

ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO Y CONTROL PARA UN SISTEMA HERMÉTICO DE ENFRIAMIENTO A BAJA TEMPERATURA Y PRESIÓN.

PROYECTO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y CONTROL

DIEGO ALEJANDRO AGUILAR ZAMBRANO

aguilar_alejandro306@yahoo.com

MARLON MIGUEL MONCAYO QUEZADA

marlon8820@hotmail.com

DIRECTOR: ING. LUIS ENRIQUE BARAJAS SÁNCHEZ, Msc

lbarajas@fiec.epn.edu.ec

CO-DIRECTORA: ING. YADIRA LUCIA BRAVO NARVÁEZ, Msc

yadira.bravo@epn.edu.ec

Quito, Septiembre 2011

DECLARACIÓN

Nosotros, Diego Alejandro Aguilar Zambrano y Marlon Miguel Moncayo Quezada, declaramos bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de nuestra autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que hemos consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedemos nuestros derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Diego Alejandro Aguilar Zambrano

Marlon Miguel Moncayo Quezada

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Diego Alejandro Aguilar Zambrano y Marlon Miguel Moncayo Quezada, bajo nuestra supervisión.

Luis Enrique Barajas Sánchez, Msc.

DIRECTOR DEL PROYECTO

Yadira Lucía Bravo Narváez, Msc

CODIRECTORA DEL PROYECTO

AGRADECIMIENTOS

El desarrollo del presente proyecto se debe en primer lugar a la iniciativa de la institución que tuvo la genial idea de llevar a cabo el proyecto de Plataforma de Gran Altitud (PGA). Por lo tanto dejo constancia de mi sincero agradecimiento al doctor Eduardo Avalos C. Ph.D, Decano de la Facultad de Ciencias de la EPN y sus principales colaboradores que nos brindaron la oportunidad de realizar dicho proyecto.

En segundo lugar, la culminación de esta tesis se debe a la desinteresada colaboración prestada por los ingenieros, Yadira Bravo, Msc y Luis Barajas .Msc, por su valioso asesoramiento y orientación profesional que hizo posible que el presente proyecto de titulación se realice con éxito.

De manera muy especial expreso mi más sincero reconocimiento y manifiesto gratitud por su gentil colaboración al Ingeniero Marcelo Pozo. Msc y al doctor Luis Alberto Celi, Ph.D. quienes hicieron posible la concepción y desarrollo del presente proyecto.

DIEGO

AGRADECIMIENTOS

A mis padres: Marlon Moncayo y Narcisa Quezada por todo el apoyo, amor y sabiduría que me han entregado, a mis hermanos Yessenia y Luis por todo el cariño y buenos momentos que compartimos, a mis abuelos: Miguel y Rosa por haberme forjado como persona, a mi tía Rosario por sus consejos, comprensión y enseñanzas, a mi primo Christian por su confianza y apoyo incondicional, y a Jenny una persona muy especial en mi vida.

A mis tíos y primos, gracias por el cariño y ayuda que me han dado.

Al Msc. Luis Barajas, a la Msc. Yadira Bravo, al Msc. Marcelo Pozo y al Dr. Alberto Celi por su colaboración para la culminación de este proyecto de titulación.

A mis amigos y compañeros que son importantes para mí, gracias por su amistad.

MARLON

DEDICATORIA

Todo el esfuerzo realizado para la obtención del presente proyecto va dedicado de manera muy especial a mis Padres y Hermanas, quienes han sido, sin duda alguna, un ejemplo de inspiración y coraje, además de servir de motivación para todos los actos de mi vida, por lo cual me siento agradecido de la vida por tenerlos siempre a mi lado. Además quisiera extender un agradecimiento a un grupo de amigos que con su apoyo incondicional, han logrado plasmar una huella imborrable en mi vida, Juan, Rosario, Vinicio, Ximena, Rodrigo, Marlon, y uno muy especial a Mónica. A todos ellos muchas gracias.

DIEGO

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación está dedicado a mis padres: Marlon y Narcisa, a mis hermanos: Yessenia y Luis, a mis abuelos: Miguel y Rosa, quienes con su amor y ayuda he podido culminar mis estudios, a mi primos Chelito y Christian, a mi sobrina Aitana, a mis tías Rosario y Esperanza por todo el apoyo brindado y el cariño que me han dado, y a Jenny por apoyarme en momentos difíciles y por ser parte importante de mi vida.

MARLON

CONTENIDO

RESUMEN	XIII
PRESENTACIÓN	XV
CAPITULO 1: FUNDAMENTOS BÁSICOS	1
1.1 Introducción al sistema de refrigeración	1
1.2 Definición de refrigeración	2
1.3 Equipos que intervienen en un sistema de refrigeración	2
1.3.1 Compresores	2
1.3.1.1 Tipos de compresores	3
1.3.1.2 Protecciones	3
1.3.1.2.1 Protecciones mecánicas	3
1.3.1.2.2 Protecciones electromecánicas	3
1.3.1.2.3 Protecciones eléctricas	4
1.3.2 Condensadores	4
1.3.2.1 Tipos de condensadores	5
1.3.3 Sistema de expansión	5
1.3.4 Evaporadores	6
1.4 Introducción a la automatización	7
1.5 Definición de automatización	8
1.5.1 Funciones avanzadas de la automatización	8
1.6 Elementos básicos de un sistema automatizado	8
1.6.1 Energía	8
1.6.1.1 Tipos de energía	9
1.6.2 Programa	9
1.6.3 Sistema de control	9
1.6.3.1 Clasificación de los sistemas de control	10
1.6.3.1.1 Según su comportamiento	10
1.6.3.1.2 Según el número de entradas y salidas del sistema	11
1.6.3.1.3 Según sea la respuesta del sistema, respecto a la variación de la entrada del sistema	11
1.6.3.1.4 En función de la evolución de las variables del sistema en el tiempo y el espacio	12

1.6.3.1.5 Según la relación entre las variables de los sistemas	12
1.6.3.1.6 Según la posibilidad de predecir el comportamiento del sistema .	12
1.7 Adquisición de datos	12
1.7.1 Medida de temperatura	13
1.7.1.1 Termopar	14
1.7.1.1.1 Tipos de termopares.....	14
1.7.2 Medida de presión.....	15
1.7.2.1 Transductor de presión	18
1.7.3 Componentes de un sistema de adquisición de datos.....	19
1.7.3.1 Transductores/Sensores.....	19
1.7.3.1.1 Transmisor.....	21
1.7.3.2 Actuadores.....	21
1.7.3.2.1 Relé	21
1.7.3.2.2 Electroválvula	23
1.7.3.2.3 Contactor	24
1.7.3.3 Acondicionamiento de señal	25
1.7.3.4 Convertidores de señal.....	25
1.7.3.5 Acción de control	25
1.7.3.5.1 Controles ON/OFF.....	26
1.7.3.5.2 Control proporcional integral derivativo (PID).....	27
1.7.3.6 Comunicación	29
1.7.3.7 Interfaz de usuario	29
1.7.4 Consideraciones para un sistema de adquisición de datos	29
1.8 Sistemas de visualización	30
1.8.1 Sistemas Scada	30
1.8.1.1 Prestaciones	31
1.8.1.1.1 La monitorización.....	32
1.8.1.1.2 La supervisión	32
1.8.1.1.3 El mando	32
1.8.2 Arquitectura de un sistema Scada	33
1.8.2.1 Hardware	34
1.8.2.1.1 Interface Hombre-Máquina (HMI,MHI).....	35
1.8.2.2 El software	35

1.8.2.2.1 Almacenamiento de datos	36
1.8.2.2.2 Bases de datos	36
CAPÍTULO 2: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA.....	39
2.1 Diseño del equipo.....	39
2.2 Diseño mecánico.....	39
2.3 Diseño electrónico.....	40
2.3.1 Equipo de adquisición de datos por medio del bus USB.....	40
2.3.1.1 DAQ USB 6211	40
2.3.2 Elementos utilizados para la adquisición de datos.....	42
2.3.2.1 Termocupla tipo K.....	43
2.3.2.2 Transmisor de presión sitrans P, serie Z	44
2.3.2.2.1 Conexión	46
2.3.3 Hardware utilizado para el control del sistema.....	46
2.3.3.1 Introducción al PLC Siemens S7-1200	46
2.3.3.1.1 Diagrama de cableado.....	49
2.3.4 Hardware utilizado para la protección del sistema.....	49
2.3.4.1 Guardamotores SIRIUS 3RV	49
2.3.4.1.1 Protección contra cortocircuitos.....	51
2.3.4.1.2 Protección de motores.....	51
2.3.4.1.3 Protección de la instalación.....	51
2.3.4.1.4 Protección para combinaciones de arranque contra cortocircuitos....	51
2.3.4.2 Contactor 3RT.....	52
2.3.4.2.1 Seguridad	53
2.3.4.3 Breaker electromagnético	54
2.3.4.4 Relé electromecánico	55
2.3.5 Montaje del hardware de adquisición, control y protección del sistema....	56
2.3.5.1 Tablero de control.....	56
2.3.5.2 Fijación de los aparatos	58
2.3.5.3 Cableado mediante el esquema de circuitos	58
2.3.6 Hardware utilizado para el sistema de visión y monitoreo	59
2.3.7 Hardware utilizado para el sistema de monitoreo vía internet.....	60
2.3.7.1 Adaptador de USB a Ethernet	60

CAPÍTULO 3: DISEÑO DE LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA.....	62
3.1 Introducción.....	62
3.2 Programa desarrollado en el PLC	65
3.2.1 Control de la bomba.....	66
3.2.2 Control de la electroválvula	66
3.2.3 Control grupo condensador/evaporador/ventilador	67
3.2.4 Control de la iluminación.....	68
3.3 Comunicación PC/PLC mediante PC S7-200 ACCESS.....	69
3.3.1 Crear tags en STEP 7	70
3.3.1.1 Añadir un bloque de datos a un proyecto	70
3.3.1.2 Asignar los tags en STEP 7	71
3.3.2 Crear un proyecto de PC ACCESS y acceder a los tags.....	72
3.3.2.1 Crear un proyecto	72
3.3.2.2 Añadir un PLC.....	72
3.3.2.3 Añadir un elemento.....	73
3.3.2.4 Guardar el proyecto	74
3.3.3 Crear un enlace con el PLC	75
3.3.3.1 Configurar el protocolo de comunicación.....	75
3.3.4 Conectar LABVIEW al PLC utilizando un servidor I/O	76
3.3.5 Crear variables compartidas que conectan las etiquetas OPC al I/O server.....	78
3.3.5.1 Crear variables compartidas para el uso del OPC del PLC	78
3.4 Pantallas utilizadas para el HMI	80
3.4.1 Pantalla principal del HMI	80
3.4.2 Pantalla de control de datos.....	82
3.4.2.1 Adquisición de datos.....	84
3.4.3 Pantalla de monitoreo	85
3.4.4 Pantalla de base de datos.....	87
3.4.4.1 Comunicación entre LabView 2009 y Microsoft Access 2007.....	89
3.4.4.2 Crear archivo .udl y establecer conexión	89
3.5 Control y monitoreo a través del internet.....	91
3.5.1 Configuración del panel remoto	92
3.5.1.1 Configuración del web server.....	93

3.5.1.2 Configuración de la página web.....	95
3.6 Crear un ejecutable de la aplicación	97
CAPÍTULO 4: PRUEBAS Y RESULTADOS.....	99
4.1 Pruebas del sistema de control y adquisición de datos.....	99
4.1.1 Prueba de adquisición de temperatura	99
4.1.2 Prueba adquisición de presión.....	100
4.1.3 Calibración de temperatura y presión	102
4.1.3.1 Desviación estándar de temperatura	107
4.1.4 Prueba del control de histéresis de presión y temperatura	108
4.2 Pruebas del sistema de monitoreo	111
4.2.1 Monitoreo de temperatura.....	112
4.2.2 Monitoreo de presión	112
4.2.3 Sistema de visión a través de una cámara web	113
4.2.4 Pruebas de monitoreo vía internet	114
4.3 Pruebas del sistema de almacenamiento de datos.....	115
CAPÍTULO 5: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	117
5.1 Conclusiones.....	117
5.2 Recomendaciones.....	120
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	121
ANEXO A Manual de usuario	123
ANEXO B Equipos de adquisición y control	134
ANEXO C Datasheets	146
ANEXO D Descripción de los paquetes computacionales	155
ANEXO E Circuito de fuente regulada de 5V para alimentación del sensor de presión	161
ANEXO F P&ID de la planta.....	164
ANEXO G Desviación estándar de temperatura	166

RESUMEN

La automatización de procesos va más allá que la simple mecanización de estos, ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

La automatización es el reemplazo de las labores humanas, generalmente repetitivas realizadas por el obrero de una empresa, por sistemas o elementos computarizados y electromecánicos, ya que estos, en cuanto a lo tedioso de algunos procesos, son mucho más eficientes que la mano de obra humana.

Como parte del proyecto EPN-FAE: Plataforma de Gran Altitud (PGA), se requiere simular las condiciones climáticas en las cuales va a operar un globo aerostático, es decir, simular variables tanto de temperatura como de presión. Por esta razón el presente proyecto de titulación consiste en el diseño e implementación del Control y Monitoreo de éste sistema.

Este sistema de refrigeración se compone de sensores que miden las variables del proceso como son: temperatura y presión en el interior de la cámara de enfriamiento; además permite controlar equipos como: bomba de vacío, electroválvula, compresor, evaporador para cumplir con las características y requerimientos de este proceso de refrigeración.

Se realizó también un HMI (Interfaz Hombre – Máquina) que permite al usuario variar las referencias de control, monitorear en tiempo real el sistema, almacenar datos de importancia del proceso para realizar históricos para un posterior análisis

y mediante un sistema de video observar el interior de la cámara de refrigeración. El usuario también tiene la posibilidad de monitorear en tiempo real el proceso de refrigeración desde cualquier parte del mundo a través del Internet.

PRESENTACIÓN

El presente proyecto se abordan los procesos de diseño y la implementación del control y monitoreo para un sistema hermético de enfriamiento simulando para ello las condiciones climáticas que se tendrían a diferentes alturas por medio de equipos que intervienen en un proceso de refrigeración, además se desarrollo una interfaz Hombre – Máquina para el control, el monitoreo y el almacenamiento de datos de este proceso.

En el capítulo 1 se realiza una introducción a todo el marco teórico necesario para el desarrollo del presente proyecto. Se trata de una forma general los fundamentos básicos de un proceso de refrigeración, los equipos que intervienen en un sistema de refrigeración, además, se explica lo que es la automatización, los sistemas de control, la adquisición de datos y sistemas de visualización.

En el capítulo 2 se describe lo que fue el diseño y la construcción del sistema, destacando principalmente el diseño electrónico del mismo. Además, se explica los elementos utilizados para las diferentes etapas del sistema de refrigeración como son: la adquisición de datos, el control, la protección, el sistema de visión y el monitoreo a través de internet.

En el capítulo 3 se describe lo que es el diseño de la interfaz Hombre – Máquina, en este capítulo se explica el funcionamiento del software de control: los programas realizados en el STEP 7 para el control de los elementos que componen el sistema de refrigeración mediante el PLC, así como la comunicación realizada entre la PC y PLC mediante el S7 -200 PC ACCESS y el programa desarrollado en LabView tanto para el control, la adquisición de datos, la base de datos, el sistema de visión y el monitoreo a través de internet.

En el capítulo 4 se presentan las diferentes pruebas realizadas para evaluar el funcionamiento del sistema. Las primeras pruebas que se realizaron fueron las de la parte del sistema de control y de la adquisición de datos, para posteriormente

realizar las pruebas del sistema de monitoreo y del almacenamiento de datos del sistema de refrigeración.

Finalmente, en el capítulo 5 se exponen las conclusiones y recomendaciones que obtuvimos durante la realización del presente proyecto.

CAPITULO 1

FUNDAMENTOS BÁSICOS

1.1. INTRODUCCIÓN AL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Desde que el hombre tuvo la necesidad de preservar sus alimentos para su consumo posterior, se vio en la obligación de desarrollar un sistema que permita mantener sus condiciones originales durante un largo tiempo para su utilización en el momento requerido. De aquí nació la refrigeración cuyo fin es la disminución de la temperatura de los cuerpos a conservarse, que en algunos casos hay que llegar a temperaturas de solidificación de los cuerpos como es el caso de los productos cárnicos y en otros a temperaturas más bajas que el ambiente pero sin llegar a la solidificación, como es el caso de los vegetales.

El arte de la refrigeración basado en el hielo natural es muy antiguo y se practicó mucho antes de construirse cualquier máquina térmica. Hay escritos chinos, anteriores al primer milenio A.C. que describen ceremonias religiosas para llenar en invierno y vaciar en verano sótanos de hielo. Los antiguos romanos utilizaban el hielo de los Apeninos, y según *Las mil y una noche*, en la Edad Media caravanas de camellos transportaban hielo desde el Líbano a los palacios de los califas en Damasco y Bagdad.

Otros escritos antiguos describen cómo los egipcios, hindúes y otros pueblos, empleaban procedimientos para producir hielo artificialmente, en general parecidos en sus principios.

La salud y el bienestar de un país pueden depender de los sistemas de refrigeración. Por ejemplo; la alimentación y el almacenamiento de vacunas, distribución, aplicación médica, industrial, comercial y doméstica de todo tipo depende de los sistemas de refrigeración.

1.2. DEFINICIÓN DE REFRIGERACIÓN

La refrigeración es el proceso de reducción y mantenimiento de la temperatura (a un valor menor a la del medio ambiente) de un objeto o espacio. La reducción de temperatura se realiza extrayendo energía del cuerpo, generalmente reduciendo su energía térmica, lo que contribuye a reducir la temperatura de este cuerpo.

La refrigeración implica transferir la energía del cuerpo que pretendemos enfriar a otro, aprovechando sus propiedades termodinámicas. La temperatura es el reflejo de la cantidad o nivel de energía que posee el cuerpo, ya que el frío propiamente no existe, los cuerpos solo tienen más o menos energía térmica. De esta manera enfriar corresponde a retirar energía (calor) y no debe pensarse en términos de "producir frío o agregar frío".

1.3. EQUIPOS QUE INTERVIENEN EN UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

Dentro del proceso de refrigeración existen cuatro equipos fundamentales, siendo estos:

1. Compresores.
2. Condensadores.
3. Válvulas de Expansión.
4. Evaporadores.

1.3.1. COMPRESORES

La finalidad de un compresor tal como define su nombre es el de aspirar los vapores producidos por la evaporación del fluido frigorífero en el evaporador a una presión baja correspondiente a las condiciones de funcionamiento y de descargar a alta presión dichos vapores comprimidos al condensador, a fin de permitir su condensación por enfriamiento.

1.3.1.1. Tipos de Compresores

Existen en la actualidad gran variedad de compresores en el mercado, de acuerdo a las necesidades de cada sistema de refrigeración, se puede resumir en tres tipos, más comúnmente usados, como son:

1. Alternativos o de Pistón.
2. Rotativos.
 - 2.1. Paleta
 - 2.2. Tornillo.
3. Centrífugos.

Esta clasificación se la realiza por el tipo de máquina, esto es, de acuerdo al método que se utiliza para absorber y comprimir el gas refrigerante.

1.3.1.2. Protecciones.

Dentro de las protecciones de un compresor, existen tres tipos:

1. Mecánicas.
2. Electromecánicas.
3. Eléctricas.

1.3.1.2.1. Protecciones Mecánicas.

Se basan en la seguridad de una sobre presión a la descarga del compresor, para lo cual la mayoría de los compresores tienen instaladas válvulas calibradas para operar de acuerdo a los rangos permisibles por el fabricante, descargando la sobrepresión ya sea a la parte de baja o al ambiente.

1.3.1.2.2. Protecciones Electromecánicas.

Básicamente son: Alta presión, alta temperatura en la descarga, baja presión de succión y deficiencia de presión de aceite en el sistema de lubricación, en la

actualidad estas protecciones son manejadas electrónicamente mediante transductores y microprocesadores, pero en definitiva todos ellos se basan en la apertura de un interruptor de control que debe anular el circuito de arranque del motor eléctrico del compresor.

1.3.1.2.3. Protecciones Eléctricas.

Protegen básicamente al motor eléctrico siendo estas: Relé de sobre corriente, falla de una de las fases de alimentación al motor (principalmente sí es trifásico) y disyuntor de protección de cortocircuito.

Entre las protecciones que más se utilizan están los relés de sobrecorriente, disyuntor magnético, guardamotor, interruptor electromagnético, fusibles etc.

1.3.2. CONDENSADORES.

La finalidad del condensador en un sistema de refrigeración ya quedó definida anteriormente, por lo que se puede resumir que es un equipo capaz de absorber calor de la descarga de un compresor y en la mayoría de los casos dispersarlo al medio ambiente, permitiendo bajar la temperatura del gas refrigerante saturado transformándolo en líquido saturado, a la misma presión.

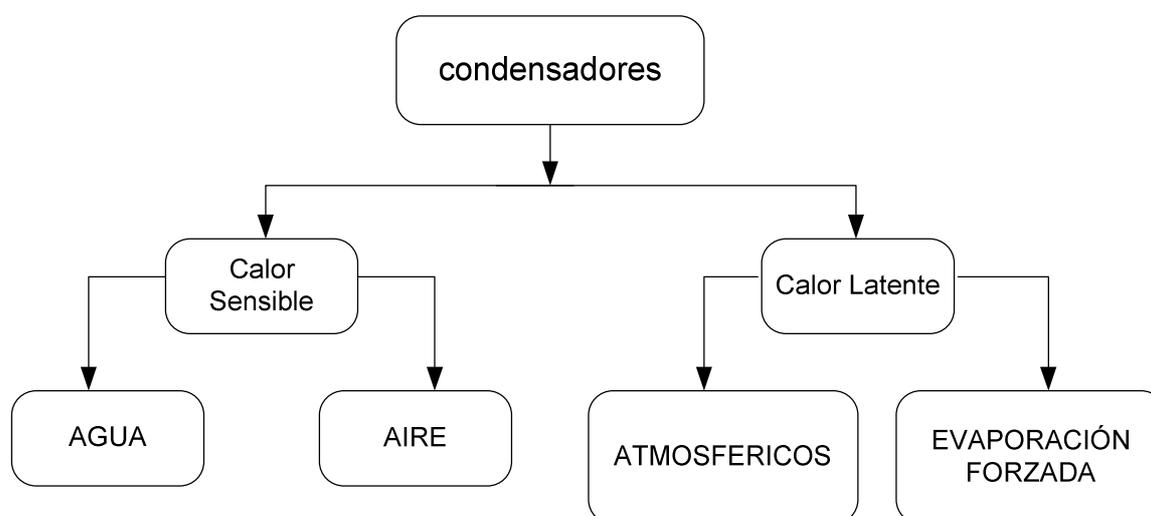


Figura 1.1. Clasificación de los Condensadores.

1.3.2.1. Tipo de Condensadores

Existe una gran cantidad de tipos de condensadores, disponibles en el mercado, dependiendo del uso y requerimientos de los sistemas de refrigeración, se los clasifica de acuerdo a la figura 1.1.

1.3.3. SISTEMA DE EXPANSIÓN.

Para lograr la expansión del líquido saturado hacia el lado de baja presión, básicamente se utilizan tres métodos, que son:

1. Tubos capilares.
2. Válvulas de Expansión.
3. Válvulas Flotadoras.

Los tubos capilares son utilizados en sistemas pequeños y se basan en disminuir el área de circulación del refrigerante, la presión sufre una caída debido a la fricción y aceleración del refrigerante dentro del tubo produciendo el efecto esperado.

Las válvulas de expansión son realmente sistemas que restringen el paso del refrigerante, a través de un pequeño orificio o anura que produce la estrangulación, dentro de este existen las automáticas y las manuales. Las manuales son operadas por el hombre y una vez que se las regula, el área del orificio por donde pasa el refrigerante es siempre la misma, en cambio las automáticas mantienen constante la variable para la cual fueron construidas variando la apertura abriendo o cerrando el orificio. Existen dos tipos de válvulas de expansión de esta clase, las de presión constante y las de temperatura constante, esta última también de nominada termostática.

Las de presión constante censan la presión interna del evaporador y tratan de mantenerla constante, de tal manera que si la presión disminuye el área del orificio aumenta permitiendo mayor flujo y viceversa.

Las termostáticas en cambio censan la temperatura de salida del gas del evaporador y actúan sobre la apertura del orificio de acuerdo del valor regulado. La acción sobre el vástago de apertura lo realiza a través de un diagrama, que en el caso de las termostáticas, este diagrama es accionado por un líquido confinado en un bulbo que varía su presión interna de acuerdo a la temperatura censada.

En los casos particulares en que se requiere mantener un nivel determinado de líquido dentro del evaporador, se utiliza una válvula de expansión controlada por un flotador, de tal manera que esta se abre cuando el líquido baja su nivel y lógicamente se cierra cuando el líquido llega al nivel requerido. En este tipo de condiciones también puede haber variantes como por ejemplo, se puede combinar una válvula de expansión manual con un control de nivel acoplado a un interruptor eléctrico y una electroválvula, para mantener el nivel del líquido refrigerante en un evaporador.

1.3.4. EVAPORADORES

El último elemento del ciclo de vapor – compresión, es el evaporador, cuya finalidad es servir de cambiador térmico para capturar o absorber el calor de los cuerpos hacia el líquido refrigerante, produciendo su evaporación, utilizando para el efecto un medio de transmisión de calor que puede ser un metal, metal mas aire o metal mas liquido.

Como la transmisión térmica va en relación directa con la superficie de evaporación, todo evaporador está compuesto por una serie de serpentines, que conducen el líquido refrigerante, cuando se trata de aire estos serpentines tienen además alrededor de los tubos aletas, con la finalidad de aumentar la superficie de transferencia.

Existen también evaporadores por contacto que en vez de tubos, utilizan placas o planchas metálicas, de esta manera el cuerpo a refrigerarse está en contacto con estas placas, este sistema se lo utiliza principalmente en congeladores, máquinas de hielo y enfriadores de agua.

Dentro de las múltiples opciones que tienen los sistemas de refrigeración en su concepto de diseño, existen dos tipos en la refrigeración industrial que son los más usados, principalmente en un sistema de amoniaco, el sistema inundado y el sistema recirculado.

1.4. INTRODUCCIÓN A LA AUTOMATIZACIÓN.

Con la revolución industrial, los procesos de fabricación de un producto se dividieron en diferentes etapas independientes, de donde nace el concepto de producción en serie. Con esto se consigue un aumento parcial en la eficiencia de producción, pero esto no basta, ya que aun está el factor humano como elemento generador de errores y fallas que influyen en la calidad del resultado final, considerando lo anterior, se introduce en la industria el término *automatización de procesos*.

El alcance va más allá que la simple mecanización de los procesos ya que ésta provee a operadores humanos mecanismos para asistirlos en los esfuerzos físicos del trabajo, la automatización reduce ampliamente la necesidad sensorial y mental del humano. La automatización como una disciplina de la ingeniería es más amplia que un mero sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores y transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistema de transmisión y recolección de datos y las aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

Las primeras máquinas simples sustituían una forma de esfuerzo en otra forma que fueran manejadas por el ser humano, tal como levantar un peso pesado con sistema de poleas o con una palanca. Posteriormente las máquinas fueron capaces de sustituir formas naturales de energía renovable, tales como el viento, mareas, o un flujo de agua por energía humana. Dentro del campo de la Automatización Electrónica, existen diversos tipos de control, los cuales poseen varios criterios para la estimación de los parámetros del sistema y una adecuada implementación.

Antes de avanzar en los requerimientos puntuales de monitoreo y control que se perfilan como mínimos para una operación eficiente de un Sistema Hermético de Refrigeración, se desglosa las siguientes definiciones de interés.

1.5. DEFINICIÓN DE AUTOMATIZACIÓN.

La automatización es el reemplazo de las labores humanas, generalmente repetitivas realizadas por el obrero de una empresa, por sistemas o elementos computarizados y electromecánicos, ya que estos, en cuanto a lo tedioso de algunos procesos, son mucho más eficientes que la mano de obra humana. Es de aquí, donde parte un rápido avance en el estudio de procesos industriales, que culminan con la disciplina de Control Automático de Procesos.

1.5.1. FUNCIONES AVANZADAS DE LA AUTOMATIZACIÓN.

Funciones que conciernen a la mejora del desempeño y la seguridad del equipo, como son:

- Monitoreo de Seguridad.
- Diagnóstico de Mantenimiento y Reparación.
- Detección de Errores y Recuperación de Fallas.

1.6. ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO.

Los elementos básicos para que el sistema automatizado realice sus funciones son:

1.6.1. ENERGÍA.

La energía constituye el elemento básico de todo sistema automatizado, dicha energía es aprovechada para manejar el proceso y operar el sistema, así como controladores, actuadores y demás elementos que lo conforman.

Se requiere energía para las siguientes funciones.

- Unidad de control.
- Energía para activar las señales de control.
- Recolección y procesamiento de información.

1.6.1.1. Tipos de energía

- Eléctrica.
- Mecánica.
- Térmica.
- Fuentes alternativas: combustibles fósiles, hidráulica, solar, eólica.

1.6.2. PROGRAMA.

Dentro de la automatización de procesos, el programa de control es un elemento muy esencial para el funcionamiento del sistema, dicha programación no es más que la secuencia de instrucciones que un controlador puede interpretar y ejecutar.

En la actualidad se cuenta con diversos tipos de lenguajes para el desarrollo del software, lo cual genera una gran problemática sobre cual se debe utilizar a la hora de diseñar un programa, para esto es necesario conocer los diversos paquetes existentes en el mercado, saber cómo funcionan para así poder elegir correctamente el más adecuado según los requerimientos que tenga el sistema.

1.6.3. SISTEMA DE CONTROL.

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el objetivo de lograr un funcionamiento establecido, de manera que se reduzcan las probabilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados.

Estos sistemas se utilizan típicamente para sustituir a un trabajador pasivo que

controla un determinado sistema (ya sea eléctrico, mecánico, etc.) con una posibilidad nula o casi nula de error, y un grado de eficiencia mucho más grande que el de un trabajador.

Los sistemas de control deben conseguir los siguientes objetivos:

- Ser estables y robustos frente a perturbaciones y errores en los modelos.
- Ser eficiente según un criterio preestablecido evitando comportamientos bruscos e irreales.

1.6.3.1. Clasificación de los Sistemas de Control.

1.6.3.1.1. Según su Comportamiento.

Pueden ser de dos tipos:

1. **Sistema de control de lazo abierto:** Es aquel sistema en que solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera, es decir, que no hay retroalimentación hacia el controlador para que éste pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

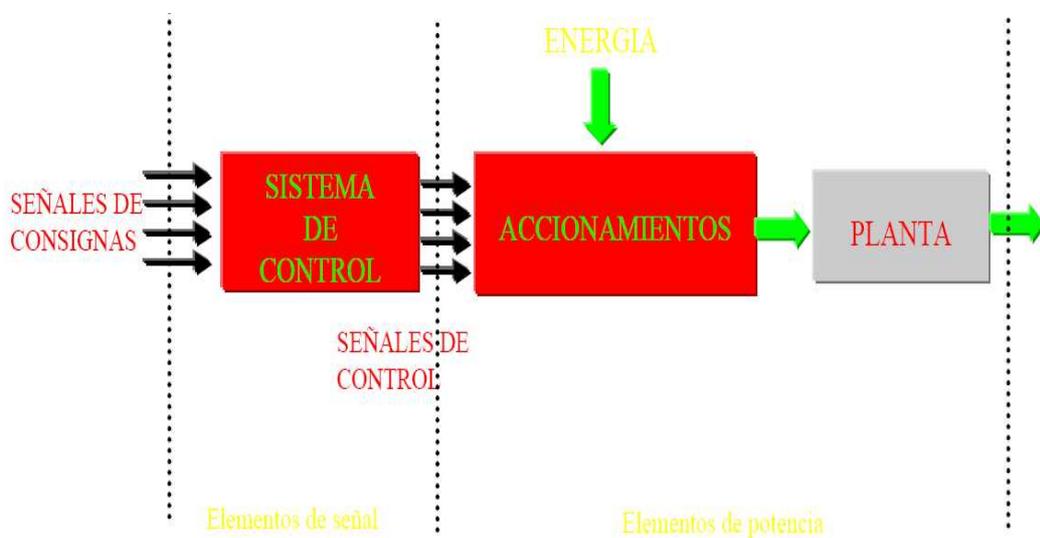


Figura 1.2. Sistema de Control Lazo Cerrado.

2. **Sistema de control de lazo cerrado:** En un sistema de control de ciclo cerrado la variable de salida es comparada con un parámetro de entrada, es decir, existe una realimentación y cualquier diferencia entre las dos es usada para lograr que la salida sea acorde con la entrada.

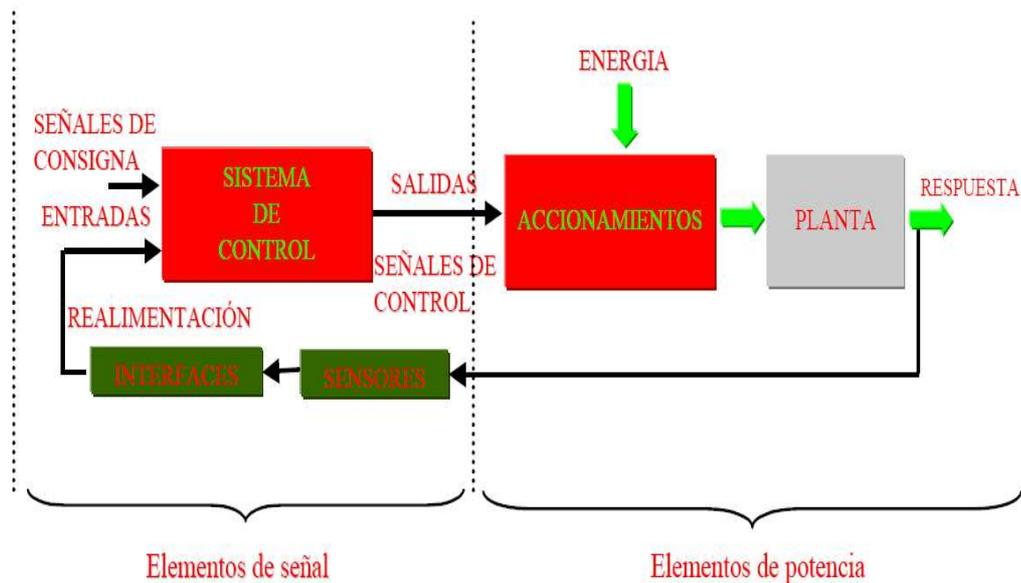


Figura 1.3. Sistema de Control Lazo Cerrado

1.6.3.1.2. Según el número de Entradas y Salidas del Sistema.

1. De una entrada y una salida o SISO (single input, single output).
2. De una entrada y múltiples salidas o SIMO (single input, multiple output).
3. De múltiples entradas y una salida o MISO (multiple input, single output).
4. De múltiples entradas y múltiples salidas o MIMO (multiple input, multiple output).

1.6.3.1.3. Según sea la respuesta del Sistema, Respecto a la Variación de la Entrada del Sistema.

1. Sistema de Control Estable: Cuando ante una variación muy rápida de la entrada se produce una respuesta acotada de la salida.
2. Sistema Control Inestable: Cuando ante una entrada igual a la anteriormente se produce una respuesta no acotada de la salida.

1.6.3.1.4. En Función de la Evolución de las Variables del Sistema en el Tiempo y el Espacio.

1. Estacionarios: Cuando sus variables son constantes en el tiempo y en el espacio.
2. No Estacionarios: Cuando sus variables no son constantes en el tiempo o en el espacio.

1.6.3.1.5. Según la Relación entre las Variables de los Sistemas.

1. Dos sistemas están acoplados: Cuando las variables de uno de ellos están relacionadas con las del otro sistema.
2. Dos sistemas están desacoplados: Cuando las variables de ambos sistemas no tienen ninguna relación.

1.6.3.1.6. Según la Posibilidad de Predecir el Comportamiento del Sistema.

1. Sistema determinista: Cuando su comportamiento futuro es predecible dentro de unos límites de tolerancia.
2. Sistema estocástico: Si es imposible predecir el comportamiento futuro. Las variables del sistema se denominan aleatorias.

1.7. ADQUISICIÓN DE DATOS.

La adquisición de datos es el proceso de medir un fenómeno eléctrico o físico como el voltaje, la corriente, la temperatura, la presión, o el sonido. La adquisición de datos en general usa una combinación de hardware modular, el software de aplicación, y un ordenador para tomar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos es definido según sus exigencias de aplicación, cada sistema comparte un objetivo común de adquisición, análisis, y la información de presentación. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, el acondicionamiento de señal, dispositivos de adquisición de datos, y el software de aplicación.

1.7.1. MEDIDA DE TEMPERATURA.

La medida de temperatura constituye una de las mediciones más comunes y más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Las limitaciones del sistema de medida quedan definidas en cada tipo de aplicación por la precisión, por la velocidad de captación de la temperatura, por la distancia entre el elemento de medida y el aparato receptor y por el tipo de instrumento indicador, registrador o controlador necesarios; es importante señalar que es esencial una comprensión clara de los distintos métodos de medida con sus ventajas y desventajas propias para lograr una selección óptima del sistema más adecuado.

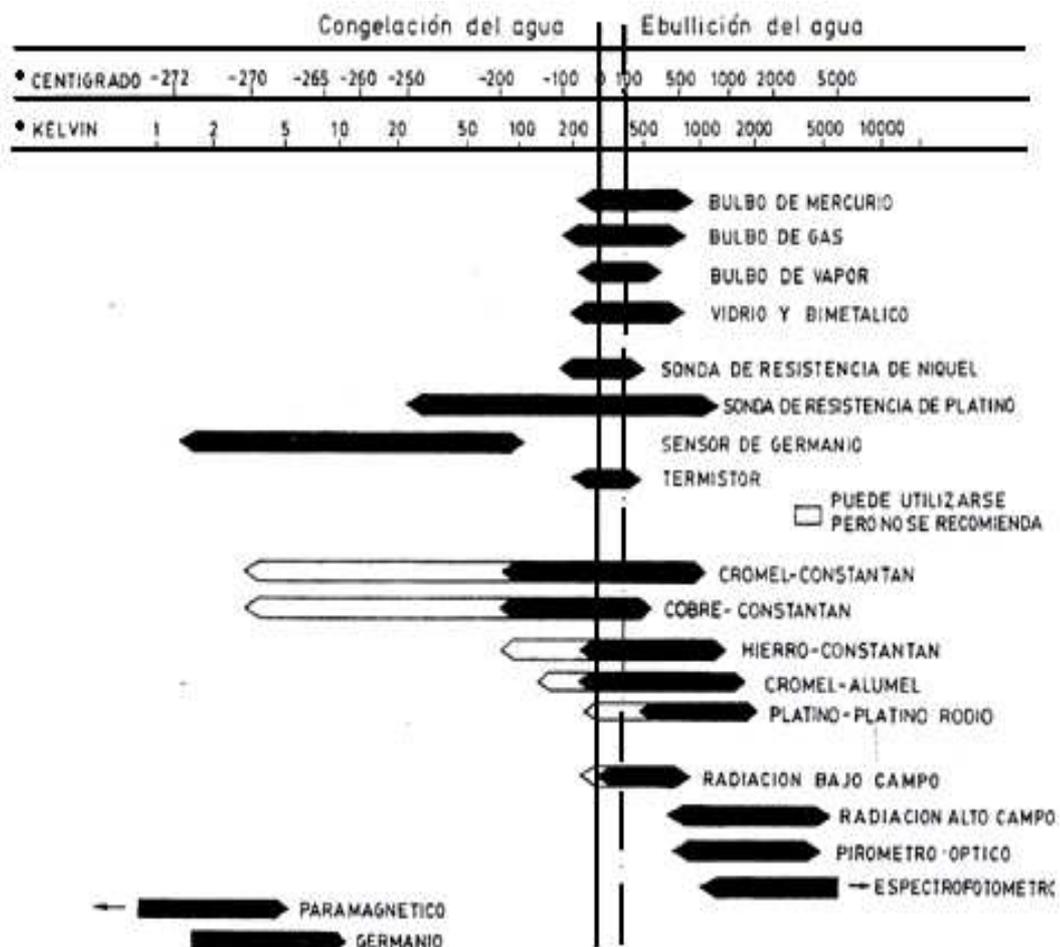


Figura 1.5. Campo de Medida de los Instrumentos de Temperatura.

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

- Variaciones de volumen o en estado de los cuerpos (sólidos, líquidos o gases).
- Variaciones de resistencia de un conductor (sondas de resistencias).
- Variaciones 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 (pirómetros de radiación).
- Otros fenómenos utilizados en laboratorio (velocidad del sonido en un gas, frecuencia de resonancia de un cristal, etc.).

En la figura 1.5, se puede ver los instrumentos de temperatura con sus intervalos de medida.

1.7.1.1. Termopar

Un termopar es un sensor para medir temperatura que consiste de dos metales similares unidos en un extremo, como muestra la figura 1.6, lo que produce un pequeño cambio de voltaje a una cierta temperatura. El termopar es el sensor más comúnmente utilizado en mediciones de temperatura en ambientes industriales.

1.7.1.1.1. Tipos de termopares

Hay varios tipos de termopares conocidos como E, S, T, J, K, B, R y N su composición química varía así como el rango de medidas y características, como se muestra en la tabla 1.1.

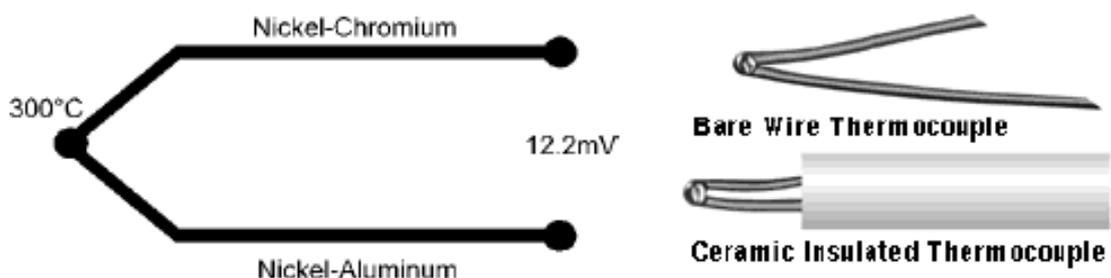


Figura 1.6. Un termopar de dos aleaciones diferentes produce una diferencia de 12.2 mV a una temperatura de 300°C.

Tabla 1.1. Composición, rango de temperaturas correspondientes a distintas Termocuplas.

TIPO	Rango de Medida °C (°F)	Materiales y Aleaciones (+) Vs (-)
B	0 ... +1820 (+32 ... +3308)	Platino-30% rodio Vs. platino-6% rodio
E	-200 ... +1000 (+32 ... +1832)	Níquel-cromo Vs. Cobre-Níquel
J	-210 ... +1200 (-346 ... +2192)	Hierro vs. Cobre-Níquel
K	-200 ... 1372 (-328 ... +2501)	Níquel-Cromo vs. Níquel-Aluminio
N	-200 ... +1300 (-328 ... 2372)	Níquel-Cromo-Silicio Vs. Níquel-Silicio-magnesio
R	-50 ... +1760 (-58 ... +3200)	Platino-13% Rodio Vs. Platino
S	-50 ... +1760 (-58 ... +3200)	Platino-10% Rodio Vs. Platino
T	-200 ... +400 (-328 ... +752)	Cobre Vs. Cobre-Níquel

1.7.2. MEDIDA DE PRESIÓN

La presión es una fuerza por unidad de superficie y pueden expresarse en unidades tales como pascal, bar, atmosferas, kilogramos por centímetro cuadrado y psi (libras por pulgada cuadrada). En el sistema internacional (S.I.) está normalizada en pascal de acuerdo con las Conferencias Generales de Pesas y Medidas que tuvieron lugar en París en octubre de 1967 y 1971, y según la recomendación internacional número 17, ratificada en la III Conferencia General de la Organización Internacional de Metrología Legal. El pascal es 1 newton por metro cuadrado (1 N/m^2), siendo el newton la fuerza que aplicada a un cuerpo de masa 1 Kg, le comunica una aceleración de $a \text{ m/s}^2$.

En la tabla 1.2, se figuran las equivalencias entre las unidades.

Tabla 1.2. Unidades de Presión.

	<i>Psi</i>	<i>Pulg c. de agua</i>	<i>Pulg c. de Hg</i>	<i>Atmosfera</i>	<i>Kg/cm²</i>	<i>mm c. de Hg</i>	<i>Bar</i>	<i>Pa</i>
Psi	1	27,68	2,036	0,0680	0,0703	51,72	0,0689	6894,76
Pulgada c. de agua	0,0361	1	0,0735	0,0024	0,0025	1,868	0,0024	249
Pulgada c. de Hg	0.4912	13,6	1	0,0334	0,0345	25,4	0,0338	3386,39
Atmósfera	14,7	406,79	29.92	1	1,033	760	1,0132	1,013x10 ⁵
Kg/cm²	14,22	393,7	28,96	0,9678	1	735,6	0,98	98066
cm c. de a.	0,0142	0,3937	0,0289	0,00096	0,0010	0,7355	0,0009	98,06
Mm c. de Hg	0,0193	0,5353	0,0393	0,0013	0,0013	1	0,0013	133,32
Bar	14,5	401	29,53	0,987	1,02	750	1	10 ⁵
Pa	0,00014	0,0040	0,0003	0,987x10 ⁻⁵	0,102x10 ⁻⁴	0,0075	10 ⁻⁵	1

La presión puede medirse en valores absolutos o diferenciales. En la figura 1.7, se indica la clase de presión que los instrumentos miden comúnmente en la industria.

Presión Absoluta: Se mide con la relación al cero absoluto de presión (punto A Y A` de la figura 1.7).

Presión Atmosférica: Es la presión ejercida por la atmosfera medida mediante el barómetro. A nivel del mar esta presión se aproxima a 760 mm (29,9 pulgadas) de mercurio absolutos o 14,7 psia (libras por pulgadas cuadradas absolutas) y estos valores definen la presión ejercida por la atmósfera estándar.

Presión Relativa: Es la determinada por un elemento que mide la diferencia entre

la presión absoluta y la atmosférica del lugar donde se efectúa la medición (punto B de la figura 1.7). Hay que señalar que al aumentar y disminuir la presión atmosférica, disminuye o aumenta respectivamente la presión leída (puntos B' y B''), si bien ello es despreciable al medir presiones elevadas.

Presión Diferencial: Es la diferencia entre dos presiones, puntos C y C'.

Vacío: Es la diferencias de presiones entre la presión atmosférica existente y la presión absoluta, es decir, es la presión medida por debajo de la atmosférica (punto D, D' y D''). Viene expresado en mmHg (milímetros columna de mercurio), mmH₂O (milímetros columna de agua), o pulgadas de columna de agua. Las variaciones de la presión atmosférica influyen considerablemente en las lecturas del vacío.

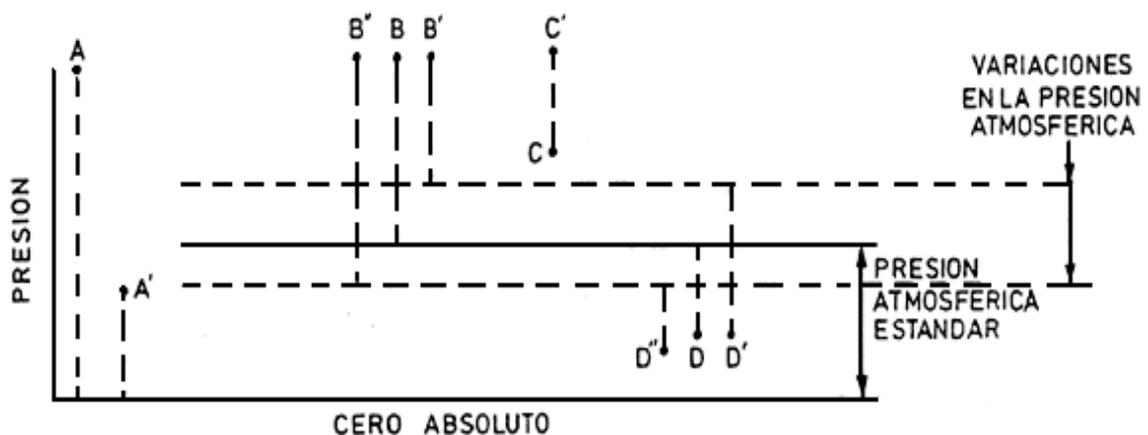


Figura 1.7. Clase de Presiones.

