

TABLERO ELECTRÓNICO DIDÁCTICO DE CONTROL

JOHN FREDY RAMÍREZ SÁNCHEZ

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO

TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA

MEDELLÍN

2014

TABLERO ELECTRÓNICO DIDÁCTICO DE CONTROL

JOHN FREDY RAMÍREZ SÁNCHEZ

Trabajo de grado presentado para optar por el título de  
Tecnólogo en Electrónica

Asesor Técnico

Diego Hernando Orozco Gómez  
Ingeniero en Instrumentación y Control

INSTITUCIÓN UNIVERSITARIA PASCUAL BRAVO  
TECNOLOGÍA ELECTRÓNICA  
MEDELLÍN

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	7
1. EL PROBLEMA	8
1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	8
2. JUSTIFICACIÓN	9
3. OBJETIVOS	10
3.1 OBJETIVO GENERAL	10
3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
4. REFERENTES TEÓRICOS	11
4.1 SENSORES	11
4.2 SENSORES DE TEMPERATURA	17
4.3 TERMORRESISTENCIAS O RTDS	20
4.4 TABLEROS ELECTRÓNICOS	21
4.5 VOLTIMETRO, AMPERIMETRO, RELE Y RESISTENCIAS	22
4.6 CONTROLADORES DE PROCESOS	24
5. METODOLOGÍA	26
5.1 TIPO DE PROYECTO	26
5.2 MÉTODO	26
5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	26
5.3.1 Fuentes Primarias	26
5.3.2 Fuentes Secundarias	26
6. RESULTADOS	27
7. CONCLUSIONES	31
8. RECOMENDACIONES	32
BIBLIOGRAFÍA	33
CIBERGRAFÍA	34
ANEXOS	35

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Clases de sensores	12
Figura 2. Tipos de termopares	17
Figura 3. Tipos de termorresistencias	21
Figura 4. Voltímetro	22
Figura 5. Amperímetro	23
Figura 6. Relé de estado sólido trifásico	23
Figura 7. Resistencias y bases	24
Figura 8. Controladores de procesos	25

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Tablero didáctico de control	35
Anexo B. Controles de temperatura	36
Anexo C. Ficha técnica de control de temperatura	37
Anexo D. Plano eléctrico tablero didáctico de control	38

## **RESUMEN**

La siguiente investigación se centra en la construcción de un tablero didáctico de control; aprovechando el conocimiento existente en la industria y la academia sobre las diferentes clases de sensores, se desarrolla un instrumento didáctico para que los estudiantes interactúen con procesos electrónicos. Para este caso se trabaja y se hace énfasis en los sensores de temperatura, debido a esto, el tablero estará enfocado particularmente en este campo. Al final de este documento se presentan los resultados y las conclusiones obtenidas de la propia investigación con las respectivas pruebas de funcionamiento; gracias a estas pruebas se pudo determinar un correcto funcionamiento del tablero didáctico de control.

## **INTRODUCCIÓN**

En el presente trabajo de grado se pretende establecer el diseño y puesta en marcha de un tablero electrónico didáctico de control para que los estudiantes de la Institución Universitaria Pascual Bravo tengan la posibilidad de experimentar y poner a prueba los conocimientos teóricos adquiridos en electrónica, instrumentación y control.

De esta forma se logrará que los estudiantes amplíen su conocimiento en el campo de la automatización y el control teniendo en cuenta una de las variables más importantes en el área industrial como es la temperatura.

## **1. EL PROBLEMA**

La era mundial de la globalización está enfocada hacia el cambio, la innovación y los nuevos retos; es por esto que las personas cada día se han vuelto más críticas al elegir un centro educativo, ya no solo se buscan por reconocimiento o prestigio, sino por los valores agregados que pueda ofrecer.

En el laboratorio SAC de electrónica el problema radica en que nosotros como estudiantes de una de las tecnologías más complejas e importantes para el desarrollo de la potencialización industrial y electrónica del mundo, no se poseen equipos de control que van de la mano con algunos dispositivos llamados sensores de temperatura, capaces de detectar magnitudes físicas o químicas llamadas variables de instrumentación y transformarlos en variables electrónicas.

### **1.1 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El tablero didáctico de control será una herramienta de apoyo práctica a los estudiantes de la I.U.P.B.?



## **2. JUSTIFICACIÓN**

Debido a la falta de laboratorios en la Institución Universitaria Pascual Bravo, a la gran competencia laboral del mercado y a la gran demanda que se presenta en la actualidad en la industria colombiana e incluso a nivel mundial, se busca que didácticamente mediante el diseño de un tablero electrónico, los estudiantes se preparen de una forma adecuada para así garantizar un proceso educativo académico y competente.

La tendencia industrial es agilizar los procesos productivos en el menor tiempo posible y tener mano de obra calificada que pueda ejecutar todas las tareas asignadas.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Fabricar un tablero electrónico didáctico de control para el laboratorio de automatización y control.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Planear y diseñar el plano electrónico.

Realizar el montaje de todos los elementos eléctricos y electrónicos.

Hacer pruebas para garantizar que el tablero electrónico didáctico de control cumple con las características de trabajo esperadas.

