

**UNIVERSIDAD DISTRITAL FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS**

**FACULTAD TECNOLÓGICA**

**SISTEMA DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE UN PROCESO  
TÉRMICO MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL**

**PROYECTO FIN DE CARRERA  
INGENIERÍA MECÁNICA**

**DAVID ALEJANDRO VARGAS CHAVARRO**

**davidv1881@gmail.com**

**LUIS FELIPE RINCÓN ARISTIZABAL**

**feliperincon610@hotmail.com**

**DIRECTOR: Dr. LUINI LEONARDO HURTADO**

**UNIVERSIDAD DISTRITAL “FRANCISCO JOSÉ DE CALDAS” - FACULTAD  
TECNOLÓGICA  
PROYECTO CURRICULAR DE TECNOLOGÍA E INGENIERÍA MECÁNICA  
FORMATO DE PROYECTOS DE GRADO**


**N° DE RADICACIÓN:** \_\_\_\_\_

**INFORMACIÓN EJECUTORES**

**Ejecutor 1**

Nombre (s):	Luis Felipe	
Apellido (s):	Rincón Aristizábal	
Código:	20142375088	
E-mail:	feliperincon610@hotmail.com	
Teléfono fijo:	3910948	
Celular:	312 581 4795	

**Ejecutor 2**

Nombre (s):	David Alejandro	
Apellido (s):	Vargas Chavarro	
Código:	20111275038	
E-mail:	davidv1881@gmail.com	
Teléfono fijo:	7179522	
Celular:	312 442 0948	

**INFORMACIÓN DEL PROYECTO**

Título del Proyecto:	<b>SISTEMA DE DETECCIÓN Y DIAGNÓSTICO DE FALLAS DE UN PROCESO TÉRMICO MEDIANTE INTELIGENCIA ARTIFICIAL</b>	
Duración (estimada):	20 semanas	
Tipo de Proyecto: (Marqué con una “x”)	Innovación y Desarrollo Tecnológico	<input type="checkbox"/>
	Prestación y Servicios Tecnológicos	<input type="checkbox"/>
	Otro	<input type="checkbox"/>
Modalidad del Trabajo de Grado:	Monografía	<input checked="" type="checkbox"/>
Línea de Investigación de la Facultad*:	Desarrollo Tecnológico Local e Institucional	
Línea de Investigación del Proyecto Curricular**:	Conversión De Energías y Mecánica De Fluidos	
Grupo de Investigación:		
Proyecto de Investigación:		
Áreas del conocimiento	Sistemas Dinámicos y de Control, Automatización Industrial,	

que involucra:	Control de Procesos, Mecánica de Fluidos, Neumática etc.
<b>INFORMACIÓN PASANTÍA</b>	
Nombre de la empresa:	
Dirección:	
Teléfonos:	
Correo electrónico:	
Página Web:	
<b>INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA</b>	
Director: (Vo. Bo.)	Dr. Luini Hurtado
Proyecto de Pasantía: (Tutor): (Vo. Bo.)	
Formulación Proyecto de Grado: (Profesor): (Vo. Bo.)	

\*Las líneas de investigación de la Facultad Tecnológica son 1. Apoyo tecnológico empresarial.

2. Optimización de procesos industriales. 3. Desarrollo tecnológico local e institucional

\*\*Las líneas investigación del Proyecto Curricular son 1. Diseño en ingeniería mecánica. 2.

Conversión de energías y mecánica de fluidos. 3. Materiales y procesos de manufactura. 4.

Ecoingeniería. 5. Bioingeniería. 6. Educación y comunicación en ciencia y tecnología

## Tabla Contenido

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	6
2. ESTADO DEL ARTE .....	7
2.1 La toma muestra de datos .....	7
3. JUSTIFICACIÓN .....	10
4. OBJETIVOS .....	11
4.1 Objetivo general.....	11
4.2 Objetivos específicos .....	11
5. MARCO TEÓRICO .....	12
5.2 Arduino Uno.....	13
5.3 Presostato.....	13
5.3.1 Presostatos de regulación (presostatos de baja presión).....	13
5.3.2 Presostato de seguridad (presostatos de alta presión).....	15
5.4 Sistema de Control Proceso Térmico (T5553 Amatrol Inc.) .....	15
5.5 Redes Neuronales Matlab.....	18
5.5.1 Perceptrón Multinivel .....	20
6. METODOLOGÍA.....	22
7. CRONOGRAMA .....	25
8. BIBLIOGRAFÍA.....	26

## Índice de figuras

Figura 1: Planta térmica sistema de control de procesos térmicos de T5553-BD	8
Figura 2: Bloque de Labview y su respectivo panel instrumental.	9
Figura 3: Bloque de Labview y su respectivo panel instrumental	9
Figura 4: Elementos de un sistema de control	12
Figura 5: Presostato de baja presión	14
Figura 6: Estructura de un perceptron multinivel	19
Figura 7: Modelo de una neurona	20

## Índice de tablas

Tabla 1.: Elementos del sistema de Control Proceso Térmico T5553 Amatrol	15
Tabla 2: Diagrama de Gantt	25

## 1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La identificación de un accionamiento a partir de datos de entrada y salida del mismo va a originar un modelo o una curva de un comportamiento de operación de una máquina, partiendo de los datos se puede utilizar una aplicación de un programa matemático para generar un comportamiento de la condición normal de operación.

