

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y  
SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES PARA EL INSTITUTO  
TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO I. U.**

**GRUPO DOS INGENIERÍA ELÉCTRICA**

**INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO I. U.  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2011**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y  
SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

**GRUPO DOS INGENIERÍA ELÉCTRICA**

Trabajo de grado para optar al Título de Ingeniero Electricista

Asesora Técnico  
Mónica Isabel Narváez Patiño  
Ingeniera Electricista

**INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO I. U.  
INGENIERÍA ELÉCTRICA  
MEDELLÍN  
2011**

**TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO I.U., INGENIERÍA ELÉCTRICA  
LISTADO GRUPO No2 DE ALUMNOS INGENIERÍA ELÉCTRICA**

|    | <b>NOMBRE</b>                     | <b>CEDULA</b> |
|----|-----------------------------------|---------------|
| 1  | PIÑA TABORDA MONICA ISABEL        | 43725285      |
| 2  | HERNANDEZ QUINTERO JORGE ALIRIO   | 98527342      |
| 3  | CADAVID OCHOA ANGEL ADONIS        | 71535882      |
| 4  | CADAVID VELASQUEZ HUGO ALBERTO    | 70322107      |
| 5  | CARDENAS HENAO GUILLERMO LEON     | 15429155      |
| 6  | CORREA ALVAREZ HENRY DE JESUS     | 98514346      |
| 7  | DAZA LOPEZ ALBEIRO                | 71000570      |
| 8  | DUQUE SUAREZ GABRIEL OMAR         | 71608728      |
| 9  | GIL MONTOYA JOHN JORGE            | 70825658      |
| 10 | GIRALDO ALZATE RODRIGO ANTONIO    | 70950173      |
| 11 | HIGUITA HIGUITA WILDEMAN DE JESUS | 70568647      |
| 12 | LONDOÑO VELASQUEZ CARLOS MARIO    | 3521961       |
| 13 | LOPEZ GONZALEZ JOHN JAIRO         | 98499766      |
| 14 | MADRID ESCOBAR IGNACIO DE JESUS   | 71613312      |
| 15 | MARULANDA ZAPATA MERARDO DE JESUS | 98487150      |
| 16 | BARRIENTOS BAENA URIEL ALONSO     | 70518468      |
| 17 | MORENO ARENAS OSCAR DE JESUS      | 71728844      |
| 18 | MORENO GALLEGO GUSTAVO MORENO     | 98594192      |
| 19 | MUÑETON CARMONA EDWIN DE JESUS    | 71608576      |
| 20 | ORTIZ GALLEGO FERNEY ALBEIRO      | 71673874      |
| 21 | OSORIO GARCIA JOHAN ALEJANDRO     | 71742069      |
| 22 | RENDON CARMONA HECTOR DARIO       | 71140279      |
| 23 | RESTREPO CORRALES JOHN JAIRO      | 71575390      |
| 24 | RODRIGUEZ CHICA GUILLERMO         | 91430752      |
| 25 | SANCHEZ FRANCO EFRAIN DE JESUS    | 71669456      |
| 26 | SEPULVEDA SOLORZANO ANDRES FELIPE | 98645346      |
| 27 | TAMAYO OSPINA CARLOS MARIO        | 98494922      |
| 28 | TOBON RIOS RAMIRO DE JESUS        | 98589301      |
| 29 | URIBE OSSA JOHN BYRON             | 71712282      |
| 30 | URREA ORREGO JORGE HERNAN         | 71621700      |
| 31 | VELEZ GARCIA ARLEY ALBERTO        | 71850606      |
| 32 | AGUDELO VERGARA NESTOR DE JESUS   | 98492004      |
| 33 | MONSALVE URREGO FABIO ALBERTO     | 98501798      |
| 34 | ZULUAGA DUQUE CARLOS ALBERTO      | 70352007      |
| 35 | MONTOYA HOYOS JOSE ANTONIO        | 71664569      |

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

---

Firma Presidente del Jurado

---

Firma del Jurado

Medellín, Diciembre de 2011

## **Dedicatoria**

**Un hombre libre de pensamiento, podrá alcanzar su  
sueño más ínfimo...  
...pero quien permita volar a su espíritu, podrá  
descubrir el infinito.**

## **Agradecimiento**

**A nuestras familias por el tiempo que les restamos y a nosotros mismos por el conocimiento que nos sumamos.**

## CONTENIDO

|   | pág. |
|---|------|
| 1. EL PROBLEMA  | 24   |
| 2. JUSTIFICACIÓN  | 25   |
| 2.1 JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL   | 25   |
| 3. OBJETIVOS  | 26   |
| 3.1 OBJETIVO GENERAL  | 26   |
| 3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS   | 26   |
| 4. MARCO TEÓRICO  | 27   |
| 4.1 RESEÑA HISTÓRICA  | 27   |
| 4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS “TRANSDUCTOR” SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL DE SALIDA | 33   |
| 4.2.1 Analógicas  | 33   |
| 4.2.2 Digitales   | 33   |
| 4.2.3 Todo – Nada   | 33   |
| 4.3 SENSORES  | 33   |
| 4.3.1 Características Generales de los Sensores                         | 34   |
| 4.3.1.1 Características Estáticas                                       | 36   |
| 4.3.1.2 Característica Dinámica   | 37   |
| 4.4 TRANSDUCTORES DE NIVEL  | 38   |
| 4.4.1 Transductor Todo o Nada   | 39   |
| 4.4.2 Transductores por Presión   | 39   |
| 4.4.3 Transmisor de Nivel por Presión hidrostática y Diferencial        | 40   |
| 4.5 SENSORES DE NIVEL   | 42   |
| 4.5.1 Tipos de Sensores de Nivel más utilizados en la Industria         | 42   |
| 4.5.2 Principio de Funcionamiento                                       | 42   |
| 4.5.2.1 Tipo Tubular  | 42   |
| 4.5.2.2 Tipo Flotador   | 42   |
| 4.5.2.3 Tipo presión diferencial  | 43   |
| 4.5.2.4 Tipo Burbujeo   | 43   |
| 4.5.2.5 Tipo Radioactivo  | 43   |
| 4.5.2.6 Tipo Capacitivo   | 43   |
| 4.5.2.7 Tipo Ultrasonido  | 43   |
| 4.5.2.8 Tipo Radar  | 44   |
| 4.6 SENSOR DE NIVEL HIDROSTÁTICO  | 44   |

|  | pág. |
|--|------|
| 4.7 ESQUEMA GENERAL DEL CONTROL DE NIVEL                               | 44   |
| 4.8 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO                                      | 45   |
| 4.8.1 Tanque Distribuidor  | 45   |
| 4.8.2 Tanque de almacenamiento   | 45   |
| 4.8.3 Electroválvula.  | 45   |
| 4.8.4 Bomba Alimentadora   | 45   |
| 4.8.5 Sensores de Temperatura  | 45   |
| 4.9 EL VENTILADOR ELÉCTRICO  | 48   |
| 4.9.1 Ventilador Axial   | 48   |
| 4.9.2 Ventilador Centrífugo  | 49   |
| 4.9.3 Horno Eléctrico  | 49   |
| 4.10 PROCESO DE TEMPERATURA  | 50   |
| 4.10.1 Principios del Proceso  | 50   |
| 4.10.1.1 Temperatura   | 50   |
| 4.10.1.2 Calor   | 51   |
| 4.10.1.3 Conducción  | 52   |
| 4.10.1.4 Convección  | 52   |
| 4.10.1.5 Radiación   | 53   |
| 4.10.1.6 Capacidad Térmica   | 53   |
| 4.10.1.7 Calor Específico  | 54   |
| 4.10.1.8 Escalas de Temperatura  | 54   |
| 4.10.1.8.1 Escalas Celsius y Fahrenheit                                | 54   |
| 4.10.1.8.2 Escalas Kelvin y Rankin                                     | 54   |
| 4.10.2 Resistencia Detectora de Temperatura (RTD)                      | 56   |
| 4.11 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO                                      | 57   |
| 4.11.1 Subsistema Sensor y de Medida                                   | 60   |
| 4.11.2 Descripción y Funcionamiento del Medidor de Temperatura Digital | 64   |
| 4.11.3 Los Amplificadores Operacionales                                | 66   |
| 4.12 OPERACIÓN DEL PROCESO   | 68   |
| 4.12.1 Autómata Programable  | 68   |
| 4.12.2 Bloques Fundamentales de una CPU                                | 68   |
| 4.12.3 Memoria De Datos Numéricos                                      | 69   |
| 4.13 INTERFASES DE ENTRADAS Y SALIDAS                                  | 70   |
| 4.13.1 Ciclo de Funcionamiento   | 71   |
| 4.13.2 Tiempo de Ejecución y Control Real                              | 74   |
| 4.14 APLICACIÓN DEL PROCESO  | 76   |
| 4.15 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA NEUMÁTICA                                | 77   |
| 4.16 ESTADO SOLIDO   | 77   |
| 4.16.1 Estado Líquido  | 77   |
| 4.16.2 Estado Gaseoso  | 77   |
| 4.16.3 El Plasma   | 78   |
| 4.16.4 Condensado de Bose-Einstein                                     | 79   |
| 4.16.5 Condensado de Fermi   | 79   |

|  | pág. |
|--|------|
| 4.16.6 Posible Nuevo Estado. Súper Solido              | 79   |
| 4.17 LA PRESIÓN  | 79   |
| 4.17.1 Presión Atmosférica                             | 81   |
| 4.17.2 El Experimento de Torricelli                    | 81   |
| 4.17.3 Presión Absoluta, Atmosférica y Manométrica     | 81   |
| 4.18 EFECTO VENTURI                                    | 82   |
| 4.19 PRINCIPIO DE PASCAL                               | 83   |
| 4.20 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS NEUMÁTICOS             | 84   |
| 4.21 COMPRESIBILIDAD                                   | 85   |
| 4.22 DIFUSIBILIDAD                                     | 85   |
| 4.23 ELASTICIDAD                                       | 85   |
| 4.24 EXPANSIBILIDAD                                    | 85   |
| 4.25 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES NEUMÁTICAS         | 86   |
| 4.25.1 Elemento de Inyección de Aire                   | 86   |
| 4.25.2 Compresor de Desplazamiento Positivo            | 86   |
| 4.25.3 Compresor Rotativo de Lóbulos                   | 87   |
| 4.25.4 Compresor Rotativo Tipo Tornillo                | 87   |
| 4.25.5 Compresor Rotativo Tipo Paletas                 | 87   |
| 4.25.6 Compresor Alternativo Tipo Pistón               | 87   |
| 4.25.7 Compresor Dinámico                              | 88   |
| 4.25.8 Compresor Centrífugo                            | 88   |
| 4.25.9. Compresor de Flujo Axial                       | 88   |
| 4.25.10 Unidades De Mantenimiento (FRL)                | 88   |
| 4.26 MANÓMETRO   | 89   |
| 4.26.1 Manómetro Bourdon                               | 90   |
| 4.26.2 Manómetro de Columna Liquida                    | 90   |
| 4.26.3 Manómetro de Tubo Inclinado                     | 91   |
| 4.27 VÁLVULAS NEUMÁTICAS                               | 91   |
| 4.27.1 Válvulas de Control Direccional                 | 91   |
| 4.27.2 Identificación de los Orificios de las Válvulas | 93   |
| 4.27.3 Tipo de Accionamiento                           | 93   |
| 4.27.4 Válvulas de Retención                           | 94   |
| 4.27.5 Válvulas de Control de Flujo                    | 94   |
| 4.27.6 Regulación a la Entrada                         | 95   |
| 4.27.7 Regulación a la Salida                          | 96   |
| 4.27.8 Válvulas de Presión                             | 97   |
| 4.27.9 Válvulas Reguladoras de Presión                 | 97   |
| 4.27.10 Válvulas Limitadoras de Presión                | 98   |
| 4.27.11 Cilindros Neumáticos                           | 98   |
| 4.27.12 Cilindro de Simple Efecto                      | 98   |
| 4.27.13 Cilindro de Doble Efecto                       | 99   |
| 4.27.14 Cilindro de Doble Efecto con Amortiguador      | 99   |
| 4.27.15 Cilindro de Doble Efecto con Doble Vástago     | 100  |

|  | pág. |
|--|------|
| 4.27.16 Cilindro de Simple Efecto Telescópico  | 100  |
| 4.27.17 Cilindro de Embolo   | 101  |
| 4.27.18 Cilindro de Membrana   | 101  |
| 4.27.19 Sensores Neumáticos  | 101  |
| 4.27.20 Presóstatos  | 102  |
| 4.28 ACCESORIOS  | 102  |
| 4.28.1 Racor rosca Macho Recto - Cónico Rosca Cubierta con PTFE.   | 103  |
| 4.28.2. Conector Recto   | 103  |
| 4.28.3 Conector Cruz   | 103  |
| 4.28.4 Racor Rosca Macho En L - Cilíndrico Giratorio Con Junta De Estancamiento                            | 104  |
| 4.28.5 Conector en T   | 104  |
| 4.28.6 Acoplamiento de Cierre  | 105  |
| 4.28.7 Distribuidor de Conexión de Enchufe con Rosca Macho Cilíndrico Giratorio con Junta de Estancamiento | 105  |
| 4.28.8 Válvula en Codo con racor macho – Cónico  | 106  |
| 4.28.9 Conector en Codo.   | 106  |
| 4.28.10 Conector en Y  | 107  |
| 4.29 APLICACIÓN  | 107  |
| 4.30 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC  | 107  |
| <br>   |      |
| 5. HIPOTESIS   | 109  |
| <br>   |      |
| 6. VARIABLES   | 110  |
| <br>   |      |
| 7. METODOLOGÍA GENERAL DEL TRABAJO   | 111  |
| 7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN  | 111  |
| 7.2 MÉTODO LÓGICO  | 111  |
| 7.2.1 Análisis   | 111  |
| 7.2.2 Síntesis   | 111  |
| 7.2.3 Deductivo  | 111  |
| 7.2.4 Inductivo  | 111  |
| <br>   |      |
| 8. FUENTES Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN  | 112  |
| <br>   |      |
| 9. RESULTADOS DEL PROYECTO   | 113  |
| 9.1 ENUNCIADO DE PRÁCTICA No. 1 TEMPERATURA  | 118  |
| 9.1.1 Sistema de Lubricación en Generadores  | 118  |
| 9.1.2 Acción de Control  | 120  |
| 9.2 ENUNCIADO DE PRÁCTICA No. 2 TEMPERATURA  | 121  |
| 9.2.1 Control de Temperatura en Transformadores de Potencia  |      |
| Datos básicos. Un transformador de Potencia  | 121  |
| 9.2.2 Acción de Control  | 124  |

|   | pág. |
|---|------|
| 9.3 PASOS DE PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2 TEMPERATURA                  | 127  |
| 9.3.1 Sistema de Lubricación en Generadores Eléctricos de Turbina | 127  |
| 9.4 PASOS DE PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2 TEMPERATURA                  | 136  |
| 9.4.1 CONTROL DE TEMPERATURA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA       | 136  |
| 9.5 PRÁCTICA MODULO DE PRESIÓN Y PROGRAMACIÓN EN S7-1200          | 144  |
| 9.5.1 Lógica de Control   | 144  |
| 9.5.2 Método de Convencional                                      | 145  |
| 9.5.3 Definición de Entradas y Salidas                            | 145  |
| 9.6 DIAGRAMA DE CONTROL PROGRAMADO EN S7 1200 SIEMENS             | 146  |
| 9.7 PRÁCTICAS 1 y 2   | 147  |
| 9.7.1 Proceso de Nivel  | 147  |
| 9.7.2 Procedimiento Para Análisis                                 | 151  |
| 9.8 EJEMPLO PARA MÓDULO DE NIVEL                                  | 155  |
| 9.8.1 Contro de Nivel del Sistema de Refrigeración                | 156  |
| 9.8.2 Diagrama Ladder Sistema Spray                               | 158  |
| <br>  |      |
| 10. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS                                      | 161  |
| 10.1 RECURSOS HUMANOS   | 161  |
| 10.2 RECURSOS TÉCNICOS  | 161  |
| 10.3 PRESUPUESTO  | 170  |
| <br>  |      |
| 11. CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES                                     | 171  |
| <br>  |      |
| 12. CONCLUSIONES  | 172  |
| <br>  |      |
| 13. RECOMENDACIONES   | 175  |
| <br>  |      |
| BIBLIOGRAFÍA  | 177  |
| <br>  |      |
| ANEXOS  | 178  |

## LISTA DE TABLAS

|  | pág. |
|--|------|
| Tabla 1. Transductores de diversas magnitudes físicas. | 34   |
| Tabla 2. Propiedades de algunos sensores RTD.          | 62   |

## LISTA DE FIGURAS

|  | pág.      |
|--|-----------|
| Figura 1. Tanque Abierto (Izquierda) – Tanque Cerrado (Derecha)                | 40        |
| Figura 2. Presión diferencial.   | 41        |
| Figura 3. Esquema general del control de nivel                                 | 44        |
| Figura 4. Ventilador Axial   | 48        |
| Figura 5. Ventilador Centrífugo  | 49        |
| Figura 6. Diagrama para la medición y control de proceso por temperatura       | 50        |
| Figura 7. Escalas de temperatura   | 55        |
| Figura 8. Elementos de medición y control                                      | 57        |
| Figura 9. Módulo de temperatura  | 59        |
| Figura 10. Sensor de Temperatura   | 63        |
| Figura 11. Circuito de potencia  | 64        |
| Figura 12. Circuito integrado LM35   | 64        |
| Figura 13. Circuito integrado LM35, representación esquemática y forma física  | 65        |
| Figura 14. Imagen de la forma física del circuito integrado LM358N             | 66        |
| Figura 15. Diagrama de configuración electrónica del circuito integrado LM358N | 67        |
| Figura 16. Lazo Cerrado de Control   | 67        |
| Figura 17. Arquitectura interna y control en tiempo real                       | 68        |
| Figura 18. Bloques fundamentales de una CPU                                    | 69        |
| Figura 19. Como trabaja el PLC   | 70        |
| Figura 20. Autómata  | 71        |
| Figura 21. Ciclo de operación  | 71        |
| Figura 22. Iniciación  | 72        |
| Figura 23. Procesos Comunes ciclo “Scan”                                       | 72        |
| Figura 24. Procesos Comunes de ciclo de scan: 1-2 ms                           | 73        |
| Figura 25. Ejecución programa usuario  | 73        |
| Figura 26. Ejecución programa dentro del ciclo de scan                         | 74        |
| Figura 27. Tiempo de Scan  | 74        |
| Figura 28. Diagrama de cableado de SM 1231 AI 4 x RTD x 16 bt.                 | 75        |
| Figura 29. Estado Gaseoso  | 78        |
| Figura 30. Plasma  | 78        |
| Figura 31. Descomposición de la fuerza   | 80        |
| Figura 32. Escala de presiones.  | 82        |
| Figura 33. El Efecto Venturi   | 83        |
| Figura 34. La prensa hidráulica  | 84        |
| Figura 35. Unidad de mantenimiento   | <b>89</b> |

|  |     |
|--|-----|
| Figura 36. Manómetro de Burdon   | 90  |
| Figura 37. Manómetro de columna líquida  | 90  |
| Figura 38. Manómetro de tubo inclinado   | 91  |
| Figura 39. Numero de posiciones en las válvulas de vías  | 92  |
| Figura 40. Número de vías de las válvulas.   | 92  |
| Figura 41. Identificación de orificios   | 93  |
| Figura 42. Identificación de válvula 5/2   | 93  |
| Figura 43. Válvula de retención  | 94  |
| Figura 44. Válvula reguladora de caudal unidireccional   | 95  |
| Figura 45. Regulación a la entrada   | 96  |
| Figura 46. Regulación a la salida  | 96  |
| Figura 47. Válvulas reguladoras de presión   | 97  |
| Figura 48. Cilindro de simple efecto   | 98  |
| Figura 49. Cilindro de doble efecto  | 99  |
| Figura 50. Cilindro de doble efecto con amortiguador   | 100 |
| Figura 51. Cilindro de doble vástago   | 100 |
| Figura 52. Cilindro de membrana  | 101 |
| Figura 53. Presóstatos   | 102 |
| Figura 54. Racor recto   | 103 |
| Figura 55. Conector Recto  | 103 |
| Figura 56. Conector en Cruz  | 104 |
| Figura 57. Racor macho en L.   | 104 |
| Figura 58. Conector en T.  | 105 |
| Figura 59. Acoplamiento de Cierre  | 105 |
| Figura 60. Distribuidor macho roscado  | 106 |
| Figura 61. Válvula en Codo   | 106 |
| Figura 62. Conector en Codo  | 107 |
| Figura 63. Registro fotográfico  | 115 |
| Figura 64. Sistema de lubricación  | 119 |
| Figura 65. Sistema de lubricación de turbinas, Diagrama de Control                                       | 121 |
| Figura 66. Transportar la energía eléctrica en líneas de Transmisión                                     | 122 |
| Figura 67. Ventiladores  | 123 |
| Figura 68. Controladores de temperatura  | 125 |
| Figura 69. Diagrama de conexiones de los controladores de temperatura                                    | 125 |
| Figura 70. Circuito de potencia de los grupos de ventiladores 1 y 2<br>Distribución en el Transformador. | 126 |
| Figura 71. Control manual y automático para los grupos de ventiladores                                   | 126 |
| Figura 72. Dibujo Ilustrativo  | 144 |
| Figura 73. Diagrama de control   | 145 |

## LISTA DE ANEXOS

|  | pág. |
|--|------|
| Anexo A. Niveles de planos del 1 al 13 | 180  |
| Anexo B. Presión Plano del 1 al 10     | 181  |
| Anexo C. Planos Temperatura 1 y 2      | 182  |

## GLOSARIO

**ACELERÓMETRO:** es uno de los transductores más versátiles, se emplean para medir vibraciones y oscilaciones en muchas maquinas e instalaciones, así como para el desarrollo de productos, esta medición proporciona parámetros como aceleración de vibración, velocidad de vibración y variación de vibración, de este modo se caracterizan las vibraciones con precisión y sus valores medios se pueden almacenar temporalmente.

**AMPLIFICADOR OPERACIONAL:** es un circuito electrónico que me permite hacer diferentes operaciones matemáticas.

**BIMETÁLICOS:** mecanismo formado por dos metales que están unidos, con coeficientes de dilatación térmica diferentes, empleado en aparatos que miden y controlan la temperatura.

El término bimetálico se refiere a un objeto que se compone de dos o más metales ensamblados juntos. Los termostatos bimetálicos tanto en tiras como en discos que convierten un cambio de temperatura en un movimiento mecánico, son los objetos más conocidos por su composición de dos capas de metales con diferentes coeficientes térmicos de expansión, al variar la temperatura tiende a flexionarse hacia el lado de menor coeficiente de expansión.

**BIT:** es un dígito del sistema en numeración.

**CALOR ESPECÍFICO:** es la cantidad de calor necesaria para aumentar la temperatura en un proceso por unidad de masa.

**CAPACIDAD TÉRMICA:** cantidad de calor necesario para elevar la temperatura en un determinado proceso.

**CAUDAL:** es la cantidad de fluido que pasa en una unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico o volumen que pasa por un área dada en la unidad de tiempo. Menos frecuentemente, se identifica con el flujo másico o masa que pasa por un área dada en la unidad de tiempo.

**CENTRIFUGO:** movimiento circular.

**CILINDROS NEUMÁTICOS:** los cilindros neumáticos son, por regla general, los elementos que realizan el trabajo. Su función es la de transformar la energía

neumática en trabajo mecánico de movimiento rectilíneo, que consta de carrera de avance y carrera de retroceso.

**COMPRESOR:** es un mecanismo que absorbe el aire a presión atmosférica, la somete a una presión superior a ésta y la transforma para que sea apta para instrumentos o equipos neumáticos

**CONDUCCIÓN TÉRMICA:** transmisión de energía térmica (calor) entre dos cuerpos, basado en el contacto.

**CONDUCTOR:** elemento para transferir energía térmica entre dos sistemas; (Hidráulico o eléctrico).

**CONVECCIÓN:** transferencia de calor a través de un fluido.

**CPU:** es la parte inteligente de un sistema de comunicación (Computador)

**DETECTOR INDUCTIVO:** los detectores inductivos utilizan el efecto físico del cambio de factor del circuito resonante que se origina a partir de pérdidas de corriente de Foucault en materiales conductores, este cambio se convierte en una señal de conmutación y funciona sin contacto y sin desgaste además de altas frecuencias de conmutación y precisión de conmutación, asimismo son resistentes a las vibraciones, el polvo y la humedad. Los detectores inductivos detectan sin contacto todo tipo de metales.

A partir de este principio de funcionamiento se deduce que todos los materiales serán detectados, independientemente de si se mueven o no.

**DINAMO TACOMÉTRICA:** o sensor de velocidad, mecanismo usado para conocer la velocidad de giro de un motor.

**DIODO ZENER:** es un diodo que permite polarizarlo inverso para mantener su tensión constante.

**DIODO:** es un componente eléctrico que permite la circulación de corriente a través de él.

**ELECTRONES:** esencialmente constituye la corriente eléctrica.

**ELECTROVÁLVULA:** es un dispositivo electromecánico que se utiliza para abrir y cerrar el paso del líquido, es controlada eléctricamente por un sensor de nivel.

**ELECTROVÁLVULA:** una electroválvula es la combinación de dos partes fundamentales, un solenoide (bobina) y un cuerpo de válvula con 2 o 3 vías que sirve para abrir o cerrar el paso de un fluido a través de una señal eléctrica.

**ENCODER:** es un sensor electro-opto-mecánico que unido a un eje, proporciona información de la posición angular. Su fin, es actuar como un dispositivo de realimentación en sistemas de control integrado.

**F. E. M:** fuerza electromotriz

**FASOR:** es un número complejo que caracteriza la respuesta de un circuito en régimen permanente sinusoidal.

**FLAMA:** calor intenso.

**FLUJO DE AIRE:** circulación de aire.

**GALGA EXTENSIONOMÉTRICA:** es un dispositivo cuya resistencia eléctrica varía en proporción a la cantidad de tensión en el dispositivo, estas galgas extensiométrica aprovechan la propiedad física de la resistencia eléctrica y su dependencia no sólo de la resistividad del conductor sino también de la geometría del conductor. Cuando un conductor eléctrico es deformado dentro de su límite de elasticidad, de tal forma que no se produzca rotura o deformación permanente en el mismo, éste se volverá más estrecho y alargado. Este hecho incrementa su resistencia eléctrica. Análogamente, cuando el conductor es comprimido se acorta y ensancha, reduciendo así su resistencia al paso de corriente eléctrica. De esta manera, midiendo la resistencia eléctrica de la galga, puede deducirse la magnitud del esfuerzo aplicado sobre el objeto.

**HISTÉRESIS:** inercia o retardo, se emplea genéricamente para describir ciertos comportamientos de materiales o aparatos de muy variada índole, pero que en todo caso responden a un retraso entre una causa externa y un efecto en sus propiedades.

La histéresis es la tendencia de un material a conservar una de sus propiedades, en ausencia del estímulo que la ha generado. Podemos encontrar diferentes manifestaciones de este fenómeno. Se produce histéresis al someter al núcleo a un campo creciente, los imanes giran para orientarse según el sentido del campo conservando en mayor o menor grado parte de su orientación forzada, haciendo que persista un magnetismo remanente que obligue a cierto retraso de la inducción respecto de la intensidad de campo. Al decrecer el campo, la mayoría de los imanes elementales recobran su posición inicial.

**IMPEDANCIA:** es la relación entre los fasores de voltaje y corriente en un elemento de dos terminales.

**INTERRUPTORES:** son instrumentos para conectar o desconectar un circuito eléctrico en función de cambios de temperatura.

**JOULE:** unidad de medición de la energía.

**LM358N:** amplificador operacional que permite uso en doble sentido de arriba hacia abajo.

**MANÓMETRO:** el manómetro es un instrumento que se emplea para la medición de la presión en los fluidos y que generalmente procede determinando la diferencia que hay entre la presión del fluido y la presión local.

**PIEZOELÉCTRICO:** es un fenómeno presentado por determinados cristales que al ser sometidos a tensiones mecánicas adquieren una polarización eléctrica en su masa, apareciendo una diferencia de potencial y cargas eléctricas en su superficie. Este fenómeno también se presenta a la inversa, esto es, se deforman bajo la acción de fuerzas internas al ser sometidos a un campo eléctrico. El efecto piezoeléctrico es normalmente reversible, al dejar de someter los cristales a un voltaje exterior o campo eléctrico y recuperar su forma. Los materiales piezoeléctricos son cristales naturales o sintéticos que no poseen centro de simetría.

**PIRÓMETRO:** aparato para medir presión de temperatura.

**PLC:** controlador lógico programable. Aprovechamiento de la red eléctrica para convertirla en una línea digital de alta velocidad.

**POTENCIÓMETRO:** un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie. \*Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente, para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia.

**PRESIÓN:** es una magnitud física escalar que mide la fuerza en dirección perpendicular por unidad de superficie, y sirve para caracterizar como se aplica una determinada fuerza resultante sobre una superficie.

**PROFINET:** manual de comunicaciones

**PROPULSOR DE AIRE:** motor generador de aire.

**RADIACIÓN TÉRMICA:** también conocida como radiación calórica y es la emitida por un cuerpo debido a su temperatura.

**RADIACIÓN:** propagación de energía a través de ondas electromagnéticas.

**REALIMENTACIÓN:** alimentación de ida y vuelta. (Doble sentido).

**REGULADOR:** es un dispositivo capaz de realizar un control de de una magnitud física de un sistema.

**RESISTENCIAS NTC:** son resistencias de coeficiente de temperatura negativo, constituidas por un cuerpo semiconductor cuyo coeficiente de temperatura sea elevado, es decir, su conductividad crece muy rápidamente con la temperatura. Se emplean en su fabricación óxidos semiconductores de níquel, zinc, cobalto, etc. La relación entre la resistencia y la temperatura no es lineal sino exponencial (no cumple la ley de Ohm).

**RESISTENCIAS PTC:** los termistores PTC se utilizan en una gran variedad de aplicaciones, incluyendo limitación de corrientes, como sensor de temperatura, para des magnetización y para la protección contra el recalentamiento de equipos tales como motores eléctricos. También se utilizan en indicadores de nivel, para provocar retardo en circuitos, termostatos, y como resistores de compensación.

**RTD:** 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. Su símbolo es el siguiente, en el que se indica una variación lineal con coeficiente de temperatura positivo.

**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, pH, etc.

**SENSOR:** es un dispositivo electrónico diseñado para recibir información de una magnitud del exterior, y transformarla en otra magnitud normalmente eléctrica, la cual seamos capaces de cuantificar y manipular.

**SENSORES ÓPTICOS:** se refiere a todos aquellos que son capaces de detectar diferentes factores a través de un lente óptico. No obstante es importante tener en cuenta que los sensores ópticos también pueden utilizarse para leer y detectar

información, tal como al velocidad de un auto que viene por la carretera y si un billete grande esta marcado o bien, es falso.

**SENSORES ULTRASÓNICOS:** son pequeños aparatos utilizados para detectar la presencia de objetos en movimiento ajeno al entorno. El sistema detecta las frecuencia de las ondas reflejadas para revelar pequeños cambios que pueden ocurrir debido a un objeto en movimiento, técnicamente se conoce como el efecto Doppler.

Estos dispositivos están diseñados para producir ondas sonoras ultrasónicas de una manera continua sin puntos ciegos o lagunas en el patrón de cobertura. Esto hace posible la detección de pequeños gestos como el movimiento de la mano, el movimiento corporal y el movimiento de cuerpo entero a los pies, todo ello en función del tipo de sensor utilizado.

**TERMISTOR:** dispositivo para medir de temperatura (sensor)

**TERMISTOR:** sensor de temperatura

**TERMOELÉCTRICO:** Consiste en la transformación de calor en energía eléctrica.

**TERMOPAR:** dispositivo para medir temperatura.

**TO-92:** dispositivo electrónico que opera igual que un transistor.

**TRANSDUCTOR:** es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada en otra diferente a la salida. El nombre del transductor indica cual es la transformación que realiza, por ejem. electromecánica, al transformar una señal eléctrica en mecánica o viceversa, aunque no necesariamente en esa dirección. Este dispositivo es usado principalmente en la industria, en la medicina, en la agricultura, en robótica, en aeronáutica, etc. para obtener la información de entornos físicos y químicos y conseguir (a partir de esta información) señales o impulsos eléctricos o viceversa. Los transductores siempre consumen algo de energía por lo que la señal medida resulta debilitada.

**VÁLVULA:** es un dispositivo mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación (paso) de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos. Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria

**RESEÑA HISTÓRICA,  
INSTITUTO TECNOLÓGICO PASCUAL BRAVO I.U  
COMO BASE PARA LA IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE  
AUTOMATIZACIÓN Y SIMULACIÓN DE PROCESOS INDUSTRIALES**

En 1930 surge la necesidad de empezar a formar personal calificado, con un aprendizaje que pudiera ayudar a mejorar el nivel de vida de las familias. El desarrollo de la industria naciente era ya una preocupación para las autoridades locales de dirigir entonces un aprendizaje hacia un oficio que permitiera al obrero, vincularse al proceso productivo.

En el año 1933 surge la idea de conformar una escuela de artes y oficios que les permitiera a las personas como vendedores y amas de casa desempeñarse en otro tipo de actividades, ya que la demanda de la industria exigía trabajadores especializados.

Mediante Ordenanza No. 37 del 24 de julio de 1935 dispuesta por la Honorable Asamblea Departamental, fue creada la escuela de Artes y Oficios como secciones de la Universidad de Antioquia, ya para el 4 de julio de 1938 por Ordenanza No. 56 de esta misma Asamblea cambió su nombre por " Escuela de Artes y Oficios Pascual Bravo", ubicándose geográficamente la Institución, en el sector de Robledo.

En honor al héroe antioqueño Pascual Bravo Echeverri nacido el 2 de julio de 1838, uno de los más jóvenes y epónimos gobernantes que se registran en nuestra historia y por su mayor legado, la educación sostenía: *"El mismo Estado debería facilitar al pueblo el aprendizaje de artes y oficios, con la intención clara de moldear y enderezar, mediante el ejemplo y el estudio teórico y práctico, las vidas sin brújula y sin método"*.

Para el año 1950 Por medio del Decreto 108 el Congreso de la República se convierte la "Escuela Industrial de Artes y Oficios Pascual Bravo" en "Instituto Técnico Superior Pascual Bravo" y continúa dependiendo del Ministerio de Educación Nacional.

En 1957 el Instituto Técnico Superior Pascual Bravo se convirtió en uno de los mejores de América del Sur; produjo maquinaria en sus propios talleres, sus laboratorios de electrotecnia se contaban entre los más modernos de todo el continente. La Institución estableció estrechos contactos con empresarios e industriales de la región, ofreciendo educación pertinente a sus necesidades. Este es el motivo por el cual se crearon en 1966 los programas intermedios de carácter tecnológico en las especialidades de electrónica y producción industrial.

- En el año de 1972 el Ministerio de Educación Nacional, por Resolución 4603 del 24 de agosto, aprueba el programa de Tecnología Electrónica.
- En 1973 y por resolución 1371 del 2 de febrero aprueba el programa en Sistemas Industriales
- En 1975 el Acuerdo 77 de la Junta Directiva del ICFES le concede licencia de funcionamiento al programa de Tecnología Mecánica.
- En 1981 el Ministerio de Educación Nacional por Resolución 199 el 14 de julio aprueba el programa de Tecnología Eléctrica.

En 1984 el Tecnológico Pascual Bravo dio inicio a los programas de educación superior en la modalidad de educación abierta y a distancia, con los programas de Tecnología Mecánica, Tecnología Electrónica y Tecnología Eléctrica en algunos municipios de Antioquia. La Institución ha venido proyectando nuevos programas para atender las necesidades del medio.

Ya en el año de 1988, el Tecnológico Pascual Bravo celebraba 20 años de sus carreras tecnológicas, opción educativa importante para las clases populares. Por la calidad académica de los egresados, las empresas se disputaban a los profesionales de dicha Institución, aspecto que ha trascendido hasta nuestros días como una fortaleza de nuestro egresado en el aspecto laboral.

En 2007, el Ministerio de Educación Nacional, mediante Resolución número 1237 del 16 de marzo de 2007, avaló la transformación del Instituto Tecnológico Pascual Bravo a **Institución Universitaria**, luego de analizar la información entregada por la institución y la posterior visita de pares, encargados de hacer la verificación de la misma.

El nuevo carácter académico fortalece, aún más, los procesos de educación superior que se adelantan en la sede de Medellín y en más de 30 municipios de Antioquia y Colombia, en donde actualmente hay presencia de la Institución.

Este escalafón educativo consolida al Pascual Bravo como una institución líder en programas técnicos, tecnológicos y ahora universitarios, pertinentes para el sector productivo de nuestro país.

## 1. EL PROBLEMA

A nivel mundial, se ha evidenciado un crecimiento importante en la automatización de los procesos industriales en los diversos sectores de la economía, tal crecimiento ha obligado a que los centros de formación técnica, tecnológica y universitaria introduzcan en sus currículos cursos orientados y laboratorios especializados en la práctica y control de procesos industriales. De acuerdo a lo anterior, en el Tecnológico Pascual Bravo – Institución Universitaria, ubicada en la ciudad de Medellín Colombia, en la actualidad carece de un laboratorio especializado en el control de procesos industriales y en consecuencia también de prácticas de laboratorio que apoyen la labor docente en los cursos de automatización industrial, sistemas automáticos de control y control lógico programable; lo anterior, hace que la institución no se encuentre a la vanguardia de los procesos industriales que se realizan en medio local, regional y nacional; por consiguiente, no desarrolla a cabalidad las competencias en los estudiantes de acuerdo a la exigencia del sector productivo y empresarial de la industria en cuanto a la formación profesional, de tal manera que los conocimientos adquiridos le permitan un manejo apropiado de herramientas y equipos, de software para los diferentes procesos industriales y otras aplicaciones que requieren los estándares nacionales e internacionales, en general, se evidencia un vacío en la formación integral del profesional.

Debido a esta falencia institucional detectada por los estudiantes de la primera promoción del programa de ingeniería eléctrica, consideramos necesario la implementación de unos módulos de automatización que le permitan a los estudiantes de ingenierías afines, desarrollar las habilidades técnicas y metodológicas que les permita interactuar con esta tecnología cuando se encuentren en el ejercicio laboral.

## **2. JUSTIFICACIÓN**

### **2.1 JUSTIFICACIÓN INSTITUCIONAL**

En la actualidad las instalaciones del laboratorio de automatización de la institución universitaria, presentan deficiencias e inconvenientes para poder alcanzar objetivos comunes, por medio de este proyecto es posible solucionar en parte dichas dificultades en beneficio de toda la familia Pascualina. Este proyecto contemplará módulos que permitirán replicar procesos industriales y serán entregados en donativo a la institución universitaria, ya que en la actualidad no es posible realizar prácticas conformes para las asignaturas correspondientes a este tema, por falta de los elementos necesarios para las prácticas que requeriría un tecnólogo e ingeniero electricista en formación.

Los módulos de este proyecto serán destinados a la formación de los estudiantes y a desarrollar proyectos de investigación concernientes al sector industrial; con respecto a la formación, se realizan con el propósito de incluirlos como herramientas de aprendizaje en los procesos de automatización más comunes que se encuentran en la industria.

Por otro lado, se busca retribuir en gran parte a la institución el desarrollo personal y profesional que hemos adquirido como tecnólogos y ahora en el ciclo de profesionalización.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1 OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un laboratorio de automatización y simulación de procesos industriales, mediante el desarrollo de módulos que permitan controlar variables físicas como Nivel, Temperatura y Presión, con el fin de resolver algunas necesidades tanto institucionales como educativas de los estudiantes de los programas que hacen parte del departamento de Eléctrica, en la especialidad de Control y Automatización de procesos.

#### **3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Realizar la documentación teórica y práctica del funcionamiento de los procesos de control nivel, control de temperatura y control de presión, mediante la revisión de los principios que lo rigen y con el fin de conocer la gobernabilidad de cada proceso.

Diseñar los procesos de control de nivel, control de temperatura y control de presión, mediante su integración con los principios físicos que lo rigen, con el fin de obtener la ingeniería de detalle de cada proceso.

Implementar cada uno de los procesos de control basados en la ingeniería de detalle y operación del mismo, con el fin de lograr la construcción de los módulos de cada proceso.

Realizar las guías operativas de cada modulo, teniendo en cuenta el diseño e implementación realizado, con el propósito de elaborar las prácticas de laboratorio a realizar en cada modulo.