Realizar un manual de funcionamiento para que a los alumnos se les facilite su aprendizaje.

## 4. REFERENTES TEÓRICOS

### 4.1 SENSORES

En 1799, Sir Humphrey Davy (1778-1829) derritió dos trozos de hielo mediante la fricción entre ellos, este experimento probó por primera vez que el calor es una forma de energía, antes de esto, se consideraba que el calor era un fluido sin peso llamado calórico, este descubrimiento permitió ver al calor desde un punto de vista distinto, y abrió el camino para el progreso en la tecnología de la medición de temperatura, que hasta entonces estaba limitada a termómetros simples, desde 1799 hasta ahora se ha progresado enormemente; hoy en día la temperatura es el proceso industrial variable que más se mide.

En 1821, hubo un muy importante descubrimiento en el campo de la termometría, T. J. Seebeck observó que si dos metales distintos están unidos de tal modo que forman un lazo cerrado y si una unión está a una temperatura diferente de la otra, se genera una fuerza electromotriz (llamada la f.e.m. Seebeck en honor a su descubridor) y una corriente eléctrica circulará por el lazo cerrado. Experimentos hechos por Seebeck y otros han demostrado que la magnitud de esta corriente eléctrica se encuentra relacionada de una manera predecible con la diferencia de temperatura entre las dos uniones; de modo que si la temperatura de una unión se mantiene a un valor conocido, la temperatura de la otra unión puede determinarse por la magnitud del voltaje generado. Este descubrimiento resultó en un sensor de temperatura que se conoce con el nombre de termocupla.

Un sensor es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, movimiento, pH, entre otros. Una magnitud eléctrica puede ser

una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor).

Un sensor se diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación, con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que así la pueda interpretar otro dispositivo. Un ejemplo es el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra. Los sensores pueden estar conectados a un computador para obtener ventajas como son el acceso a una base de datos, la toma de valores desde el sensor, entre otras.

Figura 1. Clases de sensores



Las principales características de los sensores son:

Rango de medida: dominio en la magnitud medida en el que puede aplicarse el sensor.

Precisión: es el error de medida máximo esperado.

Offset o desviación de cero: llega a valores nulos de la variable de entrada, habitualmente se establece otro punto de referencia para definir el offset.

Linealidad o correlación lineal.

Sensibilidad de un sensor: suponiendo que es de entrada a salida y la variación de la magnitud de entrada.

Resolución: mínima variación de la magnitud de entrada que puede apreciarse a la salida.

Rapidez de respuesta: puede ser un tiempo fijo o depender de cuánto varíe la magnitud a medir, depende de la capacidad del sistema para seguir las variaciones de la magnitud de entrada.

Derivas: son otras magnitudes, aparte de la medida como magnitud de entrada, que influyen en la variable de salida, por ejemplo, pueden ser condiciones ambientales, como la humedad, la temperatura u otras como el envejecimiento (oxidación, desgaste) del sensor.

Repetitividad: error esperado al repetir varias veces la misma medida. Un sensor es un tipo de transductor que transforma la magnitud que se quiere medir o controlar, en otra, que facilita su medida, pueden ser de indicación directa (un

termómetro de mercurio) o pueden estar conectados a un indicador (posiblemente a través de un convertidor analógico al digital, un computador y un display) de modo que los valores detectados puedan ser leídos por un humano.

Por lo general, la señal de salida de estos sensores no es apta para su lectura directa y a veces tampoco para su procesamiento, por lo que se usa un circuito de acondicionamiento, por ejemplo un puente de Wheatstone, amplificadores y filtros electrónicos que adaptan la señal a los niveles apropiados para el resto de los circuitos. Existen varios tipos de sensores:

Detectores ultrasónicos: resuelven los problemas de detección de objetos de prácticamente cualquier material, trabajan en ambientes secos y polvorientos, normalmente se usan para control de presencia/ausencia, distancia o rastreo.

Interruptores básicos: se consiguen interruptores de tamaño estándar, miniatura, subminiatura, herméticamente sellados y de alta temperatura. Los mecanismos de precisión se ofrecen con una amplia variedad de actuadores y características operativas. Estos interruptores son idóneos para aplicaciones que requieran tamaño reducido, poco peso, repetitividad y larga vida.

Interruptores final de carrera: el microswitch es un conmutador de 2 posiciones con retorno a la posición de reposo y viene con un botón o con una palanca de accionamiento, la cual también pueden traer una ruedita. En estado de reposo la patita común (COM) y la de contacto normal cerrado (NC), están en contacto permanente hasta que la presión aplicada a la palanca del microswitch hace saltar la pequeña platina acerada interior y entonces el contacto pasa de la posición de normal cerrado a la de normal abierto (NO), se puede escuchar cuando el microswitch cambia de estado, porque se oye un pequeño clic, esto sucede casi al final del recorrido de la palanca.

Interruptores manuales: estos son los sensores más básicos, incluye pulsadores, llaves, selectores rotativos y conmutadores de enclavamiento. Estos productos ayudan al técnico e ingeniero con ilimitadas opciones en técnicas de actuación y disposición de componentes.