La Universidad Distrital Francisco José de Caldas Facultad Tecnológica ha adquirido bancos de trabajo y maquinaria para que los estudiantes realicen prácticas, entre ellas está la planta de procesos de control térmico T5553-BD, ubicada en el laboratorio de control. Existe una incertidumbre en caso de que la maquina cambie alguna vez el patrón de funcionamiento normal ocasionado por una falla en su operación al momento de realizar alguna de las diferentes prácticas de laboratorio desarrolladas para el equipo.

Ejecutando un modelo matemático su pueden optimizar las funciones de operación de la máquina, esto se puede lograr con la combinación de software, sensores y la aplicación de conocimientos adquiridos en las materias que imparte la universidad.

Se tiene la convicción de poder realizar con este proyecto una contribución al aprendizaje de los estudiantes mostrando que sobre este banco puede aplicar como desarrollo de un análisis de fallas,

## 2. ESTADO DEL ARTE

### 2.1 La toma muestra de datos

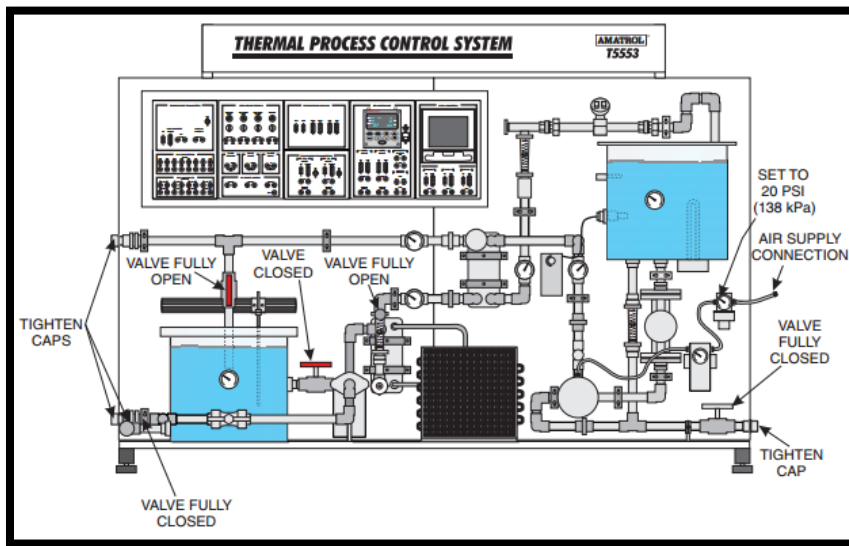
La tarjeta de adquisición de datos, el sensor analógico LM35, permite realizar medidas de temperatura de una forma precisa a través de las entradas analógicas del Arduino.

El sensor utilizado es este proyecto cuenta con tres pines (VCC, GND y Data) fácil de identificar, con un rango de medición de  $-55^{\circ}\text{C}$  a  $150^{\circ}\text{C}$  y tensión de salida proporcional a la temperatura, esto quiere decir que  $1^{\circ}\text{C}$  equivale a 10 mV. Con la interfaz PC-Instrumento para obtener la medición de temperatura y visualizar el comportamiento del sensor a través de LabView, la programación consta de diferentes bloques para la adquisición de la señal analógica, el cálculo con el voltaje que varía en función de la temperatura y por ultimo una estructura que varía la escala que se mide entre miligrados centígrados, grados centígrados, y kilogramos centígrados. (Cesar Beltrán Hernández, 2012)

### 2.2 Calibración de los sensores.

Las plantas de control procesos T5552, T5553, T5554 de Amatról Inc. cuentan con diferentes tipos de sensores a continuación se explica la metrología aplicada en los sensores utilizados en el desarrollo del proyecto; Sensor de nivel ultrasonido, sensor de nivel por presión diferencial, sensor de pH, sensores de caudal y transmisores de temperatura.

Fig. 1 Planta térmica sistema de control de procesos térmicos de T5553-BD



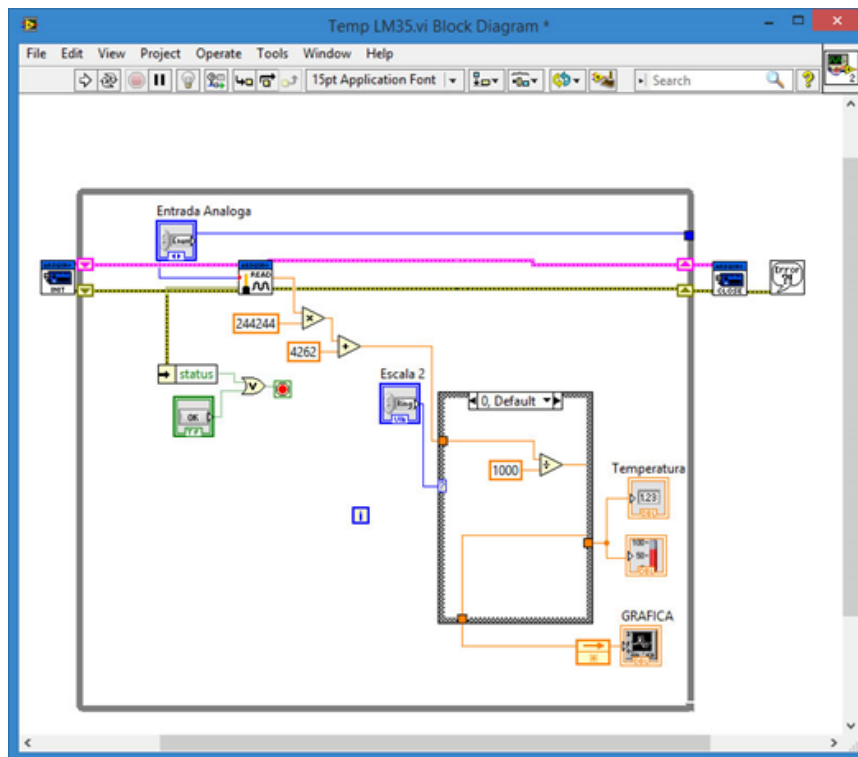
Fuente: INSTALLATION GUIDE FOR T5553-BD THERMAL PROCESS CONTROL LEARNING SYSTEM, pag 7