En la figura 1.8, se puede observar los diferentes tipos de instrumentos y su campo de aplicación.

Los Instrumentos de presión se clasifican en cuatro grupos:

1. Mecánicos.
2. Neumáticos.
3. Electromecánicos.
4. Electrónicos de Vacío.

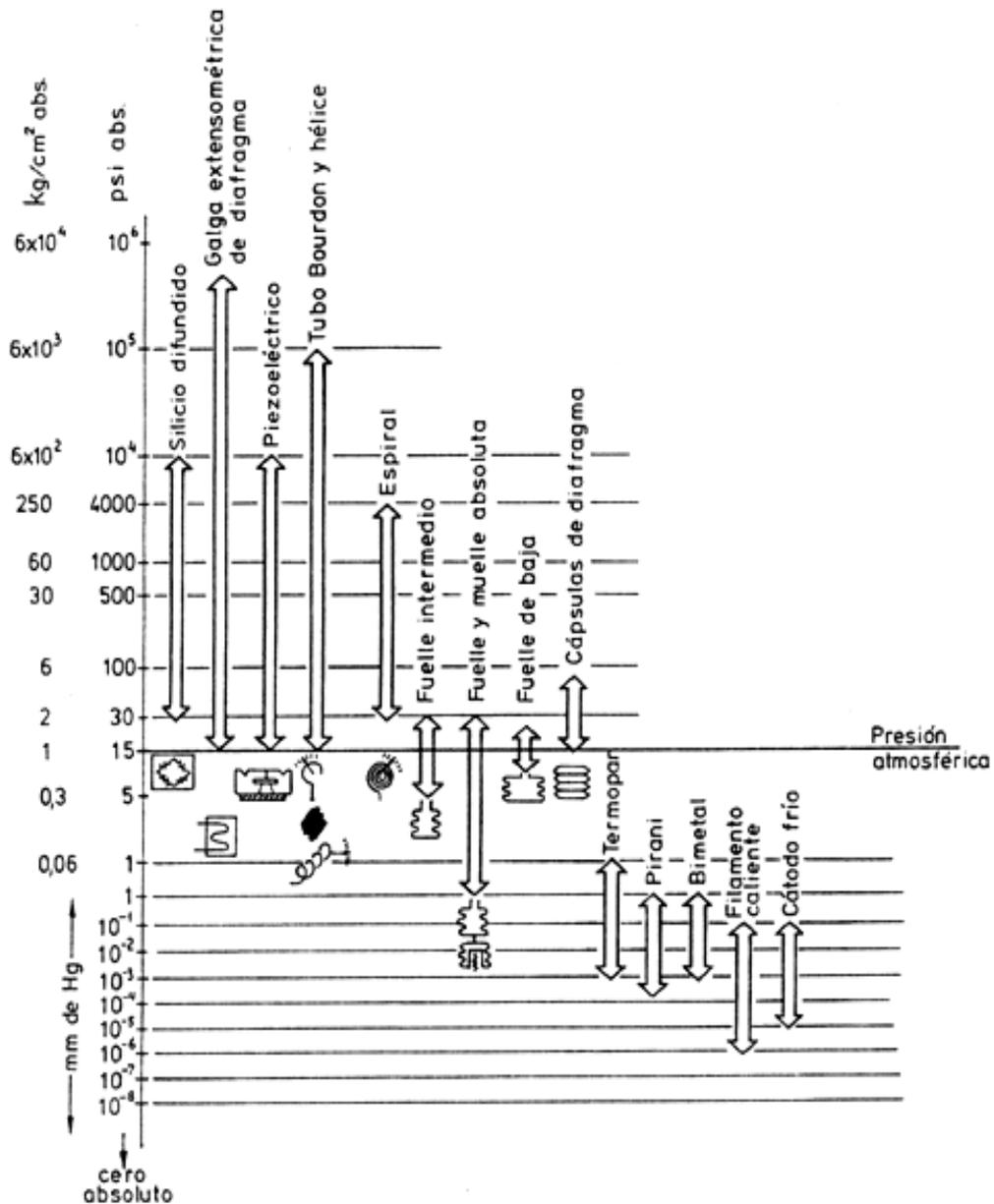


Figura 1.8. Instrumento de Presión y Campo de Aplicación.

1.7.2.1. Transductor de Presión

Los transductores de presión son dispositivos capaces de convertir cualquier tipo de movimiento mecánico, generado por fuerzas de presión, en una señal eléctrica o electrónica para utilizarse en la medición o el control.

Los transductores más comunes convierten estas características físicas en señales eléctricas como voltaje y resistencia, además operan con base en los

principios del extensómetro o los transductores de tipo inductivo, piezoeléctricos, capacitivos, oscilados o de alguna clase similar.

La posibilidad de dar como salida una señal normalizada permite conectar los transductores de presión a cualquier sistema de regulación, lo que ofrece al usuario un sin fin de posibilidades de uso.

1.7.3. COMPONENTES DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS.

La adquisición de datos comienza con el fenómeno físico a ser medida. Este fenómeno físico podría ser la temperatura ambiente, la intensidad de una fuente luminosa, la presión dentro de una cámara, la fuerza aplicada a un objeto, o muchas otras cosas. Entre los componentes de un sistema de adquisición de datos tenemos:

- Sensores y Actuadores.
- Acondicionamiento de las señales.
- Convertidores de Señal
- Análisis y proceso de datos.
- Acciones de Control.
- Comunicación.
- Interfaz de Usuario

1.7.3.1. Transductores/Sensores.

Los transductores son dispositivos que convierten un fenómeno físico, como temperatura, carga, presión o luz a otro. Hay transductores específicos para diferentes tipos de medida según sea su uso, como termopares para la temperatura, prendas de presión para la presión, o micrófonos para el sonido.

Las características de los transductores definen muchos de los requerimientos del acondicionamiento de señales necesario en un sistema DAQ. La Tabla 1.3

muestra un resumen de las características básicas y el acondicionamiento requerido para los transductores más comunes.

Tabla de 1.3. Características eléctricas y requerimientos básicos de acondicionamiento de señales para los transductores más comunes.

Sensor	CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS	REQUERIMIENTOS DE ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES
<i>Termopar</i>	Salida de bajo voltaje Baja sensibilidad Salida no lineal	Sensor de temperatura de referencia (para compensación de unión fría) Alta amplificación Linealización
<i>RTD</i>	Baja resistencia (típicamente 100 ohms) Baja sensibilidad Salida no lineal	Excitación de corriente Configuración de 3 o 4 cables Linealización
<i>Galga Extensiométricas</i>	Baja resistencia Baja sensibilidad Salida no lineal	Excitación de voltaje o corriente Alta amplificación Configuración de puente Linealización Calibración
<i>Salida de corriente</i>	Salida de 4 a 20 mA	Resistencia de precisión
<i>Termistor</i>	Dispositivo resistivo Alta resistencia y sensibilidad Salida no lineal	Excitación de voltaje o corriente con resistencia de referencia Linealización
<i>Acelerómetros activos</i>	Alto nivel de salida de voltaje o corriente Salida lineal	Alimentación de energía Amplificación moderada
<i>LVDTs</i>	Salida de voltaje de AC	Excitación de AC Desmodulación Linealización

Un sensor se puede clasificar según sus diferentes parámetros.

- Según la variable a medir (temperatura, presión).
- Según la transducción (piezoeléctrico, resistivo, fotovoltaico).
- Según la señal que proporcionan (digital, analógica).

Basados en los conceptos anteriores, todo sensor es un transductor, que mide una entrada y nos entrega una salida, que para esta aplicación será de voltaje o corriente.

Los sistemas de adquisición de datos proporcionan entradas para los tipos de sensores más usados o para sensores que proporcionan señales eléctricas analógicas estándar como voltaje (0V a 5V) o corriente (4mA a 20mA) los cuales

proporcionan la salida proporcional a un rango de entrada de la variable física a medirse.

En la figura 1.9, se muestra como es la conversión del un transductor.



Fig. 1.9: Conversión de un transductor.

1.7.3.1.1. *Transmisor*

Es un acondicionador que recibe la señal de un sensor y nos entrega valores normalizados, es decir corrientes de 4-20 mAdc, 0-5 Vdc, 1-5 Vdc, etc.

1.7.3.2. **Actuadores**

Los actuadores o elementos finales de control son dispositivos que actúan sobre el sistema y realizan correcciones a las variables del sistema según lo establecido por el control implementado y según las propiedades del sistema que se está controlando. Los actuadores ampliamente usados son los relés o dispositivos de conmutación como contactores, las electroválvulas neumáticas e hidráulicas, convertidores I/P o de corriente a presión, elementos de conmutación de estado sólido que permitan manipular las señales DC y AC, ventiladores, bombas y motores. Según la variable que se desea controlar y según los requerimientos del sistema los elementos finales de control actuarán en forma única o combinada sobre el sistema para lograr los objetivos de control.

1.7.3.2.1. *Relé*

El relé es un interruptor automático controlado por la electricidad que en función de la variación de una magnitud física o eléctrica, actúa, determinando el

funcionamiento de otro dispositivo, permiten abrir o cerrar un circuito sin la intervención humana.

El relé es un operador que consta de dos partes bien diferenciadas como se muestra en la figura 1.10.

1. Un circuito electromagnético (Electroimán).
2. Un circuito eléctrico o circuito de contactos.

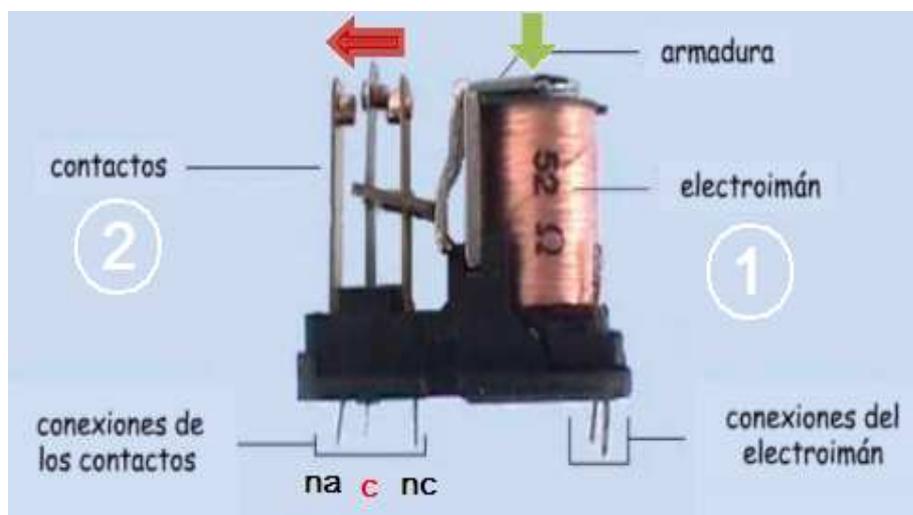


Fig. 1.10. Esquema de un Relé Simple

El relé consta de un solenoide (bobina enrollada en un núcleo ferromagnético) y unos contactos que forman el interruptor. Unos bornes permiten conectar al resto del circuito, tanto el solenoide como los contactos, al aplicar corriente a los bornes del solenoide, este genera un campo magnético, el cual atrae una pieza que al bascular hace que se mueva los contactos móviles. En la figura 1.10, se muestra el movimiento representado por una flecha verde en la parte superior, la cual indica la dirección, que coincide con la dirección en que es atraída la pieza móvil.

Esta pieza, al bascular, empuja al contacto central (marcado con c) en dirección que muestra la flecha roja. El marcador como nc es un contacto normalmente cerrado, así mismo na es un contacto normalmente abierto. Al activar el solenoide cambia la posición de los contactos.

1.7.3.2.2. Electroválvula

Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería.

La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoidal.

Una electroválvula tiene dos partes fundamentales: el solenoide y la válvula, como se muestra en la figura 1.11, el solenoide convierte energía eléctrica en energía mecánica para actuar la válvula. En algunas electroválvulas el solenoide actúa directamente sobre la válvula proporcionando toda la energía necesaria para su movimiento. Es corriente que la válvula se mantenga cerrada por la acción de un muelle y que el solenoide la abra venciendo la fuerza del muelle. Esto quiere decir que el solenoide debe estar activado y consumiendo energía mientras la válvula deba estar abierta. Las electroválvulas pueden ser *cerradas en reposo* o *normalmente cerradas* lo cual quiere decir que cuando falla la alimentación eléctrica quedan cerradas o bien pueden ser del tipo *abiertas en reposo* o *normalmente abiertas* que quedan abiertas cuando no hay alimentación.

Hay electroválvulas que en lugar de abrir y cerrar lo que hacen es conmutar la entrada entre dos salidas, este tipo de electroválvulas a menudo se usan en los sistemas de calefacción.

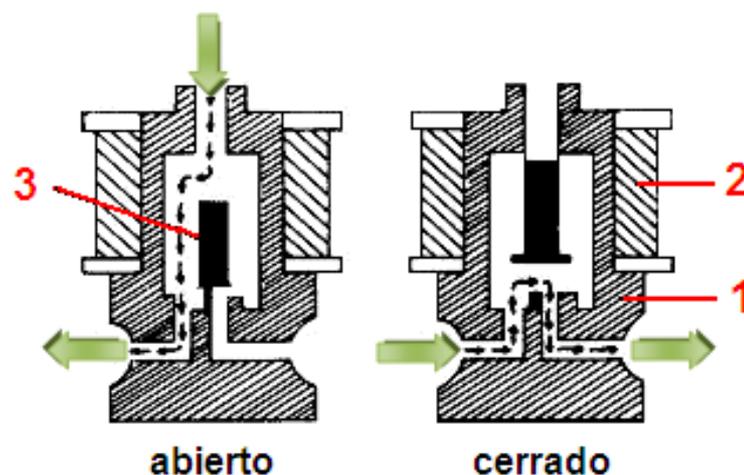


Figura 1.11. Esquema interno de la electroválvula.

1. Válvula.
2. Bobina (Solenoid).
3. Muelle.

1.7.3.2.3. Contactor

Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación con la posibilidad de ser accionado a distancia, en lugar de ser operados manualmente, está compuesto por una parte electromecánica y una parte mecánica, una vez activado, conecta la línea eléctrica con un receptor, (motor, radiador, máquina eléctrica, etc).

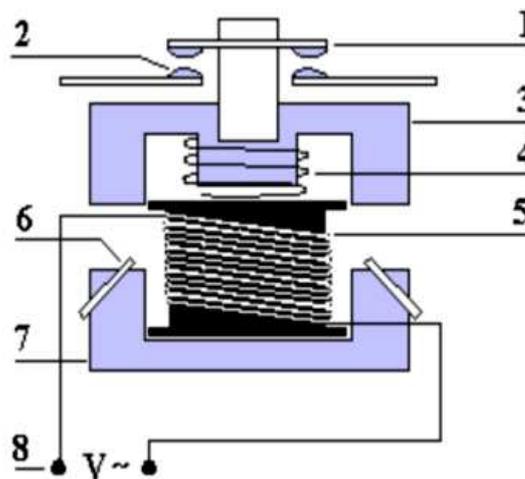


Fig. 1.12. Esquema Elemental de un Contactor.

1. Contactos Móviles.
2. Contactos Fijos.
3. Hierro Móvil.
4. Muelle Antagonista.
5. Bobina.
6. Espira de Sombra (en corriente alterna).
7. Hierro Fijo.
8. Alimentación Bobina.

Cierra y abre contactos merced al desplazamiento mecánico de una pieza que es atraída por un campo electromagnético, creado por una bobina alimentada por

corriente alterna o continua, como se observa en la figura 1.12.

1.7.3.3. Acondicionamiento de Señal

A veces los transductores generan señales demasiado difíciles o demasiado peligrosas para medir directamente con un dispositivo de adquisición de datos.

Por ejemplo, trabajando con altos voltajes, entornos ruidosos, o señales extremas altas y bajas, el acondicionamiento de señal es esencial para un sistema de adquisición de datos eficaz. El acondicionamiento de señal maximiza la exactitud de un sistema, da a sensores la capacidad de funcionar correctamente, y garantiza la seguridad. Algún hardware de adquisición de datos ha integrado la señal que condiciona entonces se puede unir un sensor directamente a un canal de entrada. Existen algunas formas de acondicionamiento tales como:

- Amplificación.
- Aislamiento.
- Linealización.
- Filtrado.
- Multiplexado.

1.7.3.4. Convertidores de Señal

Los procesos, los transductores y circuitos de acondicionamiento entregan señales analógicas, estas señales no son fáciles de guardar, manejar, comparar, calcular o recuperar como una señal de tipo digital. Los ordenadores y microprocesadores trabajan con señales de tipo digital, lo que hace necesario un dispositivo capaz de transformar las señales de analógica a digital o viceversa.

1.7.3.5. Acción de Control

Existen algunos tipos de acciones de control que según la variable y el proceso se aplican en un sistema, en la industria los más usados son:

- De encendido y apagado (On/Off).
- Proporcionales (P).
- Proporcionales Derivativos (PD).
- Proporcionales Integrales (PI).
- Proporcionales Integrales Derivativo (PID).

1.7.3.5.1. Controles On/Off

Un sistema de control de dos posiciones, en muchos casos, es simplemente encendido y apagado. Este tipo de control es relativamente barato y simple, por esta razón es ampliamente usado en aplicaciones industriales y domésticas [5].

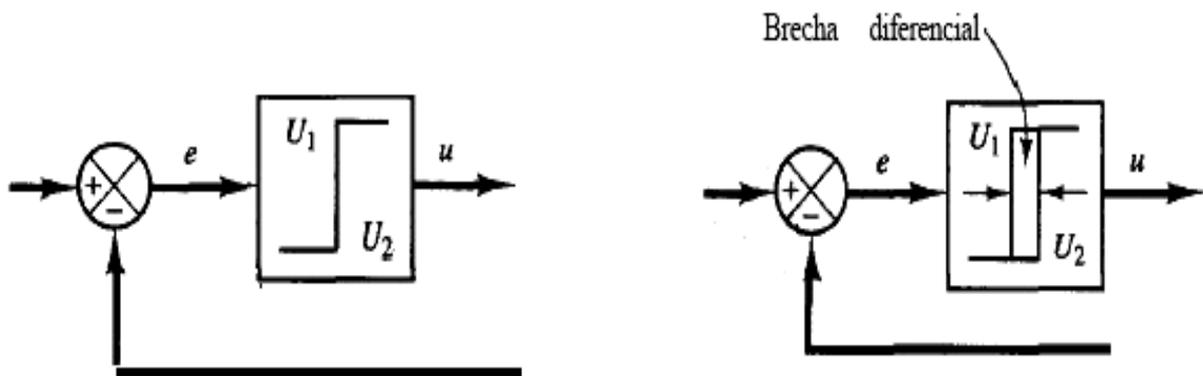


Figura 1.13 Diagrama de bloques de un controlador on/off normal y con brecha diferencial.

En la Figura 1.13 se puede observar que la acción de control se mueve entre dos estados lo que hace que el elemento de control se mueva de un estado fijo al otro.

En muchas ocasiones se requiere que exista una brecha diferencial en este tipo de control para disminuir el número de conmutaciones y aumentar la vida útil del elemento de control o porque el sistema tiene ciertos valores de tolerancia de la variable a controlar, este tipo de control también es denominado control con histéresis.

La respuesta de un sistema a un control con histéresis se puede observar en la Figura 1.14.

Ventajas del controlador ON-OFF

- El controlador es económico.
- Las válvulas de solenoides son también más económicas que los posicionadores incorporados en el elemento de acción final.
- El sistema es confiable.
- Es fácil de instalar y de ajustar.
- Siempre que el ciclo límite pueda tolerarse, un controlador on-off es un candidato a tener en cuenta.

Desventajas del controlador ON-OFF

- Hay una oscilación continua.
- Si es un controlador on-off con histéresis se producen:
 - o grandes desviaciones respecto al punto de consigna.
 - o constantemente se está abriendo y cerrando la válvula.

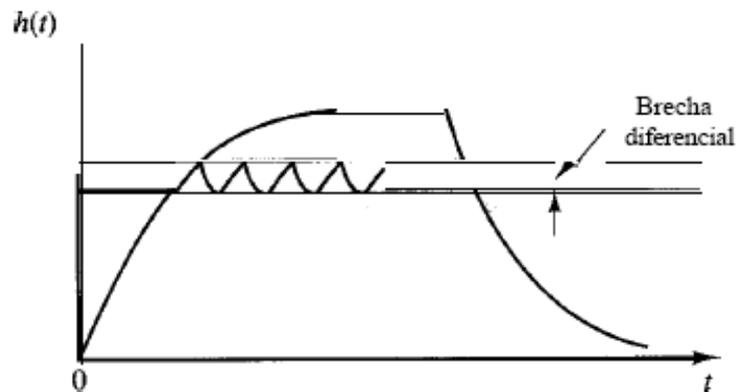


Figura 1.14. Respuesta de un sistema en función del tiempo a una acción de control con histéresis.

1.7.3.5.2. Control Proporcional Integral Derivativo (PID).

Es un mecanismo de control por realimentación que calcula la desviación o error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción

correctora que ajuste el proceso, ver figura 1.4.

El algoritmo de cálculo del control PID se da en tres parámetros distintos:

1. Proporcional (P).
2. Integral (I).
3. Derivativo (D).

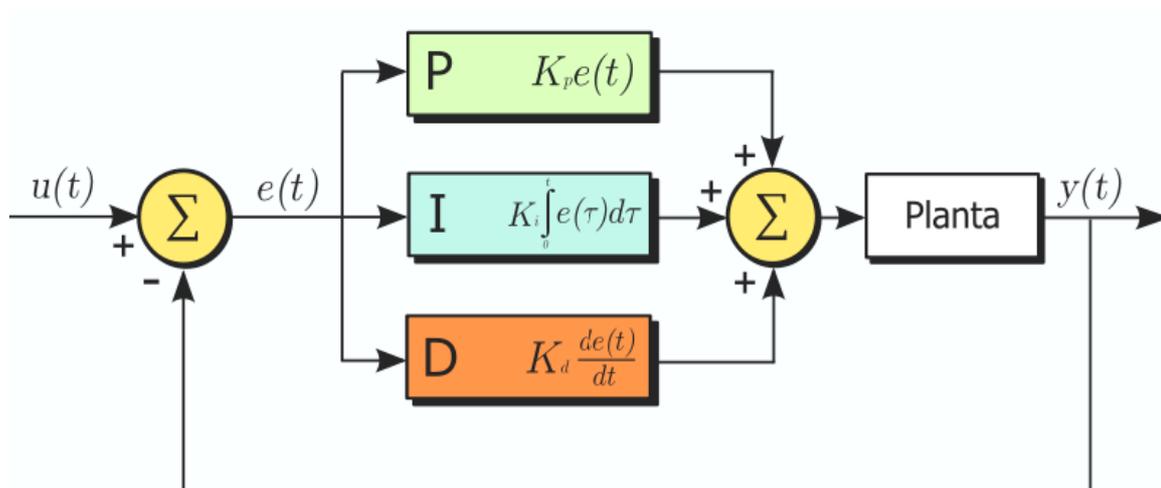


Figura 1.15. Diagrama de Bloques de un Control PID.

1.7.3.6. Comunicación

En un sistema de adquisición de datos se requiere llevar los datos desde la circuitería de adquisición y control hacia el ordenador donde están configuradas las distintas acciones de control. Para estos propósitos se usa diferentes tipos y protocolos de comunicación, en los inicios de los sistemas de adquisición de datos se usaba la comunicación paralela y la comunicación serial RS-232, en la actualidad la comunicación paralela esta en desuso y algunos sistemas aún incorporan comunicación serial RS-232, sin embargo, se han desarrollado otros tipos de comunicaciones, algunos de carácter propietario de los fabricantes de tarjetas de adquisición de datos, otros usan otro tipo de comunicaciones como serial USB, serial PCI, serial RS-245, Modbus, Ethernet TCP/IP, Bluetooth o algún otro tipo de comunicación inalámbrica, por citar algunos ejemplos.

El tipo de comunicación se determina en base a varios criterios, entre ellos la cantidad de datos a transportar, la fiabilidad del sistema, la capacidad de movilidad, la inmunidad al ruido, velocidad de transmisión, capacidad de integración y uno de los más importantes el costo.

Hoy en día es más común el uso de tecnologías de comunicación como la Ethernet TCP/IP en los sistemas de adquisición de datos, ya que la mayoría de las redes de datos en el mundo se basan en este tipo de comunicación y los ordenadores incorporan el hardware, uno de los aspectos fundamentales para esta tendencia es la integración de los sistemas de control y de administración en una sola plataforma, ya que el Internet, la mayor red en el mundo, utiliza este tipo de comunicación lo que vuelve posible la integración de monitoreo y control remoto de los sistemas.

1.7.3.7. Interfaz de usuario

Los sistemas de adquisición de datos poseen medios por los cuales el usuario puede interactuar con el sistema, estas interfaces pueden ser físicas como pantallas, teclados, paneles o puede ser software desarrollado especialmente para estas aplicaciones. El objetivo de la interfaz es brindar el medio por el cual el usuario puede ver el estado del sistema y además configurar las acciones de control necesarias.

1.7.4. CONSIDERACIONES PARA UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Es necesario tomar en cuenta algunas consideraciones para implementar un sistema de adquisición de datos, puesto que de esto depende que el sistema satisfaga las condiciones requeridas.

- Medidas y Tipos de entrada – salida.
- Factor de Forma.
- Factores de Funcionamiento.
- Software y Lenguaje de programación.

1.8. SISTEMAS DE VISUALIZACIÓN

Alrededor de los años sesenta la tendencia en automatización era la de que cada fabricante debía resolver sus problemas de control por sí solo. Quien se encontraba ante un problema de automatización desarrollaba un elemento electrónico específico para solventarlo. Una memoria reducida era lo normal en estos elementos, por lo cual necesitaban comunicarse constantemente con sus sistemas de control centrales para enviar los datos. Incluían una serie de entradas y salidas fijas y utilizaban generalmente lenguajes de programación poco conocidos.

En los años setenta aparece una nueva generación de autómatas de la mano de fabricantes de equipos eléctricos como Siemens, Square-D, o Allen-Bradley.

Los que implementaron autómatas capaces de controlar grandes cantidades de entradas y salidas, ideales para industrias tales como la automotriz.

No se trataba de entornos amigables, por lo cual estos controles estaban diseñados para soportar las condiciones más severas y, por tanto, eran grandes, pesados y muy caros.

Una de las consecuencias de la evolución de la electrónica fue la reducción de los componentes, lo que permitió realizar una disminución progresiva de tamaño, peso y coste en todos los niveles industriales de control. Resultado de esto fue la introducción del micro PLC, en los años ochenta que permitían realizar controles modulares los cuales se adaptaban a las necesidades del momento y venían provistos de sistemas de programación genéricos (ladder o escalera), lo que les deparó un éxito inmediato en todo el ámbito industrial.

1.8.1. SISTEMAS SCADA

Damos el nombre de **Scada** (*Supervisory Control And Data Acquisition* o Control con Supervisión y Adquisición de Datos) a cualquier software que permita el

acceso a datos remotos de un proceso y permita, utilizando las herramientas de comunicación necesarias en cada caso, el control del mismo.

Atendiendo a la definición se observa que no se trata de un sistema de control, sino de una utilidad de software de monitorización o supervisión, que realiza la tarea de interface entre los niveles de control (PLC) y los de gestión a un nivel superior.

Los objetivos para que su instalación sea perfectamente aprovechada son los siguientes:

- Funcionalidad completa de manejo y visualización en sistema operativo windows sobre cualquier PC estándar.
- Sencillez de instalación, sin exigencias de hardware elevadas, fáciles de utilizar, y con interfaces amigables con el usuario.
- Permitir la integración con las herramientas ofimáticas y de producción.
- Fácilmente configurable y escalable, debe ser capaz de crecer o adaptarse según las necesidades cambiantes de la empresa.
- Ser independiente del sector y la tecnología.
- Funciones de mando y supervisión integradas.
- Comunicaciones flexibles para poder comunicarse con total facilidad y de forma transparente al usuario con el equipo de planta y con el resto de la empresa (redes locales y de gestión).

1.8.1.1. PRESTACIONES

El paquete SCADA, en su vertiente de herramienta de interface hombre-máquina, comprende toda una serie de funciones y utilidades encaminadas a establecer una comunicación lo más clara posible entre el proceso y el operador.

Entre las prestaciones más destacadas de una herramienta de este tipo se tiene las siguientes:

1.8.1.1.1. La Monitorización

La monitorización permite la representación de datos en tiempo real a los operadores de la planta.

Hoy en día la mayoría de paquetes SCADA ofrecen librerías de funciones y objetos gráficos que permiten personalizar de manera muy amplia la aplicación que desee realizarse con dicho paquete SCADA.

1.8.1.1.2. La Supervisión

El software SCADA permite supervisión, mando y adquisición de datos de un proceso y herramientas de gestión para la toma de decisiones (mantenimiento predictivo, por ejemplo).

Tienen además la capacidad de ejecutar programas que puedan supervisar y modificar el control establecido y, bajo ciertas condiciones, anular o modificar tareas asociadas a los autómatas, además evita una continua supervisión humana.

1.8.1.1.3. El Mando

El mando permite al operador la posibilidad de cambiar consignas u otros datos claves del proceso directamente desde el ordenador (marcha, paro, modificación de parámetros. etc.).

Se escriben datos sobre los elementos de control.

Cuando hablamos de un sistema SCADA no hay que olvidar que hay algo más que las pantallas que nos informan de cómo van las cosas en nuestra instalación. Tras éstas se encuentran multitud de elementos de regulación y control, sistemas de comunicaciones y múltiples utilidades de software que pretenden que el sistema funcione de forma eficiente y segura.

Las ventajas más evidentes de los sistemas de control automatizado y supervisado (SCADA) podemos enumerarlas a continuación:

- La integración de sistemas es rápida gracias a los sistemas de comunicación estandarizados.
- La tecnología Web permite el acceso desde cualquier punto geográfico a nuestro sistema de control.

1.8.2. ARQUITECTURA DE UN SISTEMA SCADA

El desarrollo del ordenador personal ha permitido su implantación en todos los campos del conocimiento y a todos los niveles imaginables.

Las primeras incursiones en el campo de la automatización localizaban todo el control en el PC y tendían progresivamente a la distribución del control en planta.

De esta manera, el sistema queda dividido en tres bloques principales:

- Software de adquisición de datos y control (Scada).
- Sistemas de adquisición y mando (sensores y actuadores).
- Sistema de interconexión (comunicaciones).

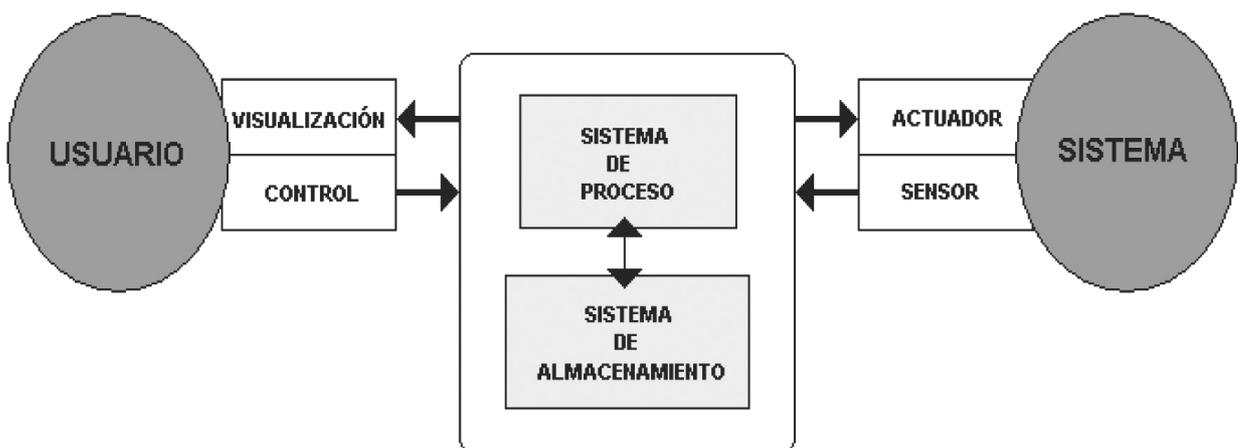


Figura 1.14. Estructura básica de un sistema de supervisión y mando.

El usuario, mediante herramientas de visualización y control, tiene acceso al Sistema de Control de Proceso, generalmente un ordenador donde reside la aplicación de control y supervisión (se trata de un sistema servidor).

La comunicación entre estos dos sistemas se suele realizar a través de redes de comunicaciones corporativas (Ethernet). El Sistema de Proceso capta el estado del Sistema a través de los elementos sensores e informa al usuario a través de las herramientas HMI. Basándose en los comandos ejecutados por el Usuario, el Sistema de Proceso inicia las acciones pertinentes para mantener el control del Sistema a través de los elementos actuadores.

La transmisión de los datos entre el Sistema de Proceso y los elementos de campo (sensores y actuadores) se lleva a cabo mediante los denominados buses de campo.

1.8.2.1. Hardware

Un sistema SCADA, a escala conceptual, está dividido en dos grandes bloques:

- **Captadores de datos:** recopilan los datos de los elementos de control del sistema (por ejemplo, autómatas, reguladores, registradores) y los procesan para su utilización. Son los servidores del sistema.
- **Utilizadores de datos:** los que utilizan la información recogida por los anteriores, como pueden ser las herramientas de análisis de datos o los operadores del sistema. Son los clientes.

Desde una máquina aislada provista de un sistema de captación y presentación de datos, hasta un gran conjunto de sistemas interconectados que se ocupan de la distribución eléctrica en todo un país.

Estos sistemas están formados por los siguientes elementos básicos:

- Interface Hombre-Máquina.
- Unidad Central.
- Unidad Remota.
- Sistema de Comunicaciones.

1.8.2.1.1. Interface Hombre-Máquina (HMI, MHI)

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica.

La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría).

En un principio los paneles sinópticos eran de tipo estático, colocados en grandes paneles plagados de indicadores y luces. Con el tiempo han ido evolucionando, junto al software, en forma de representaciones gráficas en pantallas de visualización (PVD, Pantallas de Visualización de Datos).

En los sistemas complejos suelen aparecer los terminales múltiples, que permiten la visualización, de forma simultánea, de varios sectores del sistema. De todas formas, en ciertos casos, interesa mantener la forma antigua del Panel Sinóptico, pues la representación del sistema completo es más clara para el usuario al tenerla presente y no le afectan los eventuales fallos de alimentación de componentes o de controladores gráficos.

1.8.2.2. El Software

Un programa del tipo HMI se ejecuta en un ordenador o Terminal gráfico y unos programas específicos le permiten comunicarse con los dispositivos de control de planta. Estos programas son lo que se denominan controladores (o *driver*) de comunicaciones.

Una parte del paquete (propia o de terceros) contiene todos los controladores de comunicación entre nuestra aplicación y el exterior, ocupándose de gestionar los

enlaces de comunicación, tratamiento de la información a transferir y protocolos de comunicación (Profibus, AS-i, Can, Ethernet...).

Generalmente la configuración del controlador de comunicaciones se realiza durante la instalación del software principal o como programa de acceso externo al ejecutar la aplicación principal.

Según la importancia del sistema, es posible especializar componentes, realizando tareas exclusivas dentro del sistema de control (servidores de datos, de alarmas, de históricos, de interfase hombre-máquina, etc.).

Una vez los datos de planta se han procesado, pueden transferirse a otras aplicaciones de software, tales como hojas de cálculo o bases de datos. Esto es lo que se denomina gestión de datos, que permite analizar eventos, alarmas, emergencias, etc., ocurridos durante la producción.

1.8.2.2.1. Almacenamiento de datos

Inicialmente los ordenadores estaban muy limitados en sus capacidades de almacenamiento de variables, tanto en cantidad como en tiempo.

Ya en los albores de la automatización se vio la utilidad de poder disponer de datos almacenados sobre un sistema, de manera que se pudiera realizar cualquier tipo de análisis a posteriori como, por ejemplo, históricos.

También aquí se podrían establecer una serie de pasos evolutivos en la técnica de almacenamiento de información

1.8.2.2.2. Bases de Datos

Una base de datos o banco de datos, es un conjunto de datos pertenecientes a un mismo contexto y almacenados sistemáticamente para su posterior uso. En este

sentido, una biblioteca puede considerarse una base de datos compuesta en su mayoría por documentos y textos impresos en papel e indexados para su consulta.

En la actualidad, y debido al desarrollo tecnológico de campos como la informática y la electrónica, la mayoría de las bases de datos están en formato digital (electrónico), que ofrece un amplio rango de soluciones al problema de almacenar datos. Existen programas denominados sistema gestor de bases de datos, abreviado SGBD, que permiten almacenar y posteriormente acceder a los datos de forma rápida y estructurada. Las propiedades de estos SGBD, así como su utilización y administración, se estudian dentro del ámbito de la informática.

Las aplicaciones más usuales son para la gestión de empresas e instituciones públicas. También son ampliamente utilizadas en entornos científicos con el objeto de almacenar la información experimental.

CAPITULO 2

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL SISTEMA

Los equipos de automatismos utilizan productos que facilitan la instalación, el cableado y la conexión de los componentes de automatismo.

Estos productos deben cumplir determinadas normas locales e internacionales además de las normas de seguridad del material y de protección de las personas.

La realización del sistema se divide en 3 fases:

1. Diseño (esquema, elección del material, estudio de implantación.).
2. Construcción (montaje, cableado, ensayos, instalación en el cofre o el armario).
3. Instalación (cableado, conexiones, puesta en servicio).

El objetivo de este capítulo es dar a conocer los componentes para la instalación de los componentes de automatismo, que son los elementos que componen el sistema hermético de refrigeración.

2.1. DISEÑO DEL EQUIPO

La clave para la correcta realización de un equipo de automatismo es el análisis de un pliego de condiciones concretas. Las herramientas que se utilizan para el diseño, el dibujo de los esquemas, la elección de los componentes y su implantación podrán ser diferentes en función de la complejidad de la instalación y del tamaño del proveedor de servicios. Por otra parte, puede ser suficiente la colaboración entre un mecánico y un electricista o un especialista en automatismos cuando se trata de equipar una máquina autónoma simple. Pero la realización de equipos para máquinas más complejas, islotes de producción, dirección de proceso, requiere además que intervengan otros especialistas, como por ejemplo, informáticos industriales.

El sistema hermético de refrigeración, está formado fundamentalmente por dos etapas de diseño bien diferenciadas: Diseño Mecánico y Diseño Electrónico.

Mediante estos dos tipos de diseño, se puede construir un sistema completo que realice de manera adecuada las acciones que el proceso requiera, para esto es necesario conocer la manera de implementar cada uno de ellos.

2.2. DISEÑO DEL MECÁNICO

Para la etapa de diseño mecánico, se ha construido una cámara, la cual consta de una estructura mecánica en la que se encuentran distribuido los componentes que lo conforman, dentro de los cuales se dispone de cuatro equipos esenciales para el sistema de refrigeración como son: compresor, condensador, válvulas de expansión y evaporador además de una bomba de vacío, para la extracción del aire del interior de la cámara.

El compresor es el encargado de forzar mecánicamente la circulación del fluido frigorífero en un circuito cerrado creando zonas de alta y baja presión con el propósito de que el fluido absorba calor en un lugar y lo disipe en otro, con la condensación se logra eliminar el calor absorbido en el evaporador y también la energía entregada al refrigerante en el proceso de compresión, además con la válvula de expansión se regular la entrada en el evaporador del agente refrigerante en su fase líquida, procedente del condensador a través de la correspondiente tubería, conocida como *línea de líquido*.

El refrigerante líquido a alta presión, que procede del depósito de la unidad condensadora, pasa por la válvula de expansión para convertirse en líquido a baja presión, dicha válvula es la divisoria entre las partes de alta y baja presión del sistema y finalmente con la evaporación se extrae el calor del lugar a enfriar, ese calor no deseado es el que produce la evaporación del refrigerante.

Además se cuenta con una bomba de vacío que cumple con la función de extracción de aire del interior de la cámara, para lograr de esta manera que este

sistema sea hermético a presión de vacío.

2.3. DISEÑO ELECTRÓNICO

Para esta etapa de diseño se debe tener en cuenta los procesos y variables a controlar con lo que se podrá montar los diferentes elementos que sean factibles para el sistema. En este apartado, se realizará el dimensionamiento de las protecciones, instalación de sensores, sistema de adquisición de datos y también se describirán los circuitos y equipos utilizados para realizar el sistema de control.

2.3.1. EQUIPO DE ADQUISICIÓN DE DATOS POR MEDIO DEL BUS USB

Aprovechando su alta velocidad, excelente confiabilidad y flexibilidad para ser usados tanto en computadores PC de escritorio, en computadores portátiles o en computadores industriales, los equipos de Adquisición de Datos (DAQ: Data Acquisition) por medio del Bus USB han ganado un espacio muy grande en los sistemas de medición y control de las industrias y de laboratorios en general.

Las Tarjetas de Adquisición de Datos son usadas para diversas aplicaciones en las que ingresen señales analógicas o digitales tales como de voltaje, corriente, temperatura, deformaciones, esfuerzos, resistencia, frecuencia, posición, aceleración, presión, sonido, etc. Puede ser utilizado en pruebas de audio, pruebas automatizadas, comunicaciones, registro de datos, monitoreo de condiciones de máquina, medicina, mecatrónica, ruido, vibración, robótica, etc.

2.3.1.1. DAQ USB-6211

La Tarjeta de Adquisición de Datos (Data Acquisition, DAQ) NI USB-6211, de la National Instruments, perteneciente a la serie M, está conformada por un conjunto de característica que la destaca del resto de modelos.

A continuación se muestra las características esenciales que sobresalen de la DAQ, USB-6211.

- 16 entradas analógicas (16 bits), razón de muestreo de un solo canal a 250 kS/s.
- 2 salidas analógicas (16 bits a 250 kS/s), 4 entradas digitales, 4 salidas digitales, contadores de 32 bits.
- Energizado por bus USB para una mayor movilidad, conectividad de señal integrada.
- USB plug-and-play para detección y configuración automáticas.
- Compatible con LabVIEW, LabWindows/CVI y Measurement Studio para Visual Studio .NET.
- Incluye el software de NI-DAQmx y software interactivo NI LabVIEW SignalExpress para registro de datos.

En el gráfico 2.1, se muestra como está distribuida las conexiones de pines de la USB-6211.

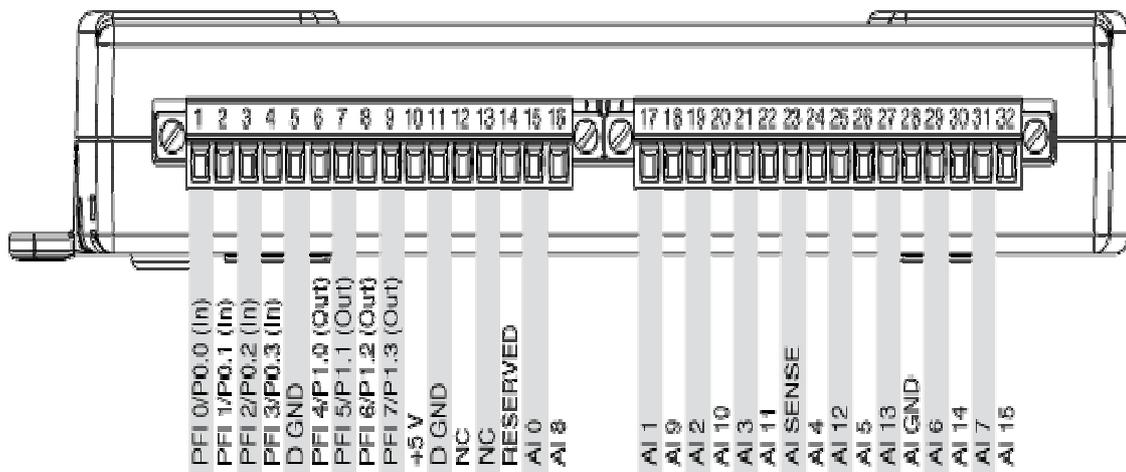


Fig. 2.1. Distribución de la Conexión de Pines de la DAQ/ USB-6211.

Vista Frontal



Vista Lateral



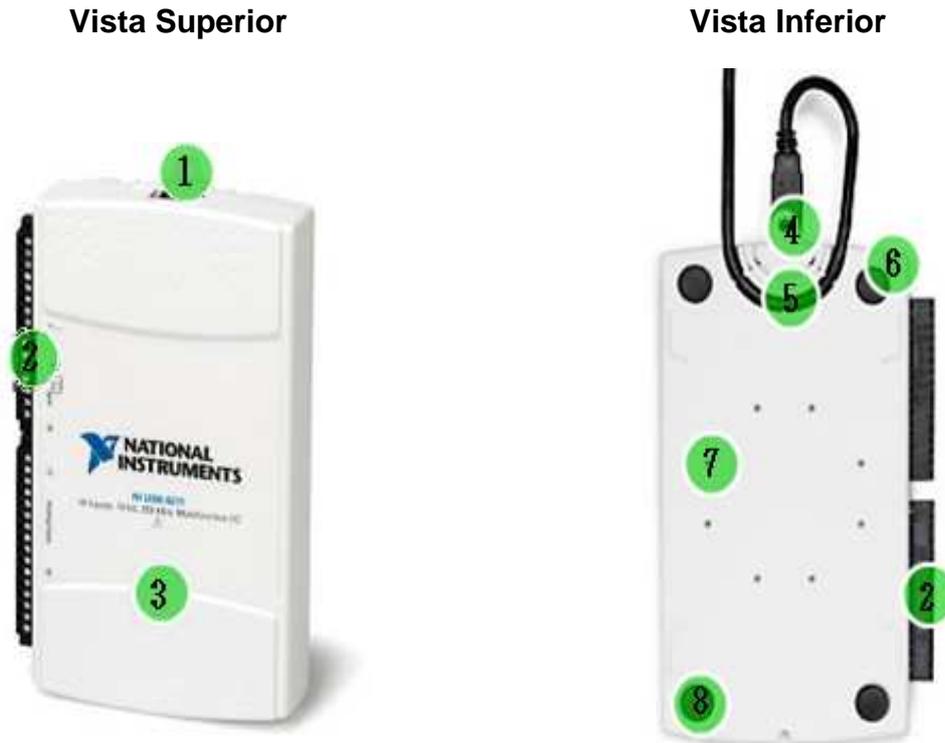


Figura 2.2. Perspectivas de la Tarjeta de Adquisición de datos USB-6211.

1. Panel counting hole.
2. Removable combicon screw terminal connectors.
3. Stackable Enclosure.
4. USB Standard-B-port.
5. USB Standard-B-connector.
6. USB cable strain relief zip tie bar.
7. Screw hole for DIN rail mounting kit (not included).
8. Rubber standoffs.
9. Screw holes for USB-621x accessory kit.
- 10.USB cable strain relief groove.

2.3.1.2. ELEMENTOS UTILIZADOS PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS

Dentro de la cámara de refrigeración se tiene temperatura y presión como variables del proceso, para dichas variables se ha utilizado elementos adecuados para su correcta medición, los cuales se describen a continuación.

2.3.1.3. Termocupla tipo K

Para la medición de temperatura en el interior de la cámara de refrigeración se optó por recurrir a la utilización de una termocupla tipo k, Figura 2.3, que es la más utilizada en la industria, debido a su capacidad de resistir mayores temperaturas que la termocupla Tipo J. Tienen un rango de aplicación -200°C hasta 1372°C o -328°K hasta $+2501^{\circ}\text{K}$, lo cual hace a la termocupla tipo K muy propicia para la aplicación requerida en el presente proyecto.



Figura 2.3. Termocupla Tipo K

Se la puede utilizar en forma continua en atmósferas oxidantes e inertes hasta 1.372°C y constituyen el tipo más satisfactorio de termocupla para uso en atmósferas reductoras o sulfurosas o en vacío. Se la conoce también como termocupla Chromel-Alumel. El Chromel es una aleación de aproximadamente 90% de níquel y 10% de cromo, el Alumel es una aleación de 95% de níquel, más aluminio, silicio y manganeso, razón por la que la norma IEC la especifica NiCr - Ni. Encuentra su aplicación más útil en atmósfera neutra hasta 1372°C . Arriba de 870°C los dos elementos están expuestos a oxidación entre los termopares convencionales de metal base más utilizados.

