM E8 y su equivalente en Colombia es la NTC 2 que se encarga de especificar el método para el ensayo de materiales metálicos, y según lo indican las pruebas realizadas por (Moron j & Murallas c, 2018) se alcanzaron temperaturas de 90°C y 4500 psi. Estas

condiciones propias de la operación al perder los lazos de control pondrían en riesgo tanto la integridad mecánica del equipo de termofluencia como la de los estudiantes que realicen la práctica. Actualmente la máquina cuenta con un sistema de control de temperatura y monitoreo en tiempo real de la presión a través del software Labview, pero no cuenta con interlock o conjunto de acciones lógicas que eviten la operación del equipo por fuera de las ventanas operativas seguras.

¿Cómo garantizar una operación segura de la máquina de termofluencia de la UAN sede Bucaramanga?

Como parte de la solución se plantea caracterizar los riesgos asociados a la operación de la máquina de termofluencia de la UAN Bucaramanga, y adicionalmente desarrollar un sistema redundante al sistema de control actual.

## **Justificación**

Esta investigación o trabajo de grado es importante realizarlo de tal forma que se logren inicialmente caracterizar los riesgos asociados a la máquina de termofluencia de forma tal que se minimicen los riesgos durante la ejecución de las prácticas de laboratorio.

La intención que persigue este trabajo es lograr diseñar un sistema de control redundante que evite la operación fuera de los límites seguros la máquina de termofluencia y para ello se diseñará un sistema de control mediante lógica cableada y el software Labview.

También es importante destacar que a través del sistema redundante que se diseñará será posible proteger la integridad de alumnos, profesores y laboratoristas ya que la máquina para realizar pruebas de termofluencia opera a temperaturas de hasta 90°C y 2000 psi, y esto permite a su vez ahorrar dinero ya que al reducir la probabilidad de un accidente laboral se evitan lesiones incapacitantes.

## **Objetivos del proyecto**

### **Objetivo general**

Caracterizar los riesgos asociados en la operación de la máquina de termofluencia, que permita diseñar un sistema redundante o interlocks, utilizando el software Labview y lógica de control cableada.

### **Objetivos específicos**

- Establecer las ventanas operativas, para seleccionar los sensores que permiten diseñar un sistema redundante, utilizando matrices de Holmes.
- Diseñar la lógica de control cableada, que permita realizar un corte de energía seguro, para evitar excesos de temperatura y presión durante la prueba de termofluencia.
- Modificar los algoritmos de control, para visualizar condiciones de alarma durante la prueba de termofluencia, utilizando el software Labview.

# 1. Marco teórico

## 1.1. Definición de riesgo y peligro

En la tabla 1, se definen estos dos términos. Siendo: Peligro, toda fuente de causar algún evento peligroso y el riesgo la probabilidad que este se libere. Adicionalmente los riesgos se pueden clasificar tal y como se indica en la tabla 2

**Tabla 1** Definición de riesgo y peligro.

<b>Concepto</b>	<b>Definición.</b>
<b>Riesgo</b>	Posibilidad de ocurrencia de un evento peligroso o exposición y puede ser causado por un evento.
<b>Peligro</b>	Fuente o acto con el potencial de causar daño, lesión o enfermedad o una combinación de estas.

**Fuente:** (Guncay - *Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf*, s. f.)

**Tabla 2** Clasificación de riesgos.

<b>Riesgo</b>	<b>Descripción</b>
<b>Eléctrico</b>	Estos tipos de riesgos están asociados a la posibilidad de sufrir un contacto directo o indirecto con la energía eléctrica.
<b>Mecánicos</b>	Estos tipos de riesgos están asociados a la maquinaria presente que puede generar algún tipo de lesión al trabajador en las instalaciones.
<b>Físicos</b>	Son las condiciones a las que está expuesto el trabajador, algunos de estos riesgos físicos son: mala iluminación, temperatura, humedad, radiaciones, electricidad, entre otras.
<b>Químicos</b>	Estos tipos de riesgo son producidos por las sustancias expuestas en el ambiente de trabajo y la cantidad que se encuentre en el ambiente para generar un daño en el trabajador. Estas sustancias abarcan los polvos minerales o vegetales aerosoles, vapores, humos metálicos entre otras.

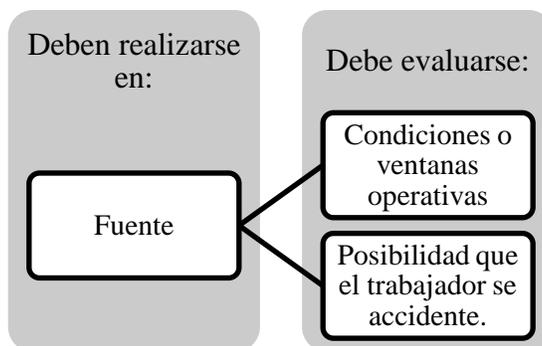
<b>Biológicos</b>	Se dan por medio del contacto con: virus, bacterias, hongos, venenos, entre otras. Estas pueden provocar procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos.
<b>Ergonómicos</b>	Estos tipos de riesgo se dan gracias a que la maquinaria de trabajo no se adapta a quien la utiliza, también, se puede dar por el sobreesfuerzo físico.
<b>Psicosociales</b>	Los riesgos psicosociales van de la mano con el ambiente laboral. Un riesgo psicosocial es todo aquel que perjudique la salud mental gracias al ambiente al que esté expuesto en el ambiente. Algunos ejemplos de estos son, hacer una tarea muy repetitiva (monotonía), explotación laboral, entre otras.

**Fuente:** (Guncay - *Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf*, s. f.)

### 1.1.1. Valoración del riesgo

Cuando el riesgo no es soportable, es necesario establecer controles en el peligro o la fuente teniendo en cuenta los aspectos mencionados en la figura 3.

**Figura 3** Controles sobre la fuente.



**Fuente:** (Guncay - *Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf*, s. f.)

Para evaluar el riesgo se hace uso de la tabla 3, en ella se evalúan los riesgos (Triviales, tolerables, Moderados, Importantes, intolerables) y la probabilidad de ocurrencia. La definición de cada una de esas palabras se encuentra en la tabla 4.

**Tabla 3** Evaluación de riesgo y probabilidad.

Metodología.	Consecuencias.			
		Ligero (1)	Dañino (2)	Extremo (3)
Probabilidad.	Baja (1)	Trivial (2)	Tolerable (3)	Moderado (4)
	Media (2)	Tolerable (3)	Moderado (4)	Importante (5)
	Alta (3)	Moderado (4)	Importante (5)	Intolerable (6)

**Fuente:** (Guncay - *Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf*, s. f.)

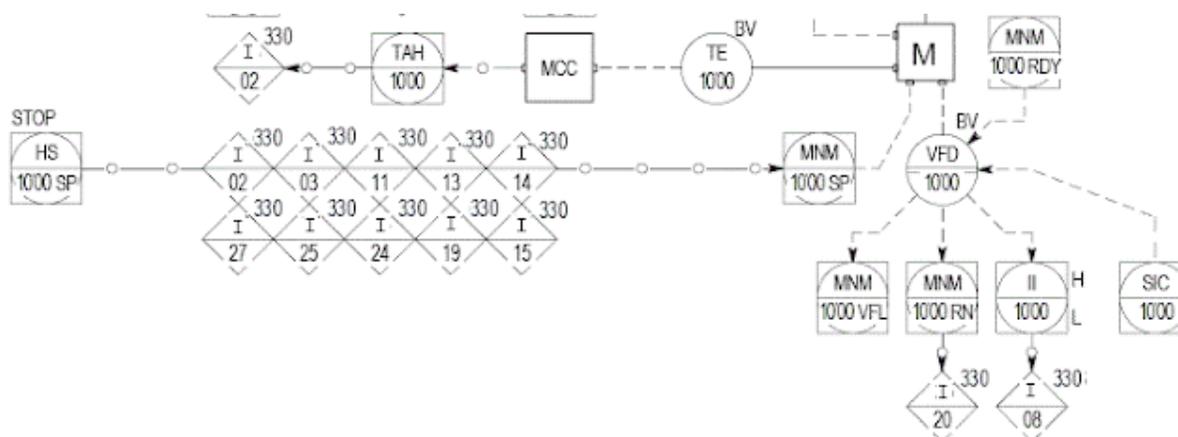
**Tabla 4** Definición de consecuencias.

Termino	Definición.
<b>Trivial</b>	No requiere ninguna acción.
<b>Tolerable</b>	Requiere de una acción preventiva
<b>Moderado</b>	Establecer acciones para reducir el riesgo.
<b>Importante</b>	No ejecutar hasta reducir el riesgo
<b>Intolerable.</b>	No ejecutar hasta reducir el riesgo

**Fuente:** (Guncay - *Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf*, s. f.)

### 1.1.2. Interlock

Este es un sistema de enclavamiento que puede ser mecánico o eléctrico que evita que algún riesgo intrínseco a un proceso se libere de forma imprevista («Noticias y Artículos sobre», 2018). Funciona mediante señales digitales discretas, tomando valores 1 o 0, siendo High y Low respectivamente. No toman valor intermedio, como el 0.3, 0.2 y solo puede tener un estado a la vez (0 o 1). Los interlocks se presentan en los diagramas de proceso según lo indica la norma ISA y un ejemplo de ello es la figura 4.

**Figura 4** Ejemplo de interlock en diagrama de proceso.

**Fuente:** («REPRESENTAR INTERLOCKS EN LOS P&ID», s. f.)

Estos se presentan a través de rombos y con las letras indicadas en la tabla 5, un ejemplo es “I023”

**Tabla 5** Ejemplo de un interlock.

Letra	Descripción	Ejemplo.
I	Interlock general	
E	Interlock de un sistema de seguridad.	
S	Secuencia de eventos.	

**Fuente:** («REPRESENTAR INTERLOCKS EN LOS P&ID», s. f.)

Los interlocks funcionan mediante la matriz causa – efecto. Esto quiere decir que a cierto suceso X voy a tener cierta respuesta Y. Suponiendo el caso en que exista un tanque controlado por una válvula, mediante el interlock se podrá controlar el porcentaje de llenado de la válvula. En caso hipotético que se requiera un mínimo llenado de 20% del volumen total, se puede establecer una causa y un efecto. Si el volumen presente en el tanque en cierto instante de tiempo es menor al 20% del volumen total (causa), se debe abrir la válvula (efecto) para llegar a un volumen mayor o igual al 20% del volumen total del tanque.

Esto también se puede llevar al ámbito de la seguridad laboral, por ejemplo, desenergizando una maquina la cual presenta un sobrecalentamiento y pueda ocasionar una explosión causando lesiones en el personal. (Piñeros, 2014).

## 1.2. Termofluencia

La termofluencia, es una característica con la que cuentan todos los elementos los cuales trabajan a altas temperaturas. Esta se refiere a la velocidad con la cual presenta una deformación plástica por un lapso a causa de un estrés generado de manera constante. Si el estado de alta temperatura continua por un periodo prolongado, la termofluencia terminará fracturando el material. La termofluencia aparece cuando la temperatura dobla la temperatura de fusión del material. (Cruz, 2018), (Luna Ramírez, 1994).

A temperatura ambiente y esfuerzo leve, el metal no podrá sufrir alguna deformación plástica. Pero, cuando comienzo a aumentar la temperatura, empieza a aumentar el creep y por tanto la deformación plástica comienza. Llevando al colapso del material aun así cuando este se encuentre bajo estrés leve.

Dado que la termofluencia puede fracturar el material, se pueden presentar dos mecanismos de deformación: por Dislocación y Flujo difusivo. En la tabla 6 se presentan los dos mecanismos de deformación.

**Tabla 6** Mecanismos de deformación.

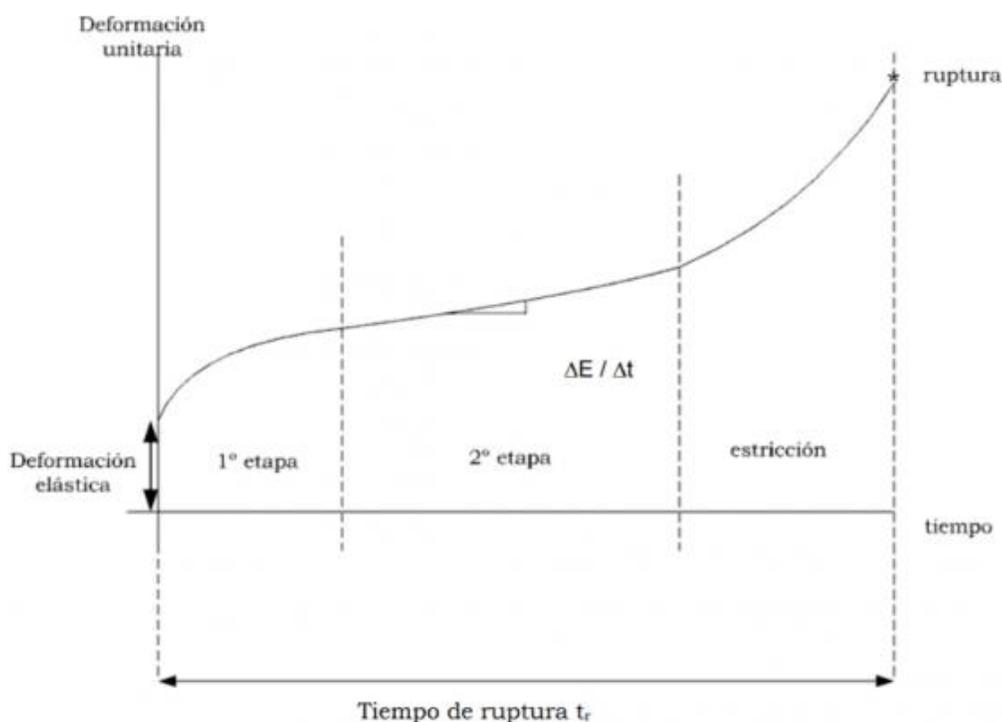
<b>Termofluencia</b>	<b>Descripción</b>
<b>Dislocaciones</b>	Se da debido a la alta temperatura
<b>Flujo difusivo.</b>	Se da mediante la deformación de granos de flujo masivo.

**Fuente:** (Cruz, 2018)

### 1.2.1. Etapas

La termofluencia (creep) se divide en tres etapas tal como lo indica la figura 5 y como se menciona a continuación.