Se realizó un proceso de linealizar para obtener la ecuación característica de cada uno y poder mostrar la lectura en la interfaz gráfica de usuario desarrollada para el PLC.

Además de ello se realizó una calibración y ajuste del transmisor de flujo y pH, tratando de corregir el error del instrumento para lograr medidas en el experimento de identificación con mayor precisión.

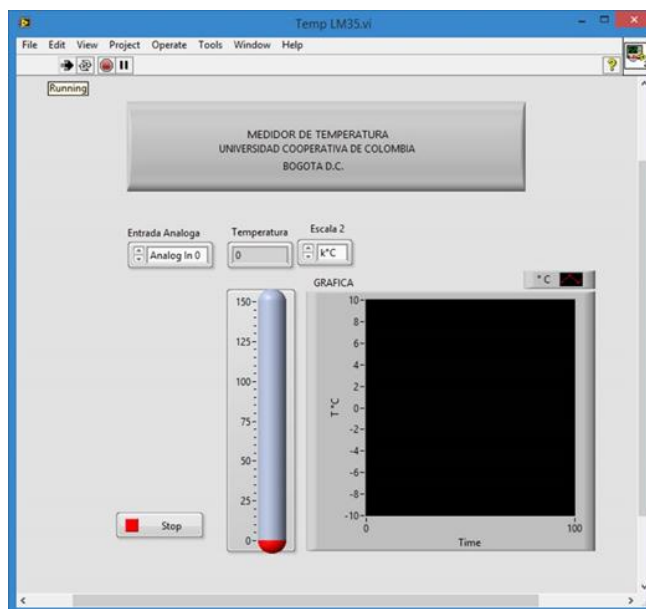


Fig. 2 Bloque de Labview y su respectivo panel instrumental.



Fuente Cesar Beltrán Hernández, 2012

Fig. 3 Bloque de Labview y su respectivo panel instrumental



Fuente: Cesar Beltrán Hernández, 2012

### 3. JUSTIFICACIÓN

Un sistema de control es un individuo que recibe una orden externa, la cual procesa información, y arroja un resultado, el cual demostrará variables de salida, que son un conjunto de acciones que permitirán tomar una decisión de continuar un proceso o detenerlo.

Normalmente se quiere que una maquina sea lo más confiable y eficiente posible, si bien es cierto que ésta puede ayudar a analizar y dar una toma de decisión, ¿pero qué pasaría si en algún momento, la maquina tiene alguna falla? Nos encontramos en un contexto donde las tecnologías de información se encuentran vulnerables a sufrir daños, pero también se puede anticipar una falla el funcionamiento de cualquier máquina, mediante un test de comparación.

Para dicho el test se pretende a utilizar la aplicación “Neural Netwok Toolbox” de MATLAB, que es la interfaz gráfica de usuario para estimar y analizar modelos lineales y no lineales. Utilizando la Herramienta de identificación del sistema, se realizan las tareas principales del proceso de identificación de la máquina de análisis térmico “Thermal Process Control System”, esta herramienta ejecuta comandos haciendo selecciones en los menús GUI, menús emergentes y casillas de verificación.

La detección y diagnóstico de fallas, es un paso posterior a la identificación, que consiste en hacer una comparación entre el modelo que se obtiene y el accionamiento de la planta, es decir, los datos capturado por el equipo se envían a matlab por medio del equipo arduino para comparar en tiempo real con el modelo que se tiene en Matlab (test de comparación) si en la comparación la respuesta es cero, no hay fallas, si es diferente de cero hay falla.

El código de programación que maneja los datos que aporta el micro controlador, es la herramienta para generar un archivo plano con datos para suministrarlo, una vez elaborado y demostrado este modelo matemático, los estudiantes podrán realizar una práctica de fallas a propósito, con el fin de demostrar la efectividad del modelo.

Por esto, este trabajo pretende elaborar un modelo matemático, en el cual, determine si existe alguna falla en el procesamiento de la información, que altere el resultado del sistema ejecutado por la máquina “Thermal Process Control System”, serie T5553 de la marca Amatrol, bajo un micro controlador, el cual, toma datos, los procesa y trasmite las variables del proceso a un ordenador para ser comparados con el test de comparación del proceso en condiciones normales de operación, para así identificar la falla en el proceso.