Las condiciones reductoras ejercen efectos adversos sobre éste termopar; por ello debe evitarse un medio ambiente que contenga hidrógeno, monóxido de carbono u otros gases fuertemente reductores. Posee un código de colores, el que sirve para identificar cual es la polaridad de sus terminales, siendo amarillo para la

polaridad positiva y rojo para la polaridad negativa. Esto es de gran utilidad al momento de conectar sus terminales a las entradas de la Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ), como se muestra en la figura 2.4, la cual se encarga de hacer el acondicionamiento de la señal de voltaje entregada por la termocupla.

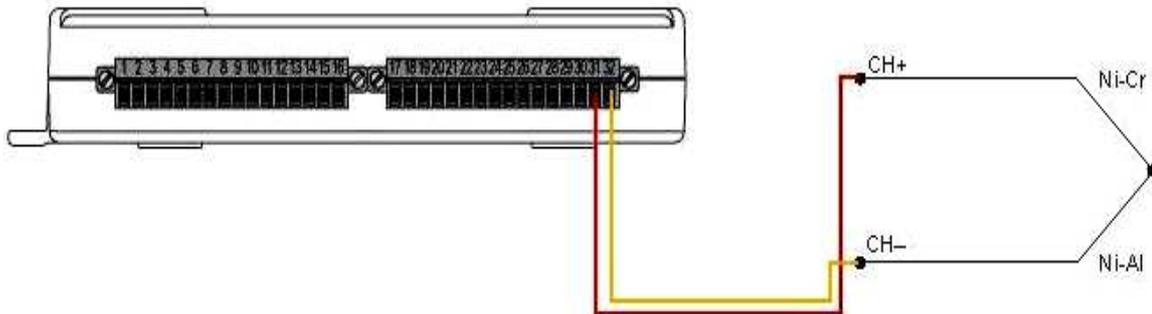


Figura 2.4. Conexión de la termocupla en la DAQ.

2.3.1.4. Sensor de Presión, Serie MPX4115AP

Para censar la presión existente en el interior de la cámara, producida por la extracción de aire de una bomba de vacío, se implementó un sensor de presión de la serie MPX4115AP diseñado para censar presión absoluta de aire, con temperatura de operación de -40° a $+125^{\circ}$ °C, dicho sensor consta los siguientes beneficios:

- Alta precisión de medida.
- Para medir la presión de gases y vapores.
- Compensación de temperatura (-40° a $+125^{\circ}$ °C).
- Diseño compacto.
- Bajo costo.

Tabla 1.4. Características de Operación del Sensor de presión serie MPX4115AP.

CARACTERÍSTICAS	Símbolo	MIN	Típico	MAX	Unidad
<i>Voltaje de Alimentación</i>	Vs	4.85	5.1	5.35	Vdc
<i>Rango de</i>	P	2.2	-	16.7	PSI

<i>Presión</i>					
<i>Voltaje de Salida</i>	V_o	0.2	-	4.8	Vdc
<i>Suministro de Corriente</i>	I_s	-	7.0	10	mAdc
<i>Tiempo de Respuesta</i>	T_r	-	1	-	Ms

El sensor de la serie MPX4115AP, para presión absoluta, se utiliza sobre todas las siguientes aplicaciones:

- Altimetro.
- Barómetro
- Control Industrial.
- Aviación.
- Control de motores.
- Estaciones y Reporte de datos de tiempo.

Un ejemplo de aplicación típico es la medición de la presión de aire en compresores o estaciones compresoras.

La conexión al proceso se la realiza a través de una conexión elaborada específicamente para la aplicación. La conexión eléctrica se establece mediante cables conectores dispuestos en una placa.

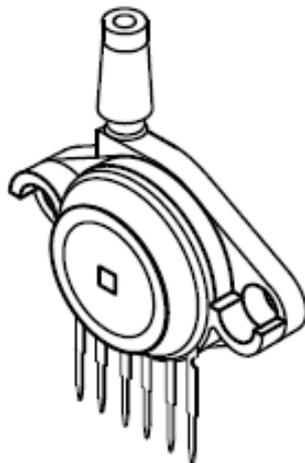
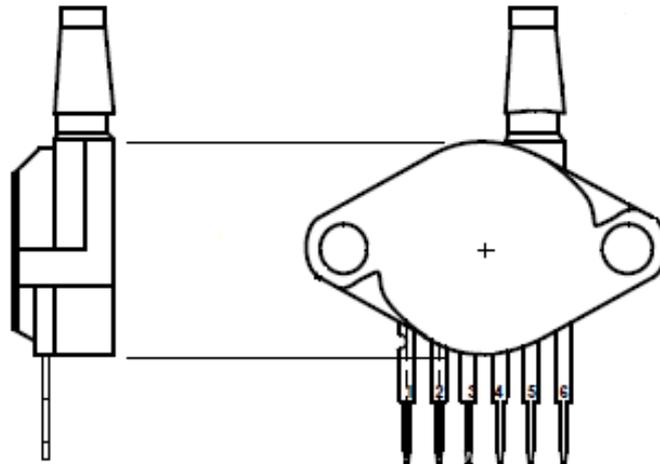


Figura 2.5. Sensor de presión, serie MPX4115AP

2.3.1.4.1. Conexión

Para poner en funcionamiento el sensor de presión, se requiere una conexión específica, figura. 2.6, necesaria para que sus componentes no sufran ningún tipo de averías, con lo que se logra un mayor rendimiento y un incremento en la vida útil del transmisor.



NUMERO DE PIN			
1	Vout	4	N/C
2	Gnd	5	N/C
3	Vs	6	N/C

Figura 2.6. Esquema de conexión del sensor de presión MPX4115AP.

2.3.2. HARDWARE UTILIZADO PARA EL CONTROL DEL SISTEMA

El sistema de control involucra la implementación de un controlador encargado de efectuar las acciones de control para cada uno de los equipos del sistema. A continuación se describe las características del controlador implementado en el proceso.

2.3.2.1. Introducción al PLC Siemens S7-1200

El controlador lógico programable (PLC) S7-1200, figura. 2.7, ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y

amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones. La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, así como circuitos de entrada y salida en una carcasa compacta, conformando así un potente PLC. Una vez cargado el programa en la CPU, ésta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de contaje y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Los módulos de comunicación están disponibles para la comunicación en redes RS-485 o RS-232.

La gama S7-1200 ofrece una gran variedad de módulos de señales y Signal Boards que permiten ampliar las prestaciones de la CPU. También es posible instalar módulos de comunicación adicionales para soportar otros protocolos de comunicación. Para la presente aplicación se analizará específicamente las características principales del PLC SIEMENS S7-1200/CPU 1212C AC/DC relé

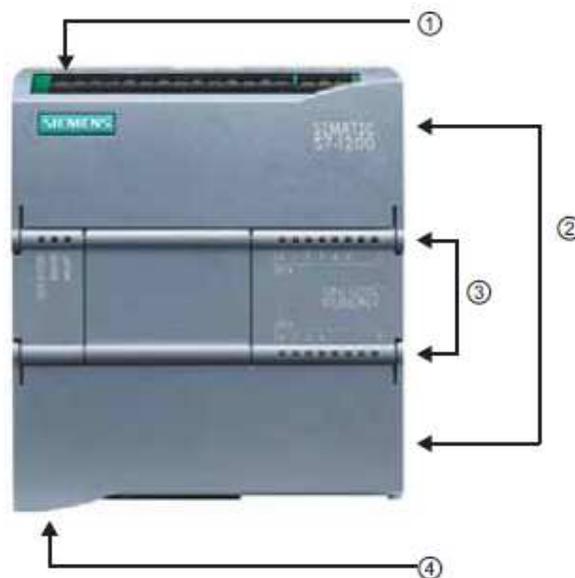


Figura 2.7. PLC SIEMENS S7-1200/CPU 1212C AC/DC relé

1. Conector de corriente.
2. Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas).
Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior).
3. LEDs de estado para las E/S integradas.
4. Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU).

La CPU incorpora una fuente de alimentación interna capaz de abastecer la CPU, los módulos de ampliación y otros consumidores de 24 VDC.

Hay tres tipos de módulos de ampliación:

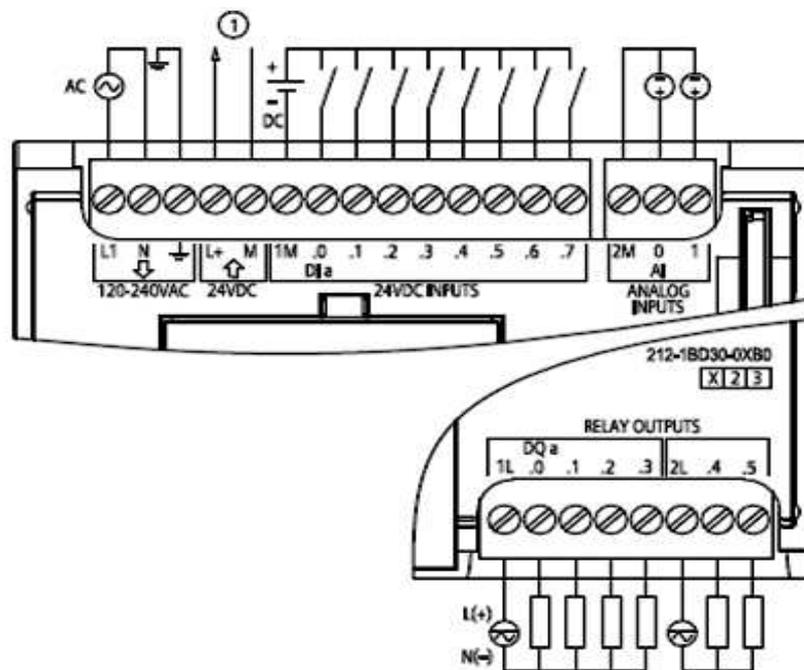
- Signal Board (SB)
- Módulos de Señales (SM)
- Módulos de Comunicación (CM).

En la tabla 1.5, se describe las características principales correspondientes a cada módulo de ampliación del PLC SIEMENS S7-1200/ CPU 1212C AC/DC relé.

Tabla 1.5. Características Principales del PLC SIEMENS S7 – 1200/ CPU 1212C AC/DC RELÉ.

Función		CPU 1212C AC/DC relé
<i>Tensión Nominal</i>		120/230 V AC
<i>Tolerancia</i>		85 V AC a 264 V AC, 47 a 63 Hz
<i>E/S integradas locales</i>	<i>Digital</i>	8 entradas DC/6 salidas de Relé
	<i>Analógico</i>	2 entradas analógicas
<i>Signal Board (SB)</i>		Máximo 1
<i>Módulo de comunicación (CM)</i>		3 (ampliación en el lado izquierdo)
<i>Ampliación con modulo de señales (SM)</i>		Máximo 2
<i>PROFINET</i>		1 puerto de comunicación ETHERNET

2.3.2.1.1. Diagrama de Cableado



① Alimentación de sensores de 24 VDC.

Figura 2.8. CPU 1212C AC/DC relé (6ES7 212-1BD30-0XB0)

2.3.3. HARDWARE UTILIZADO PARA LA PROTECCIÓN DEL SISTEMA

El sistema hermético de refrigeración involucra distintas partes de hardware para cada una de las etapas del sistema, entre los cuales tenemos los elementos de protección, encargados de resguardar la integridad de los equipos eléctricos y electrónicos utilizados dentro del proceso.

A continuación se describen las características más esenciales de los elementos implementados para la protección de los equipos que conforman el sistema.

2.3.3.1. Guardamotores SIRIUS 3RV

Para el resguardo del evaporador se utiliza un guardamotor de la línea SIRIUS 3RV como se muestra en la figura 2.9. Es un aparato de nuevo desarrollo el cual ha sido adecuado eléctricamente y en diseño, para que se puedan realizar, sin

problemas, las derivaciones eléctricas. Un programa claramente estructurado cubre con cuatro tamaños intensidades hasta 100 A, o bien con AC 400 V, potencias en motores trifásicos hasta 45 KW.

Son compactos y con limitación de intensidades, que presentan las siguientes características:

- Protegen circuitos en caso de un cortocircuito.
- Conectan cargas con secuencia de conexión reducida.
- Protegen contra sobrecargas a equipos e instalaciones.
- Desconectan de la red durante los trabajos de mantenimiento o de modificaciones en la instalación.

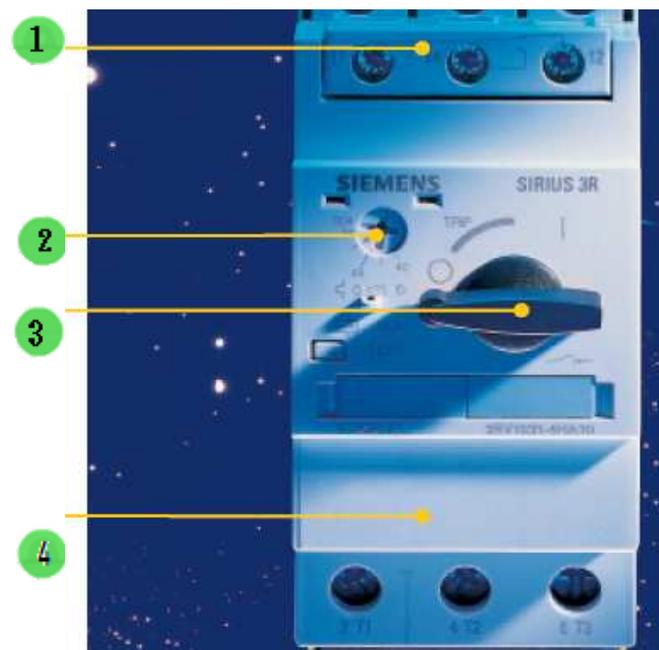


Figura. 2.9. Guardamotor SIRIUS 3RV.

1. Todos los bloques de contactos auxiliares enchufables están previstos para todos los tamaños.
2. Escala de ajuste para la corriente del motor. Continúa siendo válido el margen de intensidades aún para temperaturas ambiente o en tablero de hasta +60°C, incluso para montaje uno junto al otro .

3. Señalización clara de la posición de conexión, mediante el accionamiento rotativo. No sólo indica las posiciones CON y DES, sino también la de DISPARO.
4. Los guardamotores SIRIUS 3RV, a la tensión nominal de AC 400 V, son resistentes a cortocircuitos hasta 50 o bien 100 kA. Puesto que en la práctica no se presentan mayores intensidades en el lugar de su instalación, éstos son apropiados para montaje sin fusibles.

2.3.3.1.1. Protección contra cortocircuitos

Los disparadores de los guardamotores 3RV en caso de un cortocircuito, desconectan de la alimentación el aparato o instalación en donde se presentó la falla. Tienen una capacidad interruptiva de cortocircuito de 50 o bien 100 kA, con AC 400 V.

2.3.3.1.2. Protección de motores

Las curvas características de desconexión de los guardamotores 3RV, se utilizan principalmente para la protección de motores trifásicos. Ajustado a la intensidad del motor, el guardamotor protege contra sobrecargas del motor. El disparador por cortocircuito viene ajustado de fábrica a 12 veces el valor de la intensidad asignada del interruptor, facilitando, por tanto, el arranque del motor sin problemas.

2.3.3.1.3. Protección de la instalación

Los guardamotores 3RV, para la protección de motores, son también apropiados para la protección de instalaciones eléctricas y de sus equipos dentro de la industria.

2.3.3.1.4. Protección de combinaciones de arranque contra cortocircuitos

Las combinaciones de los arrancadores que están constituidas por contactor y

relevador de sobrecarga protegen contra cortocircuitos. Para ello se requiere del guardamotor 3RV, en las combinaciones de arranque, el cual está previsto con una protección por cortocircuito, pero sin disparador de sobrecarga.

En la tabla 1.6, se presentan los modelos existentes de guardamotors 3RV tamaño S00, según el rango de regulación, dentro de la cual se señala el modelo que se utilizó para la protección del evaporador.

Tabla 1.6. Código de Modelos Según Rango de Regulación.

Tamaño S00	
Rango	*
0,11-0,16 A	3RV1011-0AA10
0,14-0,20 A	3RV1011-0BA10
0,18-0,25 A	3RV1011-0CA10
0,22-0,32 A	3RV1011-0CA10
0,28-0,4 A	3RV1011-0EA10
0,35-0,5 A	3RV1011-0FA10
0,45-0,63 A	3RV1011-0GA10
0,55-0,8 A	3RV1011-0HA10
0,7-1 A	3RV1011-0JA10
0,9-1,25 A	3RV1011-0KA10
1,1-1,6 A	3RV1011-1AA10
1,4-2 A	3RV1011-1BA10
1,8-2,5 A	3RV1011-1CA10
2,2-3,2 A	3RV1011-1DA10
2,8-4 A	3RV1011-1EA10
3,5-5 A	3RV1011-1FA10
4,5-6,3 A	3RV1011-1GA10
5,5-8 A	3RV1011-1HA10
7-10 A	3RV1011-1JA10
9-12 A	3RV1011-1KA10

2.3.3.2. Contactor 3RT

Los aparatos de maniobra de baja tensión de la nueva generación SIRIUS 3R de marca SIEMENS, figura 2.10, constituyen un sistema modular completo, capaces de operar en condiciones de trabajo extremas, provistos además de las mayores seguridades posibles para su manipulación.

Los contactores 3RT10 están capacitados para su utilización a temperatura ambiente hasta 60° C, también dispuestos uno junto al otro, sin reducción de intensidades. La acumulación de calor en el tablero de control es sensiblemente menor, debido a las pequeñas pérdidas de potencia de los equipos.



Figura 2.10. Contactor 3RT

2.3.3.2.1. Seguridad

Con sus 2 millones de ciclos de maniobras para la categoría de servicio AC-3, los contactores de la generación SIRIUS 3R muestran una confiabilidad de servicio especialmente elevada. Los contactores principales y auxiliares cumplen, sin limitaciones, las condiciones para la apertura forzosa, según las directrices de prevención de peligros de la Entidad de Seguros Contra Accidentes Suiza (SUVA) y las normas de seguridad para el accionamiento de prensas de la Industria del Metal (ZH1/457). Los contactores SIRIUS 3R son utilizables a nivel mundial y cumplen todas las prescripciones relevantes.

Para la protección contra intensidades peligrosas en el cuerpo humano ofrecemos, de acuerdo con las exigencias según la norma DIN VDE 0106 parte 101, la “separación segura” entre la bobina y los contactos, internamente en los contactores. En todas las ejecuciones hay integrada una protección contra accesos involuntarios para todos los componentes en contacto con la tensión.

2.3.3.3. Breaker Electromagnético

Para garantizar la protección del PLC S7-1200, se ha optado por escoger un disyuntor o breaker electromagnético unipolar conectado directamente a la línea de 110 V, para cortar simultáneamente la alimentación de la CPU S7-1200, de todos los circuitos de entrada y de todos los circuitos de salida.

El disyuntor o breaker de marca SIEMENS está capacitado para interrumpir o abrir el circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor, dispuesto en la Tabla. 1.7, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos.

Tabla 1.7. Capacidad de interrupción del Disyuntor Termomagnético.

Alimentación (50/60 Hz)	NBR – NM 60 898 (Icu - kA)	NBR – IEC 60 947-2 (Icu - kA)	UL 489 (kA)
220 – 127 V	5	5	-
380 – 220 V	3	4.5	-
240 – 120 V	-		7.5

CERTIFICADO CONF. NBR NM 60 896.

A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios. En la figura 2.11, se muestra un disyuntor o breaker electromagnético monopolar marca SIEMENS

con voltaje de alimentación 220/127 V, 5A a 60 Hz, conforme requiere la aplicación.



Figura 2.11. Disyuntor Electromagnético Monopolar SIEMENS.

2.3.3.4. Relé Electromecánico

Este dispositivo de protección es utilizado como un circuito de protección externa, colocada en la salida del PLC que controla el evaporador. Se lo implementa con el propósito de prolongar la vida útil de dicho contacto, ya que el rendimiento de este varía con respecto a los demás, debido a que la carga requiere de una elevada corriente de arranque para su funcionamiento, ocasionando el deterioro o daño de su correspondiente salida. Por tal razón se coloca dicho dispositivo adaptado a la carga para evitar daños irreparables al contacto del PLC.

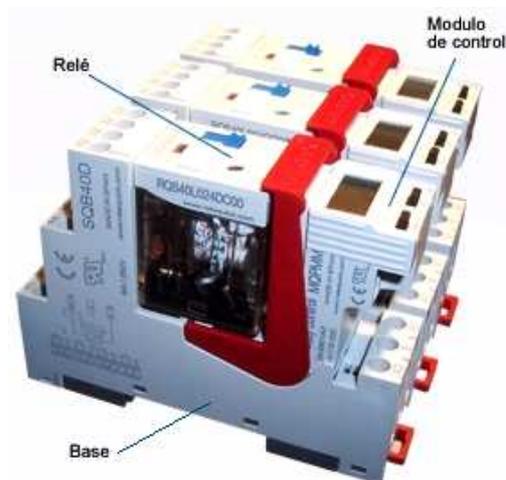


Figura 2.12. Estructura del Relé Electromecánico.

La bobina del relé es alimentada con un voltaje nominal de 110/220 V a 60Hz, posee cuatro salidas a 110/220 V a 60Hz. En la figura 2.13, se muestra el diagrama de conexión de entrada y salida del relé electromagnético.

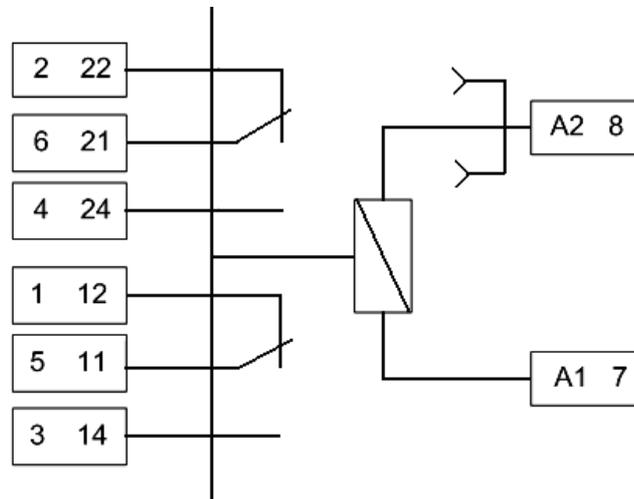


Figura 2.13. . Diagrama de Conexión relé electromecánico.

2.3.4. MONTAJE DEL HARDWARE DE ADQUISICIÓN, CONTROL Y PROTECCIÓN DEL SISTEMA.

Una vez descritos los elementos a implementar en el proceso, se procederá a explicar el proceso de montaje tanto del hardware de adquisición, control y protecciones del sistema, los cuales son instalados en el interior de un tablero de control.

2.3.4.1. Tablero de Control.

Para proteger el material de los choques, de la intemperie y para que resista las condiciones de uso más extremas de la industria, los equipos son montados en un tablero, en dicho tablero se alojan los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro del sistema.

El tablero de control es fabricado en chapa de acero plegada y soldada, las puertas llevan refuerzos verticales con taladros separados por espacios de 25 mm. Se articulan en unas bisagras de acero inoxidable, invisibles y reversibles.

Tanto una junta de caucho aplicada en todo el contorno de la puerta como la forma triangular del borde del tablero, que al mismo tiempo sirve como canalón, está equipado con una placa perforada. Existe una gran variedad de accesorios para el montaje. Los tableros metálicos ofrecen las siguientes ventajas:

- Resistencia.
- Grosor de la chapa: de 12 a 20/10 de mm.
- Puertas reforzadas con bisagras de acero inoxidable.
- Resistencia a los choques 20 julios (grado 9).
- Pintura texturizada.
- Seguridad.
- Apertura de la puerta con llave de seguridad.
- Un solo punto de maniobra con 1 o 2 puntos de enganche.

La fabricación del tablero eléctrico de control cumple criterios de diseño y normativas que permite su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados. En la Figura. 2.14, se muestra la estructura externa de un gabinete o tablero de control.



Figura. 2.14. Tablero Metálico.

2.3.4.2. Fijación de los aparatos

De forma general, es conveniente adoptar el siguiente principio para fijar y montar los equipos sobre bastidores o chasis: todos los aparatos deben poder fijarse o montarse por el frente ya que en la mayoría de los casos, los equipos se presentan en cofres, y resultará más cómodo modificar o añadir aparatos si se puede acceder a las fijaciones por delante.

En la Fig. 2.15, se muestran varios ejemplos de montaje de aparatos.

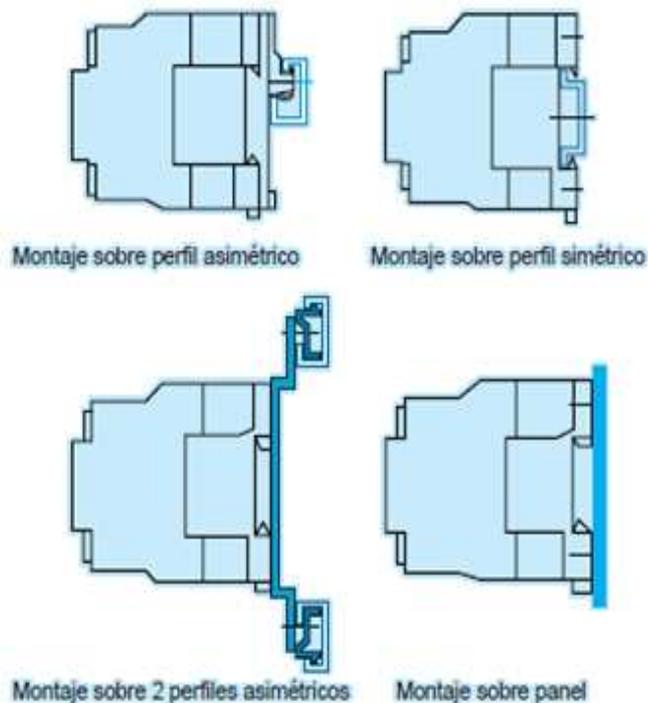


Figura 2.15. Montaje del PLC

2.3.4.3. Cableado mediante el esquema de circuitos

Para el cableado tanto del circuito de potencia como del de control, se lee la referencia de las bornas del aparato en el esquema de circuitos y se realizan las conexiones de sección adecuada entre las referencias correspondientes en el equipo.

2.3.5. HARDWARE UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE VISIÓN Y MONITOREO.

Para el sistema de adquisición de imagen, se utilizó una cámara web marca Genius Eye 312, figura 2.16, con el propósito de monitorear el estado de los equipos que se encuentran en el interior de la cámara de refrigeración al momento del proceso, esta webcam internamente tiene una matriz de sensores CMOS de 300k con una resolución de adquisición de hasta 8M. Además como elemento adicional y a la vez esencial, se colocó un sistema de protección que consiste en una caja la cual permite a la webcam soportar los niveles de temperatura y presión existentes en el interior de la cámara de refrigeración.



Figura. 2.16. Cámara utilizada para la adquisición de Imagen

A más del sistema óptico, otra parte fundamental en el sistema de visión, es la iluminación. Para el presente proyecto se utilizó iluminación difusa para eliminar sombras. Como fuente luminosa se utilizó una lámpara tipo tortuga con luminaria fluorescente de 11W, como se muestra en la figura 2.17, distribuida uniformemente en la parte interna de la cámara de refrigeración.

Adicionalmente se utilizó tornillos como elemento de soporte para ajustar la lámpara a la pared interna de la cámara de refrigeración.



Figura 2.17. Lámpara tipo Tortuga utilizada para la Iluminación.

2.3.6. HARDWARE UTILIZADO PARA EL SISTEMA DE MONITOREO VÍA INTERNET.

Para realizar el monitoreo a través de internet, fue necesario instalar un adaptador de USB a Ethernet, debido a que la portátil utilizada en el presente proyecto, sólo posee un puerto de interface Ethernet, en el cual ya se encuentra instalada la comunicación del PLC con la portátil. Por tal razón se requirió añadir un puerto Ethernet adicional.

2.3.6.1. Adaptador de USB a Ethernet

Este adaptador de USB a Ethernet, Figura 2.18, es la forma más sencilla de añadir conectividad de red a una computadora portátil o computadora de escritorio. Sólo se necesita conectar el adaptador a cualquier puerto USB disponible y se puede tener la capacidad de red en cuestión de minutos, sin la molestia de abrir la caja del ordenador para instalar una tarjeta.

Este adaptador posee las siguientes características.

- Permite conectarse a una red de área local (LAN) o a internet como cualquier adaptador de red.
- Interface de máxima velocidad para ordenadores de escritorio y portátiles.
- Velocidad de red de 10 o 100Mbps automático.

- Alta velocidad de hasta 12 MB/s.
- Interface / Puertos: 1 x RJ-45.
- Cumple con las normas IEEE802.3 10BASE-T y IEEE802.3u 100BASE-TX.



Figura 2.18. Adaptador de USB a Ethernet

CAPITULO 3

DISEÑO DE LA INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA

3.1. INTRODUCCIÓN

En la industria es muy común encontrar procesos controlados por medio de un HMI (Human Machine Interface) con el propósito de mejorar la operación y supervisión de diversas máquinas que existen en la actualidad, que permiten al operador, interactuar para la configuración, la supervisión y el control diario del sistema automatizado.

Un sistema HMI representa la interfaz entre el hombre (operador) y el proceso (máquina/instalación); mientras que el autómata posee, generalmente, el verdadero control sobre el proceso. Se podría decir que existe una interfaz interactiva entre el operador y el software HMI (panel de operador) y una interface de comunicación entre este software y el autómata.

En su forma más común, un sistema HMI permite:

Representar procesos: El proceso se representa en el panel de operador y cambia periódicamente en función del estado de las variables asociadas. Si se modifica por ejemplo un estado en el proceso, se actualizará la visualización en el panel de operador.

Manejar procesos: El operador puede interactuar con el proceso a través de la interfaz gráfica de usuario. Por ejemplo, el operador puede especificar y modificar el valor de un parámetro en el autómata.

Emitir avisos: Si durante el proceso se producen estados de proceso críticos, automáticamente se emite un aviso (por ejemplo, si se sobrepasa un valor límite especificado).

Archivar valores de proceso y avisos: El sistema HMI puede archivar avisos y valores de proceso, de esta forma se puede documentar el transcurso del proceso y, posteriormente, también será posible acceder a anteriores datos históricos de producción.

Documentar valores de proceso y avisos: El sistema HMI permite visualizar avisos y valores de proceso en informes; de este modo podrá, por ejemplo, emitir los datos de producción una vez finalizado el turno.

Administrar parámetros de proceso y parámetros de máquina: El sistema HMI permite almacenar los parámetros de proceso y de máquina en "Recetas". Dichos parámetros se pueden transferir, por ejemplo, desde el panel de operador al autómatas en un solo paso de trabajo para que la producción cambie a otra gama de productos.

Para realizar esta interfaz de comunicación hombre maquina se utilizan distintos software que permiten visualizar el proceso en un computador, algunos de los programas más utilizados en la industria son: LOOKOUT, LABVIEW, INTOUCH, cada uno de estos tiene sus propias características ya que se fabrican por diferentes empresas.

En el presente proyecto se emplea el software LABVIEW 2009 de National Instruments que se caracteriza por su sencillez y fácil aprendizaje, sin que ello le reste potencia y solidez en su misión principal que es el control y la adquisición de datos.

En este capítulo se detalla sobre el algoritmo desarrollado para el PLC y el desarrollo de la interfaz hombre - máquina (HMI) donde se visualizará las gráficas de temperatura y presión, además se podrá observar el interior de la cámara mediante una cámara web.

En la Figura 3.1 se muestra que el sistema hermético de enfriamiento tiene los siguientes componentes:

- Un PLC SIMATIC S7-1200 que se encarga del control de la máquina, su programación se realiza a través del programa STEP7- MICRO/WIN.
- Una PC para la adquisición de datos actuales en LabVIEW y para el interfaz hombre máquina (HMI) a través del LABVIEW 2009.
- Una DAQ USB 6211 para la adquisición de los datos de temperatura y presión.
- Sensores de temperatura y sensor de presión para la medición de temperatura y presión del sistema hermético de enfriamiento respectivamente.
- Contactores para el control de la bomba, del grupo condensador-evaporador-ventilador.
- Electroválvula para el control del paso de aire del sistema hermético de enfriamiento hacia el medio.

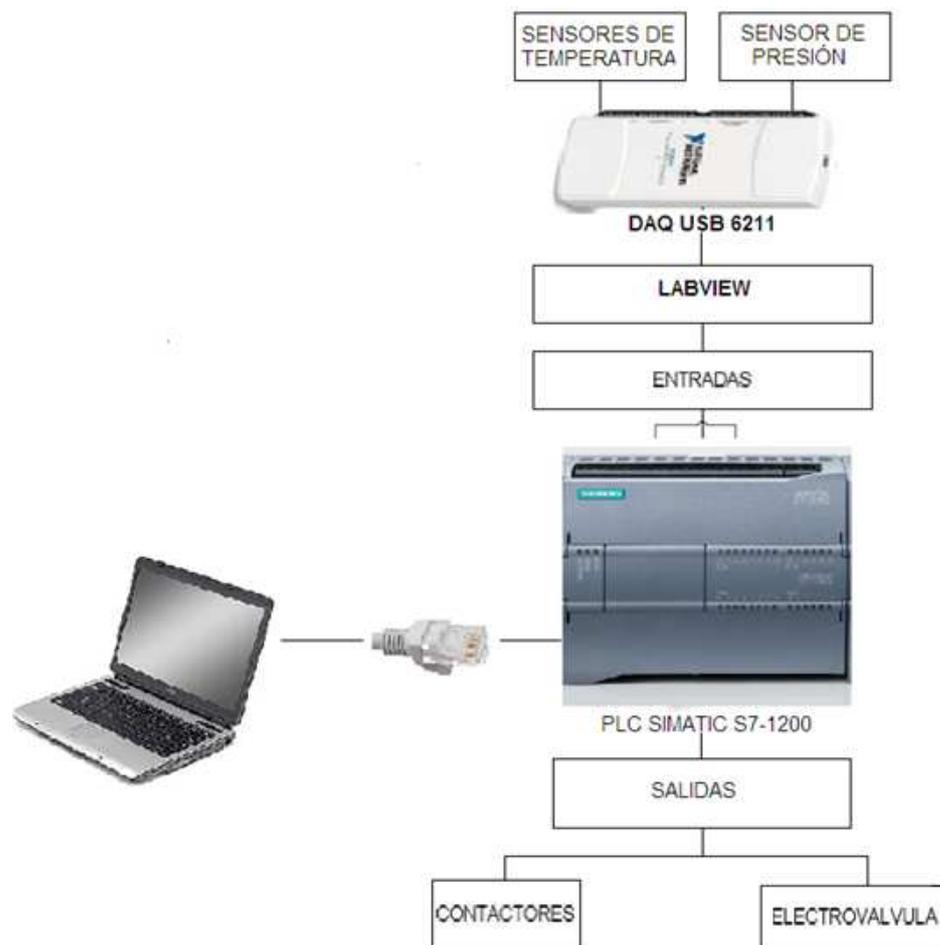


Figura 3.1 Componentes del HMI

En la Figura 3.2 se muestra que se necesita lograr una comunicación entre las diferentes áreas, donde se nombra paso **A** la comunicación que debe existir entre la PC y el PLC visto desde el punto del usuario, es decir si el usuario elige que quiere encender la electroválvula la PC enviará una señal hacia el PLC la cuál será interpretada por este. El siguiente tipo de comunicación es el que debe existir entre el PLC y el Medio (paso B), es decir, una vez que el PLC interpreto la señal que la PC le envió es necesario enviar una señal hacia el medio, esta señal debe enviarse a partir de algunas de las salidas del PLC y el medio debe recibirla y ejecutarla en este caso será encender electroválvula.

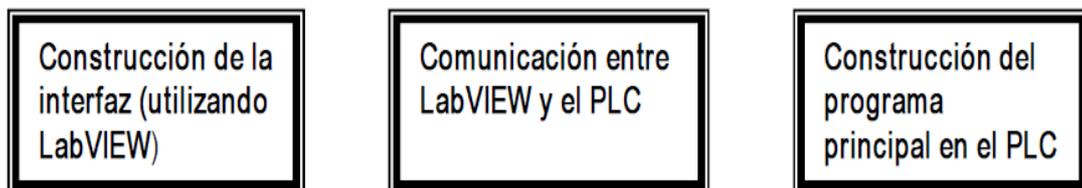


Figura 3.2 Etapas de comunicación entre las áreas

A continuación se detalla los diferentes paquetes computacionales que se utilizaron para la realización de los programas para la creación de la interfaz hombre-máquina, luego se explica el funcionamiento y las pantallas utilizadas en la misma.

3.2. PROGRAMA DESARROLLADO EN EL PLC

Se refiere al programa que rige las funciones que realizará el PLC SIMATIC S7–1200 para controlar y alimentar los contactores y la electroválvula por medio de relés. Este programa, mediante comunicación Ethernet, recibe las instrucciones enviadas desde LabVIEW, por medio de las variables compartidas con el PC Access. El programa desarrollado controla el encendido y apagado de la bomba, del grupo (compresor, evaporador, ventilador), electroválvula e iluminación.

Los diagramas de flujo de los programas desarrollados y que logran ejecutar las acciones mencionadas anteriormente se explican a continuación.

3.2.1. CONTROL DE LA BOMBA

En la Figura 3.3 se muestra el diagrama de flujo del control de la bomba. Este programa permite controlar el encendido y apagado de la bomba, en primer instancia se debe correr el programa del PLC (modo RUN) para luego esperar por la señal: **BOMBA** que es enviada desde LabView para realizar la acción correspondiente, ya sea el encendido o apagado de la bomba, en este lazo se mantendrá hasta que el modo RUN se apague.

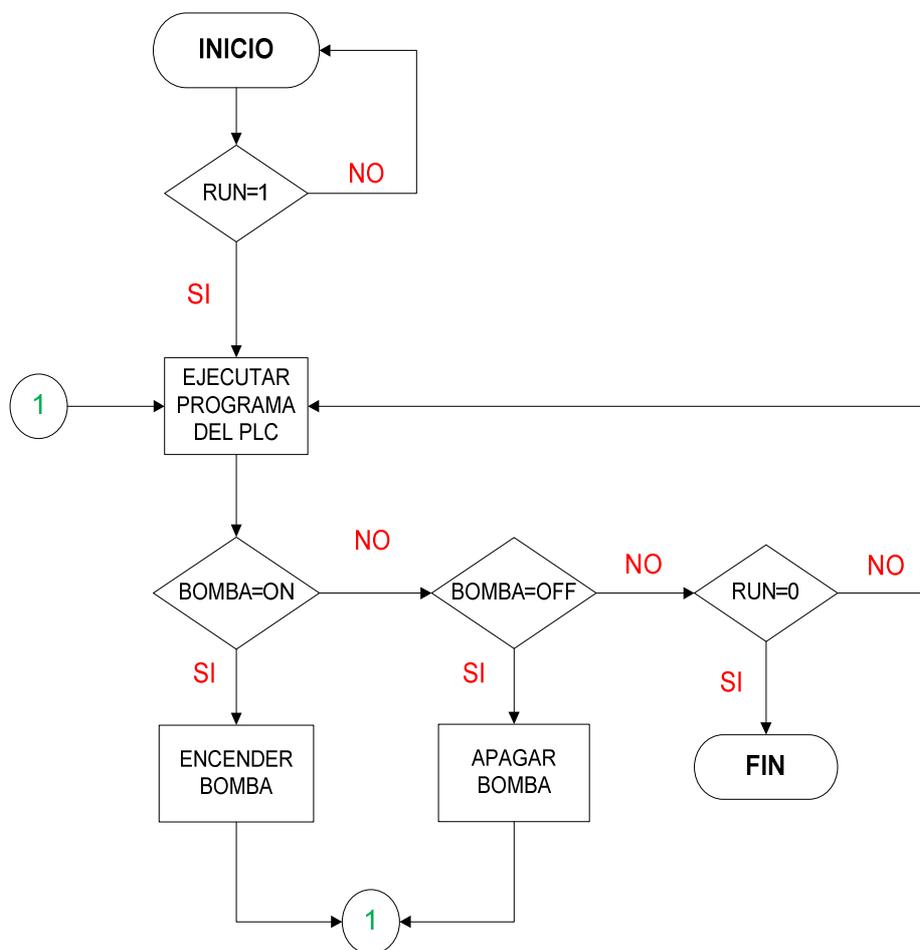


Figura 3.3 Diagrama de flujo del control de la bomba

3.2.2. CONTROL DE LA ELECTROVÁLVULA

En la Figura 3.4 se muestra el diagrama de flujo para el control de la electroválvula. El programa permite controlar el encendido y apagado de la electroválvula, donde primero se corre el programa del PLC (modo RUN) para

luego esperar por la señal: **ELECTROVÁLVULA** que es enviada desde LabView para realizar la acción de encendido o apagado de la misma, en este lazo se mantendrá hasta que el modo RUN se apague.

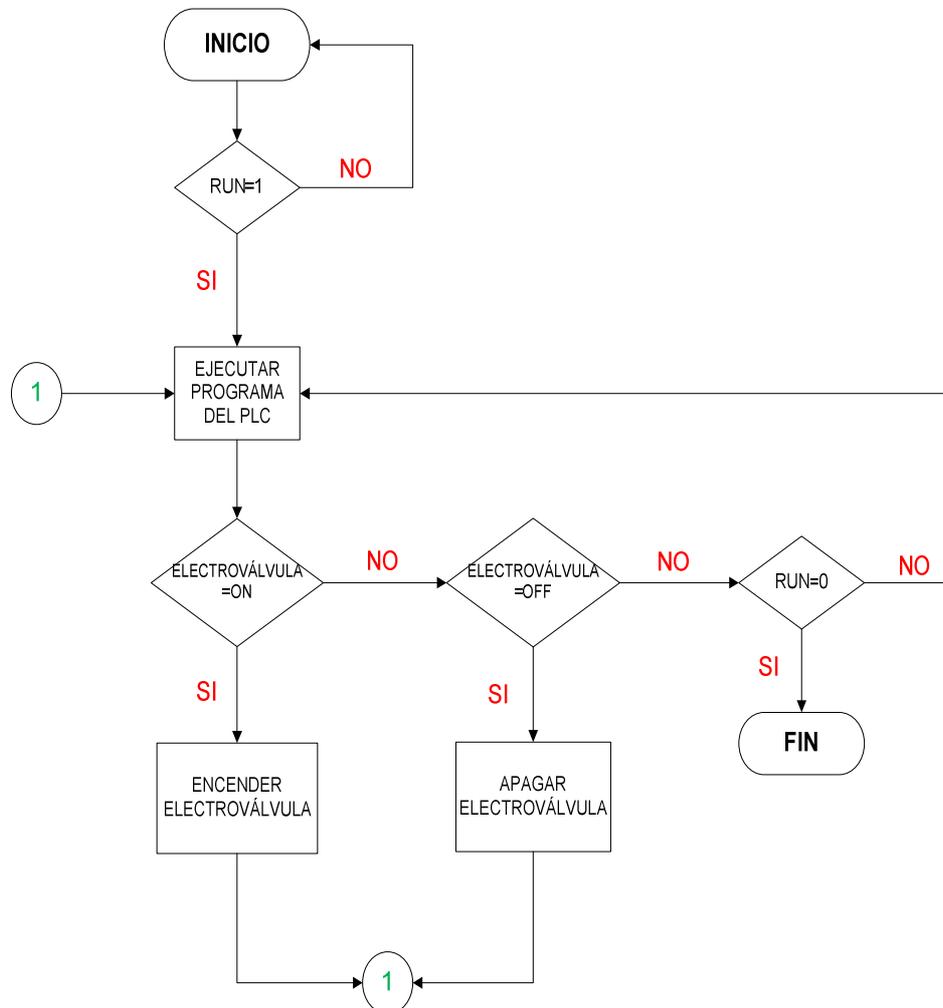


Figura 3.4 Diagrama de flujo del control de la electroválvula

3.2.3. CONTROL GRUPO CONDENSADOR/EVAPORADOR/ VENTILADOR

En la Figura 3.5 se muestra el diagrama de flujo del control del grupo condensador/evaporador/ventilador. El programa controla el encendido y apagado del grupo formado por: el condensador, el evaporador y el ventilador, inicialmente se corre el programa del PLC (modo RUN) para luego esperar por la señal: **GRUPO** que es enviada desde LabView para realizar la acción correspondiente, de encender o apagar todo el conjunto, en este lazo se mantendrá hasta que el modo RUN se apague.

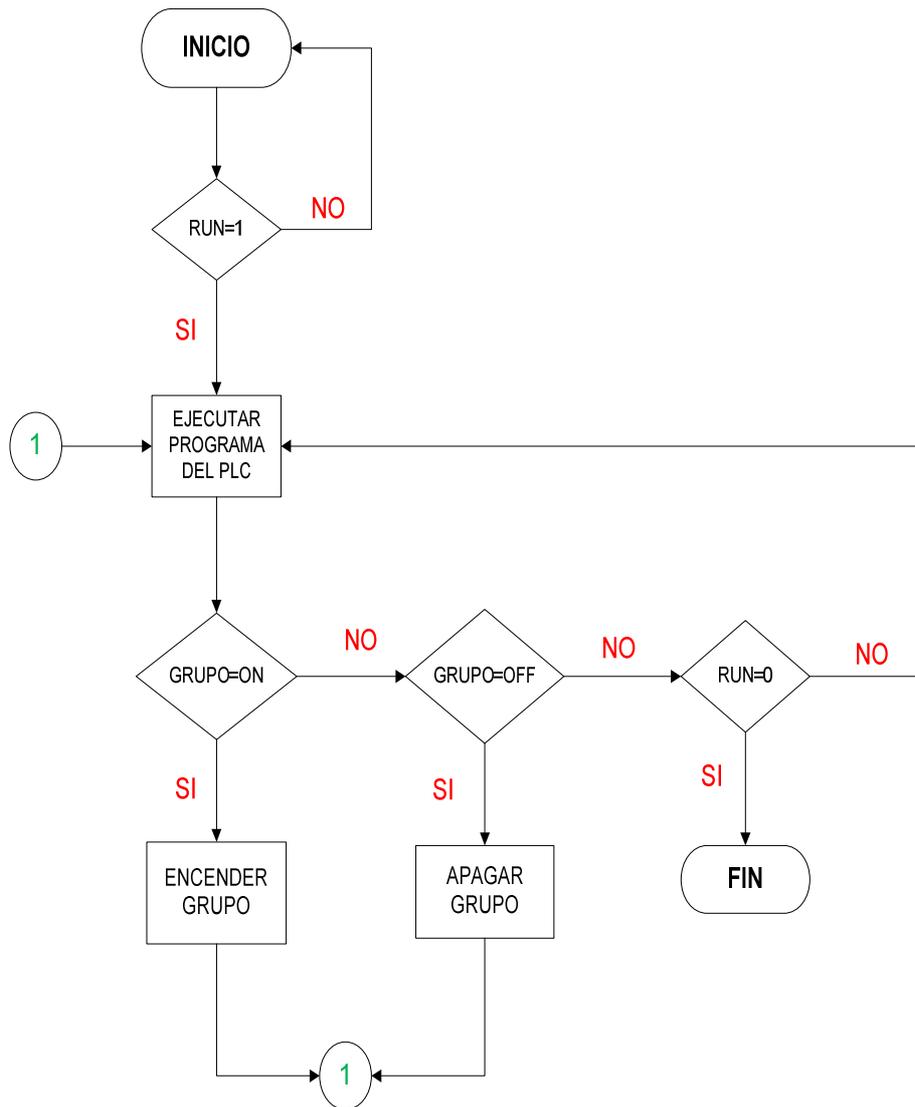


Figura 3.5 Diagrama de flujo del control del grupo condensador/evaporador/ventilador

3.2.4. CONTROL DE LA ILUMINACIÓN

La Figura 3.6 muestra el diagrama de flujo del control de la iluminación. El programa controla el encendido y apagado de la iluminación del interior del sistema hermético, inicialmente se corre el programa del PLC (modo RUN) para luego esperar por la señal: **VIDEO** que es enviada desde LabView, la cual ejecuta el vi monitoreo y enciende la iluminación, cuando el usuario selecciona la opción **INICIO** o **DATOS** se ejecuta el vi principal o el vi control de datos y se apaga la iluminación respectivamente, en este lazo se mantendrá hasta que el modo RUN se apague.