Productos encapsulados: diseños robustos, de altas prestaciones y resistentes al entorno o herméticamente sellados. Esta selección incluye finales de carrera miniatura, interruptores básicos estándar y miniatura e interruptores de palanca.

El grupo de fibra óptica está especializado en el diseño, desarrollo y fabricación de componentes optoelectrónicos activos y submontajes para el mercado de la fibra óptica, son compatibles con la mayoría de los conectores y cables de fibra óptica multimodo estándar disponibles actualmente en la industria.

Productos infrarrojos: la optoelectrónica es la integración de los principios ópticos y la electrónica de semiconductores, los componentes optoelectrónicos son sensores fiables y económicos, se incluyen diodos emisores de infrarrojos (IREDs), sensores y montajes.

Sensores para automoción: se incluyen sensores de efecto Hall, de presión y de caudal de aire, estos sensores son de alta tecnología y constituyen soluciones flexibles a un bajo costo, su flexibilidad y durabilidad hace que sean idóneos para una amplia gama de aplicaciones de automoción.

Los sensores de caudal de aire contienen una estructura de película fina aislada térmicamente, que contiene elementos sensibles de temperatura y calor. La estructura de puente suministra una respuesta rápida al caudal de aire u otro gas que pase sobre el chip.

Sensores de corriente: monitorizan corriente continua o alterna, se incluyen sensores de corriente lineales ajustables, de balance nulo, digitales y lineales. Los sensores de corriente digitales pueden hacer sonar una alarma, arrancar un motor, abrir una válvula o desconectar una bomba. La señal lineal duplica la forma de la onda de la corriente captada, y puede ser utilizada como un elemento de respuesta para controlar un motor o regular la cantidad de trabajo que realiza una máquina.

Sensores de efecto hall: son semiconductores y por su costo no están muy difundidos, pero en codificadores ("encoders") de servomecanismos se emplean mucho.

Los sensores de humedad relativa están configurados con circuitos integrados que proporcionan una señal acondicionada. Estos sensores contienen un elemento sensible capacitivo en base de polímeros que interacciona con electrodos de platino, están calibrados por láser y tienen una intercambiabilidad de +5% HR, con un rendimiento estable y baja desviación.

Los sensores de posición de estado sólido, detectores de proximidad de metales y de corriente, se consiguen disponibles en varios tamaños y terminaciones, estos sensores combinan fiabilidad, velocidad, durabilidad y compatibilidad con diversos circuitos electrónicos para aportar soluciones a las necesidades de aplicación.

Los sensores magnéticos se basan en la tecnología magnetoresistiva SSEC, ofrecen una alta sensibilidad, entre las aplicaciones se incluyen brújulas, control remoto de vehículos, detección de vehículos, realidad virtual, sensores de posición, sistemas de seguridad e instrumentación médica.

Los sensores de presión están basados en tecnología piezoresistiva, combinada con microcontroladores que proporcionan una alta precisión, independiente de la



temperatura, y capacidad de comunicación digital directa con PC. Las aplicaciones afines a estos productos incluyen instrumentos para aviación, laboratorios, controles de quemadores y calderas, comprobación de motores, tratamiento de aguas residuales y sistemas de frenado.

## 4.2 SENSORES DE TEMPERATURA

La temperatura es una medida del promedio de energía cinética de las partículas en una unidad de masa, expresada en unidades de grados en una escala estándar, puede medir temperatura de diferentes maneras que varían de acuerdo al costo del equipo y la precisión. Los tipos de sensores más comunes son las Termocuplas, RTDs y termistores.

Termopares (También llamados Termocuplas) son los sensores de temperatura más comunes utilizados industrialmente por ser sensores precisos, relativamente económicos y que pueden operar en un amplio rango de temperaturas. Un termopar se hace con dos alambres de distinto material unidos en un extremo (soldados generalmente), al aplicar temperatura en la unión de los metales se genera un voltaje muy pequeño del orden de los milivoltios el cual aumenta con la temperatura.

Figura 2. Tipos de termopares



Tipos de termopares ó termocuplas: existen diferentes tipos de Termocuplas asignadas con letras mayúsculas que indican su composición de acuerdo al American National Standards Institute (ANSI), los tipos de termopares más comunes son: J, K, S, T, R, B.

La termocupla K se usa típicamente en fundición y hornos a temperaturas menores de 1300 °C, por ejemplo fundición de cobre y hornos de tratamientos térmicos (Fundición de acero).

Finalmente las tipos T eran usadas hace algún tiempo en la industria de alimentos, pero han sido desplazadas en esta aplicación por los Pt100.

Las Termocuplas tipo J se usan principalmente en la industria del plástico, goma (extrusión e inyección) y fundición de metales a bajas temperaturas (Zamac, Aluminio).

Las Termocuplas R, S, B se usan casi exclusivamente en la industria siderúrgica.

Precauciones y consideraciones al usar termocuplas: la mayor parte de los problemas de medición y errores con los termopares se deben a la falta de conocimientos del funcionamiento de los termopares, a continuación, un breve listado de los problemas más comunes que deben tenerse en cuenta.