## 4. MARCO TEÓRICO

### 4.1 RESEÑA HISTÓRICA

El Control Automático ha tenido un rápido desarrollo en los últimos años. Sin embargo a lo largo del tiempo ha sufrido un proceso de evolución que se inició, aproximadamente, en el año 300 a.C., cuando los griegos empezaron a tener la necesidad de medir empíricamente el tiempo, y que ha continuado con etapas tan importantes como lo fueron la Revolución Industrial y las Guerras Mundiales. Entre los años 300 a.C. y 1200 d.C., la necesidad de los griegos y los árabes por medir de forma exacta el tiempo los llevó a realizar grandes aportaciones a la teoría y a la práctica del control automático.

“El primer dispositivo realimentado fue el reloj de agua, inventado por el griego Ktesibios. Durante el primer siglo después de Cristo, los griegos usaron el regulador de flotador para aplicaciones como distribuir el vino en forma automática, diseñar sifones para mantener diferencias de nivel constantes entre dos tanques y también para abrir y cerrar puertas de los templos. En el primer siglo d.C. fue publicado por Herón de Alejandría un libro titulado Pneumática, en el que mostró varios mecanismos de nivel de agua mediante reguladores con flotador”<sup>1</sup>.

Tanto en la Primera como en la Segunda Guerra Mundial, la necesidad de implementar diferentes controles para barcos, aviones y demás, motivó y a su vez, provocó que diferentes personas se vieran involucradas en el desarrollo de los mismos, dándose en estas etapas un gran aporte al desarrollo del Control Automático. Cuando la máquina de vapor fue inventada y se dio inicio a la

---

<sup>1</sup> <http://usuarios.multimania.es/automatica/temas/tema1/historia/HISTORIACTRLAUTOM>

Revolución Industrial, se inició paralelamente la necesidad de realizar un sistema de control para poder manipular los diferentes parámetros de esta máquina.

El autómata programable fue la primera máquina con lenguaje, es decir un calculador lógico cuyo juego de instrucciones se orienta hacia los sistemas de evolución secuencial, es en este sentido una herramienta evolucionable y constituye para los programadores un boceto de la máquina ideal; el autómata llega a posicionarse en el sector industrial como un aparato electrónico programable por un usuario y destinado a prestar múltiples servicios, dentro de máquinas y procesos lógicos, comienzan a satisfacer las exigencias tanto de procesos continuos como discontinuos, regulación de presiones, temperaturas, niveles y caudales así como todas las funciones asociadas a la temporización, ritmo, conteo y lógica.

Los autómatas programables o PLC aparecieron en los Estados Unidos de América en los años 1960 a 1970, mas particularmente en el sector de la industria automotriz; este es un equipo electrónico programable, basado en microprocesadores, diseñado para controlar procesos secuenciales en tiempo real y en ambientes industriales.

Desde el comienzo de la industrialización, el hombre ha buscado las formas y procedimientos para que los trabajos se realicen de forma más ágil y resultaran menos tediosos para el operador; con este dispositivo se consigue entre muchas otras cosas, que ciertas tareas se hagan de forma más rápida y evita que el hombre aparezca involucrado en trabajos peligrosos para él y su entorno más próximo.

El desarrollo de los controladores lógicos programables (PLC) fue dirigido originalmente por los requerimientos de los fabricantes de automóviles que estaban cambiando constantemente los sistemas de control en sus líneas de producción, para acomodarlos a sus nuevos modelos de carros.

A finales de los años 60, la industria estaba demandando cada vez más un sistema de control económico, robusto flexible y fácilmente modificable. La razón era la necesidad de eliminar el gran costo que se producía al reemplazar el complejo sistema de control basado en relevos y contactores.

Los PLC han evolucionado rápidamente desde su concepción en 1968, por un grupo de ingenieros de General Motors. La aparición cada año de nuevos modelos de automóviles requería reemplazar el sistema de relés y contactores utilizado para fabricar los modelos viejos, lo cual era sumamente costoso. Se necesitaba disponer de un controlador de fácil programación que permitiera alternar en planta su secuencia de operación en lugar de ser reemplazado constantemente de acuerdo a las nuevas necesidades de la empresa. Se deseaba, además, que fuese de fácil mantenimiento y reparación, de tamaño reducido y de costo competitivo con los equipos usados en ese momento.

La empresa Bedford Associates Inc. Produjo un equipo llamado Controlador Digital Modular (MODICON, Modular Digital Controller) el cual resultó ser el primer PLC producido en el mundo. El MODICON empleaba memoria de ferritas y un procesador basado en circuitos integrados. Su aplicación se centraba en la sustitución de paneles de relés que controlaban líneas de montaje, cadenas de transporte, entre otros. Los nuevos controladores debían ser fácilmente programables por ingenieros de planta o personal de mantenimiento, el tiempo de vida debía ser largo y los cambios en el programa tenían que realizarse de forma sencilla.

Con la creciente difusión de aplicaciones en la electrónica, la reducción de los precios de los componentes, el nacimiento y desarrollo de los microprocesadores y sobre todo la miniaturización de los circuitos de memoria, permiten presagiar un desarrollo y posicionamiento de los autómatas programables, cuyo precio es atractivo, he incluso para aplicaciones modestas, con nuevas gamas en campos de aplicación. En la segunda mitad de los 70 incorporan más capacidad de memoria, posibilidad de entradas y salidas remotas, analógicas y numéricas,

funciones de control de posicionamiento, aparición de lenguajes con mayor número de instrucciones más potentes y desarrollo de las comunicaciones con periféricos y ordenadores.

Las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y con CPU basada en desplazamiento de bit. Los microprocesadores aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños autómatas programables, la principal ventaja es su robustez y facilidad de interconexión con el proceso. La tendencia actual es dotarlo de funciones específicas de control y de canales de comunicación para que puedan conectarse entre sí y con ordenadores en red.

Con el desarrollo de las redes de telecomunicación, el autómata tomo un nuevo rumbo, convirtiéndose en un poderoso elemento satélite dentro de una red de datos, con diversas posibilidades de distribución y configuración, interactuando con otros autómatas y diferentes módulos en procesos controlables. Hoy en día estamos rodeados por estos mecanismos, tanto que han rebasado la frontera de lo industrial y pasar a ser aplicaciones más sencillas como control de semáforos, control de iluminación, control de accesos, climatización, etc.

Desde el año de 1957, cuando empieza la era espacial y de la informática, y hasta nuestros días, con el desarrollo tecnológico en las diferentes áreas, el Control Automático es algo con lo que se convive día a día, haciendo que la vida de cada persona sea más fácil.

Las tecnologías dominantes de los PLC eran máquinas de estado secuencial y con CPU basada en desplazamiento de bit. Los microprocesadores aportaron la potencia necesaria para resolver de forma rápida y completa la lógica de los pequeños autómatas programables. El primer sistema fue el bus Modicon (Modbus).

El PLC podía ahora dialogar con otros PLC y en conjunto podían estar aislados de la máquina que controlaban, podían enviar y recibir señales de tensión variables, entrando en el mundo analógico.

En los años 80 se produjo un intento de estandarización de las comunicaciones por protocolo MAP (Manufacturing Automation protocol). También se produjeron las dimensiones del autómata y se pasó a programar con programación simbólica a través de computadoras personales en vez de los clásicos terminales de programación.

Hubo mejoras en la velocidad de respuesta, reducción de las dimensiones, mayor concentración de entradas y salidas, en los módulos respectivos, desarrollo de módulos de control continuo, PID, servomotores, y control inteligente fuzzy. En los años 90 mostraron una gradual reducción en el número de nuevos protocolos y en la modernización de las capas físicas.

El último estándar (IEC 1131-3) intenta unificar el sistema de programación de todos los PLC en un único estándar internacional.

Se disponen de autómatas que pueden ser programados en diagramas de bloques, lista de instrucciones y texto estructurado al mismo tiempo. En la actualidad debido al desarrollo de la electrónica hay distintas variedades de autómatas como los micro autómatas y nano autómatas que se utilizan en domótica, control de iluminación, autómatas de gama alta.

El control de nivel es una de las variables más utilizadas en los procesos industriales, muy específicamente en el almacenamiento de materias primas y productos terminados. En la industria se dispone de una amplia gama de técnicas de medición por lo cual nos es fácil la elección de estos elementos, ya que se debe especificar muy claramente los requerimientos específicos que estén acordes con la instalación.

Tradicionalmente los métodos que se utilizaban se basaban en principios mecánicos y neumáticos hasta que llegó la tecnología de los semiconductores y se desarrollaron nuevos métodos para mejorar los procesos y hacerlos más eficientes. En general los sensores más utilizados son los estáticos ya que no necesitan contacto con el fluido.

En los procesos de ciclo cerrado debemos garantizar la continuidad en la cadena de retroalimentación de la información y se requiere de unos elementos de captación de las magnitudes de la planta a los que generalmente se les llama sensores o transductores y unos circuitos adaptadores llamados interfaz; por otro lado es evidente la necesidad de unos accionamientos o elementos que actúan sobre las partes de potencia en la planta.

La potencia necesaria para actuar sobre los accionamientos puede ser considerada en algunos casos con suministro directo o indirecto sobre los sistemas de control y en los casos que sean directos se requiere de unos elementos intermedios encargados de interrumpir las señales de control y actuar sobre la parte de potencia de dichos elementos, esto se denomina pre accionamientos y cumplen con una función de amplificadores, ya sea para las señales análogas o señales digitales; para los casos indirectos se requiere de sistemas automáticos de control, donde las señales no actúan directamente sobre los sistemas de potencia sino a través de sistemas.

Para el desarrollo del marco teórico se tocará las principales características de los términos “sensor” y “transductor” suelen tomarse como sinónimos en algunos casos, pero es necesario hacer una diferencia, en el término “transductor” es quizás más amplio e incluye una parte sensible o captadora y un circuito de acondicionamiento de la señal detectada.

Una definición del “transductor” es: es un dispositivo capaz de conducir el valor de una magnitud física, es una señal eléctrica codificada, ya sea en forma análoga o digital, pero con algunas excepciones, no todos los “transductores” tienen que dar

una salida en forma de señal eléctrica, puede ser en otra forma de representación de la energía como por ejemplo la magnética.

## **4.2 CLASIFICACIÓN DE LOS “TRANSDUCTOR” SEGÚN EL TIPO DE SEÑAL DE SALIDA**

Según la forma de codificar la magnitud medida se podrá establecer una clasificación, tal como<sup>2</sup>

**4.2.1 Analógicas.** Son aquellos que dan como salida señales de un valor de tensión o corriente variable en forma continua dentro del campo de medida, es frecuente para este tipo de “transductor” que incluyan una etapa de salida para suministrar normalizadas de 0-100 V ó 4-20 mA.

**4.2.2 Digitales.** Son aquellos que dan como salida una señal codificada en forma de pulso o en forma de palabra digital codificada en binario.

**4.2.3 Todo – Nada.** Indican únicamente cuando la variable detectada rebasa un umbral o limite, puede considerarse como un caso límite de los sensores digitales en el que se codifica solo dos estados.

**Nota.** Cuando el captador requiera una alimentación externa se denomina pasivo y cuando no la requiera será activo o directo.

## **4.3 SENSORES<sup>3</sup>**

Los sensores cuando son pasivos se basan en la modificación de la impedancia eléctrica o magnética de un material bajo determinadas condiciones físicas o químicas; como resistencia, capacidad, inductancia, reluctancia, etc. Este tipo de

---

<sup>2</sup> <http://fluidos.eia.edu.co/hidraulica/articulosos/medidores/sensorestransductores/sensorestransductores.html>

<sup>3</sup> <http://proton.ucting.udg.mx/~redblade/Paginas/Robotica/Tareas/sensores/Sensores.html>

sensores debidamente alimentados provocan cambios de tensión o de corriente en un circuito, los cuales son recogidos por el circuito de interfaz.

Los sensores activos son generalmente eléctricos de pequeña señal, por eso es necesaria una alimentación externa para funcionar y amplificar la débil señal del captador.

Tabla 1. Transductores de diversas magnitudes físicas.

| MAGNITUD DETECTADA                       | TRANSDUCTOR                               | CARACTERISTICAS                                    |
|--|---|--|
| Posición lineal o angular                | Potenciómetro                             | Analógico  |
|  | Encoders                                  | Digital  |
|  | Sincro                                    | Analógico  |
| Pequeños desplazamientos o deformaciones | Transformador diferencial                 | Analógico  |
|  | Galga extensométrica                      | Analógico  |
| Velocidad lineal o angular               | Dinamo tacométrico                        | Analógico  |
|  | Encoders                                  | Digital  |
|  | Detector inductivo o óptico               | Digital  |
|  | Acelerómetro                              | Analógico  |
| Aceleración                              | Sensor de velocidad + calculador          | Digital  |
|  | Fuerza y par                              | Medición indirecta (galgas o trafos diferenciales) |
| Presión                                  | Membrana mas detector de desplazamiento   | Analógico  |
|  | Piezoeléctricos                           | Analógico  |
| Caudal                                   | De turbina                                | Analógico  |
|  | Magnético                                 | Analógico  |
| Temperatura                              | Termopar                                  | Analógico  |
|  | Resistencias PT100                        | Analógico  |
|  | Resistencias NTC                          | Analógico  |
|  | Resistencias PTC                          | Analógico  |
|  | Bimetálicos                               | Todo – nada  |
| Sensores de presencia o proximidad       | Inductivos                                | Todo – nada o analógicos                           |
|  | Capacitivos                               | Todo – nada  |
|  | Ópticos                                   | Todo – nada o analógicos                           |
|  | Ultrasónicos                              | Analógicos   |
| Sensores táctiles                        | Matriz de contactos                       | Todo – nada  |
|  | Matriz capacitiva piezoeléctrica u óptica | Todo – nada  |
|  | Piel artificial                           | Analógico  |
| Sistemas de visión artificial            | Cámaras de video y tratamiento imagen     | Procesamiento digital por puntos o pixels          |
|  | Cámaras CCD                               |  |

Fuente: Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Automatas Programables

**4.3.1 Características Generales de los Sensores.** El comportamiento de un sistema en lazo cerrado depende muy directamente de los transductores e interfaces empleados en el lazo de retroalimentación. La relación salida / entrada

en régimen permanente depende casi exclusivamente del bus de retroalimentación.

Un transductor ideal sería aquel en el que la relación entre la magnitud de salida y la variable de entrada fuese puramente proporcional y de respuesta instantánea e idéntica para todos los elementos de un mismo tipo. Sin embargo, la respuesta real de los transductores nunca es del todo lineal, tiene un campo limitado de validez, suele estar afectada por perturbaciones del entorno exterior y tiene un cierto retardo a la respuesta. Todo ello hace que la relación entrada / salida deba expresarse por una curva, o mejor por una familia de curvas, para transductores de un mismo tipo de modelo.

Para definir el comportamiento real de los transductores se suelen comparar con un modelo ideal o modelo patrón, se definen una serie de características que ponen en manifiesto las desviaciones respecto a dicho modelo:

Características estáticas: describen la actuación del sensor en régimen permanente o con cambios muy lentos de la variable a medir.

Características dinámicas: describen la actuación del sensor en régimen transitorio, a base de dar su respuesta temporal ante determinados estímulos estándar o a base de identificar el comportamiento del transductor con sistema estándar e identificar las constantes de tiempo relevantes.

A continuación se dan las definiciones de las características estáticas y dinámicas más relevantes que suelen aparecer en la mayoría de especificaciones técnicas de los transductores. Debe tenerse en cuenta que todas las características suelen variar con las condiciones ambientales, por ello un de los parámetros más importantes al elegir en el campo de validez de los parámetros que se indican como nominales del mismo y de las máximas desviaciones provocadas por dichas condiciones ambientales.

#### 4.3.1.1 Características estáticas.

**Campo de medida.** Es el rango de valores de la magnitud de entrada comprendido entre el máximo y el mínimo detectables por el sensor, con una tolerancia de error aceptable.

**Resolución.** Indica la capacidad del sensor para discernir entre valores muy próximos de la variable de entrada. Se mide por la mínima diferencia entre dos valores próximos que el sensor es capaz de distinguir. Se puede indicar en términos de valor absoluto de la variable física medida o porcentaje respecto al fondo de escala de la salida.

**Precisión.** Define la máxima desviación entre la salida real obtenida de un sensor en determinadas condiciones de entorno y el valor teórico de dicha salida que correspondiera, en idénticas condiciones, según el modelo ideal especificado como patrón. Se suele indicar el valor absoluto de la variable de entrada o en porcentaje sobre el fondo de escala de la salida.

**Repetibilidad.** Indica la máxima desviación entre valores de salida obtenidos al medir varias veces un mismo valor de entrada, con el mismo sensor y en idénticas condiciones ambientales.

**Linealidad.** Se dice que un transductor es lineal, si existe una constante de proporcionalidad única que relaciona los incrementos de señal de salida con los correspondientes incrementos de la señal de entrada, en todo el campo de medida. La no linealidad se mide por la máxima desviación entre la respuesta real y la característica puramente lineal, referida al fondo de escala.

**Sensibilidad.** Característica que indica la mayor o menor variación de salida por unidad de la magnitud de entrada. Un sensor es tanto más sensible cuando mayor sea la variación de la salida producida por una determinada variación de entrada. La sensibilidad se mide, por la relación:

$$\text{sensibilidad} = \frac{\Delta \text{magnitud de salida}}{\Delta \text{magnitud de entrada}} \quad 4$$

**Nota:** Obsérvese que para transductores lineales esta relación es constante en todo el campo de medida, mientras que para un transductor de respuesta no lineal depende del punto en que se mida.

**Ruido.** Se entiende por ruido cualquier perturbación aleatoria del propio transductor o del sistema de medida, que produce una desviación de la salida con respecto al valor teórico.

**Histéresis.** Se dice que un transductor presenta histéresis cuando a igualdad de la magnitud de entrada, la salida depende si dicha entrada se alcanzó con aumentos en sentido creciente o decreciente, se suele medir en términos de valor absoluto de la variable física o porcentaje sobre el fondo de escala.

**4.3.1.2 Característica Dinámica.** La mayor parte de los transductores tienen un comportamiento dinámico que se pueden asimilar en un sistema de primer y segundo orden, los transductores que responden a modelos de segundo orden suelen ser sistemas sobre amortiguados, sistemas en los que no hay rebasamiento en las respuestas al escalón, a continuación se describen algunas:

**Velocidad de respuesta.** Mide la capacidad de un transductor para que la señal de salida siga sin retraso las variaciones de la señal de entrada. La forma de cuantificar este parámetro es a base de una o más constantes de tiempo, los parámetros más relevantes empleados en la definición de velocidad de respuesta son:

- **Tiempo de retardo.** Es el tiempo transcurrido desde la aplicación del escalón de entrada hasta que la salida alcanza el 10% de su valor permanente.

---

<sup>4</sup> <http://proton.ucting.udg.mx>

- **Tiempo de subida.** Es el tiempo transcurrido desde que la salida alcanza el 10% de su valor permanente hasta que llega por primera vez al 90% de dicho valor.

-**Tiempo de establecimiento del 99%.** Es el tiempo transcurrido desde la aplicación de un escalón de entrada hasta que la respuesta alcanza el régimen permanente, de una tolerancia + ó – del 1%.

**Constante de tiempo.** Para un transductor con respuesta de primer orden (una sola constante de tiempo dominante) se puede determinar la constante de tiempo a base de medir el tiempo empleado para que la salida alcance el 63% de su valor de régimen permanente, cuando a la entrada se le aplica un cambio de escalón.

**Respuesta frecuencial.** Relación entre la sensibilidad y la frecuencia cuando la entrada es una excitación senoidal, está muy directamente relacionada con la velocidad de respuesta.

**Estabilidad y derivadas.** Característica que indica la desviación de salida del sensor al variar ciertos parámetros exteriores distintos del que se pretende medir, tales como condiciones ambientales, alimentación, u otras perturbaciones.

#### 4.4 TRANSDUCTORES DE NIVEL<sup>5</sup>

Los transductores de nivel se utilizan para conocer el estado de llenado de depósitos de líquidos o sólidos de forma de polvo o granulados. Podemos distinguir dos tipos de detección de nivel:

- Detección de varios niveles de referencia mediante un numero discreto de transductores todo o nada.

---

<sup>5</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

- Detección de tipo analógico, obteniendo una señal proporcional de nivel.
- Cabe anotar que la detección de nivel en sólidos es poco frecuente, siendo más habitual su pesaje. De todas formas los detectores de nivel más adecuados para sólidos son los de tipo capacitivo, los ópticos y los ultrasónicos.

**4.4.1 Transductor Todo o Nada.** La detección de niveles de referencia mediante dispositivos todo o nada puede basarse en diferentes principios, dependiendo sobre todo si se trata de un líquido o sólido.

Para líquidos es frecuente emplear flotadores con un contacto de mercurio, si el líquido es conductor, su nivel se puede medir por contacto de dos electrodos sumergidos en él. En otros casos se detecta diferencias de temperaturas entre un electrodo sumergido o no. Para el caso de líquidos o sólidos no conductores suelen emplearse métodos fotoeléctricos o detectores de proximidad capacitivos.

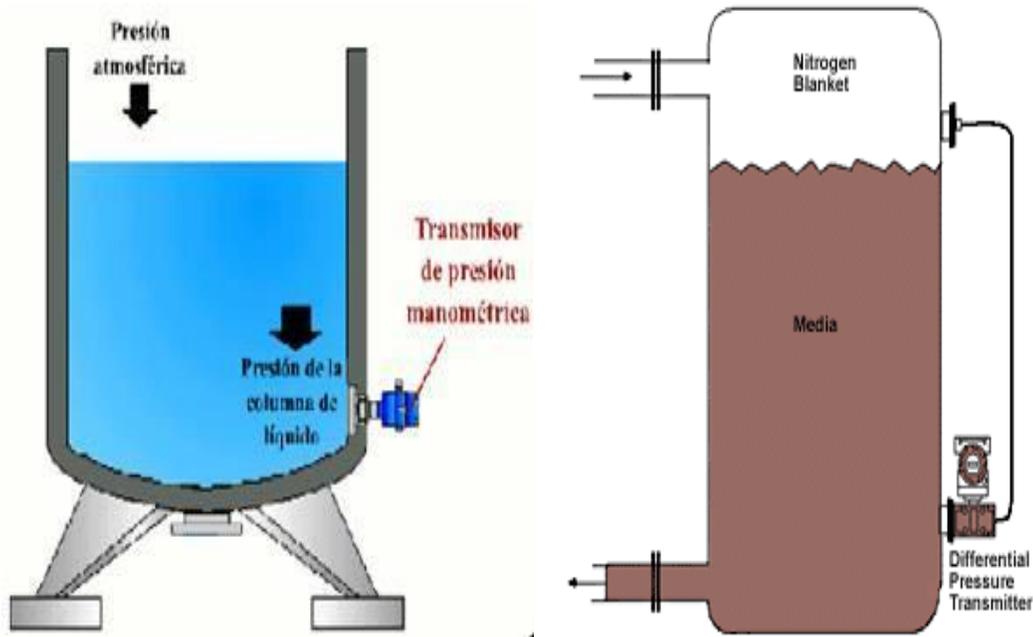
**4.4.2 Transductores por presión.** Una de las formas de obtener una indicación analógica de nivel de líquidos consiste en medir la presión sobre el fondo del depósito que lo contiene. La diferencia de presión entre el fondo y la superficie ( $P_1 - P_2$ ), es directamente proporcional al nivel ( $h$ ) respecto a dicho fondo y al peso específico ( $\rho$ ) del líquido.

$$P_1 - P_2 = \rho h$$

---

<sup>6</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

Figura 1. Tanque Abierto (Izquierda) – Tanque Cerrado (Derecha)



Fuente [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez) open-closed-tank

En tanques abiertos el nivel es aproximadamente proporcional a la presión absoluta, ya que los cambios de presión atmosférica suelen tener poca importancia, sobre todo si se trata de líquidos densos. Para tanques cerrados, en cambio, es imprescindible utilizar transductores de presión diferencial.

**4.4.3 Transmisor de Nivel por Presión Hidrostática y Diferencial.** La presión hidrostática de la columna de líquido se mide directamente con un transmisor de presión o de presión diferencial. El transmisor se monta en la parte más baja del depósito, obteniendo una salida análoga de 4 – 20 mA, donde 4 nivel min y 20 nivel max. En tanques abiertos la presión en la superficie suele ser despreciable porque la mayoría de los sensores de presión disponen de dispositivos que compensan la presión atmosférica; de esta manera la medición de presión es el peso de la columna del líquido.

Ventaja: Buena precisión.

Desventaja: depende de la densidad del líquido, puede ser costoso por la instalación requerida.

Este método se basa en la medición de la presión hidrostática correspondiente a una columna de líquido de una altura determinada.

La presión se calcula mediante la expresión:

$$P = h \times \rho \times g^7$$

Donde: P= presión.

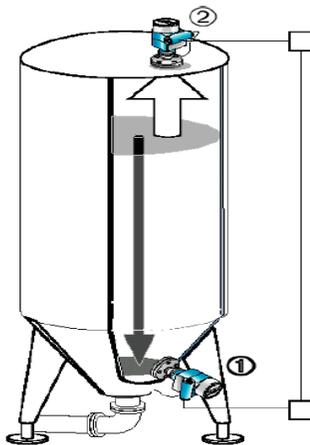
h= altura de la columna de líquido.

$\rho$  = densidad relativa.

g = aceleración de gravedad.

A partir de la fórmula se observa que si la densidad efectiva del medio es constante, la física variable es h. Así, la presión es directamente proporcional a la altura h, es decir, al nivel del líquido en el tanque.

Figura 2. Presión diferencial.



Fuente: [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez)

<sup>7</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

Es la diferencia en magnitud entre un valor de presión y una presión de referencia; mide por un lado la presión total ejercida al fondo del estanque, y por otro lado la presión en la superficie.

La presión de la superficie se resta de la presión total, quedando la presión correspondiente a la columna de líquido; con una buena instalación y calibración, permitirá una señal de salida proporcional al nivel. (Electrónica o neumática).

## **4.5 SENSORES DE NIVEL<sup>8</sup>**

### **4.5.1 Tipos de sensores de nivel más utilizados en la industria.**

- Medición directa
- Basados en la presión hidrostática
- Sensor de desplazamiento
- Presión diferencial
- Burbujeo
- Radioactivo
- Ultrasonido
- Radar
- Servoposicionador

### **4.5.2 Principio de Funcionamiento.**

**4.5.2.1 Tipo Tubular.** Consiste en un tubo de vidrio con sus extremos conectados a bloques metálicos cerrados por prensaestopas unidos por tres válvulas dos de control y una de purga, el líquido sube a través del tubo hasta igualar el nivel del tanque. Tiene demasiadas restricciones ya que no soporta demasiada presión, no es resistente a los impactos y no soporta elevadas temperaturas.

**4.5.2.2 Tipo Flotador.** Consiste en un flotador ubicado en contacto con el fluido y conectado al exterior indicando directamente el nivel en una escala graduada, se utiliza el tipo regleta y unión magnética.

---

<sup>8</sup> [http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/Sensores-parte\\_IV.nivel](http://www.fing.edu.uy/iimpi/academica/grado/instindustrial/teorico/Sensores-parte_IV.nivel)

**4.5.2.3 Tipo presión Diferencial.** Consiste en un diafragma en contacto con el fluido que mide la presión hidrostática en un punto del fondo del depósito.

**Tanque abierto:** el nivel del líquido es proporcional a la presión en el fondo y se coloca un medidor de presión  $P = \rho \cdot g \cdot h$

**Tanque cerrado:** diferencia de presión ejercida por el líquido en el fondo y la presión que tiene el depósito.

**4.5.2.4 Tipo Burbujeo.** Se emplea un tubo sumergido en el líquido y se hace burbujear aire mediante un regulador de caudal incorporado hasta alcanzar una corriente continua de burbujas, la presión, es un sistema muy ventajosa para aplicaciones con líquidos corrosivos ya que el líquido no entra en el medidor.

**4.5.2.5 Tipo Radioactivo.** Consiste en un emisor de rayos X montado en un costado del depósito y con un detector el cual tiene un contador que transforma la radiación recibida en una señal eléctrica de CC. La transmisión de los rayos es inversamente proporcional a la masa del fluido la radiación es captada por el receptor y es inversamente proporcional al nivel del fluido ya que el material absorbe parte de la energía emitida.

**4.5.2.6 Tipo Capacitivo.** Se basa en medir la variación de capacitancia de un capacitor cuando se va variando el medio dieléctrico entre sus placas, en el depósito metálico se introduce una sonda metálica sin contacto entre ambos y se forma un capacitor al variar el nivel del líquido varía proporcionalmente la capacidad del capacitor.

**4.5.2.7 Tipo Ultrasonido.** Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflejante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo de la captación del eco depende del nivel del depósito, trabajan con una frecuencia de unos 20 KHz, la precisión de estos elementos está entre + ó - 1 a 3%.

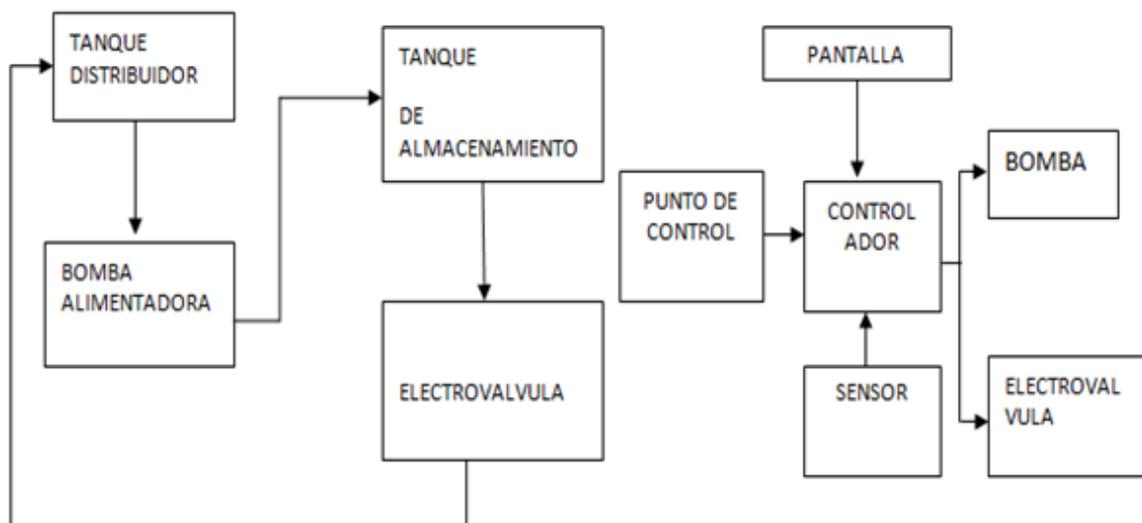
**4.5.2.8 Tipo Radar.** no necesita contacto con el líquido, su aplicación es ideal en productos viscosos o en sistemas en movimiento, rango de medición 40 m, precisión 2mm.

#### 4.6 SENSOR DE NIVEL HIDROSTÁTICO

Este tipo de sensor utiliza un sensor de presión manométrica para calcular el nivel del líquido en el tanque, los sensores de presión manométrica miden la diferencia entre la presión del proceso a un lado del diafragma y la presión atmosférica al otro lado del diafragma, la referencia a la presión atmosférica es proporcionada por un tubo capilar diminuto que se extiende desde el interior del cuerpo del sensor a lo largo del cable, es utilizada en sistemas donde las temperaturas son estables.

#### 4.7 ESQUEMA GENERAL DEL CONTROL DE NIVEL

Figura 3. Esquema general del control de nivel.



Fuente [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez)

## 4.8 DESCRIPCIÓN DE FUNCIONAMIENTO

**4.8.1 Tanque Distribuidor.** Es donde se encuentra disponible la materia prima, en nuestro caso el agua, suficiente para suministrar la cantidad necesaria a diferentes niveles según la aplicación.

**4.8.2 Tanque de Almacenamiento.** Es el recipiente donde llega el líquido suministrado y donde se va a tener el control del líquido, generalmente es de menor capacidad a la del tanque de suministro.

**4.8.3 Electroválvula.** Es un dispositivo electromecánico que se utiliza para cerrar o abrir (dejar pasar o retener un líquido) generalmente son accionadas eléctricamente y son comandadas por el sensor de nivel. Se utiliza para descargar el tanque de almacenamiento al tanque de suministro.

**4.8.4 Bomba Alimentadora.** Dispositivo utilizado para bombear el líquido del tanque de suministro al tanque de almacenamiento, es controlada por el sensor de nivel.

**4.8.5 Sensores de Temperatura.** El desarrollo y el avance que se ha tenido con los sensores de temperatura a lo largo de la historia se deben al estudio de los siguientes efectos:

- El descubrimiento del efecto termoeléctrico por Seebeck (1821), que consiste en conectar en forma de lazo dos alambres de metales diferentes y se mantienen las uniones a temperaturas distintas, surge una corriente débil. Este efecto recibe el nombre de Efecto Seebeck (por Thomas Seebeck, el físico alemán que lo descubrió en 1821), y es un ejemplo de efecto termoeléctrico, es decir de una conversión directa de calor en electricidad.

- Jean Charles Peltier (físico francés) descubrió 1834 que cuando pasa una corriente eléctrica a través de la unión de dos metales existe una liberación o absorción de calor en la unión, dependiendo de la dirección del flujo de corriente (Efecto Peltier). Este es el efecto inverso al de Seebeck. En este caso, el lazo está abierto y se aplica una corriente externa al sistema.
- William Thompson (físico inglés conocido como Lord Kelvin) descubre en 1854 que en un hilo único cuyos extremos se mantienen a distinta temperatura, la densidad de electrones varía de un punto a otro. Cada elemento de hilo de temperatura no uniforme es, por tanto, un origen de f.e.m. Cuando se mantiene una corriente en un hilo de temperatura no uniforme, se libera o se absorbe calor en todos los puntos del hilo, y este efecto Thomson es proporcional a la cantidad de electricidad que atraviesa una parte del hilo y a la diferencia de temperatura entre los extremos de esa parte. Si una parte infinitesimal del hilo «A» tiene una diferencia de temperatura «dT», el número de julios de energía calorífica absorbidos o liberados de esta longitud de hilo, por culombio de electricidad transportada, se denominara Thomson y se conoce como:

$$\sigma_A dT = \frac{\text{julios (efecto Thomson)}}{\text{culombios (Q)}} \dots 9$$

Como resultado de todos estos estudios se establecieron los siguientes adelantos que fueron desarrollados por:

- Oersted, Pouillet, W. Thompson, Becquerel, Poggendorff, etc., tomaron parte en la elaboración de los termómetros termoeléctricos, en su estudio teórico y en la extensión de sus aplicaciones.
- Holborn y Wien (1896) mostraron las ventajas del par platino-platino rodeado, especialmente para la medición de las temperaturas elevadas.

---

<sup>9</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

Los primeros reguladores de temperatura fueron desarrollados y estudiados por:

- J.Kepler en 1624 desarrolló un sistema de control automático de temperaturas para un horno, motivado por su creencia, basada en que los metales podrían transformarse en oro manteniéndolos a una temperatura exactamente constante durante largos períodos de tiempo. También usó este regulador de temperatura en una incubadora para pollos.
- Los Reguladores de temperaturas fueron estudiados por J.J. Becher en 1680.
- El control automático de temperatura fue usado en una incubadora por el Príncipe de Conti y R.A.F. de Réaumur en 1754.
- "El registro del centinela" fue desarrollado en América por W. Henry alrededor de 1771, quien sugirió su empleo en hornos químicos, en la fabricación de acero y porcelana, y en el control de temperaturas de un hospital.
- No fue hasta 1777, que se desarrolló un regulador conveniente de temperatura para el uso industrial por Bonnemain, quien lo utilizó para una incubadora. Su dispositivo fue instalado más adelante en el horno de una planta de calefacción de agua caliente.

Es así que gracias al desarrollo y estudio de estos efectos o fenómenos dieron origen y la utilización de los siguientes sensores:

- Variación en volumen o estado de cuerpos (termómetros de mercurio, gases, etc.).
- Variación de la resistencia de un conductor (Termoresistencias RTD).
- Variación de la resistencia de un semiconductor (termistores).
- F.E.M creada en la unión de dos bimetales (termopares).

- Intensidad de radiación (Pirómetros ópticos).

## 4.9 EL VENTILADOR ELÉCTRICO<sup>10</sup>

Inventado en Estados Unidos en 1882 por Schuyler S. Wheeler. Un ventilador es una maquina rotativa que pone el aire, o un gas en movimiento. Podemos definirlo como una turbo máquina que transmite energía para generar la presión necesaria con la que mantener un flujo continuo de aire. Un ventilador consta en esencia de un motor de accionamiento, generalmente eléctrico, con los dispositivos de control propios de los mismos: arranque, algunos con regulación y un propulsor giratorio en contacto con el aire, al que le transmite la energía. Este propulsor adopta la forma de rodete con alabes, en el caso del tipo centrífugo, o de una hélice con palas en el caso de los axiales.

El conjunto, o por lo menos el rodete o la hélice, van envueltos por una caja con paredes de cierre en forma de espiral para las centrífugos y por y por un marco plano o una envoltura tubular en los axiales. La envolvente tubular puede llevar una reja radial de alabes fijos a la entrada o salida de la hélice, llamada directriz, que guía el aire, para aumentar la presión y el rendimiento del aparato

### 4.9.1 Ventilador Axial.

Figura 4. Ventilador axial



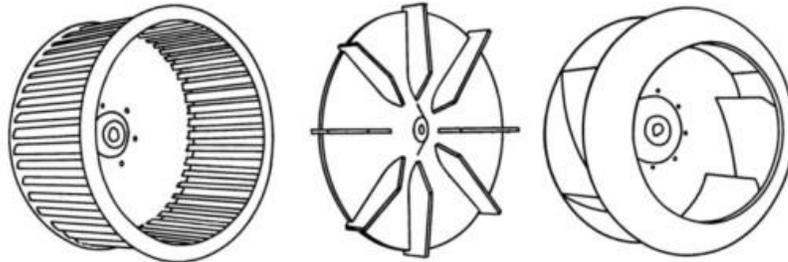
Fuente <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm>

---

<sup>10</sup> <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128>

### 4.9.2 Ventilador Centrífugo.

Figura 5. Ventilador centrífugo



Fuente: <http://www.unet.edu.ve/~maqflu/doc/LAB-1-128.htm>

**4.9.3 Horno Eléctrico.** Inventado por el británico William Siemens en 1861. El calor generado por un calefactor eléctrico se presenta como la disipación de de energía en una resistencia eléctrica al paso de una corriente como consecuencia del efecto joule Los hornos son equipos térmicos que utilizan la energía para secar productos, calentar (aumentar la energía interna de una sustancia dada), provocar transformaciones químicas de sustancias, fundir minerales u otros materiales, para realizar tratamientos térmicos etc.

Efecto Joule

$Q = I^2 \cdot R \cdot t$ , siendo

$Q$  = energía calorífica producida por la corriente expresada en Julios

$I$  = intensidad de la corriente que circula

$R$  = resistencia eléctrica del conductor

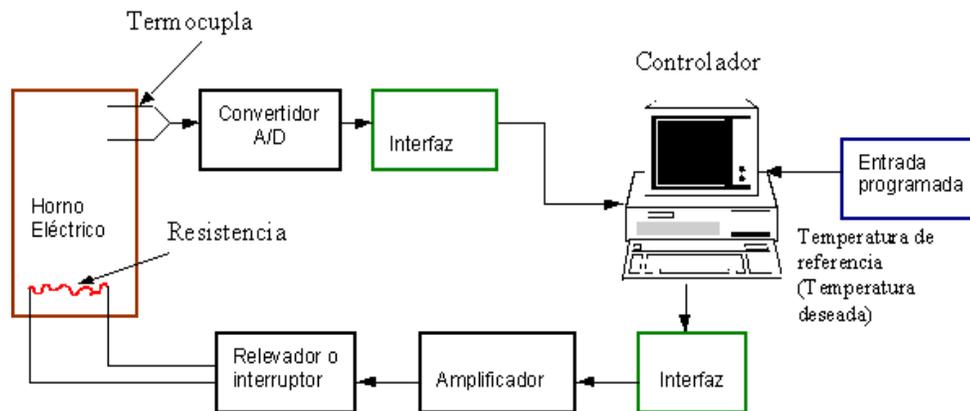
$t$  = tiempo

## 4.10 PROCESO DE TEMPERATURA<sup>11</sup>

El objetivo que se pretende con este módulo es controlar un valor de temperatura variable en un proceso el cual es definido por el estudiante una vez definidos los valores considerados críticos tanto máximo como mínimo en función del proceso que se quiera controlar y dichos valores pueden ser ajustados mediante una interface Hombre-máquina que se encontrará conectada a un PLC.

Teniendo presente toda esta instrumentación se ha definido montar el siguiente sistema como módulo de temperatura mostrado en el diagrama.