- **Primera etapa:** Conocida como termofluencia transitoria. En esta etapa se presentan cambios al interior del metal, promoviendo la deformación del mismo y disminuyendo la velocidad de deformación (creep), debido a las imperfecciones que presenta al interior. En esta etapa las deformaciones por dislocación ascienden venciendo los obstáculos contribuyendo a la deformación.
- **Segunda etapa:** También conocida como etapa estable. Las dislocaciones provenientes de la primera etapa se chocan con otras imperfecciones del material provocando cierta estabilidad en el proceso ya que la velocidad a la que viene las primeras es igual a la velocidad con las cuales son bloqueadas. Es la etapa que más lleva tiempo superar.
- **Tercera etapa:** En esta etapa se llega a la fractura del material, ya que el estrés al cual es sometido el material continúa y este acelera la velocidad de deformación. En la tabla 7 se presenta un resumen de lo mencionado anteriormente. (Termofluencia)

**Figura 5** Etapas de la termofluencia.

**Fuente:** («¿Qué es la Termofluencia o Creep?», 2019)

**Tabla 7** Ejemplo de un interlock.

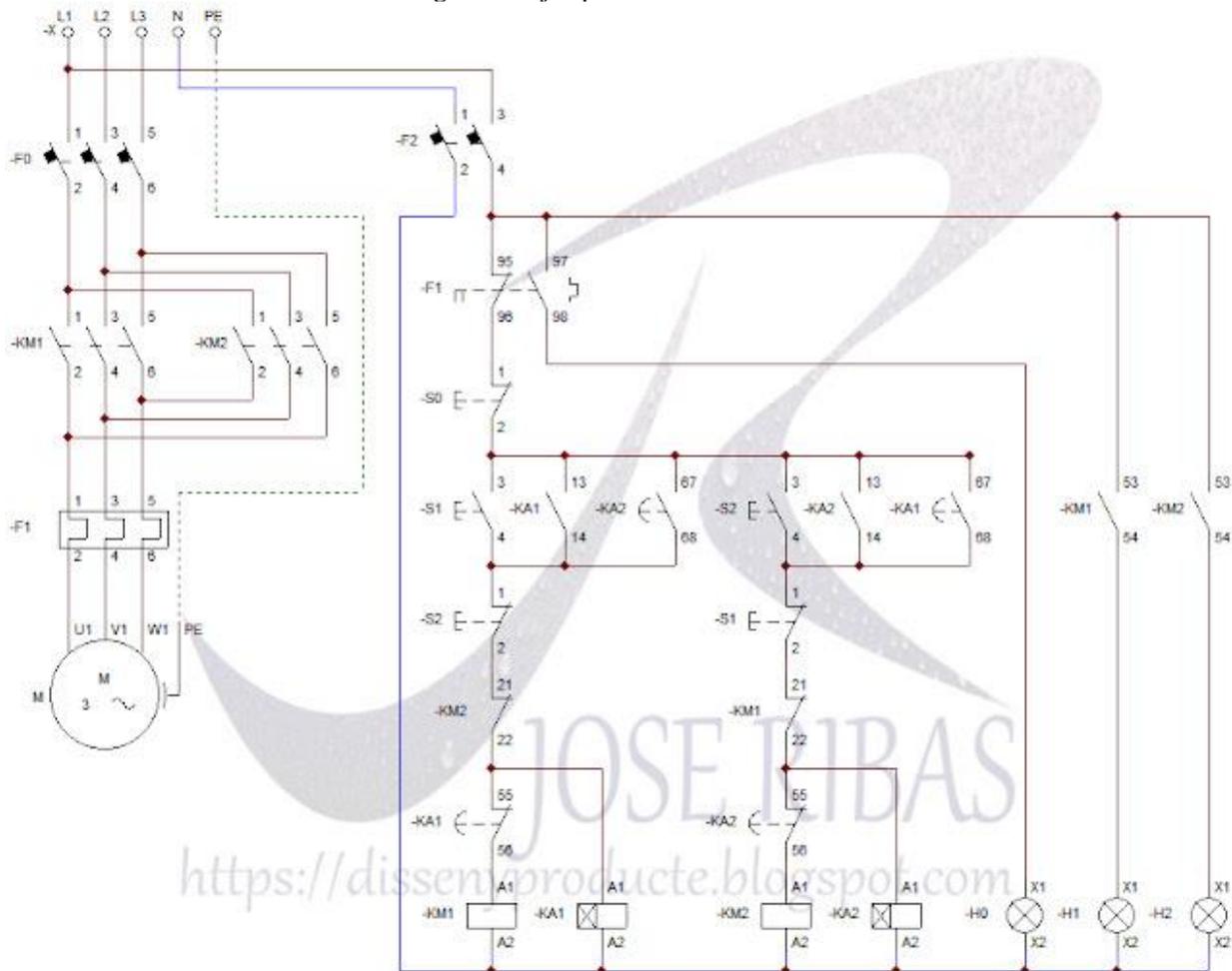
<b>Etapa</b>	<b>Descripción.</b>
<b>Primaria</b>	Endurecimiento y creep disminuye.
<b>Secundaria</b>	Creep en régimen permanente.
<b>Terciaria</b>	Creep aumenta rápidamente.

**Fuente:** («¿Qué es la Termofluencia o Creep?», 2019)

### 1.3. Lógica de control cableado y lógica de control programado

La lógica de control cableado, se basa sencillamente en la implementación de circuitos cableados donde se emplean, relevadores, contactores, temporizadores, etc. En la figura 6 se presenta un ejemplo de este tipo de lógica para controlar el sentido de giro de un motor eléctrico trifásico (Ribas, s. f.).

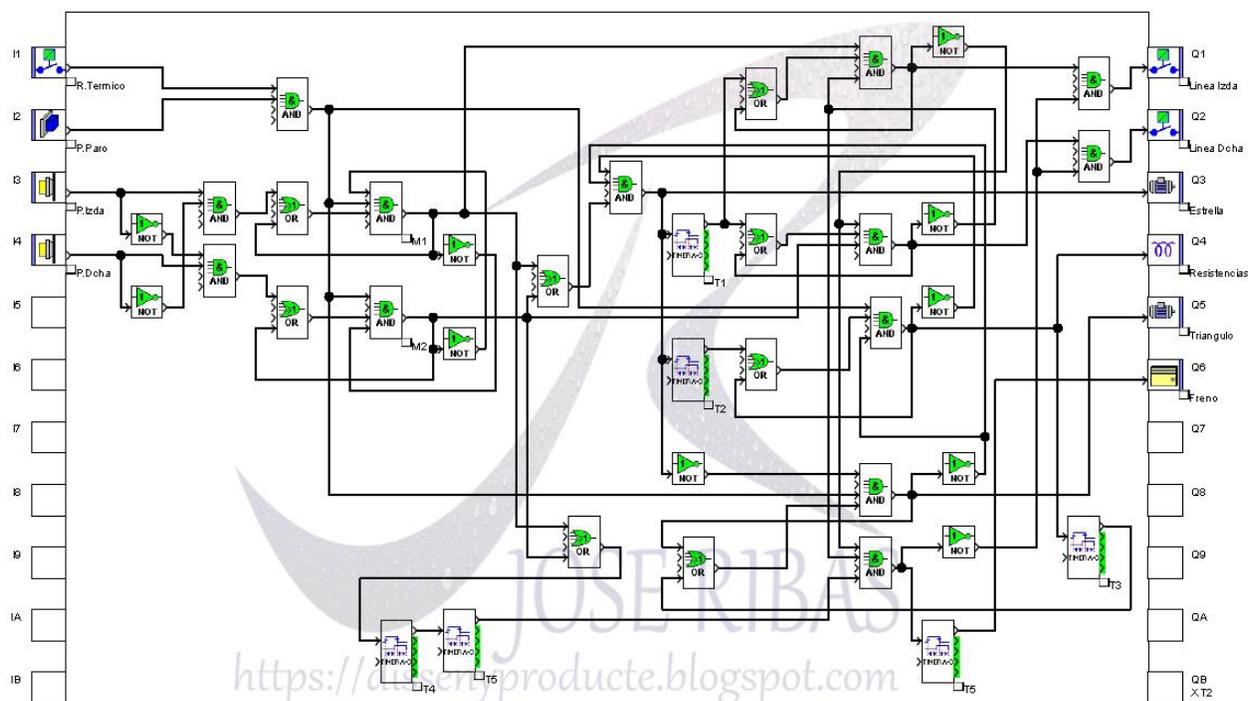
**Figura 6** Ejemplo de control cableado.



**Fuente:** (Ribas, s. f.)

La lógica de control programada es la contraria a la cableada, en esta se sustituyen los elementos como los relevadores, contractadores, etc. Por elementos programables como las compuertas lógicas (ver figura 7) entre otras.

**Figura 7** Lógica programada con compuertas lógicas.



Fuente: (Ribas, s. f.)

### 1.3.1. Operadores de mando.

Estos son elementos que permiten operar sobre el circuito sin necesidad de modificar su cableado, entre los cuales se encuentran (*ELEMENTOS DE MANDO O MANIOBRA*. s. f.), estos se presentan en la tabla 8.

**Tabla 8** Elementos de mando.

Elementos	Descripción.
<b>Interruptores</b>	Son los que se encargan de permitir el paso de la corriente. Un ejemplo de estos son los interruptores de la luz.
<b>Pulsadores</b>	Tiene el mismo funcionamiento de un interruptor solo que como su nombre lo dice, al ser pulsado, o energiza o corta la señal.

---

## Contractores

Funciona con principio magnético. Este aplica un voltaje a la bobina, la cual por medio del campo magnético mueve los contactos, cerrando así el circuito. Des energizada la bobina, los contactos vuelven a su posición inicial y el circuito es abierto nuevamente. Son ampliamente utilizados en el tema de seguridad.

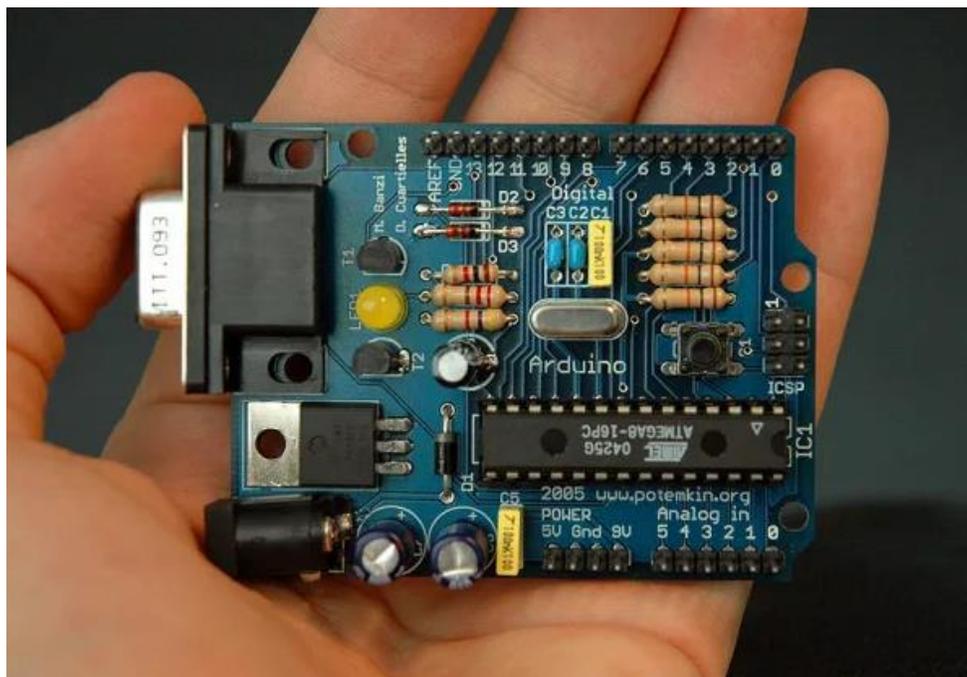
---

**Fuente:** (ELEMENTOS DE MANDO O MANIOBRA. s. f.),

### 1.4. Sistemas embebidos.

Para el caso de Arduino este se basa en la lógica de los microcontroladores, que es un circuito (Figura 8) el cual se puede cargar una instrucción para crear un programa que actúen sobre el circuito conectado a los puertos. En palabras más sencillas, Arduino es un mediador entre el ordenador y algún dispositivo físico. (Fundación Aquae, 2020).

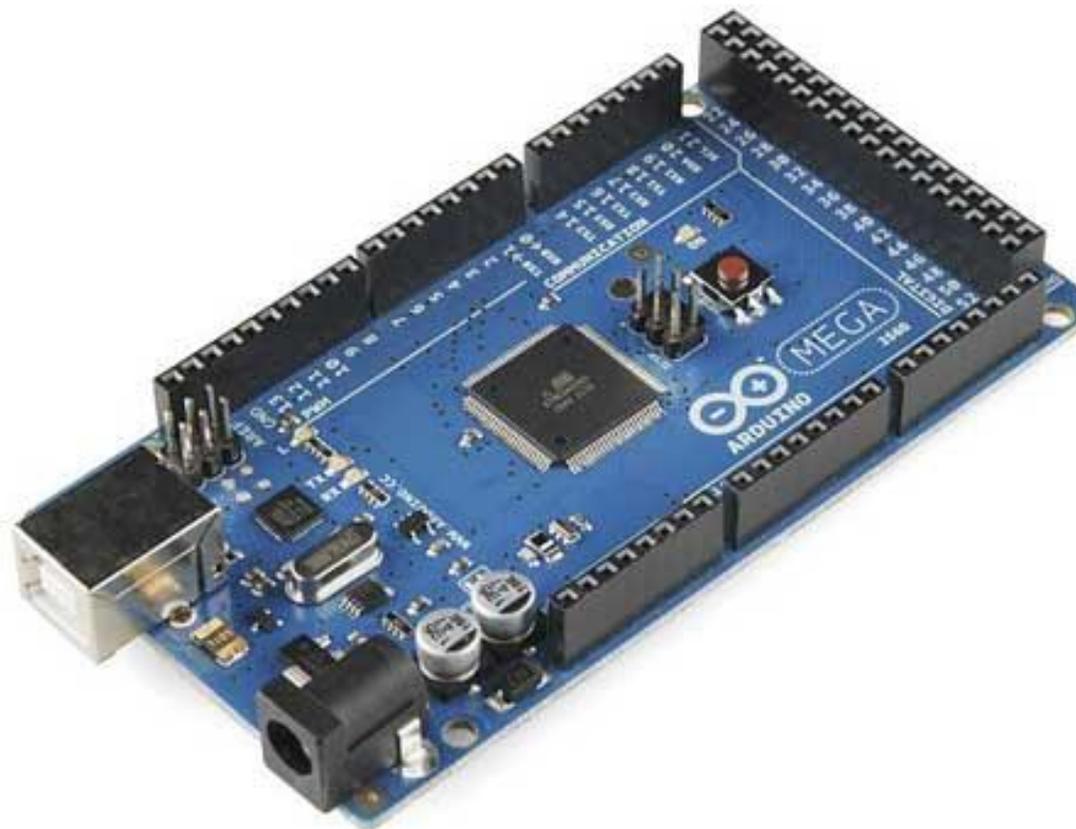
**Figura 8** Arduino



**Fuente:** Nicholas Zambetti under the Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0

Dentro de las amplias variedades que ofrece Arduino se encuentra la versión Mega (ver figura 9) que es la versión mejorada del Arduino UNO. Funciona con la misma lógica de microcontroladores que cualquier Arduino, solo que este consta con ciertas mejoras como lo son: pines digitales, analógicos, memoria y puertos de comunicación. (Carmenate, 2022).