La mayoría de los errores de medición son causados por uniones no intencionales del termopar, se debe tener en cuenta que cualquier contacto entre dos metales distintos creará una unión. Si lo que se desea es aumentar la longitud de las guías, se debe usar el tipo correcto del cable de extensión. Así por ejemplo, el tipo K corresponde al termopar K. Al usar otro tipo se introducirá una unión termopar, cualquiera que sea el conector empleado debe estar hecho del material termopar

correcto y su polaridad debe ser la adecuada, lo más correcto es emplear conectores comerciales del mismo tipo que el termopar para evitar problemas.

Resistencias de la guía: para minimizar la desviación térmica y mejorar los tiempos de respuesta, los termopares están integrados con delgados cables, esto puede causar que los termopares tengan una alta resistencia, la cual puede hacer que sea sensible al ruido y también puede causar errores debidos a la resistencia del instrumento de medición. Una unión termopar típica expuesta con 0,25 mm tendrá una resistencia de cerca de 15 ohmios por metro. Si se necesitan termopares con delgadas guías o largos cables, conviene mantener las guías cortas y entonces usar el cable de extensión, el cual es más grueso, (lo que significa una menor resistencia) ubicado entre el termopar y el instrumento de medición. Se recomienda medir la resistencia del termopar antes de utilizarlo.

La descalibración: es el proceso de alterar accidentalmente la conformación del cable del termopar, la causa más común es la difusión de partículas atmosféricas en el metal a los extremos de la temperatura de operación; otras causas son las impurezas y los químicos del aislante difundiéndose en el cable del termopar. Si se opera a elevadas temperaturas, se deben revisar las especificaciones del aislante de la sonda, se debe tener en cuenta que uno de los criterios para calibrar un instrumento de medición, es que el patrón debe ser por lo menos 10 veces más preciso que el instrumento a calibrar.

La salida de un termopar es una pequeña señal, así que es susceptible de error por ruido eléctrico. La mayoría de los instrumentos de medición rechazan cualquier modo de ruido (señales que están en el mismo cable o en ambos) así que el ruido puede ser minimizado al retorcer los cables para asegurarse que ambos recogen la misma señal de ruido. Si se opera en un ambiente extremadamente muy ruidoso, (ejemplo: cerca de un motor grande) es necesario

considerar usar un cable de extensión protegido.

Si se sospecha de la recepción de ruido, primero se deben apagar todos los equipos sospechosos y comprobar si las lecturas cambian. Sin embargo, la solución más lógica es diseñar un filtro pasabajos (resistencia y condensador en serie) ya que es probable que la frecuencia del ruido (por ejemplo de un motor) sea mucho mayor a la frecuencia con que oscila la temperatura, o ponerle un repetidor después del termopar para que la señal en el cable sea mayor y que el equipo receptor este compensado para poder acoplar ese repetidor.

Voltaje en modo común: aunque las señales del termopar son muy pequeñas, a la salida del instrumento de medición pueden aparecer voltajes mayores. Estos voltajes pueden ser causados tanto por una recepción inductiva (un problema cuando se mide la temperatura de partes del motor y transformadores) o por las uniones a conexiones terrestres, un ejemplo típico de uniones a tierra sería la medición de un tubo de agua caliente con un termopar sin aislamiento. Si existe alguna conexión terrestre pueden existir algunos voltios entre el tubo y la tierra del instrumento de medición. Estas señales están una vez más en el modo común (las mismas en ambos cables del termopar) así que no causarán ningún problema con la mayoría de los instrumentos siempre y cuando no sean demasiado grandes. Los voltajes del modo común pueden ser minimizados al usar los mismos recaudos del cableado establecidos para el ruido, y también al usar termopares aislados.

### **4.3 TERMORRESISTENCIAS O RTDS**

Un RTD (resistance temperature detector) es un detector de temperatura resistivo, es decir, un sensor de temperatura basado en la variación de la resistencia de un conductor con la temperatura.

Un RTD de platino es un dispositivo hecho de bobinas o películas de metal (platino generalmente), al calentarse, la resistencia del metal aumenta; al enfriarse, la resistencia disminuye, la relación entre la resistencia y la temperatura es relativamente lineal, generalmente, los RTDs tienen una resistencia de  $100 \Omega$  a  $0 \text{ }^\circ\text{C}$  y pueden medir temperaturas hasta  $850 \text{ }^\circ\text{C}$ , se utilizan generalmente con un acondicionador de señales que convierte su salida a un voltaje o a una corriente proporcional a la temperatura.

Esta señal de alto nivel puede ser entonces transmitida a una unidad de visualización, registro o control.

Figura 3. Tipos de termorresistencias



#### 4.4 TABLEROS ELECTRÓNICOS

Las principales características que se deben buscar en un sistema de control son: mantener el sistema estable, independiente de perturbaciones y desajustes, conseguir las condiciones de operación objetivo de forma rápida y continua, trabajar correctamente bajo un amplio abanico de condiciones operativas,

manejar las restricciones de equipo y proceso de forma precisa la implantación de un adecuado sistema de control de proceso, que se adapte a las necesidades del sistema, significará una sensible mejora de la operación.