Figura 6. Diagrama para la medición y control de proceso por temperatura



Fuente [http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion\\_y\\_Control/Ivan\\_Velazquez](http://www.inele.ufro.cl/apuntes/Instrumentacion_y_Control/Ivan_Velazquez)

### 4.10.1 PRINCIPIOS DEL PROCESO<sup>12</sup>

**4.10.1.1 Temperatura.** Una manera simple de determinar la temperatura de un cuerpo es mediante el sentido del tacto, conociendo qué parte es la más caliente y cuál es la más fría, es decir, podemos reconocer cuál tiene la temperatura más elevada.

<sup>11</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

<sup>12</sup> Josep Balcells, Jose Luis Romeral Martínez, Autómatas Programables

En otras palabras, la temperatura de un cuerpo, es una propiedad que se relaciona con el hecho de que un cuerpo esté “más caliente” o “más frío” y determina su capacidad para absorber o transferir calor de su alrededor. El equilibrio térmico se caracteriza por la uniformidad en la temperatura de los cuerpos transcurrido un cierto tiempo.

**4.10.1.2 Calor.** La energía que se transmite de un cuerpo a otro, debido a una diferencia de temperaturas, es llamada calor. En realidad lo que un sistema material posee es energía interna y entre mayor sea su temperatura, mayor será la energía interna. Una vez establecido que el calor es una forma de energía es obvio que una cantidad de calor deba medirse en unidades energéticas

La unidad de medición de calor es el Joule (J). En la práctica se emplea la unidad que recibe el nombre de caloría (cal), que por definición es la cantidad de calor necesaria para elevar 1g (gramo) de agua un 1°C (grado Celsius) y la relación entre estas dos unidades es:

$$1 \text{ cal} = 4.18 \text{ joules}$$

Otra unidad tradicional de medición del calor es el BTU (unidades termales británicas por sus siglas en inglés British Thermal Units). Un BTU es la cantidad de energía térmica requerida para elevar la temperatura de una libra de agua 1°F. Diferentes sustancias (por ejemplo agua y aluminio) requieren de diferentes cantidades de calor para un cambio de temperatura.

Una libra de agua requiere 1 BTU para cambiar 1 °F. Una libra de aluminio requiere solamente 0.22 BTU para cambiar 1 °F. Aunque el agua y el aluminio alcanzan la misma temperatura, la energía térmica requerida, es diferente para hacer cambiar a cada uno de ellos. Recapitulando, puede decirse que aplicando calor a un cuerpo se incrementa su energía térmica, resultando un ascenso en su temperatura.

**4.10.1.3 Conducción.** Si se sostiene una barra metálica por uno de los extremos, y el otro extremo se calienta con una flama, los átomos o moléculas del extremo calentado, adquieren una mayor energía de agitación. Parte de esta energía se transfiere a las Partículas adyacentes y entonces la temperatura de esta región también se calienta. Este proceso continúa a lo largo de la barra y después de cierto tiempo, el otro extremo percibirá una elevación de temperatura; por lo tanto, hubo una transmisión de calor a lo largo de la barra, que continúa mientras exista una diferencia de temperatura entre ambos extremos.

Esta transmisión se debe a la agitación de los átomos de la barra, que se transfiere de un átomo a otro, sin que estas partículas sufran ninguna traslación en el interior del cuerpo. Este proceso de transmisión de calor se denomina la Conducción térmica. La mayor parte del calor que se transfiere a través de los cuerpos sólidos, es transmitida de un punto a otro por conducción.

Dependiendo de la constitución atómica de una sustancia, la agitación térmica podrá trasmitirse de un átomo a otro con mayor o menor facilidad, haciendo que la sustancia sea buena o mala conductora del calor. Así por ejemplo, los metales son conductores térmicos, mientras que otras sustancias, como el Unicel, corcho, porcelana, madera, aire, hielo, lana, papel, etc., son aislantes térmicos, es decir, malos conductores del calor.

**4.10.1.4 Convección.** Cuando un recipiente con agua es colocado sobre una flama, el agua del fondo recibe calor por conducción. Con el calentamiento, el volumen de esta capa aumenta, y por lo tanto su densidad disminuye, haciendo que esta agua se desplace hacia la parte superior del recipiente y que el agua más fría y más densa, se mueva hacia el fondo. El proceso continúa con una circulación continua de masas de agua más caliente moviéndose hacia arriba, y de masas de agua más fría moviéndose hacia abajo, movimientos que se denominan corrientes de convección. Así, el calor que se transmite por conducción a las capas inferiores, se va distribuyendo por convección a toda la masa, del líquido, mediante el movimiento de traslación del propio líquido.

La transferencia de calor en los líquidos y gases puede efectuarse por conducción, pero la mayor parte del calor que se transmite a través de los fluidos se debe al proceso de convección.

**4.10.1.5 Radiación.** Si se coloca un foco eléctrico en el interior de una campana de vidrio al vacío, y se pone un termómetro en el exterior de ésta, el termómetro indicará una elevación de la temperatura, mostrando que existe una transmisión de calor a través del vacío que hay entre el cuerpo caliente y el exterior. Evidentemente, esta transmisión no pudo haberse efectuado por conducción ni por convección, pues estos procesos sólo pueden ocurrir cuando hay un medio material a través del cual se pueda transferir el calor. En este caso la transmisión de calor se llevó a cabo mediante otro proceso, denominado radiación térmica. El calor que nos llega del sol a este mismo proceso, ya que entre el sol y la tierra existe un vacío.

Todos los cuerpos calientes emiten radiaciones térmicas que pueden ser absorbidas por algún otro cuerpo, provocando en él un aumento de temperatura. Estas radiaciones, así como las ondas de radio, la luz, los rayos X, etc., son ondas electromagnéticas capaces en el vacío.

De manera general, el calor que recibe una persona cuando está cerca de un cuerpo caliente, llega hasta ella por los tres procesos: conducción, convección y radiación. Cuanto mayor sea la temperatura del cuerpo caliente, tanto mayor será la cantidad de calor transmitida por radiación, como sucede cuando uno se halla cerca de un horno o una fogata.

**4.10.1.6 Capacidad Térmica.** Cuanto mayor sea la capacidad térmica (C) de un cuerpo, mayor cantidad de calor debemos proporcionarle, para producir un incremento en su temperatura

$$C = \Delta Q / \Delta T$$

**4.10.1.7 Calor Específico.** El calor específico (c) está definido como la relación entre la capacidad térmica y la masa de un cuerpo o sustancia

$$c = C / m$$

#### **4.10.1.8 Escalas de Temperatura.**

**4.10.1.8.1 Escalas Celsius y Fahrenheit.** Las escalas de temperatura están basadas sobre puntos de referencia fijos, tales como el punto de ebullición y congelación del agua. Son cuatro las escalas de temperatura usadas ampliamente hoy en día: la escala Celsius (centígrados), el Fahrenheit, el Kelvin y el Rankin. Estas escalas están basadas en el hecho en el cual el punto de fusión del hielo y el punto de ebullición del agua, ocurre a cierta temperatura, a la presión de una atmósfera al nivel del mar que es igual a 760 mm Hg (milímetros de mercurio),  $101.3 \times 10^4$  Pa (pascales) ó 14.7 PSI.

En la escala Celsius el punto de fusión del hielo es de  $0^{\circ}\text{C}$  y el punto de ebullición de  $100^{\circ}\text{C}$ . Mientras que en la escala Fahrenheit los valores son  $32^{\circ}\text{F}$  y  $212^{\circ}\text{F}$ . Por lo tanto, para la escala Celsius, el intervalo en este rango es de 100 divisiones de un grado cada división, mientras que en la escala Fahrenheit es de 180 divisiones de un grado cada intervalo.

Como ambas escalas son lineales, se puede fácilmente convertir de una escala a otra, usando la siguiente ecuación:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{^{\circ}\text{F} - 32}{1.8}; \quad ^{\circ}\text{F} = (1.8 \times ^{\circ}\text{C}) + 32$$

**4.10.1.8.2 Escalas Kelvin y Rankin.** En muchos cálculos de ingeniería y en investigaciones científicas es importante basar la temperatura en el cero absoluto porque es el límite inferior para la temperatura de un cuerpo y corresponde a  $-273^{\circ}\text{C}$ . Esta es la temperatura hipotética en la cual una sustancia no tendría energía térmica, los valores de sus rangos inferior y superior corresponden a  $-$

273,16°C ó – 459,69°F. Las escalas que usan el cero absoluto como sus puntos de referencia, son las escalas Kelvin para el SI y Rankin para el sistema inglés y son llamadas también escalas absolutas.

La escala Kelvin también tiene 100 divisiones entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, como la escala Celsius, por lo tanto se puede convertir de Celsius (°C) a Kelvin (°K) usando la siguiente ecuación:

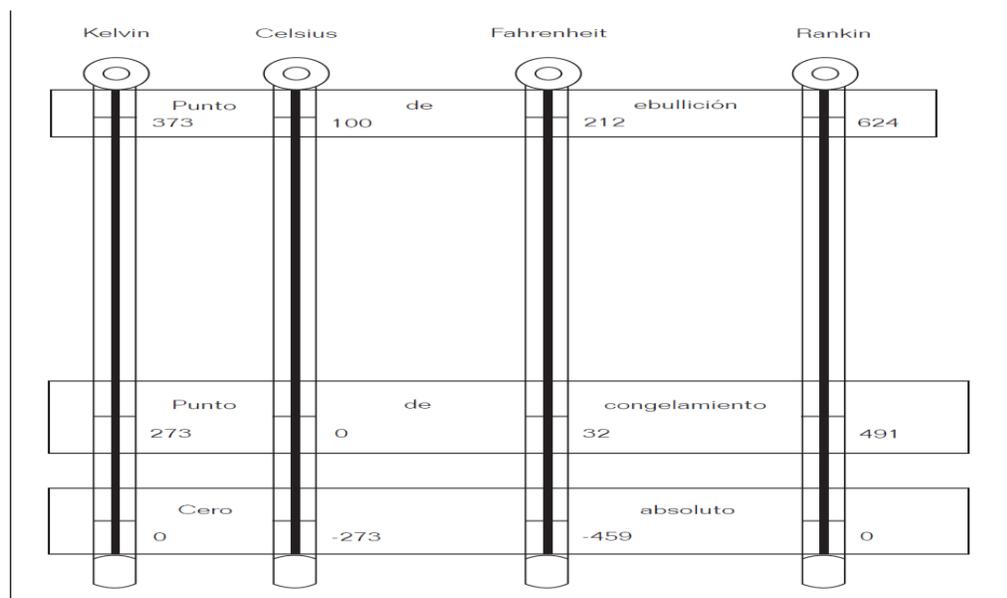
$$^{\circ}\text{K} = ^{\circ}\text{C} + 273$$

La escala Rankin, tiene 1800 divisiones entre el punto de congelación y el punto de ebullición del agua, como la escala Fahrenheit, de tal manera que también se puede convertir de Fahrenheit (°C) a Rankin (°R) usando la siguiente ecuación:

$$^{\circ}\text{R} = ^{\circ}\text{F} + 459.69$$

En la siguiente figura se muestran las cuatro escalas de temperatura que son usadas en la industria y la equivalencia de una escala a otra, si emplean las ecuaciones las conversiones son relativamente sencillas.

Figura 7. Escalas de temperatura.



Fuente [http://www.visionlearning.com/library/module\\_viewer.php?mid=48&l=s](http://www.visionlearning.com/library/module_viewer.php?mid=48&l=s)

Los instrumentos de temperatura utilizan diversos fenómenos que son influidos por la temperatura y entre los cuales figuran:

- Variación en volumen o estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Variación de resistencia de un conductor (sonda de resistencia).
- Variación de resistencia de un semiconductor (termistores).
- f.e.m creada en la unión de dos metales distintos (termopares).
- Intensidad de la radiación total emitida por el cuerpo (pirómetro de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal).

**4.10.2 Resistencia Detectora de Temperatura (RTD).** Son dispositivos basados en la variación normal que experimenta la resistencia de un conductor metálico puro con la temperatura, como resultado del cambio de su resistividad y sus dimensiones. Esta variación es directa, es decir, que si la temperatura aumenta o disminuye, la resistencia también aumenta o disminuye en la misma proporción. Se dice entonces que son dispositivos con coeficientes de temperatura positivos (PTC).

Todos los metales puros exhiben este comportamiento. Sin embargo, no existen dos metales con el mismo coeficiente de temperatura. Por tanto, una vez conocida las propiedades de un metal pueden ser establecidas una curva de resistencia Vs temperatura única para él.

El elemento sensor es típicamente un alambre fino de platino o una delgada película del mismo material aplicado a un sustrato cerámico.

Otros metales comúnmente utilizados como elementos sensores son: El níquel, cobre y el molibdeno. En el primer caso el alambre esta devanado a través de unos diminutos agujeros sobre un soporte aislado de cerámica, mica o vidrio.

Las RTD se utilizan generalmente con un acondicionador de señal que convierte su salida a un voltaje o una corriente proporcional a la temperatura esta señal de alto nivel puede ser entonces transmitida a una unidad de visualización, registro o control.

#### 4.11 DESCRIPCIÓN Y FUNCIONAMIENTO

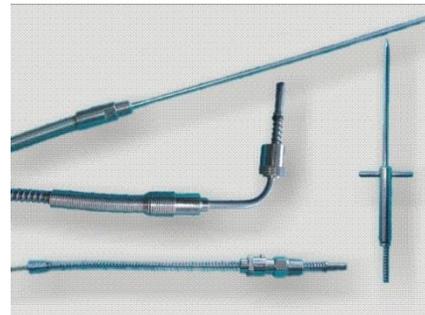
La temperatura es una de las variables físicas más medidas en todo proceso y por tanto puede ser medida, manipulada y controlada, esta variable ha sido seleccionada para ser tenida en cuenta dentro del trabajo de módulos de automatización de procesos que se entregarán a la institución universitaria Pascual Bravo, que sirvan como insumos académicos para los estudiantes de la institución. La temperatura, como toda variable física, posee múltiples métodos de medición y de control y por lo tanto una alta gama de instrumentos que permiten su manipulación y control.

A continuación se muestra esta gama de elementos que permiten establecer la manipulación, medición y control de la variable temperatura con los cuales se pueden automatizar procesos.

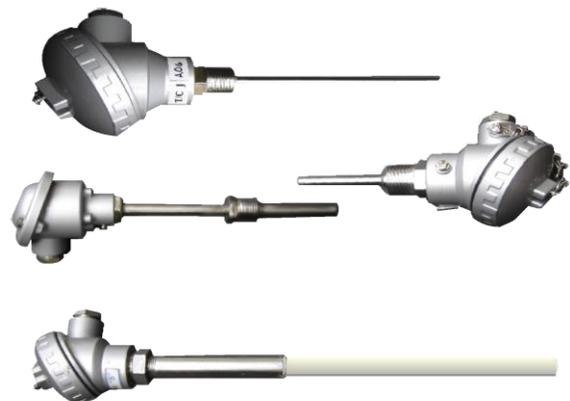
Figura 8. Elementos de medición y control.



Fuente [http:// www.siemens-home.es/manuales-instrucciones](http://www.siemens-home.es/manuales-instrucciones)



- Termopares de bulbo rígido tipos J, K, R ó S, con bulbos en Acero Inox., Inconel, Cerámicos, Metal-Cerámicos.
- Termorresistencias Clase A y B para bajas y altas temperaturas.
- Termistores para baja temperatura.



Fuente [http:// www.siemens-home.es/manuales-instrucciones](http://www.siemens-home.es/manuales-instrucciones)

Teniendo presente toda esta instrumentación se ha definido montar el siguiente sistema como módulos de temperatura mostrado en el diagrama.

Para que el proceso se pueda cumplir, los módulos de temperatura constarán de los siguientes subsistemas:

El subsistema térmico tiene como función proveer la temperatura necesaria para llevar a cabo el proceso. Se trata de mantener el ambiente propicio para cada proceso funcione en sus condiciones óptimas en lo que tiene que ver con la temperatura adecuada. Este subsistema consta de los siguientes elementos.

Figura 9. Módulo de temperatura.



Fuente [http:// www.siemens-home.es/manuales-instrucciones](http://www.siemens-home.es/manuales-instrucciones)

- Un horno eléctrico con resistencias calefactoras que permitan incrementar la temperatura, cuando esta esté alcanzando un valor crítico mínimo requerido por el proceso.
- Un ventilador que provea refrigeración cuando el valor de la variable esté tomando valores críticos máximos soportados por el proceso.

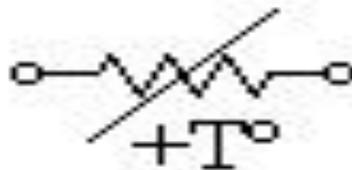
- Un sistema de interruptores que permita la puesta en marcha de cualquiera de los anteriores o su desconexión del sistema de potencia para evitar que la variable tome valores críticos.

**4.11.1 Subsistema Sensor y de Medida.** El subsistema sensor permite medir la temperatura del proceso y enviar señales de control cuando se estén tomando valores críticos, los sensores de temperatura pueden ser entre otros: Termopares, Termo resistencias, Termistores, Termómetros de llenado térmico, Termómetros Bimetálicos, Infrarrojos. Etc. El subsistema sensor y de medida consta de los siguientes elementos:

- Un sensor de temperatura.
- Un termo pozo.
- Un termómetro para medida.

En el módulo se tendrán básicamente dos tipos de sensores. Un sensor RTD con una PT100, la cual tiene las siguientes características:

Los detectores de temperatura tipo resistivos RTD son sensores de temperatura basados en la variación de la resistencia de un conductor en función de los cambios de temperatura y su representación es:



La variación de la resistencia ocurre al calentarse un metal, en el cual habrá una mayor agitación térmica, dispersándose más los electrones y reduciéndose su velocidad media, aumentando la resistencia. A mayor temperatura, mayor agitación, y mayor resistencia.

La variación de la resistencia puede ser expresada de manera polinómica como sigue a continuación. Por lo general, la variación es bastante lineal en márgenes amplios de temperatura.

$$R = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T)$$

Dónde:

- $R_0$  es la resistencia a la temperatura de referencia  $T_0$
- $\Delta T$  es la desviación de temperatura respecto a  $T_0$  ( $\Delta T = T - T_0$ )
- $\alpha$  es el coeficiente de temperatura del conductor especificado a  $0^\circ\text{C}$ , interesa que sea de gran valor y constante con la temperatura.

Las ventajas que tiene este sensor son:

- Los PT100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidos como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. ( $-100$  a  $200^\circ\text{C}$ )
- Pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la PT100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre, con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.
- Además la PT100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión.

Los materiales empleados para la construcción de sensores RTD suelen ser conductores tales como el cobre, el níquel o el platino. Las propiedades de algunos de éstos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 2. Propiedades de algunos sensores RTD.

| Parámetro                             | Platino (Pt)     | Cobre (Cu)  | Níquel (Ni)  | Molibdeno (Mo) |
|---------------------------------------|------------------|-------------|--------------|----------------|
| Resistividad ( $\mu\Omega\text{cm}$ ) | 10.6             | 1.673       | 6.844        | 5.7            |
| $\alpha(\Omega / \Omega / K)$         | 0.00385          | 0.0043      | 0.00681      | 0.003786       |
| $R_0(\Omega)$                         | 25, 50, 100, 200 | 10          | 50, 100, 120 | 100, 200, 500  |
| margen ( $^{\circ}\text{C}$ )         | -200 a +850      | -200 a +260 | -80 a +230   | -200 a +200    |

Fuente <http://es.scribd.com/doc/87124253/Informe-RTD>

De todos ellos, el platino es el que ofrece las mejores ventajas como:

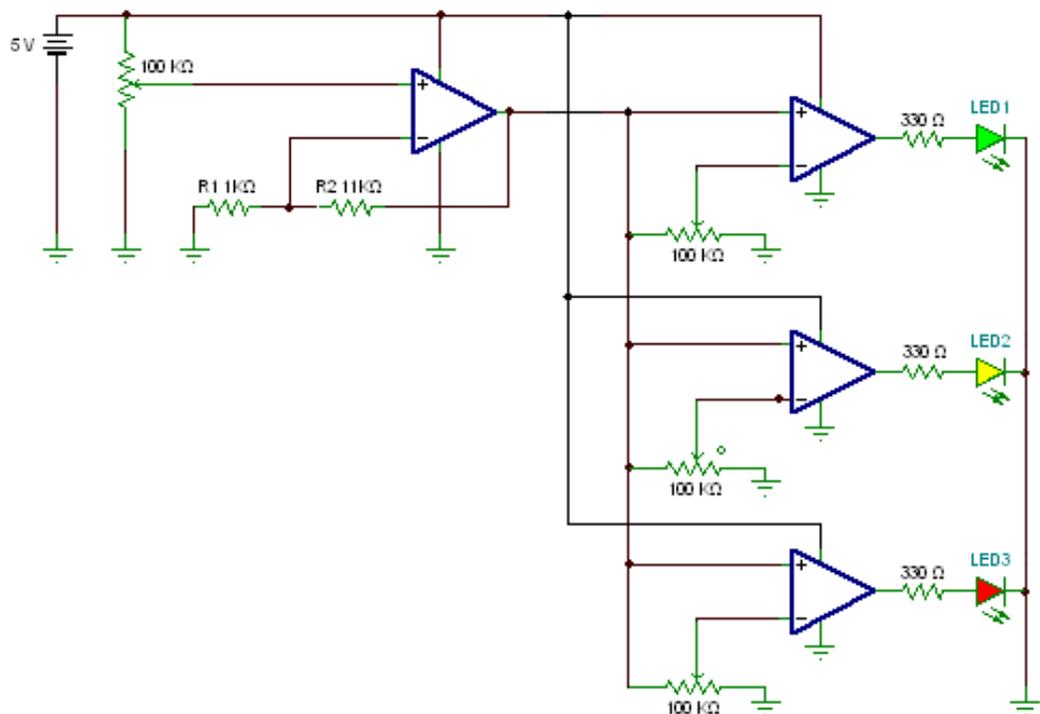
- Alta resistividad... para un mismo valor óhmico, la masa del sensor será menor, por lo que la respuesta será más rápida
- Margen de temperatura mayor
- Alta linealidad
- Sin embargo, su sensibilidad ( $\alpha$ ) es menor
- La termo-resistencia de platino es la más utilizada en la industria debido a su gran precisión y estabilidad
- Conocida como PT-100 o RTD, la termo resistencia de platino representa una resistencia óhmica de  $100\Omega$  a  $0^{\circ}\text{C}$ .
- Su escala de trabajo va de  $-200$  a  $650^{\circ}\text{C}$ , pero, la ITS-90 estandarizó su uso hasta aproximadamente  $962^{\circ}\text{C}$
- Los límites de error de la PT -100 son referentes a las normas DIN-IEC-751/85. Valor del coeficiente ex.:  $0,003850^{\circ}\text{C}^{-1}$

Este tipo de sensor puede utilizarse:

- Cuando se requiere una precisión alta
- Cuando la temperatura a medir está por debajo de  $450^{\circ}\text{C}$
- Cuando no se requiere un tiempo de respuesta rápido
- Cuando no se espera choques o vibraciones
- Cuando se quiere evitar todos los problemas eléctricos, utilizando termopares

Otro tipo de sensor de temperatura puede hacerse con elementos electrónico como lo muestra el siguiente diagrama.

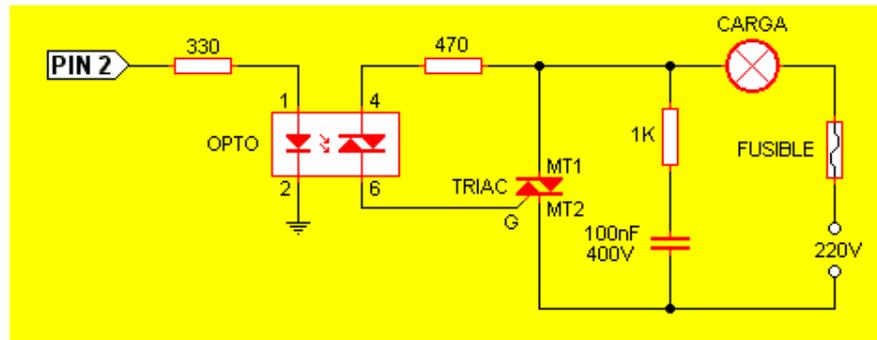
Figura 10. Sensor de temperatura.



Fuente [http:// www.siemens-home.es/manuales-instrucciones](http://www.siemens-home.es/manuales-instrucciones)

Las salidas de los amplificadores operacionales pueden ser entregadas como señales de control y son recibidas por opto acopladores para accionar el circuito de potencia de acuerdo al siguiente diagrama:

Figura 11. Circuito de potencia.



Fuente [http:// www.siemens-home.es/manuales-instrucciones](http://www.siemens-home.es/manuales-instrucciones)

**4.11.2 Descripción y Funcionamiento del Medidor de Temperatura Digital.** El medidor de temperatura está compuesto de una serie de bloques funcionales bien diferenciados: Sensor de temperatura, amplificador operacional, circuitos comparadores, elementos anunciadores (led's), conjunto de resistencias. Transferencia de señales a un circuito de potencia y circuito de potencia.

El sensor de temperatura, lo constituye el circuito integrado LM35 de National Semiconductor. La configuración empleada que se muestra en la figura permite obtener temperaturas entre 2°C y 150°C.

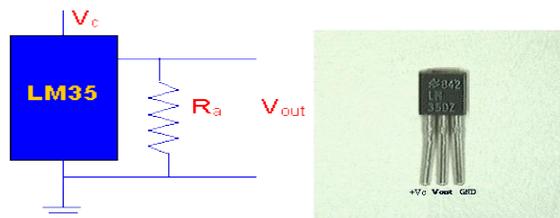
Figura 12. Circuito integrado LM35.



Fuente <http://www.x-robotics.com/sensores.htm>

Este dispositivo opera de manera similar a un diodo zéner, cuya tensión de salida es variable y proporcional a la temperatura ambiente. El voltaje de alimentación puede estar entre 4 y 20 Volts. El circuito proporciona 10Mv por grado Celsius (10Mv/°C). Por ejemplo, sí la temperatura es de 30°C entonces el sensor proporciona un voltaje de salida de 300Mv. La tensión de salida captada por el sensor es aplicada a la entrada de un amplificador de ganancia -1, y la señal de salida de éste a su vez es introducida en un amplificador sumador de ganancia -10.

Figura 13. Circuito integrado LM35, Representación esquemática y forma física.



Fuente <http://www.x-robotics.com/sensores.htm>

Las características más relevantes del sensor de temperatura LM35 son:

- Precisión de  $\sim 1,5^{\circ}\text{C}$  (peor caso),  $0,5^{\circ}\text{C}$  garantizados a  $25^{\circ}\text{C}$ .
- No linealidad de  $\sim 0,5^{\circ}\text{C}$  (peor caso).
- Baja corriente de alimentación ( $60\mu\text{A}$ ).
- Amplio rango de funcionamiento (desde  $-55^{\circ}$  a  $+150^{\circ}\text{C}$ ).
- Bajo costo.
- Baja impedancia de salida.

Debido a su baja corriente de alimentación ( $60\mu\text{A}$ ), se produce un efecto de auto calentamiento reducido, menos de  $0,1^{\circ}\text{C}$  en situación de aire estacionario. El sensor se presenta en diferentes encapsulados pero el más común es el to-92 de igual forma que un típico transistor con 3 patas, dos de ellas para alimentarlo y la tercera nos entrega un valor de tensión proporcional a la temperatura medida por el dispositivo.

**4.11.3 Los Amplificadores Operacionales.** Son dispositivos compactos activos y lineales de alta ganancia, diseñados para proporcionar la función de transferencia deseada. Un amplificador operacional (A.O.) está compuesto por un circuito electrónico que tiene dos entradas y una salida, como se describe más adelante. La salida es la diferencia de las dos entradas multiplicada por un factor (G) (ganancia):  $V_{out} = G \cdot (V_+ - V_-)$ .

Estos dispositivos se caracterizan por ser construidos en sus componentes más genéricos, dispuestos de modo que en cada momento se puede acceder a los puntos digamos “vitales” en donde se conectan los componentes externos cuya función es la de permitir al usuario modificar la respuesta y transferencia del dispositivo.

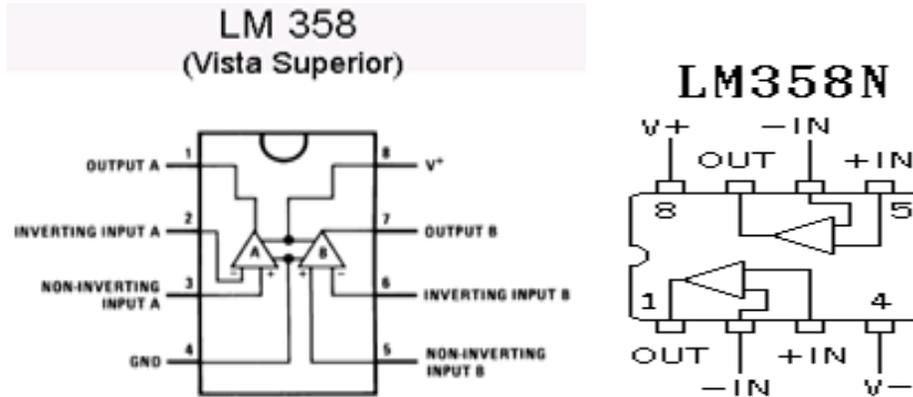
El amplificador operacional LM358N de National Semiconductor. Es un amplificador de alta ganancia directamente acoplado, que en general se alimenta con fuentes positivas y negativas, lo cual permite que obtenga excursiones tanto por arriba como por debajo de masa o punto de referencia que se considere. Se caracteriza especialmente porque su respuesta en; frecuencia, cambio de fase y alta ganancia que se determina por la realimentación introducida externamente. Por su concepción, presenta una alta impedancia (Z) de entrada y muy baja de salida.

Figura 14. Imagen de la forma física del circuito integrado LM358N.



Fuente <http://electronica.webcindario.com/componentes/lm358.htm>

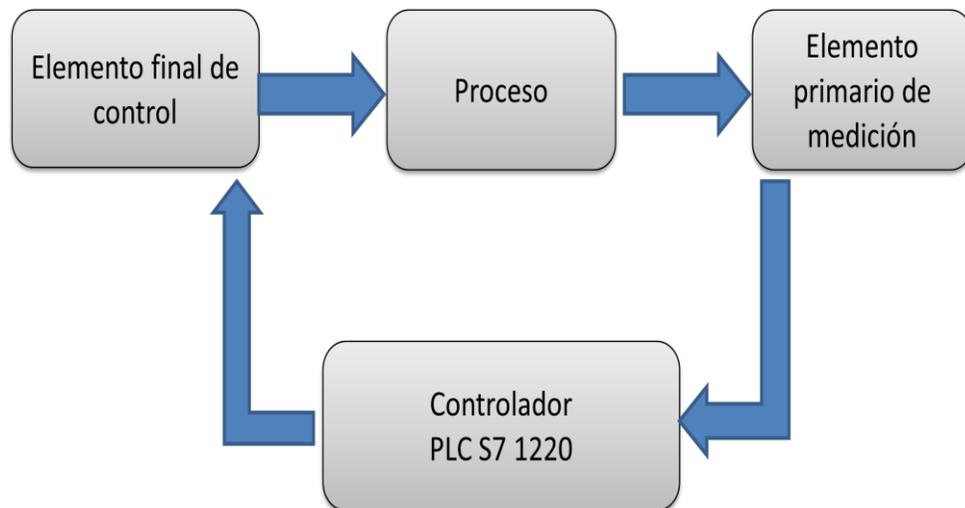
Figura 15. Diagrama de configuración electrónica del circuito integrado LM358N.



Fuente <http://electronica.webcindario.com/componentes/lm358n.htm>

**Subsistema controlador.** En el siguiente diagrama se muestra el lazo cerrado de control, con el cual se montarán los módulos de temperatura.

Figura 16. Lazo cerrado de control.



Fuente <http://www.Controlador programable S7-1200/manual de sistema>

En lo que tiene que ver con el subsistema controlador, se utilizará un PLC S7 1200 de SIEMENS, al cual se entrará la entrada análoga procedente del sensor mediante un módulo de conexión de RTD y mediante una interface Hombre

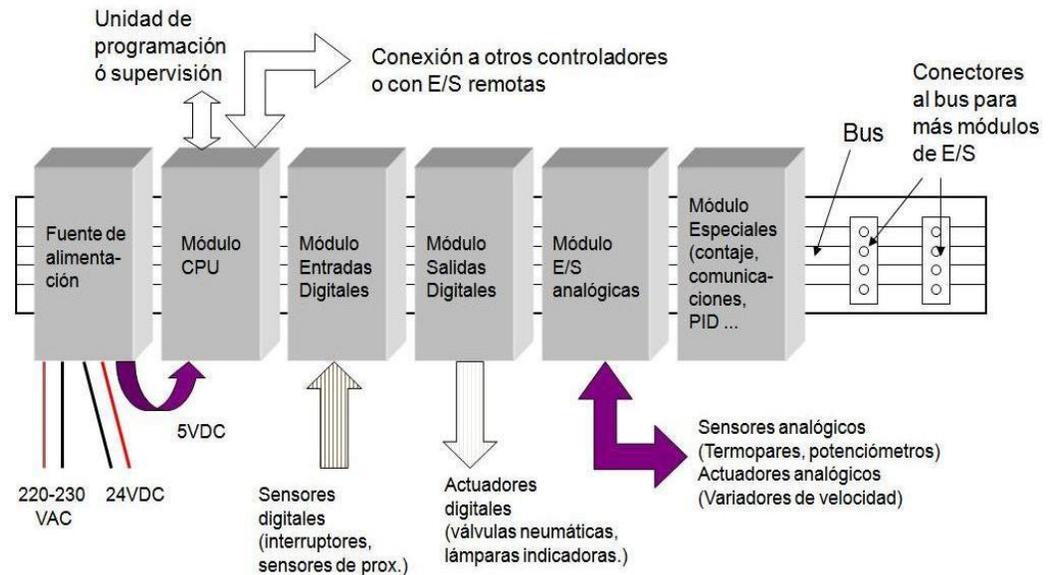
Máquina (IHM) se fijarán los parámetros de funcionamiento como set point en función de la temperatura adecuada.

Además se tendrá un sistema de comunicaciones tipo profinet para que permita interactuar entre los diferentes módulos del proyecto e incluso vía internet.

## 4.12 OPERACIÓN DEL PROCESO

### 4.12.1 Autómata Programable.

Figura 17. Arquitectura interna y control en tiempo real.



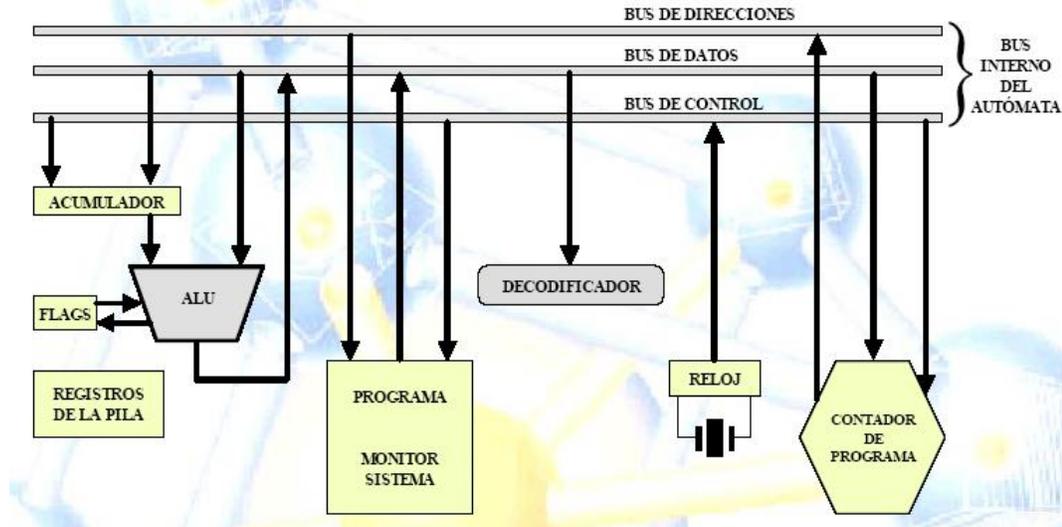
Fuente <http://www.Controlador programable S7-1200/manual de sistema>

### 4.12.2 Bloques Fundamentales de una CPU.

- ALU (Arithmetic Logic Unit)
- Acumulador
- Flags o banderas
- Contador de programa
- Decodificador de instrucciones y secuenciador

- Programa ROM

Figura 18. Bloques fundamentales de una CPU.



Fuente <http://www.Controlador programable S7-1200/manual de sistema>

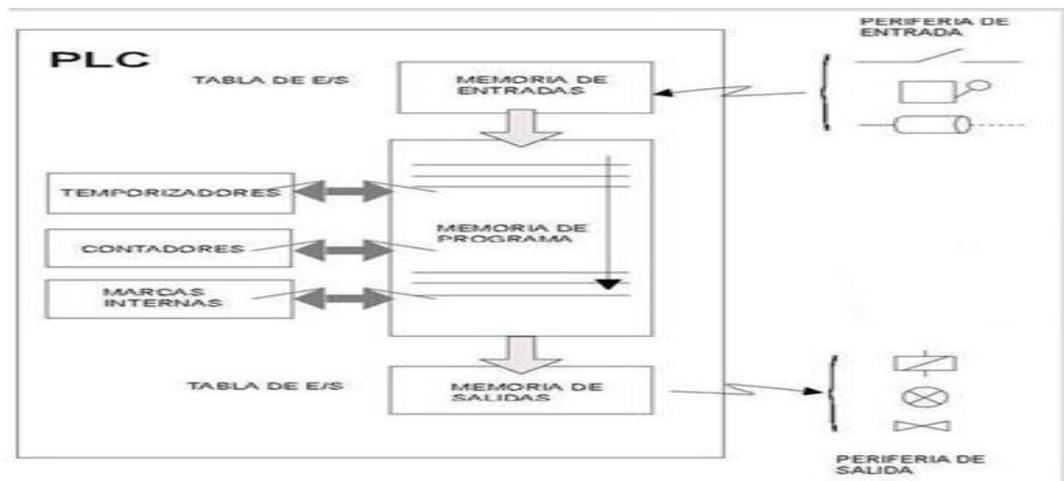
#### 4.12.3 Memoria De Datos Numéricos.

- Almacenan el estado de las variables que maneja el autómata: entradas, salidas, contadores, relés internos, señales de estado, etc.
- Longitud variable para cada modelo de autómata: fija sus características funcionales en cuanto a capacidad de direccionamiento de E/S y número y tipo de variables internas manipuladas
- Clasificación atendiendo al tipo de variables que almacena y el número de bits que ocupa cada variable:
  - Posiciones de 1 bit (bits internos)
  - Memoria imagen de E/S Relés internos.
  - Relés especiales/auxiliares
  - Posiciones de 8, 16 o más bits (registros internos)
  - Temporizadores Contadores
  - Otros registros de uso general

#### 4.13 INTERFASES DE ENTRADAS Y SALIDAS<sup>13</sup>

- Establecen la comunicación entre la unidad central y el proceso.
- Interfaces de entrada: filtran, adaptan y codifican de forma comprensible para la unidad central las señales procedentes de los elementos de entrada.
- Interfaces de salida: decodifican y amplifican las señales generadas durante la ejecución del programa antes de enviarlas a los elementos de salida.
- Módulos de entradas digitales.
  - Número de entradas: 4, 8, 16, 32
  - Niveles de tensión: TTL 24 y 48VCC; 110 y 220 VCA
- Módulos de salidas digitales.
  - Número de salidas: 4, 8, 16, 32
  - Etapa de salida: transistor hasta 60VCC, Triac 24 y 48VCC; 220 VCA, contacto de relé.
- Módulos de E/S analógicas.
  - Número: 4, 8, 16
  - Rangos de trabajo: 0 a 10 VCC y 2 a 20 Ma

Figura 19. Como trabaja el PLC.



Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

<sup>13</sup> <http://galia.fc.uaslp.mx/~cantocar/automatas/PRESENTACIONES PLC PDF S/22 ENTRADAS SALIDAS>.

#### 4.13.1 Ciclo de Funcionamiento.

El autómata es una máquina secuencial que ejecuta secuencialmente las instrucciones contenidas en el programa de usuario. Además realiza ciertas operaciones de comprobación. Estas dos acciones se repiten periódicamente, formando el ciclo de operación del autómata.

Figura 20. Autómata.