**Figura 9** Arduino Mega



Fuente: (Carmenate, 2022)

### **1.5. Instrumentación industrial.**

Cuando nos referimos a la instrumentación industrial, hablamos acerca del control de procesos industriales automatizados, que miden variables físicas o químicas para el correcto control de los datos mediante las mediciones de estos. Algunos de los instrumentos más comunes en la instrumentación industrial, son los distintos tipos de sensores. Estos son dispositivos que, a partir de una señal recibida, en el ambiente que sea, arrojan una señal de salida. (Gutiérrez, M. & Iturraldi, S. 2017). Entre los sensores de interés están los sensores de presión (ver tabla 9) y de temperatura.

Tabla 9 Sensores de presión.

Sensor	Clasificación	Descripción.
<b>Presión. Estos elementos transforman la magnitud completa de la presión en una unidad eléctrica.</b>	Capacitivos.	En su interior presentan una cavidad deformable, esta cavidad deformable se llama condensador, y en la medida en la que la membrana del capacitor sea deformada, se va a presentar una señal eléctrica. La capacidad de deformación de la membrana es proporcional a la señal de voltaje emitida. (¿Qué es un sensor de presión?, 2022).
	<b>Piezoresistivos</b>	Tiene una membrana con galgas que detectan la deformación a causa de la presión. Este tipo de sensor debido a las conexiones internas reduce su sensibilidad y potencia su señal de salida. (¿Qué es un sensor de presión?, 2022).

**Fuente:** ¿Qué es un sensor de presión?, 2022.

Un sensor de interés es el Sensor de presión 4-20mA (Figura 10), ya que da una lectura muy precisa de la presión experimentada, y permite una fácil conexión pantallas digitales o cualquier registrador de señales. (4-20 mA / Transmisor de presión en tiempo real a largo plazo. (s. f.)).

**Figura 10** Sensor de Presión 4-20mA



Fuente: (4-20 mA / Transmisor de presión en tiempo real a largo plazo. (s. f.)).

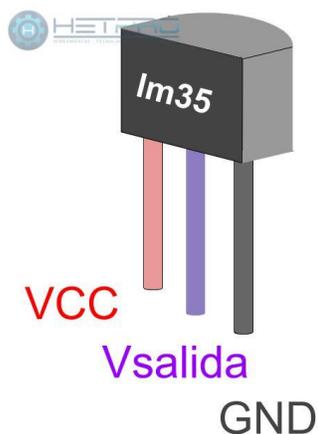
La temperatura en el sentido físico es una medida de la energía interna de algún elemento. Este se ve directamente relacionado con su energía cinética interna, a mayor energía cinética más caliente se va a encontrar. Esto traduce una temperatura alta.

Un sensor de temperatura es un componente electrónico que detecta la variación de la temperatura y la convierte en una señal eléctrica. Los sensores de temperatura más comunes y más utilizados son los termopares, también llamados termocuplas.

El principio de funcionamiento de las termocuplas se basa en la unión de dos metales de diferente material. El punto de unión de los metales se llama junta de medición, los extremos restantes son las juntas frías. La diferencia de temperaturas me va a generar una diferencia de potencial que va a ser la que es enviada al dispositivo. (Saldias, A. 2022), (Gutiérrez, M. & Iturraldi, S. 2017).

En este caso, el sensor de interés es el LM35 (Figura 11). Este es un sensor electrónico con un rango de medición de -55 grados Celsius a 150 grados Celsius. Es un sensor sencillo de utilizar ya que no necesita de un microcontrolador para leer el dato que arroja, con la lectura de salida de voltaje es suficiente. Para hacer la conversión, este sensor arroja 10mV por cada grado Celsius de temperatura. (LM35 - El sensor de temperatura más popular. 2018).

**Figura 11** Sensor LM35 con sus pines correspondientes.



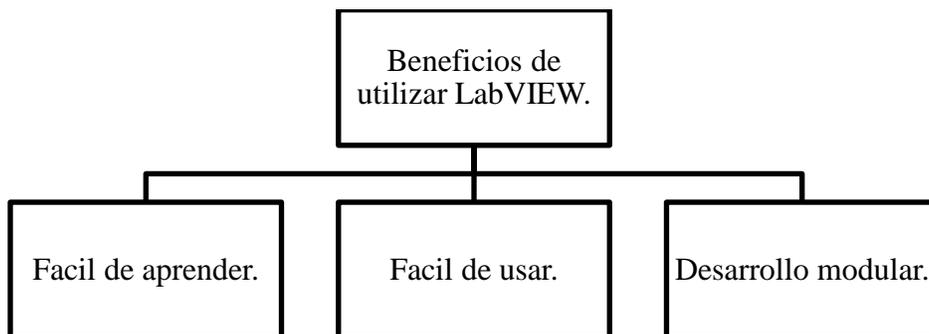
TO-92

Fuente: (LM35 - El sensor de temperatura más popular. 2018).

#### 1.4. Instrumentación virtual

En este apartado es importante señalar que la máquina de termofluencia de la UAN sede Bucaramanga utiliza como herramienta de control y monitoreo el software LabVIEW esto por los beneficios indicados en la figura 12.

**Figura 12** Beneficios de utilizar LabVIEW.

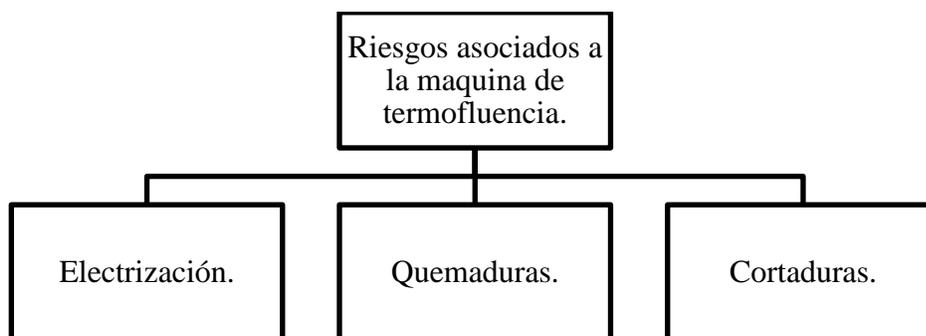


Fuente: (Arbolález et al. - Instrumentación virtual aplicada al monitoreo radi.pdf, s. f.)

## 2. Caracterización de riesgo de la máquina de termofluencia.

Antes de iniciar con el desarrollo de los objetivos de este trabajo de grado es necesario caracterizar los peligros y los riesgos asociados a la máquina de termofluencia (ver figura 13).

**Figura 13** Beneficios de utilizar LabVIEW.



**Fuente:** Autor.

En cuanto al riesgo por electrización está asociada a la energía eléctrica por contactos directos o indirectos, en cuanto a las quemaduras están asociadas a excesos de temperatura durante la prueba o no usar elementos de protección personal y en cuanto a las cortaduras están asociadas a alta presión que puede ser ocasionada ante una fuga.

Por esta razón para la operación de la maquina de termofluencia es necesario hacer uso de los elementos de protección personal indicados en la tabla 10.

**Tabla 10** Elementos de protección personal.

<b>Elementos de protección personal</b>	<b>Aplicación.</b>
<b>Gafas</b>	Evitan el ingreso de partículas en los ojos que pueden ser proyectadas durante la prueba.
<b>Guantes de vaqueta</b>	Evita que se produzcan quemaduras en las manos al manipular la probeta al momento de instarlo o retirarlo.
<b>Botas de seguridad.</b>	Evita que ocasionen lesiones en los pies ante la caída de una herramienta durante la ejecución de las pruebas.

**Fuente:** Autor.

Para continuar con el análisis de los riesgos asociados a la maquina de termofluencia se hace uso de la matriz RAM de la figura 14 evaluando los daños a las personas. Aquí se evalúan los tres riesgos indicados en la figura 8, a continuación, se detalla el análisis realizado.

- Electrización: La valoración es L dado que es posible que esta situación ocurra, pero ocasionaría lesiones leves que pueden ser atendidas a través de primeros auxilios.
- Quemaduras: La valoración es L.
- Cortaduras: La valoración es L.

**Figura 14** Matriz RAM.

		Consecuencias		Probabilidad				
				Improbable	Posible	Ocasional	Probable	
				Los controles y barreras establecidos hacen improbable la materialización de la consecuencia. Nunca se ha expresado. Difícil que ocurra. Puede ocurrir en circunstancias excepcionales.	Los controles y barreras establecidos hacen posible la materialización de la consecuencia. Ya se ha expresado alguna vez. Mediana probabilidad de ocurrencia.	Los controles y barreras establecidos hacen completamente probable la materialización de la consecuencia. Significativa probabilidad de ocurrencia.	Los controles y barreras establecidos hacen inminente la materialización de la consecuencia. Alta probabilidad de ocurrencia.	
Muy alta	Daño a personas	Medio ambiente	Una o más fatalidades de trabajadores	Daño extenso y disperso en un área y que puede restaurarse en un periodo superior a 1 año a su condición de uso inicial.	M (6)	H (7)	H (8)	VH (9)
	Alta	Incapacidad permanente (total o parcial) de trabajadores.	Daño localizado y extenso en un área y que puede restaurarse en un periodo de meses a su condición de uso inicial.	M (5)	M (6)	H (7)	H (8)	
	Media	Incapacidad temporal (mayor o igual a 1 día) de trabajadores	Daño localizado en un area sensible o al entorno inmediato y que puede restaurarse en un periodo de días o semanas a su condición de uso inicial. Afectación en predios de terceros (fuera de lo cercado por Ecopetrol).	L (4)	M (5)	M (6)	H (7)	
	Baja	Trabajo restringido o tratamiento médico o lesión leve de primer orden	Daño localizado y que puede restaurarse en un periodo de días o semanas a su condición de uso inicial.	L (3)	L (4)	M (5)	M (6)	

Fuente: Autor.

Antes de iniciar la práctica en la máquina de termofluencia se plantea la tabla 11 de tal forma que sirva de guía a los estudiantes y al docente para comprobar que son claros los riesgos asociados.

**Tabla 11** Diligenciar antes de una práctica.

<b>Nombre de estudiantes:</b>	de	1. 2. 3.	<b>Nombre de docente:</b>	1.
<b>Riesgos asociados a la actividad.</b>	a	1. 2. 3.	Herramientas utilizar:	a 1. 2. 3.
<b>Elementos de protección que se deben utilizar:</b>	de personal	1. 2. 3.		

**Fuente:** Autor.

Para finalizar esta caracterización se elabora la tabla 12, aquí se evidencia adicionalmente que el control a implementar es un diseño de ingeniería que evite la liberación del peligro y haga segura la operación para los estudiantes y profesores de la UAN sede Bucaramanga.

**Tabla 12** Caracterización de riesgos maquina de termofluencia.

<b>Fuente del peligro</b>	<b>Riesgo</b>	<b>Consecuencia</b>	<b>Control</b>
<b>Energía eléctrica</b>	Electrización.	Descargas por contactos indirectos.	Diseñar control de ingeniería para minimizar el riesgo.
<b>Alta temperatura</b>	Quemaduras	Daños en la piel originado por superficies calientes que son originadas por fallas en el control de temperatura.	Diseñar control de ingeniería para minimizar el riesgo.
<b>Alta presión.</b>	Cortaduras	Lesiones en ojos, manos o superficies expuestas ante un exceso de presión en el sistema.	Diseñar control de ingeniería para minimizar el riesgo.

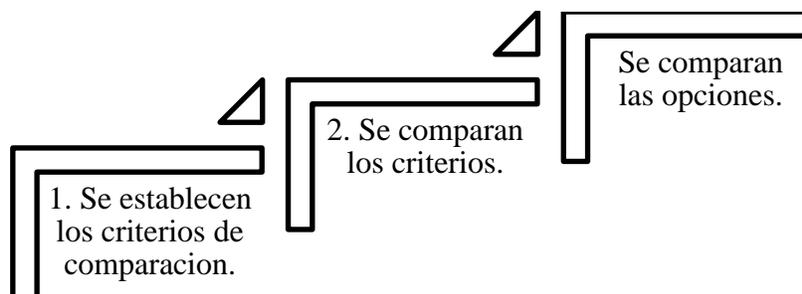
**Fuente:** Autor.

### 3. Ventanas operativas de la máquina de termofluencia

Una vez es claro que los peligros asociados a la maquina de termofluencia son de origen eléctrico, alta temperatura y alta presión se hace necesario entonces seleccionar cuales son los elementos o sensores necesario para garantizar la operación segura de la máquina y para ello lo primero es establecer cuales son las ventanas operativas.

Adicionalmente se utilizan las matrices de selección de Holmes y en la figura 15 se presentan cuales son los pasos a seguir y la ecuación 1 indica como se calcula el factor de ponderación y peso de la opción.

**Figura 15** Uso de matrices de Holmes.



**Fuente:** Autor.

**Ecuación 1** Factor de ponderación y peso de opción.

$$PO \text{ y } FP = \frac{\text{Suma}}{\text{Total}}$$

#### 3.1. Ventanas operativas

Para determinar las ventanas operativas es necesario hacer uso del documento elaborado por (Moron j & Murallas c, 2018) de este se obtiene la tabla 13, con esta información es suficiente para proceder a seleccionar la instrumentación y elementos necesario para lograr una operación segura de la maquina de termofluencia.

**Tabla 13** Caracterización de riesgos máquina de termofluencia.

<b>Variable</b>	<b>Rango</b>
<b>Voltaje</b>	120Vac
<b>Corriente</b>	1 A
<b>Temperatura</b>	120 °C
<b>Presión.</b>	2 toneladas

**Fuente:** Autor.

### 3.2 Selección de elementos para el sistema eléctrico

Para realizar la comparación de los criterios (ver tabla 14) que permiten seleccionar cual elementos es la mejor alternativa para garantizar una operación segura en el sistema eléctrico de la máquina de termofluencia son:

- Sensibilidad: Que actúe antes de entrar en contacto indirecto.
- Voltaje: Que soporte los 120Vac con los cuales opera la máquina.
- Corriente: Que soporte la corriente con la cual opera la máquina.

**Tabla 14** Comparación de criterios para seleccionar protección del sistema eléctrico.

	<b>Sensibilidad</b>	<b>Voltaje</b>	<b>Corriente</b>	<b>Suma</b>	<b>Factor de ponderación</b>
<b>Sensibilidad</b>		10	10	20	<b>0,50</b>
<b>Voltaje</b>	5		5	10	0,25
<b>Corriente</b>	5	5		10	0,25
	Total:			<b>40</b>	

**Fuente:** Autor.

Según el análisis anterior el criterio “Sensibilidad” es el de mayor relevancia dado que esto evitaría que se presenten contactos indirectos con los estudiantes o docentes lo cual evitaría que el riesgo de electrización se materialice. Después de esto se compararán las diferentes alternativas y para ello se hace uso de las tablas 15, 16 y 17.

Las alternativas a evaluar son, Uso de protección diferencial o GFCI, uso de protección termomagnética, uso de protección por sobrecargas.