Principalmente los beneficios obtenidos son: incremento de la productividad, mejora de los rendimientos, mejora de la calidad, ahorro energético, control medio ambiental, seguridad operativa, optimización de la operación del proceso/ utilización del equipo, fácil acceso a los datos del proceso.

#### **4.5 VOLTÍMETRO, AMPERÍMETRO, RELÉ Y RESISTENCIAS**

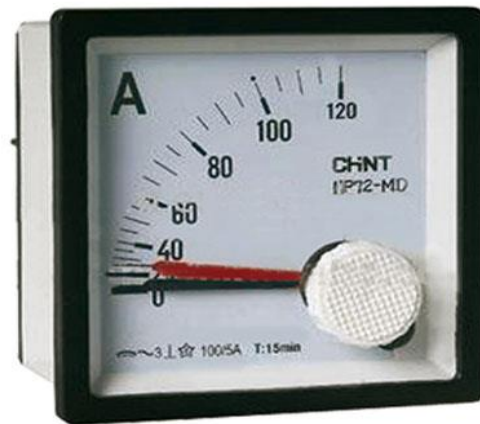
Un voltímetro sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

Figura 4. Voltímetro



El amperímetro se utiliza para medir la intensidad de corriente que está circulando por un circuito eléctrico. Un microamperímetro está calibrado en millonésimas de amperio y un miliamperímetro en milésimas de amperio.

Figura 5. Amperímetro



Los relés son circuitos híbridos, normalmente compuestos por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos.

Figura 6. Relé de estado sólido trifásico



Las resistencias están relacionadas con la oposición que tienen los electrones al desplazarse a través de un conductor. La unidad de resistencia en el Sistema Internacional es el ohmio, que se representa con la letra griega omega ( $\Omega$ ), en honor al físico alemán George Ohm.

Figura 7. Resistencias y bases



#### 4.6 CONTROLADORES DE PROCESOS

El control del proceso consiste en la recepción de unas entradas, variables del proceso, su procesamiento y comparación con unos valores predeterminados por el usuario, y posterior corrección en caso de que se haya producido alguna desviación respecto al valor preestablecido de algún parámetro de proceso, el bucle de control típico está formado por los siguientes elementos, a los que habrá que añadir el propio proceso.

Elementos de medida (sensores): generan una señal indicativa de las condiciones de proceso.



Elementos de control lógico (controladores): leen la señal de medida, comparan la variable medida con la deseada (punto de consigna) para determinar el error, y estabilizan el sistema realizando el ajuste necesario para reducir o eliminar el error.

Elementos de actuación (válvulas y otros elementos finales de control): reciben la señal del controlador y actúan sobre el elemento final de control, de acuerdo a la señal recibida.

Esta serie de operaciones de medida, comparación, calculo y corrección, constituyen una cadena cerrada; el conjunto de elementos que hacen posible este control reciben el nombre de bucle de control (control loop).

Figura 8. Controladores de procesos



## 5. METODOLOGÍA

### 5.1 TIPO DE PROYECTO

La siguiente investigación es de carácter descriptiva, puesto que se encarga de realizar el registro, el análisis e interpretación de la situación actual, es decir, trabaja sobre la base de la diferente gama de sensores existentes en la industria, para de este modo afrontar la problemática y déficit que presenta la Institución Universitaria Pascual Bravo para la puesta en práctica de los saberes y aprendizajes, tanto teóricos como prácticos, de los estudiantes en electrónica.

### 5.2 MÉTODO

El camino para desarrollar esta investigación es deductivo e inductivo. Si bien parte de un acumulado teórico y práctico sobre el tema para identificar una problemática pedagógica de contexto (deductivo), desarrolla una herramienta para afrontar el déficit didáctico en la instrumentación y control de la electrónica por parte de los estudiantes del Pascual Bravo (inductivo).

### 5.3 TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN

**5.3.1 Fuentes Primarias.** Para la realización de esta investigación, se recurrió a datos y conocimientos adquiridos en el campo.

**5.3.2 Fuentes Secundarias.** Se realizó la revisión de bases de datos de fuentes indexadas, representadas en su mayoría en artículos y tesis relacionadas con la temática (Internet, material digital). Así mismo, fue necesaria la revisión de libros y documentos, cuyo contenido permitió la elaboración de una descripción histórica y diferencial de los tipos de sensores (revistas y libros, material impreso).

## 6. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados de la investigación; para dicho fin, se ha dividido la exposición en tres partes: diseño, ensamblaje y prueba.

El diseño se partió de la existencia de otros tableros que miden por ejemplo la corriente; se llegó a la necesidad de construir un tablero de control y visualizador de temperatura para las prácticas pedagógicas de los estudiantes del Pascual Bravo. Este tablero se construyó sobre la base de aquellos existentes en instituciones como el SENA (Servicio Nacional de Aprendizaje) y el propio Pascual Bravo; por lo que se conservaron rasgos esenciales de la estructura y el funcionamiento de los tableros para satisfacer la necesidad ya puntualizada.