## 4. OBJETIVOS

### 4.1 Objetivo general

Desarrollar un sistema de detección y diagnóstico de fallas de la planta de procesos de control térmico T5553-BD, mediante inteligencia Artificial

### 4.2 Objetivos específicos

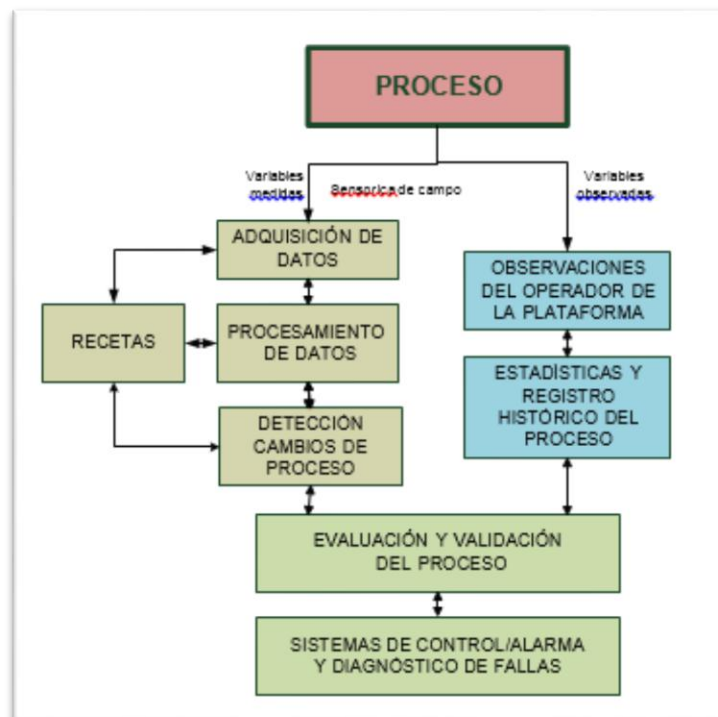
- Realizar experimentos de monitoreo del procesos (subsistema).
- Generar un registro de datos de entrada/salida de los subsistemas del equipo.
- Entrenar una red neuronal para hallar un modelo del proceso térmico.
- Determinar cuáles son las fallas en el proceso.

- Desarrollar una interfaz para la visualización de las fallas por parte del operador del equipo.

## 5. MARCO TEÓRICO

Podríamos definir el control como la manipulación indirecta de las magnitudes de un sistema denominado planta a través de otro sistema llamado sistema de control. La siguiente figura muestra los elementos básicos de un sistema de control.

Fig. 4: Elementos de un sistema de control



Fuente; (Balcells, J., y Romeral, J.L., 1997, p.3).

Ponsa, P y Vilanova (2005) definen la automática como el “conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende la definición de la automatización como la aplicación de la automática al control de procesos industriales”

Las industrias actuales han adoptado la automatización industrial como parte fundamental de su funcionamiento para mantenerse en el tiempo y seguir siendo competitivas. Algunas direccionan su gestión para mejorar la calidad y otras para disminuir sus costos de producción, pero en ambos casos llegan a su objetivo mediante la inserción de la automatización industrial en sus procesos.

## 5.2 Arduino Uno

Es una tarjeta que se puede utilizar como micro-controlador o tarjeta de adquisición de datos ya que es compatible con Labview y su propio software de programación llamada Arduino, existen varios modelos de estas, para utilizarse como interfaz de comunicación se debe descargar las librerías que se encuentran en la página de National Instrument e instalar para posteriormente configurar el código fuente que permite la conexión con Labview.

## 5.3 Presostato

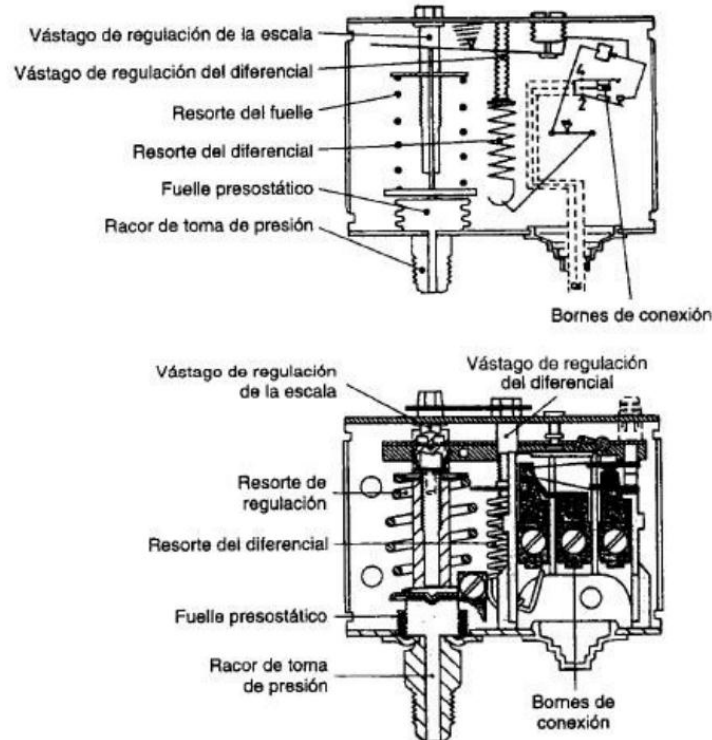
Es un aparato que cierra o abre un circuito eléctrico dependiendo de la lectura de presión de un fluido. También es conocido como interruptor de presión. El fluido ejerce una presión sobre un pistón interno haciendo que se mueva hasta que se unen dos contactos. Cuando la presión baja un resorte empuja el pistón en sentido contrario y los contactos se separan. Un tornillo permite ajustar la sensibilidad de disparo del presostato al aplicar más o menos fuerza sobre el pistón a través del resorte. Usualmente tienen dos ajustes independientes: la presión de encendido y la presión de apagado. Estos aparatos pueden clasificarse como sigue:

### 5.3.1 Presostatos de regulación (presostatos de baja presión)

El presostato de baja presión regula el funcionamiento del compresor (ver fig.5). La presión que actúa sobre el fuelle es la baja presión del sistema que reina en el evaporador y el cárter del compresor. Durante el periodo de marcha se produce la

disminución progresiva de la temperatura y de la presión en el evaporador. Como sea que el presostato se halla conectado a esta parte del circuito, responde a todas las variaciones que se produzcan.