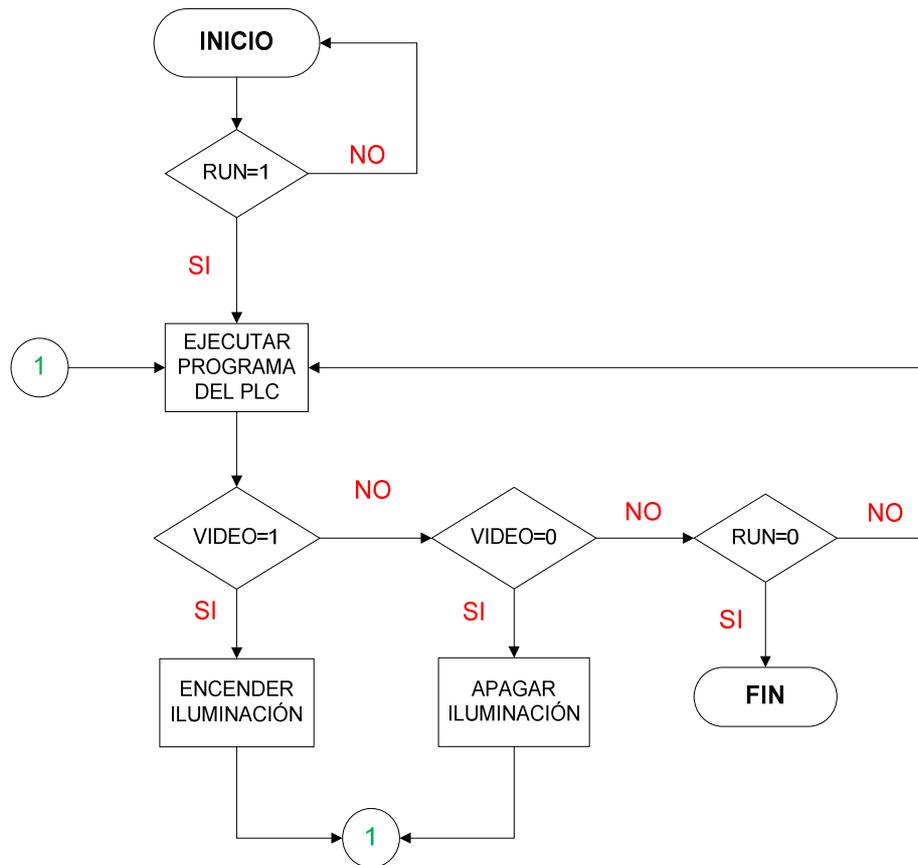


Figura 3.6 Diagrama de flujo del control de la iluminación

3.3. COMUNICACIÓN PC/PLC MEDIANTE PC S7 – 200 ACCESS

Se puede establecer una conexión entre un PC Access y el PLC del S7-1200. Sin embargo, hay una serie de restricciones que hay que tener en cuenta debido a que el PC Access se desarrolló originalmente para acceder a un PLC de la gama S7-200:

- Sólo se puede acceder a variables contenidos en un bloque de datos del PLC del S7-1200 ya que el S7-200 sólo tenía un solo bloque de datos.
- El bloque de datos en el PLC del S7-1200 tiene que no ser simbólico. No se debe marcar la opción de "Sólo acceso simbólico" cuando se cree el DB1 como se muestra en la Figura 3.7.

Por lo tanto los pasos que se deben seguir para establecer la comunicación entre

el LabView 2009 y el PLC S7- 1200 son:

- Crear tags en un bloque de datos en STEP 7.
- Crear un proyecto de PC ACCESS y acceder a los tags.
- Crear un enlace con el PLC.
- Conectar LabView 2009 al PLC utilizando un servidor I/O.

3.3.1. CREAR TAGS EN STEP 7

Para crear tags en el PLC del S7-1200 se ha de seguir las siguientes instrucciones:

3.3.1.1. Añadir un bloque de datos a un proyecto

Navegar en el "árbol del proyecto" y pulsar sobre el elemento "Añadir nuevo bloque". Pulsar sobre el botón de "Bloque de datos (DB)". Quitar la selección de "Sólo acceso simbólico". Pulsar en el botón "Aceptar" como en la Figura 3.7.

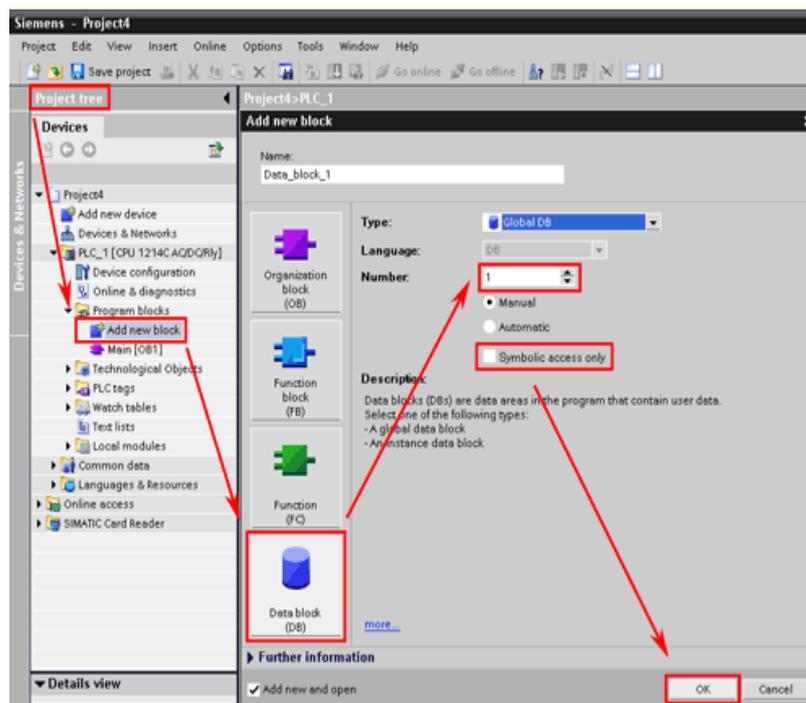


Figura 3.7 Añadir un bloque de datos

3.3.1.2. Asignar los tags en STEP 7

Hacer doble click sobre el bloque de datos. Añadir los doce tags siguientes bajo "nombre" y "tipo de dato" y darles un "valor inicial". En la Figura 3.8 se muestra los tags añadidos al proyecto.

- IN0: "Bool"; "False"
- IN1: "Bool"; "False"
- IN2: "Bool"; "False"
- IN3: "Bool"; "False"
- IN4: "Bool"; "False"
- IN5: "Bool"; "False"
- IN6: "Bool"; "False"
- OUT0: "Bool"; "False"
- OUT1: "Bool"; "False"
- OUT2: "Bool"; "False"
- OUT3: "Bool"; "False"

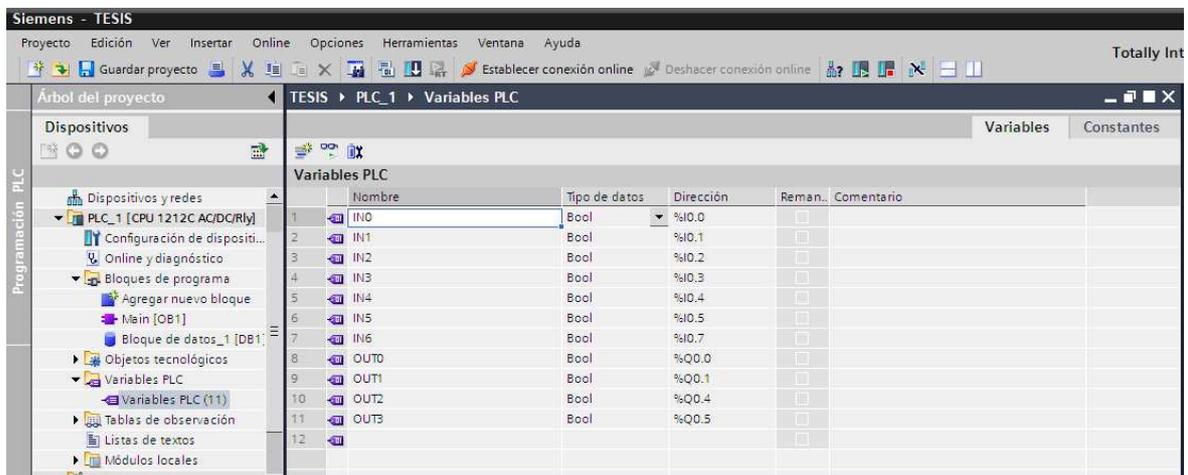


Figura 3.8 Asignación de tags

Pulsar sobre el elemento "Guardar proyecto" en la barra de herramientas. Transferir el proyecto pulsando sobre el botón de transferencia que se encuentra en la barra de herramientas.

3.3.2. CREAR UN PROYECTO DE PC ACCESS Y ACCEDER A LOS TAGS

Seguir estas instrucciones para establecer una conexión entre el PC Access y el PLC del S7-1200 para acceder a los datos del PLC.

3.3.2.1. Crear un proyecto

Navegar por la barra de menú y seleccionar "Archivo > Nuevo". Se creará un proyecto nuevo como se muestra en la Figura 3.9.

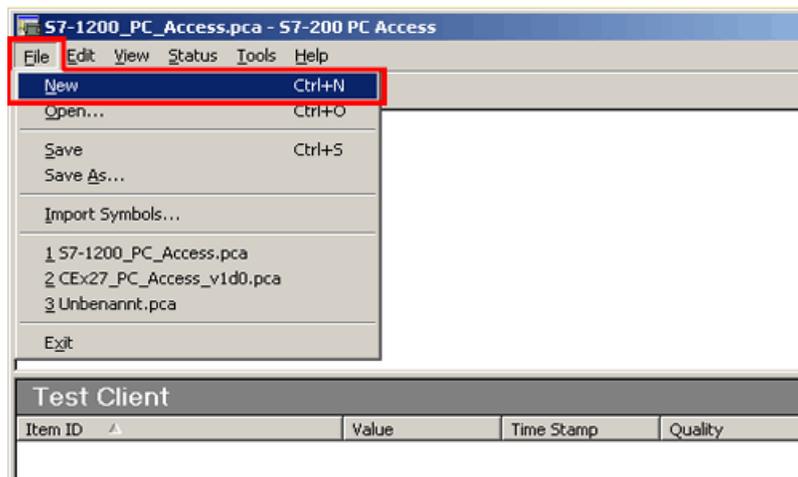


Figura 3.9 Crear un nuevo proyecto

3.3.2.2. Añadir un PLC

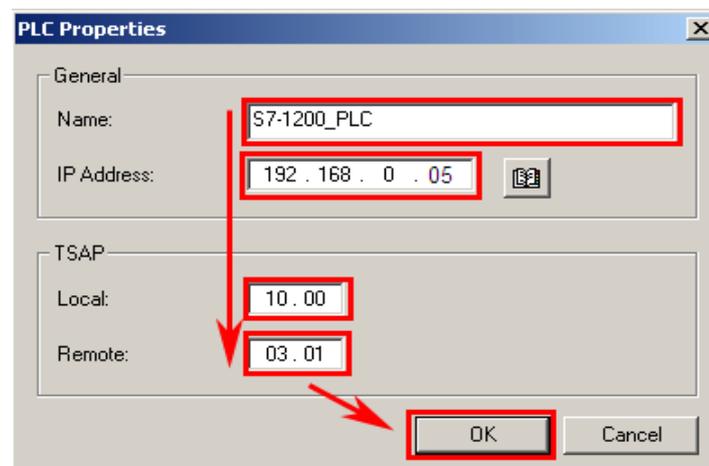


Figura 3.10 Añadir un nuevo PLC

Seleccionar la entrada "MicroWin (TCP/IP)" en el "árbol del proyecto". Navegar por la barra de menú y seleccionar "Editar > Nuevo > PLC". Se añadirá un objeto "NuevoPLC" y se abrirá la ventana del cuadro de diálogo "Propiedades del PLC" del nuevo PLC. Introducir los siguientes parámetros en los campos de entrada de esta ventana:

- Nombre: "S7-1200_PLC"
- Dirección IP: "192.168.0.11" (dirección IP del PLC del S7-1200)
- TSAP Local: "10.00." (TSAP en el PLC del S7-1200)
- TSAP Remoto: "03.01." (TSAP del PC Access)

Pulse el botón "Aceptar" como en la Figura 3.10.

3.3.2.3. Añadir un elemento

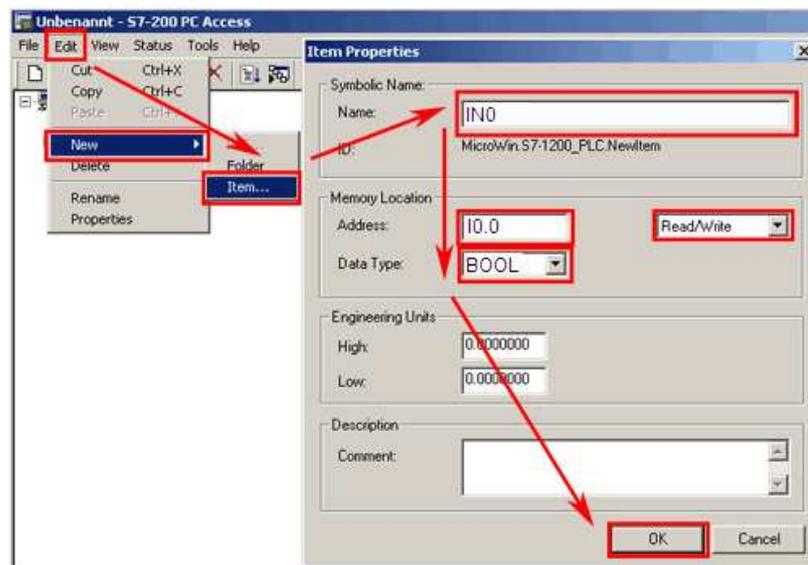


Figura 3.11 Añadir un nuevo elemento

Marcar sobre el PLC del S7-1200 en el "árbol del proyecto". Navegar por la barra de menú y seleccionar "Editar > Nuevo > Elemento". Se abrirá la ventana del cuadro de diálogo "Propiedades de elemento".

Para acceder a datos en el PLC del S7-1200 hay que realizar los siguientes pasos:

- Introducir un nombre de elemento en el campo de entrada "Nombre:".

- Introducir la dirección de la variable en el campo de entrada "Dirección:".
- Seleccionar el tipo de dato en el campo de entrada "Tipo de dato:".

Adicionalmente, se puede restringir el acceso a la dirección de memoria para sólo "lectura" o sólo "escritura".

Pulse el botón "Aceptar" como se muestra en la Figura 3.11.

3.3.2.4. Guardar el proyecto

Navegar por la barra de menú y seleccionar "Archivo > Guardar" para guardar el proyecto como en la Figura 3.12.

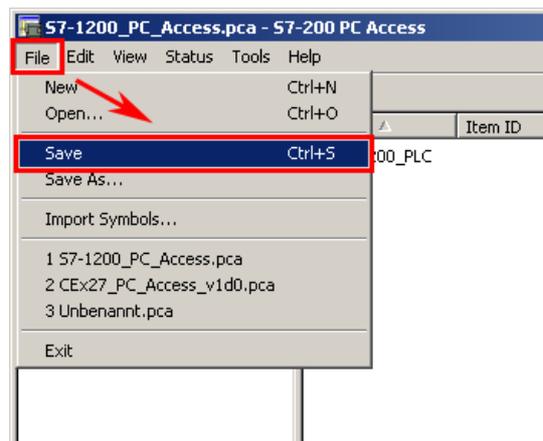


Figura 3.12 Guardar el proyecto

En la Figura 3.13 se muestra que cada vez que se abra o edite un proyecto de PC Access, se debe hacer click en el botón "Guardar" para enviar configuraciones de variables al servidor.

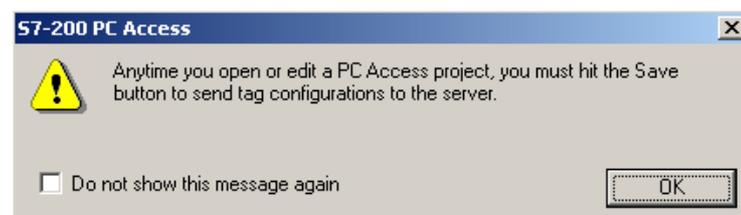


Figura 3.13 Advertencia S7-200 PC Access

3.3.3. CREAR UN ENLACE CON EL PLC

Al crear un nuevo proyecto es preciso establecer un enlace con el PLC. El enlace con el PLC se crea configurando el protocolo de comunicación

3.3.3.1. Configurar el protocolo de comunicación

Con el botón derecho del ratón en el icono del punto de acceso (Objeto que establece la comunicación entre dos interlocutores utilizando el protocolo indicado) "MicroWin" se elije el comando del menú contextual Interface PG/PC como se indica en la Figura 3.14.

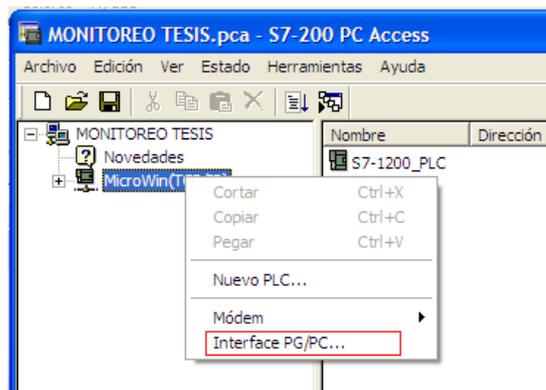


Figura 3.14 Configurar el protocolo de comunicación

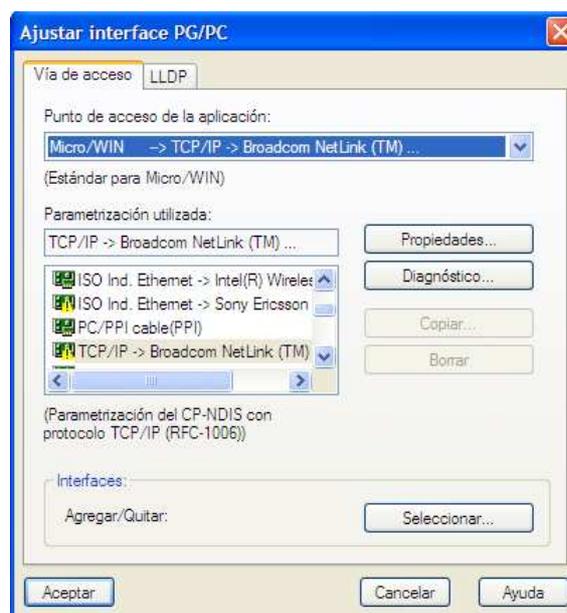


Figura 3.15 Ajustar interface PG/PC

En la Figura 3.15 se elige el protocolo de comunicación para el PLC S7- 1200, se escoge el TCP/IP Broadcom NetLink (TM) del cuadro de diálogo "Ajustar interface PG/PC".

3.3.4. CONECTAR LABVIEW AL PLC UTILIZANDO UN SERVIDOR I/O

En esta sección se creará una interfaz en LabVIEW para las etiquetas (tags) OPC llamadas I/O Server. El I/O Server automáticamente actualiza LabVIEW con los valores de las etiquetas actuales en el rango que usted especifica.

- Se crea un Nuevo Proyecto en LabVIEW.
- En la ventana LabVIEW Project, se hace clic derecho en My Computer y se selecciona New » I/O Server, como se muestra en la figura 3.16:

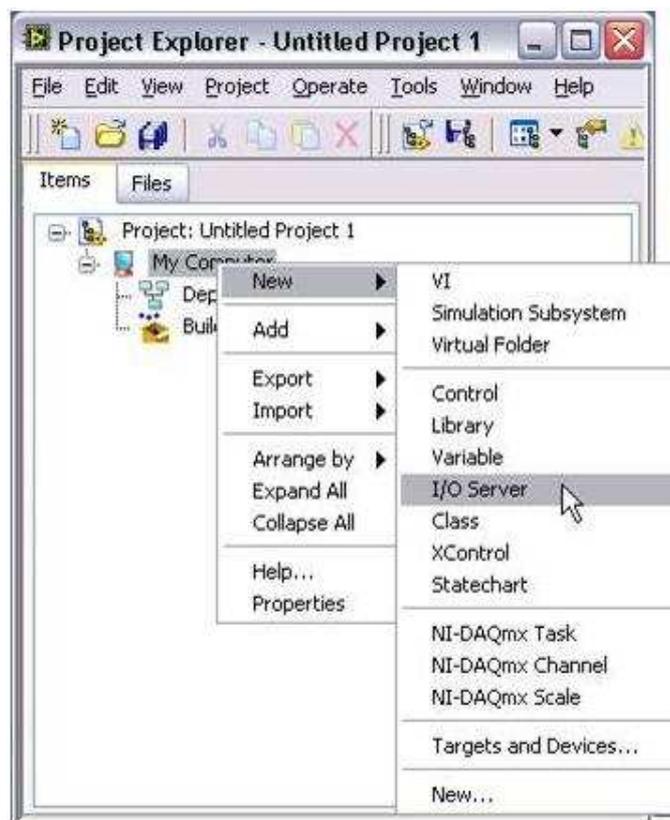


Figura 3.16 Creando un Servidor I/O en LabVIEW Project.

- Seleccione OPC Client en la ventana Create New I/O Server y haga clic en Continue como se muestra en la figura 3.17.

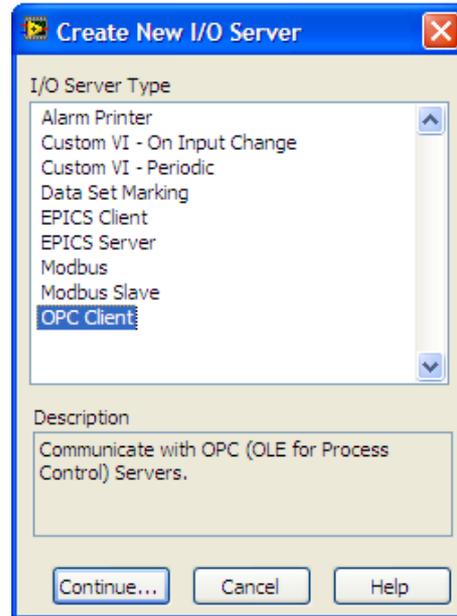


Figura 3.17 Crear un nuevo I/O Server

- Se selecciona el S7200.OPCServer en el campo Registered OPC servers y se ajusta Update rate (ms) a 100. Esto crea una conexión de LabVIEW hacia las etiquetas del OPC, las cuales se actualizan cada 100 ms como en la figura 3.18.

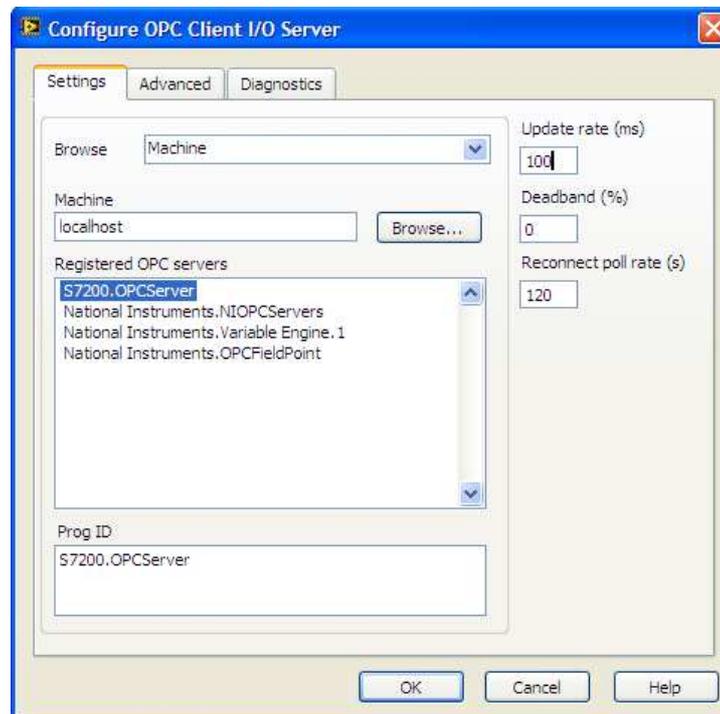


Figura 3.18 Configurando OPC Client I/O Server

- Se selecciona OK. Una biblioteca se creará automáticamente en la ventana project explorer para manejar el I/O Server.
- Se guarda el proyecto como CONTROL MONITOREOProject y la biblioteca como CONTROLLibrary se selecciona File » Save All de la ventana Project Explorer.

3.3.5. CREAR VARIABLES COMPARTIDAS QUE CONECTAN LAS ETIQUETAS OPC AL I/O SERVER.

En esta sección, se crean las variables compartidas, las cuales están limitadas en las etiquetas del OPC, dándole el acceso nativo en LabVIEW a los datos del PLC. Con la variable compartida, se puede compartir datos a través de los usos de LabVIEW en una sola computadora o a través de la red.

3.3.5.1. Crear variables compartidas para el uso del OPC del PLC

- En la ventana LabVIEW Project, clic derecho en My Computer y se selecciona New » Library, para crear una nueva biblioteca de variables compartidas, que son utilizadas para conectarlas a las etiquetas del OPC del PLC.
- Clic derecho en la nueva biblioteca y se selecciona Create Bound Variable.
- En la ventana Create Bound Variables se selecciona las etiquetas del OPC para atarlas a las variables compartidas buscando los datos IN y OUT en el árbol del OPC server.
- Se selecciona todos los objetos y se hace clic en Add y OK para crear las variables compartidas que están limitadas a las etiquetas del OPC del PLC y cargarlas dentro de Multiple Variable Editor, Figura 3.19.
- En Multiple Variable Editor, se selecciona Done para añadir las variables compartidas que fueron creadas anteriormente como en la Figura 3.20.
- Se guarda la nueva biblioteca como CONTROLItems.lvlib en la ventana del proyecto haciendo clic derecho en la biblioteca y seleccionando Save As.
- Se despliega las variables compartidas haciendo clic derecho en la biblioteca CONTROLItems y seleccionando Deploy para publicar las

variables compartidas, hacerlas disponibles para otras redes, clientes OPC, y en LabVIEW Real-Time PAC, Figura 3.21.

- Ahora se puede acceder a los datos nativos del PLC en LabVIEW por medio de las variables compartidas.
- Las variables compartidas se estarán actualizando con los datos de temperatura y presión adquiridos por la DAQ.

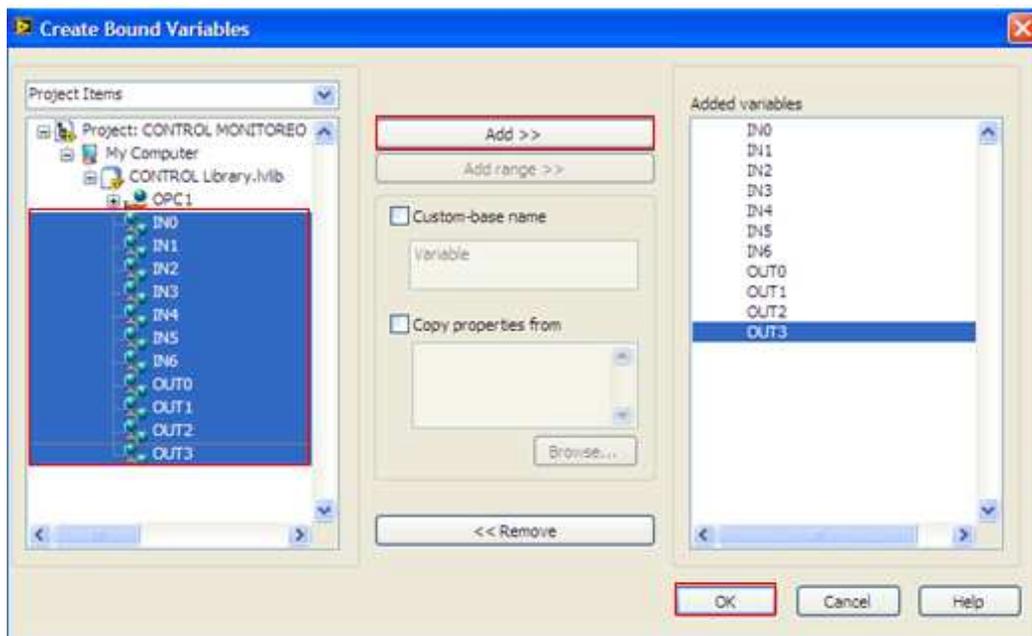


Figura 3.19 Seleccionando las etiquetas del OPC para las variables compartidas.

	Path	Name	Var Type	Data Type	Network-Published: Buffering	Network-Published: Buffer Size	Network-Published: Bind to Source	Network-Published: Access Type
IN0	...TROL items.lvlib/	IN0	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN1	...TROL items.lvlib/	IN1	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN2	...TROL items.lvlib/	IN2	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN3	...TROL items.lvlib/	IN3	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN4	...TROL items.lvlib/	IN4	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN5	...TROL items.lvlib/	IN5	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
IN6	...TROL items.lvlib/	IN6	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
OUT0	...TROL items.lvlib/	OUT0	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
OUT1	...TROL items.lvlib/	OUT1	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
OUT2	...TROL items.lvlib/	OUT2	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write
OUT3	...TROL items.lvlib/	OUT3	Network-Published	Boolean	<input checked="" type="checkbox"/>	50	<input checked="" type="checkbox"/>	read/write

Figura 3.20 Multiple Variable Editor

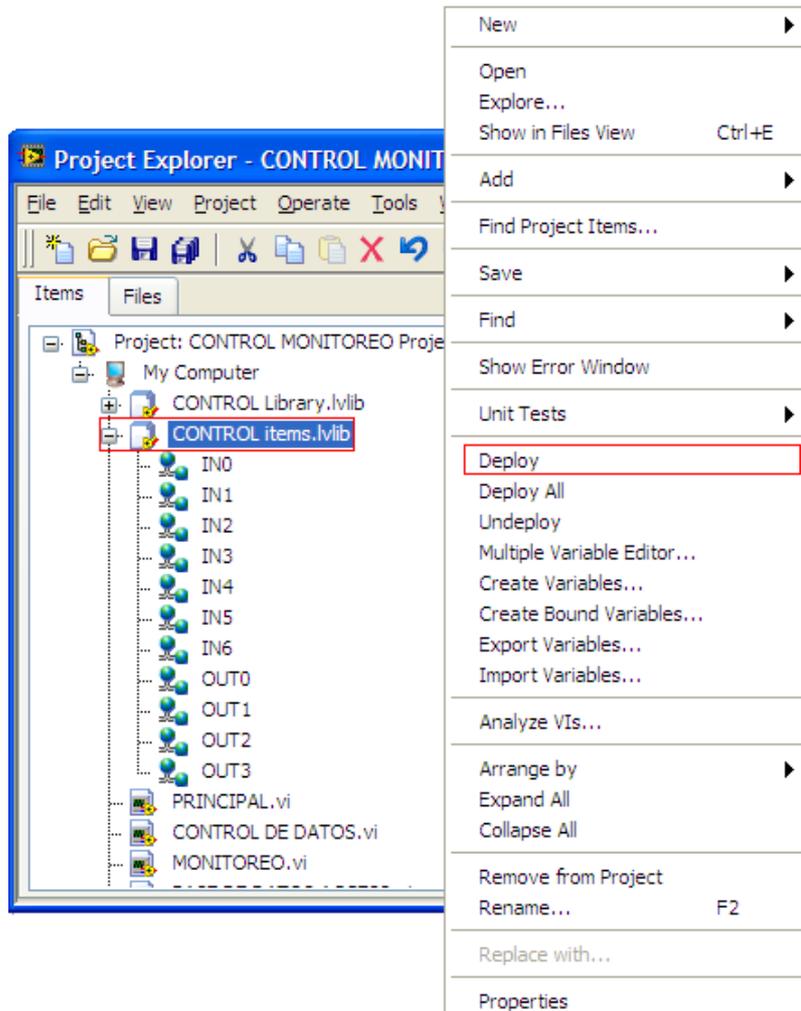


Figura 3.21 Publicar variables compartidas

3.4. PANTALLAS UTILIZADAS PARA EL HMI

3.4.1. PANTALLA PRINCIPAL DEL HMI

En la pantalla principal consta el nombre: de la universidad, del proyecto y de los autores del proyecto, además se tienen algunos botones de acceso para diferentes pantallas que se relatarán más adelante. A continuación se describe cada uno de los botones que tiene la pantalla:

DATOS: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla control de datos en donde se puede colocar el set point de altura, observar los datos tanto de temperatura como de presión y las gráficas de temperatura y presión.

VIDEO: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla monitoreo donde se puede observar mediante una cámara web lo que esta sucediendo en el interior del sistema hermético.

SALIR: Al pulsar sobre este botón el usuario da por terminado la ejecución de todo el programa.

En la Figura 3.22 se muestra la pantalla de principal del proyecto



Figura 3.22 Pantalla principal

En la Figura 3.23 se muestra el diagrama de bloques de la pantalla principal, donde en primera instancia el software revisa si el usuario ha pulsado el botón RUN para luego proceder a ejecutar el VI principal, caso contrario, el software se queda en un lazo hasta que el usuario presione el botón RUN. Una vez que el programa se encuentra en modo RUN el usuario tiene las opciones de presionar los siguientes botones: DATOS el cual ejecuta el VI datos del proceso, VIDEO el cual ejecuta el VI monitoreo y SALIR que permite salir completamente del HMI.

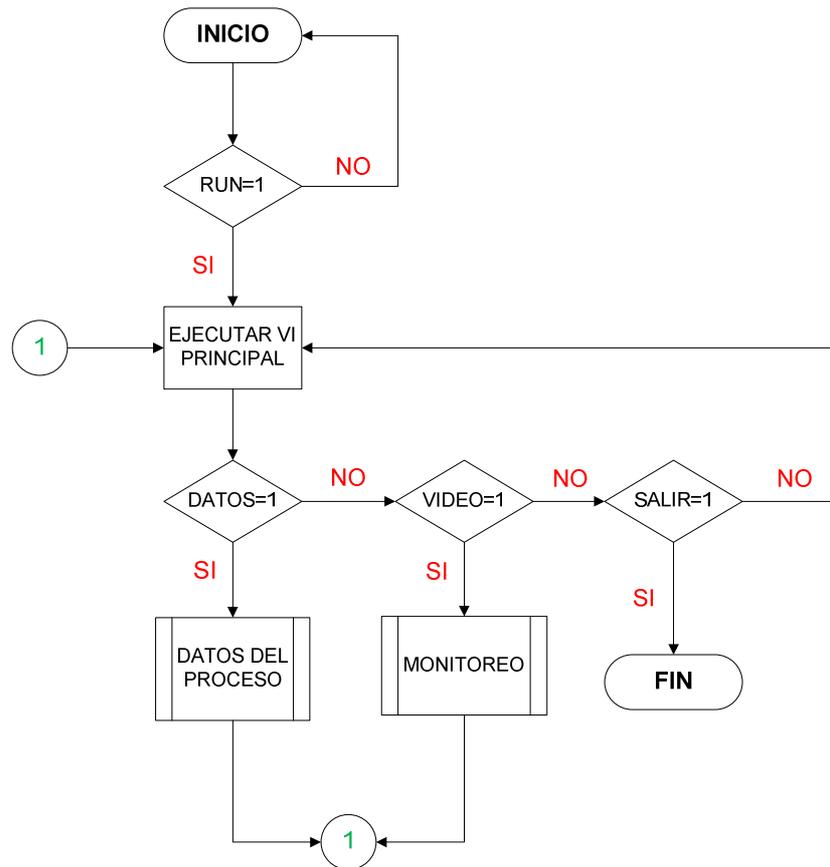


Figura 3.23 Diagrama de flujo del software principal

3.4.2. PANTALLA DE CONTROL DE DATOS

En la Figura 3.24 se muestra la pantalla control de datos, que es utilizada para exponer los datos y gráficas tanto de temperatura como de presión, así como una tabla con los valores de temperatura y presión para diferentes valores de altura, adquisición e interpretación de datos, además se muestra un pequeño gráfico del proceso, el mismo que fue desarrollado mediante el toolkit DSC Module.

En la parte inferior de la pantalla se tiene botones que permiten al usuario realizar lo siguiente:

INICIO: Al pulsar sobre este botón el usuario regresa a la pantalla principal.

VIDEO: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla monitoreo.

DATABASE: Al pulsar sobre este botón se abre una pantalla base de datos, en donde los datos adquiridos del proceso son guardados en una base de datos creada en Microsoft Access 2007.

STOP: Al pulsar sobre este botón se finaliza la ejecución del vi control de datos.

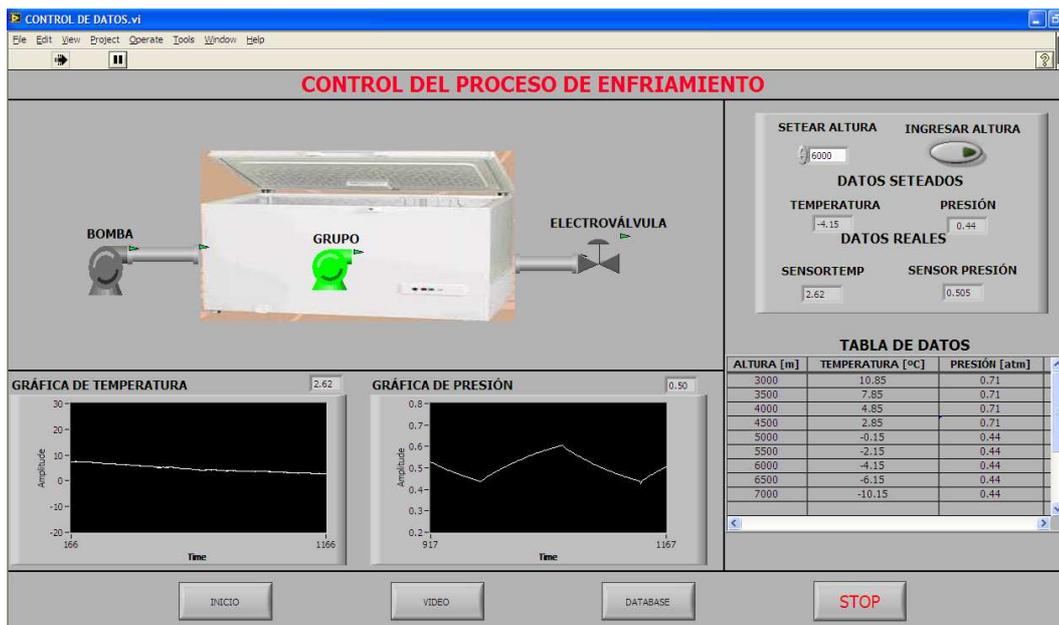


Figura 3.24 Pantalla Control de Datos.

En la Figura 3.25 se muestra el diagrama de bloques de la pantalla control de datos, primero el software revisa si el usuario ha pulsado el botón DATOS para luego proceder a ejecutar el VI control de datos, caso contrario, el software permanece en un lazo hasta que el usuario presione el botón DATOS. Cuando se ha presionado DATOS se ingresa al VI control de datos, la misma que tiene las siguientes funciones: adquirir los datos de temperatura y presión, realizar las gráficas de temperatura y presión, y simular el proceso. Además, el usuario cuenta con una tabla para observar los datos que se tendrían tanto de temperatura y presión a ciertas alturas para poder ingresar la altura a la que desea simular las condiciones atmosféricas en el proceso. En el programa el usuario también puede presionar los siguientes botones: INICIO el cual ejecuta el VI principal, y VIDEO el mismo que ejecuta el VI monitoreo, DATABASE que ejecuta el VI base de datos y STOP que permite salir del VI control de datos cumpliendo con las siguientes restricciones:

- La bomba debe estar apagada,
- El grupo (evaporador, condensador, ventilador) debe estar apagado, y
- La electroválvula debe estar apagada.

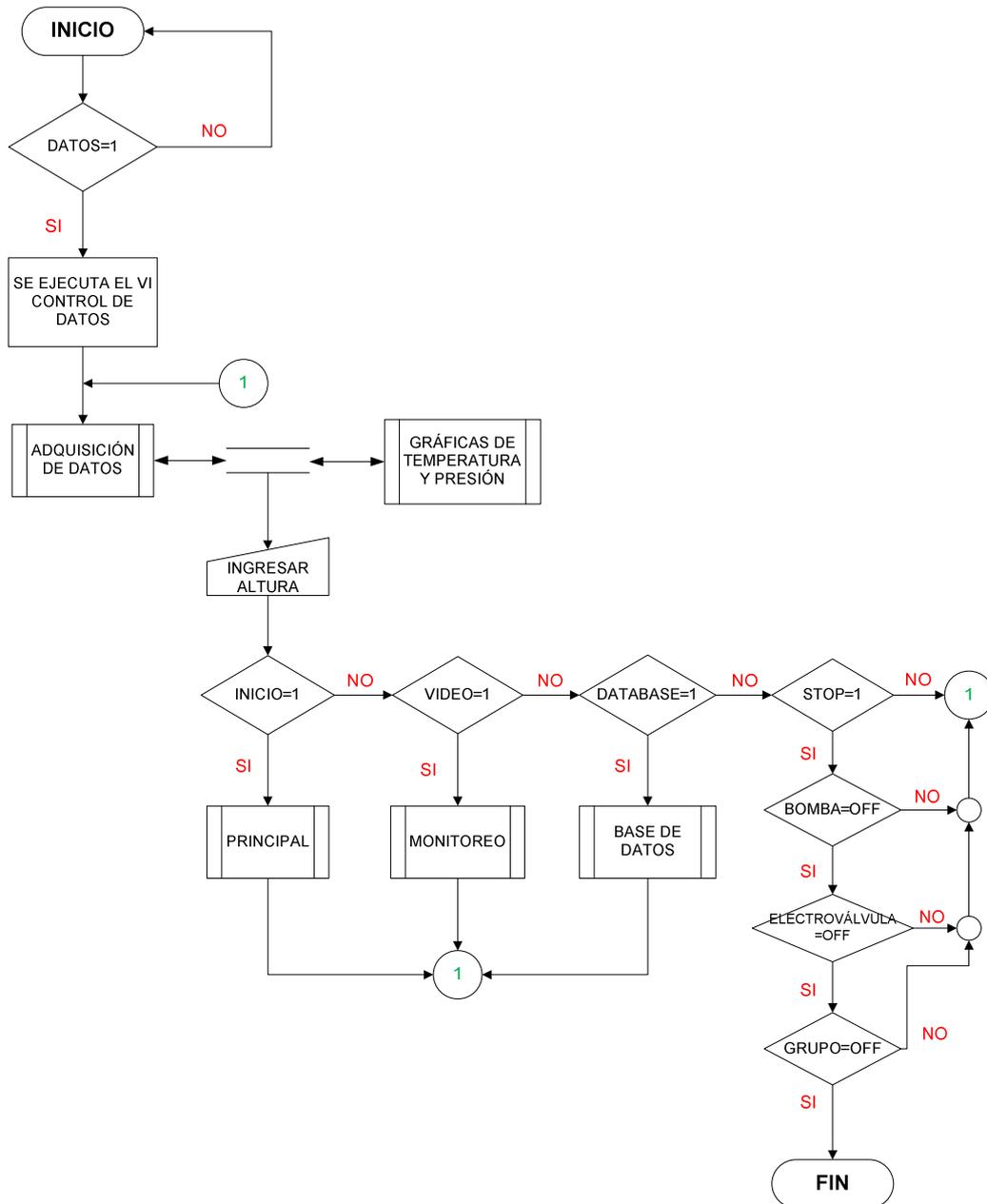


Figura 3.25 Diagrama de flujo del software control de datos.

3.4.2.1. Adquisición de datos

En el VI control de datos tiene como parte de su programación la adquisición de señales de acuerdo al diagrama presentado en la Figura D.1, esta tarea se lleva a

cabo mediante la DAQ USB–6211 la cual realiza la adquisición de las termocuplas y del transductor de presión instalados, luego los datos son guardados en las variables del proceso (TEMPERATURA1, TEMPERATURA2, TEMPERATURA3, TEMPERATURA4, TEMPERATURA5 y PRESIÓN respectivamente).

Los datos de temperatura y presión adquiridos por la DAQ USB–6211 son mostrados en los indicadores SENSOR TEMP, SENSOR PRESIÓN y en las gráficas de temperatura y presión respectivamente.

3.4.3. PANTALLA DE MONITOREO

El software para procesamiento de imagen se desarrolla con ayuda del toolkit Vision and Motion.

En la Figura 3.26 se muestra la pantalla de monitoreo, la misma que cuenta con un LED que indica si la iluminación está encendida o apagada, además en la parte derecha tiene botones que permiten al usuario realizar las siguientes acciones:

INICIO: Al pulsar sobre este botón el usuario regresa a la pantalla principal.

DATOS: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla control de datos.



Figura 3.26 Pantalla Monitoreo

En la Figura 3.27 se presenta el diagrama de flujo del software de visión, donde el software revisa si el usuario ha pulsado el botón VIDEO para luego proceder a ejecutar el VI monitoreo, caso contrario, el software permanece en un lazo hasta que el usuario presione el botón VIDEO. Luego que se ha presionado VIDEO se ingresa al VI monitoreo, se enciende la iluminación y se muestra con una webcam el interior del sistema hermético de refrigeración. En el programa el usuario tiene las siguientes opciones: INICIO el cual apaga la iluminación y cierra el VI monitoreo, luego ejecuta el VI principal y DATOS el mismo que ejecuta el VI datos del proceso, pero primero apagando la iluminación y cerrando el VI monitoreo.

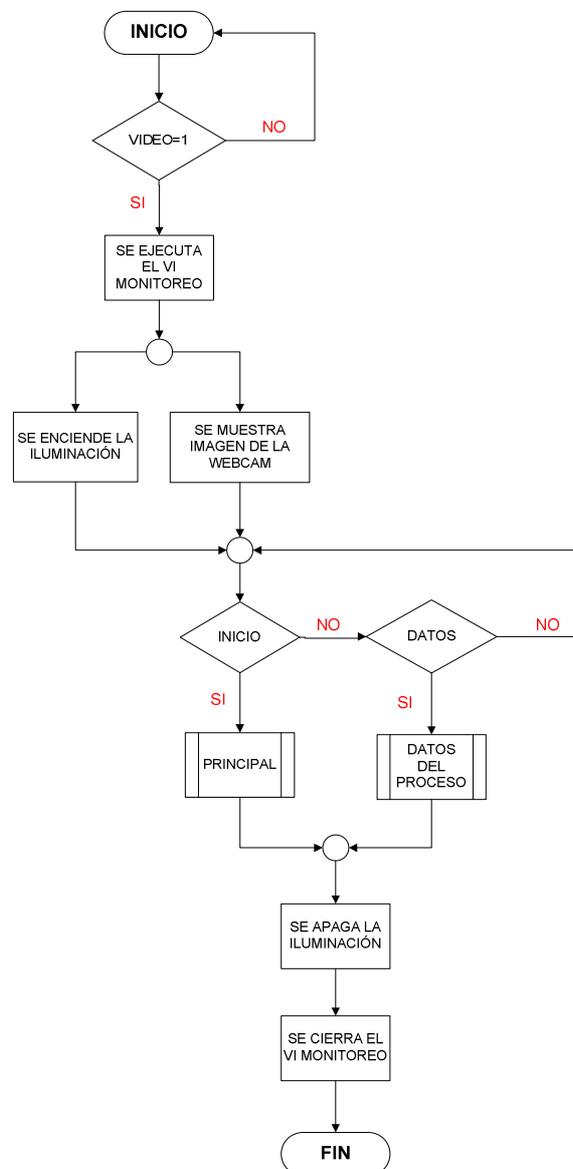


Figura 3.27 Diagrama de flujo del software de monitoreo

3.4.4. PANTALLA DE BASE DE DATOS

El software para crear una base de datos se desarrolla con ayuda del toolkit Connectivity.

En la Figura 3.28 se muestra la pantalla Base de Datos, en esta pantalla hay indicadores que ayudan al usuario con información sobre la base de datos como: información de conexión, nombres de las columnas y si se produjo un error al guardar los datos, además el usuario tiene la posibilidad de escoger el nombre de la tabla e ingresar el nombre del operador para guardar los datos adquiridos.