Así, lo primero fue la fabricación de la estructura o un armazón rectangular para la parte superior, donde se reparten los componentes operacionales del tablero a la altura y alcance de los usuarios. Al igual que las experiencias anteriores de tableros, se priorizó el uso de un material aislante que no modificara el comportamiento de la corriente eléctrica o los posible resultados arrojados por los sensores; de este modo, apoyándose y fijándose sobre la armazón, se llegó a la conclusión de usar un tablero transparente de acrílico sobre el cual se fijarían a su vez componentes como el voltímetro y el amperímetro. (Ver anexo A).

El segundo elemento que se conservó en el diseño fue el sistema de seguridad. Al considerar que el futuro instrumento didáctico sería manipulado por una población en aprendizaje, además de las condiciones mínimas de seguridad, se optó por mantener un sistema de seguridad. Este consistiría en la interrupción total del flujo de energía para el tablero didáctico de control, instalándose así un Breker dos polos para poder llevar a cabo con éxito dicha tarea. (Ver anexo D).

Sin embargo, hubo necesidad de instalarse una modificación para que el tablero presentara un adecuado funcionamiento a futuro; esta consistía en una base adicional en el armazón, a la altura de la cadera y horizontal o paralela al suelo, en este sitio se fijarían las resistencias y sus respectivas bases (ver figura 7). Al ser componentes que generaban calor no se podían fijar sobre la pantalla de acrílico, ya que lo derretirían y estropearían finalmente el tablero didáctico.

Por otra parte las resistencias que se pensaron para la base del tablero fueron unas que funcionaran a 110 voltios; la primera estaría haciendo contacto con tres termocuplas (J, K, T) que medirían en milivoltios la variación de la temperatura; la segunda tiene una forma circular plana.

Para finalizar, se pensó que la estructura o armazón fuera elaborada en madera; no obstante, la durabilidad del material y los inconvenientes que puede tener con el tiempo, hicieron que se cambiara por acero inoxidable: un material con mayor duración, resistencia y finura.

En la etapa de ensamble, se procedió inicialmente con la construcción del armazón, completamente de acero inoxidable; cada una de las parte se soldaron para dar forma al tablero didáctico de control, cuyo sostenimiento termino sobre cuatro patas al estilo de una mesa. No obstante, se presentaron en esta etapa dos inconvenientes; el primero tenía que ver con la base horizontal donde se fijarían las resistencias, pues la lámina de acero inoxidable no ajustó según las condiciones exigidas y tuvo que ser cambiada, esto implicó un trabajo extra no pronosticado; el segundo, tenía que ver con las patas sobre las cuales se sostendría el tablero, por una parte, el material en el que estaba construido podría deslizarse en determinadas superficies, por lo que se pusieron a cada una de ellas una envoltura ergonómicas; y, por la otra, una de las patas no quedó a la misma medida de las otras, lo que hacía al tablero algo inestable. Finalmente, el

problema se solucionó cortando a la justa medida de esta pata más corta las otras tres.

Luego se procedió con la fijación de la pantalla transparente de acrílico, la cual no presento ningún inconveniente de consideración; sólo algunos cortes para ajustar la medida, situación que se superó fácilmente; así mismo, se procedió a la fijación de las resistencias sobre la base de aluminio, que ajustaron perfectamente. Para completar la instalación de la resistencia circular se tuvo que esperar un tiempo, ya que esta no se fabrica en el país y hubo que importarla de los Estados Unidos.

Los demás elementos (el control de temperatura, el parado de emergencia, los botones start y stop, entre otros) se pusieron en las posiciones que normalmente deben ir ubicados en un tablero didáctico de control, adicionándosele en un lugar estratégico un breaker dos polos para evitar futuros accidentes.

La realización de la prueba se hizo durante la mañana del 12 de mayo de 2014. Inicialmente, no se obtuvo un funcionamiento exitoso; ninguna de las dos resistencias funcionaba, por lo que los sensores no mostraban en el tablero alguna variación de la temperatura; después de una revisión, se percató que la resistencia usada funcionaba a 220 voltios; resultaba así insuficiente la estimulación —como al principio se había pensado— de 110 voltios que estaba recibiendo.

El problema se resolvió desmontando la resistencia y usando una que mostrara variación al ser estimulada con una corriente de 110 voltios; en efecto, este cambio tuvo éxito y se obtuvieron de este modo los resultados deseados: un aumento constante y paulatino de la temperatura y su respectiva visualización en el control, se hizo posible de este modo la observación de la variación de la temperatura, corriente y voltaje.

Con este ensayo se procedió a someter el tablero a condiciones de máxima funcionalidad; estas consistían en apagados y encendidos cada cierto intervalo de tiempo, así como la manipulación constante del mismo y períodos de tiempo que aunque estando encendido no era propiamente manipulado. La finalidad con este nuevo ensayo era mirar el funcionamiento, la respuesta y la fiabilidad del tablero en condiciones normales de clase y trabajo; la prueba fue un éxito y no se presentaron inconvenientes.