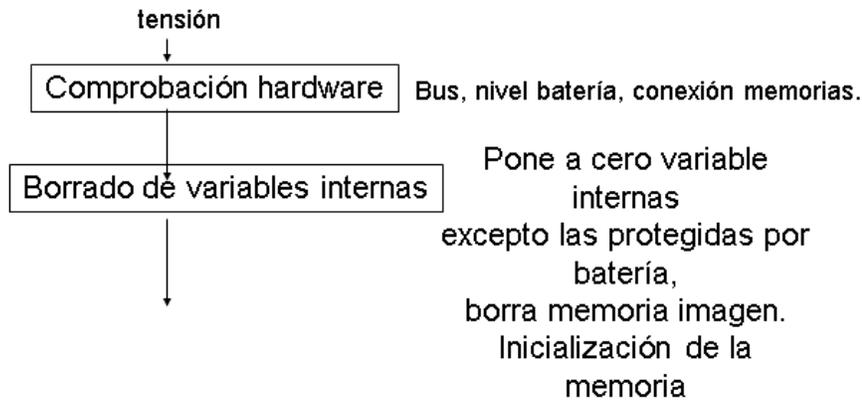
Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 21. Ciclo de operación.



Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 22. Iniciación.



Inicialización: menos de 1 segundo, sólo se realiza al aplicar tensión

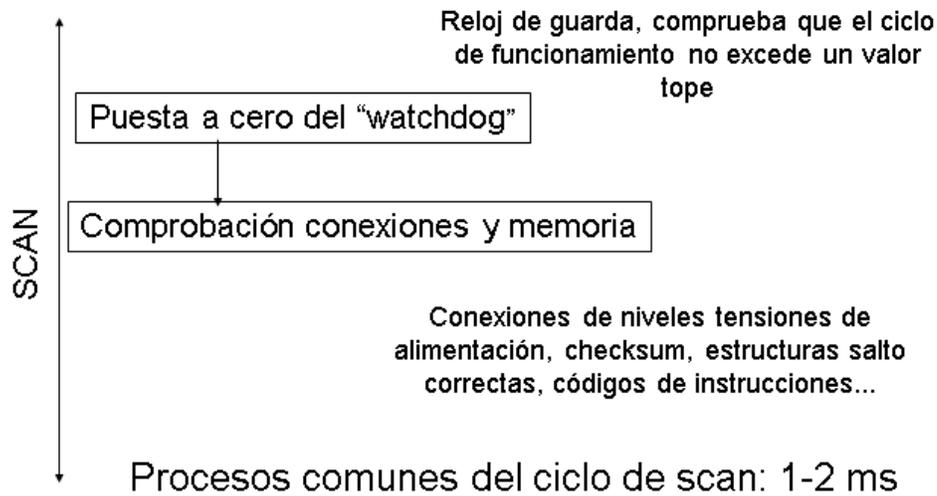
Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 23. Procesos comunes ciclo "Scan"



Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 24. Procesos comunes de ciclo de scan: 1-2 ms.



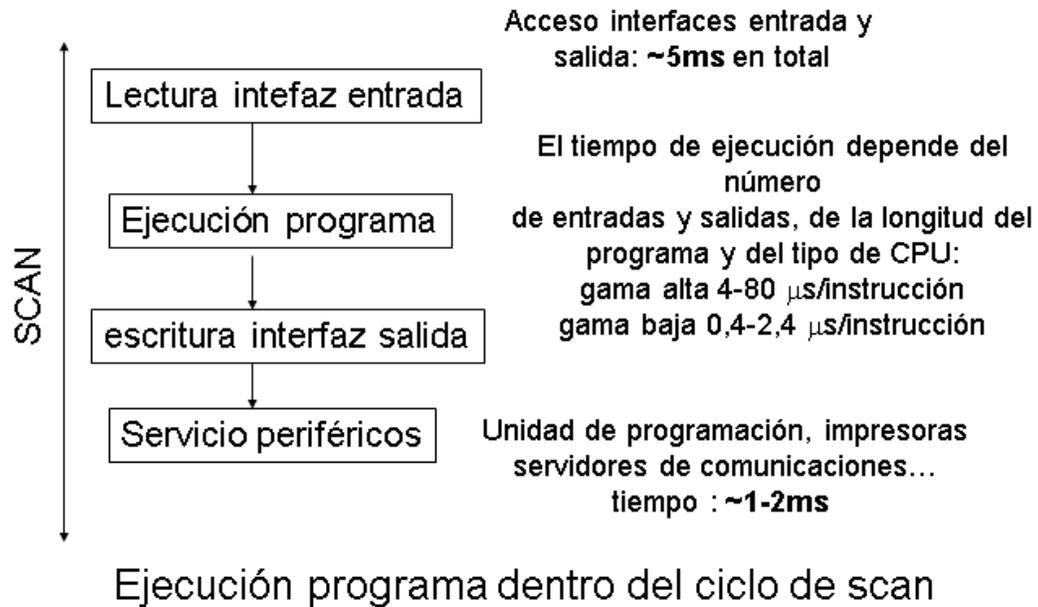
Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 25. Ejecución programa usuario.



Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

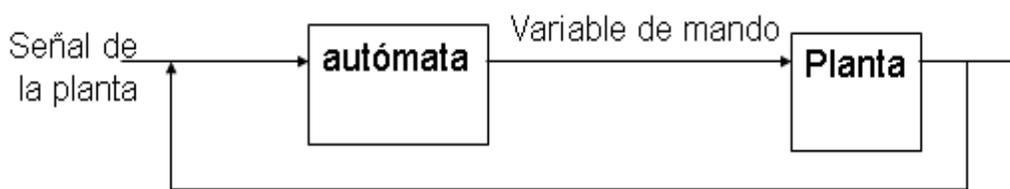
Figura 26. Ejecución programa dentro del ciclo de scan.



Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

**4.13.2 Tiempo de Ejecución y Control Real.** Tiempo de respuesta: el que transcurre desde que un cambio en una señal de la planta es acusado por una variable de mando.

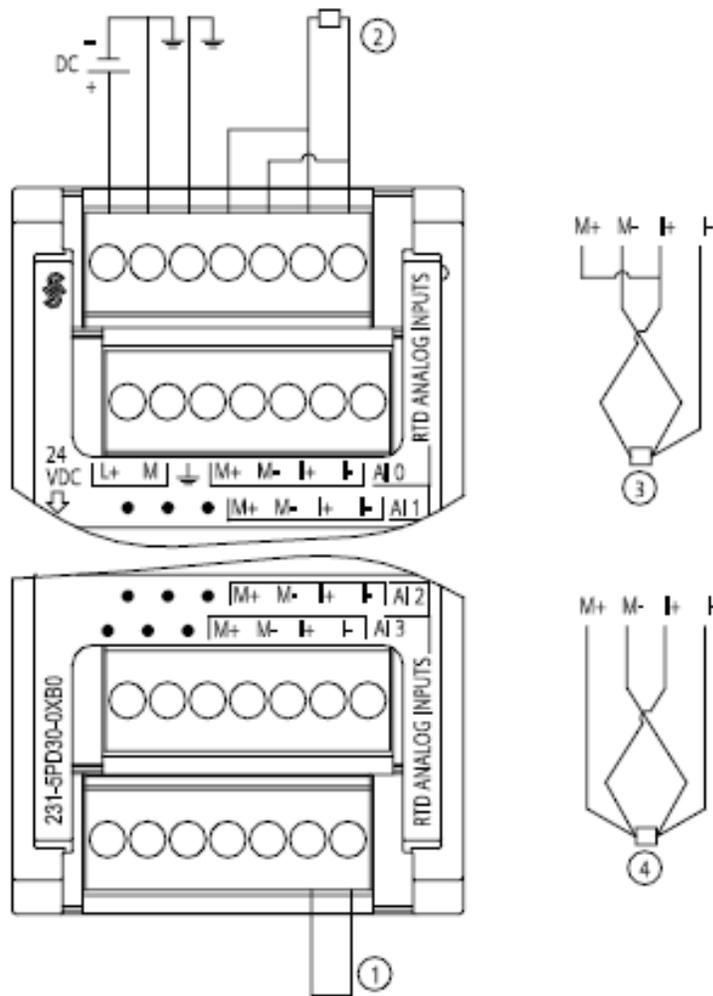
Figura. 27. Tiempo de Scan



- tiempo de scan:  $T_{DIAG} + T_{e/s} + T_{PROG} + T_{PERIF}$   
 $T_{SCAN}$

Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

Figura 28. Diagrama de cableado de SM 1231 AI 4 x RTD x 16 bt.



### 6ES7 231-5PD30-0XB0

- ① Entradas loopback del RTD no utilizadas
- ② RTD a 2 hilos
- ③ RTD de 3 hilos
- ④ RTD de 4 hilos

Fuente <http://www.marcombo.com/Automatas-programables-y-sistemas-de-automatizacion>

#### **4.14 APLICACIÓN DEL PROCESO**

La principal aplicación de este módulo es con fines educacionales, pero a nivel de la industria su aplicación es:

Sin lugar a dudas la temperatura es la variable física que más frecuente se busca monitorear y controlar en los procesos industriales, comerciales y biomédicos gracias a que casi todos los fenómenos físicos tienen que ver con esta. Los sensores de temperatura son por lo tanto sistemas que pueden transformar la energía cinética de agitación de un cuerpo, comunicada por el contacto o la radiación en otra forma de energía, generalmente eléctrica este principio es utilizado para el control automático de muchos procesos industriales que requieren el control preciso de la temperatura para producir resultados de calidad o prevenir sobrecalentamientos, rupturas, explosiones y otros tipos de problemas. Las temperaturas elevadas, por ejemplo, son necesarias para ablandar metales, fundir plásticos antes de ser moldeados, para el control de microorganismos en procesos de esterilización, pasteurización, ultra pasteurización, en destilación de bebidas, para la cocción de alimentos, para el monitoreo de estado de bobinados rodamientos y elementos mecánicos de motores eléctricos etc. A si mismo las bajas temperaturas son necesarias para conservar productos precoderos en una industria procesadora de alimentos, De otro lado una condición de sobre temperatura en un sistema cerrado, digamos una caldera pueden provocar una excesiva presión. También se requieren condiciones de temperatura precisas para combinar los ingredientes de productos químicos. Actualmente se dispone de gran variedad de dispositivos e instrumentos para la medición precisa de la temperatura, los cuales proporcionan una indicación visual o una señal de realimentación mecánica o eléctrica que puede ser utilizada en un sistema de lazo cerrado para permitir el control automático de procesos térmicos.

## 4.15 PRINCIPIOS FÍSICOS DE LA NEUMÁTICA

La materia está representada por todo aquello que posee masa y volumen, así por ejemplo las estrellas, los planetas, los automóviles, los edificios, el océano, el oxígeno, etc. Cada uno tiene propiedades físicas que los enmarcan en uno o varios de los estados de la materia, en la actualidad se han clasificado seis estados: sólido, líquido, gaseoso, plasma, condensado de Bose-Einstein, condensado de Fermi, y súper sólido considerado posible nuevo estado. Cada uno de ellos posee características físicas que lo diferencian de los otros, posibilitando la identificación de la materia y sus características.

## 4.16 ESTADO SÓLIDO<sup>14</sup>

Caracterizado por su dureza y forma definida proporcionada por la cohesión presente entre sus moléculas. Formando lazos estrechamente ligados con poca o nula movilidad, lo que define el grado de dureza y rigidez del material, algunos ejemplos son los metales, el hormigón, la roca.

**4.16.1 Estado Líquido.** Los cambios en el incremento de la temperatura generan actividad molecular, lo que permite que estas se separen lo suficiente para alcanzar una velocidad, guardando una distancia apenas inferior a la del estado sólido, suficiente para conservar el volumen del material y permitir la fluidez y adaptabilidad al recipiente o entorno que lo contenga. Su compresibilidad es casi nula por la cercanía entre las moléculas, como ejemplo de este estado tenemos el agua.

**4.16.2 Estado Gaseoso.** A temperaturas elevadas las moléculas presentan poca o nula cohesión, lo que permite facilidad para expandirse y ocupar grandes e irregulares volúmenes, las moléculas se encuentran tan separadas entre sí que facilitan la dispersión del material, el estado gaseoso se caracteriza por permitir

---

<sup>14</sup> <http://labquimica.wordpress.com/2008/08/01/los-solidos-los-liquidos-y-los-gases>

la compresión debido a su baja densidad. Ejemplo, nitrógeno, aire comprimido, humo de las fábricas. La figura 29 muestra el estado gaseoso de un líquido sometido a temperatura elevada.

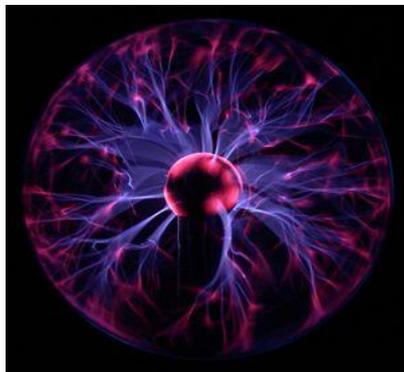
Figura 29. Estado Gaseoso



Fuente <http://ccc90.blogspot.com/2009/11/gaseoso.html>.

**4.16.3 El Plasma.** Se forma bajo condiciones extremas de temperatura y alta energía, permitiendo la liberación de moléculas de sus átomos el gas se ioniza y se carga con iones positivos, ocasionando la presencia de átomos altamente conductores, La alta temperatura excita violentamente los átomos que se mueven libremente generando el cuarto estado de la materia, la figura 30 muestra un estado de plasma. Un claro ejemplo para este estado es el sol.

Figura 30. Plasma



Fuente <http://ccc90.blogspot.com/2009/11/gaseoso.html>

**4.16.4 Condensado de Bose-Einstein.** Este se conoce como el quinto estado de la materia, fue desarrollado en laboratorio por los físicos Eric Cornell, Wolfgang Ketterle, y Carl Wieman con base en la teoría elaborada por los físicos Einstein y Bose en 1924. Los científicos lograron enfriar los átomos a un estado cercano al cero absoluto, desarrollando un súper fluido que se caracteriza por contener átomos libres de fricción mecánica y alcanzando idéntico estado cuántico y un nivel energético reducido.

**4.16.5 Condensado de Fermi.** Estado de la materia creado en la universidad de Colorado en el año 1999, sus características principales son la súper fluidez obtenida a temperaturas cercanas al cero absoluto, está formado por partículas fermiónicas, a diferencia del condensado de Bose –Einstein formado por partículas bosónicas. Las moléculas de gas fermiónico se comportan como ondas debido a que su estabilidad es temporal.

**4.16.6 Posible Nuevo Estado. Súper Sólido.** Los átomos de helio-4 son enfriados a una temperatura cercana al cero absoluto, lo que ocasiona que la materia se comporte como un súper sólido formado por una película rígida aunque en su interior los átomos se mueven libremente, permitiendo que la materia simultáneamente se comporte como súper líquido alcanzando el mismo estado cuántico.

#### **4.17 LA PRESIÓN<sup>15</sup>**

Se denomina presión a la magnitud que relaciona la intensidad de la fuerza que actúa sobre un área, con la unidad de superficie. Se calcula dividiendo la intensidad de la fuerza por el área sobre la cual actúa.

Ecuación 1. Presión en función de fuerza y área

$$P = \frac{F}{A}$$

---

<sup>15</sup> [http://gybugandofisica.scienceontheweb.net/Materiales/Tema2\\_Presion\\_fluidos\\_alumnos.pdf](http://gybugandofisica.scienceontheweb.net/Materiales/Tema2_Presion_fluidos_alumnos.pdf)

En el sistema internacional de unidades (SI), la unidad de presión es el pascal (PA). Este es equivalente a una fuerza de un Newton aplicada sobre una superficie de un metro cuadrado.

Ecuación 2. Unidad utilizada para presión de acuerdo al SI

$$1_{PA} = \frac{N}{m^2}$$

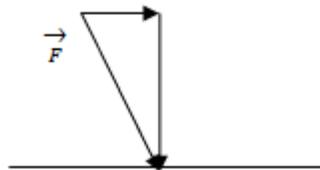
En la práctica es de uso extendido la unidad de presión del sistema inglés (PSI), que es equivalente a una fuerza de una libra aplicada sobre una superficie de una pulgada al cuadrado, sin embargo en el documento anexo, la Tabla 1 enseña una aproximación para la conversión de unidades a fin de facilitar el trabajo con las mismas.

Ecuación 3. Unidades de presión del sistema inglés

$$1_{PSI} = \frac{lb_f}{in^2}$$

Es de anotar que la intensidad de la fuerza que se toma para el cálculo de la presión es la que actúa sobre la superficie.

Figura 31. Descomposición de la fuerza



Fuente [http:// Mecánica de fluidos - Robert L. Mott - Google Books](http://Mecánica de fluidos - Robert L. Mott - Google Books)

Para el caso de la figura 31, se calcula la presión con la intensidad de la componente perpendicular, ya que esta es la que actúa sobre la superficie.

A continuación se hace una descripción detallada de los tipos de presión en los cuales se hace posible la aplicación de las anteriores ecuaciones.

**4.17.1 Presión Atmosférica.** Se define como la fuerza que ejerce el aire de la atmosfera sobre cualquier punto de la superficie terrestre, esto quiere decir que todo ser en la tierra experimenta el peso del aire, ahora bien, ya que todo este peso se distribuye uniformemente sobre todos los puntos y en todas las direcciones, no es posible percibirlo. A medida que la altitud aumenta, la densidad del aire disminuye, así que la presión atmosférica varía de forma inversamente proporcional con la altitud sobre el nivel del mar, de esta forma, el nivel del mar se ha establecido como punto de referencia.

**4.17.2 El Experimento de Torricelli.** En el año 1643, el físico italiano Evangelista Torricelli, descubrió una forma de medir la presión atmosférica. Tomó un tubo de vidrio de un metro de altura, luego de llenarlo de mercurio lo volteó sobre una cubeta llena del mismo fluido, así descubrió que la columna de mercurio bajó hasta alcanzar una altura de 760 mm. Debido a que el experimento fue llevado a cabo a nivel del mar, se determinó que la presión en este punto es equivalente a 760mmHg, unidad equivalente a una atmosfera (atm), como se puede observar en la tabla de conversión. Tabla 1.conversión de unidades de presión, ver anexos.

**4.17.3 Presión Absoluta, Atmosférica y Manométrica.** Al realizar mediciones de presión es normal que estas se relacionen con una presión de referencia. La presión de referencia normalmente utilizada es la atmosférica, por lo cual algunos instrumentos para medir presión, tienen el cero en la presión atmosférica.

En general a la presión que se mide con el manómetro, se le denomina presión manométrica. La presión absoluta se obtiene midiendo con el manómetro respecto al vacío absoluto y a esta medición se le suma la presión atmosférica. Una forma de relacionar estas presiones está dada mediante la ecuación 4.

Ecuación 4. Relación entre presión absoluta y manométrica.

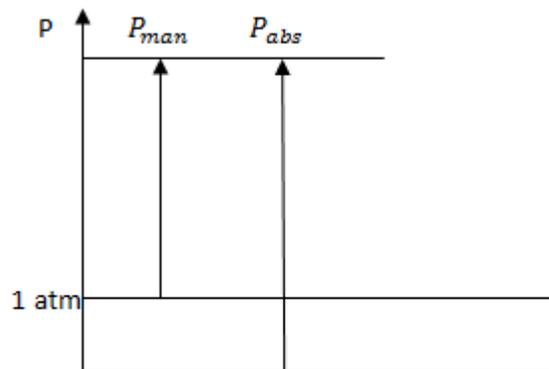
$$P_{abs} = P_{man} + P_{atm}$$

Donde,  $P_{man}$ . Define la presión manométrica,  $P_{abs}$  la presión absoluta y  $P_{atm}$  la presión atmosférica.

Se debe tener en cuenta que la presión absoluta siempre es positiva, una presión manométrica menor que la atmosférica es negativa, y en ocasiones es llamada vacío.

La figura 32 expresa gráficamente la escala de presiones.

Figura 32. Escala de presiones.



Fuente <http://es.scribd.com/doc/918915/Presion-y-Estatica-de-Fluidos>

El punto cero de la presión manométrica, corresponde a la presión atmosférica. Por otro lado, para la presión absoluta el punto cero corresponde al vacío absoluto.

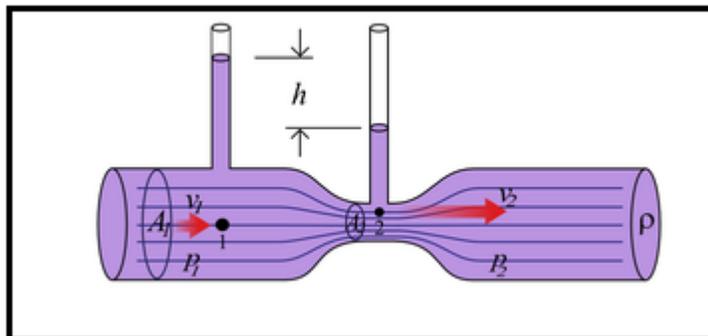
#### 4.18 EFECTO VENTURI

El físico italiano Giovanni Battista Venturi demostró que un fluido en movimiento, al pasar por una reducción de sección transversal, su presión disminuye y su velocidad aumenta. Esto puede explicarse al utilizar el principio de continuidad,

con el cual se puede establecer que debido a que caudal permanece igual en todos los puntos de la tubería, al reducirse la sección, necesariamente la velocidad debe aumentar y así mantener el sistema en equilibrio. Adicionalmente el Teorema de Bernoulli establece que al aumentarse la energía cinética, debido al incremento de velocidad, debe disminuir la energía generada por la presión, y así mantener el balance de energía.

En la figura 33, se puede observar el efecto Vénturi, el cual en el punto de estrechamiento de la tubería se presenta una caída de presión, por lo tanto el diferencial de altura  $h$  cambia. Este efecto es comúnmente utilizado en las ventosas industriales para aplicaciones como la sujeción de piezas.

Figura 33. El Efecto Venturi



Fuente <http://www.esacademic.com/dic.nsf/eswiki/404832>

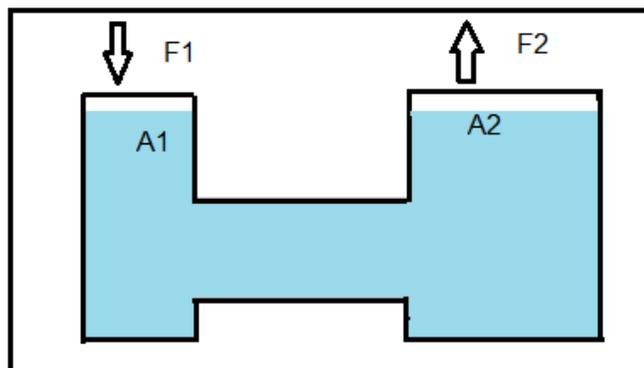
Dentro de las aplicaciones del efecto Venturi, se encuentran los medidores de caudal basados en el efecto, incremento de velocidad en algunos fluidos, ventosas, carburadores de los vehículos, en la aeronáutica entre otros.

#### 4.19 PRINCIPIO DE PASCAL.

Es una ley enunciada por el físico y matemático francés BLAISE PASCAL (1623-1662). El principio de Pascal afirma que la presión aplicada sobre el fluido

contenido en un recipiente se transmite por igual en todas las direcciones y a todas partes del recipiente. Este principio se puede comprobar con una esfera hueca, perforada en diferente lugares y provisto de un embolo, se observa que el agua sale por todos los agujeros con la misma presión. La figura 34 muestra La prensa hidráulica que constituye la aplicación fundamental del principio de Pascal. Si se ejerce una fuerza ( $F_1$ ) mediante el pistón pequeño sobre el líquido, de acuerdo al principio de pascal, la presión se transmite a todos los puntos de este, de manera uniforme. El pistón grande ( $A_2$ ) experimenta una fuerza ( $F_2$ ), de manera que mientras el pistón pequeño baja, el grande se dirige hacia arriba. La presión es la misma en ambos cilindros, y en consecuencia, si se igualan las presiones, es posible observar que la fuerza que se aplica en el pistón grande es igual a ( $F_1$ ), multiplicada por el factor ( $A_2/A_1$ ).

Figura 34.La prensa hidráulica



Fuente <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/fluidos/estatica/prensa/prensa.htm>

#### 4.20 PROPIEDADES DE LOS FLUIDOS NEUMÁTICOS

Los circuitos y dispositivos neumáticos están diseñados para trabajar bajo parámetros específicos, entre ellos se encuentra el aire, el cual circula por las líneas y equipamiento neumático, a la vez que es tratado en su trayectoria para garantizar la correcta operación de los circuitos. La fuente de energía para las

aplicaciones neumáticas es el aire, el cual se caracteriza por su abundancia en el planeta, la facilidad para su tratamiento, la limpieza en las operaciones y bajo costo. Entre las propiedades físicas del aire se encuentran: la compresibilidad, difusibilidad, elasticidad, y expansibilidad.

#### **4.21 COMPRESIBILIDAD**

Propiedad particular de los gases que permite mediante aplicación de presión y variación de temperatura la compresión del gas, permitiendo confinarlo en envases para aplicaciones específicas. La poca cohesión presente entre las moléculas en el estado gaseoso permite que estas se desplacen libremente y sin forma determinada, generando espacios entre ellas, el cual es aprovechado para lograr la compresión mediante la aplicación de presión.

#### **4.22 DIFUSIBILIDAD**

La mezcla del aire con otros gases no saturados en compañía de los olores característicos propios de cada uno gases y el desplazamiento por el ambiente, permiten su detección mediante el sentido del olfato, esta fusión que puede presentarse parcial o completamente se conoce como difusibilidad.

#### **4.24 ELASTICIDAD**

Mediante la aplicación de fuerzas externas aplicadas al aire, se logra obtener la compresión del mismo, una vez se retira esta fuerza el aire tiene la propiedad de regresar a su estado inicial o natural, esta fase se denomina elasticidad.

#### **4.24 EXPANSIBILIDAD**

La poca cohesión presente entre las moléculas del aire permite que este se expanda ocupando grandes espacios, o llenando por completo el volumen del recipiente que los contenga.

## **4.25 ELEMENTOS DE LAS INSTALACIONES NEUMÁTICAS**

**4.25.1 Elemento de Inyección de Aire.** El compresor es clasificado dentro de la mecánica como una máquina térmica, es muy utilizado en la industria para diferentes procesos. Internamente se encuentra conformado por pistones, bombas de lubricación, anillos de presión, cigüeñal y carter, entre otros elementos que varían de acuerdo al tipo constructivo. La acción conjunta de todos estos elementos hacen del compresor, una máquina capaz de hacer que los fluidos comprensibles tales como los vapores o gases, incrementen su energía, la cual se puede llamar energía de flujo, ya que la energía ganada por la sustancia fluye con mayor presión y aumenta su energía cinética.

El compresor recoge el aire con una presión atmosférica dada y le aumenta o le da mayor presión, empleándose este en los diferentes equipos neumáticos conocidos en el comercio, industria, aires acondicionados, motores de aviación y producción de energía eléctrica.

En la actualidad, dentro de la industria se cuenta con diversos tipos de compresores, los cuales se eligen de acuerdo a las necesidades que presente la aplicación específica y teniendo en cuenta criterios de capacidad, espacio, presión de trabajo, cálculo del ciclo de trabajo, caudal, instalación rendimiento, mantenimiento, el tipo de gas, entre otros. A continuación se presentan los tipos de compresores más utilizados, partiendo de una clasificación de acuerdo al tipo constructivo, a partir de esto se distinguen dos grandes grupos, los compresores de desplazamiento positivo y los compresores dinámicos.

**4.25.2 Compresor de Desplazamiento Positivo.** En los compresores de desplazamiento positivo, los gases son comprimidos en un espacio cerrado reduciendo su volumen mediante la acción de un pistón o rotor, con lo cual se logra un incremento de presión en la descarga. Estos se usan para condiciones de

alta presión y poco volumen. A continuación se presentan los principales compresores de desplazamiento positivo.

**4.25.3 Compresor Rotativo de Lóbulos.** Este tipo de compresor, que por su baja presión tiene limitadas aplicaciones dentro de la neumática, posee dos rotores simétricos en paralelo, los cuales son sincronizados por engranajes. Es un sistema simple cuyo funcionamiento es similar al de la bomba de aceite del motor de un automóvil, en el cual se requiere un flujo constante. Posee pocas piezas en movimiento, lo que disminuye las pérdidas de energía por fricción.

**4.25.4 Compresor Rotativo Tipo Tornillo.** Poseen dos tornillos engranados que rotan paralelamente con una luz mínima y están sellados por una mezcla de aire y aceite. Son silenciosos, de tamaño reducido, de bajo costo, de fácil mantenimiento, flujo de aire continuo, volúmenes y presiones moderadas.

**4.25.5. Compresor rotativo tipo paletas.** Su eje gira con alta velocidad mientras la fuerza centrífuga desplaza las paletas hacia el estator. Un ejemplo es la bomba de la dirección hidráulica de un vehículo. Es reducido en su tamaño, silencioso, con flujo continuo de aire, buen comportamiento en frío, son sensibles a partículas y de fácil mantenimiento.

**4.25.6 Compresor Alternativo Tipo Pistón.** Es semejante al motor de un automóvil, que puede ser de efecto simple para bajas presiones o doble para altas presiones. Los pistones, válvulas y cojinetes requieren lubricación, son de gran tamaño, ruidosos, con fluido intermitente de aire, temperatura de funcionamiento en caliente a 220°C, requiere de un mantenimiento periódico y de alto costo, con muy alta presión y poco volumen. Dentro de esta categoría se pueden encontrar los compresores de Efecto simple, que se usan normalmente en talleres de pintura para soplar, para el manejo de herramientas neumáticas y el inflado de neumáticos y los de Efecto doble (dúplex) son utilizados en sistemas de altas presiones de compresión de gases.

**4.25.7 Compresor Dinámico.** Los compresores dinámicos imprimen energía cinética al aire mediante la alta velocidad de rotación de los impulsores, parte de esta energía se convierte en presión a la descarga. Es utilizado cuando se requiere mucho volumen de aire y presión baja, un ejemplo es el ventilador de alavés utilizado para secado en la industria. Se dividen en radiales y *de flujo axial*, ambos tienen una ventaja en común, el flujo continuo, además tienen pocas piezas en movimiento que disminuyen pérdidas de energía por fricción y calentamiento.

**4.25.8. Compresor Centrífugo.** Este tipo de compresor es similar a una turbina, su funcionamiento está basado en la compresión de aire por fuerza centrífuga. Consta de aspas que giran en un solo eje tomando aire o gas por una entrada de mayor diámetro que se acelera por la fuerza centrífuga y lo vota por una salida de menor diámetro. El gas o el aire que toma, sale libre de aceites y contaminantes. Su funcionamiento es en seco. Dentro de los inconvenientes que presentan este tipo de compresores, se encuentra su robustez y el alto ruido que generan.

**4.25.9. Compresor de Flujo Axial.** En los compresores de flujo axial, el aire fluye en la dirección del eje. Consta de una serie de aspas móviles ancladas al eje como un abanico y alabes fijos anclados a la carcasa. Este tipo de compresores pocas veces es utilizado dentro de la neumática industrial ya que proporcionan un alto caudal pero a muy bajas presiones.

**4.25.10 Unidades De Mantenimiento (FRL).** De una buena calidad del aire comprimido depende el buen funcionamiento y duración de equipos e instalaciones neumáticas. Para lograr este objetivo, el aire se debe someter a tres operaciones; filtración, regulación y lubricación, esto se logra con el conjunto FRL que compone la unidad de mantenimiento, formado por un secador, un filtro, la regulación de presión prevista por un manómetro, el lubricador y la válvula de escape.

Figura 35. Unidad de mantenimiento



Fuente <http://www.google.com.mx/imgres?imgurl=http://neumatica.nohsam.com/images>

Cada uno de estos elementos pueden ser visualizados en la figura 35, los cuales se encargan de funciones específicas, esto es, el secador; reduce la cantidad de vapor de agua que se encuentra en el aire, el filtro; somete al aire a un proceso de centrifugado de modo que las impurezas líquidas o sólidas que este contiene, son disparadas contra las paredes del filtro y se depositan en una cámara, luego el aire pasa a través de un cartucho filtrante y se completa el proceso de limpieza. El regulador mantiene una presión estable de aire en el circuito neumático la cual es mostrada en el manómetro, el lubricador; incorpora aceite nebulizado al aire comprimido para evitar la corrosión o la oxidación de los componentes del circuito y garantiza el deslizamiento óptimo de partes móviles, finalmente, la válvula de escape se encarga de expulsar al exterior el aire cuando la presión supera el límite permitido.

#### 4.26 MANÓMETRO

Instrumento que se utiliza para medición de presión de fluidos y que procede determinando diferencias entre la presión del fluido y la presión local. Las presiones medidas con este instrumento pueden variar y tener distintos rangos. Existen diversos tipos que sirven para determinar diferentes presiones: Absoluta, Diferencial y Vacío, los cuales se describen a continuación:

**4.26.1 Manómetro Bourdon.** Instrumento mecánico de medición compuesto por un tubo de metal curvado o torcido y de sección transversal aplanada, uno de los extremos de dicho tubo permanece cerrado, por tal razón la presión a medir se aplica al otro extremo. A medida que la presión aumenta este tubo comienza a tomar forma circular y a enderezarse, lo que es aprovechado para fijar la aguja y tomar la medición.

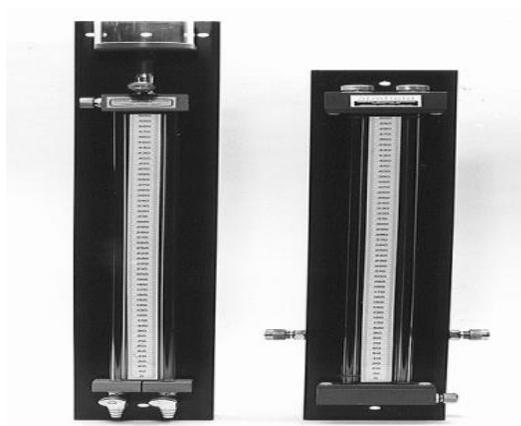
Figura 36. Manómetro de Burdon



Fuente <http://www.google.com.mx/Manometro-Bourdon-acero-inoxidable/images>

**4.26.2 Manómetro de Columna Líquida.** Consta de una columna líquida empleada en mediciones diferenciales de las presiones de ambos fluidos.

Figura 37. Manómetro de columna líquida



Fuente <http://www.google.com.mx/Manometro-Columna líquida-acero-inoxidable/images>

**4.26.3 Manómetro de Tubo Inclinado.** Empleado para medir presiones manométricas inferiores a 250mm de columna de agua.

Figura 38. Manómetro de tubo inclinado



Fuente <http://www.directindustry.es/prod/hk-instruments/manometros-de-tubo-capilar-inclinados-37760-263995.html>

## 4.27 VÁLVULAS NEUMÁTICAS

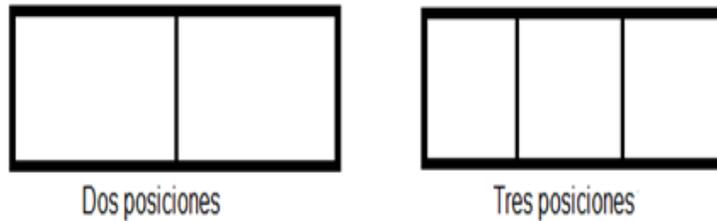
Dentro de los circuitos neumáticos, se hace necesario alimentar, descargar los actuadores, direccionar el flujo de aire, regular el flujo y la presión, en el momento indicado, de acuerdo al control que se quiera ejercer. Todas estas funciones son realizadas por diversos tipos de válvulas.

Según el tipo de trabajo que realizan, las válvulas neumáticas se clasifican como válvulas de control direccional, válvulas anti retorno, válvulas reguladoras de presión y válvulas reguladoras de caudal.

**4.27.1 Válvulas de Control Direccional.** Son las válvulas que dirigen el flujo de aire a través de los diferentes conductos del circuito, con el fin de controlar la actuación y paro de los cilindros o motores neumáticos. Los datos que permiten un completo conocimiento de estas válvulas son el número de posiciones, el número de vías, la posición en reposo, el tipo de accionamiento, el tipo de retorno y el Caudal.

Número de posiciones: Por simbología, las válvulas neumáticas están representadas por grupos de cuadrados adyacentes que forman un rectángulo. El número de cuadrados determina cuántas posiciones o maniobras puede realizar la válvula, es decir los estados que caracterizan a la válvula.

Figura 39. Numero de posiciones en las válvulas de vías

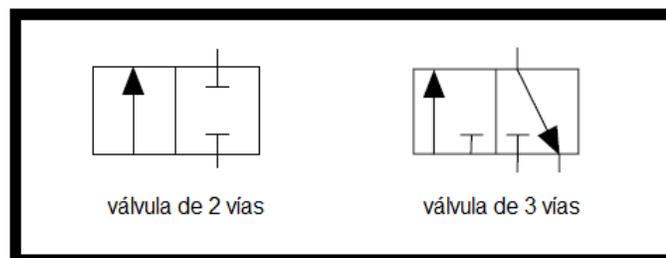


Fuente [http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim\\_valv.html](http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim_valv.html)

**Número de vías:** Determina el número de conexiones que posee la válvula. Solo se cuentan las conexiones en una de las posiciones. Para cada posición la válvula posee el mismo número de conexiones, pero con direcciones de flujo distintas. Son consideradas como vías, las entradas de aire, conexiones de utilización y los escapes.

Un método adecuado para determinar el número de vías, consiste en contar el número de veces que los elementos internos tocan el extremo de un cuadrado o posición.

Figura 40. Número de vías de las válvulas.



Fuente [http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim\\_valv.html](http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim_valv.html)

**4.27.2 Identificación de los Orificios de las Válvulas.** La identificación de los orificios de las válvulas depende de cada fabricante, sin embargo se presentan dos tipos de identificación, una literal presentada por la norma DIN 24300, y una forma de identificación numérica, presentada por la norma ISO1219.

Figura 41. Identificación de orificios

|             | NORMA DIN 24300 |   |   | NORMA ISO 1219 |    |    |
|-------------|-----------------|---|---|----------------|----|----|
| PRESIÓN     | P               |   |   | 1              |    |    |
| UTILIZACIÓN | A               | B | C | 2              | 4  | 6  |
| ESCAPE      | R               | S | T | 3              | 5  | 7  |
| PILOTAJE    | X               | Y | Z | 10             | 12 | 14 |

Fuente [http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web\\_simbologia\\_neuma/simbolos\\_neumatica](http://www.portaleso.com/usuarios/Toni/web_simbologia_neuma/simbolos_neumatica)

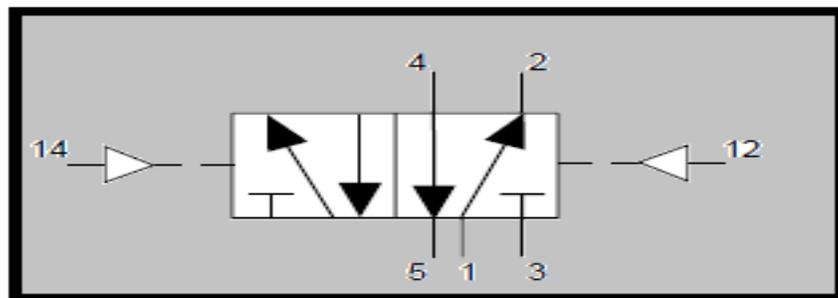
Presión: alimentación de fuente de aire comprimido.

Utilización: orificios de utilización para diversas válvulas.

Escape: drenaje de aire, pueden ser canalizados o libres.

Pilotaje: líneas para transmisión de energía del tipo de comando.

Figura 42. Identificación de válvula 5/2



Fuente [http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim\\_valv.html](http://proton.ucting.udg.mx/temas/control/nares/simbolos/sim_valv.html)

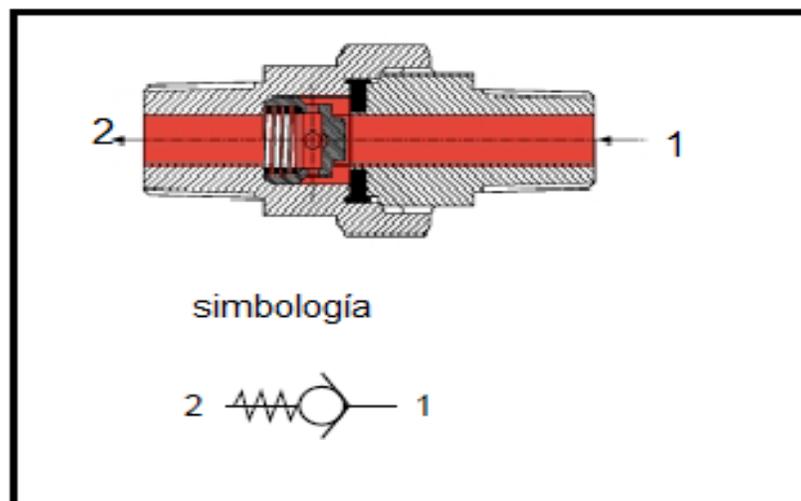
**4.27.3 Tipo de Accionamiento.** Las válvulas requieren de algún tipo de mecanismo, interno o externo, que realice la conmutación entre una posición a

otra, con lo cual se genere el cambio en las direcciones del flujo de aire de acuerdo a la aplicación específica.