Esta pantalla tiene botones que permiten al usuario realizar las siguientes acciones:

INICIO: Al pulsar sobre este botón el usuario regresa a la pantalla principal.

DATOS: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla datos del proceso.

VIDEO: Al pulsar sobre este botón, se ingresa a la pantalla monitoreo.

STOP: Al pulsar sobre este botón el usuario da por terminado la ejecución del vi.

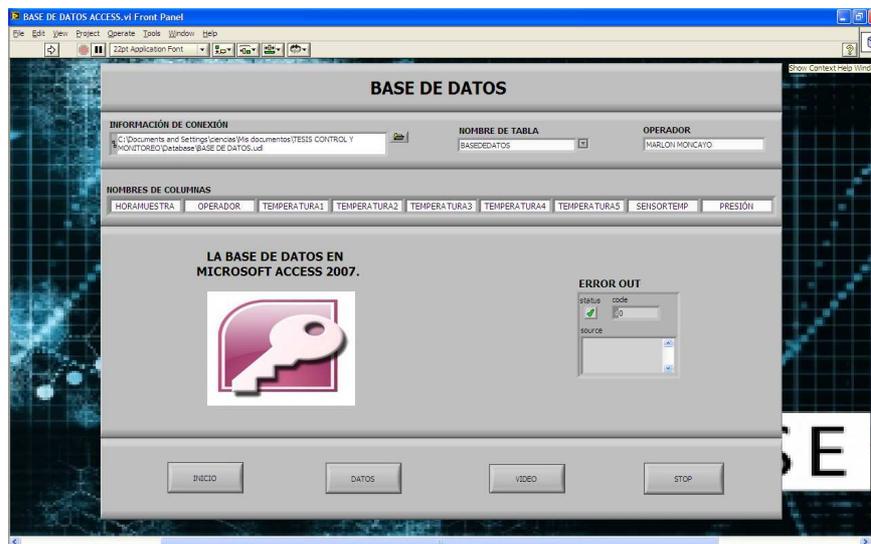


Figura 3.28 Pantalla Base de Datos Access

En la Figura 3.29 se presenta el diagrama de flujo del software base de datos, primero el software revisa si el usuario ha pulsado el botón DATABASE para luego proceder a ejecutar el VI Base de Datos Access, caso contrario, el software permanece en un lazo hasta que el usuario presione DATABASE. Luego de presionar DATABASE se ingresa al VI Base de Datos, en el cual, se guarda los datos adquiridos por la DAQ USB-6211 con un intervalo de un minuto en una base de datos creada en Microsoft Access 2007. En el programa el usuario puede presionar los siguientes botones: INICIO el cual ejecuta el VI principal, DATOS el mismo que ejecuta el VI datos del proceso, VIDEO que ejecuta el VI monitoreo y STOP el cual cierra el VI Base de Datos.

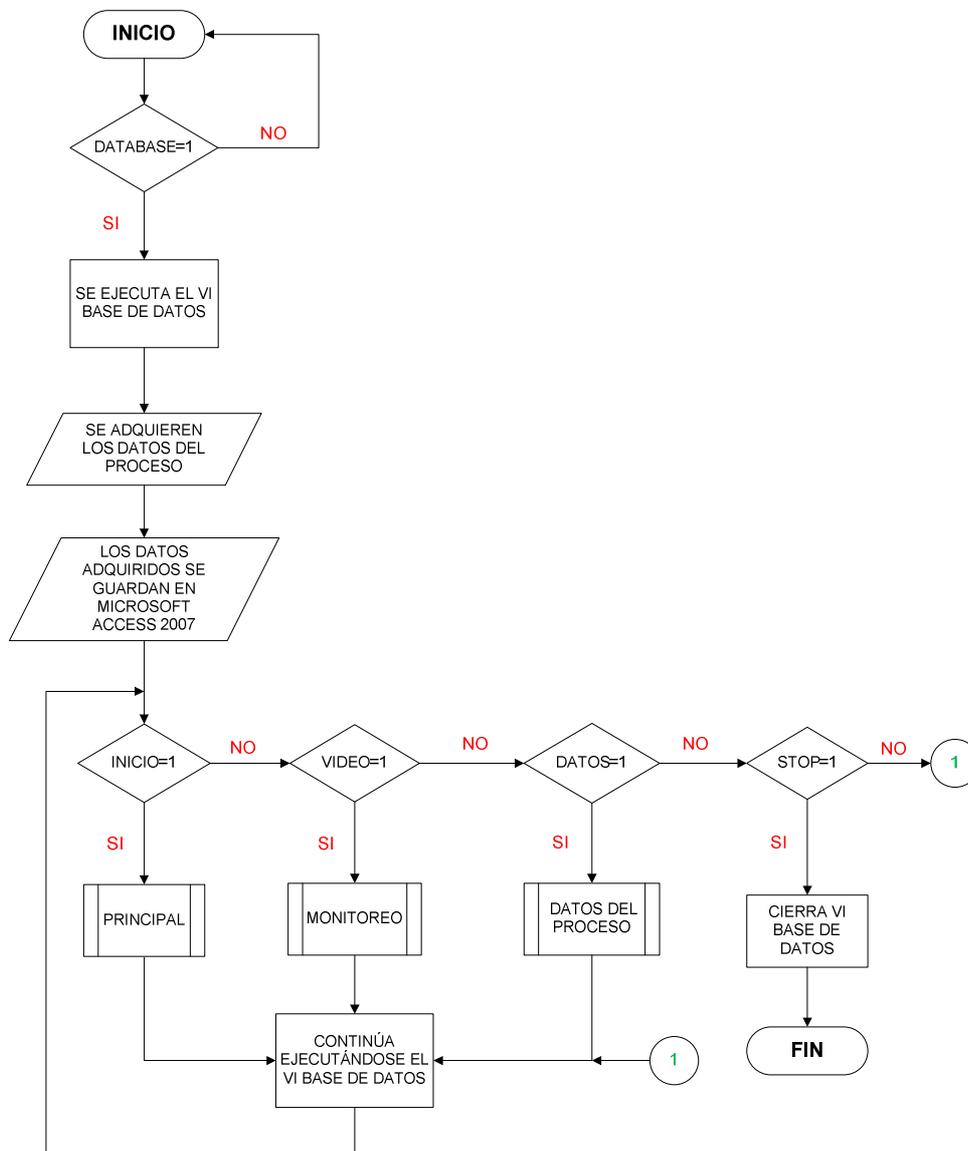


Figura 3.29 Diagrama de Flujo para la sub VI de base de datos

3.4.4.1. Comunicación entre LabView 2009 y Microsoft Access 2007

Para realizar la comunicación entre LABVIEW 2009 y la base de datos en Microsoft Access 2007 se necesita un archivo de conexión de datos Microsoft o conexión de datos universal, el cual es un archivo universal que se conecta a la base de datos creada.

Para realizar esta comunicación se debe realizar lo siguiente:

- Crear una base de datos nueva en una carpeta donde se quiera guardar el archivo.
- Crear el archivo UDL el cual nos permite conectar el LabView 2009 con el Microsoft Office Access 2007.

3.4.4.2. Crear archivo .udl y establecer conexión

Para crear y conectar el archivo .UDL a la base de datos se lo realiza mediante el Create Data Link. Los pasos que se deben seguir para realizar estas tareas son:

- Crear una base de datos en blanco en Microsoft Access 2007, el archivo se crea con extensión .ACCDB.
- Seleccione en Tools la opción Create Data Link como se muestra en la Figura 3.30.
- Para archivos .ACCDB se debe seleccionar como proveedor “Microsoft Office 12.0 Access Database Engine OLE DB Provider” como en la Figura 3.31.
- En la pestaña Conexión se tiene que colocar el nombre de la base de datos en el campo origen de datos, como algo opcional se puede colocar un nombre de usuario y una contraseña para restringir el acceso a la base de datos.

Luego de ACEPTAR se crea un archivo con extensión .udl de la base de datos y se establece la conexión entre LabView 2009 y Microsoft Access 2007 como se

muestra en la Figura 3.32.



Figura 3.30 Crear una conexión de datos



Figura 3.31 Elección del proveedor

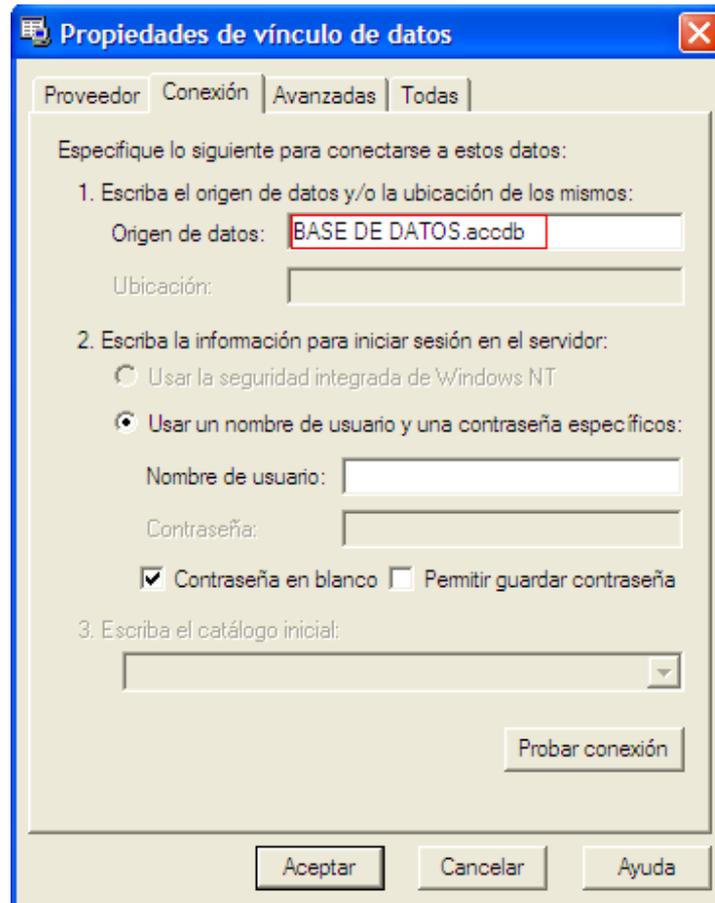


Figura 3.32 Conexión con la base de datos

3.5. CONTROL Y MONITOREO A TRAVÉS DEL INTERNET

El control y monitoreo a través del Internet es muy usado actualmente y de gran utilidad para diferentes aplicaciones y necesidades que tenga un usuario, es decir, un usuario puede controlar la ejecución de VIs de LabView a través de un navegador Web estándar por medio de una computadora en un lugar remoto. Mediante esta aplicación un usuario puede realizar monitoreo y control remoto, o correr un diagnóstico mientras el sistema se dedica a ejecutar la adquisición y control mediante Internet.

Con LabView la ejecución remota para cualquier aplicación se logra mediante unos cuantos clicks del ratón. Además sin programación adicional se puede configurar cualquier programa en LabView para lograr control remoto a través de un Web browser. El usuario simplemente direcciona el Web browser a la página Web asociada con la aplicación. Después la interface de usuario que aparece en

el Web browser es completamente accesible al usuario remoto. La adquisición sigue en proceso en la computadora anfitriona o host, pero el usuario remoto tiene control completo de la aplicación.

En la Figura 3.33 se muestra como se ejecuta un VI en un navegador Web.



Figura 3.33 Ejecución de un VI embebido en un Web browser.

3.5.1. CONFIGURACIÓN DEL PANEL REMOTO

La configuración de paneles remotos y su uso es relativamente sencilla. Para poder controlar y monitorear un panel frontal a través del Internet se deben seguir los siguientes pasos:

- Configurar el LabView Web Server en el computador servidor para poder mostrar los paneles frontales en la web.
- Configurar la página web a la cual el computador cliente va acceder para controlar y monitorear el panel remoto.

En la Figura 3.34 se muestra el uso de los paneles remotos de varios computadores clientes a través del Internet.

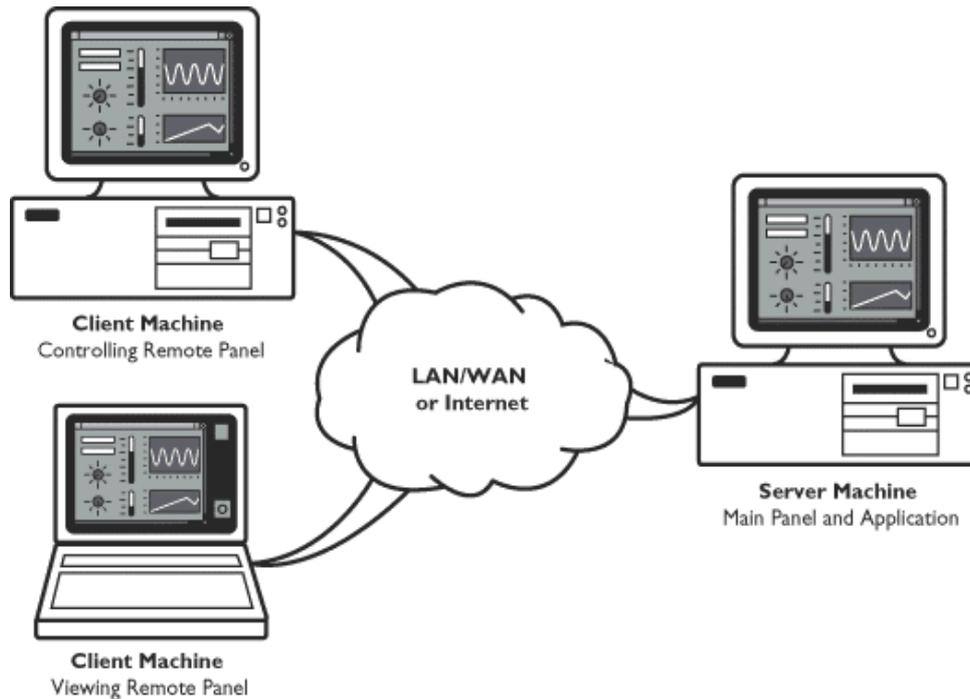


Figura 3.34 Aplicación distribuida

3.5.1.1. Configuración del Web Server

Use el Web Server de LabView para publicar imágenes de los paneles frontales en la Web. De forma predeterminada, después de habilitar el servidor Web todos los VIs son visibles para todos los navegadores Web. Sin embargo, se puede controlar el acceso del navegador a los paneles frontales publicados y configurar los VIs que son visibles en la Web. Para mostrar los paneles frontales en la Web, los VIs deben estar en la memoria del computador.

Para publicar imágenes de los paneles frontales en la web el servidor web debe ser configurado y habilitado en el servidor. Es importante tener en cuenta que el servidor en este contexto significa simplemente un computador en red que ejecuta el servidor Web de LabView.

Para realizar la configuración y habilitar el Web Server se deben seguir los siguientes pasos:

- Ir a **Tools » Options » Web Server: Configuration** y habilitar su servidor Web como se muestra en la Figura 3.35.

- Coloque el nombre de su VI en **Tools » Options » Web Server: Visible Vis** como se muestra en la Figura 3.36.
- Coloque el nombre de la red del computador que se necesita para ver el VI en **Tools » Options » Web Server: Browser Access** y seleccione **Allow Viewing** como en la Figura 3.36.

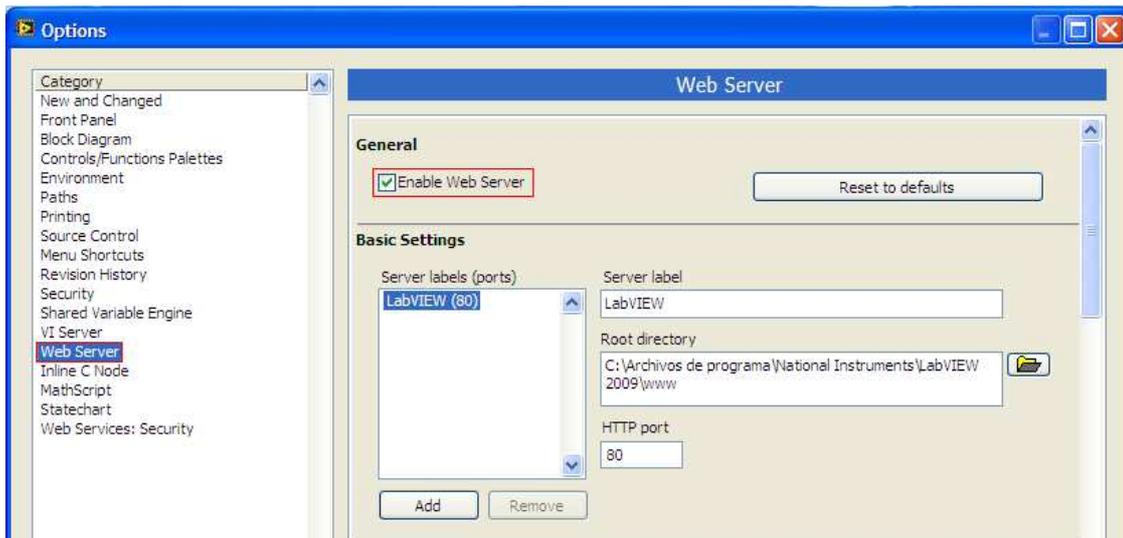


Figura 3.35 Habilitación del Web Server

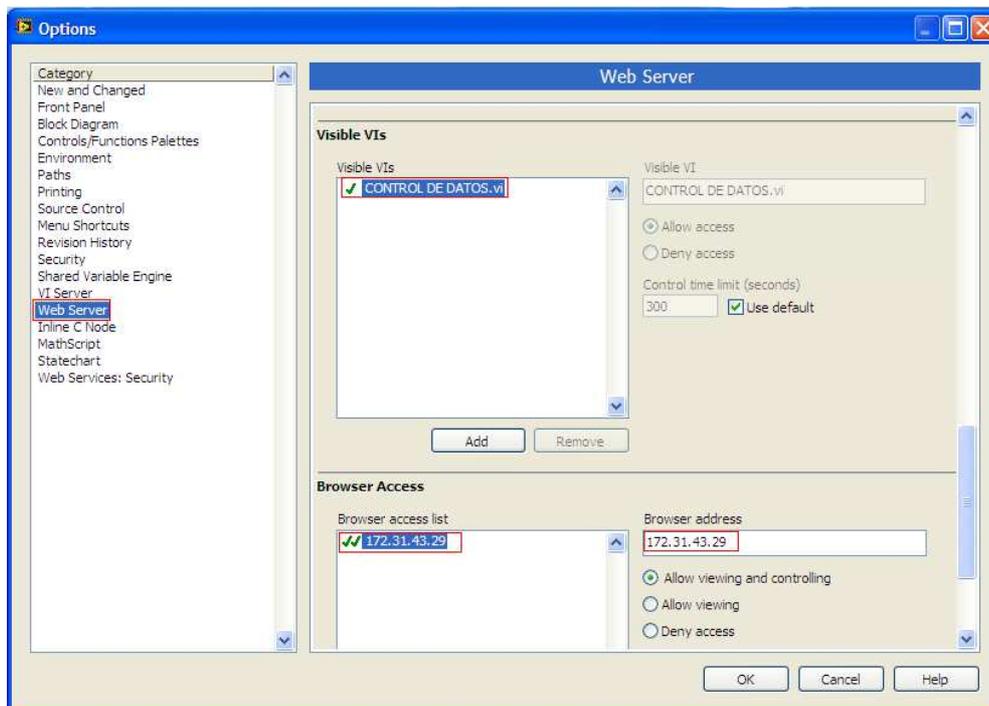


Figura 3.36 Configuración del Web Server

Luego se seguir todos estos pasos lo siguiente es crear una página web para VIs de alto nivel para ejecutar un panel remoto desde el entorno de LabView.

3.5.1.2. Configuración de la página web

Para configurar una página web utilice el web publishing tool para crear un documento HTML e incrustar imágenes estáticas o animadas del panel frontal o para integrar un panel frontal en un documento HTML, así un computador cliente puede ver y controlar el panel frontal de forma remota. También puede incrustar imágenes estáticas del panel frontal en un documento HTML existente.

Para ingresar al cuadro de diálogo para configurar la página web seleccione Tools » Web Publishing Tool como se muestra en la Figura 3.37.

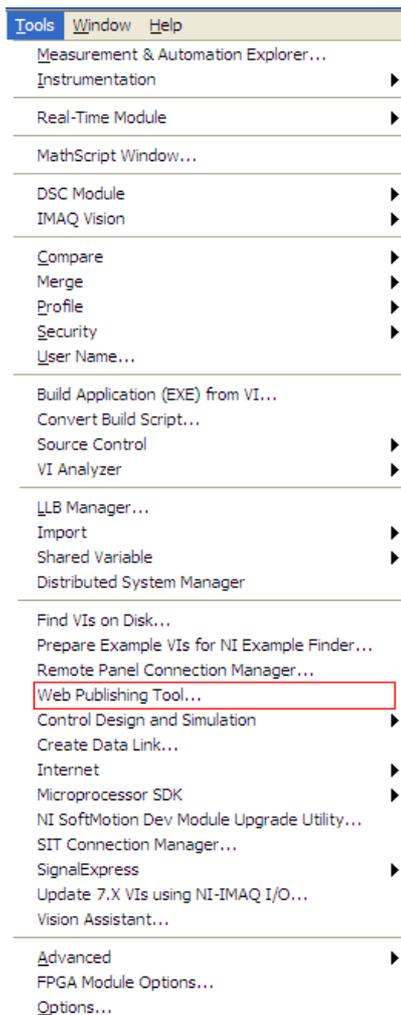


Figura 3.37 Abrir el Web Publishing Tool

Utilice este cuadro de diálogo para crear documentos HTML e integrar imágenes al panel frontal de un VI.

Este cuadro de diálogo incluye los siguientes componentes y una serie de páginas como se muestran en el ANEXO D.1.1:

En este proyecto se realizó VIs con varias subVIs y debido a que en la actualidad, el LabVIEW Web Publishing Tool no soporta carga dinámica de paneles frontales ni tampoco soporta la visualización de subVIs marcados como reentrada, se utilizó enlaces HTML incrustados en la página web de VIs de nivel superior para poner en marcha los paneles frontales de las subVI. Para crear estos enlaces HTML se realizó los pasos siguientes:

- Para cada subVI que desea publicar en la web, seleccione Tools» Web publishing tools ...
- Modifique el título, encabezado, pie de página y opciones de visualización del documento como desee.
- Guarde todos los archivos *. htm en la misma carpeta desde la que se va a publicar su VI de nivel superior.
- Abra el Web publishing tools para su VI de nivel superior y modifique el título, encabezado y las opciones de visualización que desee.
- En la sección de pie de página, agregar lo siguiente: ` SubVI Title `, donde SubVI01.html es el nombre de su subVI *.html file. SubVI Title es el nombre que desea que se muestre como enlace. Usando target="new window" permite que el SubVI que sea abierto en una nueva ventana.
- Repita el texto del paso anterior, separando cada línea con una coma, para cada panel frontal de la subVI que desee acceder a través de su navegador web. Por ejemplo,
 - ` SubVI título </ a>`
 - ` SubVI título </ a>`
 - ` SubVI título </ a>`

- Pulse el botón Start Web Server botón si no está ya en gris.
- Pulse el botón Save to Disk y guarde su VI de nivel superior *.html file en la misma carpeta que sus subVI *.html files.
- El Web Publishing Tool le indicará la dirección de su nueva página web. Pulse el botón Connect y su página web deberá iniciar.

Siguiendo los pasos anteriores se producirá un panel frontal remoto de su VI de alto nivel con enlaces a todos los paneles frontales de sus subVI en la parte inferior.

3.6. CREAR UN EJECUTABLE DE LA APLICACIÓN

Crear un archivo ejecutable es de gran ayuda para el usuario, ya que puede acceder a la aplicación de una manera fácil y sencilla.

Los pasos para crear un archivo ejecutable son los siguientes:

- En el proyecto se hace clic derecho en **Build Specification » New » Application (EXE)** para crear la aplicación como se muestra en la Figura 3.38.

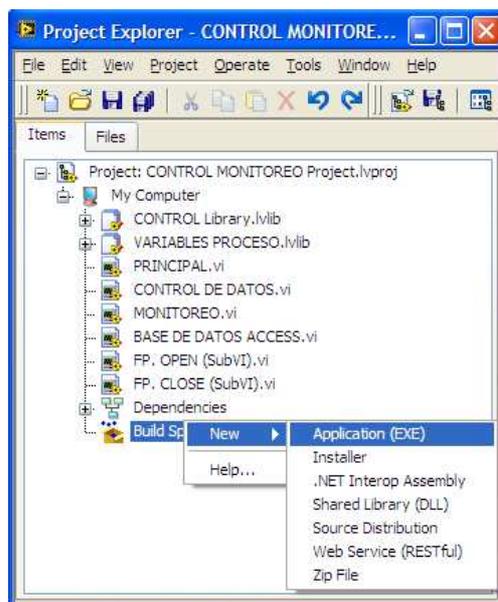


Figura 3.38 Crear nueva aplicación

- Luego se selecciona la opción **Source Files** para añadir los VIs de más alto nivel a **Startup VIs** y para agregar todos los archivos necesarios para la ejecución del proyecto como: los VIs de bajo nivel, los archivos html, etc. en la opción **Always Included** como se muestra en la Figura 3.39.

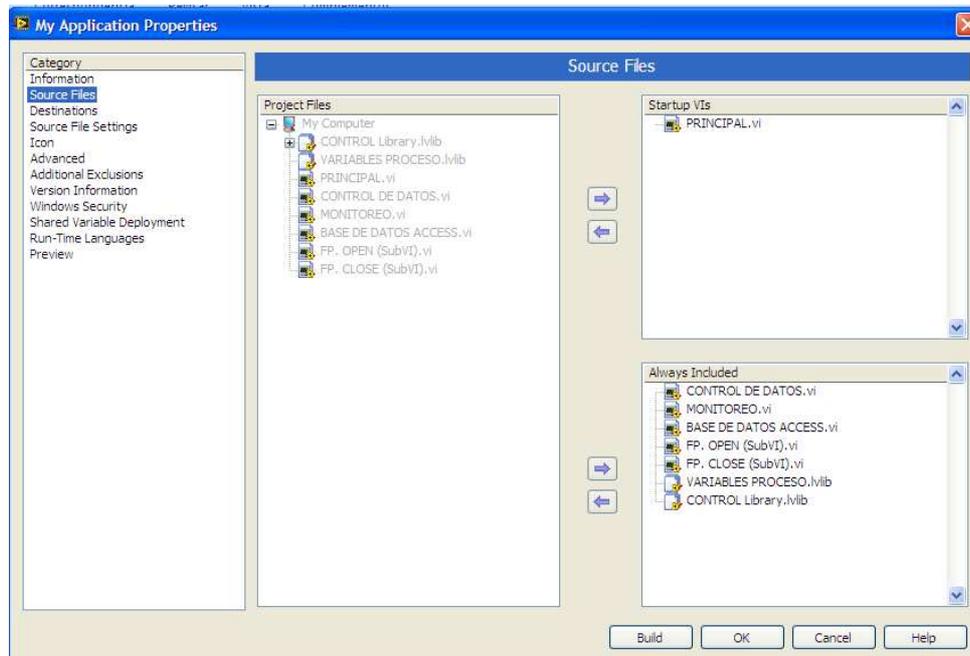


Figura 3.39. Añadir archivos al ejecutable

En la Figura 3.40 se muestra el icono del archivo ejecutable creado, desde el cual el usuario podrá ingresar a la página principal del HMI.

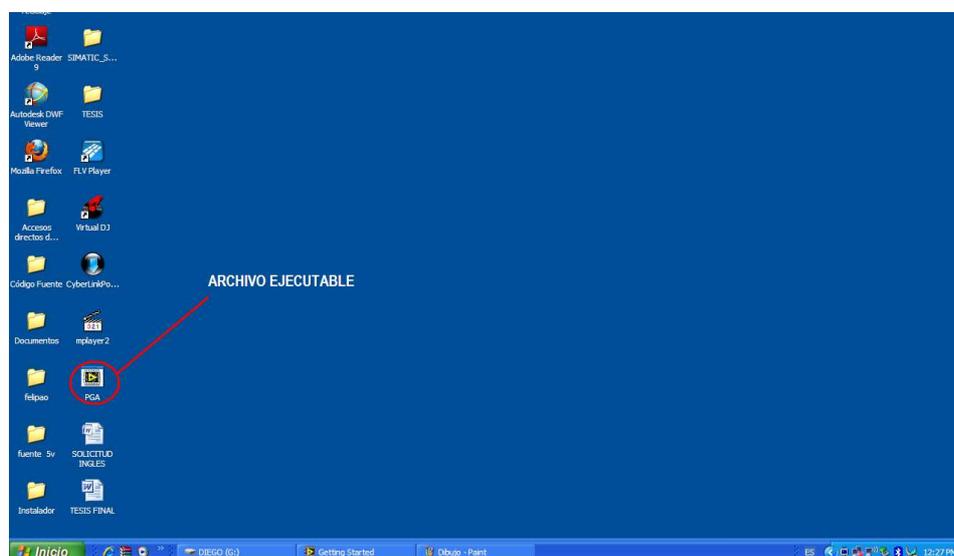


Figura 3.40 Icono del archivo ejecutable

CAPITULO 4

PRUEBAS Y RESULTADOS

Para el correcto funcionamiento del sistema, hay que realizar varias pruebas que permitan acondicionar, calibrar, etc. varios parámetros que son necesarios tanto para el software de control como para el monitoreo del sistema.

Por facilidad de explicación se dividirá el presente capítulo en tres partes, la primera dedicada a las pruebas para el control y adquisición de datos, la segunda para el monitoreo, y por último para el almacenamiento de datos.

4.1. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS

El software de control y adquisición de datos es el encargado de comandar, la bomba de vacío, el evaporador, el compresor etc., como también de adquirir y procesar los datos de las variables que se obtienen en el proceso. Para obtener un correcto funcionamiento de este sistema de control y adquisición de datos, son necesarias algunas pruebas que permitan validar el software diseñado para la adquisición y procesamiento de datos.

A continuación se describen las pruebas más relevantes.

4.1.1. PRUEBA DE ADQUISICIÓN DE TEMPERATURA

La adquisición de la señal de temperatura se la realiza de un conjunto de cinco termopares instalados en el interior de la cámara hermética de refrigeración, ver ANEXO F, cuyas señales son recibidas y procesadas por la DAQ (Tarjeta de Adquisición de Datos) USB-6211, el software (Labview 9.0) se encarga, con la ayuda de un algoritmo, de promediar estas señales. El principal inconveniente que se presenta, es que esta señal no es realmente la que se encuentra en el interior

de la cámara, ya que se debe tomar en consideración la temperatura existente en la junta de la DAQ.

Para solucionar este problema se debe realizar un arreglo dentro del programa, que consiste en comparar el valor de temperatura de la junta, obtenido de un LM35 instalado en la misma, con respecto al valor entregado por los termopares en el interior de la cámara, logrando así compensar este error de temperatura que afecta la medida real.

En la figura 4.1, se puede observar los valores de temperatura de cada termopar, adquiridos por la DAQ/USB-6211.

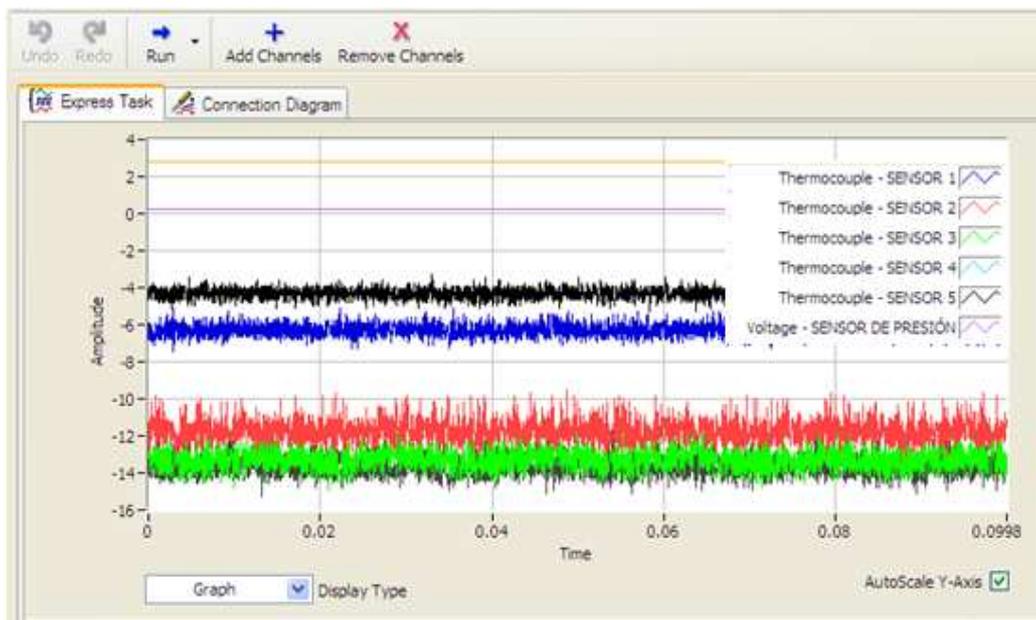


Figura 4.1. Adquisición de la señales de Temperatura y Presión.

4.1.2. PRUEBA ADQUISICIÓN DE PRESIÓN

Con respecto a la adquisición de la señal de presión, esta señal se la obtiene de un sensor de presión, instalado en la pared lateral en el exterior de la cámara hermética de refrigeración, ver ANEXO F, dicha señal es recibida y procesada por la DAQ/USB-6211.

El primer inconveniente que se presenta al adquirir el valor de la variable de presión, es la hermeticidad del sistema, debido a que el diseño mecánico de la cámara de refrigeración presenta pequeños ingresos o pasos de aire a su interior.

Este ingreso de aire afecta directamente a la medición y adquisición de los datos de presión y por ende al control del proceso.

Esta dificultad no se puede solucionar electrónicamente ya que corresponde a un aspecto de diseño mecánico, por tal motivo se opta por minimizar esta diferencia.

El segundo inconveniente presente es la instalación del sensor, esto se lo hace perforando cuidadosamente la pared lateral de la cámara, acoplado el sensor en ella. Con este acople se corre el riesgo de ingreso de aire al interior de la cámara hermética de refrigeración por lo que se utiliza masilla alrededor del sensor para sellar correctamente, como se muestra en la Figura 4.2.

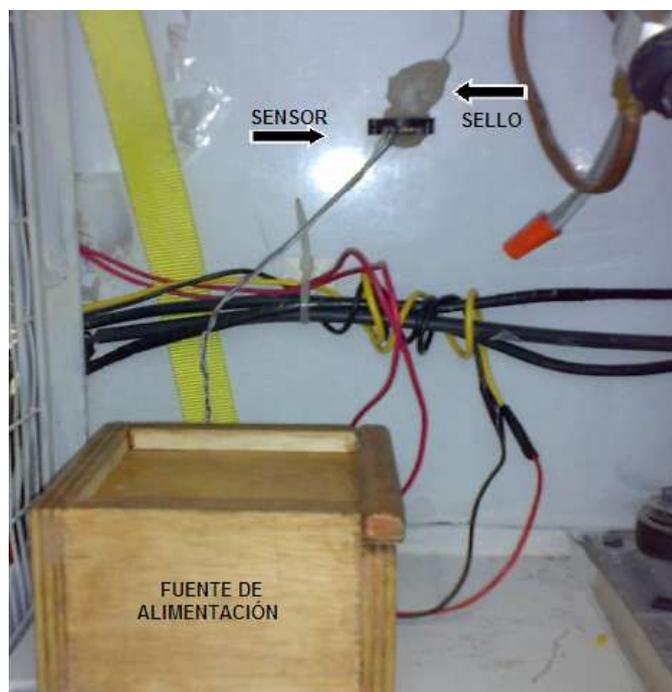


Figura 4.2. Conexión externa del sensor de presión.

Una vez solucionados estos problemas, se logra adquirir y procesar en la DAQ/USB-6211, la señal de presión (color lila), como se indica en la Figura 4.1.

4.1.3. CALIBRACIÓN DE TEMPERATURA Y PRESIÓN

Antes de poner a prueba el sistema de refrigeración, es necesario realizar la calibración de temperatura y presión, lo cual consiste en encender el sistema desde las condiciones iniciales a 3000 msnm (metros sobre el nivel del mar), con una temperatura ambiente de 17.4°C y presión de 0.71 atm aproximadamente hasta las condiciones finales de operación a 7000 msnm, esto es, -10°C y 0.4 atm, aproximadamente, con el propósito de medir el tiempo que requiere el sistema en alcanzar dichos valores en condiciones finales de temperatura y presión.

Asimismo se mide el tiempo que el sistema tarda en retomar sus condiciones iniciales de temperatura y presión a 3000 msnm. Los resultados de esta prueba, se muestra en las tablas 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, y Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6.

Cabe recalcar, que este tipo de prueba convenientemente se la realiza con carga, es decir, con equipos electrónicos instalados en el interior de la cámara hermética de refrigeración.

Tabla 4.1. Orden descendente de temperatura

Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (S)	Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (S)
17.4	9:49:10	0:00:00	3	9:59:47	0:00:45
17	9:51:07	0:01:57	2	10:00:38	0:00:51
16	9:51:58	0:00:51	1	10:01:24	0:00:46
15	9:52:35	0:00:37	0	10:02:21	0:00:57
14	9:53:07	0:00:32	-1	10:03:15	0:00:54
13	9:53:33	0:00:26	-2	10:04:18	0:01:03
12	9:54:00	0:00:27	-3	10:05:25	0:01:07
11	9:54:35	0:00:35	-4	10:06:33	0:01:08
10	9:55:15	0:00:40	-5	10:07:45	0:01:12
9	9:55:45	0:00:30	-6	10:08:57	0:01:12
8	9:56:21	0:00:36	-7	10:10:20	0:01:23
7	9:57:00	0:00:39	-8	10:11:45	0:01:25
6	9:57:40	0:00:40	-9	10:13:14	0:01:29
5	9:58:20	0:00:40	-10	10:14:46	0:01:32
4	9:59:02	0:00:42	-11	10:16:30	0:01:44

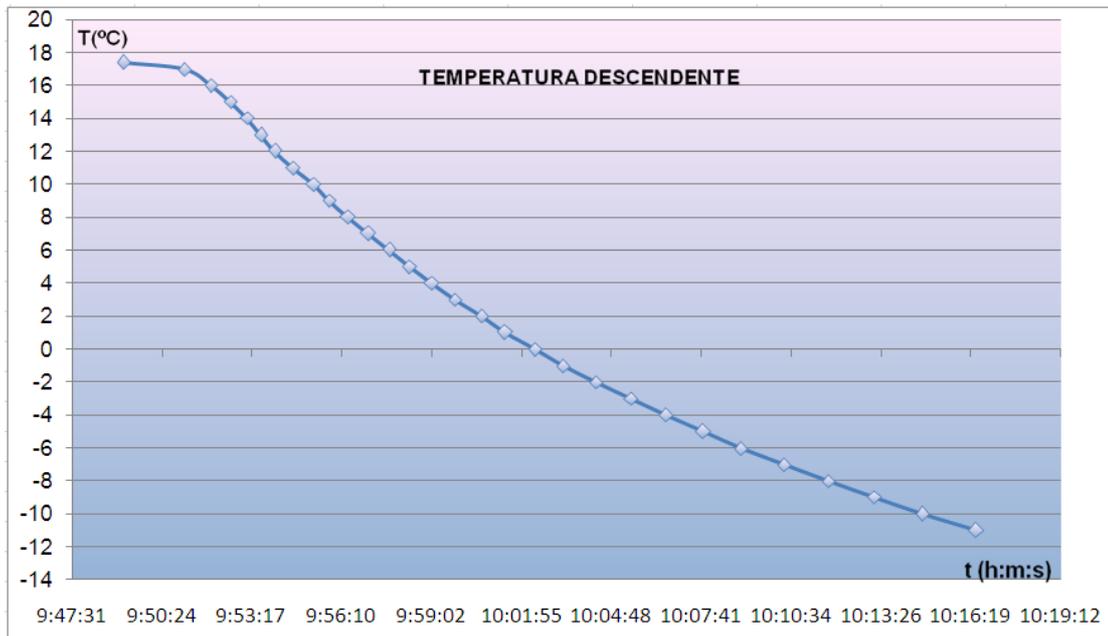


Figura 4.3. Curva Descendente de Temperatura.

Tabla 4.2. Orden Ascendente de Temperatura

Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (S)	Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (S)
-11	10:35:38	0:00:00	4	12:23:05	0:11:50
-10	10:39:35	0:03:57	5	12:34:17	0:11:12
-9	10:44:00	0:04:25	6	12:46:33	0:12:16
-8	10:48:52	0:04:52	7	12:59:42	0:13:09
-7	10:54:30	0:05:38	8	13:12:53	0:13:11
-6	11:00:26	0:05:56	9	13:26:41	0:13:48
-5	11:06:30	0:06:04	10	13:40:43	0:14:02
-4	11:12:50	0:06:20	11	13:55:43	0:15:00
-3	11:19:00	0:06:10	12	14:11:21	0:15:38
-2	11:26:40	0:07:40	13	14:27:27	0:16:06
-1	11:33:40	0:07:00	14	14:43:39	0:16:12
0	11:42:16	0:08:36	15	15:00:50	0:17:11
1	11:51:51	0:09:35	16	15:17:59	0:17:09
2	12:01:01	0:09:10	17	15:35:36	0:17:37
3	12:11:15	0:10:14			

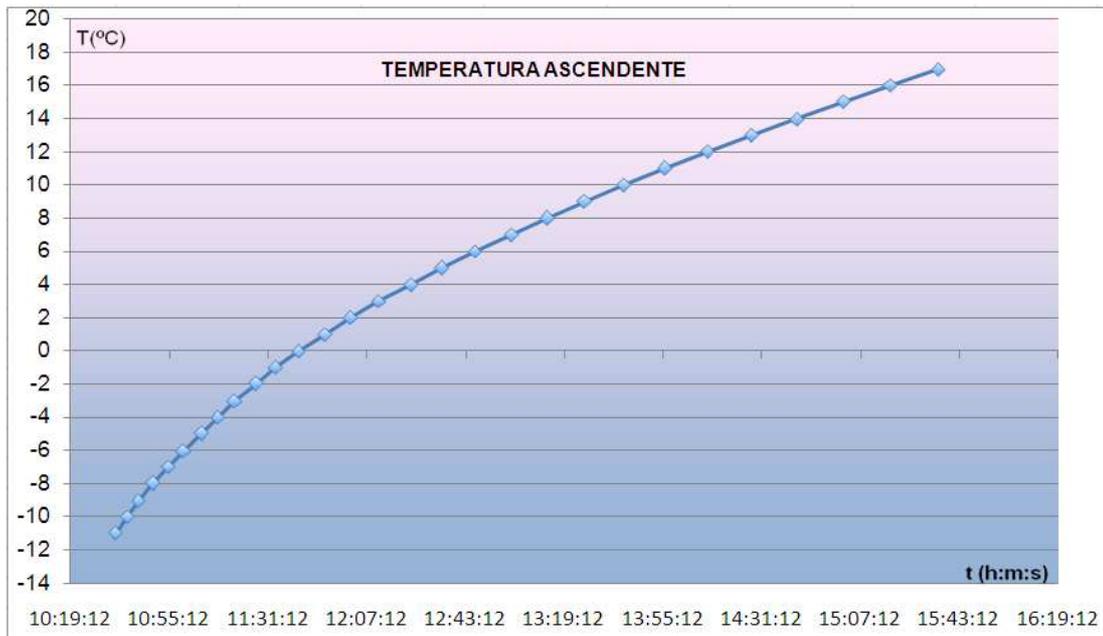


Figura 4.4. Curva Ascendente de Temperatura.

Para alcanzar un mejor resultado en la calibración de temperatura, se toma la hora exacta (hh:mm:ss) en que la temperatura varía un grado centígrado ($^{\circ}\text{C}$), tomando como referencia la temperatura ambiente que se mide en ese momento 17.4°C hasta -11°C que es la temperatura aproximada que se llega cuando el equipo de refrigeración se apaga, esto es para el caso en que la temperatura decrece, Tabla 4.1, y para el caso en que crece, Tabla 4.2, se toma el tiempo en que el sistema logra alcanzar la temperatura ambiente a partir de -11°C .

Como se puede observar en las Tablas 4.1, descrita anteriormente, cuando la temperatura empieza a descender, la diferencia de tiempo entre una muestra y otra es pequeña. A medida en que las condiciones de temperatura son más extremas, es decir, cercanas o menores a 0°C , el tiempo entre muestras es relativamente mayor, esa tendencia gradualmente se mantiene hasta alcanzar la temperatura requerida por el sistema, Figura 4.3.

De la misma manera se puede apreciar en la Tabla 4.2, cuando el proceso se encuentra apagado, el sistema trata de establecerse con lo que la temperatura empieza a ascender desde -11°C aproximadamente. A medida en que la temperatura empieza a aumentar, el tiempo entre muestras es relativamente pequeño, pero mientras se acerca a valores cercanos o mayores a 0°C , el tiempo

entre muestras aumenta considerablemente, teniendo dificultad en establecerse en una temperatura igual al exterior de la cámara (temperatura ambiente), no obstante el sistema mantiene la tendencia de alcanzar la temperatura ambiente, aproximadamente entre 17 y 19 °C, según lo establezca el clima, Figura 4.4.

Esta diferencia entre, cuanto crece y decrece la temperatura, obedece a las leyes de la termodinámica, tomando en cuenta que el sistema es hermético, que en teoría no ingresa ni escapa aire del interior de la cámara de refrigeración, además de no contar con un sistema de calefacción que ayude al sistema a estabilizarse más rápidamente.

Del mismo modo que se realiza la calibración de temperatura, se lo hace para la presión, tomando como referencia la presión atmosférica que existe en la ciudad de Quito (0.71 atm).

El tiempo que tarda el sistema en alcanzar 0.4 atm a partir de 0.71 atm, es 4s aproximadamente, Tabla 4.3, después de lo cual se apagará la bomba con una presión interna en la cámara de 0.4 atm aproximadamente. Cabe mencionar que en condiciones de perfecta hermeticidad, el sistema debe mantener en el interior de la cámara la presión constante, sin embargo, la presencia de entradas de aire ocasiona que dicha presión no se mantenga y aumente rápidamente hasta llegar a la presión atmosférica, Tabla 4.4.

Tabla 4.3. Orden Descendente de Presión.

Presión (atm)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras
0.715	9:49:10	0:00:00
0.671	9:49:20	0:00:30
0.566	9:49:50	0:00:30
0.495	9:50:20	0:00:30
0.456	9:50:50	0:00:30
0.447	9:51:20	0:00:30
0.438	9:51:50	0:00:30
0.437	9:52:20	0:00:30
0.439	9:52:50	0:00:30

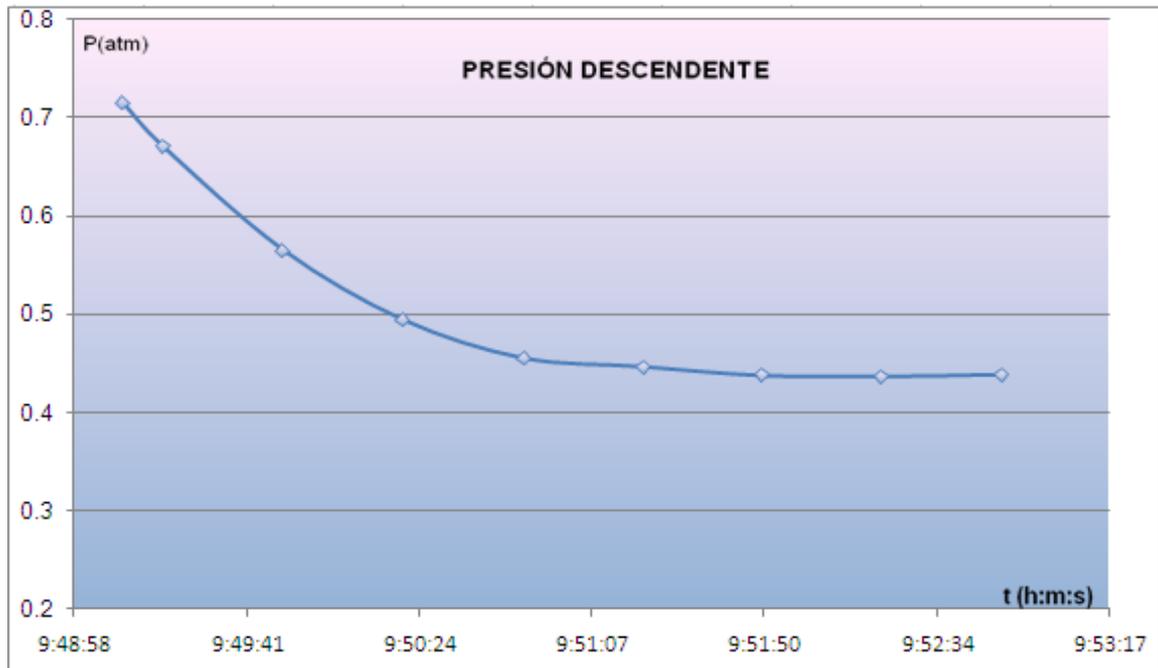


Figura 4.5. Curva Descendente de Presión.