**Tabla 15** Sensibilidad vs protecciones.

Sensibilidad	GFCI	Termomagnético	Sobrecarga	Suma	Peso de la opción
<b>GFCI</b>		10	10	20	<b>0,63</b>
<b>Termomagnético</b>	1		5	6	0,19
<b>Sobrecarga</b>	1	5		6	0,19
Total				<b>32</b>	

**Fuente:** Autor.

**Tabla 16** Voltaje vs protecciones.

Voltaje	GFCI	Termomagnético	Sobrecarga	Suma	Peso de la opción
<b>GFCI</b>		5	5	10	<b>0,33</b>
<b>Termomagnético</b>	5		5	10	0,33
<b>Sobrecarga</b>	5	5		10	0,33
Total				<b>30</b>	

**Fuente:** Autor.

**Tabla 17** Corriente vs protecciones.

Corriente	GFCI	Termomagnético	Sobrecarga	Suma	Peso de la opción
<b>GFCI</b>		5	5	10	<b>0,33</b>
<b>Termomagnético</b>	5		5	10	0,33
<b>Sobrecarga</b>	5	5		10	0,33
Total				<b>30</b>	

**Fuente:** Autor.

De este análisis se puede resolver a través de la tabla 18 que la mejor alternativa es utilizar una protección GFCI en la entrada del circuito de potencia y de esta forma proteger a las personas de contactos indirectos.

**Tabla 18** Matriz final para seleccionar protección eléctrica.

Protección	Sensibilidad			Voltaje			Corriente			Puntaje final
	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	
<b>GFCI</b>	0,50	0,63	<b>0,31</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	<b>0,48</b>
<b>Termomagnético</b>	0,50	0,19	<b>0,09</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	0,26

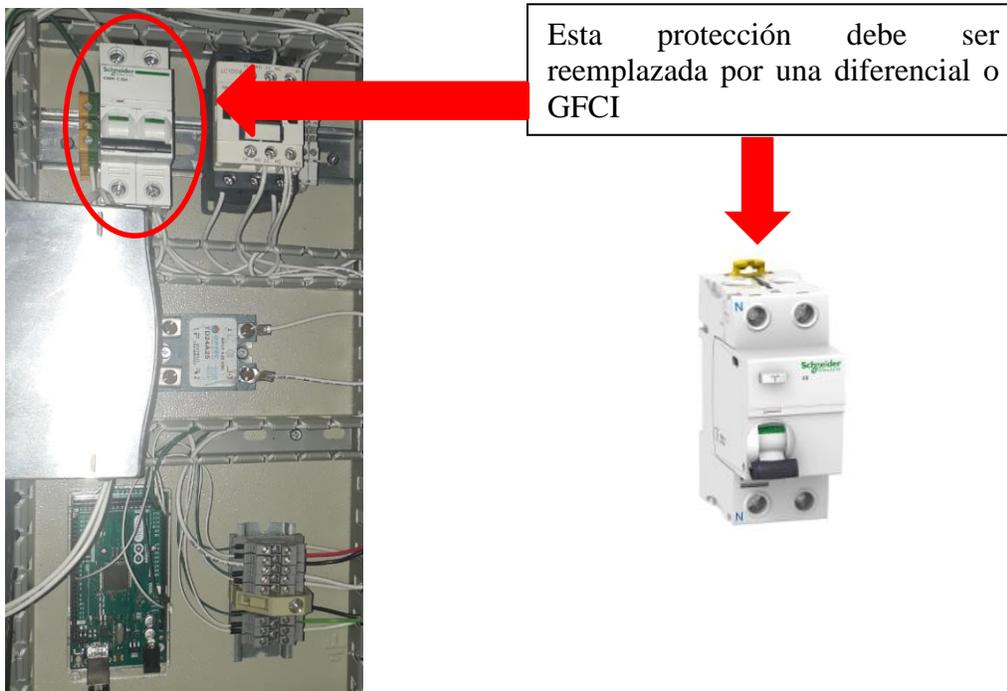
<b>Sobrecarga</b>	0,50	0,19	<b>0,09</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	0,25	0,33	<b>0,083</b>	0,26
-------------------	------	------	-------------	------	------	--------------	------	------	--------------	------

Fuente: Autor.

### 3.2.1. Selección de protección eléctrica para evitar contactos indirectos

En este momento es claro que la mejor alternativa para evitar un contacto indirecto en la maquina de termofluencia es utilizar una protección diferencial o GFCI entonces se hace necesario determinar exactamente cual elemento utilizar y como implementarlo, del tablero de control indicado en la figura 16 se observa cual es el elemento que debe ser reemplazado.

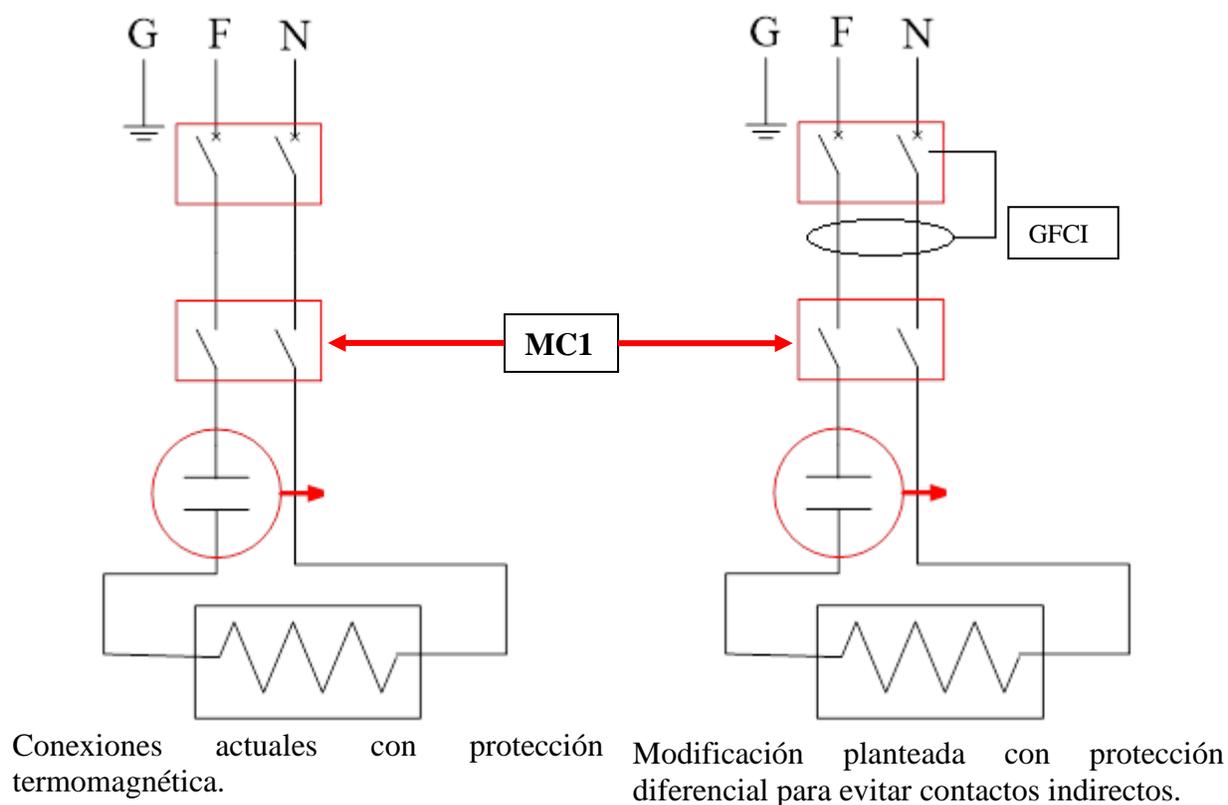
**Figura 16** Cambio a realizar en tablero de control.



Fuente: Autor.

El cambio que se debe realizar en el circuito de potencia eléctrica queda registrado en la figura 17 aquí se observa que se cambia una protección termomagnética por una diferencial con sensibilidad de 10mA.

**Figura 17** Modificación del circuito de potencia.



**Fuente:** Autor.

Esta protección garantiza que es posible dar cumplimiento al RETIE numeral 9.1 Electropatología donde se estipula que los riesgos de origen eléctrico pueden ser por contacto indirecto, pero como la protección garantiza disparo a 10mA se garantiza que el 98.5% de los hombres y 60% de las mujeres se protegerían ante una falla en la máquina de termofluencia, esto se observa en la tabla 19.

**Tabla 19** Personas que se protegen ante una falla de origen eléctrico.

Corriente de disparo	6mA	10mA	20mA	30mA
Hombres	100%	98.5%	7.5%	0%
Mujeres.	99.5%	60%	0	0%

**Fuente:** RETIE, p. 42.

En el ANEXO I, se observa la hoja de datos de la protección seleccionada de la marca Schneider electric.

### 3.3. Selección de elementos para protección de sobre temperatura

Para realizar la selección del sistema protección que evite excesos de temperatura en la maquina de termofluencia y que actúe de forma redundante al sistema de control lo cual garantice una operación segura hace que se establezcan los siguientes criterios (ver tabla 20) para realizar su selección.

- Salida a contacto: Esto permite enlazar la señal con el circuito de potencia y supervisión de LabVIEW.
- Rango de medición: Debe tener la capacidad de medir 120°C.
- Tensión de trabajo: Operar a 120V.

**Tabla 20** Criterios para seleccionar protección por alta temperatura.

	Salida a contacto	Rango	Tensión	Suma	Factor de ponderación
Salida a contacto		10	10	20	<b>0,63</b>
Rango	1		5	6	0,19
Tensión	1	5		6	0,19
Total				<b>32</b>	

**Fuente:** Autor.

Según el análisis anterior el criterio “Salida de contacto” es el de mayor relevancia ya que este permitiría enlazar la señal de control y potencia. Después de esto se comprarán las diferentes alternativas y para ello se hace uso de las tablas 21, 22 y 23.

**Tabla 21** Salida contacto vs protecciones.

Salida a contacto	Termostato	Bimetálico	Termocupla	Suma	Peso de la opción
Termostato		10	10	20	<b>0,83</b>
Bimetálico	1		1	2	0,08
Termocupla	1	1		2	0,08
Total				<b>24</b>	

Fuente: Autor.

Tabla 22 Rango vs protecciones.

Rango	Termostato	Bimetálico	Termocupla	Suma	Peso de la opción
Termostato		5	5	10	<b>0,33</b>
Bimetálico	5		5	10	0,33
Termocupla	5	5		10	0,33
Total				<b>30</b>	

Fuente: Autor.

Tabla 23 Tensión vs protecciones.

Tensión	Termostato	Bimetálico	Termocupla	Suma	Peso de la opción
Termostato		5	5	10	<b>0,31</b>
Bimetálico	1		1	2	0,06
Termocupla	10	10		20	0,63
Total				<b>32</b>	

Fuente: Autor.

De este análisis se puede resolver a través de la tabla 24 que la mejor alternativa es utilizar una protección tipo termostato y de esta forma garantizar una operación segura evitando excesos de temperatura.

Tabla 24 Matriz final para seleccionar protección por alta temperatura.

Protección por alta temperatura	Salida a contacto			Rango			Tensión			Puntaje final
	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	
<b>Termostato</b>	0,63	0,83	<b>0,52</b>	0,19	0,33	<b>0,063</b>	0,19	0,31	<b>0,059</b>	<b>0,64</b>
<b>Bimetálico</b>	0,63	0,08	<b>0,05</b>	0,19	0,33	<b>0,063</b>	0,19	0,06	<b>0,012</b>	0,13
<b>Termocupla</b>	0,63	0,08	<b>0,05</b>	0,19	0,33	<b>0,063</b>	0,19	0,63	<b>0,117</b>	0,23

Fuente: Autor.

### 3.3.1. Selección del termostato de protección por alta temperatura

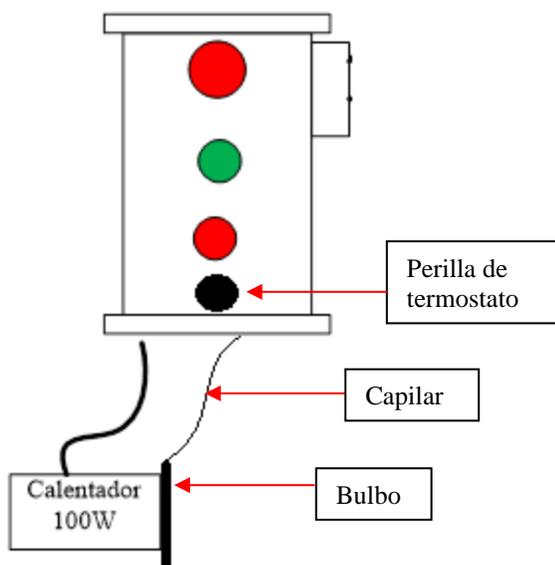
A través de las matrices de selección se estable que el termostato presenta la mejor alternativa para evitar excesos de temperatura y en el ANEXO II se presenta la hoja de datos, en la tabla 25 se observan las principales características del termostato TS320SR. Adicionalmente en la figura 18 se observa una visión general del sistema planteado, aquí el bulbo se ubica sobre la resistencia de calefacción, el capilar entra a la caja de control y en el panel se ubica la perilla.

**Tabla 25** Características de termostato RAIBOW TS320SR

Variable	Descripción
Temperatura.	50°C – 320 °C
Tensión	120 V
Corriente	16 A.

Fuente: Autor.

**Figura 18** Adecuación al tablero de control.



Fuente: Autor.

### 3.4. Selección de elementos de protección para sobre presión

Para el caso de los elementos de protección contra excesos de presión en el sistema se plantea realizar la instalación de un elemento que evite esta situación, es por ello que se utilizan los criterios mencionados a continuación (ver tabla 26).

- Actúe automáticamente.
- Actúe manualmente.
- Actúe remotamente.

**Tabla 26** Criterios para seleccionar protección por sobrepresión.

Criterios	Automático	Manual	Remoto	Suma	Factor de ponderación
<b>Automático</b>		10	10	20	<b>0,63</b>
<b>Manual</b>	1		1	2	0,06
<b>Remoto</b>	5	5		10	0,31
			Total	<b>32</b>	

**Fuente:** Autor.

Según el análisis anterior el criterio “Actúe automáticamente” es el de mayor relevancia ya que este independientemente del sistema de control actuara ante un evento de sobre presión. Después de esto se compararán las diferentes alternativas y para ello se hace uso de las tablas 27, 28 y 29.

**Tabla 27** Alternativas vs automático.

Automático	PSV	Válvula manual	Electroválvula	Suma	Peso de la opción
<b>PSV</b>		10	10	20	<b>0,83</b>
<b>Válvula manual</b>	1		1	2	0,08
<b>Electroválvula</b>	1	1		2	0,08
			Total	<b>24</b>	

**Fuente:** Autor.

**Tabla 28** Alternativas vs manual.

Manual	PSV	Válvula manual	Electroválvula	Suma	Peso de la opción
<b>PSV</b>		1	1	2	<b>0,09</b>
<b>Válvula manual</b>	5		5	10	0,45
<b>Electroválvula</b>	5	5		10	0,45

Total	22
-------	----

Fuente: Autor.