Dentro de los diversos accionamientos pueden distinguirse los accionamientos manuales, los accionamientos mecánicos, los accionamientos neumáticos, los accionamientos eléctricos y los accionamientos combinados.

**4.27.4 Válvulas de Retención.** Este tipo de válvulas permiten el paso de aire comprimido en un sentido, y lo impiden en el sentido contrario. Su principio de funcionamiento se basa generalmente en la acción de un resorte que mantiene asentado un cono sobre su tope, en sentido de flujo el aire, vence la contrapresión ejercida por el resorte, permitiendo así el flujo de aire, en el sentido contrario el resorte mantiene el cono contra el tope, impidiendo su paso.

Figura 43. Válvula de retención

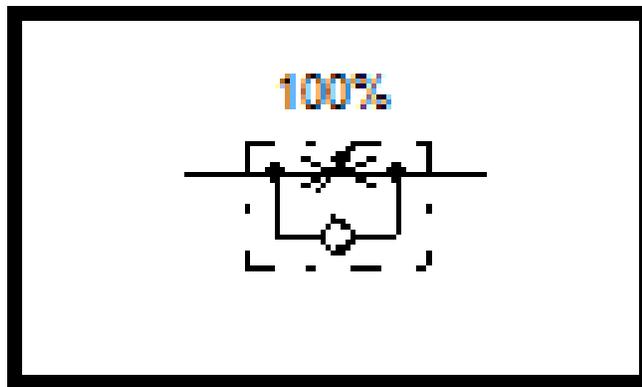


Fuente <http://www.google.com.co/search?q=valvula+de+retencion.html>

**4.27.5 Válvulas de Control de Flujo.** En muchas ocasiones dentro de los circuitos neumáticos, se hace necesario regular el caudal que pasa por cierto

trayecto, generalmente cuando se quiere regular la velocidad de avance o retroceso en un cilindro, ya que esta es función del caudal de alimentación, o para realizar funciones de temporización neumática. Las válvulas utilizadas para tales fines son denominadas de control de flujo o válvulas de control de caudal. A continuación se presenta el símbolo utilizado para una válvula reguladora de caudal unidireccional, con válvula de retención para el sentido contrario al flujo.

Figura 44. Válvula reguladora de caudal unidireccional



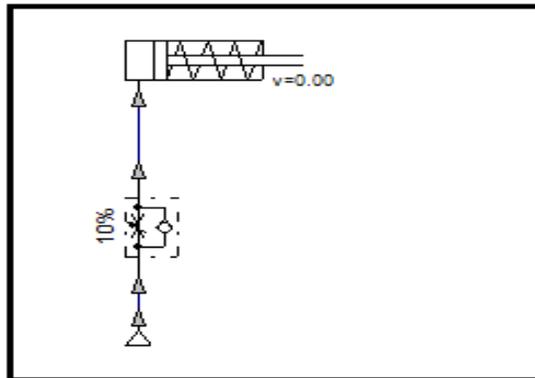
Fuente <http://www.google.com.co/imgresvalvula-reguladora-caudal-unidireccional.html>

Cuando dentro de un circuito neumático se requiere controlar la velocidad de un cilindro, se cuenta con dos técnicas, regulación a la entrada y regulación a la salida.

**4.27.6 Regulación a la Entrada.** La regulación a la entrada consiste en restringir el flujo de aire a la entrada del cilindro, y expulsarlo libremente a la atmosfera. En este tipo de control se tendrá una velocidad poco regular debido a que depende de la oposición que genera la carga, por tanto si la carga fuera retirada, el pistón aceleraría súbitamente.

Este tipo de control no es recomendable cuando se traslada una carga y existen exigencias de velocidad uniforme y valores de desplazamiento precisos.

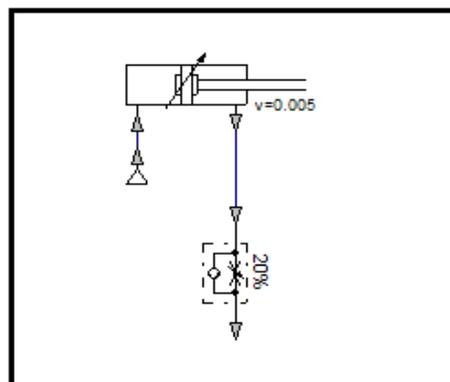
Figura 45. Regulación a la entrada



Fuente <http://www.google.com.co/imgresvalvula-regulacion-a-la-entrada.html>

**4.27.7 Regulación a la Salida.** Cuando se requiere velocidad uniforme y valores de desplazamiento precisos, es necesario realizar el control mediante la regulación del flujo de aire a la salida del cilindro. Mediante esta técnica además de garantizarse un avance uniforme, no se presentarán aceleraciones abruptas en el momento en que el cilindro venza la oposición generada por la carga, lo que redundará además en mejores condiciones de operación para los componentes del circuito.

Figura 16. Regulación a la salida

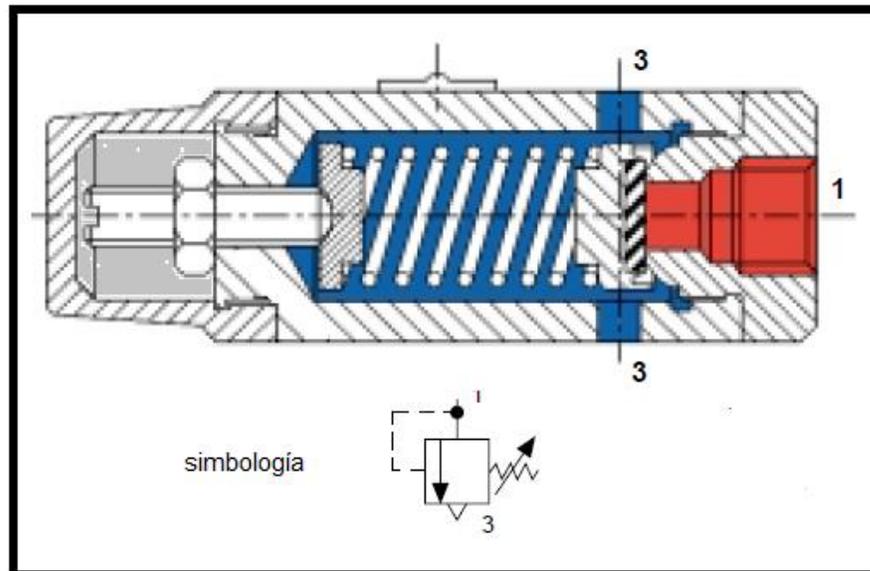


Fuente <http://www.google.com.co/imgresvalvula-regulacion-a-la-salida.html>

**4.27.8 Válvulas de Presión.** Dentro de los circuitos neumáticos, se hace necesario ejercer control sobre la presión de mando y ejecutar secuencias a partir de ciertos valores de presión, para el logro de tales fines se pueden distinguir los siguientes tipos de válvulas de presión:

**4.27.9 Válvulas Regulatoras de Presión.** Se denominan válvulas manorreductoras o válvulas reguladoras de presión a las encargadas de mantener constante una presión de funcionamiento pre ajustada dentro de un trayecto en un circuito neumático. Cuando la presión de entrada aumenta, la válvula cierra, bajando su pistón contra el asiento, permitiendo el escape de la presión excedente a través de una serie de orificios. Cuando se alcanza la presión ajustada el pistón vuelve a subir cerrando los orificios, con lo cual se mantiene la presión constante. Generalmente las unidades de mantenimiento traen incluida una válvula reguladora de presión, que permite ajustarla en el punto de funcionamiento que requiera la aplicación específica.

Figura 47. Válvulas reguladoras de presión



Fuente <http://es.scribd.com/doc/12391501/Valvula-Reguladoras-de-Caudal-y-de-Presion>

**4.27.10 Válvulas Limitadoras de Presión.** También son denominadas válvulas de seguridad o de sobrepresión. Debido a que dentro de los circuitos neumáticos pueden producirse picos de presión momentáneos, generalmente cuando se presentan cargas de oposición elevadas y fuera de lo normal, por esto es necesario utilizar válvulas que limiten la presión a un punto máximo admisible.

**4.27.11 Cilindros Neumáticos.** Las diversas aplicaciones industriales han contribuido al desarrollo de diferentes cilindros neumáticos que proporcionan adaptabilidad y maniobrabilidad en el campo industrial. Mediante la aplicación de fuerza generada por la presión de aire se obtiene el desplazamiento del vástago el cual es aprovechado para la ejecución de diferentes aplicaciones.

**4.27.12 Cilindro de Simple Efecto.** Este dispositivo ha sido diseñado y fabricado para actuar con una alimentación por manguera de aire. El trabajo que realiza cuando el flujo de aire es inyectado a través del orificio de entrada, se define como desplazamiento del vástago. Este convierte la energía aplicada en trabajo mecánico, el retroceso del mismo es logrado a través de un fuelle o resorte calculado específicamente de acuerdo al tamaño y longitud de la carrera del vástago; la carrera del vástago es la longitud expresada en mm del pistón. El trabajo o energía entregado por un cilindro de simple efecto solo puede ser aprovechado en un solo sentido, ya que el retroceso del mismo no contiene energía suficiente para su aprovechamiento.

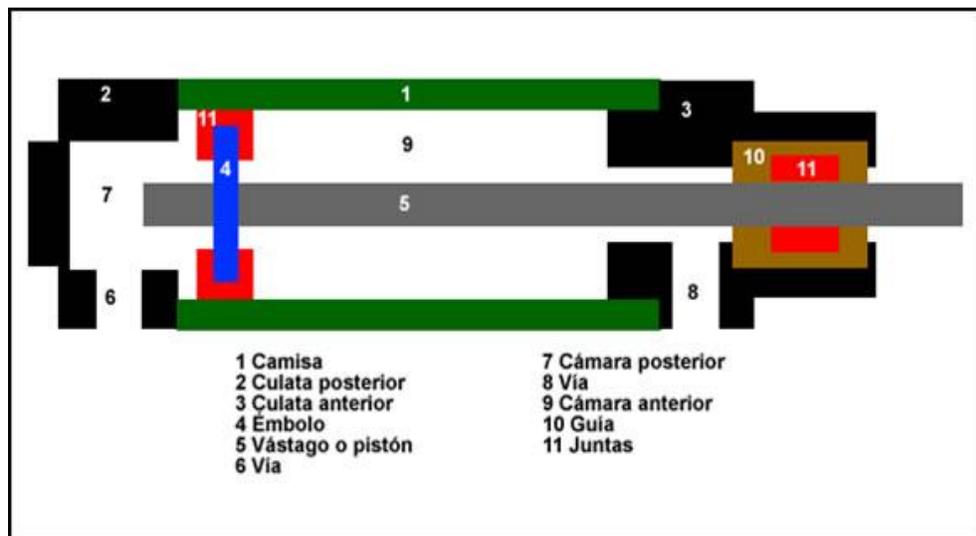
Figura 48. Cilindro de simple efecto



Fuente [http://www.google.com.co/image1392.jpg-cilindro\\_efecto\\_simple.html](http://www.google.com.co/image1392.jpg-cilindro_efecto_simple.html)

**4.27.13 Cilindro de Doble Efecto.** Dispositivo diseñado para realizar trabajo mecánico de doble sentido, la fuerza es obtenida mediante la aplicación de flujo de aire a través de las dos cámaras u orificios de entrada. La carrera del vástago en posición de avance es lograda mediante la aplicación de aire por una de las cámaras, y el retroceso del mismo cuando se aplica el aire en la otra cámara. Este cilindro es ideal para realizar trabajos que requieran aplicación de fuerza en ambos sentidos.

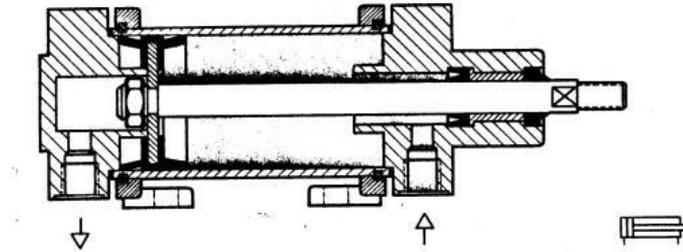
Figura 49. Cilindro de doble efecto



Fuente <http://www.google.com.co/image1394.jpg-cilindro-doble-efecto.html>

**4.27.14 Cilindro de Doble Efecto con Amortiguador.** La amortiguación en los cilindros de doble efecto está constituida por una cámara de aire dentro del dispositivo que permite al pistón un retroceso controlado permitiendo una amortiguación al final de la carrera del vástago, las características de construcción son similares al cilindro de doble efecto convencional, con la diferencia que la carrera del vástago en el retroceso para un cilindro con amortiguación es menor, debido al espacio ocupado por la cámara de aire.

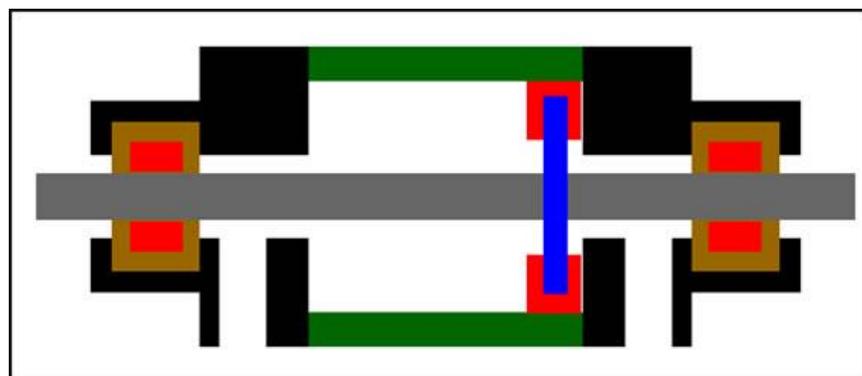
Figura 50. Cilindro de doble efecto con amortiguador



Fuente <http://www.google.com.co/image1420.jpg-doble-efecto-con-amortiguador>

**4.27.15 Cilindro de Doble Efecto con Doble Vástago.** Cilindro construido con diseño especial de doble guía que permite la estabilidad del vástago tanto en el avance como en el retroceso, las entradas de aire se encuentran ubicadas en cada extremo del cilindro, además está provisto de juntas especialmente diseñadas para restringir el acceso de suciedades u otros agentes externos que puedan interferir con el correcto desempeño del cilindro, es ideal para aplicaciones que requieren aplicación de fuerza en ambos sentidos.

Figura 51. Cilindro de doble vástago



Fuente <http://www.google.com.co/image1400.jpg-doble-vástago.html>

**4.27.16 Cilindro de Simple Efecto Telescópico.** Construcción mediante camisas huecas que contienen cada una un cilindro de menor diámetro, su funcionamiento

consiste en la extracción de cilindros en orden ascendente comenzando por el cilindro de mayor diámetro y terminando con el más pequeño, el cual es rígido y compacto, este tipo de cilindro es ideal para aplicaciones que cuentan con poco espacio. El principio físico de funcionamiento es idéntico al cilindro de simple efecto.

**4.27.17 Cilindro de Embolo.** De características similares al cilindro de simple efecto con retorno por muelle, el pistón de este cilindro está recubierto con un material plástico “Perbunano” el cual permite un deslizamiento lento del pistón, su principal ventaja es el frenado instantáneo del vástago permitiendo un agarre rápido y seguro.

**4.27.18 Cilindro de Membrana.** Dispositivo creado con una membrana interna que actúa por efecto de la energía aplicada externamente, desplazando el vástago por rozamiento por efecto de la dilatación del material de la membrana, entre los que se encuentran: el metal, la goma o el plástico.

Figura 52. Cilindro de membrana



Fuente <http://dopedia.blogspot.com/2010/03/cilindro-de-membrana.html>

**4.27.19 Sensores Neumáticos.** La utilización de sensores en la industria constituyen un avance en el control y automatización de los procesos, con estos dispositivos es posible obtener información vital y oportuna que facilita el manejo

de los sistemas automáticos, generando así mayor efectividad en la ejecución de tareas, disminución de los tiempos empleados en los mantenimientos, seguridad y precisión para los procesos. En general el avance tecnológico ha permitido a las diferentes disciplinas la implementación de sensores específicos que contribuyen enormemente al correcto desempeño de los dispositivos.

La neumática utiliza para su funcionamiento dos tipos de sensores, uno como captador de posición sin ningún tipo de contacto y el otro como sensor neumático.

**4.27.20 Presóstatos.** Dispositivo clasificado como transductor, que convierte una señal neumática en una señal eléctrica, la cual puede ser direccionada para el cambio de estado de un motor, electroválvula o cualquier dispositivo que responda a la variación o cambio de potencial.

Figura 53. Presóstatos



Fuente <http://www.kimo.es/html/presostatos.htm>

### 4.31 ACCESORIOS

Dentro del ejercicio de la técnica neumática son utilizados diferentes accesorios, que permiten conectar entre sí a los cilindros, válvulas, compresores y demás elementos que conforman un circuito. A estos accesorios se les denomina racores de tubería. A continuación se dan a conocer algunos de estos elementos.

**4.28.1 Racor rosca macho recto - cónico rosca cubierta con PTFE.** Se utiliza para instalar en la misma dirección desde la rosca hembra. Este elemento permite un acoplamiento rápido para mayor facilidad en las conexiones de las mangueras para los cilindros o válvulas.

Figura 54. Racor recto



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-6.html>

**4.28.2. Conector Recto.** Se utiliza para realizar la conexión de dos mangueras y realizar extensiones. La forma de conexión sencilla, como se observa en la figura 55, permite realizar extensiones 1 a 1.

Figura 55. Conector Recto



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-6.html>

**4.28.3 Conector Cruz.** Se utiliza para derivar líneas en diferentes direcciones a 90°. La figura 56 muestra este tipo de conector, el cual permite hacer una división de tal forma que se puedan conectar 3 elementos más, sin embargo se debe tener

en cuenta que se debe compensar la presión para sostener los dispositivos conectados.

Figura 56. Conector en Cruz



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-21.html>

**4.28.4 Racor Rosca Macho En L - Cilíndrico Giratorio Con Junta De Estancamiento.** Se utiliza para derivar una línea en la misma dirección desde la rosca hembra y en direcciones a 90° y así alimentar a dos accionadores.

Figura 57. Racor Macho en L



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-23.html>

**4.28.5 Conector en T.** Se utiliza para derivar una línea en la misma dirección desde las conexiones y en direcciones a 90° para alimentar 2 elementos adicionales.

Figura 58. Conector en T.



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-39.html>

**4.28.6. Acoplamiento de Cierre.** Se utiliza para cerrar el paso de una manguera en un circuito.

Figura 59. Acoplamiento de Cierre



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-39.html>

**4.28.7 Distribuidor de Conexión de Enchufe con Rosca Macho Cilíndrico Giratorio con Junta de Estancamiento.** Se utiliza para realizar distribuciones desde una válvula para diferentes puntos del sistema. El macho roscado, es utilizado comúnmente en sistemas estáticos, los cuales por disposición de diseño no van a ser reubicados de su sitio de instalación.

Figura 60. Distribuidor macho roscado



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-42.html>

**4.28.8 Válvula en Codo con Racor Macho - Cónico.** Se utiliza para instalar en ángulo recto con la rosca hembra. Es utilizado para realizar desviaciones y así no realizar pliegues en la manguera.

Figura 61. Válvula en Codo



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-45.html>

**4.28.9 Conector en Codo.** Se utiliza para realizar conexiones en ángulo recto con mangueras. Este elemento se diferencia del anterior solo por el tipo de conexión, el cual brinda una distribución mucho más rápida.

Figura 62. Conector en Codo



Fuente <http://neumatica-es.timmer-pneumatik.de/artikel/B3-Steckverschraubungen/b3-steckverschraubungen-45.html>

**4.28.10 Conector en Y.** Se utiliza para realizar una derivación en el sistema, en el mismo sentido de la transmisión de aire.

#### **4.29 APLICACIÓN**

Un autómatas programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- Señalización y control.

#### **4.30 VENTAJAS E INCONVENIENTES DE LOS PLC**

Entre las ventajas tenemos:

- Menor tiempo de elaboración de proyectos.

- Posibilidad de añadir modificaciones sin costo haciendo ampliaciones en otros componentes.
- Menor espacio de ocupación.
- Menor costo de mano de obra.
- Mantenimiento económico.
- Posibilidad de gobernar varias máquinas con el mismo autómata.
- Menor tiempo de puesta en funcionamiento.
- Si el autómata queda pequeño para el proceso industrial puede seguir siendo de utilidad en otras máquinas o sistemas de producción.

Y entre los inconvenientes:

- Capacitación de los técnicos.
- Costos.

## **5 HIPOTESIS**

La implementación de los módulos mejorara el conocimiento y por ende el nivel de formación de los estudiantes.

## 6 VARIABLES

| <b>VARIABLE</b> | <b>CONCEPTUALIZACIÓN</b>                                    | <b>INDICADOR</b> |
|-----------------|---|------------------|
| Nivel           | Hace referencia a una altura relativa                       | metros           |
| Temperatura     | Magnitud referida a las nociones comunes de caliente o frío | grados           |
| Presión         | Determinación de una fuerza resultante sobre superficie     | pascal           |

## 7. METODOLOGIA GENERAL DEL TRABAJO

### 7.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Este proyecto está enmarcado en la investigación aplicada ya que entendemos por investigación aplicada aquella en la cual se utilizan conocimientos existentes para analizar y resolver problemas en diferentes áreas del conocimiento.

### 7.2 METODO LÓGICO

**7.2.1 Análisis.** Este método se utilizará en el momento en el que se realiza el trabajo de campo y se conoce de manera particular cada una de las variables anteriormente expuestas.

**7.2.2 Síntesis.** Este método se utilizara en el momento de integrar los resultados obtenidos en el análisis.

**7.2.3 Deductivo.** Se utiliza en el referente teórico al hablar de la historia del mantenimiento su avance a través del tiempo y la importancia de la automatización a nivel industrial.

**7.2.4 Inductivo.** Con la aplicación de este método se dan conclusiones generales, lo que permite generar la mejor alternativa que se pueda ofrecer en el diseño de control de las bombas de infiltraciones.

## **8. FUENTES Y TECNICAS DE RECOLECCION DE INFORMACION.**

Fuentes primarias. Esta investigación está basada en el conocimiento y experiencia de los estudiantes de ingeniería.

Catálogos y asesorías de los proveedores de los equipos.

Fuentes secundarias. Se utiliza como método de recolección de información, Internet, libros, manuales y fichas técnicas, docentes.

## **9. RESULTADOS DEL PROYECTO**

En estos 55 años del transcurrir educativo de la institución y cumplirse con diferentes procesos de transformación, se ha vivido el deterioro y el agotamiento institucional de su tecnología interna, en cuanto al aprendizaje de los diferentes procesos que se cursan no se han podido elaborar a cabalidad prácticas en los diferentes talleres y ejecutarlos a través de los laboratorios de la institución, pues estos presentan deficiencias locativas e inconvenientes especializados.

Como un aporte de nuestro aprendizaje e investigación, tomaremos parte activa en la solución parcial y con oportunidad sobre el diseño e implementación de este laboratorio de automatización como iniciativa estudiantil a un mejoramiento a esta necesidad tan marcada en este tipo de instituciones.

En la actualidad las instalaciones del laboratorio de automatización de la institución universitaria, presentan deficiencias e inconvenientes para poder alcanzar objetivos comunes, por medio de este proyecto es posible solucionar en parte dichas dificultades en beneficio de toda la familia Pascualina. Este proyecto contemplará módulos que permitirán replicar procesos industriales y serán entregados en donativo a la institución universitaria, ya que en la actualidad no es posible realizar prácticas conformes para las asignaturas correspondientes a este tema, por falta de los elementos necesarios para las prácticas que requeriría un tecnólogo e ingeniero de áreas afines en formación.

Los módulos de este proyecto serán destinados a la formación de los estudiantes y a desarrollar proyectos de investigación concernientes al sector industrial; con

respecto a la formación, se realizan con el propósito de incluirlos como herramientas de aprendizaje en los procesos de automatización más comunes que se encuentran en la industria.

Dicha formación se respaldará con varias prácticas que se desarrollarán en el laboratorio de automatización como tal, se dejarán plasmadas en este trabajo seis (6) prácticas desarrolladas en su totalidad y otras seis (6) prácticas que se encuentran configuradas en los módulos de nivel, presión y temperatura que estarán ubicados en el laboratorio, quedando disponibles los PLC para que los estudiantes puedan investigar, proponer y ejecutar diferentes prácticas para su logro y aprendizaje.

Por otro lado, se busca retribuir en gran parte a la institución el desarrollo personal y profesional que hemos adquirido como tecnólogos y ahora en el ciclo de profesionalización.

Figura 63. Registro Fotográfico



Fuente Laboratorio de Automatización Instituto Tecnológico Pascual Bravo



Fuente Laboratorio de Automatización Instituto Tecnológico Pascual Bravo



Fuente Laboratorio de Automatización Instituto Tecnológico Pascual Bravo

## 9.1 ENUNCIADO DE PRÁCTICA No. 1 TEMPERATURA

### 9.1.1 Sistema de Lubricación en Generadores.

**Eléctricos de Turbina.** La función del sistema de lubricación es suministrar aceite limpio a una temperatura y presión requerida a la turbina de combustión, al generador eléctrico y al paquete de arranque de la máquina.

**Datos básicos.** El sistema está diseñado para suministrar aceite forzado a una temperatura entre 26°C y 60°C. En el momento en que se presente bajas o altas temperaturas el sistema dará alarma y podrá disparar la turbina.

El sistema está compuesto por tres motos-bomba de AC, dos filtros, dos extractores de vapor y un tanque para el depósito del aceite. La unidad de enfriamiento de aceite, está ubicado en la parte superior del sistema de bombeo; éste último, hace la succión del aceite y es enviado a las diferentes partes de la turbina del equipo electrógeno.

**Calentador de aceite.** Dentro del tanque de aceite se encuentra localizado un calentador que mantiene la temperatura entre 26°C y 32°C. Lo mínimo llega la temperatura es a 21°C.

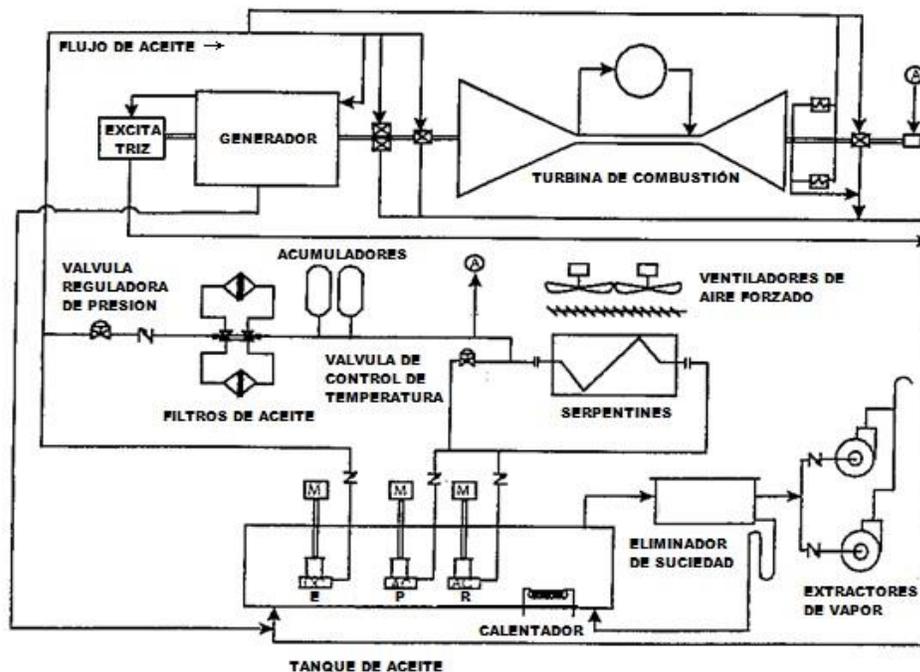
**Enfriadores de aceite.** El sistema de enfriamiento de aceite está compuesto un grupo de serpentines, dos ventiladores, y una válvula de control de temperatura montados sobre el sistema de bombeo.

**Funcionamiento.** El sistema de bombeo posee tres bombas: Principal, Respaldo y Emergencia. Se suministra presión de aceite para que llegue a la turbina con una temperatura inicial de 21°C. Cuando la turbina está en funcionamiento la

temperatura en el cabezal de los cojinetes llega a los 60°C. A medida que se incrementa la temperatura, la válvula de control, abierta al 100%, comienza a cerrarse proporcionalmente obligando al aceite a pasar por los serpentines. Cuando la temperatura alcanza los 52°C, la acción de control, pone en servicio el primer ventilador y la válvula de control se cierra al 55%. Al subir la temperatura a 55°C, pone en servicio el segundo ventilador y la válvula de control se cierra totalmente haciendo que el aceite pase por los serpentines para ser refrigerado por aire forzado. Cuando la temperatura comienza a normalizarse, sale de servicio el segundo ventilador, luego el primero y por último la válvula de control de temperatura abre proporcionalmente.

Si la temperatura en la turbina llega a subir a 63°C, activa una alarma y si llega a 68°C apaga la turbina.

Figura 64 Sistema de lubricación.

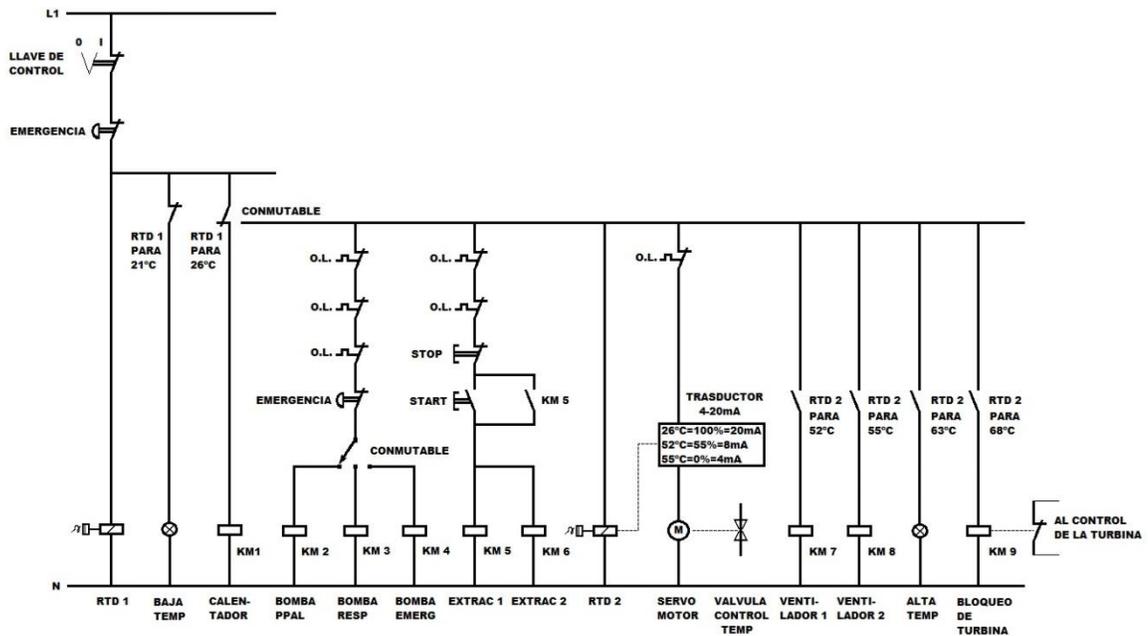


Fuente [http://www.google.com.co/imgres+lubricacion+de+un+generador /teoria/generadores-teoria/mantenimiento-de-plantas-electricas.html](http://www.google.com.co/imgres+lubricacion+de+un+generador+teoria/generadores-teoria/mantenimiento-de-plantas-electricas.html)

### 9.1.2 Acción de Control.

1. Se utilizan dos RTDs; **RTD1**: Censa temperatura en el tanque de aceite.  
**RTD2**: Censa temperatura en la turbina.
2. Para **RTD1**: El sistema inicialmente está por debajo de 21°C.
  - Activa alarma de baja temperatura.
  - Energiza el calentador de aceite para llevarlo hasta los 26°C.
  - A los 21°C: Desaparece la señal de alarma.
  - A los 26°C: Apaga el calentador, dispone el sistema para permitir el arranque de la bomba principal, los dos extractores de vapor y abre la válvula de control de temperatura al 100%.
3. Para **RTD2**: El sistema censa el aumento de temperatura del aceite en los cojinetes de la turbina.
  - Desde los 26°C hasta los 52°C, se controla el cierre de la válvula de control de temperatura, del 100% hasta el 55% por medio de una señal 4- 20mA del transductor de temperatura.
  - A los 52°C: Apaga el calentador, energiza el primer ventilador y la válvula de control se cierra al 55%.
  - A los 55°C: Energiza el segundo ventilador y la válvula de control se cierra totalmente.
  - A los 63°C: Activa la alarma de alta temperatura.
  - A los 68°C: apaga la turbina y deja funcionando el sistema de enfriamiento al 100%.
  - Si la temperatura comienza a descender, llegando a los 52°C, se apaga el segundo ventilador y la válvula de control se abre al 55%.
  - Si sigue en descenso, a los 51°C, se controla la apertura de la válvula de control desde el 54% hasta el 100%, por medio de la señal 4- 20mA del transductor de temperatura.
  - A los 26°C: Indica señal de equipo disponible para operar.

Figura 65 Sistema de lubricación de turbinas, diagrama de control.



Fuente <http://www.google.com.co/imgres+sistema+de+lubricacion+de+turbinasEsquema-Dosificador-aceite.jpg.html>

## 9.2 ENUNCIADO DE PRÁCTICA No. 2 TEMPERATURA

### 9.2.1 Control de temperatura en transformadores de potencia.

**Datos básicos.** Un **transformador de potencia** es aquel que maneja grandes magnitudes de voltio amperios VA, los cuales se expresan en **KVA** [kilo voltio amperios] o en **MVA** [mega voltio amperios].

Usualmente se considera un transformador de potencia cuando su capacidad es de un valor a partir de: 500 KVA, 750 KVA, 1000 KVA, 1250 KVA o 1.25 MVA, hasta potencias del orden de 500 MVA monofásicos y de 650 MVA trifásicos, 900 MVA. Estos últimos operan en niveles de voltaje de 500 KV, 525 KV y superiores. Generalmente estos transformadores están instalados en **subestaciones para la distribución de la energía eléctrica**. Efectuando la tarea intermediadora entre las

grandes centrales de generación y los usuarios domiciliarios o industriales; que consiste en **reducir los altos niveles de voltaje** [con el cual es transmitida la energía] a magnitudes de voltaje inferiores, que permiten derivar circuitos a los usuarios en medias o bajas tensiones.

También se da una aplicación similar, en las grandes centrales de generación, donde los transformadores de potencia, elevan los niveles de voltaje de la energía generada a magnitudes de voltaje superiores, con el objetivo de **transportar la energía eléctrica en las líneas de transmisión.**

Figura 66. Transportar la energía eléctrica en líneas de transmisión.



Fuente <http://www.google.com.co/imgres-transformador+de+potencia.html>

Por la tarea que desempeñan estos elementos en los sistemas eléctricos de potencia y por las altas potencias manejadas se pueden generar altas temperaturas que deben ser monitoreadas y controladas, para ello, los transformadores están equipados con dispositivos sensores que determinan la temperatura en el aceite y en los devanados del transformador.

Resumiendo, un transformador de potencia puede tener diferentes tipos de refrigeración y debe establecerse un control automático que lo proteja contra esa variable.

El transformador de la figura anterior tiene una refrigeración **ONAN**, que significa **aceite natural aire natural**. Por la variación de temperatura interna al aumentar la temperatura del aceite, este cambia su densidad siendo el aceite caliente más liviano que el aceite frío y por eso, dentro del transformador, el aceite más caliente está en la parte superior y el más frío en el fondo.

El aceite caliente entra a los radiadores, siendo expuesto al aire en forma natural donde se enfría y baja por entre los paneles de los radiadores hasta el fondo del radiador entrando al interior del transformador por su boca inferior, al entrar fresco, se empieza a calentar nuevamente ascendiendo y arrastrando calor de las bobinas nuevamente a la parte superior y repitiendo el ciclo en forma indefinida, generando una circulación natural del aceite a través de los radiadores y así **se disipa temperatura y se controla**.

En otros transformadores que tienen condiciones más forzadas de trabajo normalmente tienen una **combinación de la refrigeración entre ONAN y ONAF**, la segunda quiere decir **aceite natural aire forzado** con grupos de ventiladores como lo muestra la siguiente figura.

Figura 67. Ventiladores



Fuente <http://www.hellopro.es/INCOESA-11132-noprofil-1001040-18488-0-1-1-fr-societe.html>

En este tipo de transformadores, la refrigeración se comporta como ONAN hasta los **65°C** y de ahí en adelante se comporta como ONAF siguiendo la siguiente secuencia.

### 9.2.2 Acción de Control.

- A los **60°C** debe establecerse un control para paro de ventiladores.
- A los **65°C** debe establecerse un arranque de un primer grupo de ventiladores
- Si ese primer grupo de ventiladores logran controlar la temperatura, esta se estabiliza, el transformador refrigera y la temperatura puede volver a bajar parando al llegar a **60°C** pero si no es suficiente entonces la temperatura continúa su acenso y a los **80°C** arranca un segundo grupo de ventiladores.
- Del mismo modo si esto es suficiente para controlar la temperatura, esta inicia su descenso y pararan ambos grupos cuando se alcancen los **60°C**, pero si no es suficiente por las condiciones de trabajo, la temperatura continúa subiendo y al alcanzar los **95°C** saca una **alarma** indicando que dicha variable está tomando **valores críticos**, anunciando al operador tal condición. En este caso se deben tomar acciones de racionamiento de energía o similar.
- Si dicha acción no se toma, la temperatura continuará subiendo y al llegar a los **105°C**, el **transformador se saldrá de servicio y desconectará toda la carga y las fuentes para protegerse**, ya que está cerca de alcanzar el **punto de inflamación del aceite** y posiblemente **pueda incendiarse**.

El control tiene la **posibilidad de arrancar manualmente** cualquier grupo de ventiladores en cualquier momento sin importar la temperatura que posea y de pararlos.

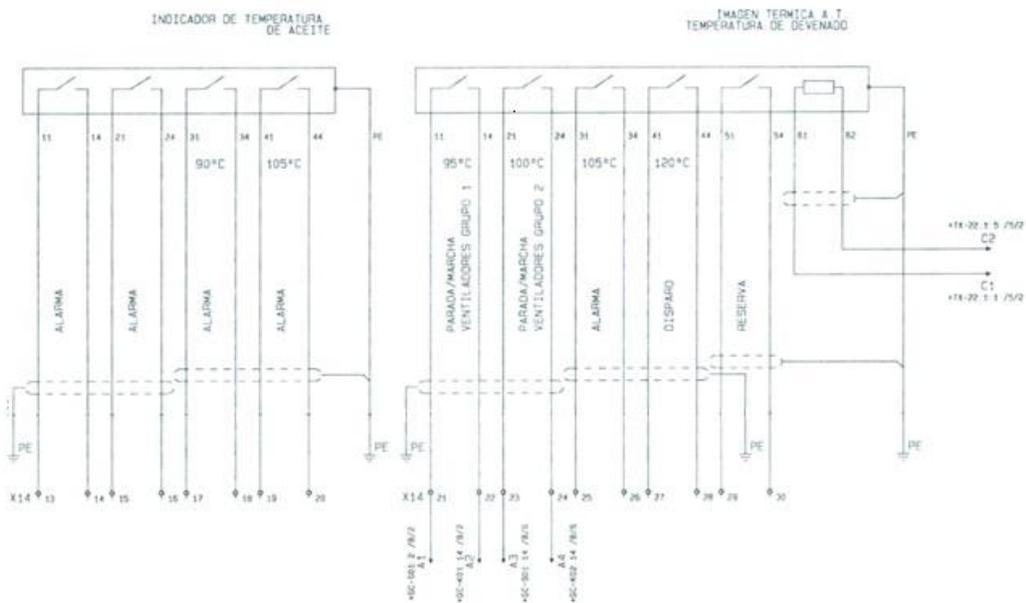
Los siguientes controladores de temperatura, establecen el **control automático de temperatura** tanto por aceite como por los devanados.

Figura 68. Controladores de temperatura.