Tabla 4.4. Orden ascendente de presión.

Presión (atm)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (S)
0.454	9:53:20	0:00:00
0.586	9:53:50	0:00:30
0.648	9:54:20	0:00:30
0.679	9:54:50	0:00:30
0.695	9:55:20	0:00:30
0.702	9:55:50	0:00:30
0.707	9:56:20	0:00:30
0.708	9:56:50	0:00:30
0.711	9:57:20	0:00:30
0.713	9:57:50	0:00:30
0.713	9:58:20	0:00:30
0.714	9:58:50	0:00:30
0.714	9:59:20	0:00:30
0.715	9:59:50	0:00:30

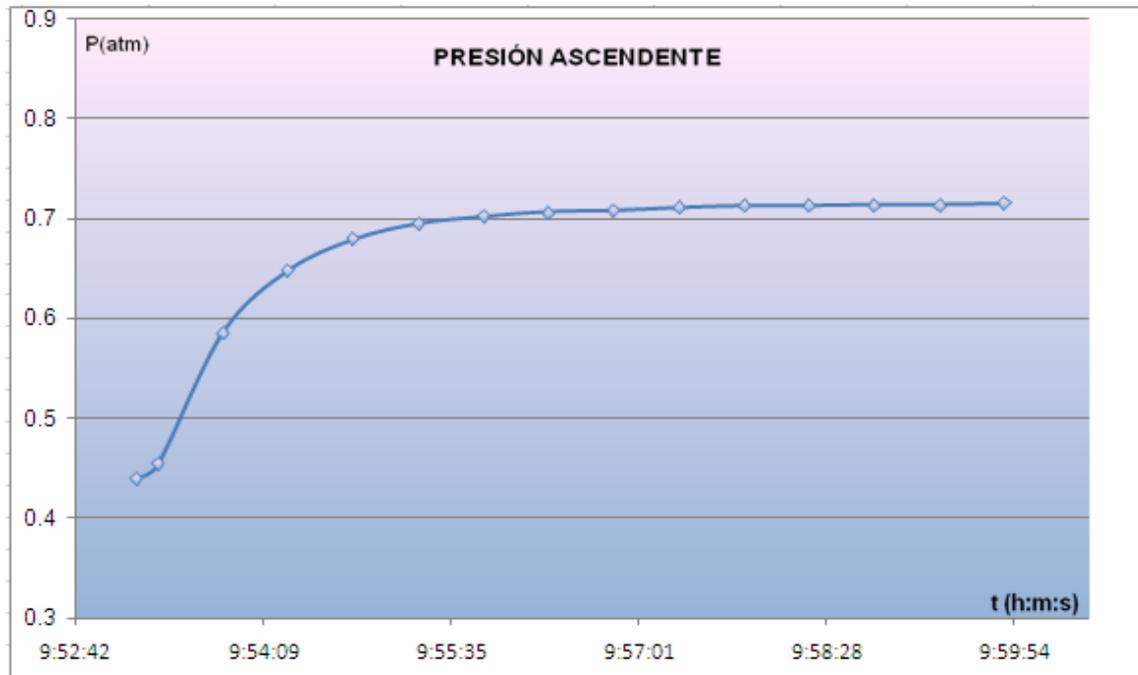


Figura 4.6. Curva Ascendente de Presión.

4.1.3.1. Desviación estándar de temperatura

Para conocer con detalle el conjunto de datos de temperatura, no basta con conocer la medida de tendencia central, sino que se necesita conocer también la desviación que representan los datos en su distribución respecto de la media aritmética de dicha distribución, con objeto de tener una visión de los mismos más acorde con la realidad al momento de describirlos e interpretarlos para la toma de decisiones.

Tabla 4.5. Desviación Estandar de Temperatura .

Muestra	Hora Muestra	TEMP-1 (°C)	TEMP-2 (°C)	TEMP-3 (°C)	TEMP-4 (°C)	TEMP-5 (°C)	PROMEDIO (°C)	Desviación Estándar (σ)
1	14:22:47	0.87	0.95	-1.51	-1.73	-2.94	-0.87	1.72
2	14:23:47	-0.21	-0.16	-2.53	-2.76	-3.95	-1.92	1.67
3	14:24:47	0.26	-0.09	-2.65	-2.88	-3.86	-1.85	1.82
4	14:25:47	1.22	0.44	-2.34	-2.73	-3.41	-1.36	2.06
5	14:26:47	0.64	-0.09	-2.54	-3.10	-3.54	-1.72	1.88
6	14:27:47	-0.09	-0,42	-2.76	-2.99	-3.77	-2.01	1.75
7	14:28:47	0.73	-0.01	-2.69	-2.99	-3.54	-1.70	1.92
8	14:29:47	1.60	0.67	-2.20	-2.69	-3.13	-1.15	2.14
9	14:30:47	0.21	-0.40	-2.65	-3.00	-3.53	-1.88	1.67
10	14:31:47	0.43	-0.32	-2.78	-3.12	-3.64	-1.88	1.82

Con la desviación estándar se puede observar la agrupación de los datos alrededor del valor central (la media o promedio) de temperatura.

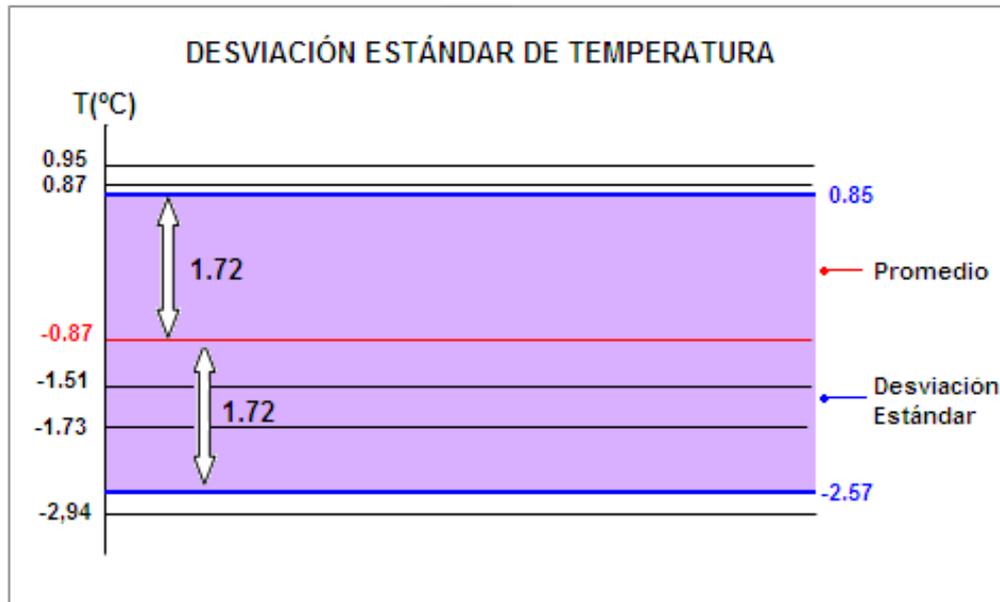


Figura 4.7. Gráfica desviación estándar temperatura.

Para esto se toma diez muestras de los cinco valores de temperatura entregadas por los termopares durante 10 minutos, Tabla 4.5, la desviación estándar del grupo de medidas da como resultado la precisión de éstas.

En la Figura 4.7 se muestra, gracias a la desviación estándar, que los valores que entrega los termopares 1, 2 y 5 caen fuera del rango de valores en el cual sería razonable esperar que ocurriera, (zona color lila), si las medidas fueran correctas, por lo cual se considera que las medidas contradicen la tendencia. Sin embargo en las demás muestras el problema persiste únicamente en los valores de los termopares 1 y 5, como se muestra en el ANEXO G, no obstante la diferencia no es plausible por lo cual el error es mínimo.

4.1.4. PRUEBA DEL CONTROL DE HISTÉRESIS DE PRESIÓN Y TEMPERATURA

Las pruebas que se realizan son a equipos pertenecientes al área de telecomunicaciones del proyecto PGA. Dichos equipos se encargan de recibir

señales de antenas de alta frecuencia que se encuentran separadas, a una distancia considerable, de la cámara hermética de refrigeración.

Los equipos en mención son instalados en pleno funcionamiento en el interior de la cámara hermética de refrigeración y sometidos, durante 6 horas, a una temperatura de -10°C y 0.4 atm de presión aproximadamente, existentes a 7000 msnm.

Tabla 4.6.Histeresis de Temperatura

Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (s)	Temperatura (°C)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras (s)
17	9:10:13	0:00:00	-8.4	11:37:49	0:09:58
16	9:10:50	0:00:37	-10.4	11:42:02	0:04:13
14	9:12:01	0:01:11	-8.3	11:52:11	0:10:09
12	9:13:11	0:01:10	-10.4	11:56:12	0:04:01
10	9:14:25	0:01:14	-8.3	12:06:12	0:10:00
8	9:15:40	0:01:15	-10.3	12:10:09	0:03:57
6	9:17:00	0:01:20	-8.6	12:20:12	0:10:03
4	9:18:26	0:01:26	-10.4	12:24:11	0:03:59
2	9:20:02	0:01:36	-8.4	12:33:59	0:09:48
0	9:21:49	0:01:47	-10.4	12:38:09	0:04:10
-2	9:22:30	0:00:41	-8.4	12:48:12	0:10:03
-4	9:24:51	0:02:21	-10.5	12:52:19	0:04:07
-6	9:27:24	0:02:33	-8.4	13:02:12	0:09:53
-8	9:30:23	0:02:59	-10.6	13:06:14	0:04:02
-10	9:33:27	0:03:04	-8.2	13:16:26	0:10:12
-10.6	9:34:25	0:00:58	-10.3	13:20:21	0:03:55
-8.3	9:44:40	0:10:15	-8.4	13:30:33	0:10:12
-10.7	9:48:51	0:04:11	-10.7	13:34:37	0:04:04
-8.4	9:59:15	0:10:24	-8.3	13:44:55	0:10:18
-10.6	10:03:20	0:04:05	-10.5	13:48:56	0:04:01
-8.3	10:13:05	0:09:45	-8.4	13:58:55	0:09:59
-10.5	10:16:50	0:03:45	-10.4	14:03:04	0:04:09
-8.2	10:27:03	0:10:13	-8.3	14:13:19	0:10:15
-10.6	10:30:57	0:03:54	-10.5	14:17:21	0:04:02
-8.4	10:40:53	0:09:56	-8.4	14:27:23	0:10:02
-10.7	10:45:01	0:04:08	-10.6	14:31:19	0:03:56
-8.3	10:54:58	0:09:57	-8.3	14:41:39	0:10:20
-10.5	10:59:01	0:04:03	-10.4	14:45:35	0:03:56
-8.4	11:09:15	0:10:14	-8.3	14:55:58	0:10:23
-10.6	11:13:41	0:04:26	-10.6	14:59:51	0:03:53
-8.5	11:23:39	0:09:58	-8.5	15:10:23	0:10:32
-10.3	11:27:51	0:04:12			

El propósito de esta prueba es comprobar si el sistema de control de histéresis, implementado en el programa principal de control, logra mantener constante la presión de 0.4 atm y temperatura de -10°C , con un rango de variación de ± 0.15 atm y $\pm 1^{\circ}\text{C}$, respectivamente, además de sostener una buena operación sin dificultades ni contratiempo en dichas condiciones durante el periodo de tiempo mencionado, sin afectar su integridad y funcionamiento.

El principal inconveniente que se presenta en esta prueba, se debe a que la diferencia de presión existente entre 3000 msnm, que es la altura de donde parte el proceso hasta los 7000 msnm, que es donde se desea llegar, es muy pequeña del orden de 0.3 atm, por lo que el proceso alcanza rápidamente al valor deseado, encendiendo y apagando la bomba constantemente.

Como resultado de esta prueba se logra mostrar el comportamiento que tienen la temperatura y la presión durante 6 horas consecutivas, Figura 4.8, 4.9, manteniendo constante la temperatura y presión a 7000msnm, con una histéresis de ± 0.15 atm y $\pm 1^{\circ}\text{C}$, respectivamente.

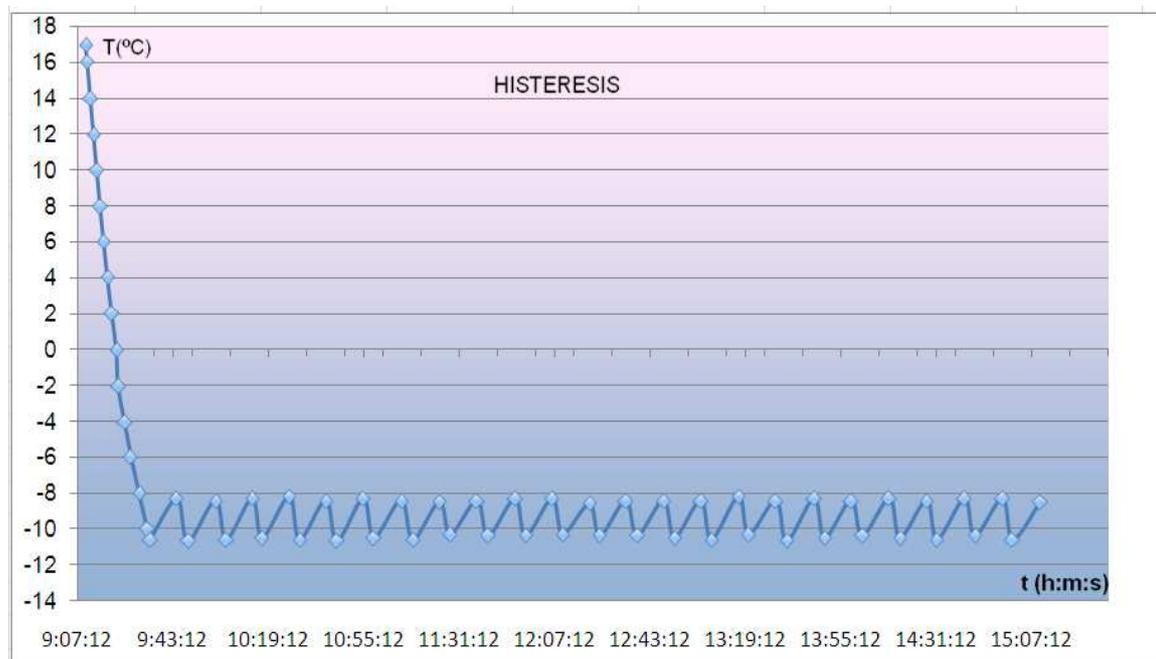


Figura 4.8. Curva de Histéresis de Temperatura

Tabla 4.7. Histeresis de Presión

Presión (atm)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras	Presión (atm)	Hora de la Muestra	Diferencia de muestras
0.715	10:49:10	0:00:00	0.592	10:55:05	0:00:30
0.671	10:49:20	0:00:30	0.463	10:55:35	0:00:30
0.566	10:49:50	0:00:30	0.44	10:56:05	0:00:30
0.495	10:50:20	0:00:30	0.439	10:56:35	0:00:30
0.456	10:50:50	0:00:30	0.446	10:57:05	0:00:30
0.447	10:51:20	0:00:30	0.454	10:57:35	0:00:30
0.436	10:51:50	0:00:30	0.586	10:58:05	0:00:30
0.439	10:52:20	0:00:30	0.602	10:58:35	0:00:30
0.446	10:52:36	0:00:16	0.587	10:59:05	0:00:30
0.454	10:53:50	0:00:14	0.458	10:59:35	0:00:30
0.586	10:54:20	0:00:30	0.420	11:00:05	0:00:30
0.602	10:54:35	0:00:15	0.437	11:00:35	0:00:30

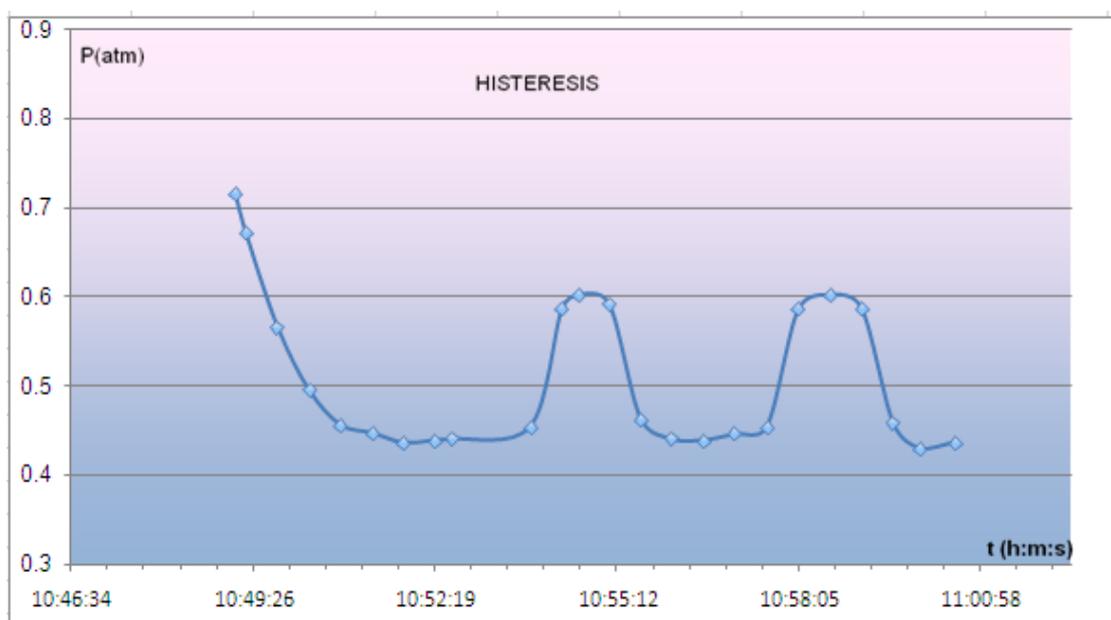


Figura 4.9. Curva de Histéresis de Temperatura

Los equipos sometidos a esta prueba lograron transmitir los datos que requería su aplicación, no presentaron ningún tipo de desperfecto, logrando un correcto funcionamiento.

4.2. PRUEBAS DEL SISTEMA DE MONITOREO

El software de monitoreo se encarga de monitorear el desarrollo de las variables del proceso (temperatura y presión), además de vigilar el interior de la cámara

hermética de refrigeración, mientras esta se encuentre en funcionamiento, para lo cual es necesario realizar algunas pruebas previas que permitan verificar si el sistema funciona adecuadamente, para esto, se cuenta con las herramientas propias de Labview 9.0, con las cuales se facilita el procesamiento de las señales.

4.2.1. MONITOREO DE TEMPERATURA

Para monitorear la variable temperatura, una vez adquirida y procesadas las señales de los 5 termopares a través de la DAQ, el software (Labview 9.0) se encarga de mostrar únicamente el valor de temperatura promediada de los 5 valores anteriormente mencionados, Figura 4.10, la cual es la señal con la que se va a controlar el encendido y apagado del sistema de refrigeración.

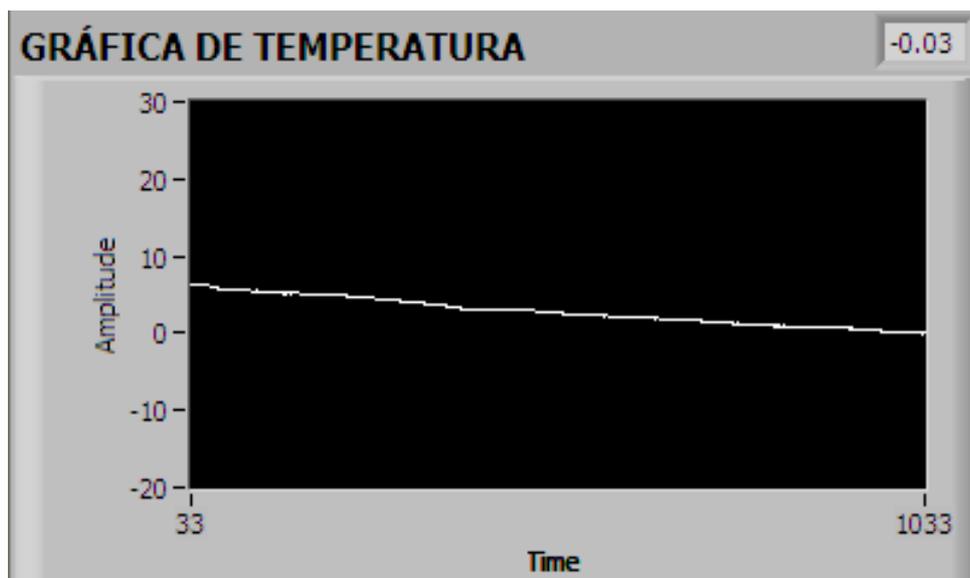


Figura 4.10. Monitoreo de la señal de Temperatura

4.2.2. MONITOREO DE PRESIÓN

El monitoreo de la variable presión, se lo hace de igual manera a través de herramientas de Labview 9.0, como se muestra en la Figura 4.11. La gráfica indica cómo va evolucionando la presión con respecto al tiempo, en el interior de la cámara hermética de refrigeración. Esta señal es la encargada de controlar el encendido y apagado de la bomba de vaciado y electroválvula.

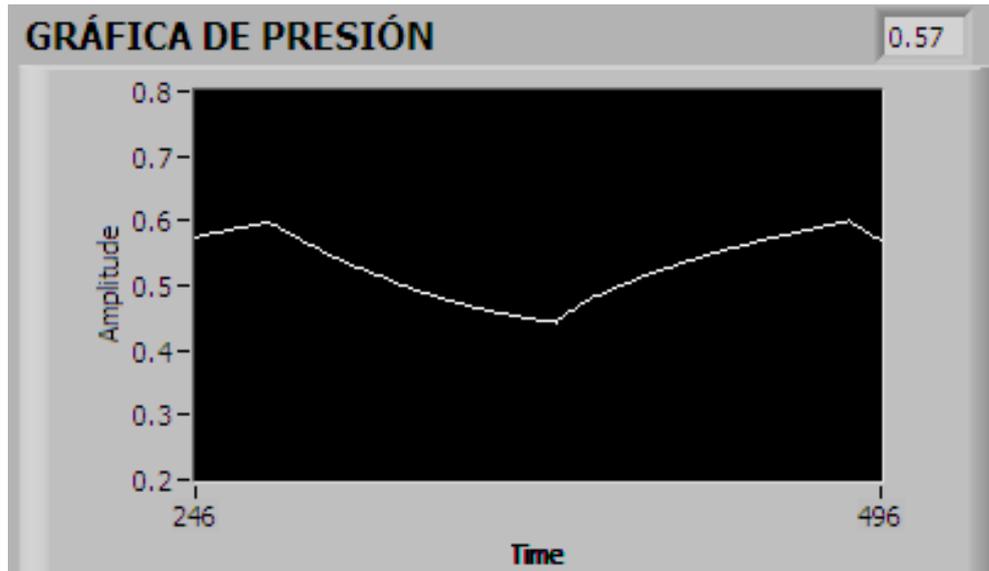


Figura 4.11. Monitoreo de la señal de Presión.

4.2.3. SISTEMA DE VISIÓN A TRAVÉS DE UNA CÁMARA WEB

Para un completo y correcto monitoreo del sistema, se opta por la instalación de un sistema de visión, provisto de una cámara web y un sistema de iluminación, instalado en el interior de la cámara hermética de refrigeración con el propósito de vigilar constantemente, en tiempo real, los equipos que se encuentren a prueba en ese instante, Figura 4.12. Esta imagen es adquirida y procesada por el sistema de visión de Labview 9.0, mientras el proceso se encuentre encendido.

El problema principal que se presenta al momento de instalar y poner en funcionamiento el sistema de visión, es que en condiciones de operación máxima, dicho sistema no tolera los niveles de temperatura que existen en el interior de la cámara hermética de refrigeración.

Para solucionar este problema se opta por encapsular el sistema de visión, tanto la cámara web como el sistema de iluminación, con el propósito de aislarlos del medio en el que se encuentran, Figura 4.13, y así evitar daños irreversibles al sistema de visión.



Figura 4.12. Monitoreo del interior de la cámara hermética de refrigeración.

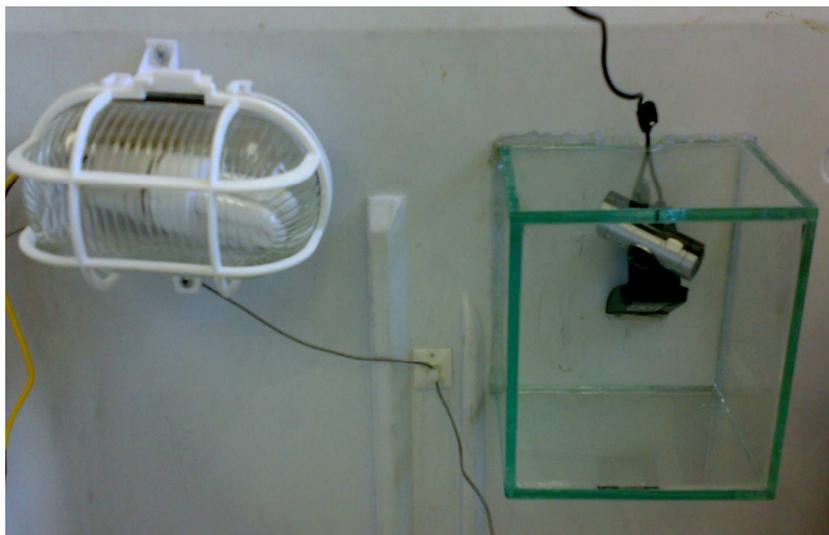


Figura 4.13. Encapsulamiento del sistema de visión.

4.2.4. PRUEBAS DE MONITOREO VÍA INTERNET

Otra manera adecuada de monitorear el sistema hermético de refrigeración, es el monitoreo a través de internet, gracias a este tipo de monitoreo, el usuario logrará observar desde cualquier lugar, el desenvolvimiento del sistema durante su proceso. Para que funcione adecuadamente se requiere realizar algunas pruebas para garantizar el correcto funcionamiento.

Para poner en funcionamiento el monitoreo vía internet se debe contar con un computador “PC de prueba”, adicional al que se utiliza para controlar el proceso “PC máster”, este último es establecido como servidor provisto de una dirección IP fija “172.31.43.18, además se debe comprobar si la conexión a internet existe para ambos equipos, una vez verificado esto, se ingresa dicha dirección IP en la barra de direcciones del “PC de prueba”, con lo cual automáticamente se muestra el desarrollo del proceso en tiempo real, como se observa en la figura 4.14.

Por este medio se logra monitorear todas las ventanas vi, que el usuario requiera, sin necesidad de estar presente donde este localizado el proceso.



Figura 4.14. Panel de control principal en tiempo real vía internet.

4.3. PRUEBAS DEL SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE DATOS

Una vez de adquirir los datos de temperatura y presión, procesarlos y monitorearlos, es necesario almacenarlos adecuadamente para posteriores análisis. La mejor manera de almacenar los datos de temperatura y presión, es en un arreglo (tabla), provisto de filas y columnas.

Para iniciar el proceso de almacenamiento de datos se requiere, en el CONTROL DE DATOS.vi, seleccionar la opción DATABASE, automáticamente se guardarán dichos datos, sin embargo se debe ingresar en, BASE DE DATOS ACCESS.vi, la

tabla y el operador que se encuentra manipulando el sistema en ese momento, como se muestra en la Figura 4.15.

Los datos de temperatura, presión, y el nombre del operador, se guardan con hora y fecha actualizada, en la tabla seleccionada, además el sistema está configurado para guardar los datos a cada minuto a partir de su inicialización.

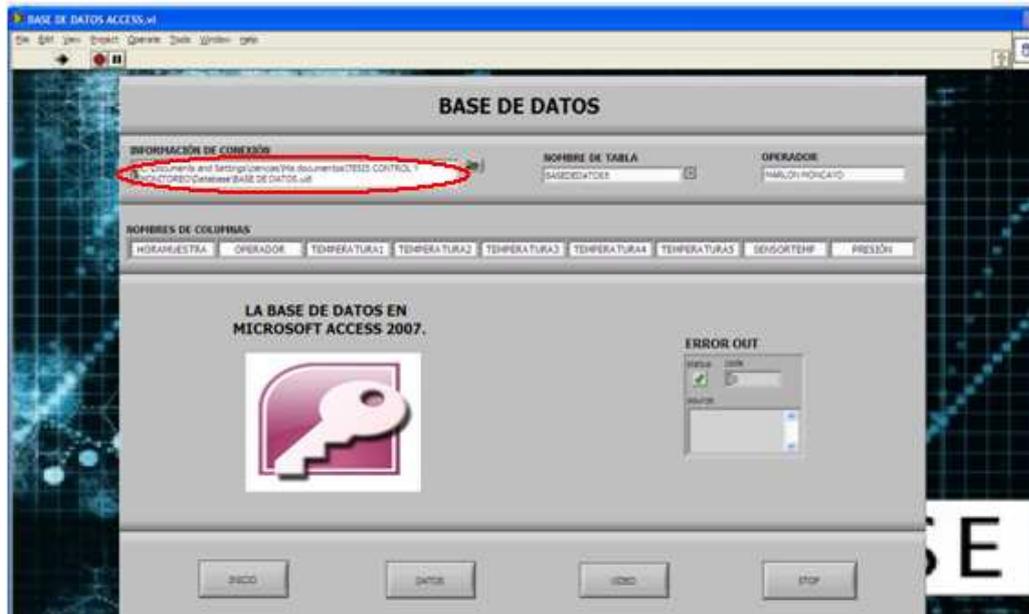


Figura 4.15. Ventana de configuración de base de datos.

Cabe mencionar que este arreglo con toda la información recopilada, se guarda en una hoja de PC ACCESS, Figura 4.16, dentro de una dirección asignada previamente por el operador en BASE DE DATOS ACCESS.vi, Figura 4.15.

	HORAMUESTRA	OPERADOR	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	TEMPERATURA3	TEMPERATURA4	TEMPERATURAS	SENSORTEMP	PRESIÓN
BASEDEDATOS	21-Jul-11 2:22:47 PM	MARLON MONCAYO	0.87	0.95	-1.51	-1.73	-2.94	-0.87	0.48
BASEDEDATOS1	21-Jul-11 2:23:47 PM	MARLON MONCAYO	-0.21	-0.16	-2.53	-2.76	-3.95	-1.92	0.47
BASEDEDATOS2	21-Jul-11 2:24:47 PM	MARLON MONCAYO	0.26	-0.09	-2.65	-2.88	-3.86	-1.85	0.53
BASEDEDATOS3	21-Jul-11 2:25:47 PM	MARLON MONCAYO	1.22	0.44	-2.34	-2.73	-3.41	-1.36	0.49
BASEDEDATOS4	21-Jul-11 2:26:47 PM	MARLON MONCAYO	0.64	-0.09	-2.54	-3.10	-3.54	-1.72	0.58
BASEDEDATOS5	21-Jul-11 2:27:47 PM	MARLON MONCAYO	-0.09	-0.42	-2.76	-2.99	-3.77	-2.01	0.51
	21-Jul-11 2:28:47 PM	MARLON MONCAYO	0.73	-0.01	-2.69	-2.99	-3.54	-1.70	0.48
	21-Jul-11 2:29:47 PM	MARLON MONCAYO	1.60	0.67	-2.20	-2.69	-3.13	-1.15	0.58
	21-Jul-11 2:30:47 PM	MARLON MONCAYO	0.21	-0.40	-2.65	-3.00	-3.53	-1.88	0.50
	21-Jul-11 2:31:47 PM	MARLON MONCAYO	0.43	-0.32	-2.78	-3.12	-3.64	-1.88	0.46
	21-Jul-11 2:32:47 PM	MARLON MONCAYO	1.13	0.27	-2.51	-2.96	-3.33	-1.48	0.44

Figura 4.16. Tabla de Base de Datos en Microsoft Access 2007.

CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Luego del proceso de diseño, construcción y control de un sistema hermético de refrigeración provisto de un sistema de monitoreo, se puede citar las siguientes conclusiones y recomendaciones.

5.1. CONCLUSIONES

Tras haber desarrollado el sistema de control y monitoreo en base a sensores, un PLC Siemens S7-1200, una tarjeta de adquisición de datos NI USB-6211, una cámara Web, una base de datos y software completamente implementado en base a Labview, se puede señalar las siguientes conclusiones.

- LabView 2009 es una herramienta de gran ayuda, debido a su facilidad de uso y a su programación tipo gráfica que permite realizar de manera sencilla: la adquisición de datos, base de datos, publicación web, transmisión de datos vía Ethernet, etc.
- Para ejecutar la adquisición de datos tanto de temperatura como de presión se usó una DAQ USB-6211, este equipo ayuda a realizar el acondicionamiento de las termocuplas y a reducir el tiempo de adquisición de datos.
- Mediante la implementación de una tarjeta de adquisición de datos se puede simular las diversas variaciones de parámetros (temperatura, presión) dentro de un proceso y así mismo controlar sus respectivas salidas con el fin de obtener un control exhaustivo de los parámetros correspondientes y mediante su interfaz gráfica implementada en el software LabVIEW 2009, lograr monitorear y controlarla.

- Debido a que las herramientas de conectividad de base de datos en LabVIEW 2009 requieren un enlace de datos de archivos de Microsoft (UDL) se creó un archivo de Microsoft Data Link o vínculo de datos universal para unir LabView 2009 con la base de datos creada en Microsoft Access 2007.
- El principal inconveniente de las termocuplas es su necesidad de "compensación de junta fría". Esto se debe a que en algún punto, habrá que empalmar los cables de la termocupla con un conductor normal de cobre. En ese punto se producirán dos nuevas termocuplas con el cobre como metal para ambas generando cada una un voltaje proporcional a la temperatura de ambiente en el punto del empalme. Para resolver este problema se mide la temperatura en ese punto mediante un LM -35 y se le suma el valor que da la termocupla para crear la compensación y obtener así la temperatura real.
- Las computadoras portátiles actuales poseen solo un puerto Ethernet, por lo que es necesario adquirir un dispositivo que convierte un puerto USB a puerto Ethernet, ya que necesitábamos dos puertos Ethernet: uno utilizado para la comunicación PLC-PC y el otro para la publicación de la página web en Internet.
- Se usa una cámara web USB para mostrar la imagen del interior del sistema hermético de refrigeración para observar el comportamiento de los diferentes equipos que se van a probar.
- En un sistema de monitoreo a través de una cámara Web, uno de los aspectos principales a cubrir es un buen sistema de iluminación, que facilite la visualización. Si se implementa un sistema de iluminación adecuado, se incrementa y facilita la visibilidad.
- El PLC S7-1200 presenta problemas al realizar la comunicación con LabView 2009, debido a que ningún OPC server soporta este PLC, para

resolver este problema se usa el PC Access usando como PLC el S7-200 desarrollando de esta forma la comunicación.

- La característica más interesante de los paneles remotos es la capacidad de control de VIs remotos de LabView desde un navegador web. Para hacer funcionar los paneles remotos desde un navegador, primero se debe tener el LabVIEW Run-Time Engine y el plug-in del navegador instalado en el computador cliente.
- Solo se necesita crear una página web para VIs de alto nivel. Todos los paneles frontales de las SubVIs que se abren durante la ejecución aparecerán en ventanas separadas del navegador web en la computadora remota.
- Microsoft Access es un potente sistema de administración de bases de datos que nos permite guardar grandes cantidades de información de forma organizada (por filas y columnas) para que luego podamos encontrar y utilizar fácilmente el dato que necesitamos.
- Al adquirir el valor de la variable de presión, la hermeticidad del sistema, representa un inconveniente, debido a que el diseño mecánico de la cámara de refrigeración presenta pequeños ingresos o pasos de aire a su interior. Este ingreso de aire afecta directamente la medición y adquisición de los datos de presión y por ende al control del proceso. Esta dificultad no se puede solucionar electrónicamente ya que corresponde a un aspecto de diseño mecánico, por tal motivo se opta por despreciar esta diferencia.
- La instalación del sensor de presión en el proyecto, es un aspecto de consideración, ya que por el problema mencionado anteriormente no se debe realizar perforaciones en las paredes de la cámara hermética de refrigeración, por lo cual es conveniente elaborar una conexión mecánica, o bien, sellar con macilla u otro material que impida el ingreso o salida de aire del interior de la cámara hermética de refrigeración.

5.2. RECOMENDACIONES

Luego del desarrollo de este proyecto, se puede anotar las siguientes recomendaciones.

- Antes de realizar la medición de presión en el interior de la cámara hermética de refrigeración, se recomienda verificar la existencia de ingresos de aire al interior, ya que esto afectará considerablemente la medición, y por ende el control del proceso.
- En el PLC las salidas son de tipo relé, cuyos datos típicos de rendimiento son suministrados por el comercio especializado, estos puede variar dependiendo de la aplicación, por lo que se recomienda instalar un circuito de protección externo adaptado a la carga, este puede ser un relé industrial que proteja a los contactos del PLC de sobrecorrientes, logrando con esto prolongar la vida útil de los contactos.
- Es recomendable publicar paneles frontales de los VIs de un tamaño razonable, ya que si se publica un panel frontal de gran tamaño el servidor Web necesitaría más tiempo para crear una imagen de gran tamaño, además se puede retrasar la ejecución del VI.
- Para ejecutar de forma remota un VI desde su navegador web, el VI que desea ejecutar debe estar cargado en la memoria del computador (no necesariamente ejecutándose) servidor.
- Es recomendable utilizar el web publishing tool para crear la página web que será publicada en Internet ya que facilita de gran manera la creación de la misma.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] ABADIANO FARINANGO, María Dolores; CHANDI YÉPEZ, Edison Antonio; Automatización de una máquina fresadora vertical o tupí. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Septiembre 2007.
- [2] ALARCÓN SÁNCHEZ, Ana Carolina; JIRÓN PROAÑO, Miguel; Implementación de un sistema de control mediante PLC para un horno de una fábrica de acero. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Octubre 2007.
- [3] ALMEIDA GALARZA, Wilson Daniel; CHUQUI CHICAIZA, Richar Geovanny; Automatizar e implementar el sistema de enfundado y dosificación de líquidos para una máquina de características semi industriales. Escuela Politécnica Nacional. Quito, Septiembre 2008.
- [4] CARVAJAL MAYORGA, Cristina Vanessa; PÉREZ SANTOS, Leonardo Andrés; Diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos y su interface con una red central de datos en la empresa acerías del Ecuador C.A. (ADELCA). Escuela Politécnica Nacional. Quito, Diciembre 2008.
- [5] CASTORENA ROMO, Martha Cecilia; Control de Energía en base a PLC. Universidad Autónoma Metropolitana, México D.F., 2004.
- [6] CISCO NETWORKING ACADEMY, Aspectos básicos de networking. España. 2008.
- [7] COUGHLIN, Robert, DRISCOLL, Frederick, Amplificadores operacionales y circuitos integrados lineales. Quinta Edición. Prentice Hall. México. 1999.
- [8] CREUS, Antonio, Instrumentación Industrial. Octava Edición. Alfaomega. México. 2011.
- [9] DOSSAT, Roy, Principios de refrigeración. Decima Séptima Edición. Editorial continental. México. 1997.

- [10] FIRMINO, José; La ingeniería eléctrica en un sistema de refrigeración industrial. Escuela Superior Politécnica del Litoral. Guayaquil. 1999.
- [11] FREESCALE SEMICONDUCTOR, Datasheet MPX4115A. 2009.
- [12] FREESCALE SEMICONDUCTOR, Datasheet RFS 2.
- [13] MÉNDEZ, Romel; Construcción de un sistema didáctico de control electrónico de aire acondicionado. Escuela Politécnica Nacional. Quito. Enero 2006.
- [14] NATIONAL INSTRUMENTS, Datasheet DAQ NI USB-6211.
- [15] NATIONAL INSTRUMENTS, Tutorial LABVIEW 2009.
- [16] NATIONAL INSTRUMENTS. <http://www.ni.com>.
- [17] NATIONAL SEMICONDUCTOR, Datasheet LM35. 2000.
- [18] OGATA, Katsuhiko, Ingeniería de control moderna. Cuarta Edición. Pearson Prentice Hall. España. 2003.
- [19] SIEMENS, Controlador Programable S7-1200. 2009.
- [20] SIEMENS, Paso a Paso S7-1200 – Step 7 Basic V10.5. 2009.
- [21] SIEMENS. <http://support.automation.siemens.com>.
- [22] VARIOS AUTORES, Instrumentación Virtual: Adquisición, procesado y análisis de señales. Primera Edición. Alfaomega. México. 2002.
- [23] WIKIPEDIA. <http://www.wikipedia.com>

ANEXO A

MANUAL DE USUARIO

El presente documento constituye una guía necesaria para instruir a cualquier tipo de usuario en la operación del sistema, dándole a conocer los procedimientos que debe seguir para alcanzar el rendimiento y resultados requeridos en el desarrollo del proceso de control y monitoreo de la cámara hermética de refrigeración.

El programa que se utilizó para realizar la interface del proceso con el operador es Labview 9.0, que es un software amigable de fácil manejo.

Los programas o VI's para el control del sistema hermético de refrigeración, así como para el monitoreo y base de datos, se encuentran conjuntamente con los SubVI's necesarios para su ejecución, dentro de un proyecto de LabVIEW.

A.1. REQUERIMIENTOS BÁSICOS

Antes de abrir los archivos es necesario contar con la versión LabVIEW 2009, además deberán estar instalados los toolkits de visión, base de datos y Web Publishing Tools, para evitar errores durante la ejecución de las aplicaciones. Además se recomienda tener los siguientes requerimientos mínimos del computador donde se ejecuten los programas.

Sistema Operativo:	Windows 2000
Procesador:	1.6 GHz
Memoria RAM:	1GB

Para obtener un mejor rendimiento de las aplicaciones, se recomienda utilizar un computador con características superiores a los requerimientos mínimos indicados.

A.2. CARGA DEL PROGRAMA

Para conseguir iniciar el proceso, es necesario cargar el programa o VI's de control que se encuentra en LabVIEW 9.0. EL usuario tiene que hacer clic en el icono *PGA* que se localiza en el escritorio o en el menú inicio ver Figura A.1, para conseguir ingresar al entorno de LabVIEW 9.0.

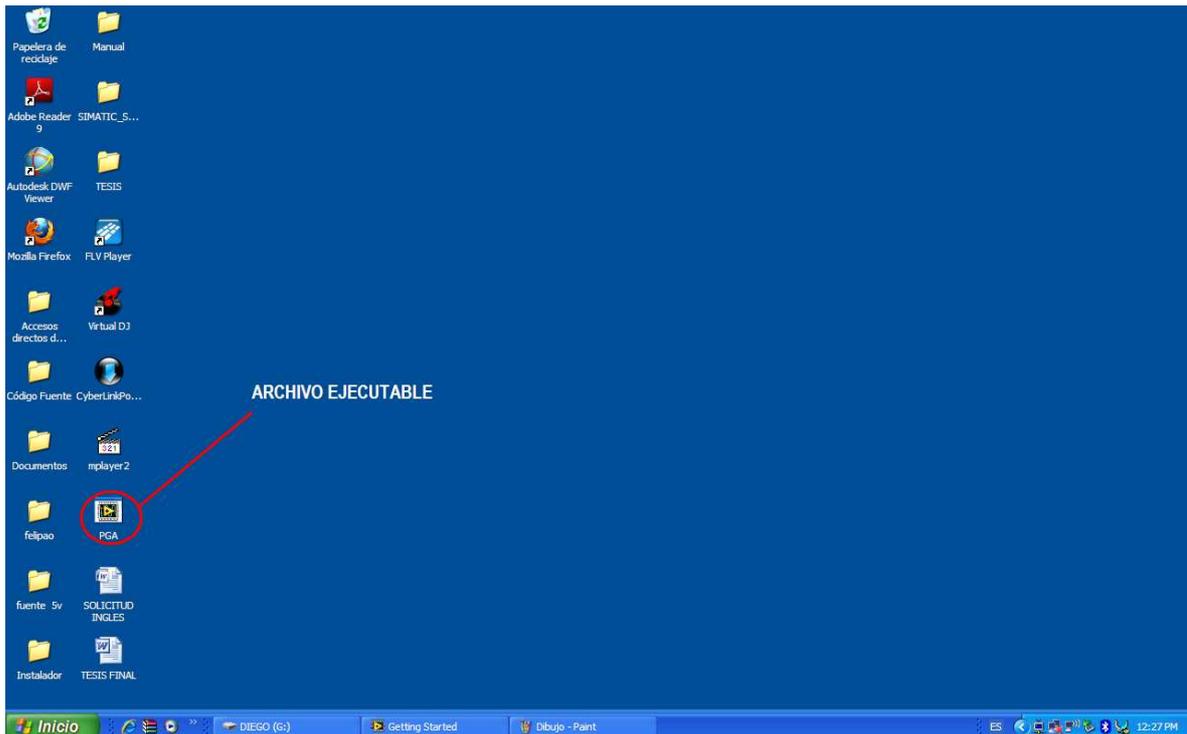


Figura A.1. Carga del ejecutable PGA

Una vez iniciado el archivo ejecutable, aparecerá una ventana en la que el VI principal se ejecuta como se muestra en la Figura A.2,

A.2. DESCRIPCIÓN DE LOS PROGRAMAS DE CONTROL

A.2.1. Principal.vi

En este VI, aparecerá la ventana que indica el panel frontal de la *página principal*, Figura A.2, en donde se encuentran los accesos en los cuales el operador podrá elegir de forma inmediata las diferentes acciones de control y monitoreo, que desea realizar.

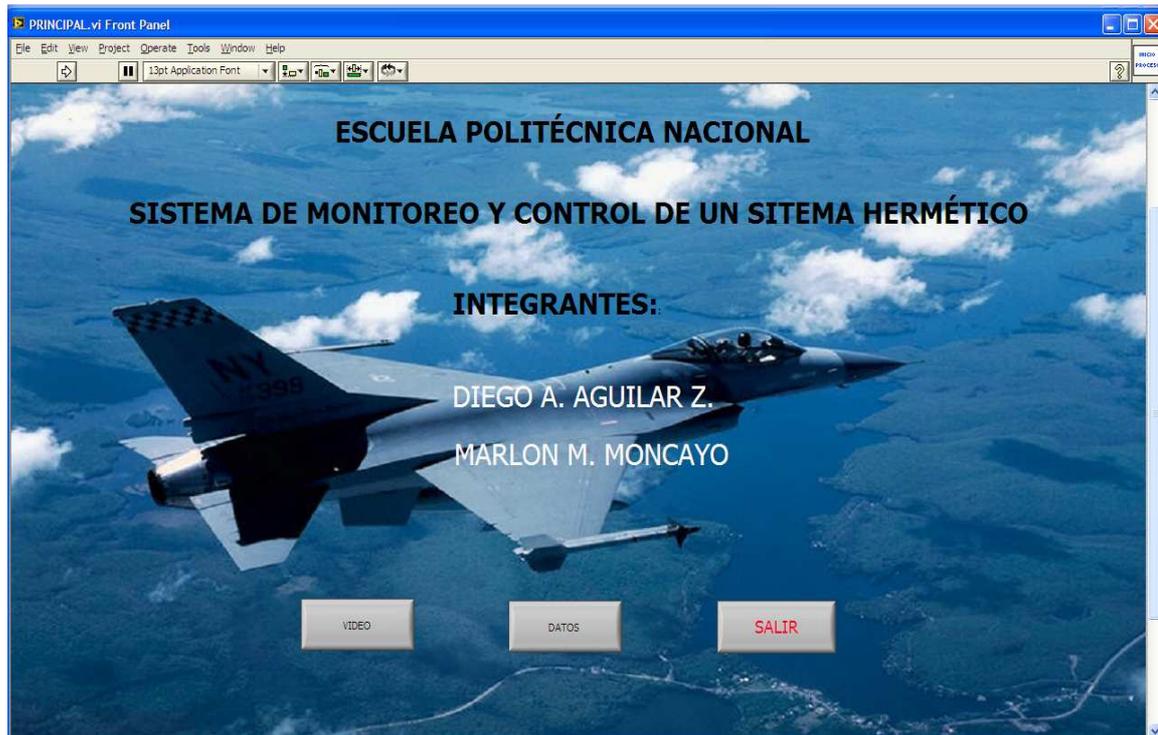


Figura A.2. Panel Frontal de “PRINCIPAL.vi”.