Tabla 29 Alternativas vs remoto.

Remoto	PSV	Válvula manual	Electroválvula	Suma	Peso de la opción
PSV		1	1	2	0,08
Válvula manual	1		1	2	0,08
Electroválvula	10	10		20	0,83
Total				24	

Fuente: Autor.

De este análisis se puede resolver a través de la tabla 30 que la mejor alternativa es utilizar una protección tipo PSV ya que actuaría de forma automática ante una eventual sobre presión en el sistema hidráulico.

Tabla 30 Matriz final para seleccionar protección por sobre presión.

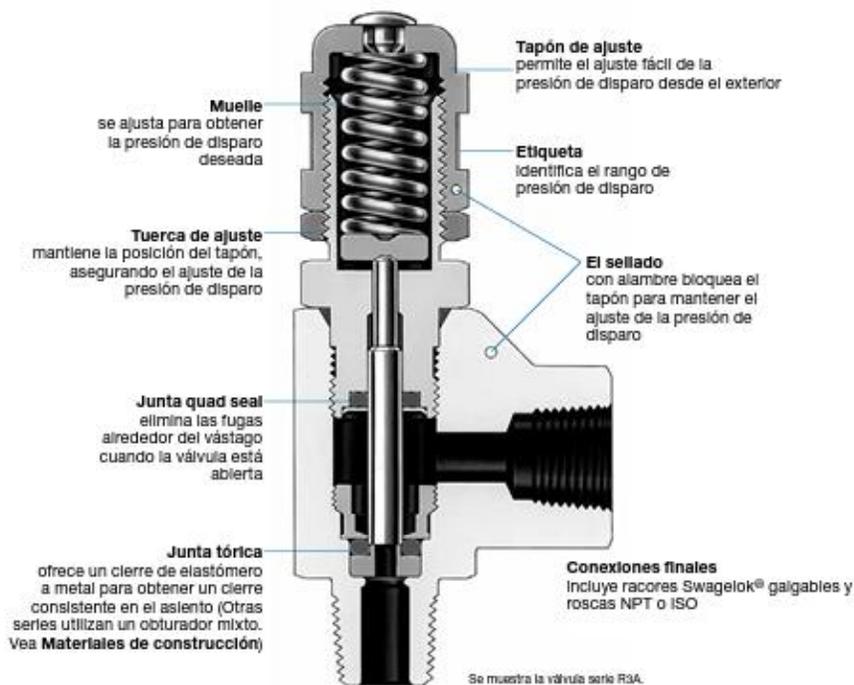
Protección por alta presión	Automático			Manual			Remoto			Puntaje final
	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	FP	PO	Valor	
PSV	0,63	0,83	0,52	0,06	0,09	0,006	0,31	0,08	0,026	0,55
Válvula manual	0,63	0,08	0,05	0,06	0,45	0,028	0,31	0,08	0,026	0,11
Electroválvula	0,63	0,08	0,05	0,06	0,45	0,028	0,31	0,83	0,260	0,34

Fuente: Autor.

### 3.4.1. Selección de PSV para circuito hidráulico

En la figura 19 se presentan los elementos que componen una PSV “pressure safety valve” de la marca Swagelok, adicionalmente en la tabla 31 se presentan los datos técnicos de la serie R donde se puede concluir que la referencia a utilizar es la serie R3A ya que tiene un rango ajustable entre 50psi y 6000psi.

**Figura 19** Elementos de una PSV



**Fuente:** Hoja de datos Swagelok.

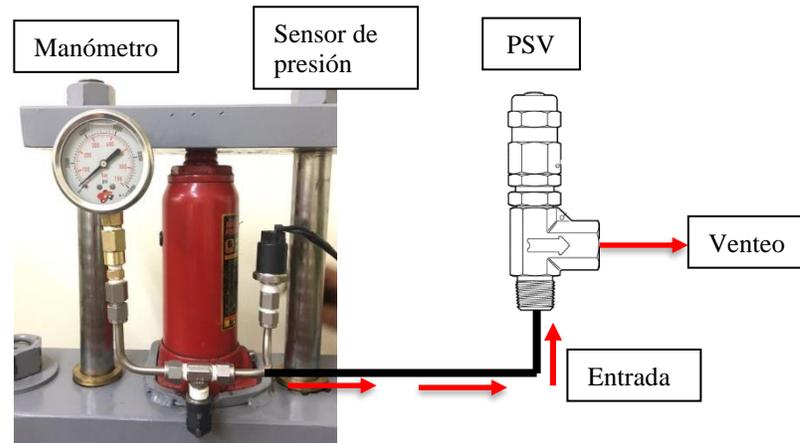
**Tabla 31** Matriz final para seleccionar protección por sobre presión.

Serie	R3A	R4	RL3 y RL4
<b>Presión de servicio de entrada</b>	6000psi	6000psi	300psi
<b>Presión de servicio de salida.</b>	1500psi	2500psi	225psi
<b>Presión de ajuste.</b>	50psi – 6000psi	50-1500psi	10psi-225psi

**Fuente:** Hoja de datos Swagelok.

En la figura 20 se presenta como se implementaría la PSV en el sistema actual, esta se conectaría paralelo al manómetro y al sensor de presión que envía la señal a la tarjeta de adquisición de datos “Arduino Mega” y que se encuentra conectado al software LabVIEW.

**Figura 20** Conexión de PSV al sistema hidráulico.

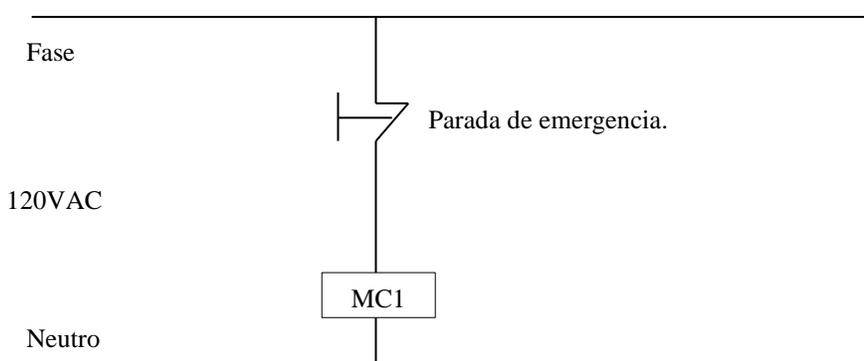


**Fuente:** Autor.

## 4. Diseño de lógica de control cableada

Antes de entrar en mayores detalles es necesario aclarar que la maquina actualmente solo cuenta con un botón de parada de emergencia que debe ser actuado manualmente por el estudiante o docente que vea una condición insegura durante la ejecución de la prueba que al actuarlo desenergiza MC1, en la figura 21 se presenta el circuito de control cableado actual el cual debe ser claro antes de continuar ya que sobre este se realizarán una serie de modificaciones.

**Figura 21** Circuito de control cableado actual de la maquina de termofluencia.



**Fuente:** Autor.

Adicionalmente se hace necesario identificar cuales son los pines que son utilizado en la Arduino Mega, esto es claro en el documento de (Moron j & Murallas c, 2019) en la tabla 32 se indica cuales son estos pines para no utilizarlos en las modificaciones planteadas.

**Tabla 32** Pines utilizado actualmente por el Arduino Mega.

<b>PIN</b>	<b>Función</b>
<b>A14</b>	Señal de temperatura.
<b>A15</b>	Señal de presión.
<b>2</b>	Salida PWM para controlar relé de estado sólido.

**Fuente:** Autor.

### 4.1. Diseño de control cableado para evitar contactos indirectos

Para evitar contactos indirectos se plantea utilizar una protección GFCI en la entrada de potencia como se observa en a figura 12 item 4.2 de este documento, ahora bien para asegurar a que ante una falla de aislamiento que dispare la protección GFCI se plantea conectar un relevador aguas debajo de esta protección (ver figura 22) de tal forma que cuando esta se actúe el relé (R1)

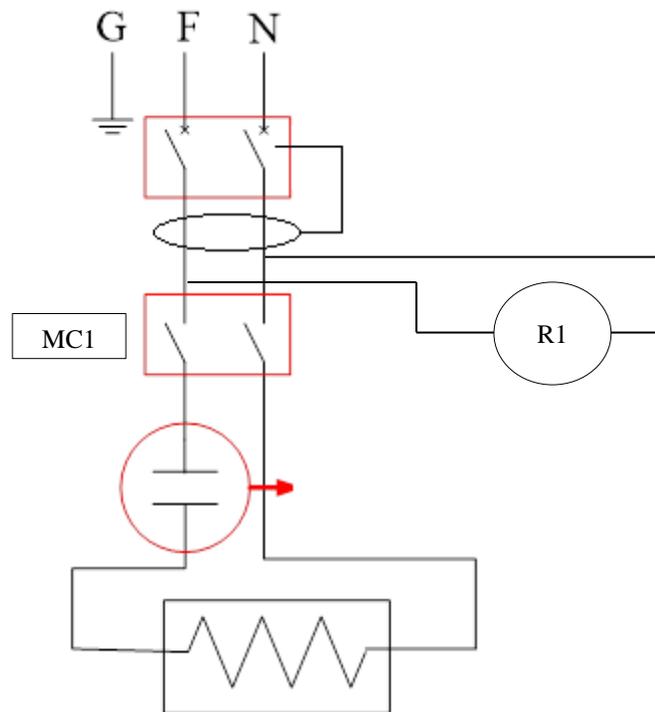
se desenergice y se conmuten el contacto que abre el contactor MC1 como se observa en la figura 23, esto se explica en la matriz causa efecto de la tabla 33.

**Tabla 33** Matriz causa efecto para evitar contactos indirectos.

Causa	Efecto	Consecuencias
Se dispara la protección GFCI	Se desenergiza R1	Se desenergiza MC1 y de esta forma se apaga la maquina de termofluencia de forma automática evitando un contacto indirecto.

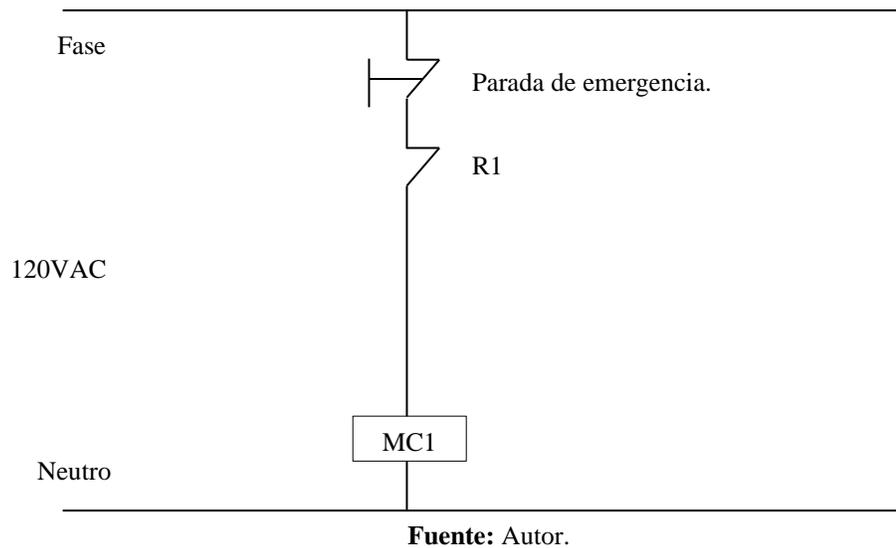
**Fuente:** Autor.

**Figura 22** Circuito de control cableado para detectar falla de aislamiento.



**Fuente:** Autor.

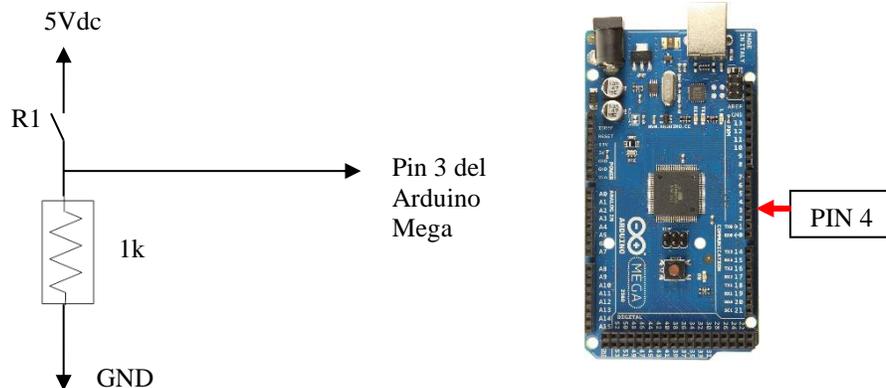
**Figura 23** Circuito de control cableado para detectar falla de aislamiento desactivando MC1.



#### 4.1.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW de falla a tierra

Ahora bien, para que se identifique desde el sistema de control que se ha detectado una falla de aislamiento que ha ocasionado que el GFCI se desconecte y por ende que se desactive el relevador R1 se plantea utilizar uno de los contactos normalmente abiertos N.O. En la figura 24 se plantea el esquema de conexión que debe ser conectado en el PIN 3 del Arduino Mega y de esta forma el sistema de control detectara que se ha evitado un contacto indirecto protegiendo al usuario que se encuentra operando la maquina de termofluencia.

**Figura 24** Circuito de acondicionamiento de señal para detectar conmutación de GFCI.



La resistencia se polariza con la alimentación de la placa Arduino Mega y se utiliza la referencia GND común para todo el circuito. En la tabla 34 se presenta qué estado se presenta cuando esta activado o desactivado R1.

**Tabla 34** Estados tras conmutación de R1.

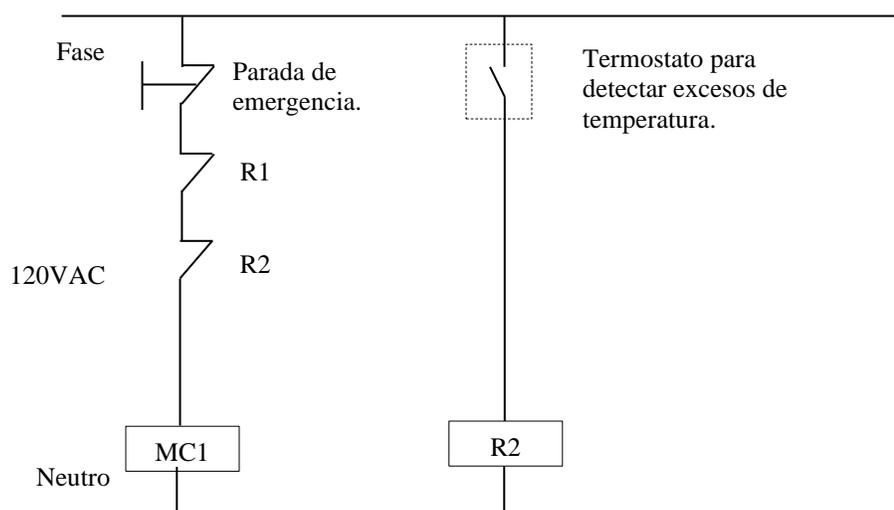
Estado de contacto R1	Indicación	Observaciones.
Abierto	Sistema opera normalmente.	El relevador R1 esta energizado
Cerrado	Se ha presentado falla.	El relevador R1 esta apagado.