Al no presentarse problemas con la prueba anterior se procedió a ensayarse el sistema de seguridad; por una parte el breaker funcionó adecuadamente interrumpiendo el flujo de energía por los circuitos del tablero; por la otra, el control de temperatura se mostró eficaz al apagarse cuando la resistencia circular superó los 96 grados.

Estas pruebas permitieron concluir que el tablero funcionaba en óptimas condiciones; con conocimientos aplicados inductivamente se logró realizar un simulacro del tablero en un funcionamiento propio de los campos académicos y de aprendizaje; esto fue fundamental para que se pudiera deducir ciertas conclusiones y nuevos campos de interés, desarrollables en otra investigación y trabajo.

## 7. CONCLUSIONES

De acuerdo a las generalidades de este proyecto, se observa falta de herramientas didácticas en el laboratorio de la I.U.P.B. que permitan a los estudiantes interactuar con elementos de potencia y maniobra, lo cual es fundamental para el logro de los objetivos propuestos.

A través de la aplicación de instrumentos de diagnóstico tales como las variables de temperatura, corriente y voltaje, lograr identificar las fortalezas y debilidades de las diferentes estudiantes.

Con respecto al funcionamiento del tablero, se percibe la necesidad que una persona con conocimientos en el área este acompañando a los estudiantes, que se supone no poseen todavía las habilidades suficientes para manipularlo. Este sabrá que hacer en caso de corto o no funcionamiento, bien sea de alguna de las partes que componen el sistema o la integralidad del mismo.

Es importante estar realizando un mantenimiento periódico, la prueba indica que el intervalo más adecuado es uno cada tres meses. Se sugiere adicionalmente una revisión de las partes antes de cada uso, pues se evitaría un mal uso del mismo y se minimizaría el deterioro al que naturalmente se ve sometido por su uso.

Cabe decir que el manejo y puesta en funcionamiento es fácil y ágil, eso permite intuir que podrá ser usado por personas que tienen un conocimiento básico en el área o aquellas que apenas empiezan a explorar en el campo de la electrónica.

Como resultado de las pruebas y las correcciones indispensables del tablero, el autor del presente trabajo cree que ya está preparado para su uso y funcionamiento.

## 8. RECOMENDACIONES

Documentar todas las reformas realizadas al tablero didáctico de control teniendo en cuenta todas las variables que se puedan llegar a controlar, para garantizar una mejor eficiencia y eficacia.

Aplicar los indicadores elaborados en el modelo propuesto que permitan un adecuado seguimiento al desempeño de las diferentes tareas y procesos.

Complementar este sistema de modo tal que permita a los alumnos ser más competitivos para obtener grandes avances y desarrollos, algunos procesos a implementar podrían ser potenciómetros, flujómetros e higrómetros de acuerdo a las características y técnicas de estudio de la I.U.P.B.

Se concluye que la I.U.P.B. no cuenta con mecanismos que permitan identificar estas situaciones y por ende se deja abierto el sistema para que los estudiantes puedan realizar modificaciones para medir otro tipo de variables.



## **BIBLIOGRAFÍA**

ACEDO SÁNCHEZ, José. (2003) Control de avanzado de procesos. Ed. Días de Santos, Madrid, 68.

CREUS SOLE, Antonio. (2011) Instrumentación Industrial. Ed. Marcombo, España, 67.

ACEDO SÁNCHEZ, José, (2006) Instrumentación y control básico de procesos, Ediciones Días de Santos, España, 106.

## CIBERGRAFÍA

Normas globales para gabinetes, [http://www.hoffmanonline.com/stream\\_document.aspx?RID=245286&pRID=245285](http://www.hoffmanonline.com/stream_document.aspx?RID=245286&pRID=245285), citado 1 de marzo de 2013.

Sensores, <http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor>, citado 1 de marzo de 2013.

Gabinetes, <http://www.odisagt.com/index.php?showPage=84>, citado 1 de marzo de 2013.

Control de temperatura, <http://www.google.com.co/search?hl=es->, citado 1 de marzo de 2013.

Historia de los sensores de temperatura, <http://www.slideshare.net/BryamBaca/sensores-de-temperatura-10622603>, citado 1 de marzo de 2013.

Relé de estado sólido, <http://russian.alibaba.com/product-gs/solid-state-relays-242294985.html>, citado 1 de marzo de 2013.

Amperímetro análogo, [http://www.hansaindustria.com.bo/product/material\\_electrico/material\\_electrico\\_industrial/instrumentos\\_de\\_medicion/amperimetro-analogico-100-5-a/3371/](http://www.hansaindustria.com.bo/product/material_electrico/material_electrico_industrial/instrumentos_de_medicion/amperimetro-analogico-100-5-a/3371/), citado 1 de marzo de 2013.