A.2.1.1. Descripción del funcionamiento de los controles del principal.vi.

A continuación se describe las funciones que desempeñan cada uno de los controles que forman parte del panel principal del programa “PRINCIPAL.vi”.



Pulsar Datos: A través de esta acción, el operador consigue ingresar al panel frontal de “CONTROL DE DATOS.vi”,



Pulsar Video: Con esta acción, se logra ingresar al panel frontal de la pantalla de “MONITOREO.vi”.



Pulsar Salir: Con esta acción, se logra detener completamente el desarrollo de los VI's.

A.2.2. Control de Datos.vi

Dentro de este VI se encierra el panel de control, Figura A.3, en el cual se localiza los controles, encargados de iniciar el proceso de refrigeración y vaciado.

Para que el sistema empiece a funcionar es necesario que el operador ingrese, en la parte superior derecha de la pantalla donde se encuentra el panel de control, el nivel de altura en la que quiere medir valores de temperatura y presión, Figura A.4, los cuales se encuentran dentro de una tabla, Figura A.5.

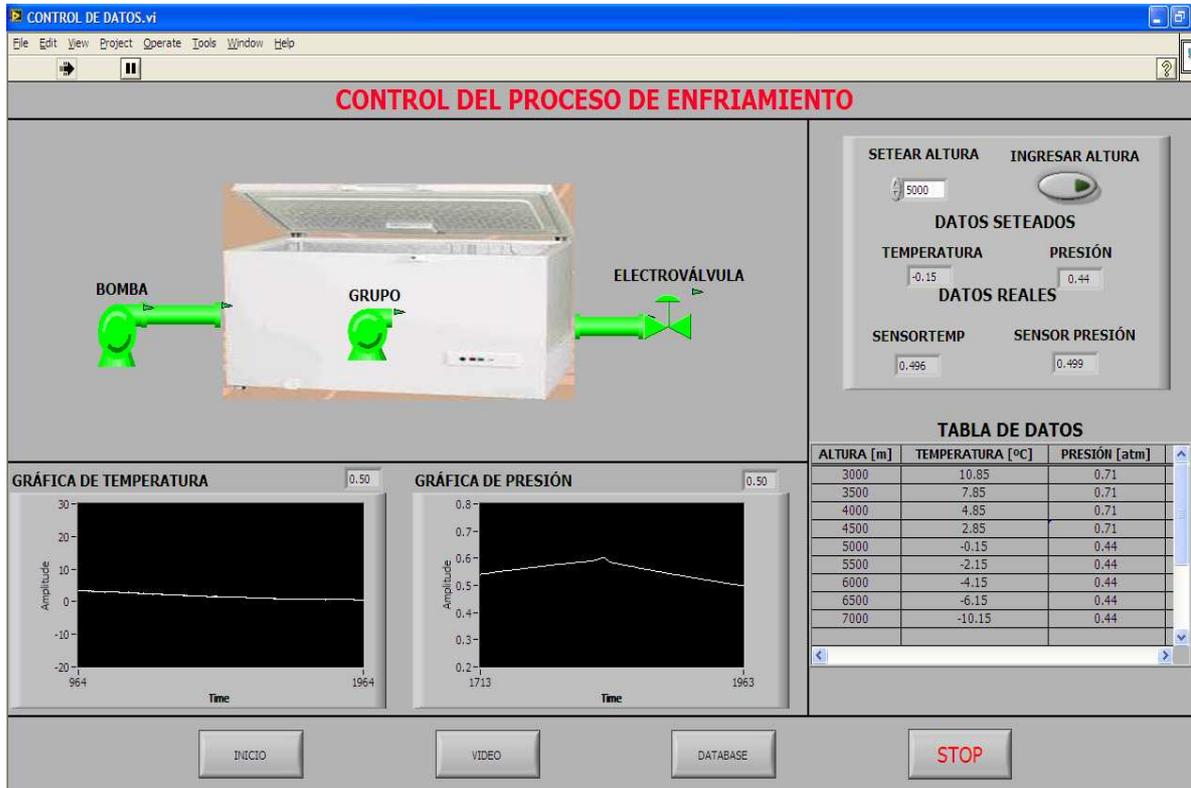


Figura A.3. Panel Frontal de "CONTROL DE DATOS.vi".



Figura A.4. Seteo del valor de la altura.

Una vez ingresado el valor de la altura a la cual se desea que el sistema alcance, según la tabla de la Figura A.5, se presionará *ingresar altura*, con lo cual inmediatamente el sistema iniciará el proceso para alcanzar los valores de temperatura y presión ya anteriormente programados.

TABLA DE DATOS		
ALTURA [m]	TEMPERATURA [°C]	PRESIÓN [atm]
3000	10.85	0.71
3500	7.85	0.71
4000	4.85	0.71
4500	2.85	0.71
5000	-0.15	0.44
5500	-2.15	0.44
6000	-4.15	0.44
6500	-6.15	0.44
7000	-10.15	0.44

Figura A.5. Tabla de valores temperatura y presión según la altura

Nota: Cabe recalcar que el operador antes de iniciar el sistema debe fijar la altura con la cual quiere que funcione el proceso, ya que el programa solo reconocerá si se setean valores de altura mayores al dato anterior, es decir, por ejemplo: si se seteó inicialmente la altura de 5000 metros, el operador ya no podrá hacer funcionar el sistema para valores de alturas menores a este, sino con valores mayores.

Si se desea realizar las pruebas con valores de altura menores, se deberá apagar el proceso y esperar que el sistema se estabilice, esto se logra abriendo la electroválvula permitiendo así el ingreso de aire al interior de la cámara de refrigeración, con lo cual se estabilizará en presión y temperatura el sistema.

El proceso se inicia con el encendido simultáneo de la electroválvula, bomba y sistema de enfriamiento (GRUPO), lo cual se ilustra con el encendido de *ELECTROVÁLVULA, BOMBA Y GRUPO*, Figura A.6.

Luego de haber encendido el sistema, se encenderá primeramente la electroválvula, cuyo estado inicial es normalmente cerrada (nc), y

simultáneamente la bomba para empezar a extraer el aire del interior de la cámara, con el fin de llegar a la presión setead, de igual forma el sistema de enfriamiento permanecerá encendido hasta alcanzar el valor establecido de temperatura. Una vez que se llegue a estos valores, el sistema apagará la ELECTROVÁLVULA, BOMBA, o *GRUPO*, según sea el orden de llegada.



Figura. A.6. Funcionamiento del sistema de enfriamiento.

También se puede visualiza en el panel principal de control, en tiempo real, gráficas que muestran valores de temperatura y presión que se están alcanzando en el interior de la cámara de refrigeración y vaciado, como se muestra en la Figura A.7, y Figura A.8.

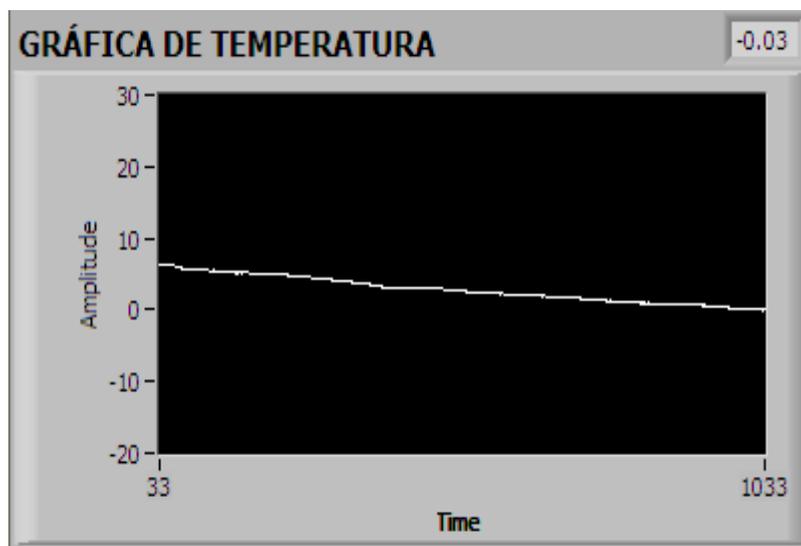


Figura A.7. Gráfica de temperatura.

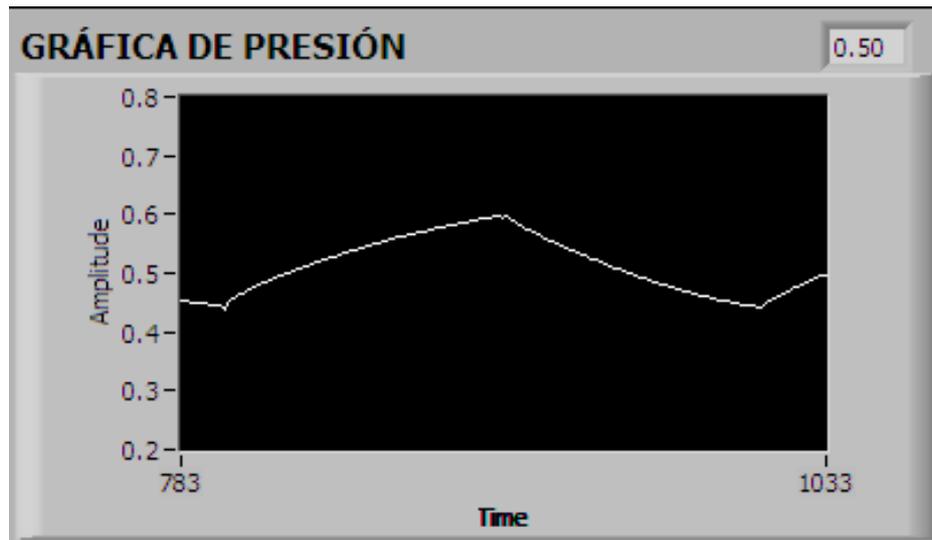
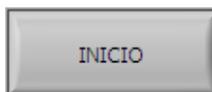


Figura. A.8. Gráfica de presión.

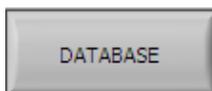
A.2.2.1. Descripción del funcionamiento de los controles del control de datos.vi.



Presionar Inicio: Esta acción permite al operador regresar al menú principal del programa "*PRINCIPAL.vi*".



Presionar Video: Con esta acción, se logra ingresar al panel frontal de la pantalla del programa "*MONITOREO.vi*".



Presionar Data Base: A través de esta acción se logra ingresar en la pantalla del programa "*BASE DE DATOS.vi*".



Presionar Parar: A través de esta acción se podrá detener la ejecución del programa "*CONTROL DE DATOS*".

A.2.3. Monitoreo.vi

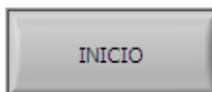
Otra opción que posee el sistema es *MONITOREO.vi*, el cual es el encargado de monitorear, en tiempo real, el proceso. Para acceder al panel frontal de este programa, Figura A.9, se lo puede hacer pulsando el control *VIDEO*, aquí el operador observará de forma inmediata, a través de una webcam, los equipos

electrónicos instalados en el interior de la cámara que se encuentren a prueba en ese momento.



Figura A.9. Panel Frontal de “MONITOREO.vi”.

A.2.3.1. Descripción del funcionamiento de los controles de monitoreo.vi.



Presionar Inicio: Esta acción permite al operador regresar al menú principal del programa “PRINCIPAL.vi”.



Pulsar Datos: A través de esta acción, el operador consigue ingresar al panel frontal de “CONTROL DE DATOS.vi”,

A.2.3. Base de Datos.vi

El sistema además cuenta con un, “BASE DE DATOS.vi”, el mismo que se encarga de almacenar datos del proceso, en tiempo real, tanto de temperatura como de presión, existentes en el interior de la cámara de refrigeración. Con esto se logra tener un histórico de cómo se está comportando el proceso a través del tiempo.

Para ingresar al panel frontal de “BASE DE DATOS.vi”, Figura A.10, se presiona el control DATA BASE ubicado en panel frontal del “CONTROL DE DATOS.vi”.

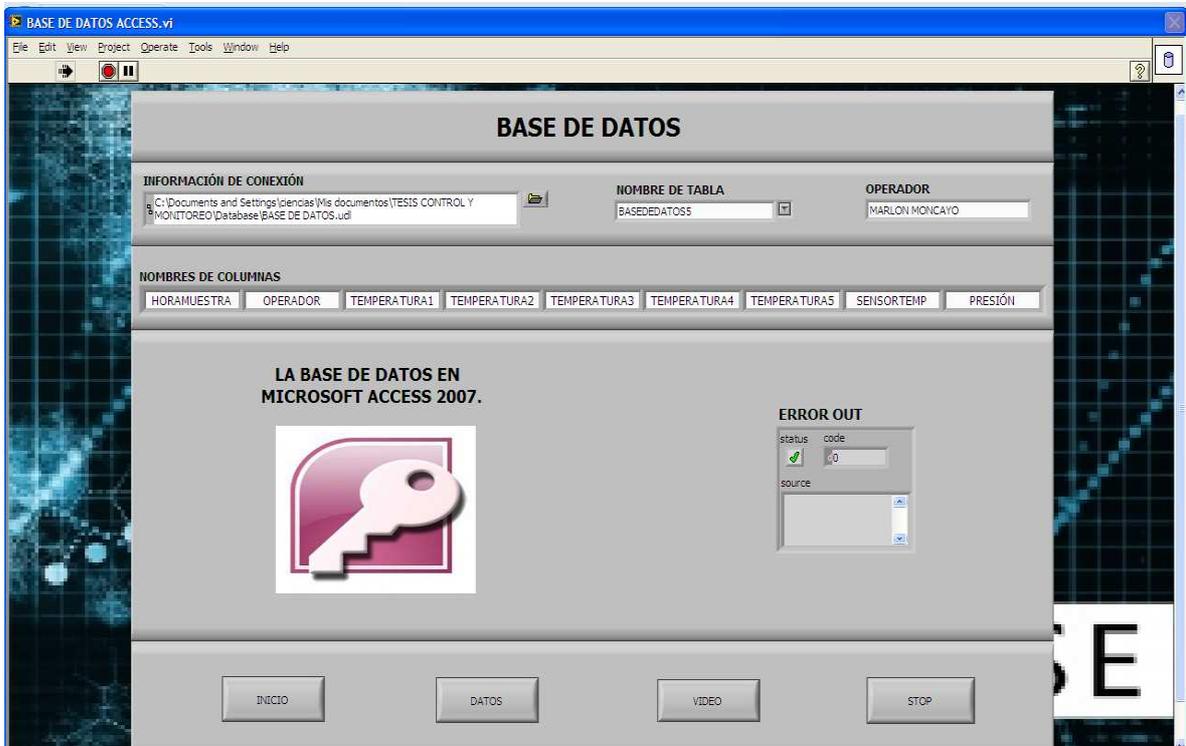


Figura A.10. Panel Frontal de “BASE DE DATOS.vi”.

Es recomendable antes de iniciar el proceso de recopilación de datos, seleccionar en la parte superior, en el menú NOMBRE DE TABLA, Figura A.11, la tabla donde se desea guardar los datos, además colocar el nombre del operario que en ese momento se encuentre maniobrando el proceso, Figura A.12, esto se lo hace para que se guarde tanto la tabla de datos como el nombre del operador.



Figura A.11. Selección de la tabla de datos.

OPERADOR
DIEGO AGUILAR

Figura A.12. Ingreso del nombre del Operador.

Todos los datos recopilados se guardan en una hoja de Microsoft Access 2007, con los siguientes datos: Hora y Fecha de la Primera Muestra, Fecha, Tiempo, Operador, los datos de temperaturas y presión, como se muestra en la figura. A.13.

BASEDEDATOS5	HORAMUESTRA	OPERADOR	TEMPERATURA1	TEMPERATURA2	TEMPERATURA3	TEMPERATURA4	TEMPERATURA5	SENSORTEMP
BASEDEDATOS1	19-Jul-11 5:34:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-1.000	-3.000	-3.000	20.000	7.000
BASEDEDATOS2	19-Jul-11 5:35:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-2.000	-4.000	-5.000	20.000	6.000
BASEDEDATOS3	19-Jul-11 5:36:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-4.000	-5.000	-6.000	20.000	5.000
BASEDEDATOS4	19-Jul-11 5:37:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-5.000	-6.000	-7.000	20.000	5.000
BASEDEDATOS5	19-Jul-11 5:38:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-5.000	-7.000	-8.000	20.000	4.000
	19-Jul-11 5:39:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-6.000	-8.000	-9.000	20.000	4.000
	19-Jul-11 5:40:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-7.000	-9.000	-9.000	20.000	3.000
	19-Jul-11 5:41:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-8.000	-9.000	-10.000	20.000	3.000
	19-Jul-11 5:42:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-8.000	-10.000	-11.000	20.000	2.000
	19-Jul-11 5:43:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-9.000	-11.000	-12.000	20.000	2.000
	19-Jul-11 5:44:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-10.000	-12.000	-12.000	21.000	2.000
	19-Jul-11 5:45:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-11.000	-12.000	-13.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:46:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-11.000	-13.000	-13.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:47:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-14.000	-14.000	21.000	0.000
	19-Jul-11 5:48:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-13.000	-14.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:49:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-11.000	-12.000	-14.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:50:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-11.000	-12.000	-13.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:51:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-13.000	-14.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:52:59 PM	MARLON MONCAYO	20	-12.000	-14.000	-15.000	20.000	0.000
	19-Jul-11 5:53:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-13.000	-14.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:54:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-12.000	-14.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:55:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-11.000	-13.000	-13.000	21.000	1.000
	19-Jul-11 5:56:59 PM	MARLON MONCAYO	21	-12.000	-13.000	-14.000	21.000	1.000

Figura A.13. Base de Datos en Microsoft Access 2007.

Haciendo clic en este botón, figura. A.14, se puede salir completamente del programa de monitoreo y control, pero este botón funcionará siempre y cuando todo el proceso se encuentre apagado, es decir que el sistema de enfriamiento, la electroválvula y la bomba no se encuentren encendidas, caso contrario no se podrá apagar el proceso.



Figura. A.14. Botón para salir completamente del proceso

ANEXO B

EQUIPOS DE ADQUISICIÓN Y CONTROL

B.1. DAQ NI USB-6211



B.1.1. REQUISITOS Y COMPATIBILIDAD

B.1.1.1. Información del sistema operativo

- Windows 2000/XP
- Windows Vista x64/x86
- Linux

B.1.1.2. Información del driver

- NI-DAQmx
- Base de NI-DAQmx

B.1.1.3. Compatibilidad de software

- LabVIEW
- LabVIEW SignalExpress

- LabWindows / CVI
- Measurement Studio

B.1.2. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

Entradas Analógicas	Resolución (bits)	Velocidad máxima (kS/s)	Salidas analógicas	Resolución (bits)	Velocidad máxima (kS/s)	E / S digital
16	16	250	2	16	250	4DI/DO

Entrada Analógica	
Número de canales	8 diferenciales o 16 individuales
ADC resolución	16 bits
Frecuencia de muestreo	
Máxima	250 kS / s de un solo canal a 250 kS / s multicanal (agregado)
Mínimo	0 S / s
Precisión de tiempo	50 ppm de velocidad de muestreo
Tiempo de resolución	50 ns
Acoplamiento de entrada	DC
Rango de entrada	± 10 V, ± 5 V, ± 1 V, $\pm 0,2$ V
Máximo voltaje de funcionamiento para las entradas analógicas (señal de modo común +)	$\pm 10,4$ V de AI GND
CMRR (DC a 60 Hz)	100 dB
Impedancia de entrada	
Dispositivo Encendido	
AI + AI GND	> 10 G Ω en paralelo con 100 pF
AI-AI GND	> 10 G Ω en paralelo con 100 pF
Dispositivo apagado	
AI + AI GND	1200 Ω
AI-AI GND	1200 Ω

Entrada de corriente de polarización	± 100 pA
Diafonía (a 100 kHz)	
Canales adyacentes	-75 DB
Canales no-adyacentes	-90 DB
ancho de banda de señal débil (-3 dB)	450 kHz
Entrada de tamaño	4.095 muestras
Memoria de canales	4095 entradas
Transferencia de datos	Señal de corriente USB, E / S programadas
Protección contra sobretensiones (EA <0 .. 31>, AI SENCE)	
Dispositivo encendido	± 30 V máximo dos pines AI
Dispositivo apagado	± 20 V máximo dos pines AI
Corriente durante la condición de sobretensión de entrada	± 20 mA máx / pin AI
Tiempo de establecimiento para las mediciones de Multicanal	
La precisión, el paso a gran escala, todos los rangos	
± 90 ppm de paso (± 6 LSB)	4 us intervalo de conversión
± 30 ppm de paso (± 2 LSB)	5 us intervalo de conversión
± 15 ppm de paso (± 1 LSB)	7 us intervalo de conversión

Salida Analógica	
Número de canales	2
Resolución del DAC	16 bits
DNL	± 1 LSB
Monotonicidad	16 bits garantizado
Máxima velocidad de actualización	
1 canal	250 kS / s
2 canales	250 kS / s por canal
Precisión de tiempo	50 ppm de velocidad de muestreo
Tiempo de resolución	50 ns
Rango de salida	± 10 V
Salida de acoplamiento	DC

Impedancia de salida	0,2 Ω
Corriente de salida	± 2 mA
Overdrive protección	± 30 V
Overdrive actual	2,4 mA
Estado de encendido	± 20 mV
Energía-en fallo	± 1 V para 200 ms
Tamaño de la salida FIFO	8.191 muestras compartida entre los canales utilizados
Transferencias de datos	Señal corriente USB, E/S programada
Tiempo establecimiento, actividad a gran escala de 15 ppm (1 LSB)	32 us
Velocidad de giro	5 V / us
Falla de energía	
Magnitud	100 mV
Duración	2.6 us
Calibración (AI y AO)	
Recomendaciones tiempo de calentamiento	15 minutos
Intervalo de calibración	1 año

Digital I / O / PFI	
Características estáticas	
Número de canales	
Entrada digital	4 (PIF <0 .. 3> / P0. <0 .. 3>)
Salida digital	4 (PIF <4 .. 7> / P1. <0 .. 3>)
Referencia a tierra	D GND
Resistencia de pull-down	47 k Ω \pm 1%
Protección de tensión de entrada	± 20 V en un máximo de 8 pines
PFI Funcionalidad	
PIF <0 .. 3>, PIF <8 .. 11> / Puerto 0	
Funcionalidad	Entrada digital estática, entrada de sincronización

Configuración del filtro anti-rebote	125 ns, 6.425 us, 2,56 ms, deshabilitar, transiciones de alta y baja, seleccionables por entrada
PIF <4 .. 7>, PIF <12 .. 15> / Puerto 1	
Funcionalidad	Salida digital estática, salida de sincronización
Fuentes de sincronización de salida	Muchos AI, AO, contador de señales de sincronización

Condiciones de funcionamiento máximo		
Nivel	Min	Max
I _{OL} Salida de baja corriente	-	16 mA
I _{OH} Salida de alta corriente	-	-16 MA

Características de entrada digital		
Nivel	Min	Max
V _{IL} Entrada de bajo voltaje	0 V	0,8 V
V _{IH} Entrada de alto voltaje	2 V	5.25 V
I _{IL} Entrada de baja corriente (V _{in} = 0)	-	-10 uA
I _{IH} Entrada de alta corriente (V _{in} = 5)	-	120 uA

Características de salida digital		
Parámetro	Nivel de Tensión	Nivel actual
V _{OL}	0,6 V	6 mA
V _{OH}	2,7 V	-16 mA
	3,8 V	-6 mA

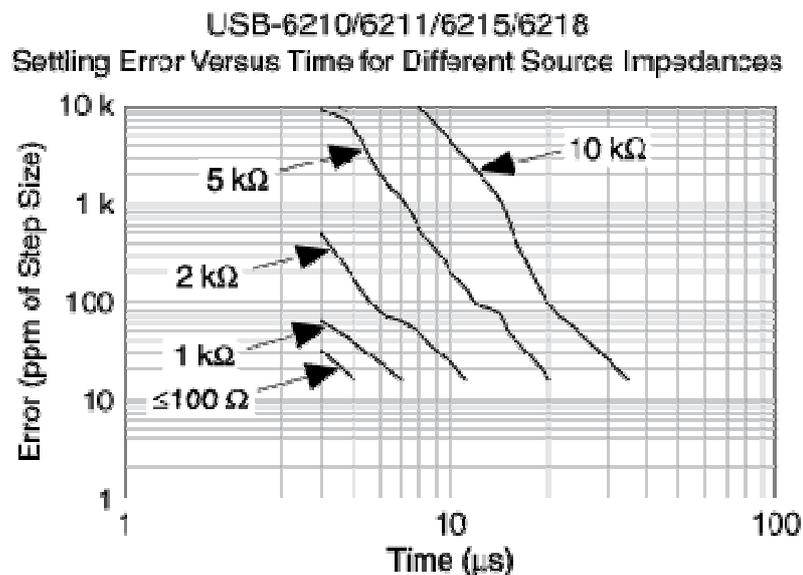
Límites de potencia	
+5 V terminal como salida	
Voltaje	4,6 a 5,2 V
Corriente (internamente limitada)	50 mA máximo, para compartir con salidas digitales
+5 V terminal como entrada	

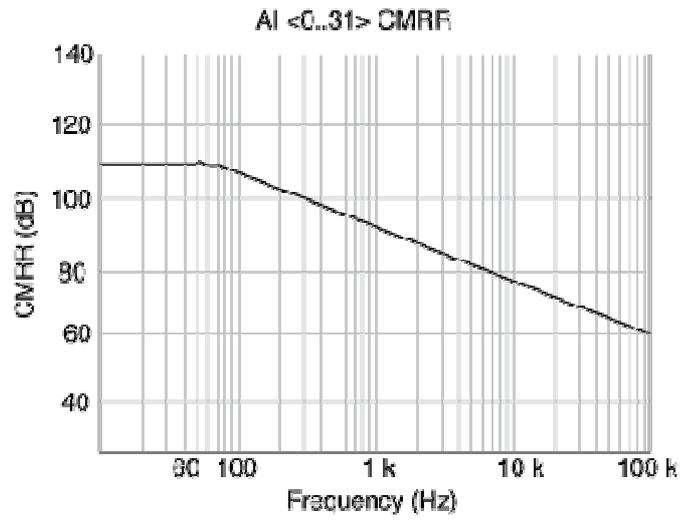
Voltaje	4,75 a 5,35 V
Corriente: No exceder de 16 mA por pin DIO.	350 mA máximo, reconexión automática
Protección	± 10 V

Requisitos de energía	
Tensión de entrada en puerto USB	4,5 a 5,25 V, en el estado configurado
Máxima corriente de entrada	500 mA
Corriente de carga no típica	320 mA a 4,5 V
Carga máxima	
Corriente típica	400 mA a 4,5 V
Corriente suspendida	260 uA, típica

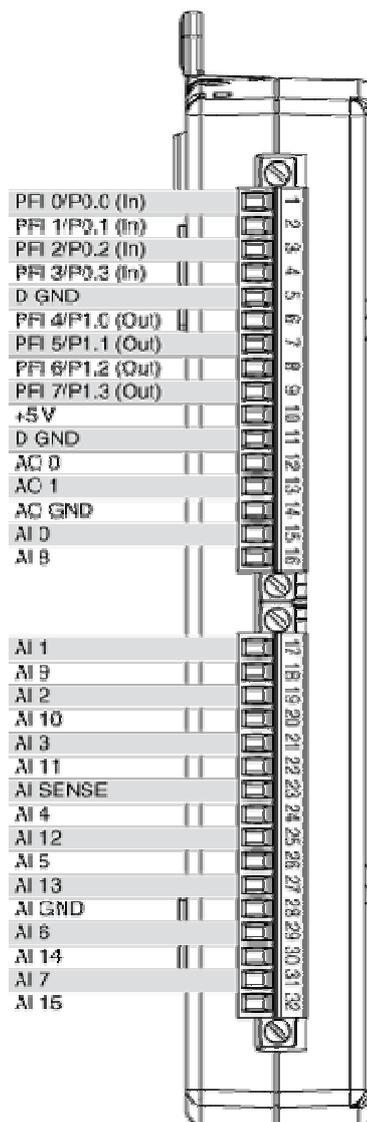
Medioambiente	
Temperatura de funcionamiento	0 a 45 °C
Temperatura de almacenamiento	-20 A 70 °C
Humedad	10 a 90% RH, sin condensación
Altitud máxima	2.000 m

B.1.3. GRÁFICOS DE RENDIMIENTO TÍPICO





B.1.4. DIAGRAMA DE CONEXIÓN DAQ NI USB - 6211



B.2. CONTROLADOR PROGRAMABLE S7-1200 CPU 1212C

Función	CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C
Dimensiones físicas (mm)	90 x 100 x 75		110 x 100 x 75
Memoria de usuario	<ul style="list-style-type: none"> • Memoria de trabajo • Memoria de carga • Memoria remanente 		<ul style="list-style-type: none"> • 50 KB • 2 MB • 2 KB
E/S integradas locales	<ul style="list-style-type: none"> • Digitales • Analógicas 	<ul style="list-style-type: none"> • 6 entradas/4 salidas • 2 entradas 	<ul style="list-style-type: none"> • 8 entradas/6 salidas • 2 entradas • 14 entradas/10 salidas • 2 entradas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes para entradas (I) y 1024 bytes para salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		8192 bytes
Ampliación con módulos de señales	Ninguna	2	8
Signal Board	1		
Módulos de comunicación	3 (ampliación en el lado izquierdo)		
Contadores rápidos	3	4	6
• Fase simple	• 3 a 100 kHz	• 3 a 100 kHz 1 a 30 kHz	• 3 a 100 kHz 3 a 30 kHz
• Fase en cuadratura	• 3 a 80 kHz	• 3 a 80 kHz 1 a 20 kHz	• 3 a 80 kHz 3 a 20 kHz
Salidas de impulsos	2		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Tiempo de respaldo del reloj de tiempo real	Típico: 10 días / Mínimo: 6 días a 40 °C		
PROFINET	1 puerto de comunicación Ethernet		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		

B.2.1. CONDICIONES AMBIENTALES

Condiciones ambientales - Transporte y almacenamiento	
EN 60068-2-2, ensayo Bb, calor seco y EN 60068-2-1, ensayo Ab, frío	-40° C a +70° C
EN 60068230, ensayo Dd, calor húmedo	25° C a 55° C, 95% de humedad
EN 60068-2-14, ensayo Na, choque de temperatura	-40° C a +70° C, tiempo de secado 3 horas, 2 ciclos
EN 60068232, caída libre	0,3 m, 5 veces, embalado para embarque
Presión atmosférica	1080 a 660h Pa (equivale a una altitud de -1000 a 3500m)

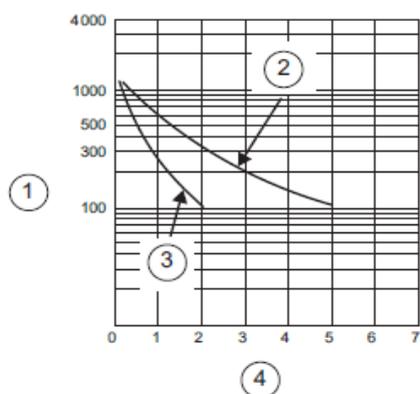
Condiciones ambientales - Funcionamiento	
Rango de temperatura ambiente (aire de entrada 25 mm bajo la unidad)	0° C a 55° C en montaje horizontal 0° C a 45° C en montaje vertical 95% de humedad no condensante
Presión atmosférica	1080 to 795 hPa (equivale a una altitud de -1000 a 2000m)
Concentración de contaminantes	SO ₂ : < 0,5 ppm; H ₂ S: < 0,1 ppm; RH < 60% no condensante
EN 60068214, ensayo Nb, cambio de temperatura	5° C a 55° C, 3° C/minuto
EN 60068227, choque mecánico	15 G, 11 ms impulso, 6 choques en c/u de 3 ejes
EN 6006826, vibración sinusoidal	Montaje en perfil DIN: 3,5 mm de 5 a 9 Hz, 1G de 9 a 150 Hz Montaje en panel: 7,0 mm de 5 a 9 Hz, 2G de 9 a 150 Hz 10 barridos por eje, 1 octava por minuto

B.2.2. TENSIONES NOMINALES

Tensión nominal	Tolerancia
24 V DC	20,4 V DC a 28,8 V DC
120/230 V AC	85 V AC a 264 V AC, 47 a 63 Hz

B.2.3. VIDA ÚTIL DE LOS RELÉS

La figura siguiente muestra los datos típicos de rendimiento de los relés suministrados por el comercio especializado. El rendimiento real puede variar dependiendo de la aplicación. Un circuito de protección externo adaptado a la carga permite prolongar la vida útil de los contactos.



- ① Vida útil ($\times 10^3$ operaciones)
- ② 250 V AC de carga resistiva
30 V DC de carga resistiva
- ③ 250 V AC de carga inductiva (p.f.=0,4)
30 V DC de carga inductiva (L/R=7 ms)
- ④ Intensidad normal de servicio (A)

B.2.4. DATOS TÉCNICOS DE LA CPU 1212C AC/DC/RELÉ

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Referencia	6ES7 212-1BD30-0XB0	6ES7 212-1HD30-0XB0	6ES7 212-1AD30-0XB0
General			
Dimensiones A x A x P (mm)	90 x 100 x 75		
Peso	425 gramos	385 gramos	370 gramos
Disipación de potencia	11 W	9 W	
Intensidad disponible (SM y bus CM)	1000 mA máx. (5 V DC)		
Intensidad disponible (24 V DC)	300 mA máx. (alimentación de sensores)		
Consumo de corriente de las entradas digitales (24 V DC)	4 mA/entrada utilizada		
Características de la CPU			
Memoria de usuario	25 KB de memoria de trabajo / 1 MB de memoria de carga / 2 KB de memoria remanente		
E/S digitales integradas	8 entradas/6 salidas		
E/S analógicas integradas	2 entradas		
Tamaño de la memoria imagen de proceso	1024 bytes de entradas (I)/1024 bytes de salidas (Q)		
Área de marcas (M)	4096 bytes		
Ampliación con módulos de señales	2 SMs máx.		

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Ampliación con Signal Boards	1 SB máx.		
Ampliación con módulos de comunicación	3 CMs máx.		
Contadores rápidos	4 en total Fase simple: 3 a 100 kHz y 1 a 30 kHz de frecuencia de reloj Fase en cuadratura: 3 a 80 kHz y 1 a 20 kHz de frecuencia de reloj		
Salidas de impulsos	2		
Entradas de captura de impulsos	8		
Alarmas de retardo/cíclicas	4 en total con resolución de 1 ms		
Alarmas de flanco	8 ascendentes y 8 descendentes (12 y 12 con Signal Board opcional)		
Memory Card	SIMATIC Memory Card (opcional)		
Precisión del reloj en tiempo real	+/- 60 segundos/mes		
Tiempo de respaldo del reloj en tiempo real	10 días típ./6 días mín. a 40°C (condensador de alto rendimiento sin mantenimiento)		
Rendimiento			
Velocidad de ejecución booleana	0,1 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de transferencia de palabras	12 µs/instrucción		
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas con números reales	18 µs/instrucción		
Comunicación			
Número de puertos	1		
Tipo	Ethernet		
Conexiones	<ul style="list-style-type: none"> • 3 para HMI • 1 para la programadora • 8 para instrucciones Ethernet en el programa de usuario • 3 para CPU a CPU 		
Transferencia de datos	10/100 Mb/s		
Aislamiento (señal externa a lógica del PLC)	Aislado por transformador, 1500 V DC		
Tipo de cable	CAT5e apantallado		
Fuente de alimentación			
Rango de tensión	85 a 264 V AC	20,4 a 28,8 V DC	
Frecuencia de línea	47 a 63 Hz	--	
Intensidad de entrada CPU sólo a carga máx.	80 mA a 120 V AC 40 mA a 240 V AC	400 mA a 24 V DC	
CPU con todos los accesorios de ampliación a carga máx.	240 mA a 120 V AC 120 mA a 240 V AC	1200 mA a 24 V DC	
Corriente de irrupción (máx.)	20 A a 264 V AC	12 A a 28,8 V DC	
Aislamiento (potencia de entrada a lógica)	1500 V AC	Sin aislamiento	
Corriente de fuga a tierra, línea AC a tierra funcional	0,5 mA máx.	-	

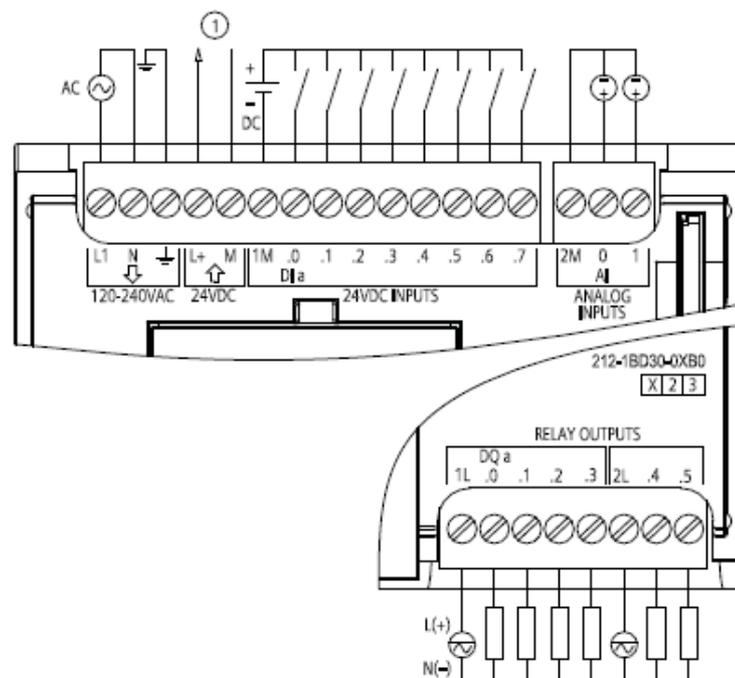
Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Tiempo de mantenimiento (pérdida de potencia)	20 ms a 120 V AC 80 ms a 240 V AC	10 ms a 24 V DC	
Fusible interno, no reemplazable por el usuario	3 A, 250 V, de acción lenta		
Alimentación de sensores			
Rango de tensión	20,4 a 28,8 V DC	L+ menos 4 V DC mín.	
Intensidad de salida nominal (máx.)	300 mA (protegido contra cortocircuito)		
Ruido de rizado máx. (<10 MHz)	< 1 V de pico a pico	Igual a la línea de entrada	
Aislamiento (lógica de la CPU a alimentación de sensores)	Sin aislamiento		

Entradas digitales	
Número de entradas	8
Tipo	Sumidero/fuente (tipo 1 IEC sumidero)
Tensión nominal	24 V DC a 4 mA, nominal
Tensión continua admisible	30 V DC, máx.
Sobretensión transitoria	35 V DC durante 0,5 seg.
Señal 1 lógica (mín.)	15 V DC a 2,5 mA
Señal 0 lógica (máx.)	5 V DC a 1 mA
Aislamiento (campo a lógica)	500 V AC durante 1 minuto
Grupos de aislamiento	1
Tiempos de filtro	0,2, 0,4, 0,8, 1,6, 3,2, 6,4 y 12,8 ms (seleccionable en grupos de 4)
Frecuencias de entrada de reloj HSC (máx.) (señal 1 lógica = 15 a 26 V DC)	Fase simple: 100 KHz (la.0 a la.5) y 30 KHz (la.6 a la.7) Fase en cuadratura: 80 KHz (la.0 a la.5) y 20 KHz (la.6 a la.7)
Número de entradas ON simultáneamente	8
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 300 no apantallado, 50 apantallado para entradas HSC
Entradas analógicas	
Número de entradas	2
Tipo	Tensión (asimétrica)
Rango	0 a 10 V
Rango total (palabra de datos)	0 a 27648 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión)
Rango de sobreimpulso (palabra de datos)	27.649 a 32.511 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión)
Desbordamiento (palabra de datos)	32.512 a 32767 (consulte Representación de entradas analógicas para tensión)
Resolución	10 bits
Tensión de resistencia al choque máxima	35 V DC
Alisamiento	Ninguno, débil, medio o fuerte (consulte los tiempos de respuesta de paso en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas)

Datos técnicos			
Modelo	CPU 1212C AC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/relé	CPU 1212C DC/DC/DC
Rechazo de interferencias	10, 50 ó 60 Hz (consulte las frecuencias de muestreo en Tiempos de respuesta de las entradas analógicas (Página 346))		
Impedancia	≥100 KΩ		
Aislamiento (campo a lógica)	Ninguno		
Precisión (25°C / 0 a 55°C)	3,0% / 3,5% de rango máximo		
Rechazo en modo común	40 dB, DC a 60 Hz		
Rango de señales operativo	La tensión de señal más la tensión en modo común debe ser menor que +12 V y mayor que -12 V		
Longitud de cable (metros)	10 trenzado y apantallado		
Salidas digitales			
Número de salidas	6		
Tipo	Relé, contacto seco		Estado sólido - MOSFET
Rango de tensión	5 a 30 V DC ó 5 a 250 V AC		20,4 a 28,8 V DC
Señal 1 lógica a intensidad máx.	--		20 V DC mín.
Señal 0 lógica con carga de 10 KΩ	--		0,1 V DC máx.

Intensidad (máx.)	2,0 A	0,5 A
Carga de lámparas	30 W DC/200 W AC	5 W
Resistencia en estado ON	Máx. 0,2 Ω (si son nuevas)	0,6 Ω máx.
Corriente de fuga por salida	--	10 μ A máx.
Sobrecorriente momentánea	7 A si están cerrados los contactos	8 A durante máx. 100 ms
Protección contra sobrecargas	No	
Aislamiento (campo a lógica)	1500 V AC durante 1 minuto (bobina a contacto) Ninguno (bobina a lógica)	500 V AC durante 1 minuto
Resistencia de aislamiento	100 M Ω mín. si son nuevas	--
Aislamiento entre contactos abiertos	750 V AC durante 1 minuto	--
Grupos de aislamiento	2	1
Tensión de bloqueo inductiva	--	L+ menos 48 V DC, disipación de 1 W
Retardo de conmutación (Qa.0 a Qa.3)	10 ms máx.	1,0 μ s máx., OFF a ON 3,0 μ s máx., ON a OFF
Retardo de conmutación (Qa.4 a Qa.5)	10 ms máx.	50 μ s máx., OFF a ON 200 μ s máx., ON a OFF
Frecuencia de tren de impulsos (Qa.0 y Qa.2)	No recomendado	100 KHz máx., 2 Hz mín.
Vida útil mecánica (sin carga)	10.000.000 ciclos abiertos/cerrados	--
Vida útil de los contactos bajo carga nominal	100.000 ciclos abiertos/cerrados	--
Reacción al cambiar de RUN a STOP	Último valor o valor sustitutivo (valor predeterminado: 0)	
Número de salidas ON simultáneamente	6	
Longitud de cable (metros)	500 apantallado, 150 no apantallado	

B.2.5. DIAGRAMA DEL CABLEADO



① Alimentación de sensores 24 V DC

Figura A-4 CPU 1212C AC/DC relé (6ES7 212-1BD30-0XB0)

ANEXO C

DATASHEETS

C.1. SENSOR DE PRESIÓN MPXA4115A

Media Resistant, Integrated Silicon Pressure Sensor for Manifold Absolute Pressure, Altimeter or Barometer Applications On-Chip Signal Conditioned, Temperature Compensated and Calibrated

The MPX4115A series is designed to sense absolute air pressure in altimeter or barometer (BAP) applications. Freescale's BAP sensor integrates on-chip, bipolar op amp circuitry and thin film resistor networks to provide a high level analog output signal and temperature compensation. The small form factor and high reliability of on-chip integration makes the Freescale BAP sensor a logical and economical choice for application designers.

Features

- 1.5% Maximum Error Over 0° to 85°C
- Ideally Suited for Microprocessor Interfacing or Microcontroller-Based Systems
- Temperature Compensated Over -40°C to +125°C
- Durable Epoxy Unibody Element or Thermoplastic (PPS) Surface Mount Package
- Available as Standard Fluorosilicone Gel (MPXA4115A, MPX4115A) or Media Resistant Gel (MPXAZ4115A)

MPX4115A Series

INTEGRATED
PRESSURE SENSOR
15 to 115 kPa (2.2 to 16.7 psi)
0.2 to 4.8 V Output

Application Examples

- Altimeter
- Barometer
- Aviation Altimeters
- Industrial Controls
- Engine Control
- Weather Stations and Weather Reporting Devices

C.1.1. ENCAPSULADOS

UNIBODY PACKAGES



MPX4115A
CASE 867-08



MPX4115AP
CASE 867B-04



MPX4115AS
CASE 867E-03

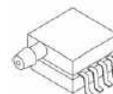
SMALL OUTLINE PACKAGES



MPXAZ4115A6U/T1
MPXA4115A6U/T1
CASE 482-01



MPXAZ4115AC6U
MPXA4115AC6U
CASE 482A-01



MPXA4115AP
CASE 1369-01

C.1.2. CARACTERÍSTICAS DE OPERACIÓN

Table 1. Operating Characteristics ($V_S = 5.1$ Vdc, $T_A = 25^\circ\text{C}$ unless otherwise noted, $P_1 > P_2$. Decoupling circuit shown in Figure 3 required to meet electrical specifications.)

Characteristic	Symbol	Min	Typ	Max	Unit
Pressure Range ⁽¹⁾	P_{OP}	15	—	115	kPa
Supply Voltage ⁽²⁾	V_S	4.85	5.1	5.35	Vdc
Supply Current	I_o	—	7.0	10	mAdc
Minimum Pressure Offset @ $V_S = 5.1$ Volts ⁽³⁾	V_{off}	0.135	0.204	0.273	Vdc
Full Scale Output @ $V_S = 5.1$ Volts ⁽⁴⁾	V_{FSO}	4.725	4.794	4.863	Vdc
Full Scale Span @ $V_S = 5.1$ Volts ⁽⁵⁾	V_{FSS}	4.521	4.59	4.659	Vdc
Accuracy ⁽⁶⁾	—	—	—	± 1.5	% V_{FSS}
Sensitivity	V/P	—	46	—	mV/kPa
Response Time ⁽⁷⁾	t_R	—	1.0	—	ms
Output Source Current at Full Scale Output	I_{o+}	—	0.1	—	mAdc
Warm-Up Time ⁽⁸⁾	—	—	20	—	mSec
Offset Stability ⁽⁹⁾	—	—	± 0.5	—	% V_{FSS}

- 1.0 kPa (kiloPascal) equals 0.145 psi.
- Device is ratiometric within this specified excitation range.
- Offset (V_{off}) is defined as the output voltage at the minimum rated pressure.
- Full Scale Output (V_{FSO}) is defined as the output voltage at the maximum or full rated pressure.
- Full Scale Span (V_{FSS}) is defined as the algebraic difference between the output voltage at full rated pressure and the output voltage at the minimum rated pressure.
- Accuracy (error budget) consists of the following:
 - Linearity: Output deviation from a straight line relationship with pressure over the specified pressure range.
 - Temperature Hysteresis: Output deviation at any temperature within the operating temperature range, after the temperature is cycled to and from the minimum or maximum operating temperature points, with zero differential pressure applied.
 - Pressure Hysteresis: Output deviation at any pressure within the specified range, when this pressure is cycled to and from the minimum or maximum rated pressure, at 25°C .
 - TcSpan: Output deviation over the temperature range of 0 to 85°C , relative to 25°C .
 - TcOffset: Output deviation with minimum rated pressure applied, over the temperature range of 0 to 85°C , relative to 25°C .
 - Variation from Nominal: The variation from nominal values, for Offset or Full Scale Span, as a percent of V_{FSS} , at 25°C .
- Response Time is defined as the time for the incremental change in the output to go from 10% to 90% of its final value when subjected to a specified step change in pressure.
- Warm-up Time is defined as the time required for the product to meet the specified output voltage after the Pressure has been stabilized.
- Offset Stability is the product's output deviation when subjected to 1000 hours of Pulsed Pressure, Temperature Cycling with Bias Test.