Fuente: Autor.

#### 4.2. Diseño de control cableado para evitar excesos de temperatura.

Actualmente la maquina de termofluencia cuenta con un lazo cerrado para controlar la temperatura de la probeta en prueba, sin embargo para garantizar un sistema redundante se plantea utilizar un termostato que tendrá dos funciones, la primera de ellas es cortar el flujo de corriente a la bobina de MC1 y de esta forma des energizar la máquina, la segunda es conmutar un contacto que enviara la información al sistema de adquisición de datos e informara al usuario que se ha detectado un exceso de temperatura. En la figura 25 se presenta el esquema de conexión del circuito de potencia.

**Figura 25** Circuito de control cableado para detectar exceso de temperatura desactivando MC1.



Fuente: Autor.

En la tabla 35 se presenta una matriz causa efecto donde se evidencian los pasos que ocurren y las acciones que se desencadenan cuando el termostato detecta que se ha producido un exceso de temperatura.

**Tabla 35** Estados de activación de alarma por alta temperatura.

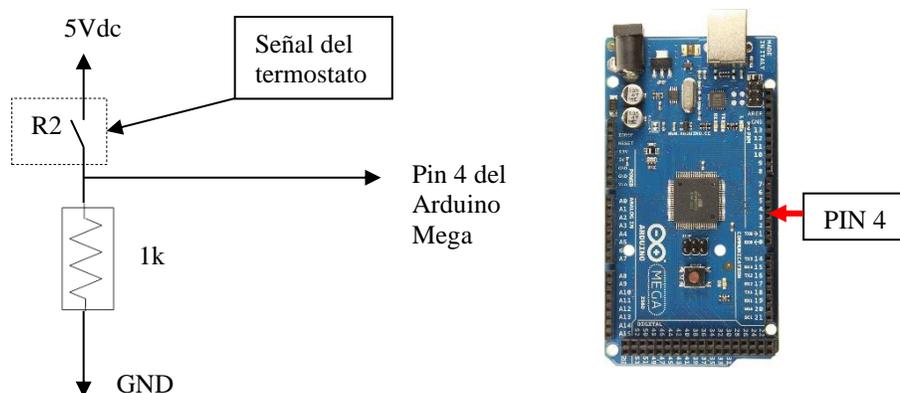
Causa	Efecto	Consecuencias
Se activa el termostato por alta temperatura durante la prueba.	Se energiza R2	Se desenergiza MC1 y de esta forma se apaga la máquina de termofluencia de forma automática evitando un riesgo de quemaduras.

Fuente: Autor.

#### 4.2.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW.

Para realizar el acondicionamiento de señal lo que se debe realizar es al igual que para el caso de la alarma para evitar contactos indirectos es utilizar una resistencia de 1kohm y utilizar uno de los contactos del relevador R2 conectado tal como se indica en la figura 26, adicionalmente esta señal se conectara en el PIN 4 de la placa Arduino Mega.

**Figura 26** Circuito de acondicionamiento de señal para detectar excesos de temperatura.



Fuente: Autor.

### 4.3. Diseño de control cableado para evitar excesos de presión

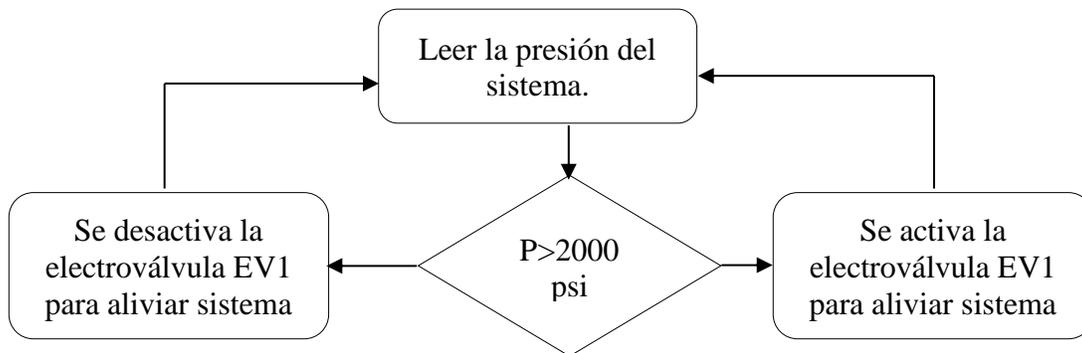
Para evitar excesos de presión se plantea utilizar una PSV R3A marca Swagelok, sin embargo, adicionalmente se plantea un sistema de venteo adicional que actúe antes de la activación de la PSV, para ello se hace uso de la señal del sensor de presión de 0-5000psi con el que ya cuenta la maquina de termofluencia. En el diagrama de flujo de la figura 27 se presenta la operación de esta función y en la tabla 36 se presenta la matriz causa efecto de los eventos que se desarrollarían de forma automática.

**Tabla 36** Estados de activación de alarma por alta temperatura.

Causa	Efecto	Consecuencias
<b>Presión superior a 2000psi</b>	Se activa EV1	Se libera la presión del sistema.
<b>Presión inferior a 2000psi</b>	Se desactiva EV1	La presión del sistema está dentro de límites normales.

Fuente: Autor.

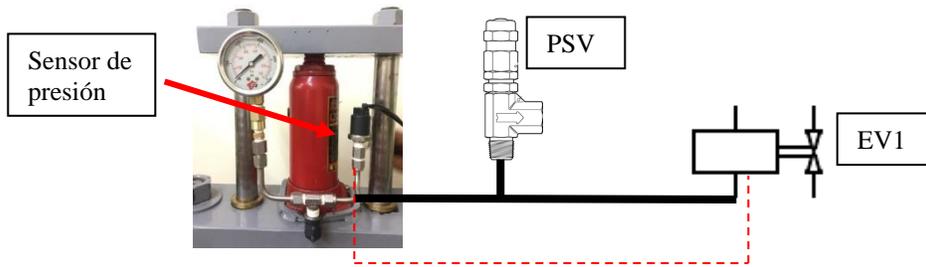
**Figura 27** Algoritmo para detectar excesos de presión en el sistema hidráulico.



Fuente: Autor.

Adicionalmente en la figura 28 se plantea como se realizaría la conexión con el sistema hidráulico y la electroválvula EV1.

**Figura 28** Propuesta de venteo para sistema hidráulico.

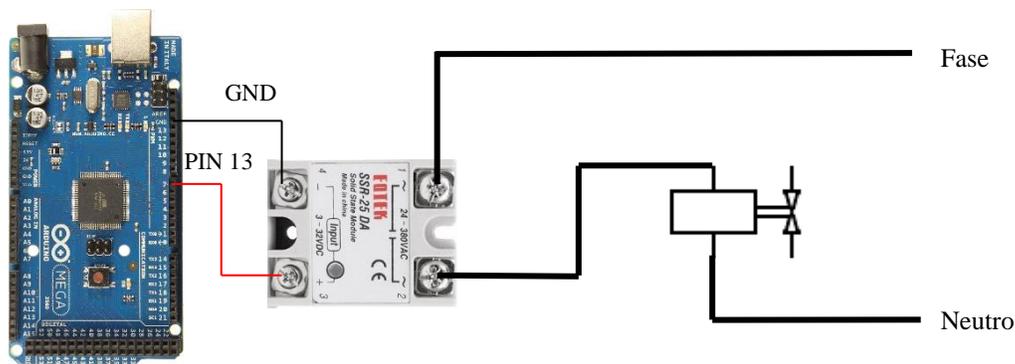


Fuente: Autor.

#### 4.3.1. Acondicionamiento de señal para conexión a LabVIEW por exceso de presión

En este caso el acondicionamiento de señal consiste en indicar cuales son las conexiones necesarias para activar la válvula EV1 ante un exceso de presión, teniendo en cuenta que los I/O digitales pueden ser programados como entradas o salidas se plantea utilizar la salida digital PIN 13 y la conexión de esta para activar EV1 se indica en la figura 29, aquí se utiliza un relé de estado solido DC/AC cuya señal de control es de 4-32Vdc y de potencia es de máximo 250V/5A.

**Figura 29** Acondicionamiento de señal para activar EV1.

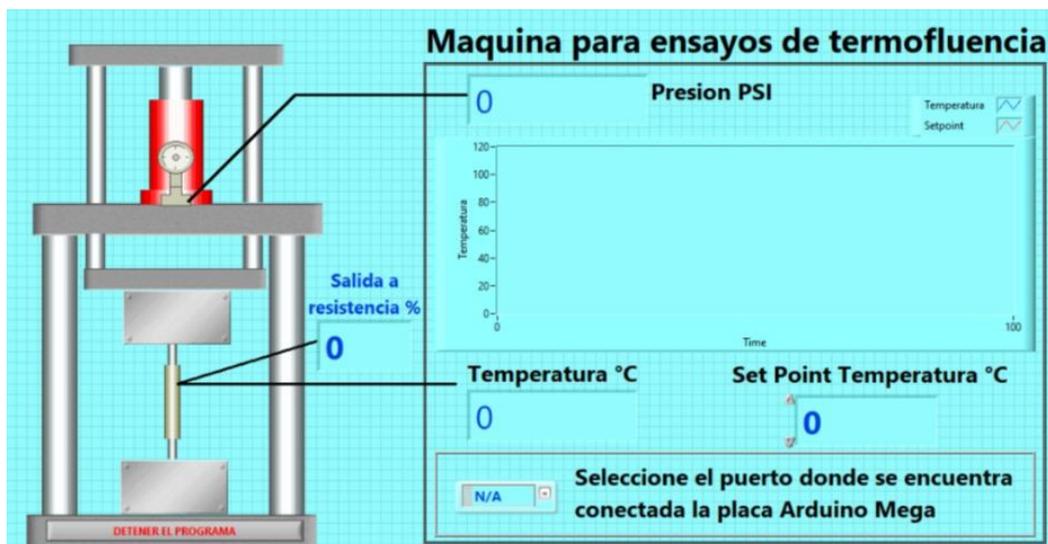


Fuente: Autor.

## 5. Rediseño de los algoritmos de control de LabVIEW

Antes de entrar a rediseñar los algoritmos de control que actualmente se encuentran implementados en la maquina de termofluencia de la UAN sede Bucaramanga, es necesario saber como operan estos, es por ello que se presenta la figura 30, aquí se puede observar los elementos con los cuales interactúa el usuario, sin embargo, no se evidencia ninguna condición de protección que permita una operación segura de la máquina.

**Figura 30** Panel frontal actual de la maquina de termofluencia.



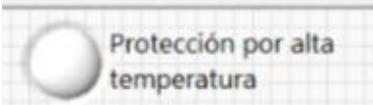
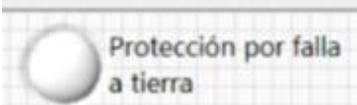
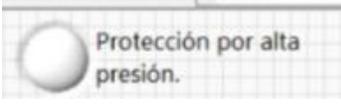
**Fuente:** Autor.

Esto entonces hace reconocer la necesidad de realizar modificaciones en el panel frontal como en el diagrama de bloques tal como se vera a continuación.

### 5.1. Rediseño en el panel frontal

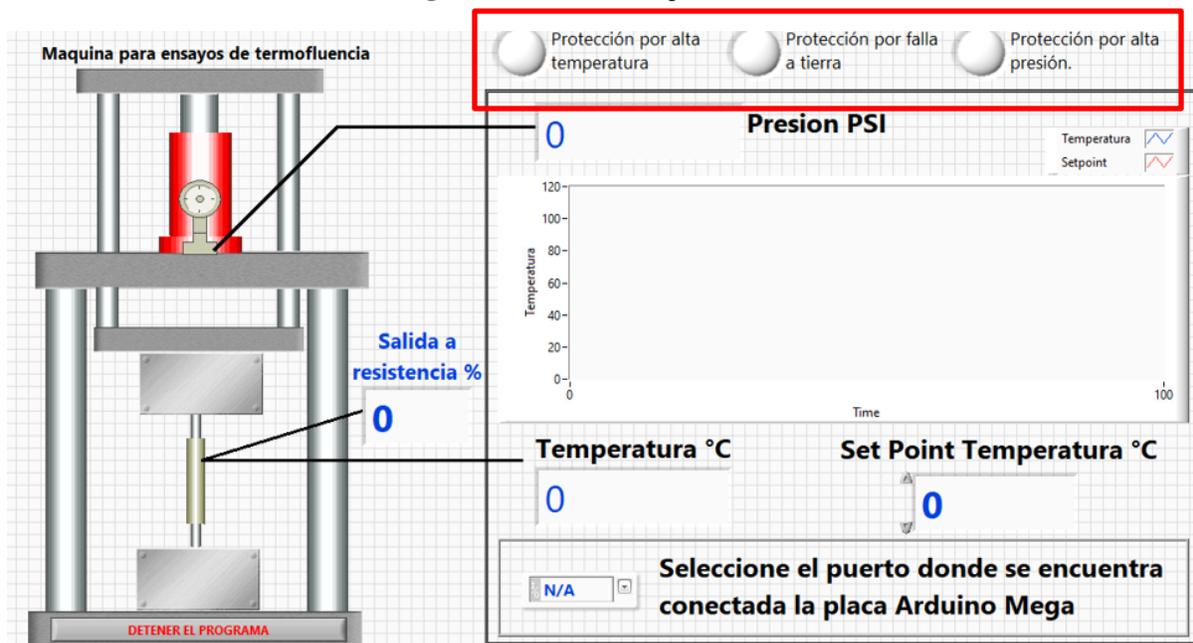
Para ser acorde con el objetivo planteado el cual busca que sea posible visualizar los estados de alarma durante una prueba, se modifica el panel frontal tal como queda registrado en la figura 31, adicionalmente se modifica el color del fondo a blanco y en la tabla 37 se describen los botones de visualización incluidos.

**Tabla 37** Botones de visualización incluidos.

Botón.	Función.	Condición insegura que detecta
	Cuando detecta que se ha presentado un exceso de temperatura y conmuta el rele R2 se activa la entrada digital ubicada en el PIN 4 y esto ocasiona que el indicador piloto cambie a color rojo.	Alta temperatura
	Cuando se activa la protección GFCI y se desactiva el relevador R1 hace que la entrada digital ubicada en el PIN 4 cambie de estado e indique esta condición modificando el color a rojo.	Contacto indirecto
	Cuando el sensor de presión detecta mas de 2000psi se activa la electroválvula EV1 y adicionalmente hace que el indicador cambie de estado a color rojo.	Alta presión.