Figura 5: presostato de baja presión



Fuente: Montaje y mantenimiento de equipos de refrigeración comercial, Cap 2;  
Funcionamiento y Reglaje de los presostatos, pág. 2)

Los puntos de ruptura y de conexión se determinan por las presiones correspondientes a las temperaturas mínima y máxima deseadas en el lado de baja presión del sistema. La duración de los ciclos de funcionamiento o de paro dependen, pues, de diferentes factores entre los que se encuentran: la diferencia de temperaturas en el interior y el exterior de la cámara frigorífica; el aislamiento de dicha cámara; la naturaleza del servicio; el estado mecánico del compresor; la carga de fluido, el reglaje de la instalación, etc. Todos estos factores tienen una influencia directa sobre estas presiones. Los presostatos de baja presión pueden emplearse igualmente como control de seguridad para evitar que el sistema trabaje en depresión (vacío).

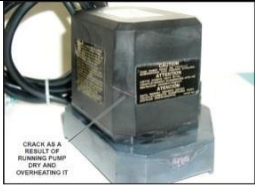
### 5.3.2 Presostato de seguridad (presostatos de alta presión)

Generalmente va conectado en la parte del circuito que corresponde a alta presión, generalmente en la descarga del compresor. Si por la existencia de aire en la instalación, suciedad interna o externa del condensador, avería en el ventilador o en la bomba de agua que enfría el condensador o por exceso de temperatura de los fluidos exteriores a éste, el flujo de refrigerante no se condensa, aumentando peligrosamente la presión de alta, el presostato de alta bloqueará el funcionamiento de la máquina. El compresor no volverá a arrancar hasta que subsanemos el problema y rearmemos manualmente el presostato.

### 5.4 Sistema de Control Proceso Térmico (T5553 Amatrol Inc.).





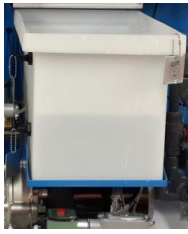


Permite calibrar, ajustar, instalar, operar y optimizar los sistemas de control de procesos térmicos en aplicaciones industriales. Todos los componentes eléctricos están conectados al panel de control para permitir medir las señales y conectar los dispositivos en lazos de control de tipo PID, On /Off y control manual.

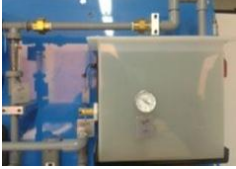
Tabla 1: Elementos del sistema de Control Proceso Térmico T5553 Amatrol

<b>Nombre</b>	<b>Fotografía</b>	<b>Descripción</b>
Bomba sumergible		La bomba situada en el interior del tanque de depósito, es de tipo centrífuga y bombea agua desde el tanque de almacenamiento a la red de tuberías, conexión a 110VAC, caudal aproximado de 3 gpm.. 0-20 psi

Sensor Ultrasonico		El sensor de ultrasonido proporciona una señal de retroalimentación de 4-20mA que es proporcional al nivel del líquido en uno de los tanques. Este transductor se monta convenientemente a una distancia ajustable en la planta. Exactitud del 2%
Válvula neumática reguladora de flujo		Este actuador es necesario para realizar el control de flujo que llega a los diferentes sensores para la medición con el transmisor inteligente de flujo. Convertidor de corriente a presión de (3 a 15 psi)
Convertor I/P		Un convertidor I / P es un acondicionador de señal que recibe una señal analógica eléctrica 4-20 mA y la convierte en una señal neumática, esta señal es utilizada para controlar la válvula neumática.
Rotámetro		El rotámetro indica la velocidad de flujo a través del bucle principal proceso en una escala. También cuenta con una válvula de cierre ajustable que proporciona un medio para ajustar manualmente la velocidad máxima flujo dentro del bucle principal del proceso.
Tanque de Reactivo del Proceso Principal		Este depósito de reactivo contiene el reactivo (bisulfato de sodio), usado para bajar el pH del proceso fluidas. El depósito está conectado a la bomba depuradora con una manguera flexible. Normalmente se carga hasta 6L y se agrega Bisulfato de sodio hasta 600mL.
Bomba Depuradora		También conocida como bomba de inyección, la bomba inyecta un volumen seleccionable del reactivo en el proceso a una velocidad (frecuencia) determinada por el Flujo. Y tiene un interruptor para encender o apagar la bomba.
Bomba de Circulación		La bomba de circulación hace circular el fluido a través del bucle principal de proceso. Tubería de ½" con n flujo de hasta 6 gpm.
Válvulas solenoide		Las válvulas solenoide se encuentran, una al lado de la entrada del depósito del reactor y la otra se encuentra al lado de salida del tanque del reactor. Sirven para evitar el paso del líquido hacia el tanque en caso de que este lleno y para proteger la bomba en caso de que este vacío. 10V-24V
Sensor de Flujo		Este es un sensor de flujo de paletas que convierte el caudal a través de la tubería principal en una señal de 4-20mA