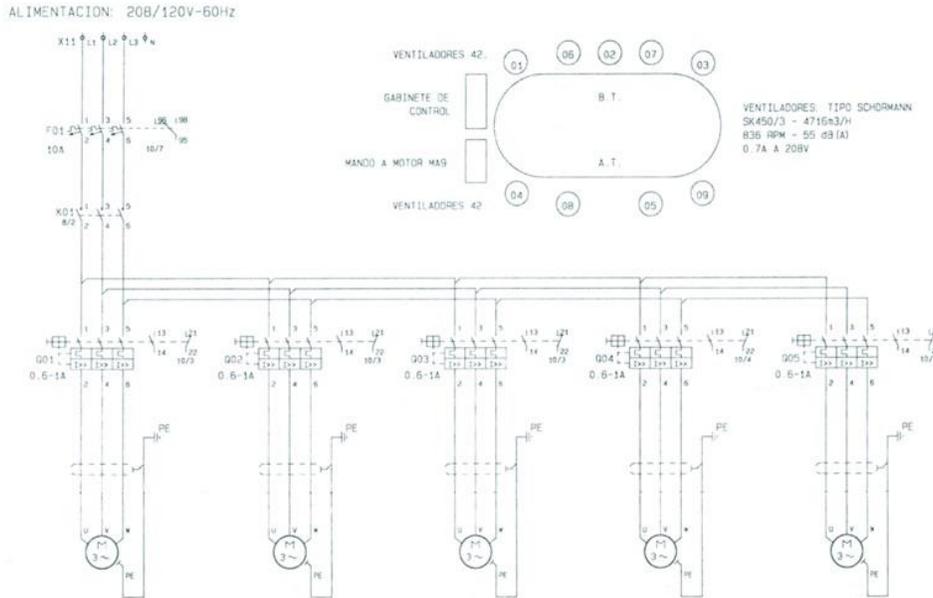
Fuente <http://www.google.com.co/imgres-controladores+de+temperatura+digitales.htm>

Figura 69. Diagrama de conexiones de los controladores de temperatura



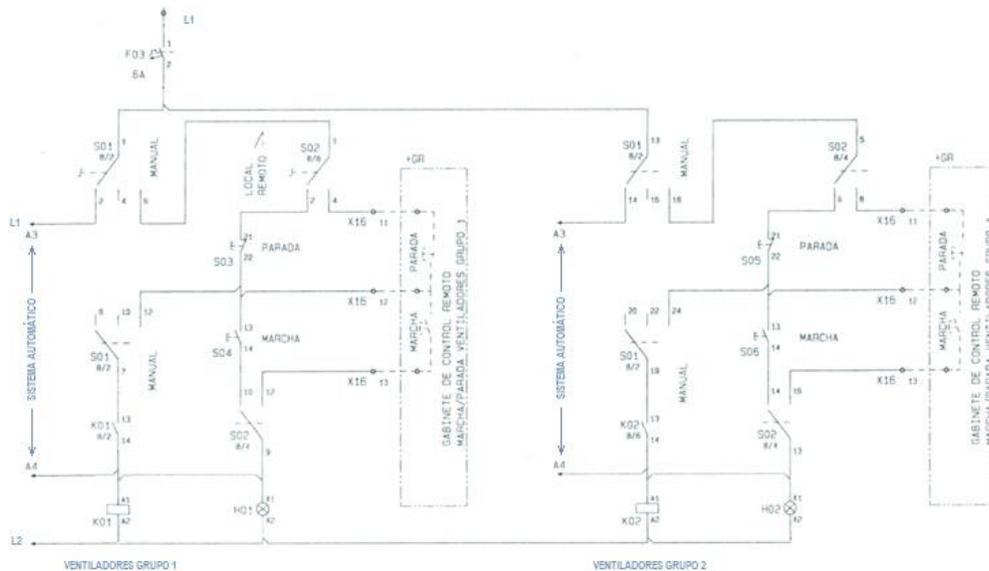
Fuente <http://www.google.com.co/imgres-diagrama+de+conexiones+controladores+de+temperatura.htm>

Figura 70. Circuito de potencia de los grupos de ventiladores 1 y 2 Distribución en el Transformador.



Fuente <http://www.google.com.co/imgres-Diagrama+de+conexiones+de+controladores+de+temperatura.html>

Figura 71 .Control manual y automático para los grupos de ventiladores

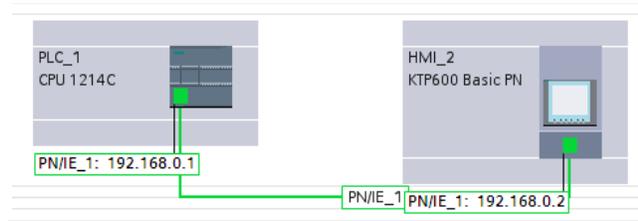


Fuente <http://www.google.com.co/imgres-Diagrama+de+conexiones+de+controladores+de+temperatura.html>

## 9.3 PASOS DE PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2 TEMPERATURA

### 9.3.1 Sistema de Lubricación en Generadores Eléctricos de Turbina.

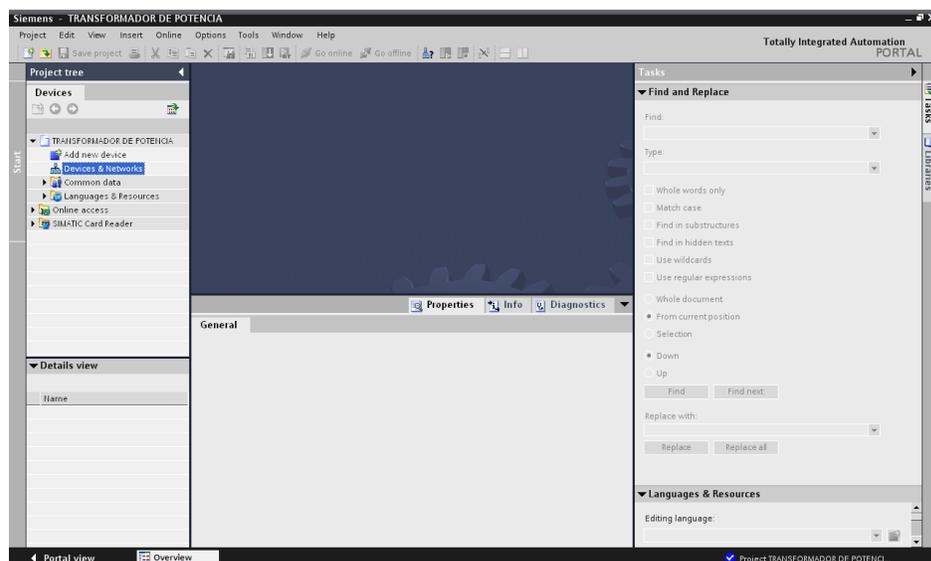
#### “Configuración y Desarrollo de la Aplicación”



**Introducción.** En este documento se describe el procedimiento a seguir para desarrollar una aplicación para el control de la Temperatura en un sistema de lubricación de un generador eléctrico de turbina. El control se realizó con una CPU 1214C del PLC Simatic S7-1200 teniendo como interfaz HMI una pantalla KTP600.

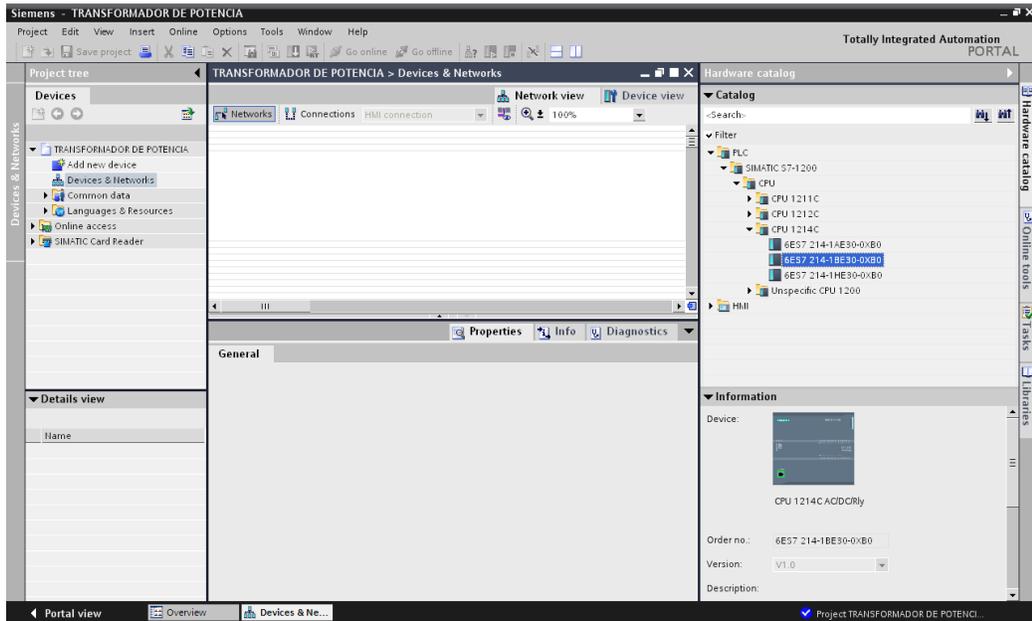
#### 1. Crear un Proyecto Nuevo:

Ejecute la aplicación TIA PORTAL V11 y cree un proyecto nuevo. Una vez creado el proyecto ingrese a este y siga el acceso “Dispositivos y Redes”.

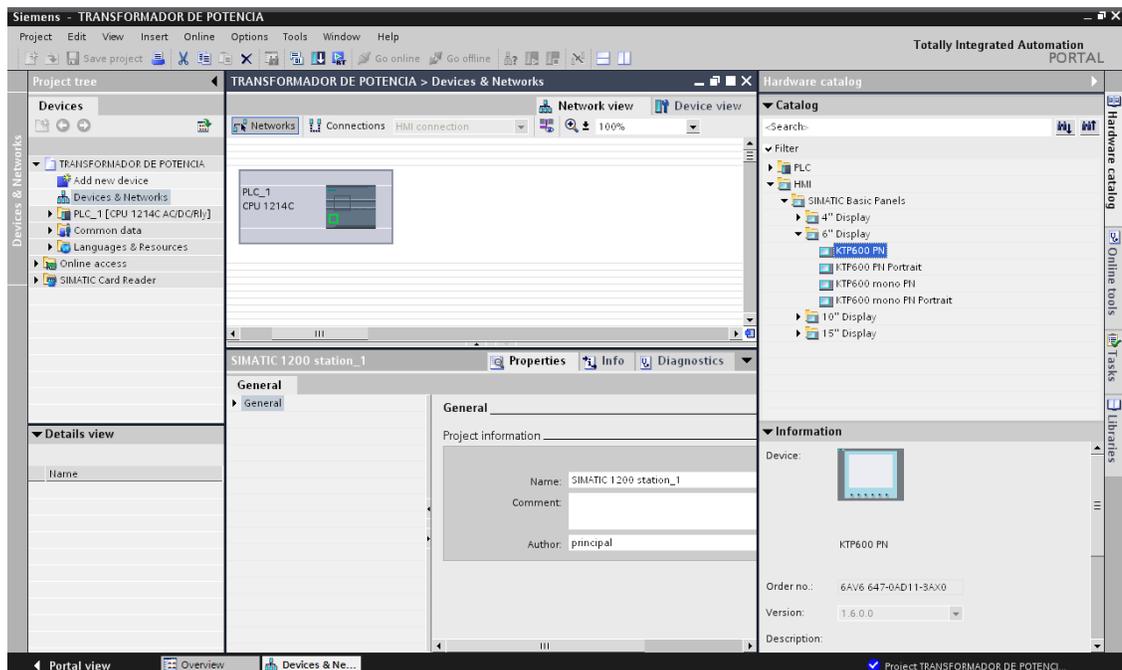


## 2. Configuración de Hardware:

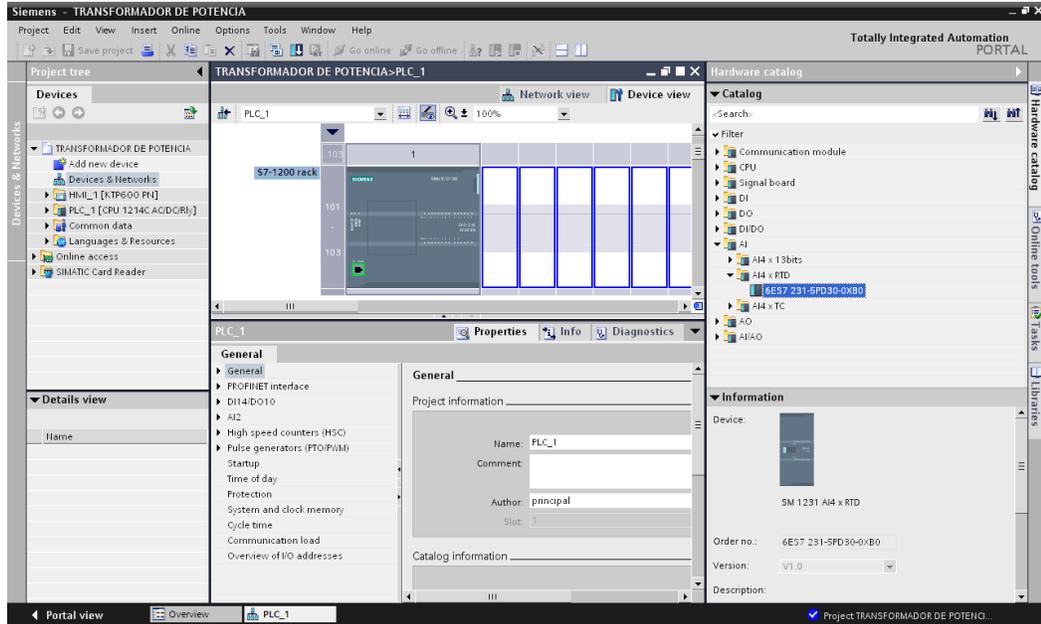
En “Dispositivos y Redes” se adjuntan los equipos requeridos por la Aplicación. El hardware disponible se encuentra en el árbol del Catalogo. Seleccione entonces la CPU, que para el caso es una 1214C AC,DC,RLY.



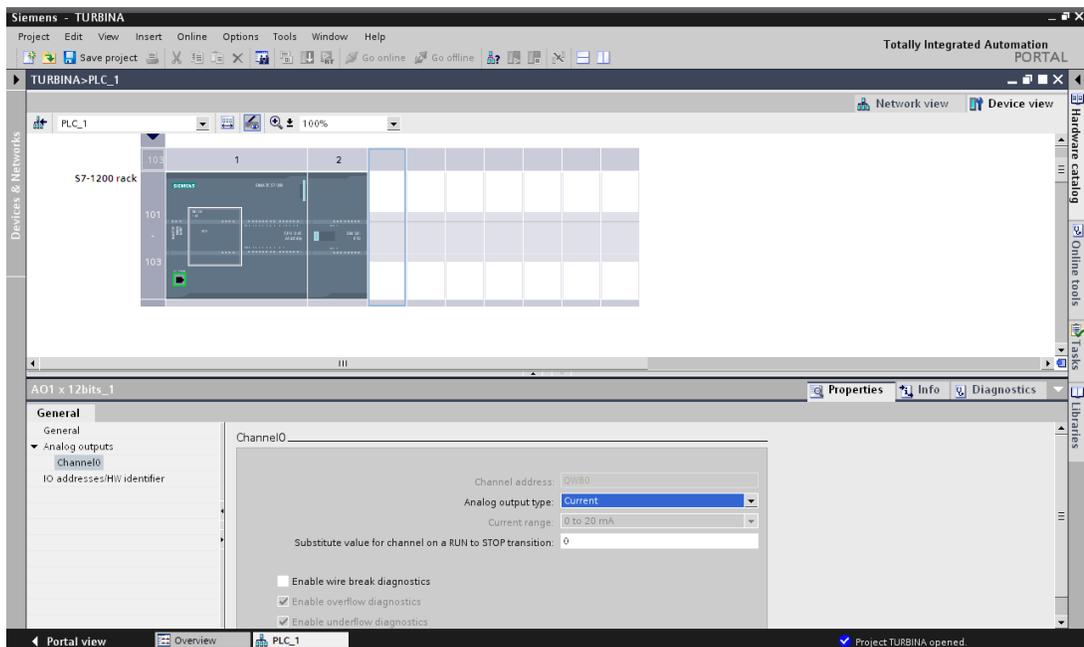
Seleccionado el PLC, proceda con la selección de la HMI, para el caso es la KTP600 PN de la familia SIMATIC HMI Basic Panels.



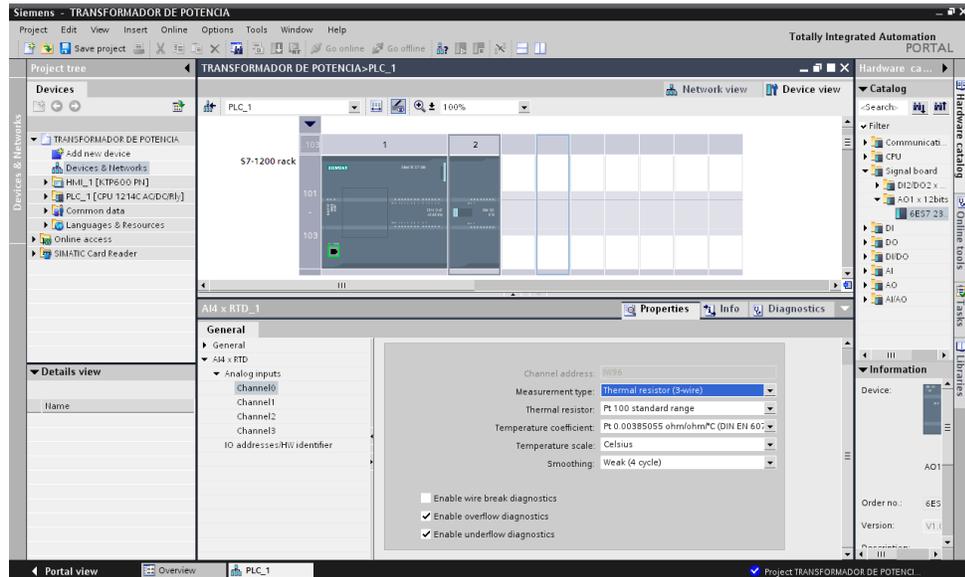
Teniendo configurados los equipos principales de la aplicación, procedemos con la configuración de los módulos del PLC. Empezando por el modulo de entradas análogas para RTD.



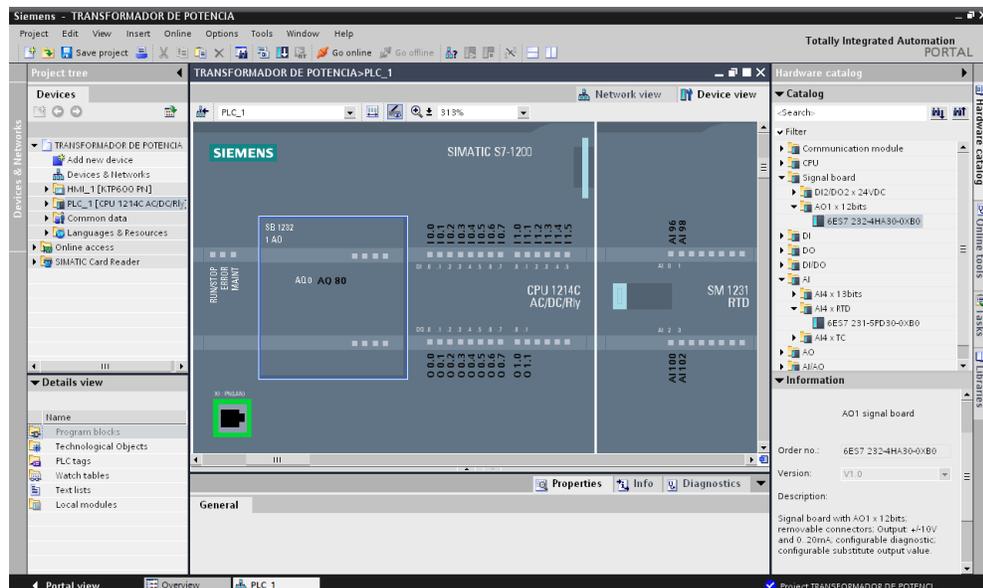
Se sigue con la selección del modulo de salida análoga “Signal Board”. Para este modulo se configura la salida análoga para que opere por corriente. Nótese que solo opera en el rango 0 a 20 mA.



Habiendo configurado los módulos de entradas y salidas, se procede con la configuración de los canales analógicos del modulo para RTD de acuerdo a las características del sensor utilizado, que para el caso es una PT100 con coeficiente 0.00385.

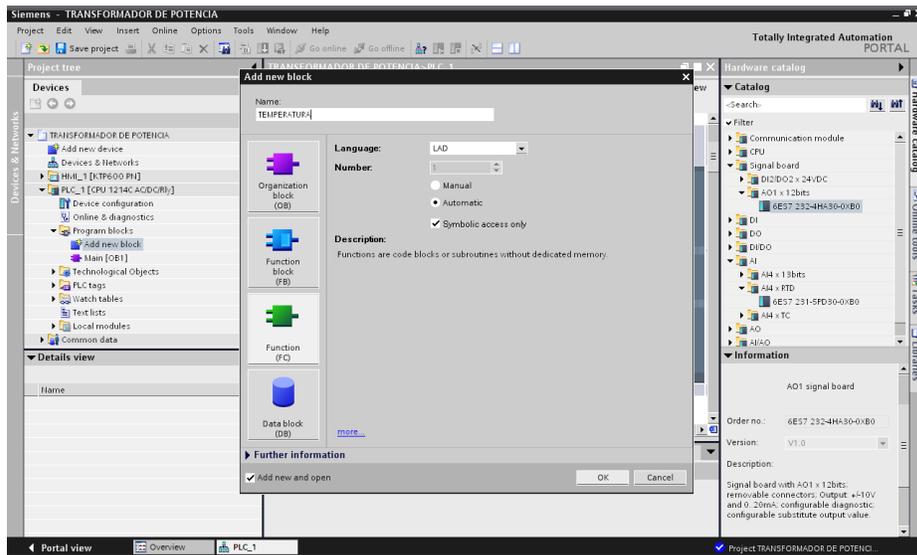


Ahora se tiene configurado todo el hardware requerido por la aplicación. El siguiente paso consiste en observar las direcciones asignadas en el mapa de memoria para las entradas y salidas configuradas. Para esto realice un zoom a la pantalla de configuración del hardware del PLC.

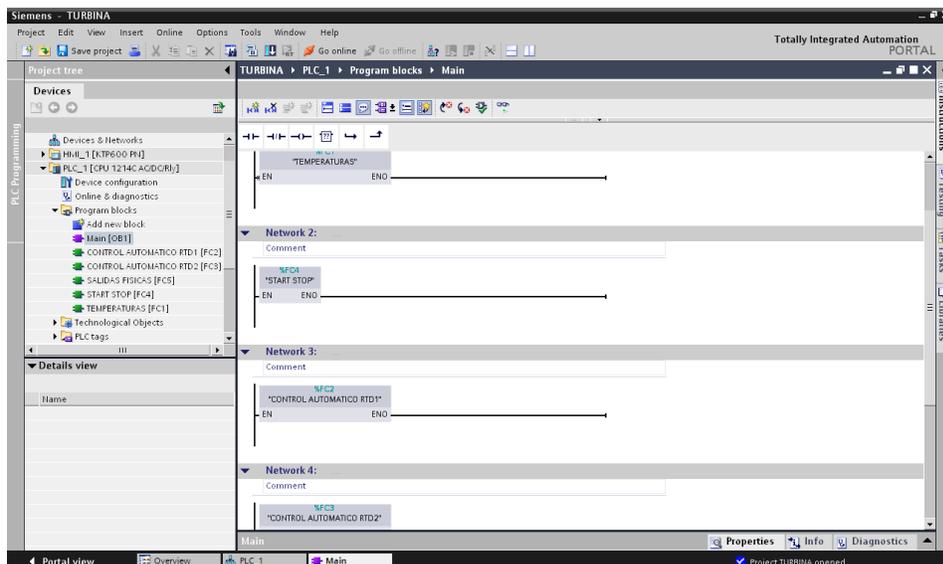


### 3. Programación de la Lógica de Control

Es recomendado programar de forma ordenada, por lo que se comienza con la creación de una función FC llamada TEMPERATURA utilizada para la escalización de la señal recibida por el canal analógico de la RTD. De igual forma se crean las FC: CONTROL AUTOMATICO RTD1, CONTROL AUTOMATICO RTD2, SALIDAS FISICAS y START STOP, cada uno de estos FC contendrá lógica requerida para el control. Dicha lógica hace alusión al nombre asignado.

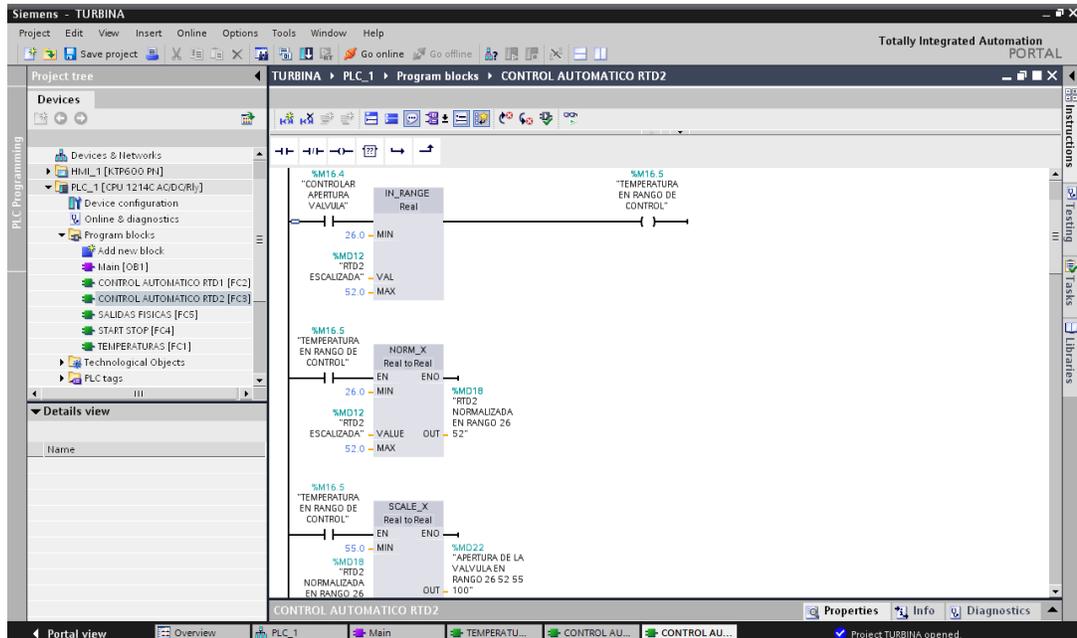


Cada FC creada debe ser arrastrada al OB1 que es el bloque principal del programa, para que de esta forma sean llamadas y ejecutadas por la CPU.

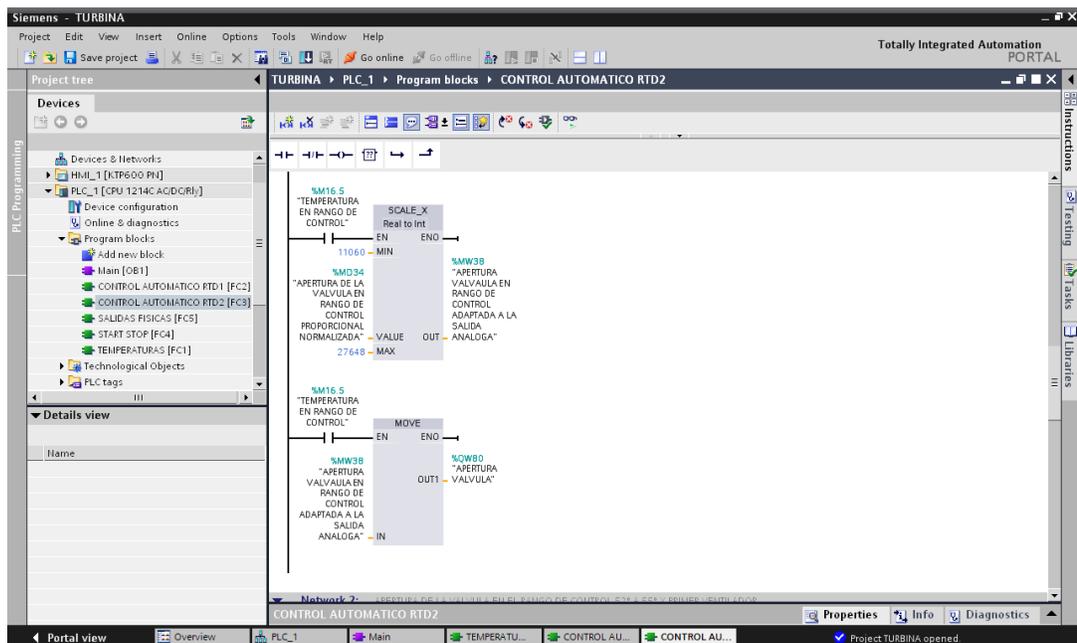




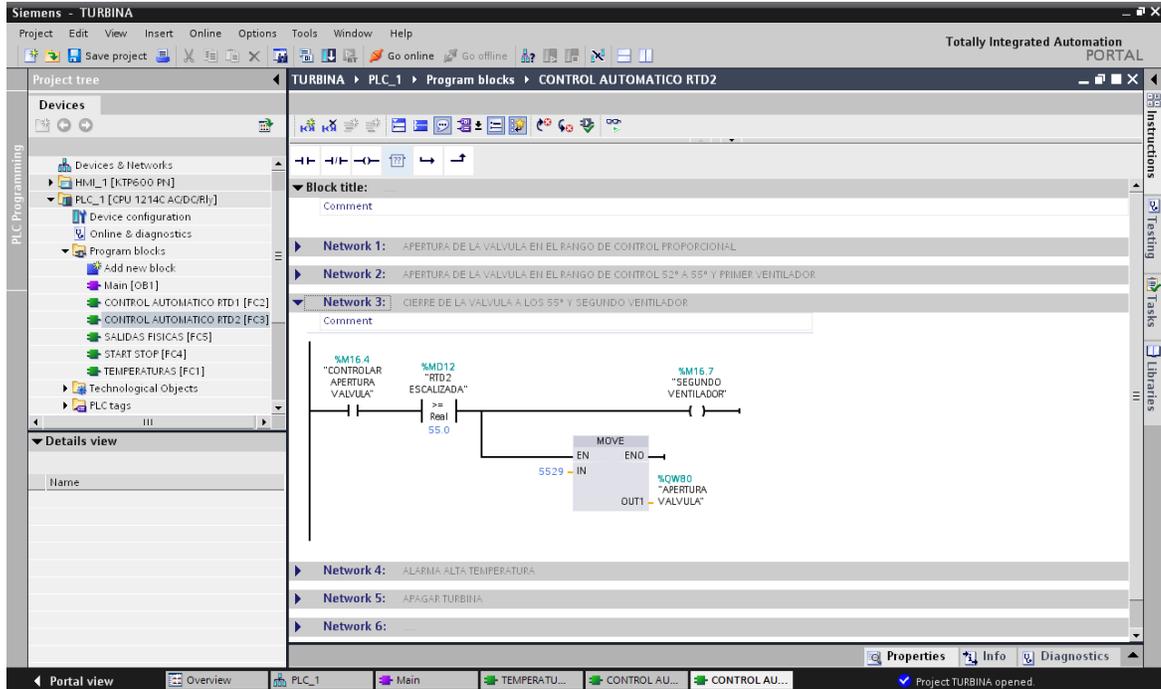
Para el caso de la FC “CONTROL AUTOMATICO RTD2” se muestra parte de la programación realizada donde se realizan comparaciones para definir los rangos en los que se encuentra la temperatura y tomar así acciones de control.



Esta FC contiene la escalización de la salida analógica ya que la apertura de la válvula es proporcional en el rango de temperatura de 26 a 52 °C.



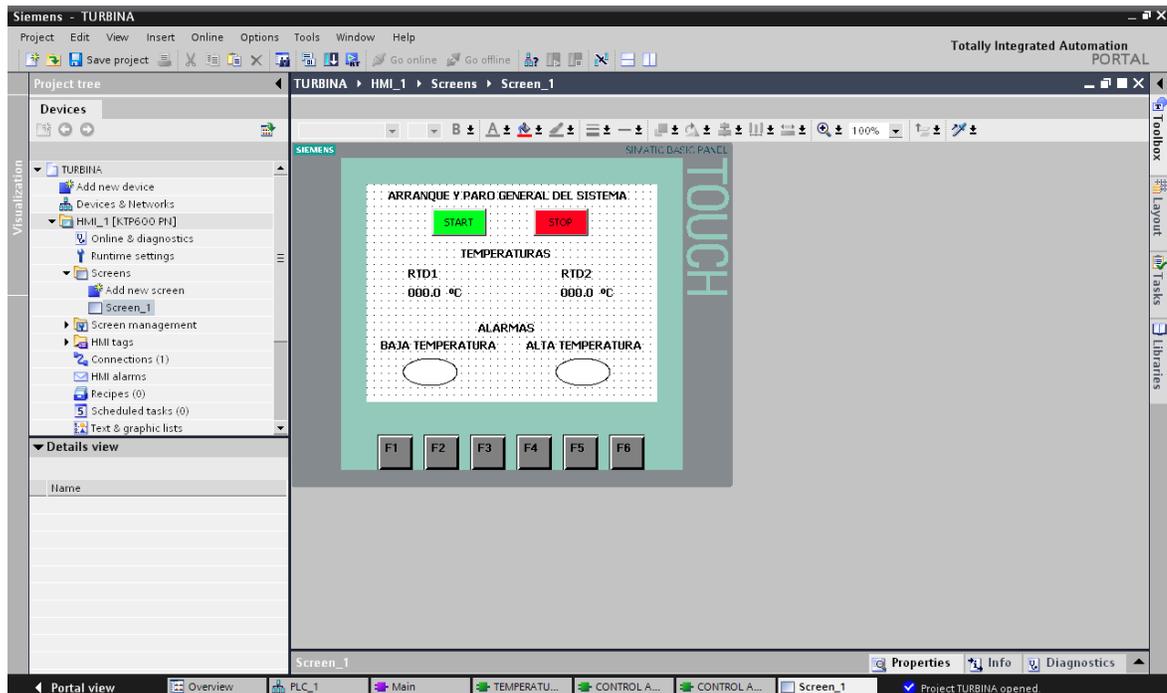
Aquí se observa la escalización del valor a escribir en la salida analógica. Nótese que el rango de escalización está entre 11060 y 27648 que equivalen a 8mA y 20mA respectivamente.



Aquí se escribe el valor de 5529 en la salida análoga el cual equivale a 4mA con lo que se obtiene el cierre total de la válvula para temperaturas mayores a 55°C.

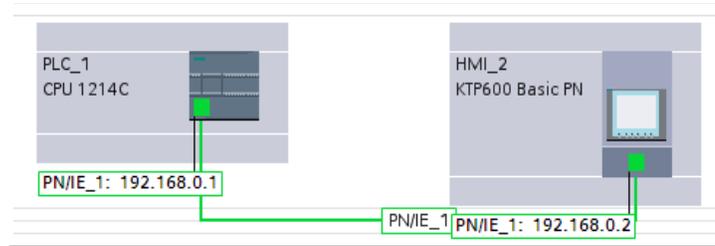
#### 4. Aplicación de la HMI:

Finalmente se realiza el desarrollo de un pantallazo en la HMI. El cual permitirá interactuar con el programa. Se crean botones de Start y Stop del sistema completo de la Turbina, visualización del valor de temperatura censado por ambas RTDs y avisos para valores críticos alcanzados por la temperatura. Para las alarmas se configura una animación en objetos tipo “Elipse” de forma que se muestre en rojo parpadeante si la alarma esta activa.



## 9.4 PASOS DE PROGRAMACIÓN PRÁCTICA 2 TEMPERATURA

### 9.4.1 CONTROL DE TEMPERATURA EN TRANSFORMADORES DE POTENCIA “Configuración y Desarrollo de la Aplicación”

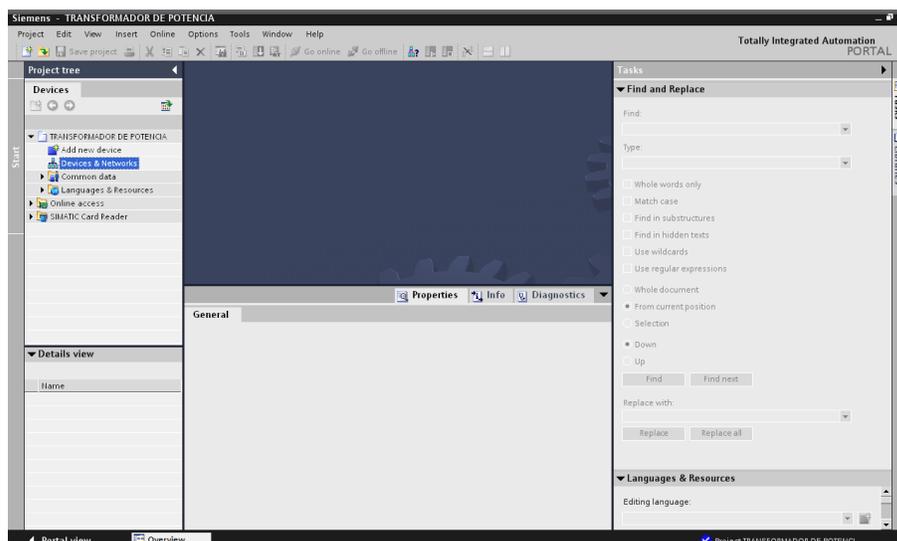


#### 1. Introducción:

En este documento se describe el procedimiento a seguir para desarrollar una aplicación para el control de la Temperatura de un Transformador de Potencia. El control se realizó con una CPU 1214C del PLC Simatic S7-1200 teniendo como interfaz HMI una pantalla KTP600.

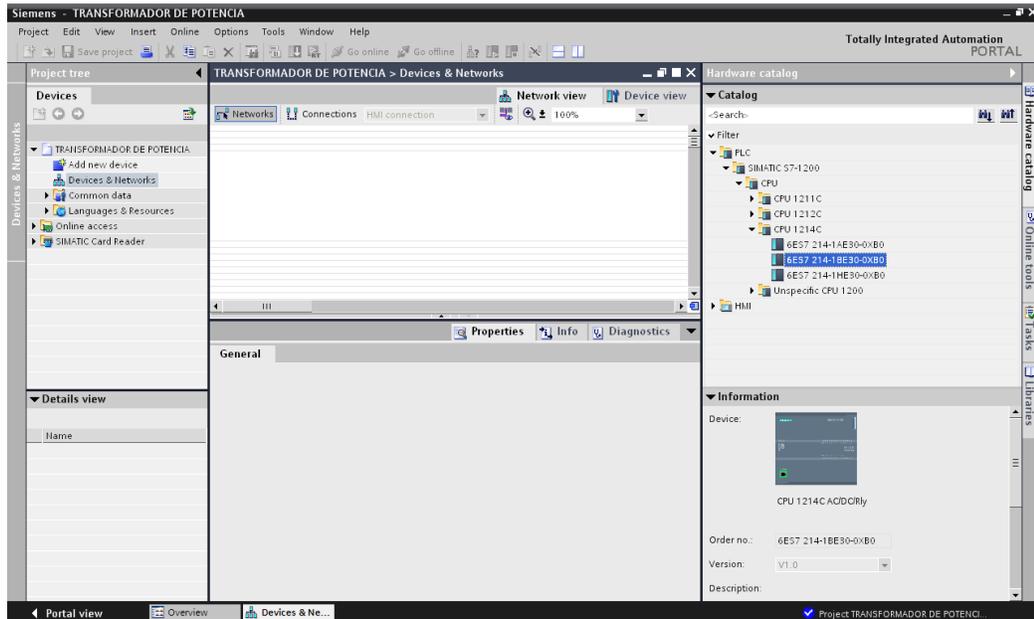
#### 2. Crear un Proyecto Nuevo:

Ejecute la aplicación TIA PORTAL V11 y cree un proyecto nuevo. Una vez creado el proyecto ingrese a este y siga el acceso “Dispositivos y Redes”.