**Fuente:** Autor.

**Figura 31** Rediseño del panel frontal.

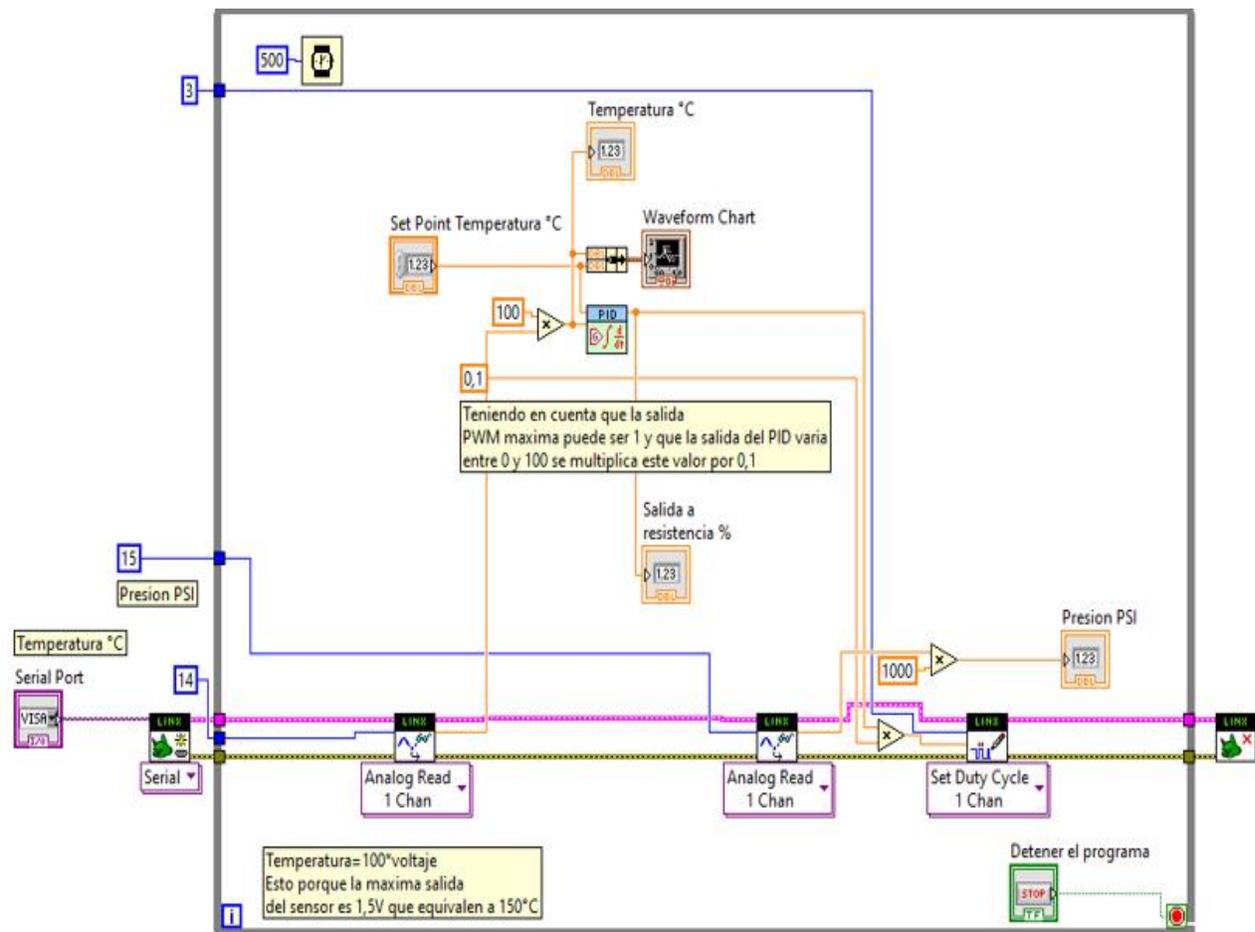


**Fuente:** Autor.

## 5.2. Rediseño del diagrama de bloques

Esta etapa se divide en tres eventos que permiten visualizar los acontecimientos que ocurren en la maquina de termofluencia durante la prueba. En la figura 32 se observa el diagrama de bloques actual este se debe tener en cuenta para poder identificar cuales fueron las modificaciones realizadas.

**Figura 32** Diagrama de bloques actual de la maquina de termofluencia.



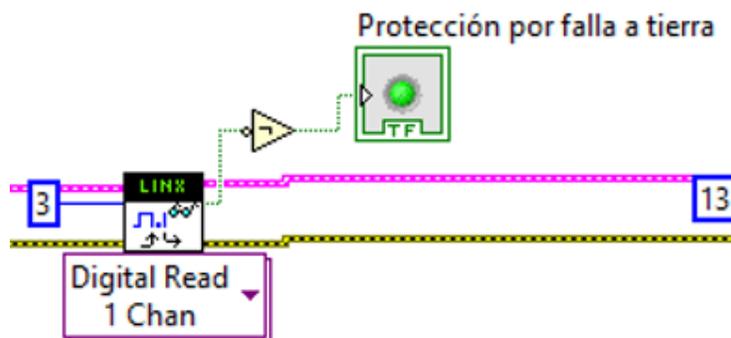
Fuente: Autor.

### 5.2.1. Lectura de falla a tierra para proteger de contactos indirectos en LabVIEW

Para realizar la lectura de la entrada digital que detecta cuando se presente una falla a tierra se propone utilizar un bloque llamado “LINX Digital Read” (ver figura 33). Cuando se active la protección GFCI la cual busca evitar un contacto indirecto se activará el indicador piloto del panel

frontal, ahora bien, como la señal proviene de un contacto normalmente cerrado se usa la opción Not antes del indicador.

**Figura 33** Rediseño de diagrama de bloques para evitar contactos indirectos.



Fuente: Autor.

### 5.2.2. Lectura de exceso de temperatura en LabVIEW

Para realizar la lectura de la entrada digital que detecta cuando se presente un exceso de temperatura se propone utilizar un bloque llamado “LINX Digital Read” (ver figura 34). Cuando el termostato detecte falla que busca evitar alguna posibilidad de quemadura se activará el indicador piloto del panel frontal.

**Figura 34** Rediseño de diagrama de bloques para evitar excesos de temperatura.



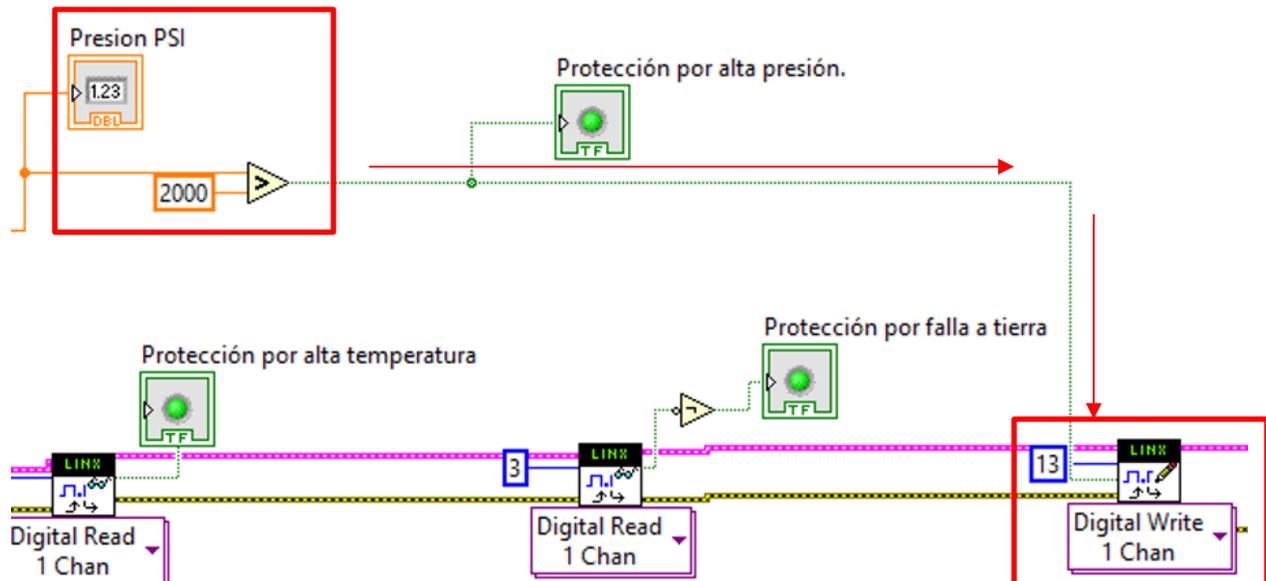
Fuente: Autor.

### 5.2.3. Control de válvula EV1 y visualización de exceso de presión en LabVIEW

Como alternativa adicional a la PSV que es el elemento ultimo de la cadena de protección, se plantea utilizar una electroválvula la cual se activara cuando se detecte una presión superior a

2000psi, para ello se hace uso en este caso del bloque llamado “LINX Digital Write” el cual activara la salida PIN 13 que ocasionara que el relé de estado solido conmute y este a su vez activara EV1, en la figura 35 se presenta el lazo de control para dicha acción.

**Figura 35** Rediseño de diagrama de bloques para evitar excesos de presión.



**Fuente:** Autor.

## 6. Resultados y análisis

Los resultados y análisis expuestos a continuación presentan que la alternativa planteada para evitar contactos indirectos, excesos de presión y temperatura es viable ya que al realizar la simulación en el software LabVIEW todas las acciones a desarrollar funcionan tal como se planteó.

### 6.1. Simulación de exceso de presión y activación de EV1

Para realizar la simulación ante un exceso de presión se realiza la prueba siguiendo cada uno de los pasos mencionados a continuación:

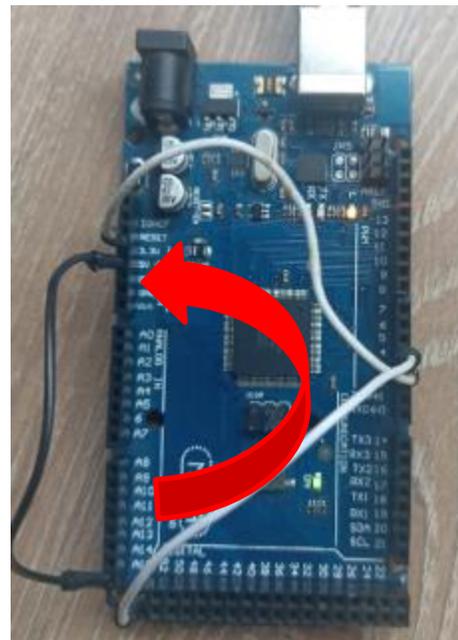
- Es necesario tener en cuenta que el sensor de presión con el que cuenta el banco de termofluencia tiene una salida proporcional de 0 a 5Vdc y 0 a 5000psi por esta razón si se desea simular una presión de 5000psi es necesario colocar un voltaje de 5Vdc en la entrada analógica 15 como se observa en la figura 36.

**Figura 36** Simulación de exceso de presión en Arduino Mega.

Simulación: 0Psi

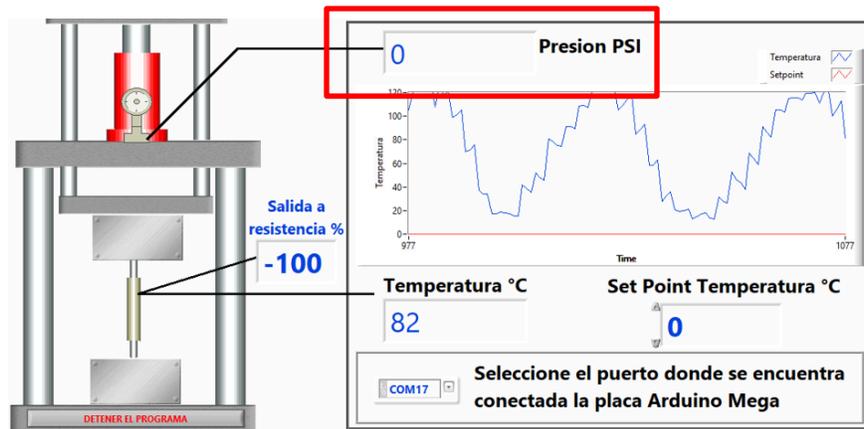


Simulación: 5000Psi



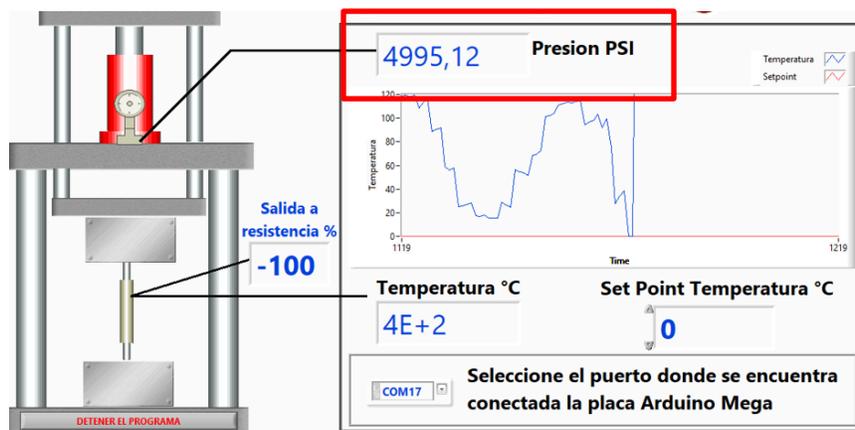
- En LabVIEW es posible observar estos cambios de presión, en la figura 37 se visualiza una presión de 0 Psi y en la figura 38 una presión de 5000 Psi.

**Figura 37** Reporte en LabVIEW de 0 Psi.



Fuente: Autor.

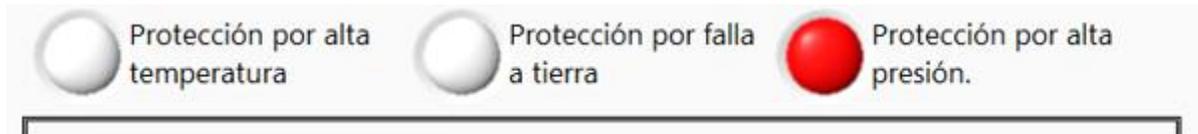
**Figura 38** Reporte en LabVIEW de 4995 Psi.



Fuente: Autor.