Válvula Proporcional		El actuador proporcional permite que la válvula de solenoide opere de manera gradual mediante una señal de 4-20mA.
Depósito de Reactivo		Este depósito tiene el reactivo (carbonato de sodio) que neutraliza el ácido para elevar el pH del proceso. El depósito está conectado a la bomba dosificadora electrónica con mangueras, una transparente (Conduce agua) y una de color blanco (Conduce aire). 0-12L
Bomba Dosificadora electrónica		La bomba dosificadora electrónica mezcla una cantidad de reactivo con el líquido que se encuentre en el tanque de proceso inyectando una cantidad de volumen de reactivo en el depósito de reactor a una velocidad establecida por el usuario, puede ser operada manualmente o en modo automático utilizando una señal de control 4-20mA.
pHmetro		Electrodo de pH Honeywell Durafet, es un electrodo de estado sólido que utiliza un tipo especial de transistor llamado Transistor de efecto de campo sensible a Iones (ISFET). Conectado con el electrodo hay una indicación del transmisor que muestra el nivel de pH medido por el electrodo y transmite una señal de 4-20mA que representa la medición del pH.
Tanque reactor de proceso		El tanque reactor del proceso, mantiene el fluido del proceso y permite que los reactivos se mezclen en él, incluye un agitador para mezclar el reactivo. El tanque reactor también incluye interruptores de nivel alto y bajo, así como un sensor de presión/transmisor montado en la parte inferior del tanque para medir el nivel del tanque. Capacidad del tanque 0-12L. Rango del sensor 4-20mA Interruptor de nivel off/on 0-24V
Válvula reguladora neumática		Válvula reguladora de caudal del lazo de control de temperatura activada neumáticamente.
Intercambiador de calor		Consta de un intercambiador tanque depósito con resistencia interna de calefacción y circuito de tubería de alta temperatura rango de temperatura 23°C hasta 70°C

Unidad refrigerador		Unidad de condensación tipo axial rango de 3°C a temperatura ambiente.
---------------------	---	--

## 5.5 Redes Neuronales Matlab

Una red neuronal artificial es un procesador distribuido en paralelo de forma masiva que tiene una tendencia natural para almacenar conocimiento de forma experimental y lo hace disponible para su uso.

El estudio de los neurocontroladores ha sido utilizado en sistemas de control, debido a que una red neuronal tiene la capacidad de aproximar cualquier función no lineal, como lo demuestra el teorema de Funahashi. Entonces, se puede entrenar a una red neuronal para que se comporte como un controlador no lineal. Es así que nacen los Neurocontroladores, que es la aproximación de un control no lineal, por lo que su análisis es muy similar a cuando tenemos sistemas de control no lineales.

Se parece al cerebro humano en dos aspectos:

- El conocimiento es adquirido por la red a través de un proceso de aprendizaje.
- Los pesos sinápticos o fuerza con que están interconectadas las neuronas se utilizan para almacenar la información.

Otras definiciones son:

- Una nueva forma de computación, inspirada en modelos biológicos.
- Un modelo matemático compuesto por un gran número de elementos procesales organizados en niveles.

- Un sistema de computación hecho por un gran número de elementos simples, elementos de proceso interconectados, los cuales procesan información por medio de su estado dinámico como respuesta a entradas externas.

Redes neuronales artificiales son redes interconectadas masivamente en paralelo de elementos simples (usualmente adaptativos) y con organización jerárquica, las cuales intentan interactuar con los objetos del mundo real del mismo modo que lo hace el sistema nervioso biológico. Aunque cada definición aporta información sobre lo que es una red neuronal, para saber cómo funcionan y en qué consisten es necesario desarrollar una explicación extensa. Sin embargo, en este trabajo se describirá una aplicación típica de las redes neuronales multicapa, concretamente el reconocimiento de patrones.

Figura 6. Estructura de un Perceptrón multinivel

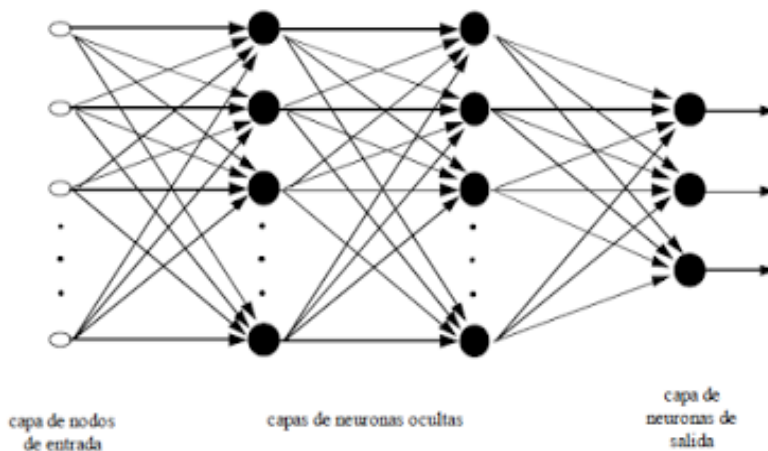
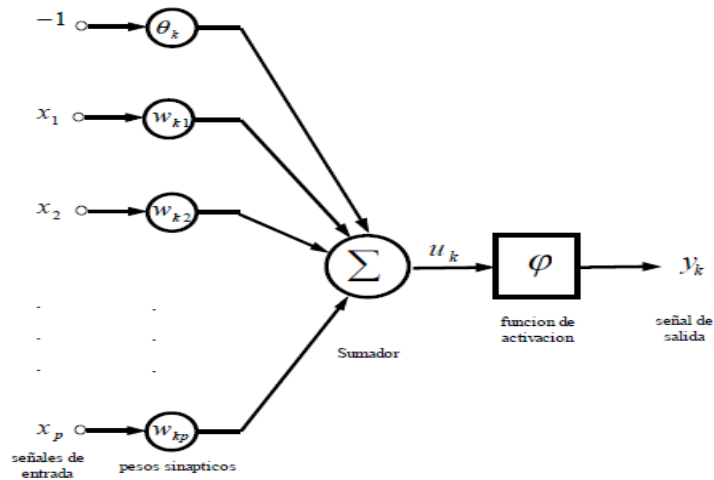