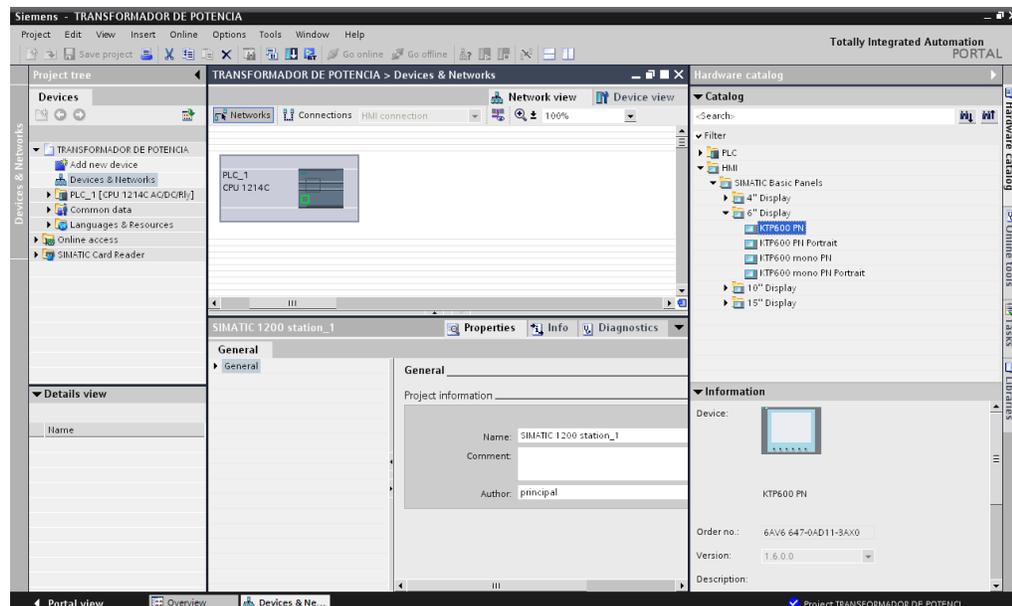


### 3. Configuración de Hardware:

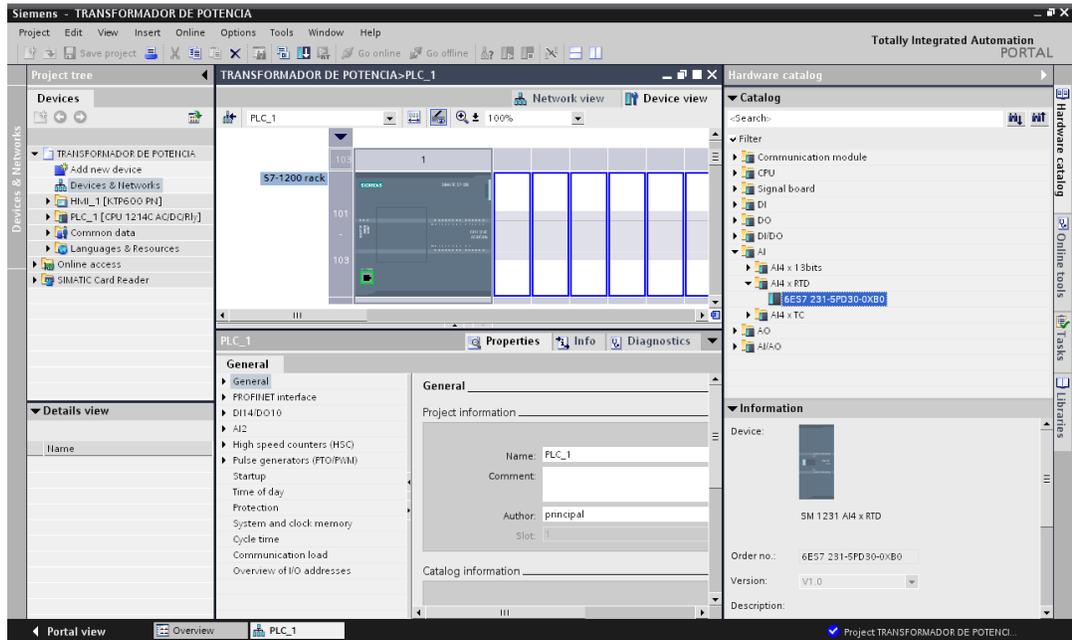
En “Dispositivos y Redes” se adjuntan los equipos requeridos por la Aplicación. El hardware disponible se encuentra en el árbol del Catalogo. Seleccione entonces la CPU, que para el caso es una 1214C AC,DC,RLY.



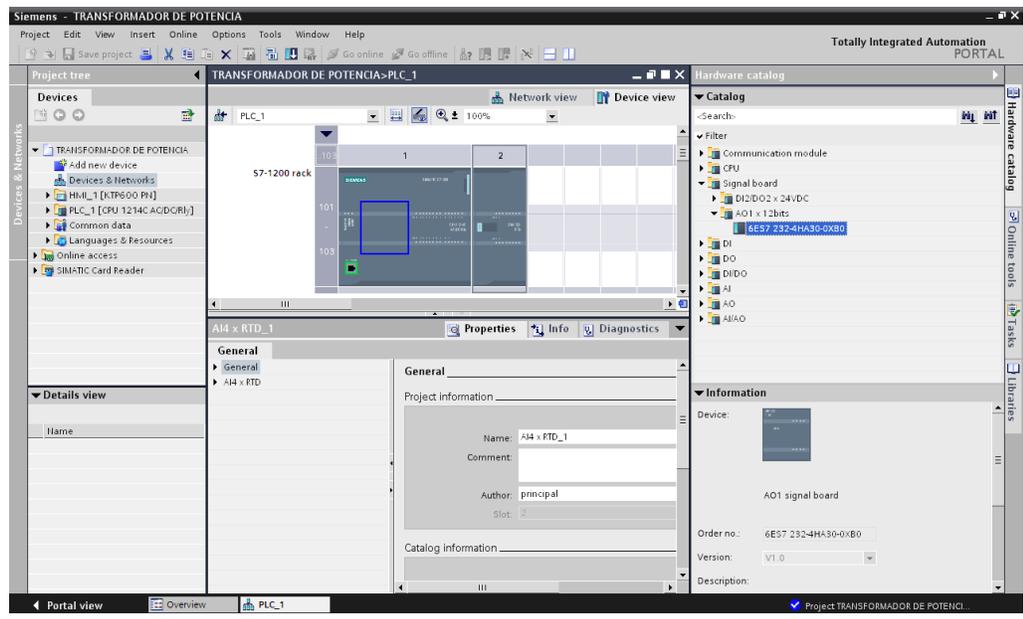
Seleccionado el PLC, proceda con la selección de la HMI, para el caso es la KTP600 PN de la familia SIMATIC HMI Basic Panels.



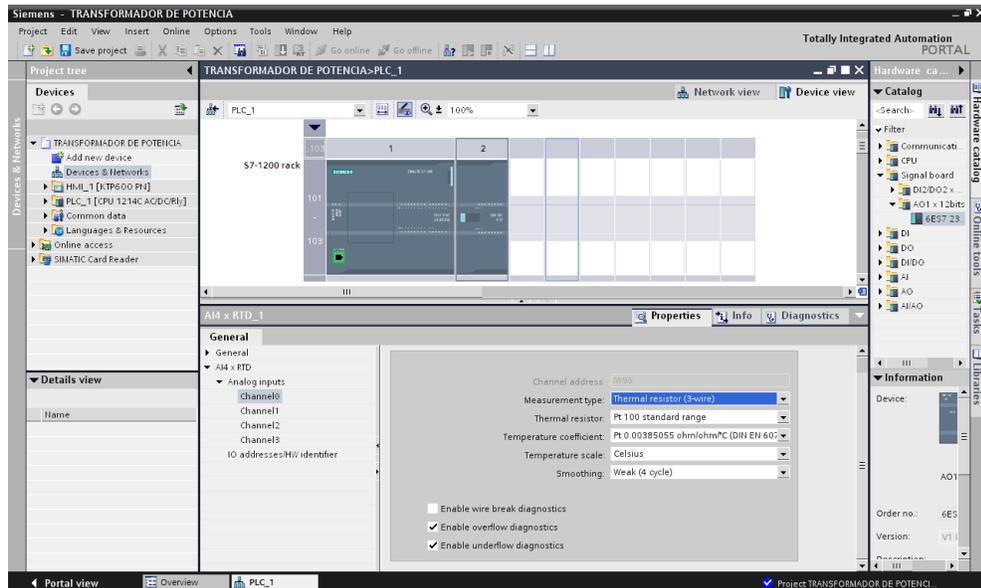
Teniendo configurados los equipos principales de la aplicación, procedemos con la configuración de los módulos del PLC. Empezando por el modulo de entradas análogas para RTD.



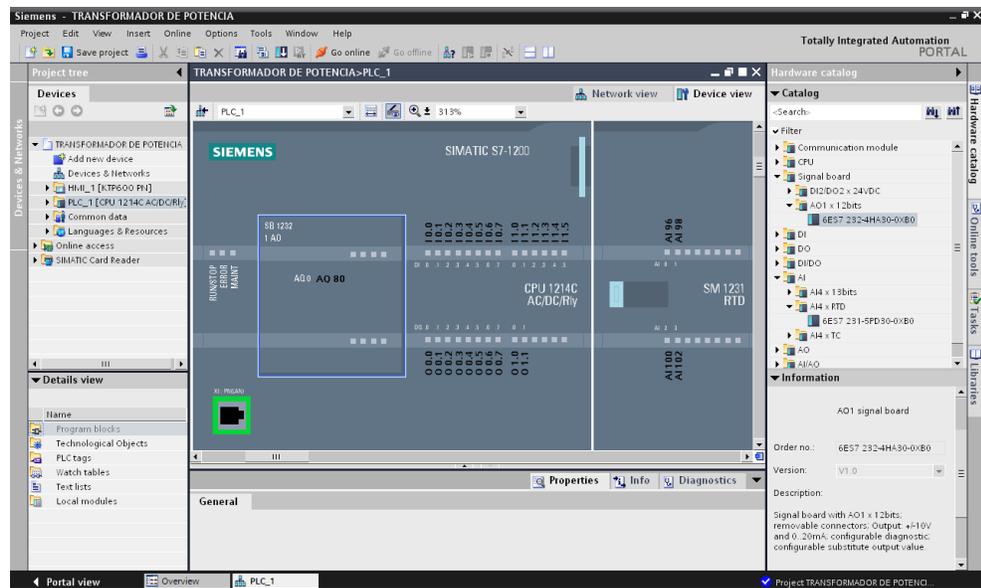
Se sigue con la selección del modulo de salida analoga "Signal Board".



Habiendo configurado los módulos de entradas y salidas, se procede con la configuración de los canales analógicos del módulo para RTD de acuerdo a las características del sensor utilizado, que para el caso es una PT100 con coeficiente 0.00385.

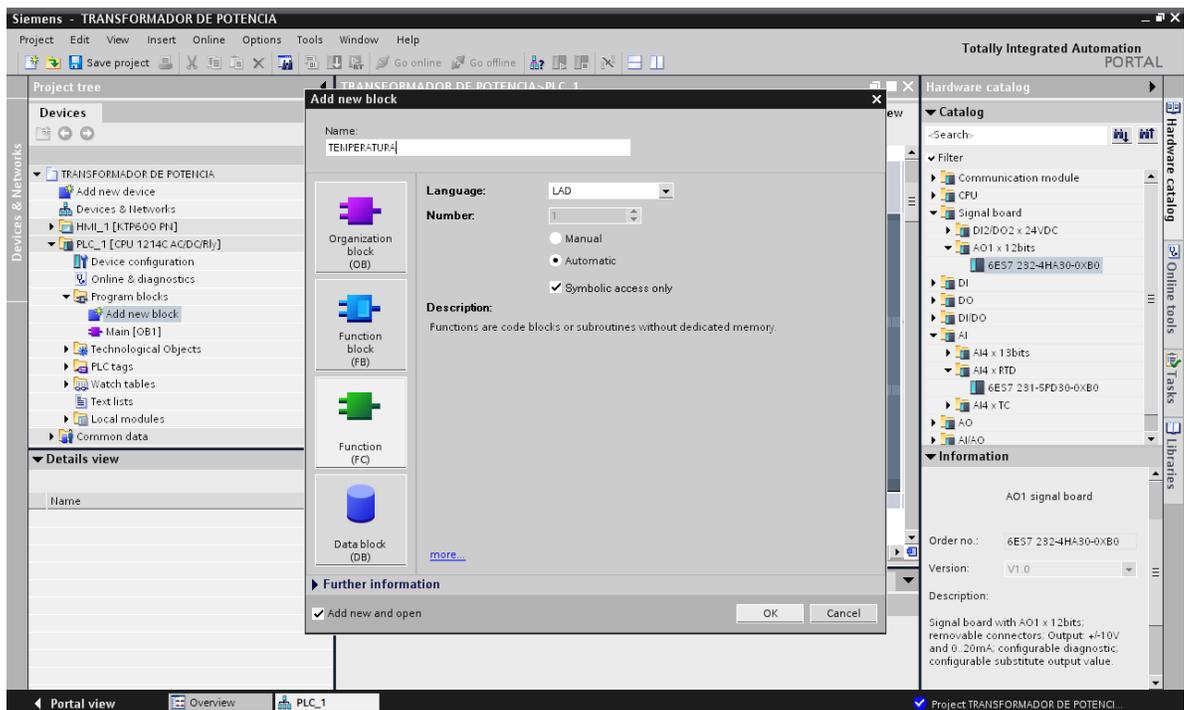


Ahora se tiene configurado todo el hardware requerido por la aplicación. El siguiente paso consiste en observar las direcciones asignadas en el mapa de memoria para las entradas y salidas configuradas. Para esto realice un zoom a la pantalla de configuración del hardware del PLC.

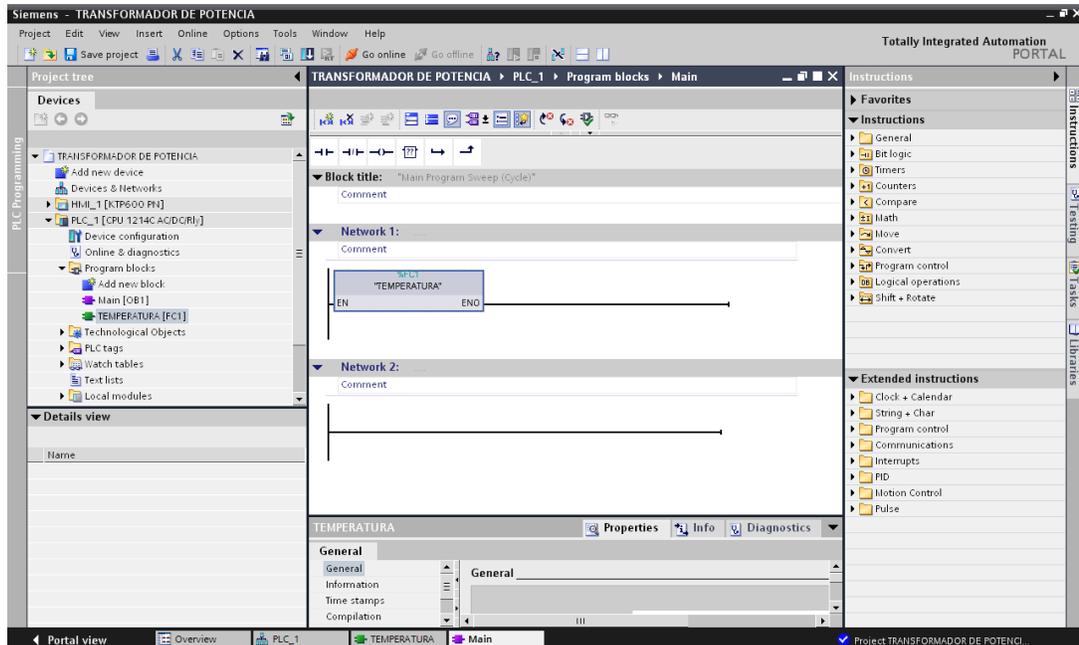


#### 4. Programación de la Lógica de Control

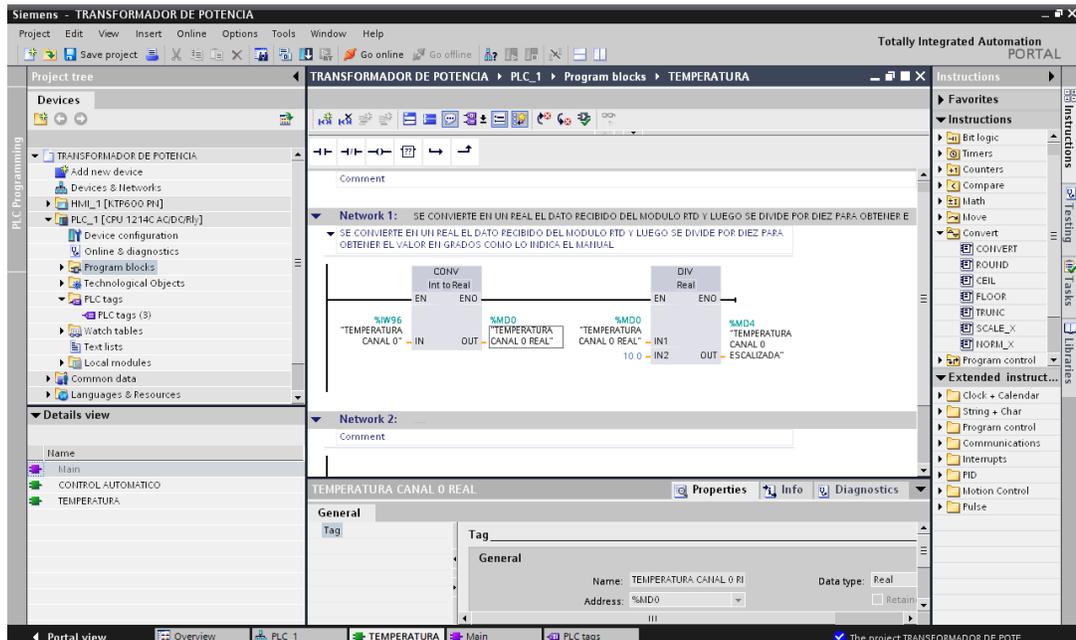
Es recomendado programar de forma ordenada, por lo que se comienza con la creación de una función FC llamada TEMPERATURA utilizada para la escalización de la señal recibida por el canal analógico de la RTD. De igual forma se crean las FC: ACCIONAMIENTOS MANUALES, AUTO MANUAL, CONTROL AUTOMATICO, SALIDAS FISICAS y START STOP, cada uno de estos FC contendrá lógica requerida para el control. Dicha lógica hace alusión al nombre asignado.



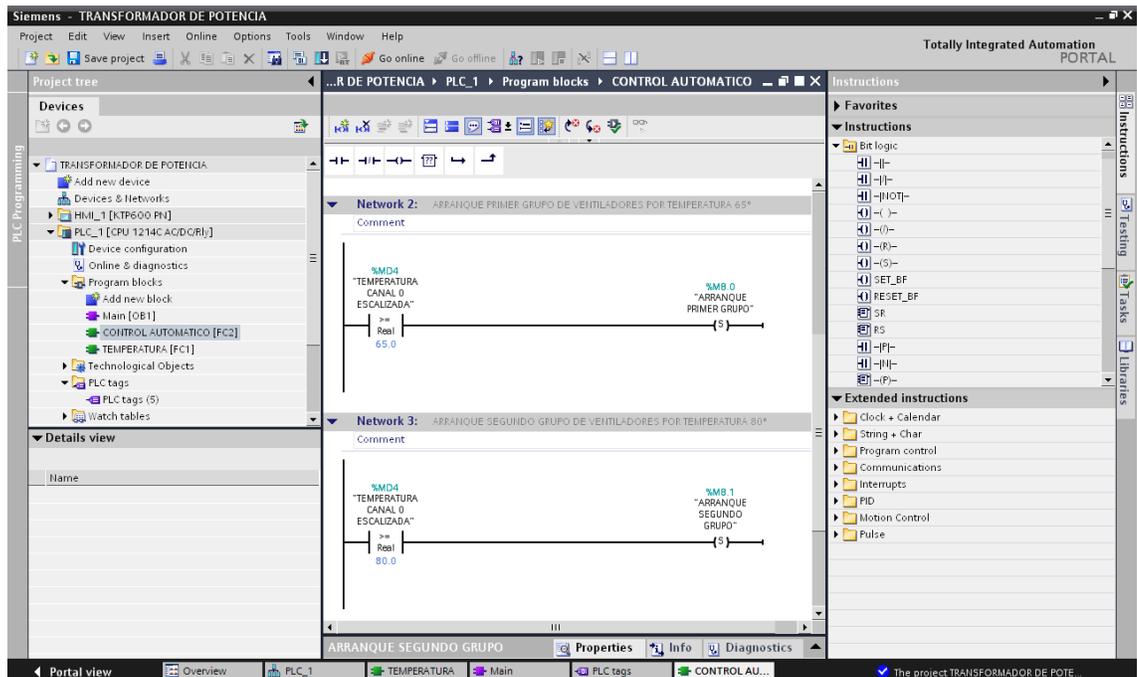
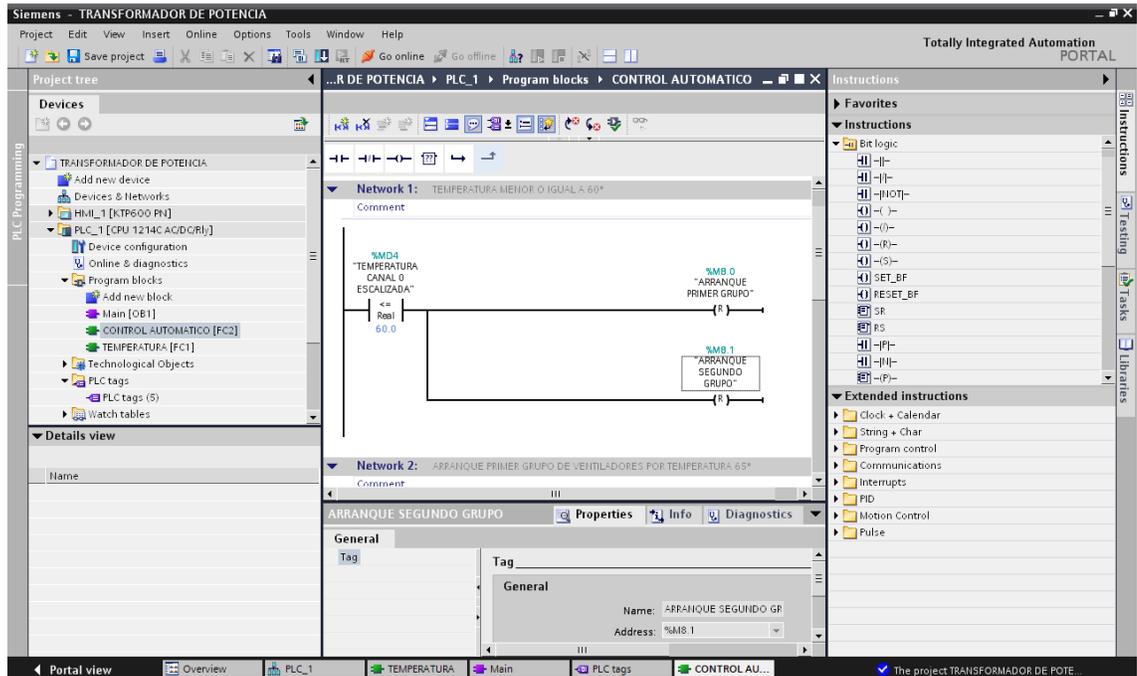
Cada FC creada debe ser arrastrada al OB1 que es el bloque principal del programa, para que de esta forma sean llamadas y ejecutadas por la CPU.



Para el caso de la FC “TEMPERATURA” se muestra parte de la programación, donde se observa la descripción de los renglones programados.

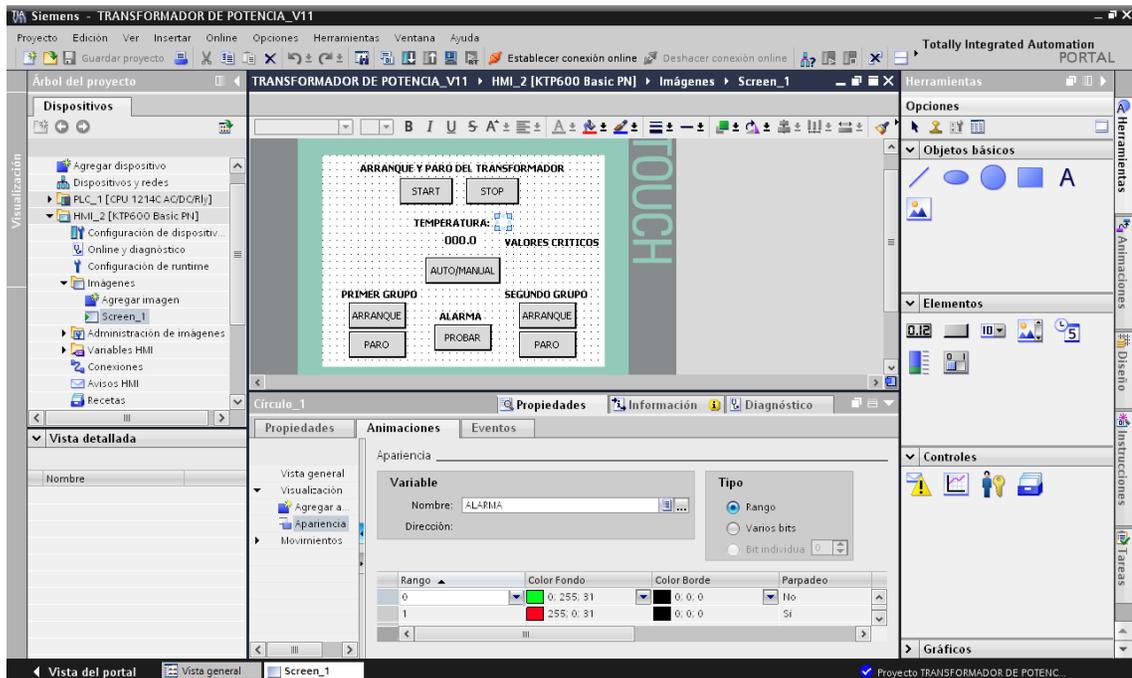


Para el caso de la FC "CONTROL AUTOMATICO" se muestra parte de la programación realizada donde se realizan comparaciones para definir los rangos en los que se encuentra la temperatura y tomar así acciones de control.



## 5. Aplicación de la HMI:

Finalmente se realiza el desarrollo de un pantallazo en la HMI. El cual permitirá interactuar con el programa. Se crean botones de Start y Stop del Transformador, arranque y paro de motores, prueba de alarma, cambio entre automático y manual, visualización del valor de temperatura y avisos para valores críticos alcanzados por la temperatura del Transformador. Se muestra por ejemplo, la animación aplicada a un elemento “Circulo” utilizado para mostrar con rojo parpadeante la situación de valores críticos en la Temperatura. Nótese que en la pestaña “Animaciones” se configuran los estados y colores que se desean en el objeto.



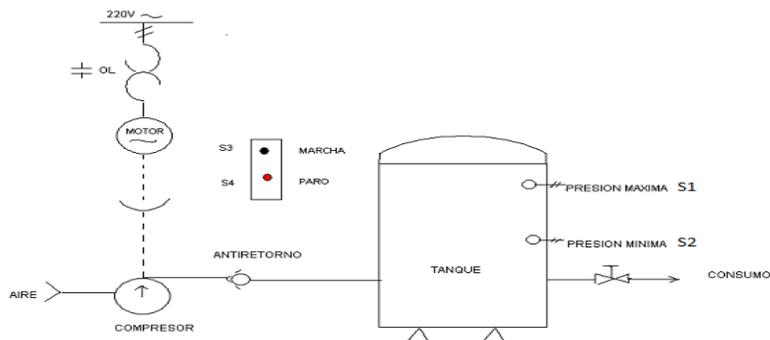
## 9.5 PRÁCTICA MODULO DE PRESIÓN Y PROGRAMACIÓN EN S7-1200

**Objetivo.** Se desea controlar el motor eléctrico de un compresor de aire.

### 9.5.1 Lógica de Control

- El motor arranca y para directamente desde una estación de pulsadores (S3 y S4) de marcha y paro.
- Al poner en funcionamiento el motor se inicia el llenado del tanque siempre y cuando la presión en el tanque este por debajo de la presión ajustada para S1 en el presóstato, introduciendo aire a presión por medio del compresor.
- Al operar un interruptor de presión máxima (Presóstato S1) el motor se detiene y suspende la compresión.
- Al bajar la presión interna en el tanque (consumo de aire) por debajo de un valor mínimo (opera el presóstato S2 ) el motor se pone en marcha y reinicia el llenado del tanque hasta alcanzar el valor de presión máxima en la que esta ajustado el presóstato S1, luego para el motor.

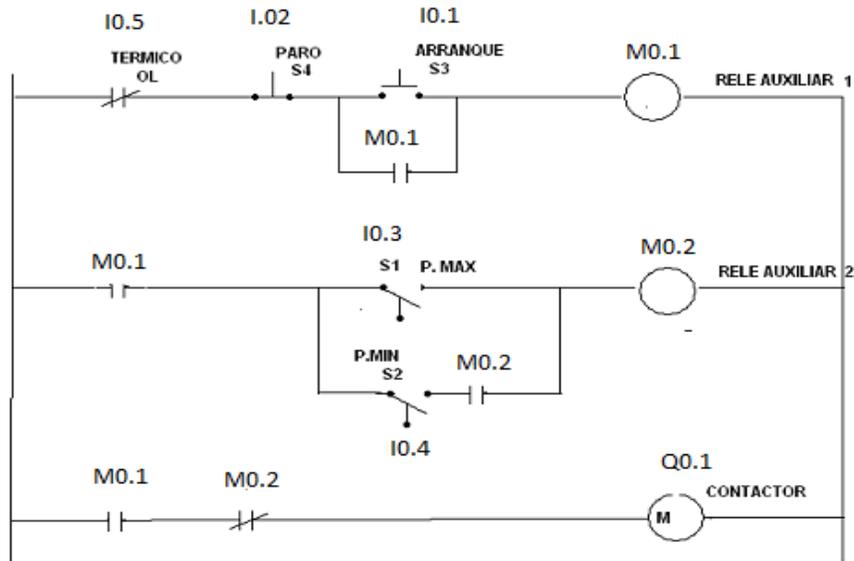
Figura 72 Dibujo Ilustrativo



Fuente Programa Software S7 1200 SIEMENS

## 9.5.2 Método de Convencional.

Figura 73. Diagrama de control



Fuente Programa Software S7 1200 SIEMENS

## 9.5.3 Definición de entradas y salidas.

### Entradas

- I.01 – S3 Pulsador de Marcha
- I.02 – S4 Pulsador de paro.
- I.03—S1 Presóstato- presión máxima
- I.04 – S2 Presóstato- presión mínima.
- I.05 – OL Contacto auxiliar relé térmico

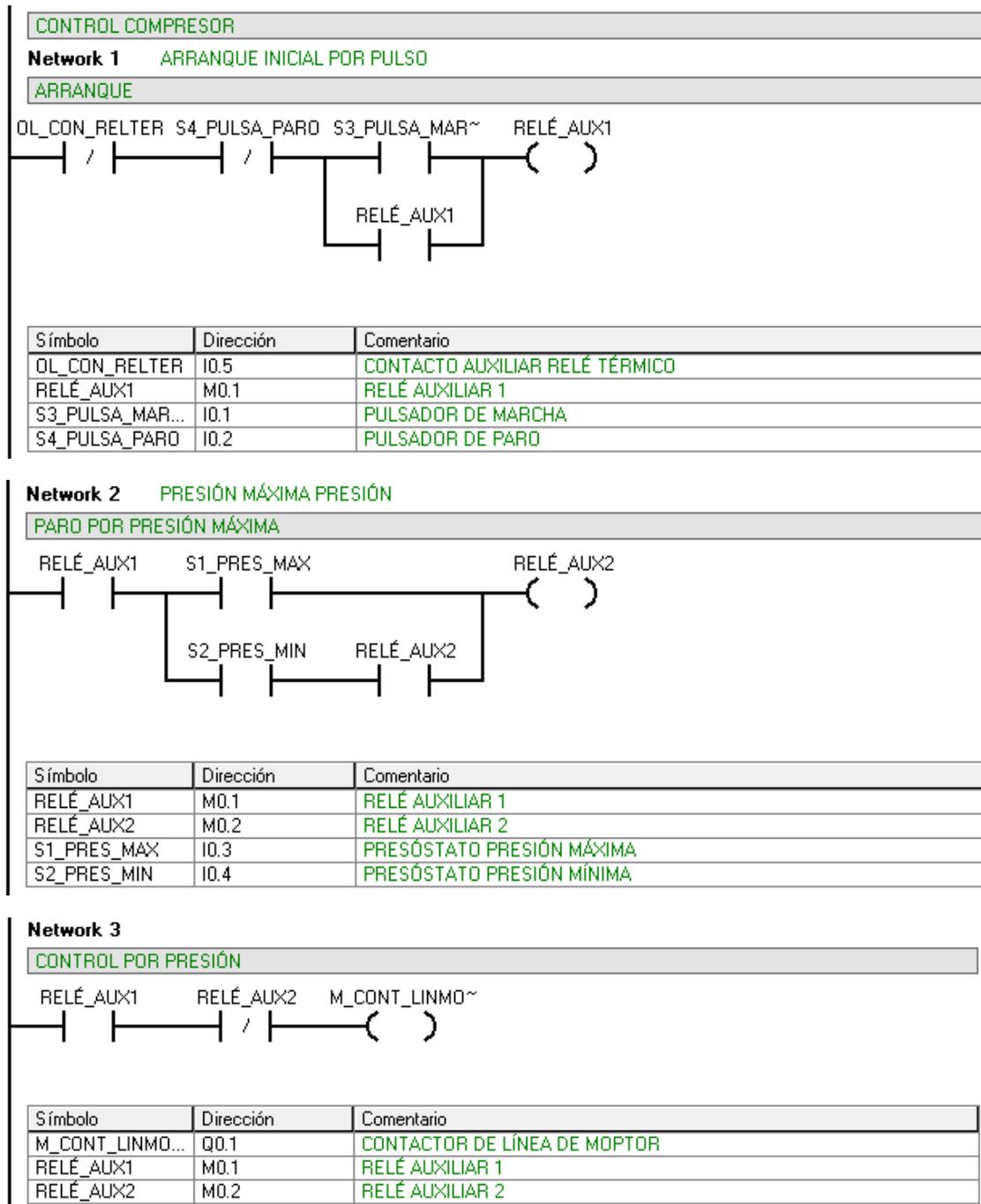
### Marcas

- M0.1 Relé auxiliar 1
- M0.2 Relé auxili

### Salidas

- Q.01 – Contactor de línea del motor

## 9.6 DIAGRAMA DE CONTROL PROGRAMADO EN S7 1200 SIEMENS



## 9.7 PRÁCTICAS 1 y 2

### 9.7.1 Proceso de Nivel.

**Objetivo:** Encontrar el punto óptimo de operación del sistema de nivel teniendo como base fundamental el ahorro energético y condiciones de operación seguras, variando los modos de operación propuestos.

#### **Elementos Necesarios.**

- PLC SIEMENS. (Instalada en el modulo de nivel).
- Panel IHM Siemens. (Instalada en el modulo de nivel)
- Software de programación Simatic 1200 (instalado en los equipos de computo del laboratorio)
- Computador.
- Variador de velocidad. (Instalada en el modulo de nivel)
- Tanque acumulador. (Instalada en el modulo de nivel)
- Tanque de suministro. (Instalada en el modulo de nivel)
- Bomba trifásica (Instalada en el modulo de nivel)
- Medidor de nivel celda Presión diferencial. (Instalada en el modulo de nivel.
- Unidad de medida de energía.

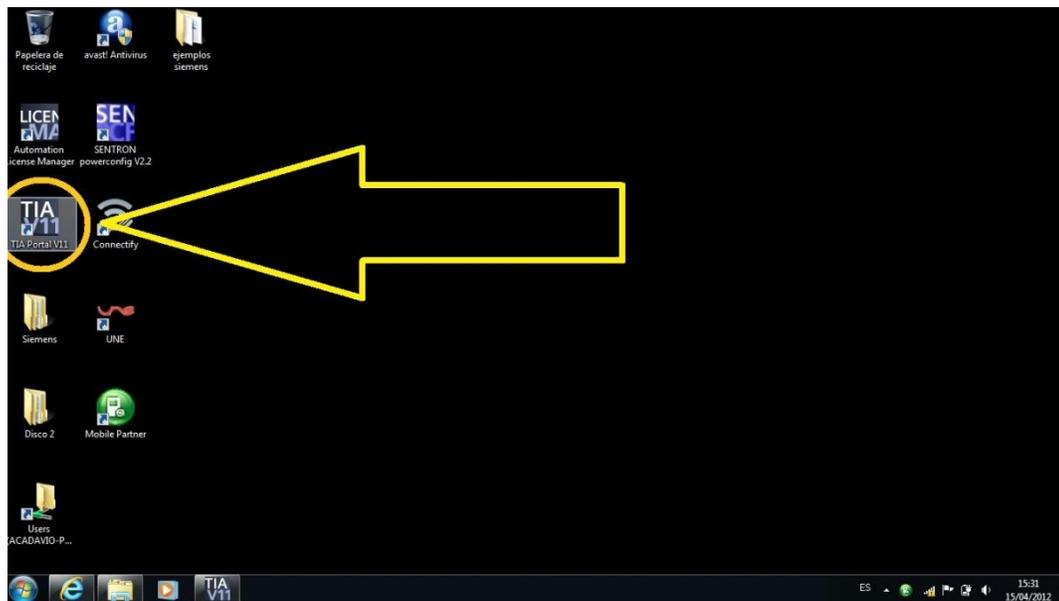
**Requerimientos del Laboratorio.** Instalar el programa práctica modulo de nivel en el PLC del modulo.

## Paso 1



Cerrar interruptores de potencia y control del PLC,IHM, Unidad de Medida, arrancador suave.

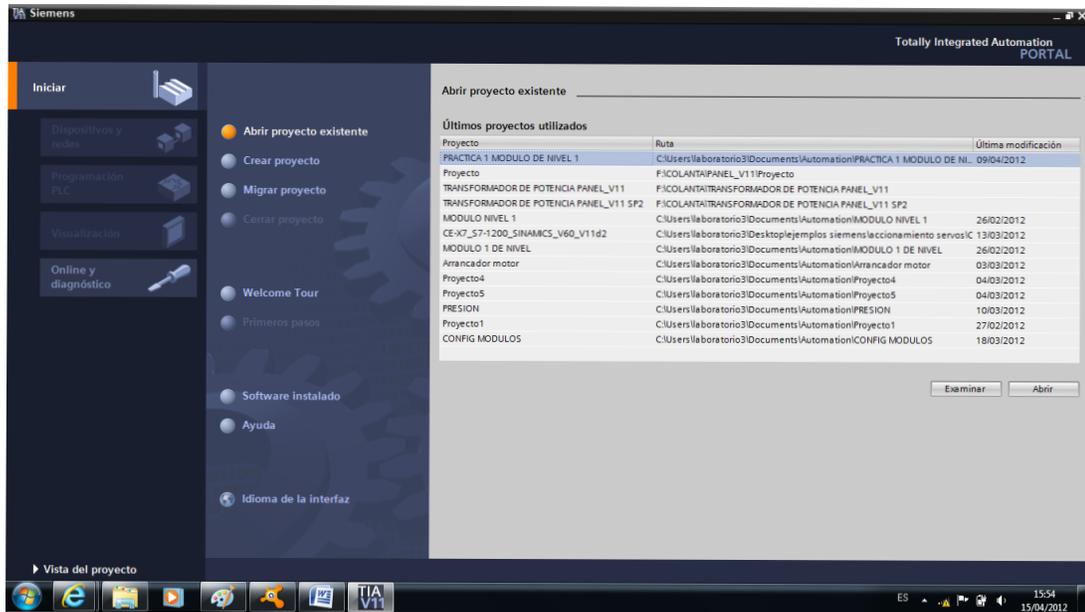
## Paso 2



Abrir programa TIA portal.