Maximum Ratings

Table 2. MAXIMUM RATINGS⁽¹⁾

Rating	Symbol	Value	Unit
Maximum Pressure ($P_1 > P_2$)	P_{MAX}	400	kPa
Storage Temperature	T_{stg}	-40 to +125	$^\circ\text{C}$
Operating Temperature	T_A	-40 to +125	$^\circ\text{C}$

- Exposure beyond the specified limits may cause permanent damage or degradation to the device.

Figure 1 shows a block diagram of the internal circuitry integrated on a pressure sensor chip.

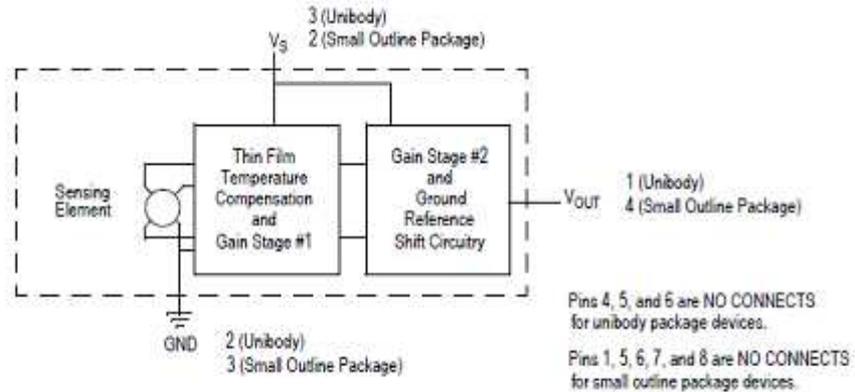


Figure 1. Fully Integrated Pressure Sensor Schematic for Unibody Package and Small Outline Package

On-chip Temperature Compensation and Calibration

Figure 2 illustrates an absolute sensing chip in the basic chip carrier (Case 867) and the small outline chip carrier (Case 482). A fluorosilicone gel isolates the die surface and wire bonds from the environment, while allowing the pressure signal to be transmitted to the sensor diaphragm. The MPX4115A series pressure sensor operating characteristics, and internal reliability and qualification tests are based on use of dry air as the pressure media. Media, other than dry air, may have adverse effects on sensor performance and long-term reliability. Contact the factory for information regarding media compatibility in your application.

Figure 3 shows the recommended decoupling circuit for interfacing the output of the integrated sensor to the A/D input of a microprocessor or microcontroller. Proper decoupling of the power supply is recommended.

Figure 4 shows the sensor output signal relative to pressure input. Typical, minimum, and maximum output curves are shown for operation over a temperature range of 0° to 85°C using the decoupling circuit shown in Figure 3. (The output will saturate outside of the specified pressure range.)

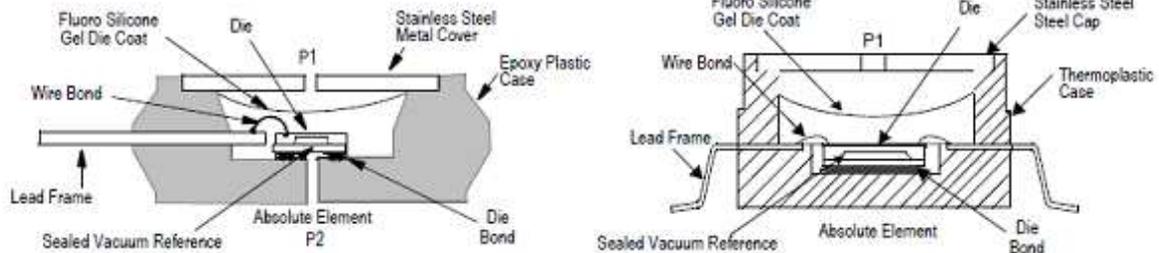


Figure 2. Cross-Sectional Diagram (not to scale)

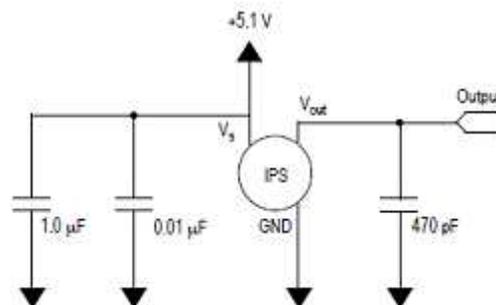


Figure 3. Recommended Power Supply Decoupling and Output Filtering (For output filtering recommendations, refer to Application Note AN1646.)

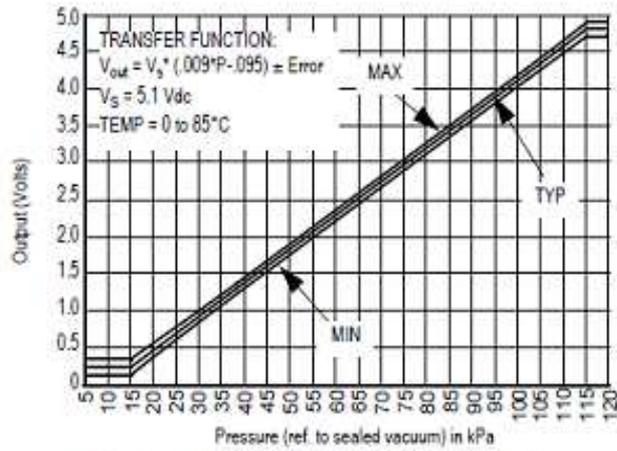


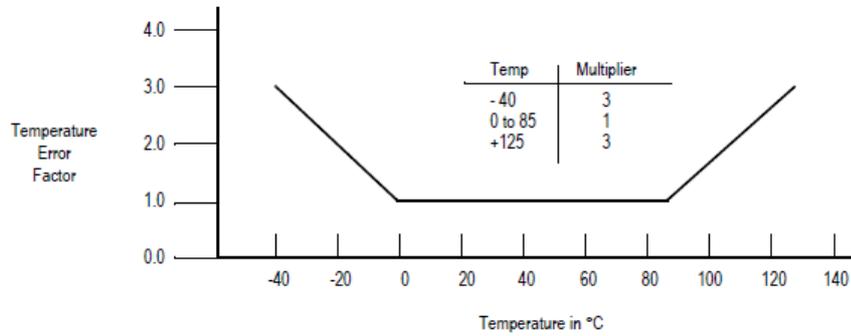
Figure 4. Output versus Absolute Pressure

Transfer Function (MPX4115A)

Nominal Transfer Value: $V_{out} = V_S (P \times 0.009 - 0.095)$
 $\pm (\text{Pressure Error} \times \text{Temp. Factor} \times 0.009 \times V_S)$
 $V_S = 5.1 \text{ V} \pm 0.25 \text{ Vdc}$

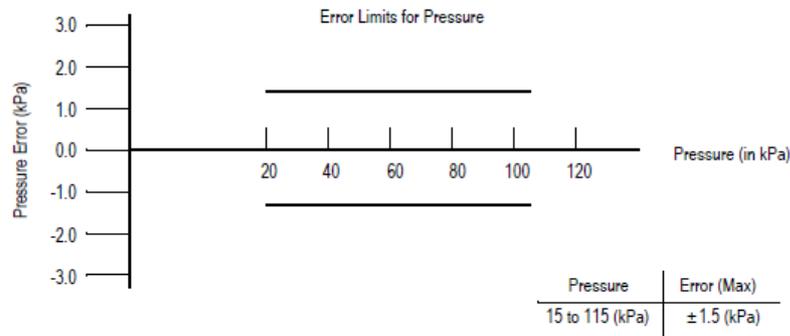
Temperature Error Band

MPX4115A Series



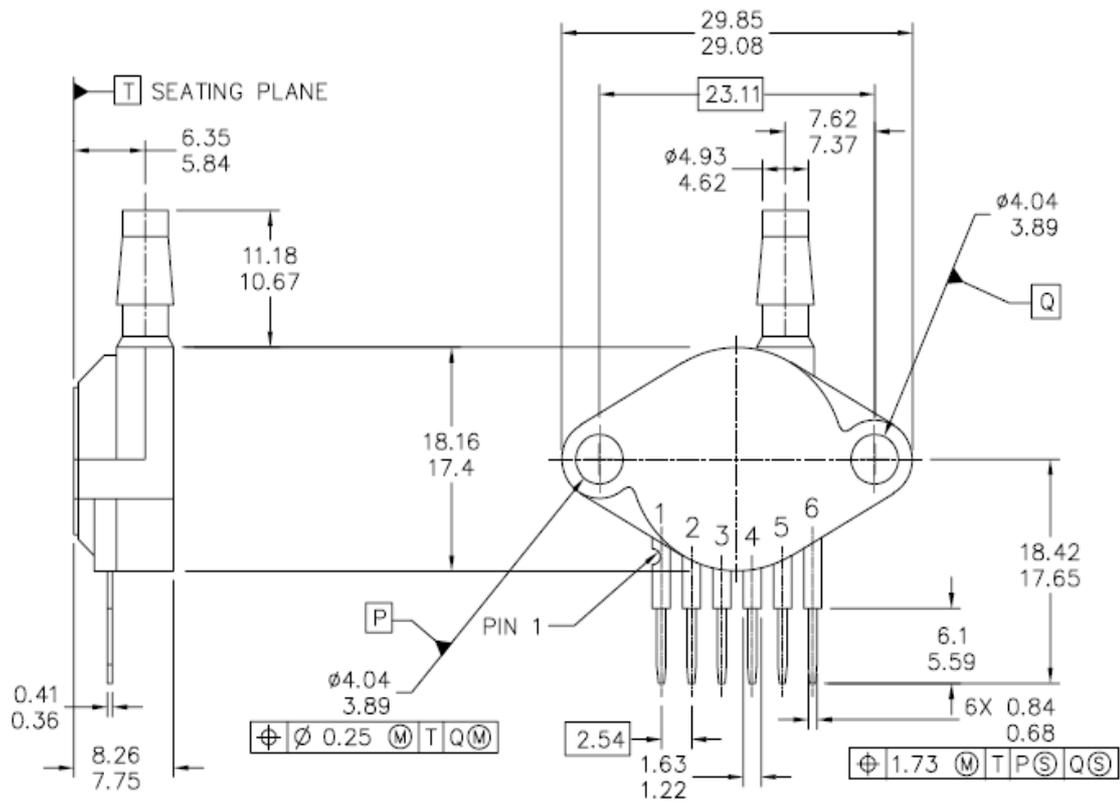
NOTE: The Temperature Multiplier is a linear response from 0°C to 40°C and from 85°C to 125°C.

Pressure Error Band



C.1.2. DIMENSIONES DEL ENCAPSULADO

PACKAGE DIMENSIONS



CASE 867B-04 ISSUE G PORTED (AP)

NOTES:

1. DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS.
2. DIMENSIONS AND TOLERANCES PER ASME Y14.5M-1994.
3. 867B-01 THRU -3 OBSOLETE, NEW STANDARD 867B-04.

STYLE 1:

- PIN 1: V OUT
 2: GROUND
 3: VCC
 4: V1
 5: V2
 6: V EX

C.2. SENSOR DE TEMPERATURA LM – 35

Precision Centigrade Temperature Sensors

General Description

The LM35 series are precision integrated-circuit temperature sensors, whose output voltage is linearly proportional to the Celsius (Centigrade) temperature. The LM35 thus has an advantage over linear temperature sensors calibrated in ° Kelvin, as the user is not required to subtract a large constant voltage from its output to obtain convenient Centigrade scaling. The LM35 does not require any external calibration or trimming to provide typical accuracies of $\pm 1/4^\circ\text{C}$ at room temperature and $\pm 3/4^\circ\text{C}$ over a full -55 to $+150^\circ\text{C}$ temperature range. Low cost is assured by trimming and calibration at the wafer level. The LM35's low output impedance, linear output, and precise inherent calibration make interfacing to readout or control circuitry especially easy. It can be used with single power supplies, or with plus and minus supplies. As it draws only $60\ \mu\text{A}$ from its supply, it has very low self-heating, less than 0.1°C in still air. The LM35 is rated to operate over a -55° to $+150^\circ\text{C}$ temperature range, while the LM35C is rated for a -40° to $+110^\circ\text{C}$ range (-10° with improved accuracy). The LM35 series is available pack-

aged in hermetic TO-46 transistor packages, while the LM35C, LM35CA, and LM35D are also available in the plastic TO-92 transistor package. The LM35D is also available in an 8-lead surface mount small outline package and a plastic TO-220 package.

Features

- Calibrated directly in ° Celsius (Centigrade)
- Linear + 10.0 mV/°C scale factor
- 0.5°C accuracy guaranteeable (at +25°C)
- Rated for full -55° to $+150^\circ\text{C}$ range
- Suitable for remote applications
- Low cost due to wafer-level trimming
- Operates from 4 to 30 volts
- Less than $60\ \mu\text{A}$ current drain
- Low self-heating, 0.08°C in still air
- Nonlinearity only $\pm 1/4^\circ\text{C}$ typical
- Low impedance output, $0.1\ \Omega$ for 1 mA load

Typical Applications

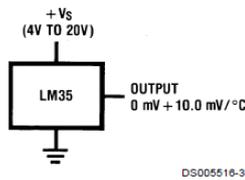
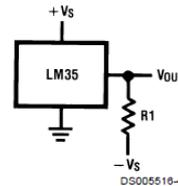


FIGURE 1. Basic Centigrade Temperature Sensor (+2°C to +150°C)



Choose $R_1 = -V_S/50\ \mu\text{A}$
 $V_{OUT} = +1,500\ \text{mV}$ at $+150^\circ\text{C}$
 $= +250\ \text{mV}$ at $+25^\circ\text{C}$
 $= -550\ \text{mV}$ at -55°C

FIGURE 2. Full-Range Centigrade Temperature Sensor

C.2.1. DIAGRAMAS DE CONEXIÓN

Order Number LM35H, LM35AH, LM35CH, LM35CAH or LM35DH
 See NS Package Number H03H

TO-92
 Plastic Package

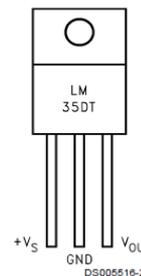


BOTTOM VIEW
 DS0005516-2

Order Number LM35CZ,
 LM35CAZ or LM35DZ
 See NS Package Number Z03A

Top View
 Order Number LM35DM
 See NS Package Number M08A

TO-220
 Plastic Package*



*Tab is connected to the negative pin (GND).
 Note: The LM35DT pinout is different than the discontinued LM35DP.

Order Number LM35DT
 See NS Package Number TA03F

C.2.2. MÁXIMOS RANGOS ABSOLUTOS

Absolute Maximum Ratings (Note 10)

If Military/Aerospace specified devices are required, please contact the National Semiconductor Sales Office/ Distributors for availability and specifications.

Supply Voltage	+35V to -0.2V
Output Voltage	+6V to -1.0V
Output Current	10 mA
Storage Temp.:	
TO-46 Package,	-60°C to +180°C
TO-92 Package,	-60°C to +150°C
SO-8 Package,	-65°C to +150°C
TO-220 Package,	-65°C to +150°C
Lead Temp.:	
TO-46 Package, (Soldering, 10 seconds)	300°C

TO-92 and TO-220 Package, (Soldering, 10 seconds)	260°C
SO Package (Note 12)	
Vapor Phase (60 seconds)	215°C
Infrared (15 seconds)	220°C
ESD Susceptibility (Note 11)	2500V
Specified Operating Temperature Range: T_{MIN} to T_{MAX} (Note 2)	
LM35, LM35A	-55°C to +150°C
LM35C, LM35CA	-40°C to +110°C
LM35D	0°C to +100°C

C.2.3. CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35A			LM35CA			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.2	± 0.5		± 0.2	± 0.5		°C
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.3			± 0.3		± 1.0	°C
	$T_A = T_{MAX}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		°C
	$T_A = T_{MIN}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4		± 1.5	°C
Nonlinearity (Note 8)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.18		± 0.35	± 0.15		± 0.3	°C
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	+10.0	+9.9, +10.1		+10.0		+9.9, +10.1	mV/°C
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		mV/mA
	$T_{MIN} \leq T_A \leq T_{MAX}$	± 0.5		± 3.0	± 0.5		± 3.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.05		± 0.01	± 0.05		mV/V
	$4V \leq V_S \leq 30V$	± 0.02		± 0.1	± 0.02		± 0.1	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5V, +25^\circ\text{C}$	56	67		56	67		µA
	$V_S = +5V$	105		131	91		114	µA
	$V_S = +30V, +25^\circ\text{C}$	56.2	68		56.2	68		µA
	$V_S = +30V$	105.5		133	91.5		116	µA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4V \leq V_S \leq 30V, +25^\circ\text{C}$	0.2	1.0		0.2	1.0		µA
	$4V \leq V_S \leq 30V$	0.5		2.0	0.5		2.0	µA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.5	+0.39		+0.5	µA/°C
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	°C
Long Term Stability	$T_J = T_{MAX}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			°C

Electrical Characteristics

(Notes 1, 6)

Parameter	Conditions	LM35			LM35C, LM35D			Units (Max.)
		Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	Typical	Tested Limit (Note 4)	Design Limit (Note 5)	
Accuracy, LM35, LM35C (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 1.0		± 0.4	± 1.0		$^\circ\text{C}$
	$T_A = -10^\circ\text{C}$	± 0.5			± 0.5		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$	± 0.8	± 1.5		± 0.8		± 1.5	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$	± 0.8		± 1.5	± 0.8		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Accuracy, LM35D (Note 7)	$T_A = +25^\circ\text{C}$				± 0.6	± 1.5		$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MAX}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
	$T_A = T_{\text{MIN}}$				± 0.9		± 2.0	$^\circ\text{C}$
Nonlinearity (Note 8)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.3		± 0.5	± 0.2		± 0.5	$^\circ\text{C}$
Sensor Gain (Average Slope)	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	+10.0	+9.8, +10.2		+10.0		+9.8, +10.2	mV/ $^\circ\text{C}$
Load Regulation (Note 3) $0 \leq I_L \leq 1$ mA	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.4	± 2.0		± 0.4	± 2.0		mV/mA
	$T_{\text{MIN}} \leq T_A \leq T_{\text{MAX}}$	± 0.5		± 5.0	± 0.5		± 5.0	mV/mA
Line Regulation (Note 3)	$T_A = +25^\circ\text{C}$	± 0.01	± 0.1		± 0.01	± 0.1		mV/V
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	± 0.02		± 0.2	± 0.02		± 0.2	mV/V
Quiescent Current (Note 9)	$V_S = +5\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56	80		56	80		μA
	$V_S = +5\text{V}$	105		158	91		138	μA
	$V_S = +30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	56.2	82		56.2	82		μA
	$V_S = +30\text{V}$	105.5		161	91.5		141	μA
Change of Quiescent Current (Note 3)	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}, +25^\circ\text{C}$	0.2	2.0		0.2	2.0		μA
	$4\text{V} \leq V_S \leq 30\text{V}$	0.5		3.0	0.5		3.0	μA
Temperature Coefficient of Quiescent Current		+0.39		+0.7	+0.39		+0.7	$\mu\text{A}/^\circ\text{C}$
Minimum Temperature for Rated Accuracy	In circuit of <i>Figure 1</i> , $I_L = 0$	+1.5		+2.0	+1.5		+2.0	$^\circ\text{C}$
Long Term Stability	$T_J = T_{\text{MAX}}$, for 1000 hours	± 0.08			± 0.08			$^\circ\text{C}$

Note 1: Unless otherwise noted, these specifications apply: $-55^\circ\text{C} \leq T_J \leq +150^\circ\text{C}$ for the LM35 and LM35A; $-40^\circ\text{C} \leq T_J \leq +110^\circ\text{C}$ for the LM35C and LM35CA; and $0^\circ\text{C} \leq T_J \leq +100^\circ\text{C}$ for the LM35D. $V_S = +5\text{Vdc}$ and $I_{\text{LOAD}} = 50 \mu\text{A}$, in the circuit of *Figure 2*. These specifications also apply from $+2^\circ\text{C}$ to T_{MAX} in the circuit of *Figure 1*. Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 2: Thermal resistance of the TO-46 package is $400^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient, and $24^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to case. Thermal resistance of the TO-92 package is $180^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the small outline molded package is $220^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. Thermal resistance of the TO-220 package is $90^\circ\text{C}/\text{W}$ junction to ambient. For additional thermal resistance information see table in the Applications section.

Note 3: Regulation is measured at constant junction temperature, using pulse testing with a low duty cycle. Changes in output due to heating effects can be computed by multiplying the internal dissipation by the thermal resistance.

Note 4: Tested Limits are guaranteed and 100% tested in production.

Note 5: Design Limits are guaranteed (but not 100% production tested) over the indicated temperature and supply voltage ranges. These limits are not used to calculate outgoing quality levels.

Note 6: Specifications in **boldface** apply over the full rated temperature range.

Note 7: Accuracy is defined as the error between the output voltage and $10\text{mV}/^\circ\text{C}$ times the device's case temperature, at specified conditions of voltage, current, and temperature (expressed in $^\circ\text{C}$).

Note 8: Nonlinearity is defined as the deviation of the output-voltage-versus-temperature curve from the best-fit straight line, over the device's rated temperature range.

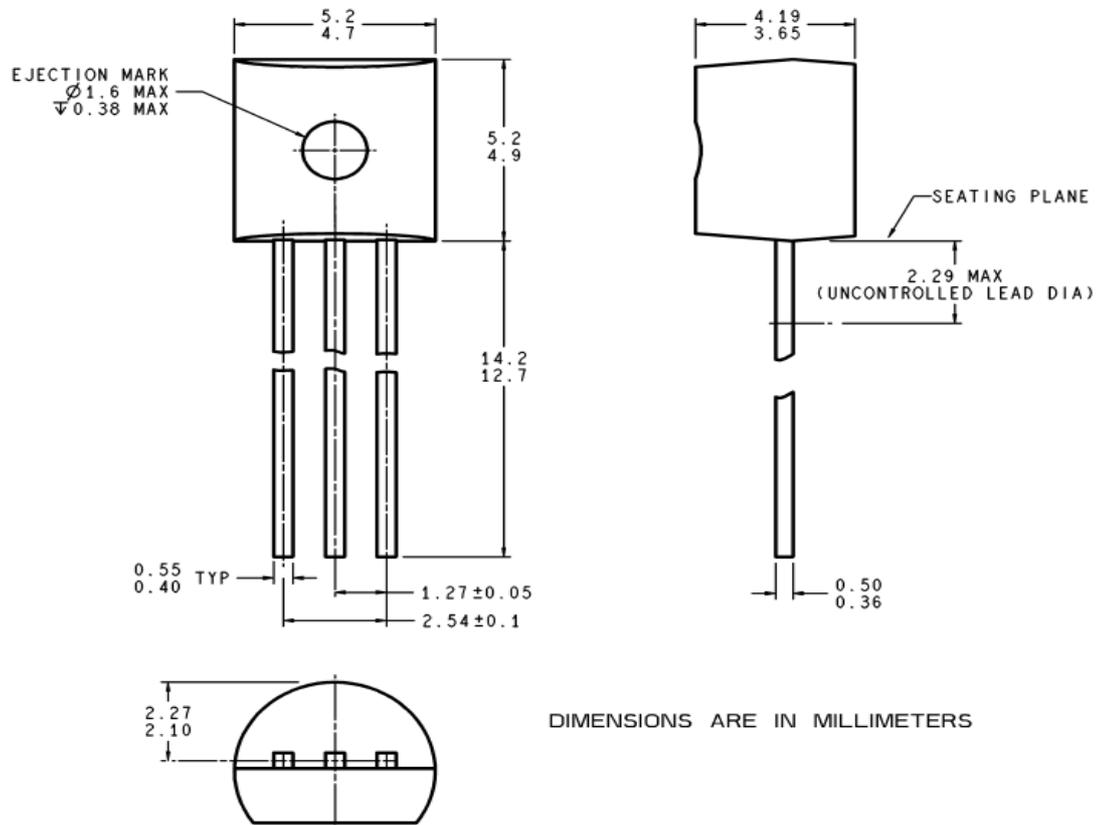
Note 9: Quiescent current is defined in the circuit of *Figure 1*.

Note 10: Absolute Maximum Ratings indicate limits beyond which damage to the device may occur. DC and AC electrical specifications do not apply when operating the device beyond its rated operating conditions. See Note 1.

Note 11: Human body model, 100 pF discharged through a 1.5 k Ω resistor.

Note 12: See AN-450 "Surface Mounting Methods and Their Effect on Product Reliability" or the section titled "Surface Mount" found in a current National Semiconductor Linear Data Book for other methods of soldering surface mount devices.

C.2.4. DIMENSIONES FÍSICAS



TO-92 Plastic Package (Z)
Order Number LM35CZ, LM35CAZ or LM35DZ
NS Package Number Z03A

ANEXO D

DESCRIPCIÓN DE LOS PAQUETES COMPUTACIONALES

D.1. SOFTWARE LABVIEW 2009

LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) es un entorno de programación de alto nivel de tipo gráfica (lenguaje G) usada para desarrollar sistemas sofisticados de medida, pruebas y control usando íconos gráficos e intuitivos y cables que parecen un diagrama de flujo. Ofrece una integración con miles de dispositivos de hardware y brinda cientos de bibliotecas integradas para análisis avanzado y visualización de datos, todo para crear instrumentación virtual. La plataforma LabVIEW es escalable a través de múltiples objetivos y sistemas operativos.

En la Figura D.1 se muestra el programa de adquisición de datos desarrollado en LABVIEW 2009.

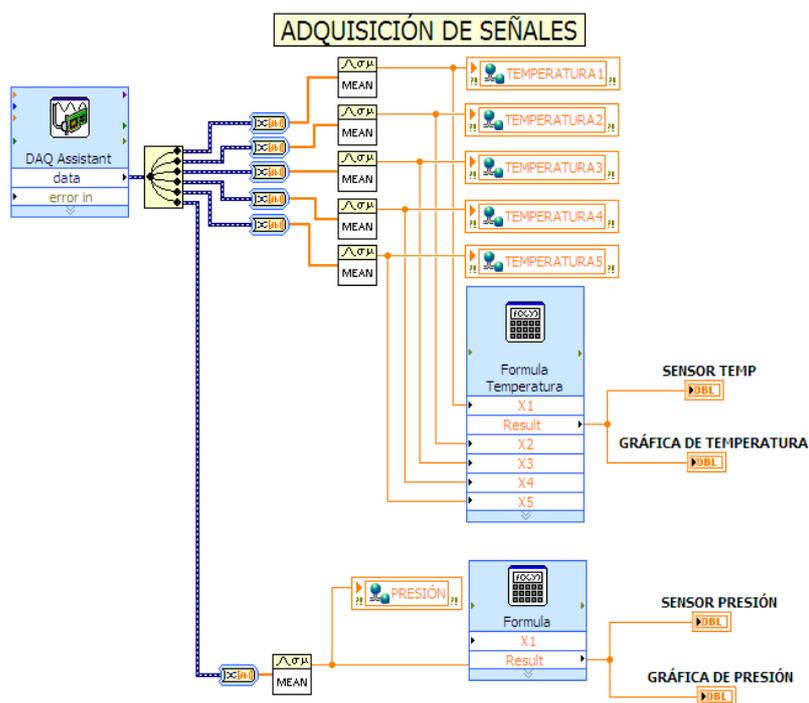


Figura D.1 Adquisición de datos

D.1.1. CUADRO DE DIALOGO DEL WEB PUBLISHING

Para la publicación de los paneles frontales se utiliza el web publishing en el cual se muestra el siguiente cuadro de dialogo:

- **Preview:** Muestra una vista previa de la página Web que es generada. Este componente aparece en cada página del cuadro de diálogo del Web Publishing Tool.
- **Preview in browser:** Muestra la página Web en el navegador por defecto. Esta opción está deshabilitada si el LabVIEW Web Server no se está ejecutando.
- **Start Web Server:** Inicia el servidor Web de LabVIEW. Esta opción está deshabilitada si el Web Server se está ejecutando.
- **Select VI and Viewing Options:** Incluye los siguientes componentes:
 - **VI name:** Le permite seleccionar el VI que desea publicar.
 - **Viewing Mode:** Contiene las siguientes opciones:
 - **Embedded:** Integra el panel frontal del VI para que los clientes puedan ver y controlar el panel frontal de forma remota mediante un navegador. El VI debe estar en la memoria del servidor para que los clientes puedan ver y controlar el panel frontal. Puede integrar sólo VIs estándar para conexiones de paneles frontales remotas.
 - **Request control when connection is established:** Hace que el panel frontal integrado solicite de forma automática el control sobre VI remoto después que la conexión está establecida. Esta opción está sólo disponible cuando se selecciona **Embedded** como **Viewing Mode**.
 - **Snapshot:** muestra una imagen estática del panel frontal de un VI actual guardado en la memoria del computador servidor en un navegador. Una imagen instantánea no le permite interactuar con los controles del VI desde el navegador.
 - **Monitor:** Muestra una instantánea animada del panel frontal de un VI actual guardado en la memoria del computador

servidor, está instantánea animada se actualiza continuamente. Una imagen instantánea no le permite interactuar con los controles del VI desde el navegador.

- **Show border:** Rodea a la imagen del panel frontal incrustado con un borde fino.
- **Select HTML output :** Incluye los siguientes componentes:
 - **Document title:** Es el texto que aparece como título de la página Web.
 - **Header:** Es el texto para mostrar antes de la imagen del panel frontal.
 - **Footer:** Es el texto para mostrar después de la imagen del panel frontal.
- **Save the New Web Page:** Incluye los siguientes componentes:
 - **Directory to save the Web:** Es la carpeta en la que se creará el archivo HTML, por lo general es en el directorio de Windows labview.
 - **Filename:** Es el nombre que se le va a dar al archivo HTML.
 - **URL:** Es la dirección Web del documento si el documento ha sido publicado en el equipo en el que se está creando.

D.2. SOFTWARE S7-200 PC ACCESS

El software s7-200 pc access es utilizado para realizar la comunicación entre labview 2009 y el plc, esta comunicación es realizada por medio de un controlador active x, llamado opc client que se lo instala como parte del HMI.

D.2.1. ENTORNO DEL PC ACCESS

S7-200 pc access es un servidor opc utilizado para cpu's s7-200. Permite la edición y visualización avanzada de los datos del sistema de automatización simatic s7-1200.

S7-200 pc access se ejecuta en pg/pc bajo windos xp. Es posible conectar simultaneamente un máximo de 8 sistemas de destino s7-200 a través de

conexiones online y observarlos directamente mediante s7-200 pc access. Para el intercambio de datos se pueden usar todos los protocolos del s7-200.

D.2.2. CARACTERÍSTICAS DEL S7-200 PC ACCESS

- Cliente OPC (Aplicación que accede a los datos de proceso, avisos y ficheros de un servidor OPC) integrado.
- Interfaz estándar con un cliente OPC cualquiera.
- Soporta todos los tipos de datos del PLC S7-1200, incluyendo temporizadores, contadores y cadenas.
- Soporta toda la gama de protocolos de comunicación S7-1200:
 - **PPI (Interface punto a punto):** Es un protocolo maestro-esclavo. Vía cables "smart" RS-232 PPI y USB PPI.
 - MPI y PROFIBUS (vía procesadores de comunicación de Siemens).
 - Soporta módems externos e internos (el software soporta todos los drivers estándar TAPI de Windows) y el módulo Módem EM241.
 - **Ethernet:** Tecnología para redes de área local (LANs) y redes de área extensa (WANs). Vía los módulos CP243-1 o CP243-1 IT.
- Permite conectar varios PLCs a un solo PC.

D.3 STEP 7 MICRO/WIN

Es un entorno fácil de manejar para desarrollar, editar y observar el programa del PLC, comprende tres editores que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control. El PLC SIMATIC S7-1200 contiene un programa interno desarrollado en Step 7 MICRO/WIN, en el editor de programa KOP y está dividido en 4 programas principales que son:

- Control de la bomba.
- Control de la electroválvula
- Control grupo (condensador/evaporador/ventilador).
- Control de la iluminación.

D.3.1, EDITOR KOP (ESQUEMA DE CONTACTOS)

Este es el editor en el cual se realiza los diferentes programas para el PLC debido a su fácil uso, el editor KOP permite crear programas con componentes similares a los elementos de un esquema de circuitos, hacen que la PC emule la circulación de corriente eléctrica desde una fuente de alimentación, a través de una serie de condiciones lógicas de entrada que habilitan condiciones lógicas de salida. La lógica se divide en segmentos ("networks").

A continuación se muestran los programas desarrollados para el control del sistema hermético de refrigeración:

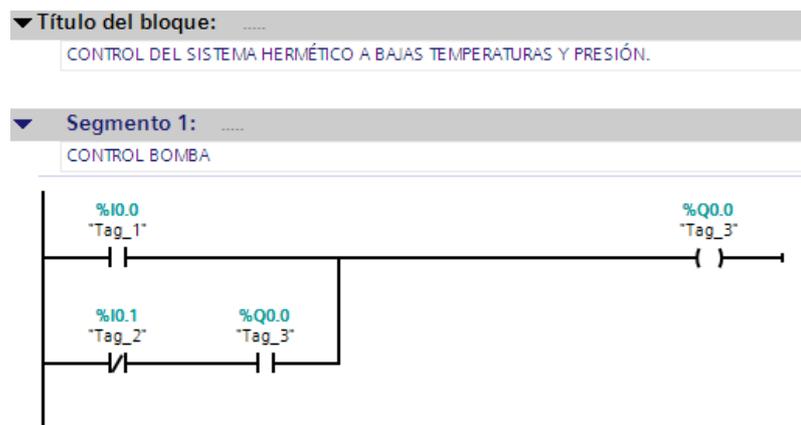


Figura D.2 Programa para el control de la bomba

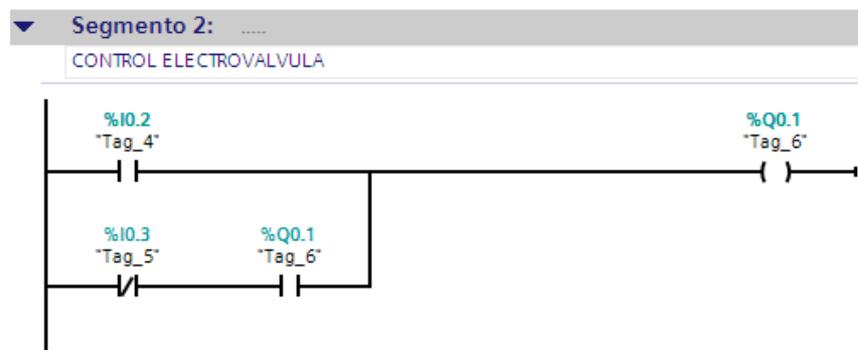


Figura D.3 Programa para el control de la electroválvula

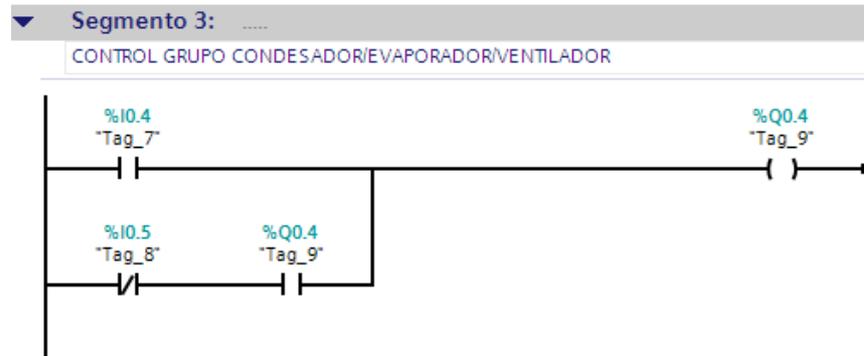


Figura D.4 Programa para el control del grupo condensador/evaporador/ventilador

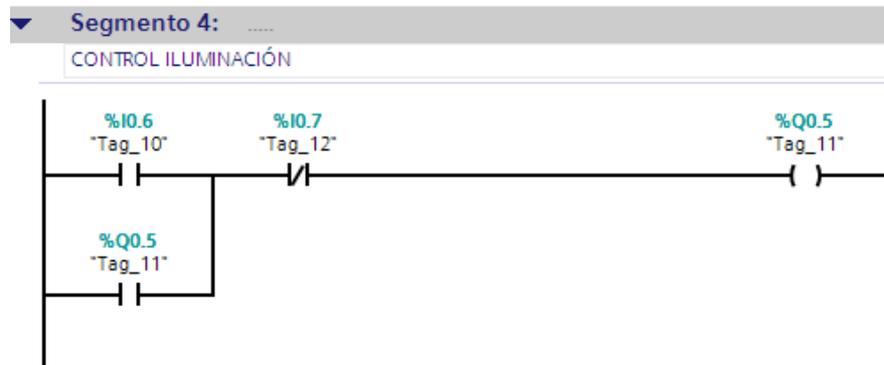
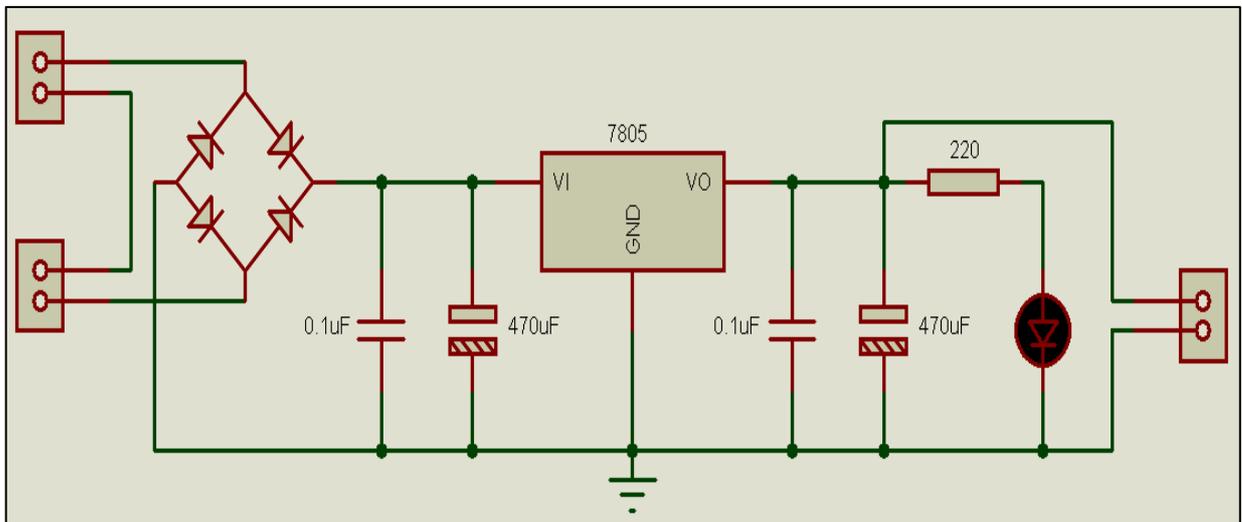


Figura D.5 Programa para el control de la iluminación

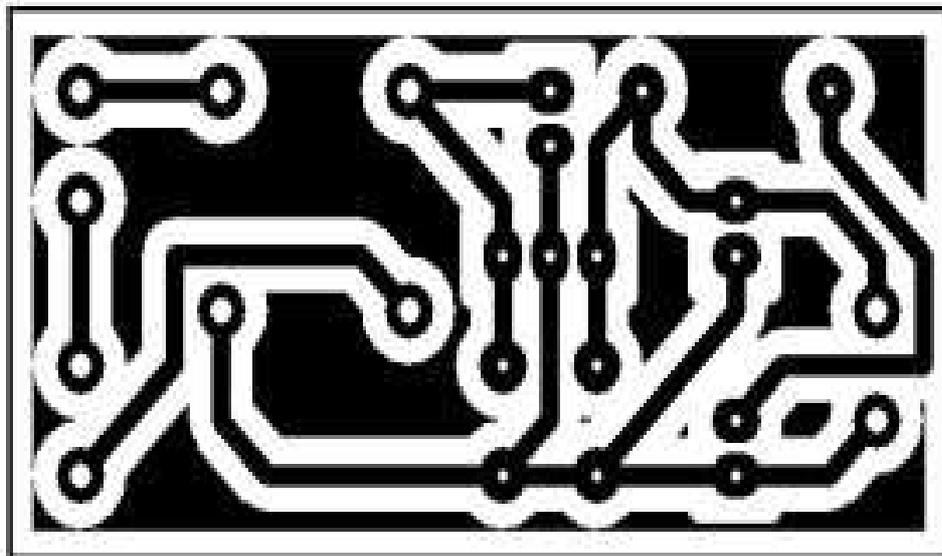
ANEXO E

CIRCUITO DE FUENTE REGULADA DE 5V PARA ALIMENTACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN.

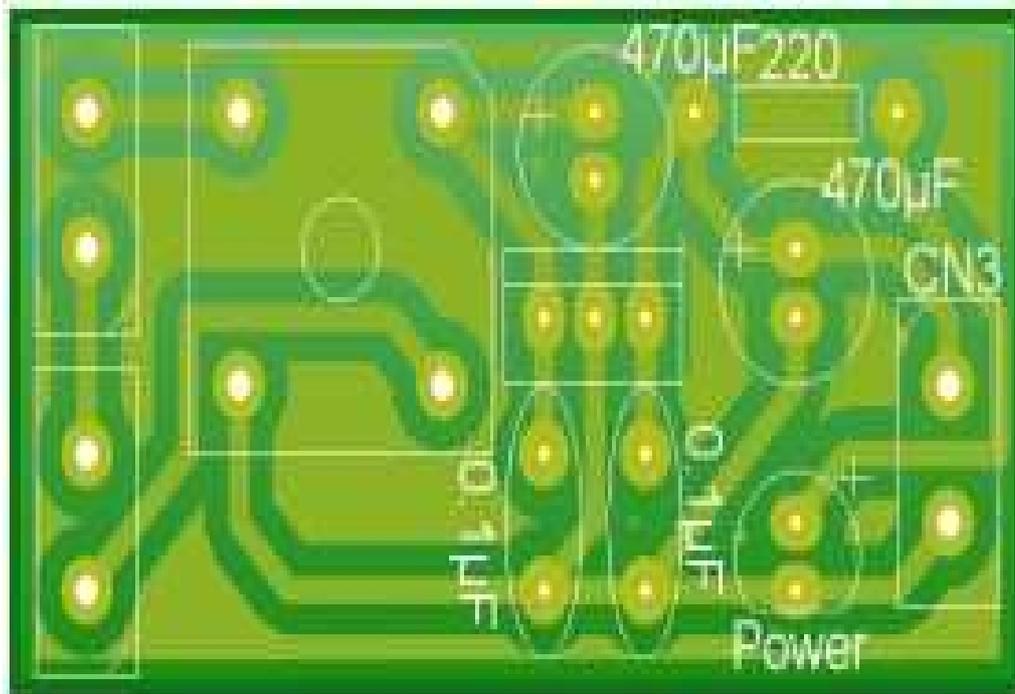
E.1. ESQUEMÁTICO CIRCUITO DE FUENTE REGULADA DE 5V



E.2. PCB CIRCUITO DE FUENTE REGULADA DE 5V



E.2.1. PLANO DE POSICIONAMIENTO DE ELEMENTOS



E.2.2. LISTA DE ELEMENTOS

DENOMINACIÓN	DESCRIPCIÓN
Transformador	110Vac/12Vac,1 ^a
Puente Rectificador	50 V/1 ^a
2 condensadores electrolíticos	470uF/16V
2 condensadores cerámicos	0.1Uf
Regulador de voltaje	LM7805
Resistor	220 ohm 1/8 de Watt
LED	Rojo
3 borneras	2 tornillos para PCB

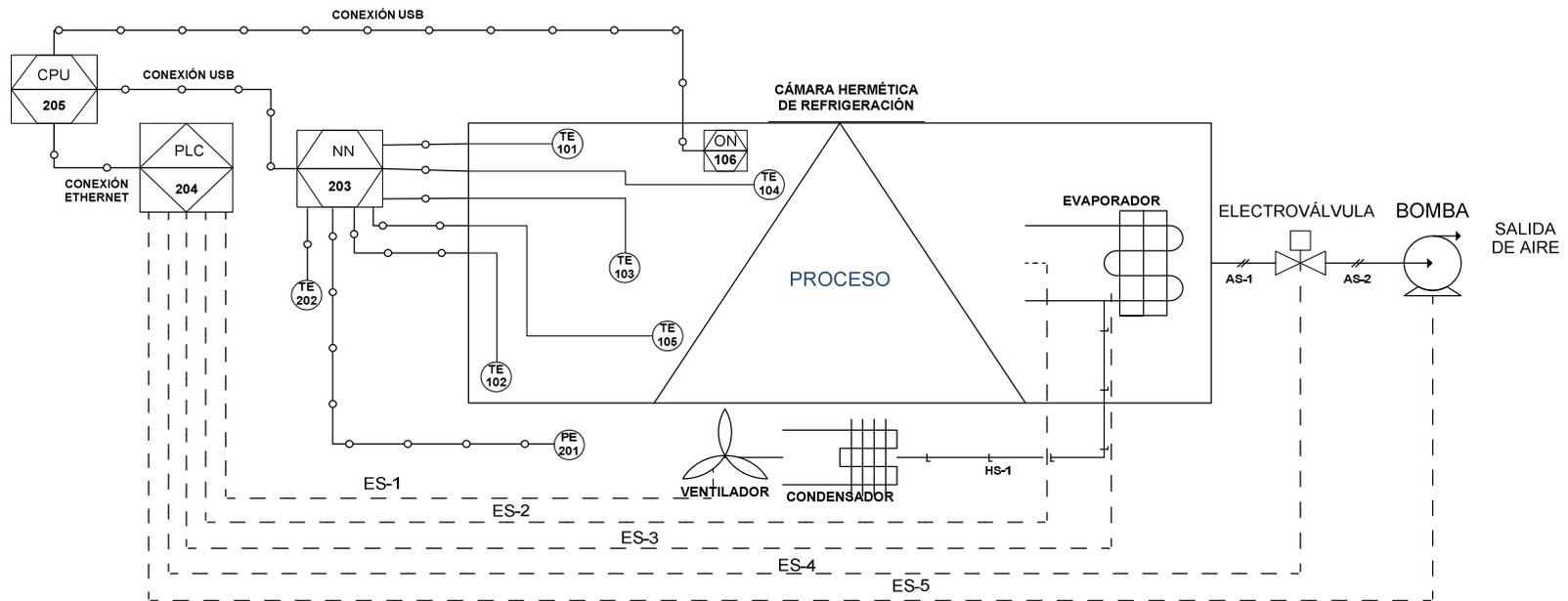
E.2.3. VISUALIZACIÓN EN 3D Y FOTO DEL CIRCUITO DE LA FUENTE REGULADA DE 5V PARA ALIMENTACIÓN DEL SENSOR DE PRESIÓN



ANEXO F

P&ID DE LA PLANTA

P&ID DEL SISTEMA HERMÉTICO DE REFRIGERACIÓN



Lista de canalizaciones	
Texto mostrado	Descripción
AS-1/AS-2	Salida de Aire
ES-1/ES-2/ES-4/ES-5	110V/60Hz
ES-3	220V/60Hz
HS-1	Manguera

F.1 TABLA DESCRIPTIVA DEL P&ID DE LA PLANTA

NOMBRE: SISTEMA HERMÉTICO DE REFRIGERACIÓN								
Número	Variables	Descripción	Cantidad	Rango de operación		Interconexión		Observaciones
				Entrada	Salida	Entrada	Número	
101 – 105	TE	Sensores temperatura: termopares	5	-20 – 30 °C	-0.77 – 1.2 mV	–	203	
106	ON	Webcam	1	5 Vdc	–	–	203	
201	PE	Sensor de presión	1	5 Vdc	0.2 – 4.8 Vdc	–	203	
202	TE	Sensor temperatura: LM35	1	5 Vdc	0 – 0.25 Vdc	–	203	
203	NN	Tarjeta de adquisición de datos DAQ 6211	1	5 Vdc	–	101-105, 106, 201, 202	205	
204	PLC	Controlador lógico programable	1	110V	110 V/220 V	–	205	
205	CPU	Computador	1	–	–	106, 203, 204	–	