Figura 7. Modelo de una neurona.



Para esta tarea se designa un número fijo de categorías en las cuales las muestras de entrada deben clasificarse. Para ello primero se requiere una fase de entrenamiento en la que se presenta a la red los patrones que debe aprender y la categoría en la que se debe clasificar. Entonces se le presenta a la red un patrón nuevo y desconocido pero que pertenece a alguna de las categorías aprendidas y esta decide a cual categoría pertenece.

La ventaja de usar redes neuronales está en el hecho que se pueden separar regiones no lineales de decisiones tan complicadas como se desee dependiendo del número de neuronas y capas. Por lo tanto, las redes neuronales artificiales sirven para resolver problemas de clasificación de alta complejidad.

### 5.5.1 Perceptrón Multinivel

Dentro de las redes neuronales, las que más utilizadas son las redes con múltiples capas que funcionan hacia adelante. Esta red está compuesta por un conjunto de nodos de entrada que componen la capa de entrada, un conjunto de una o más capas ocultas de neuronas y una capa de neuronas de salida. La señal de entrada se propaga hacia adelante desde la capa de entrada por la oculta hasta la salida; este tipo de configuración se conoce como MLP o “MultiLayer Perceptrons” (figura 6)

El hecho de que este tipo de red se aplique para resolver con éxito multitud de problemas se debe a la utilización del algoritmo de aprendizaje que actualmente está más extendido, el algoritmo o regla back propagation, el cual es una generalización de la regla LMS “Least Mean Square”, por lo tanto también se basa en la corrección del error. Básicamente el proceso back propagation consiste en dos pasadas a través de las diferentes capas de la red, una pasada hacia adelante y una pasada hacia atrás. En la pasada hacia adelante, se aplica en la capa de entrada un patrón o vector de entrada, este propaga su efecto a través de las diferentes capas y como consecuencia produce un vector de salida. Durante este proceso, los pesos sinápticos de la red son fijos y no se modifican. Durante la pasada hacia atrás en cambio, los pesos si se modifican de acuerdo con la regla de corrección del error. La señal de salida real se compara con la señal deseada y como resultado se obtiene una señal de error, que se propaga en dirección contraria a través de la red modificando los pesos, de forma que, al volver a pasar el vector de entrada hacia adelante, la respuesta obtenida se asemeje más a la salida deseada. Concretando, se puede decir que un perceptron multicapa tiene tres características:

- A. El modelo de cada neurona (figura 2) incluye una función no lineal. En este caso, a diferencia del perceptrón donde es la función escalón, y debido a la necesidad de que sea una función continua y derivable, es la función sigmoide, donde  $u_k$  es la suma total de la actividad interna en la neurona  $k$  (la señal de entrada) e  $y_k$  la salida que se produce en la neurona.

$$y_k = \frac{1}{1 + \exp(-u_k)}$$

- B. La red contiene una o más capas ocultas de neuronas que no forman parte ni de la entrada ni de la salida. Estas neuronas ocultas capacitan a la red para aprender progresivamente cualquier correspondencia entre la entrada y la salida y almacenar internamente esta información.
- C. La red posee un gran número de conexiones, estas vienen determinadas por los pesos de la red. Un cambio en la conexión entre las neuronas equivale a

un cambio en los pesos. La combinación de estas características, hace que la habilidad de esta red para aprender a partir del entrenamiento sea muy potente, por ejemplo es capaz de resolver el problema de la OR exclusiva a diferencia del perceptrón. De todas formas, este comportamiento hace que sea difícil conocer a priori la respuesta de la red. Esto se debe a dos motivos, el comportamiento no lineal de las neuronas, las cuales están muy interconectadas, (lo que hace difícil un análisis teórico de la red) y la existencia de neuronas ocultas, que impide poder “ver” como se produce el aprendizaje y determinar cuales son las características que mejorarían el aprendizaje. El desarrollo del algoritmo back propagation proporciona un método eficiente para entrenar este tipo de redes. Aunque no es capaz de resolver todos los problemas, se ha demostrado como el mejor de todos. Su importancia está en su capacidad de autoadaptar los pesos de las neuronas intermedias para aprender la relación que existe entre el conjunto de vectores o patrones de entrada y su correspondiente salida, y poder aplicar esa relación después del entrenamiento a nuevos vectores de entrada imperfectos o con ruido. Esta capacidad se conoce como generalización. La red debe encontrar una representación interna que le permita generar las salidas deseadas durante la etapa de entrenamiento, y posteriormente durante el funcionamiento ser capaz de generar salidas para entradas que no le fueron mostradas durante el aprendizaje pero que se asemejan a alguna de las que si le fueron mostradas.