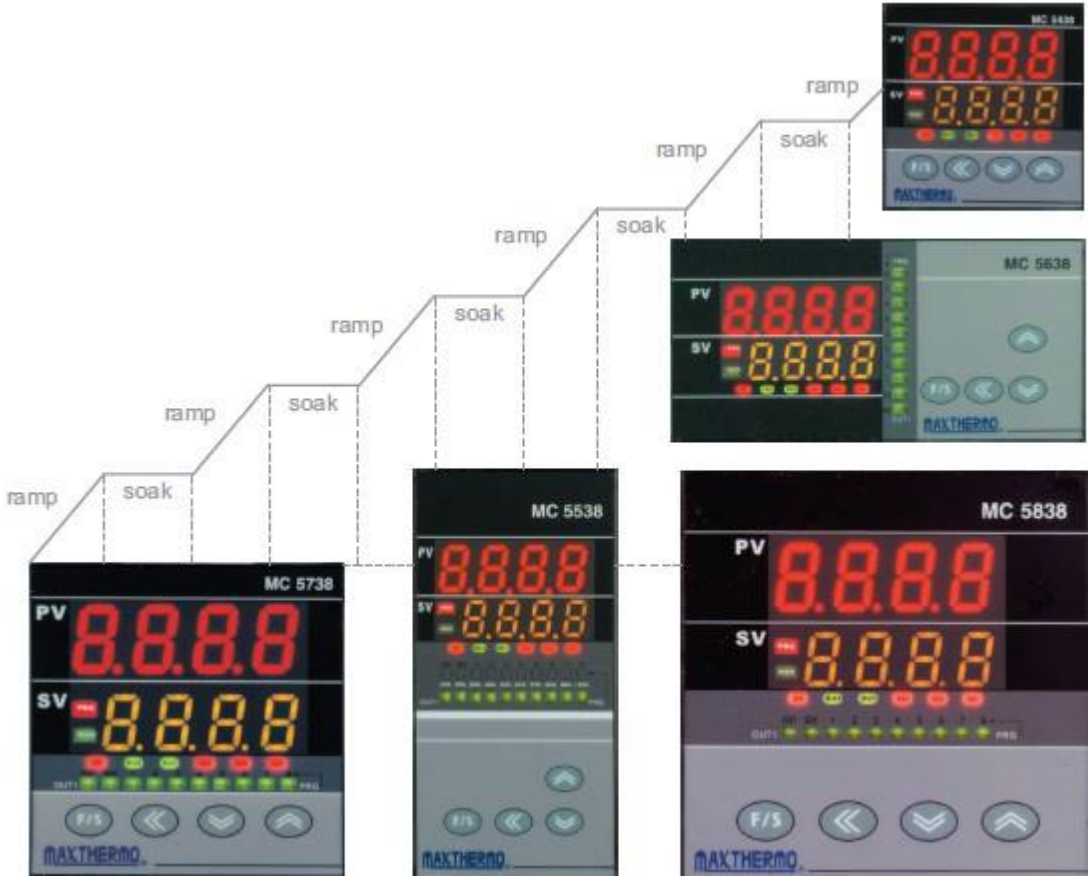
Voltímetro análogo, <http://todoingenieriaindustrial.wordpress.com/metrologia-y-normalizacion/2-4-diferencia-ventajas-y-desventajas-de-instrumentos-analogicos-y-digitales/>, citado 1 de marzo de 2013.

Tablero didáctico, <https://mail.google.com/mail/u/0/?pli=1#inbox/14519f31a8923514>, citado 1 de marzo de 2013.

Anexo A. Tablero didáctico de control



Anexo B. Controles de temperatura



## Anexo C. Ficha técnica de control de temperatura

**MC 5438** CE

48\*48mm(DIN 1/6)

**CONNECTING DIAGRAM**





CUTOUT DIMENSION 46\*46mm

### A: Model No:

MC-5438 for 46×46mm (DIN 1/16), MC-5538 for 48×96mm (DIN 1/8),  
 MC-5638 for 96×48mm (DIN 1/8), MC-5838 for 96×96mm (DIN 1/4),  
 MC-5738 for 72×72mm

### B: Out 1 control output mode

- 0-None
- 1-Relay,contact,SPDT 3A/240VAC
- 2-Volt,voltage pulse, 20VDC/20mA
- 3-mA Curent,4~20mA
- 4-Open loop circuit servo motor control
- A- 0~5V
- B- 0~10V
- C- 1-5V
- D- 2~10V

### C: Out 2 control output mode

- 0-None
- 1-Relay,contact,SPDT 3A/240VAC
- 2-Volt,voltage pulse, 20VDC/20mA
- 3-mA Curent,4~20mA
- A- 0~5V
- B- 0~10V
- C- 1-5V
- D- 2~10V

### D: Alarm

- 0- None
- 1- One set alarm
- 2- Two set alarm
- 3- Three set alarm

### E: Transmission

- 0- None
- 1- 4~20mA (Adjustable)
- 2- 0~20mA (Adjustable)
- A- 0~5V
- B- 0~10V
- C- 1~5V
- D- 2~10V

### F: Second Input

- 0-None
- 1- 4~20mA remote set point
- 2- 0~20mA remote set point
- 3- CT for Heater break alarm
- A- 0~5V remote set point
- B- 0~10V remote set point
- C- 1~5V remote set point
- D- 2~10V remote set point

### G: Communication

- 0-None
- 1-RS232
- 2-RS485
- 3-TTL

Anexo D. Plano eléctrico tablero didáctico de control