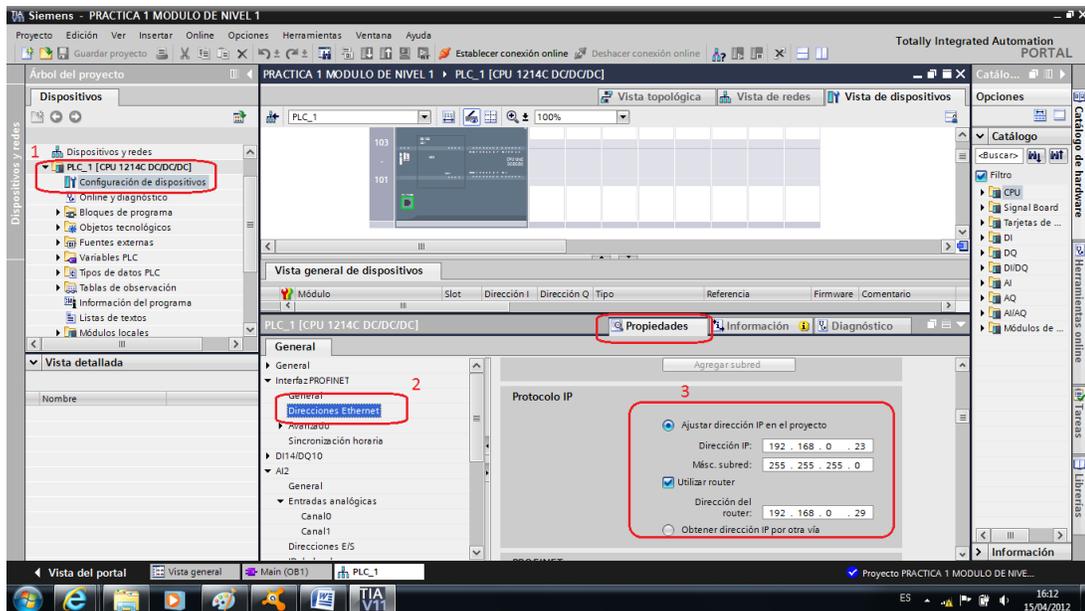
## Paso 3

Abra el programa



## Paso 4

Verifique las direcciones IP del modulo para que correspondan con las del programa abierto, tanto del PLC como de la IHM. Estas son las direcciones IP asignadas a cada modulo.



| Modulo  | Equipo           | Dirección IP |
|---------|------------------|--------------|
| Nivel 1 | PLC              | 192.168.0.23 |
| Nivel 1 | IHM              | 192.168.0.24 |
| Nivel 1 | SW               | 192.168.0.25 |
| Nivel 1 | Unidad de medida | 192.168.0.26 |
| Nivel 2 | PLC              | 192.168.0.27 |
| Nivel 2 | IHM              | 192.168.0.28 |
| Nivel 2 | SW               | 192.168.0.29 |
| Nivel 2 | Unidad de medida | 192.168.0.30 |

## Paso 5

Cargar programa en PLC e IHM.

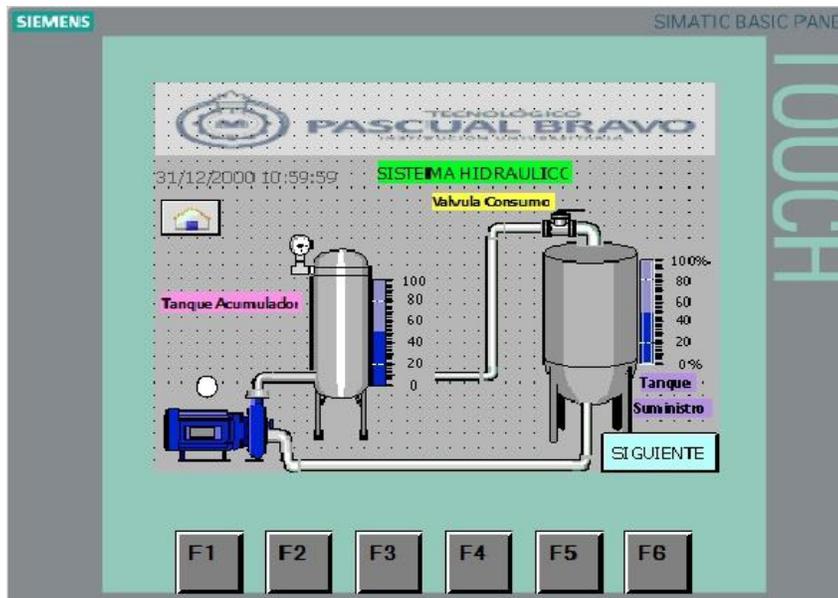


**9.7.2 Procedimiento Para Análisis.** En la pagina inicial de la IHM encontrar un mensaje el cual debe corresponder al modulo en el cual se desarrolla la actividad.



### Verificar condiciones operativas

Nivel del tanque de suministro. Presión del tanque acumulador debe estar en ( 2 a 3 bar).



En la página siguiente se recuerda nuevamente el objetivo de la práctica.  
"presione siguiente"

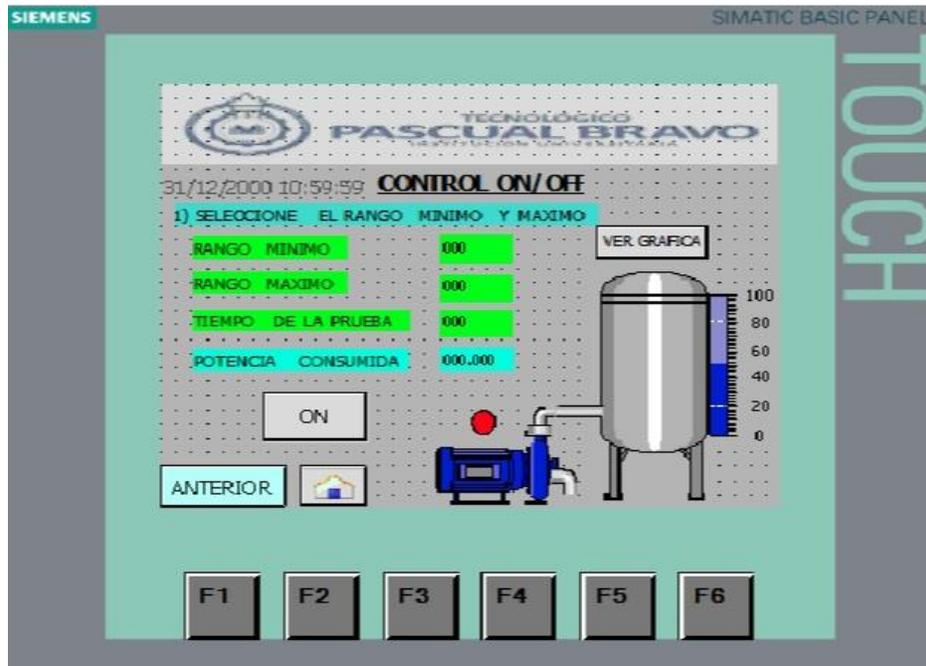


La próxima página nos dará la oportunidad de seleccionar el tipo de control que necesitamos analizar.



## Práctica 1

Cuando se seleccione el modo de control ON/OFF el programa nos llevara al primer modulo de control donde encontraremos lo siguiente:



Las variables que aparece en verde son las variables que podremos manipular con el fin de realizar diferentes pruebas que nos lleven a encontrar el punto optimo en el consumo de energético para el control de nivel del tanque utilizando este modo de control.

### Variables:

**Nivel mínimo:** es el nivel mínimo al cual se llevara el tanque a controlar, cuando se alcance este nivel el controlador se encargará de dar la orden de arranque a la bomba; el mínimo aceptable para esta prueba es de 10% de la capacidad de este(no excederéis valor).

**Nivel máximo:** el nivel superior es de las variables a controlar, este se encargara de parar la bomba cuando el nivel alcance el nivel programado.

**Tiempo de la prueba:** con el fin de encontrar el verdadero consumo energético se recomienda colocar el mismo periodo de prueba.

Ingresados los parámetros anteriores dar la orden de inicio a la prueba desde el pulsador virtual "ON".

Después de dar orden al sistema de control abrir la válvula de descarga que simula el consumo de agua del sistema, a un porcentaje determinado por el estudiante.

La bomba no mostrara el estado de conectada o desconectada.

**Nota:** Realizar esta prueba 3 veces cambiando las variables anteriores con el fin de hacer un balance de consumo energético de cada práctica realizada.

Para el arranque de de cada modo de control se requerirá de un orden de inicio dada desde el pulsador "ON" Cada modo de control ranciará automáticamente siempre y cuando las condiciones de operación del modulo se cumplan.(se recomienda estudiar sobre los modos de control ON/OFF y control PID.

## **Práctica 2**

Para esta práctica emplearemos el tipo de control PID, este control requiere de una consigna fija que es ingresada en el recuadro verde.

Definidos la consigna a mantener y el tiempo de la prueba, registrar datos de consumo energético par al final de la práctica realizar un balance general del consumo energético.



**Resultados de las pruebas.** En la siguiente tabla se deben relacionar las medidas tomadas en las prácticas, esto con el fin de realizar un Análisis sobre el consumo energético buscando diferentes formas de ajustar las variables.

## 9.8 EJEMPLO PARA MÓDULO DE NIVEL

Un horno de producción de cemento cuenta con filtros de captación electrostáticos para evitar emanación de polvo al medio ambiente, dichos filtros constan de placas metálicas que al ser energizadas por pulsos con un potencial de 15.000 voltios ejercen sobre el aire un efecto de ionización separando las partículas sólidas o pesadas del aire.

Una de las particularidades de estos filtros es que son más eficientes a bajas temperaturas, por lo que cuentan con sistemas de refrigeración basados en aspersión de agua para reducir la temperatura de los 350° C a los que salen los gases del horno y bajarlos a 180°C.

**9.8.1 Control de nivel del sistema de refrigeración.** Se cuenta con un tanque de almacenamiento de agua el cual es llenado por la válvula (1) del diagrama, posee una bomba de salida (3) para enviar el agua a alta presión a la tubería de gases calientes; las válvulas 2 y 4 son para efectos de mantenimiento de la bomba en caso de falla y tienen sensores de posición abierta como enclavamiento de la bomba.

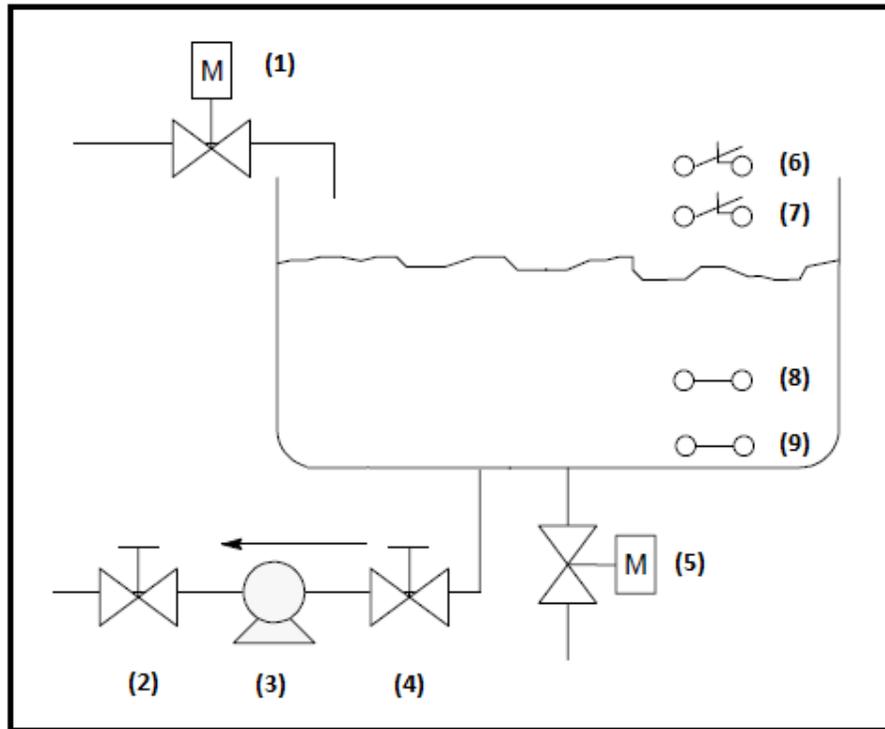
Para el control de nivel se tienen tres sensores o detectores de nivel así:

- Sensor de nivel (6): Nivel máximo 2
- Sensor de nivel (7): Nivel máximo 1.
- Sensor de nivel (8): Nivel mínimo 1.
- Sensor de nivel (9): Nivel mínimo 2.

El sensor de nivel máximo envía un comando de cierre para la válvula 1; en caso de falla de la válvula 1 se tiene una supervisión por medio del sensor de nivel máximo 2 (6). Se presenta una señal de alarma y se envía un comando de apertura de la válvula (5) o desagüe para evitar derrames de agua. Brindando al personal de mantenimiento un tiempo de intervención.

Durante el tiempo que la válvula 1 esté debidamente tanque bajará de nivel a la demanda de la bomba de salida, el sensor de nivel mínimo 1 se activará tiempo después y se tendrá un comando de apertura sobre la válvula 1. Si el nivel del tanque continúa en descenso y se activa la señal de nivel mínimo 2, unos segundos después se dará un paro de emergencia sobre la bomba y se activará la señal de alarma por sistema spray en fallo.

Figura 75. Diagrama Ilustrativo.



Fuente Programa Software S7 1200 SIEMENS

Variables de control:

Salidas:

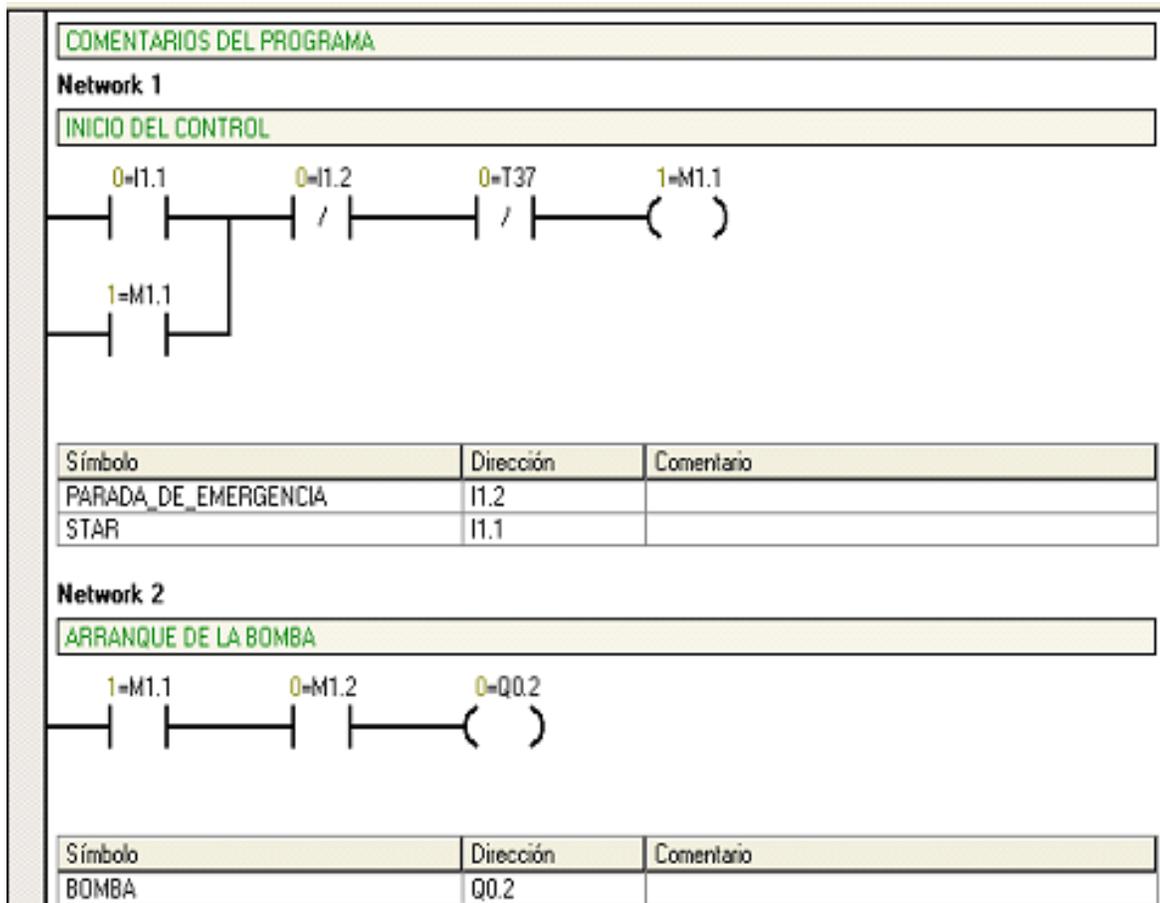
- |                            |      |      |
|----------------------------|------|------|
| 1. Válvula entrada (1) :   |      | Q0.0 |
| 2. Válvula salida (5)      | Q0.1 |      |
| 3. Bomba (3) :             | Q0.2 |      |
| 4. Alarma posición válvula |      | Q0.3 |
| 5. Alarma sistema fallado  |      | Q0.4 |

Entradas:

- |   |      |      |
|---|------|------|
| 1. Arranque sistema                     | I1.1 |      |
| 2. Parada de emergencia                 |      | I1.2 |
| 3. Válvula manual (2)                   | I1.3 |      |
| 4. Válvula manual (4)                   | I1.4 |      |
| 5. Sensor de nivel (6): Nivel máximo 2  |      | I1.5 |
| 6. Sensor de nivel (7): Nivel máximo 1. |      | I1.6 |
| 7. Sensor de nivel (8): Nivel mínimo 1. |      | I1.7 |
| 8. Sensor de nivel (9): Nivel mínimo 2. |      | I2.0 |

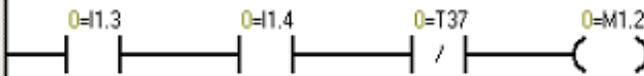
|    |  |  | Símbolo                 | Dirección | Comentario |
|----|---|---|-------------------------|-----------|------------|
| 1  |   |   | STAR                    | I1.1      |            |
| 2  |   |   | PARADA_DE_EMERGENCIA    | I1.2      |            |
| 3  |   |   | VALVULA_MANUAL_2        | I1.3      |            |
| 4  |   |   | VALVULA_MANUAL_4        | I1.4      |            |
| 5  |   |   | SENSOR_NIVEL_MAXIMO_2   | I1.5      |            |
| 6  |   |   | SENSOR_NIVEL_MAXIMO_1   | I1.6      |            |
| 7  |   |   | SENSOR_NIVEL_MINIMO_1   | I1.7      |            |
| 8  |   |   | SENSOR_NIVEL_MINIMO_2   | I2.0      |            |
| 9  |   |   | VALVULA_DE_ENTRADA      | Q0.0      |            |
| 10 |   |   | VALVULA_DE_SALIDA       | Q0.1      |            |
| 11 |   |   | BOMBA                   | Q0.2      |            |
| 12 |   |   | ALARMA_POSICION_VALVULA | Q0.3      |            |
| 13 |   |   | ALARMA_SISTEM_FALLADO   | Q0.4      |            |

### 9.8.2 Diagrama Ladder Sistema Spray.



**Network 3**

## ENCLAVAMIENTOS DE LA BOMBA



| Símbolo          | Dirección | Comentario |
|------------------|-----------|------------|
| VALVULA_MANUAL_2 | I1.3      |            |
| VALVULA_MANUAL_4 | I1.4      |            |

**Network 4**

## TEMPORIZADOR PARA APAGADO DE LA BOMBA



| Símbolo               | Dirección | Comentario |
|-----------------------|-----------|------------|
| SENSOR_NIVEL_MINIMO_2 | I2.0      |            |

**Network 5**

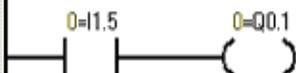
## CIERRE DE LA VALVULA DE ENTRADA



| Símbolo               | Dirección | Comentario |
|-----------------------|-----------|------------|
| SENSOR_NIVEL_MAXIMO_1 | I1.6      |            |
| SENSOR_NIVEL_MINIMO_1 | I1.7      |            |
| VALVULA_DE_ENTRADA    | Q0.0      |            |

**Network 6**

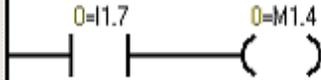
## FALLA NIVEL MAXIMO



| Símbolo               | Dirección | Comentario |
|-----------------------|-----------|------------|
| SENSOR_NIVEL_MAXIMO_2 | I1.5      |            |
| VALVULA_DE_SALIDA     | Q0.1      |            |

**Network 7**

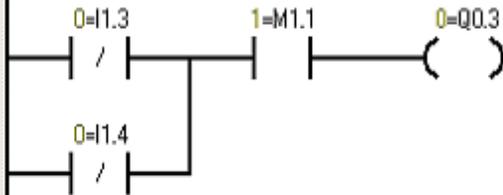
FALLA NIVEL MINIMO



| Símbolo               | Dirección | Comentario |
|-----------------------|-----------|------------|
| SENSOR_NIVEL_MINIMO_1 | I1.7      |            |

**Network 8**

FALLA POSICION VALVULAS BOMBA



| Símbolo                 | Dirección | Comentario |
|-------------------------|-----------|------------|
| ALARMA_POSICION_VALVULA | Q0.3      |            |
| VALVULA_MANUAL_2        | I1.3      |            |
| VALVULA_MANUAL_4        | I1.4      |            |

**Network 9**

FALLA POR NIVEL MINIMO 2 PERMITIDO



| Símbolo               | Dirección | Comentario |
|-----------------------|-----------|------------|
| ALARMA_SYSTEM_FALLADO | Q0.4      |            |

| Tipo de prueba | Tiempo | Nivel mínimo | Nivel máximo | Potencia consumida |
|----------------|--------|--------------|--------------|--------------------|
| ON/OFF.        |        |              |              |                    |
| ON/OFF.        |        |              |              |                    |
| ON/OFF.        |        |              |              |                    |
| PID            |        |              |              |                    |
| PID            |        |              |              |                    |
| PID            |        |              |              |                    |

## 10. ASPECTOS ADMINISTRATIVOS

### 10.1 RECURSOS HUMANOS

Las personas que intervendrán en la elaboración de este proyecto serán:

Estudiantes del grupo dos (2) de Ingeniería Eléctrica

Asesores metodológico y técnico nombrados por el **ITPBI.U**

Mónica Isabel Narvárez Patiño, Ingeniera Electricista Docente Medio Tiempo.

Personal de apoyo proveedores de equipos.

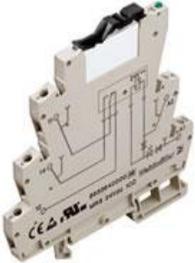
### 10.2 RECURSOS TÉCNICOS

La cuantificación de equipos y materiales a utilizar depende en gran parte de la ingeniería de detalle realizada, la cual es objeto de estudio en este proyecto.

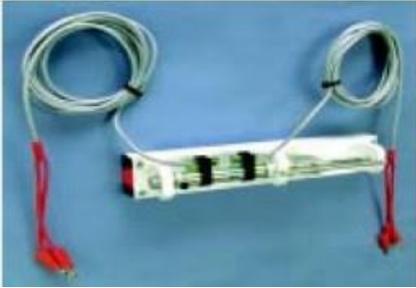
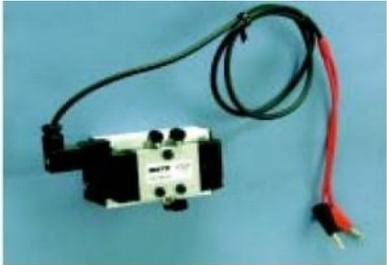
|                                | <b>Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura</b>                              |   |
|--------------------------------|--|---|
| <b>Elemento</b>                | <b>Imagen</b>  | <b>Descripción</b>  |
| 1. PLC Siemens S7-1200 con IHM |  | Controlador lógico programable<br>Elemento que contiene los programas específicos para el funcionamiento del modulo |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |  |   |
|--|--|---|
| Elemento   | Imagen   | Descripción   |
| 2. CPU1214C<br>DC/DC/DC                          |    | <p>Fuente de alimentación integrada de 24 V para sensores/carga:<br/>Permite conectar directamente sensores y encoders. Con una intensidad de salida de 400 mA, también sirve para alimentar la carga.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• 14 entradas digitales integradas de 24 V DC (sumidero/fuente (IEC tipo 1, sumidero)).</li> <li>• 10 salidas digitales integradas, a elegir entre 24 V DC o relé.</li> <li>• 2 entradas analógicas integradas 0 a 10 V.</li> </ul> |
| 3. Modulo Salida Analógica SB1232                |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Salida analógica para SIMATIC S7-1200</li> <li>• Directamente enchufable en la CPU</li> <li>1 salida analógica de <math>\pm 10</math> V para 12 bits o de 0 a 20 mA para 11 bits</li> </ul>  |
| 4. Simulador SIM 1274                            |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Módulo de simulación para probar el programa durante la puesta en marcha y durante el funcionamiento</li> <li>• Simulación de 8 entradas</li> </ul>  |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |   |  |
|--|---|--|
| Elemento   | Imagen  | Descripción  |
| 5. Cable de Red                                  |    | IE TP Cord RJ45/RJ45<br>Cable TP 4 x 2 con 2 conectores Longitud 6 metros, para interconectar CPU con PLC y Switc de red; para armar topología de red  |
| 6. Pantalla IHM KTP600                           |   | Monitor pantalla TFT de 5,7", 256 colores, 1 interfaz Ethernet (TCP/IP) o 1 interfaz RS 485/422 (variante separada) pantalla táctil y 6 teclas de función táctiles   |
| 7. Switch de Red no gestionado                   |  | Switch de red para conectar un SIMATIC S7-1200 a una red Industrial Ethernet con topología en línea, árbol o estrella - 4 conectores hembra RJ45 para la conexión a Industrial Ethernet - regletero enchufable de 3 polos para conectar la alimentación externa de 24 V DC en la parte superior - LEDs señalizadores para diagnóstico y estado de los puertos Industrial Ethernet<br>• Montaje sencillo en el perfil soporte del S7-1200 |

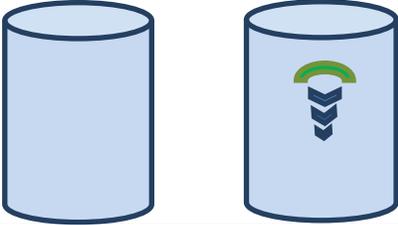
| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |   |   |
|--|---|---|
| Elemento   | Imagen  | Descripción   |
| 8. Mueble  |    | Mueble o bastidor donde instalaremos equipos  |
| 9. Bornera de distribución eléctrica             |   | Bornera eléctrica de 24 puertos ideal para acoplamiento de señales y alimentación eléctrica de los dispositivos   |
| 10. Relés de salida                              |  | Acoplador por relé para las salidas del PLC, Número de contactos: 1, Contacto conmutado, Tensión de mando nominal: 24 V DC $\pm 20\%$ , Conexión brida-tornillo   |
| 11. Interruptor                                  |  | Interruptores de protección para circuitos de corriente continua y de corriente Alterna. Interruptor termo magnético mono polar 10A (protección a la entrada de la fuente), 4A (protección a la salida de la fuente), 0.5A (protección para el PLC), 1A (protección para la KTP600) |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |   |   |
|--|---|---|
| Elemento   | Imagen  | Descripción                                   |
| 12. Red Ethernet                                 |   | Rack switch para red de comunicación Ethernet |
| 13. Cable de control                             |   | Cable de control 18 AWG 600 voltios           |
| 14. Terminal                                     |  | Terminal tipo pin para cable de control       |
| 15. Riel   |  | Riel Din TS-35 perforado                      |
|  |   |   |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |   |   |
|--|---|---|
| Elemento   | Imagen  | Descripción   |
| 16. Cilindro y sensores                          |    | Cilindro de simple efecto accionamiento neumático, con sensores inductivos que indican el accionamiento de este   |
| 17. Unidad de mantenimiento                      |  | Compuesta por un manómetro, un regulador de aire, una trampa de agua y una trampa de aceite, la funciones que desempeña son: filtración, regulación y lubricación.                        |
| 18. Electroválvula                               |  | Dispositivo diseñado para el control de flujo del caudal de aire, la electroválvula se alimenta con 24 voltios DC   |
| 19. Compresor                                    |  | un compresor es un mecanismo que absorbe el aire a presión atmosférica, la somete a una presión superior a ésta y la transforma para que sea apta para instrumentos o equipos neumáticos. |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |  |  |
|--|--|--|
| Elemento   | Imagen   | Descripción  |
| 20. Sensor transmisor de presión                 |    | Instrumento de presión, encargado de censar para medir y poder controlar la presión en el tanque de el compresor |
| 21. Tuberías y accesorios línea de presión       |    | Se utiliza para derivar una línea en la misma dirección desde las conexiones y en direcciones a 90°.             |
| 22. Modulo RTD                                   |   | Módulo de señales SM 1231 RTD  |
| 23 Sensor RTD                                    |  | Sensor de temperatura RTD PT100 3 hilos  |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |   |  |
|--|---|--|
| Elemento   | Imagen  | Descripción  |
| 24.<br>Resistencia<br>Horno eléctrico            |    | Resistencia calefacción 300 vatios horno, con ventilador para realizar control de temperatura  |
| 25.<br>Motobomba                                 |  | Motobomba centrífuga marca IHM modelo 11/2ª 1.5 TW construcción en hierro fundido, impulsor en noryl, sello mecánico, acople mono bloque a motor elect. 3 ph de 1.5 hp 220/440 vlts 60 hz 3600 rpm marca WEG |

| Elementos comunes a Nivel, presión y temperatura |  |   |
|--|--|---|
| Elemento   | Imagen   | Descripción   |
| 26. Variador de frecuencia                       |     | Variador Electrónico Yaskawa<br>3F 220V 1,5HP 10 Amperios.<br>Modelo JU2A0010A<br>Control Vectorial |
| 27. Tanques almacenamiento                       |    | Tanque para suministro y tanque acumulador<br>Succión e impulsión de la motobomba                   |
| 28. sensor de nivel                              |  | Instrumento de nivel, encargado de censar el nivel de agua en el tanque                             |

### 10.3 PRESUPUESTO

Acorde a los recursos técnicos especificados en la ingeniería de detalle e incluyendo el costo del recurso humano del proyecto.

#### TOTAL COSTO DEL PROYECTO (MATERIAL + MANO OBRA)

| DESCRIPCION  | PRECIO UN | CANTIDAD | TOTAL                |
|--|-----------|----------|----------------------|
| Módulos Micro (Elementos Didactica Perfilera) y FR QBS1      | 3.951.733 | 6        | \$ 23.710.400        |
| Equipo Siemens (PLC-IHM-Transmisores de Presión Diferencial) | 2.216.283 | 6        | \$ 13.297.700        |
| Elementos de Conexión, Implementación y puesta en servicio   | 1.708.546 | 6        | \$ 10.251.273        |
| <b>TOTAL MATERIAL</b>  |           |          | <b>\$ 47.259.373</b> |

| ACTIVIDAD                         | Personas/Equipo | Horas/Persona | Total Horas | Valor Hora/Pag. | Total               |
|-----------------------------------|-----------------|---------------|-------------|-----------------|---------------------|
| Elaboración Planos                | 4               | 15            | 60          | 11.500          | \$ 690.000          |
| Montaje de Equipos                | 15              | 24            | 360         | 11.500          | \$ 4.140.000        |
| Acometidas                        | 4               | 10            | 40          | 11.500          | \$ 460.000          |
| Elaboración Practicas             | 6               | 20            | 120         | 11.500          | \$ 1.380.000        |
| Corrección de Estilos E Impresión | 1               | 0             | 159         | 700             | \$ 111.300          |
| Empastado                         | 1               | 1             | 1           | 25.000          | \$ 25.000           |
| CD                                | 1               | 0             | 2           | 5.000           | \$ 10.000           |
| Placa Conmemorativa               | 1               | 0             | 0           | 480.000         | \$ 480.000          |
| <b>TOTAL MANO OBRA</b>            |                 |               |             |                 | <b>\$ 7.296.300</b> |

**TOTAL PROYECTO (MATERIAL + MANO DE OBRA) \$ 54.555.673,00**



## 12. CONCLUSIONES

Afrontar con éxito una o varias materias del pensum referentes a los sistemas de control, exige que la institución cuente con los laboratorios especializados necesarios para que el conocimiento sea lo más asertivo posible. Este laboratorio es una respuesta a la necesidad sentida que los primeros egresados de ingeniería eléctrica en la institución universitaria Pascual Bravo tuvimos que afrontar.

Con la implementación de este laboratorio se busca un beneficio a nivel de universidad y de la ciudad, contribuyendo con el desarrollo de aportes científicos enfocados en los sistemas de control de procesos industriales, los cuales buscaran la eficiencia y confiabilidad de las empresas industriales modernas. El estudiante adquirirá las herramientas necesarias para afrontar con éxito el panorama laboral actual, en lo referente a la automatización y el control de los procesos industriales.

Se pretende con este trabajo convertir el laboratorio de automatización en un centro de investigación ya que él mismo está dotado con lo último en tecnología en cuanto a la adquisición de datos y el procesamiento de los mismos.

El control de los procesos en la industria deben ser cuantificado con rigor científico. En la actualidad se cuenta con desarrollos tecnológicos apropiados para que los mismos sean lo suficientemente exactos, lo cual redundará en beneficios tanto económicos como de calidad.

Es posible, con la implementación del laboratorio lograr alcanzar un nivel tres en cuanto a la jerarquía de los niveles de control, es decir:

- Nivel 1: Equipos de campo (cubierto por los sistemas primarios de adquisición de datos)
- Nivel 2: Controladores de equipos de campo (cubierto por los PLC)
- Nivel 3: Mandos remotos (Sistema SCADA local)

Sin embargo con el equipo de comunicación implementado, se puede llegar incluso hasta el:

- Nivel 4: Centro de remoto de control.

Los módulos de PLC de nuestro laboratorio serán pioneros en calidad y en el desarrollo para las investigaciones de nuevas aplicaciones, manejando estándares óptimos de calidad asegurando el éxito en su funcionalidad.

Con la implementación de los módulos de automatización se pretende obtener para los estudiantes una herramienta acorde con la tecnología con que se trabaja en las empresas del momento, en lo concerniente a nivel, presión y temperatura. Se alcanzó implementar un proceso de control de nivel, presión y temperatura donde el estudiante podrá hacer variaciones, mediciones, tabulaciones, cálculos, lo cual robustece el conocimiento científico y le brinda a los educandos una mayor experiencia y de esta manera cuando se enfrenten en las empresas con estos procesos tengan un mejor desempeño y los suficientes argumentos para poder aportar con calidad científica en estos temas.

A nivel institucional se ha pretendido que el estudiante se enfrente a casos reales en cuanto al manejo de procesos por medio de la tecnología, con la dotación de este laboratorio de procesos industriales la institución ofrece alternativas en su mejoramiento continuo de calidad, en cuanto a las prácticas que los estudiantes de pregrado de ingeniería y tecnología ejecutan. En mayor medida mejorara su

calidad siempre y cuando el estudiante implemente y actualice sus conocimientos con las condiciones que ofrece la industria en el medio laboral.

La realización de prácticas que vayan acompañadas de materias del pensum que correspondan a prácticas de investigación dirigidas principalmente por un docente capacitado, donde pueda tutelar a los estudiantes prácticas adecuadas con énfasis en la implementación de los conocimientos adquiridos para lograr innovación.

### 13. RECOMENDACIONES

- Se debe realizar un instructivo con una secuencia precisa y clara de inicio y paro, de los diferentes procesos por cada Módulo para cuando se vayan a realizar las prácticas o montaje de estas puedan ser ejecutadas paso a paso.
- Para estos equipos instalados en los Módulos se debe tener en cuenta las recomendaciones y cuidados dado por el fabricante en los diferentes manuales de operación; como por ejemplo, los PLC deben quedar en estado READY cuando se encuentren energizados y en un estado RUN cuando tengan algún programa cargado y lo estén ejecutando.
- La instalación física del laboratorio debe contar con un ambiente ventilado natural o forzado, nunca en condiciones extremas de temperatura y humedad. En lo posible se debe colocar aire acondicionado.
- Como complemento o ampliación de los módulos, es necesario elaborar un manual del usuario para cada proceso a modo de GUÍA RÁPIDA, en el mismo se debe especificar entre otras cosas:
  - Variable manipulada
  - Variable controlada
  - Sensores que intervienen en el proceso (si es por corriente o por voltaje)
- Es fundamental que El Laboratorio de Procesos de Automatización cumpla con la normatividad vigente para su homologación y certificación. La norma NTC 17025 hace referencia a los requisitos técnicos para dar cumplimiento a las exigencias de acreditación.

- En lo posible los equipos de cómputo dedicados para las prácticas de laboratorio deben tener sistemas antivirus actualizados, ya que pueden alterar la programación de los PLC y por ende resultados erróneos.
- Se debe contar con personal idóneo para la supervisión y operación del laboratorio, además de un acompañamiento continuo en las diferentes prácticas que realizaran los estudiantes, igualmente quien realizara el mantenimiento debe tener un conocimiento y manejo óptimo de los equipos en su totalidad.

## BIBLIOGRAFÍA

ARCHIVO HISTÓRICO de Antioquia. Informes del Director de la Escuela de Artes y Oficios al Director de Educación Pública y al Rector de la Universidad de Antioquia en los años (1936-1939).

BACELLS, Josep. 1998

CREUS SOLÉ, Antonio. Instrumentación Industrial 6ª ed. Marcombo S.A, 1997.

----- . Instrumentación Industrial su Ajuste y Calibración. 2ª ed. Marcombo S.A.

----- . Instrumentación Industrial. 6ª ed. Alfaomega Marcombo, 1999.

DE KAMP, Win Van. Teoría y Práctica de Medición de Niveles. 17ª ed. Endress + Hauser s.a, 2001

DE SEBORG, T.F. Edgar y D.A Melinchmp. Process Dynamics and Control. Wiley 1989.

EL COLOMBIANO, Periódico. Tal y Pascual y vainas. 20 años de las Carreras Tecnológicas, 1988.  
Electrónicos

G. Warnock. rogrammable Controllers: Operation and Application. Prentice Hall 1988.

[http:// www. Proton ucting.edu.mx/dpto./maestros/clase/teoría/nivel1](http://www.Protonucting.edu.mx/dpto./maestros/clase/teoría/nivel1)

[http:// www.arrakis/mpereira/niveles/nivel/htm](http://www.arrakis/mpereira/niveles/nivel/htm)

<http://sitioniche.nichese.com/cilindros-dobles.html>

<http://www.sapiensman.com/neumatica/neumatica7.htm>

MANDADO PEREZ, Pérez López, Controladores lógicos y autómatas programables. 2 ed. 393 p.

MAYOI, A. y RODÍA, Marcombo. Autómatas Programables.

MONROY, HOLGUIN Mérida. Tesis de grado Pascual Bravo (1935-1965)

OSPINA LONDOÑO, Jorge. Los partidos políticos en Colombia. Bogotá, 13 de junio de 1938.

PASOS, A. y MONTERO. Autómatas Programables. Bogotá: McGraw Hill. Plan de Desarrollo (Tecnológico Pascual Bravo)

R.W.Lewis Programming Industrial Control Systems Using IEC 1131-1-IEE press 1998.

REVISTA parte de Megavatios No. 172. Autómatas programables: Nociones básicas. Mayo 1995

[www.cccg90.blogspot.com/2009/11/gaseoso.html](http://www.cccg90.blogspot.com/2009/11/gaseoso.html)

[www.google.com/iimages\\_di/photo-g/cilindro-de-membrana.](http://www.google.com/iimages_di/photo-g/cilindro-de-membrana)

[www.hellopro.es/HK\\_instruments-2102-noprofil-...](http://www.hellopro.es/HK_instruments-2102-noprofil-...)

[www.neumatica-es.timmer-pneumatik.de/pneumatik.html](http://www.neumatica-es.timmer-pneumatik.de/pneumatik.html)

[www.smc.eu/portal/NEW\\_EBP/Level2ES.jsp?id=10154&ctry=2&pos=](http://www.smc.eu/portal/NEW_EBP/Level2ES.jsp?id=10154&ctry=2&pos=) Presóstatos

# ANEXOS

## Anexo A. Niveles de planos del 1 al 13

(Ctrl+Click para seguir el vínculo)

[Nivel v4 1](#)

[Nivel v4 2](#)

[Nivel v4 3](#)

[Nivel v4 4](#)

[Nivel v4 5](#)

[Nivel v4 6](#)

[Nivel v4 7](#)

[Nivel v4 8](#)

[Nivel v4 9](#)

[Nivel v4 10](#)

[Nivel v4 11](#)

[Nivel v4 12](#)

[Nivel v4 13](#)

## **Anexo B. Presión Plano del 1 al 10**

(Ctrl+Click para seguir el vínculo)

[Presión v4 1](#)

[Presión v4 2](#)

[Presión v4 3](#)

[Presión v4 4](#)

[Presión v4 5](#)

[Presión v4 6](#)

[Presión v4 7](#)

[Presión v4 8](#)

[Presión v4 9](#)

[Presión v4 10](#)

## **Anexo C. Planos Temperatura 1 y 2**

(Ctrl+Click para seguir el vínculo)

[Temperatura V4 1](#)

[Temperatura V4 2](#)

[Temperatura V4 3](#)

[Temperatura V4 4](#)

[Temperatura V4 5](#)

[Temperatura V4 6](#)

[Temperatura V4 7](#)

[Temperatura V4 8](#)

[Temperatura V4 9](#)

[Temperatura V4 10](#)

[Temperatura V4 11](#)

[Temperatura V4 12](#)

[Temperatura V4 13](#)

[Temperatura V4 14](#)