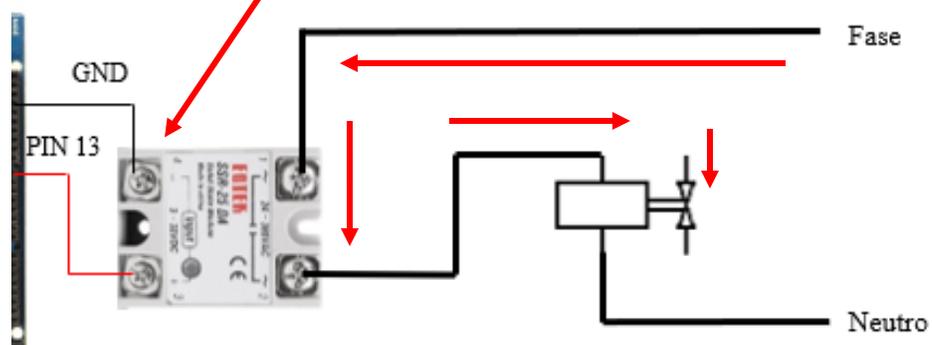
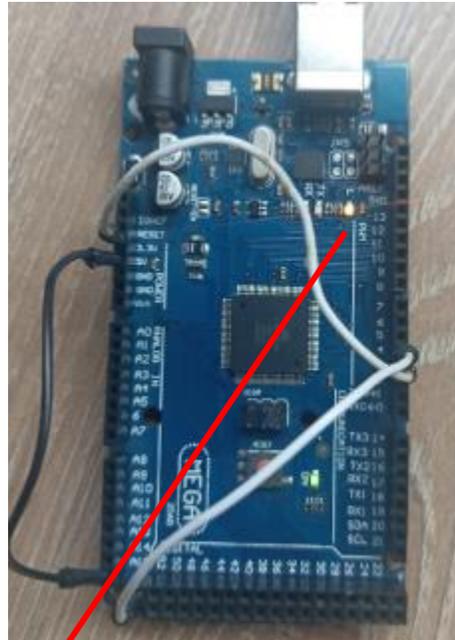
- En el momento que se presenta el evento de un exceso de presión se activa la indicación visual en el panel frontal como se observa en la figura 39, adicionalmente se activa la salida conectada al PIN 13 y por ende se enciende el Led conectado a este pin en el Arduino Mega (ver figura 40) lo cual ocasionaría que actúe la electroválvula EV1.

**Figura 39** Reporte en LabVIEW de exceso de presión.



**Fuente:** Autor.

**Figura 40** Simulación de activación EV1.



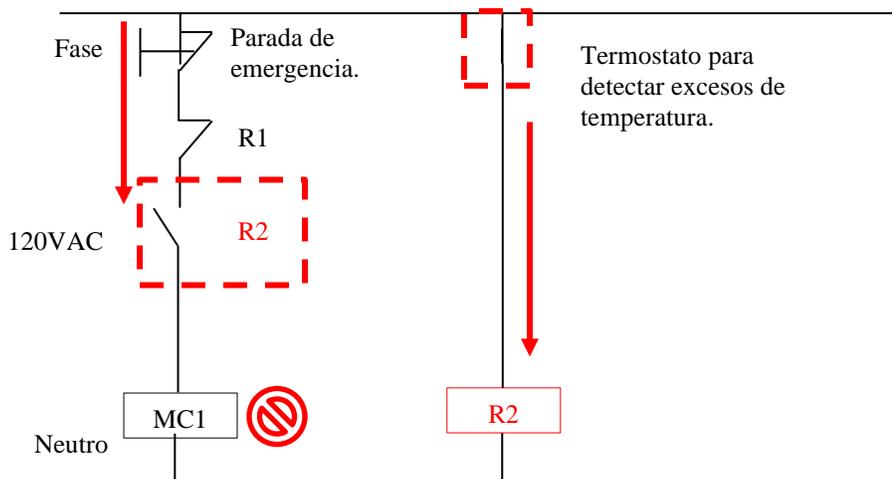
**Fuente:** Autor.

## 6.2 Simulación de exceso de temperatura y desactivación de MC1

Para el caso del exceso de temperatura es necesario recordar que aquí se utiliza un sensor redundante al actual LM35 por esta razón no se utiliza la entrada análoga y si la digital para efectos de la simulación. Cuando el termostato conmuta hace que se active el relevador R2, a continuación, los pasos que ocurren:

- Como se observa en el circuito de lógica cableada (ver figura 41) cuando se conmuta el contacto del relevador inmediatamente se activa el relevador R2 y esto trae como consecuencia que se desactive MC1 y esto hace que se detenga el calentamiento.

**Figura 41** Reporte en LabVIEW de exceso de presión.



**Fuente:** Autor.

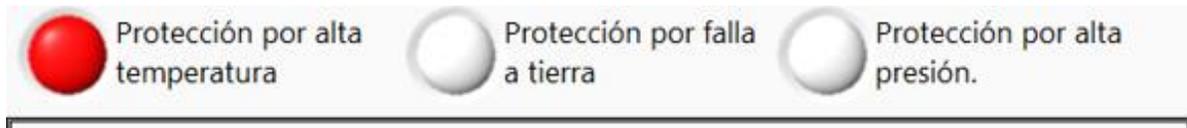
- Ahora bien, cuando esto ocurre también se envía una señal a la entrada digital PIN 4 y esto se simula conectando a 5Vdc dicha entrada como se observa en la figura 42 y el resultado de esto es que en LabVIEW se reporte el exceso de presión como queda evidenciado en la figura 43.

**Figura 42** Simulación de activación termostato.



**Fuente:** Autor.

**Figura 43** Reporte en LabVIEW de exceso de temperatura.



**Fuente:** Autor.

### 6.3. Simulación para evitar contactos indirectos y desactivación de MC1

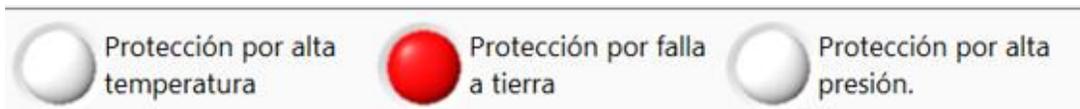
Para el caso de la simulación por falla a tierra que evitaría un contacto indirecto del operador (estudiante o docente) y de esta forma se elimina el riesgo de electrificación. Cuando a protección GFCI se apaga el relevador R1 se desactiva y esta condición se simula con un jumper conectando de +5Vdc a 0Vdc como se observa en la figura 44 y el resultado de esta condición se presenta en la figura 45.

**Figura 44** Simulación de activación falla a tierra.



**Fuente:** Autor.

**Figura 45** Reporte en LabVIEW de falla a tierra.



**Fuente:** Autor.

## 7. Conclusiones

Al analizar la funcionalidad de la maquina de termofluencia es posible decir que la caracterización de los riesgos indica que se tiene posibilidad de llegar a sufrir electrización, quemaduras y cortaduras al momento de realizar una prueba.

Después de identificar las ventanas operacionales es posible decir que la maquina de termofluencia opera a 120Vac, corriente de 1 amperio, temperatura 120°C y presión 2 toneladas, y después de utilizar matrices de Holmes comparando diferentes criterios se establece que para evitar electrización la mejor alternativa es utilizar una protección tipo GFCI en la entrada de red, para el caso de excesos de temperatura que pueden ocasionar quemaduras se debe utilizar un termostato y para el caso de excesos de presión una válvula PSV y un sistema redundante con una electroválvula que se active cuando el sensor de presión detecte mas de 2000psi.

En cuanto a la lógica de control cableada se plantea para evitar contactos indirectos que llevan a la electrización eliminar la protección de tipo termomagnética por una protección de tipo diferencial con sensibilidad de 30mA la cual permite que el 98.5% se protejan ante una descarga según el RETIE.

Para el caso de los excesos de presión y temperatura se presenta la opción de utilizar relevadores electromecánicos que actúen sobre el contactor marquillado como MC1 y de esta forma se evita que se contine el calentamiento o que energice EV1 lo cual trae como consecuencia que se caiga la presión superior a 2000psi.

Como se evidencia en el análisis de los resultados al simular la activación de las entradas digitales es posible evidenciar que Labview tiene la posibilidad de visualizar si se presento una falla a tierra, exceso de presión o temperatura y para ello se modifica el panel frontal y el diagrama de bloques utilizando los VI LINX Digital Read.

## Bibliografía

- González, J. (1999). *Metalurgia Mecánica*, Limusa-Noriega Editores, México.
- Moron j & Murallas c. desarrollo de un sistema de control de temperatura y supervisión de la presión aplicada a la máquina de ensayos de termofluencia del laboratorio de materiales de la universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga, a través del desarrollo de una interfaz HMI mediante el software Labview y un microcontrolador ATMEGA 2560. Universidad Antonio Nariño sede Bucaramanga, p. 46.
- Lopez, P. (2017). Estudio en el rango 500°C – 550°C de la degradación microestructural del acero a36 y fundición nodular perlítica por efecto de termofluencia.
- Cruz, T. (2018). Evaluación de la termofluencia a 600°C de un acero ferrítico A387 Gr.5 C2. Instituto técnico nacional.
- Arboláez et al. - Instrumentación virtual aplicada al monitoreo radi.pdf.* (s. f.).
- Guncay—Análisis, evaluación y control de factores de ries.pdf.* (s. f.). Recuperado 4 de septiembre de 2022, de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/10066/1/UPS-GT000843.pdf>
- Noticias y Artículos sobre. (2018, mayo 8). *Baroig*. <https://baroig.com/funcionamiento-de-un-sistema-de-enclavamiento-interlock/>
- ¿Qué es la Termofluencia o Creep? (2019, enero 23). *Arveng Training & Engineering*. <https://arvengtraining.com/termofluencia-fluencia-creep/>
- REPRESENTAR INTERLOCKS EN LOS P&ID. (s. f.). *Instrumentación Hoy*. Recuperado 4 de septiembre de 2022, de <https://instrumentacionhoy.blogspot.com/2017/10/representar-interlocks-en-los-p.html>
- Ribas, J. (s. f.). *Lógica cableada y lógica programada. - Jose Ribas | Blog Disseny Producte*. Recuperado 5 de septiembre de 2022, de <https://dissenyproducte.blogspot.com/2010/12/logica-cableada-y-logica-programada.html>
- Sarabia Ramírez, C. R. (2014). “GESTIÓN DE RIESGOS LABORALES EN LA FÁBRICA DE DOVELAS DEL PROYECTO HIDROELÉCTRICO COCA CODO SINCLAIR: MANUAL DE SEGURIDAD. *dspace.unach.edu.ec*. <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/458/1/UNACH-EC-IINDUST-2015-0007.pdf>

ORMAZA ZAMBRANO, D. J. & TUAREZ MACÍAS, J. D. (s. f.). *INCIDENCIA DE RIESGOS FÍSICOS Y MECÁNICOS EN LA SALUD Y SEGURIDAD OCUPACIONAL DE LOS TRABAJADORES DE LA EMPRESA “COMERCIAL GAIBOR* [Tesis de grado]. ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA AGROPECUARIA DE MANABÍ MANUEL FÉLIX LÓPEZ.

Gutiérrez Ramos, M. E. (s. f.-b). *Exposición a riesgos químicos en trabajadores de Farmacia y Bioquímica en Trujillo* [Tesis]. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO.

Piñeros, J. J. (2014, 23 octubre). *Interlocks y Permisivos*. Automatización Industrial ant. <https://automatizacionmeta.wordpress.com/2014/10/23/interlocks-y-permisivos/>

LUNA RAMIREZ, M. A. (s. f.). *TERMOFLUENCIA Y VIDA RESIDUAL DE LOS ACEROS SA213TP-321H Y SA213TP-347H EN ATMOSFERAS CORROSIVAS* [Tesis de Maestría]. INSTITUTO TECNOLOGICO Y DE ESTUDIOS. SUPERIORES DE MONTERREY.

*Termofluencia*. (s. f.). <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/4291/fichero/2.-+BASES+TEÓRICAS.pdf>

Fundación Aquae. (2020, 30 octubre). *¿Sabes qué es un Arduino y para qué sirve?* - Fundación Aquae. Fundaci<sup>3</sup>n Aquae. <https://www.fundacionaquae.org/wiki/sabes-arduino-sirve/>

Carmenate, J. G. (2022, 24 junio). *Arduino Mega 2560 el hermano mayor de Arduino UNO*. Programar fácil con Arduino. <https://programarfácil.com/blog/arduino-blog/arduino-mega-2560/>

Gutiérrez, M. & Iturraldi, S. (2017). *Fundamentos básicos de instrumentación y control* (1.<sup>a</sup> ed.). UPSE.

<https://www.fnmt.es/documents/10179/10666378/Fundamentos+básico+de+instrumentación+y+control.pdf/df746edc-8bd8-2191-2218-4acf36957671#:~:text=INSTRUMENTACIÓN%3A%20Es%20el%20conjunto%20de,los%20Sistemas%20de%20Control%20Automático.>

*¿Qué es un sensor de presión?* (2022, 20 junio). HBM. <https://www.hbm.com/es/7646/que-es-un-sensor-de-presion/>

*4-20 mA | Transmisor de presión en tiempo real a largo plazo*. (s. f.). Heron Instruments Inc. Recuperado 29 de octubre de 2022, de

<https://heroninstruments.com/es/est%C3%A1n/Transmisores-de-presi%C3%B3n/Transmisor-de-presi%C3%B3n-4-20ma/>

Saldias, A. (2022, 19 septiembre). *Tipos de Sensores de Temperatura*. SRC Sistemas de Regulación y Control. <https://srcsl.com/tipos-sensores-temperatura/>

*LM35 - El sensor de temperatura más popular*. (2018, 18 enero). HeTPro-Tutoriales.

<https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>

*ELEMENTOS DE MANDO O MANIOBRA*. (s. f.). Recuperado 29 de octubre de 2022, de

[http://www.ieslosalbares.es/tecnologia/Electricidad%20II/elementos\\_de\\_mando\\_o\\_manobra.html#:~:text=Son%20operadores%20que%20sin%20necesidad,abrir%20y%20cerrar%20un%20circuito.](http://www.ieslosalbares.es/tecnologia/Electricidad%20II/elementos_de_mando_o_manobra.html#:~:text=Son%20operadores%20que%20sin%20necesidad,abrir%20y%20cerrar%20un%20circuito.)

*Contactores: ¿Qué son y para qué sirven?* (2021, 13 octubre). NIVIHE S.A. <https://motores-electricos.com.ar/contactores-que-son-y-para-que-sirven/>

# ANEXOS.

## ANEXO I. Hoja de datos protección diferencial.



### Interruptor Diferencial Acti9 IID 2P 25A 10mA Clase AC

A9R10225

Certificado : DC-E-S26-002.22 - IRAM

#### Principal

Distancia	Acti 9
Nombre del producto	Acti 9 IID40
Tipo de producto o componente	Disyuntor de corriente residual (RCCB)
Modelo de dispositivo	IID
Número de polos	2P
Posición de polo de neutro	Izquierda
Corriente nominal	25 A
Tipo de rojo	CA
Sensibilidad a la fuga a tierra	10 mA
Retraso tiempo protec. pérdida a tierra	Instantáneo
Prot. c. fuga a tier.(tabular)	Tipo AC

ANEXO II. Hoja de datos protección para alta temperatura.

*Rainbow*

**TERMOSTATO COMERCIAL E INDUSTRIAL BAJA GAMA**

**TS320SR**



MODELO	RANGO TEMPERATURA	DIMENSION BOMBILLA	DIMENSION CAPILAR	TIPO DE MANDO	PERNO DE RELLENO
TS320SR	50°C-320°C	Ø3 * 143mm Ø5 * 58mm	1000mm Estándar (250-2000mm opcional)	R TIPO 	Estándar PT ¼" 