## 6. METODOLOGÍA

Análisis de las tareas en las que se divide el proyecto, incluyendo duración estimada, diagramas de Gantt para visualizar la precedencia de tareas.

De acuerdo con los objetivos planteados, se enmarca dentro del campo de la investigación aplicada, debido a que el objetivo principal es dar una solución a un problema práctico que se presenta dentro del laboratorio de electrónica. El proyecto en su esencia no busca generar un nuevo conocimiento, sino dar solución a un problema

con el conocimiento actual existente. Esto mediante la adaptación de diferentes tecnologías ya existentes a la solución puntual del caso en particular.

Las tecnologías a tener en cuenta para el desarrollo del proyecto son las mismas utilizadas en la actualidad para procesos de automatización industrial como lo son los sensores análogos o transductores, conversores de corriente, microcontroladores de uso libre, software de procesamiento de datos, conexiones de datos, interfaces etc. También se tendrán en cuenta las teorías actuales relacionadas con los sistemas de control, autómatas programables, sistemas y señales analógicas, control por ordenador etc.

Las que componen en presente proyecto desarrolladas para la ejecución de los objetivos específicos planteados son:

- Revisión: bibliográfica para seleccionar la información necesaria y complementaria para la realización del proyecto.
- Realizar: experimentos de monitoreo del proceso del equipo.
- Definir: a) los dispositivos a usar para el acondicionamiento de las señales antes de entrar al micro controlador; b) el tipo de software a utilizar para el modelado, procesamiento y presentación de los datos en el PC.
- Generar y configurar: a) del código de modelos gráficos en el software seleccionado; b) el código de programación necesario en el software para que reciba los datos del microcontrolador, los procese, los presente y permita descargarlos en la computadora.
- Entrenar: una red neuronal

- Determinar: las fallas en el proceso.
- Desarrollar: interfaz de visualización de los valores de las variables del proceso en tiempo real.
- Ajuste final: del dispositivo y del software, se aplicarán los cambios a los que haya lugar hasta lograr la estabilización y fiabilidad del mismo. Al finalizar esta etapa se tendrá un dispositivo listo y terminado para poner a disposición del laboratorio de electrónica de la universidad
- Documentación: Generar el informe final sobre el desarrollo del proyecto, se redacta la documentación correspondiente, conclusiones encontrada y propuesta de posibles mejoras a aplicar. Se ejecuta durante toda la duración del proyecto, en este punto se debe finalizar y ajustar el documento final para su presentación.



## 7. CRONOGRAMA

Tabla 2. Diagrama de Gantt donde se relacionan los tiempos en semanas de cada una de las actividades.

FASE	ACTIVIDAD	DURACIÓN ESTIMADA (semanas)																			
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Revisión	Búsqueda de información y en base de datos y otras fuentes.	■	■	■																	
Realizar	Experimentos de monitoreo			■	■	■	■														
Definir	Dispositivos a usar					■	■	■													
	Software para modelado						■	■													
Generar y configurar	Código de modelos gráficos							■	■	■	■										
	Código de Programación								■	■	■	■	■								
Entrenar	Una Red neuronal										■	■	■	■	■						
Determinar	Fallas del proceso														■	■	■	■			
Desarrollar	Interfaz de visualización															■	■	■			
Ajuste final	Del dispositivo y del software																■	■	■	■	
Documentación	Elaboración de la tesis				■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■

## 8. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Ponsa, P, y Vilanova R. (2005). Automatización de procesos mediante guía GEMMA. Disponible en <https://books.google.com.co/>
- [2] Ebel, Idler, Preder y Scholz (2008). Fundamentos de la técnica de automatización. Disponible en <http://www.festo-didactic.com/>
- [3] Reyes, C.A. (2006) Microcontroladores PIC Programación en Basic. Quito, Ecuador. Rispergraf
- [4] I. Amatrol, “Analytical Process Control Student Reference.” Jefferson Village, Indiana USA, 2013.
- [5] O. Katsuhiko, “Ingeniería de Control Moderna”. México: Prentice Hall, 1997
- [6] C. Kunusch, “Identificación de sistemas dinámicos”. La Plata, 2003
- [7] Balcells J. y Romeral J. (1997) Autómatas Programables. Barcelona, España. Marcombo Boixareu
- [8] National Instruments Corporation (2016). Adquisición de datos (DAQ). Recuperado de <http://www.ni.com/>
- [9] Ibarra, V, y Osorio, P. (2007). Diseño y construcción de un sistema de adquisición de datos de 4 canales analógicos de entrada basado en un PIC16F877 para uso general en los laboratorios de CIAII (tesis de pregrado). Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Pachuca de soto, México.

- [10] Cruz, J. (2012). Sistema de adquisición de datos mediante Waspote (tesis de pregrado). Universidad Carlos III de Madrid, Madrid, España.
- [11] Gómez, I, y Gómez, J. (2011). Sistema de adquisición de datos de bajo costo, basado en hardware y software libre y abierto. *Quid.17*, 23-28.
- [12] “Neuro-Fuzzy and soft computing”, J.S. Roger Jang, C. Tsai Sun, Eiji Mizutami, Prentice Hall, 1997.