

Instituto Tecnológico de Costa Rica

Escuela de Ingeniería Electrónica



Diseño e implementación del sistema de monitorización de la estructura de seguridad física para los centros de procesamiento de datos en las instalaciones del ICE San José-San Pedro

Informe de Proyecto de Graduación para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura

Juan Miguel Mata Quesada

Cartago, Noviembre 2011

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA


ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA

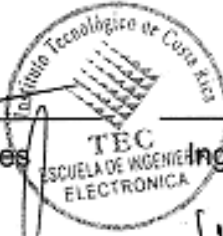
PROYECTO DE GRADUACIÓN

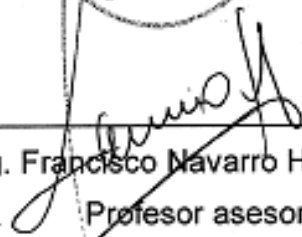
TRIBUNAL EVALUADOR

Proyecto de Graduación defendido ante el presente Tribunal Evaluador como requisito para optar por el título de Ingeniero en Electrónica con el grado académico de Licenciatura, del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Miembros del Tribunal


Ing. Carlos Badilla Corrales
Profesor lectora


Ing. Arys Carrasquilla Batista, M.Sc.
Profesora lector


Ing. Francisco Navarro Henríquez
Profesor asesor

Los miembros de este Tribunal dan fe de que el presente trabajo de graduación ha sido aprobado y cumple con las normas establecidas por la Escuela de Ingeniería Electrónica

Cartago, Noviembre 2011

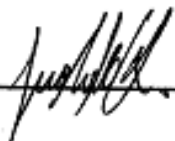
Declaratoria de Autenticidad

Declaro que el presente Proyecto de Graduación ha sido realizado enteramente por mi persona, utilizando y aplicando literatura referente al tema e introduciendo conocimientos propios.

En los casos en que he utilizado bibliografía, he procedido a indicar las fuentes mediante las respectivas citas bibliográficas.

En consecuencia, asumo la responsabilidad total por el trabajo de graduación realizado y por el contenido del correspondiente informe final.

Cartago, Noviembre 2011



Juan Miguel Mata Quesada

Cédula: 1-1244-0897

Resumen

El Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) ubicado en San Pedro de Montes de Oca, en San José de Costa Rica, consta de tres edificios que albergan centros de procesamiento de datos (CPD) esenciales para el funcionamiento general de la empresa.

Las instalaciones poseen una estructura de redundancia interna para el suministro eléctrico que tiene como base grupos electrógenos distribuidos en los 3 edificios, los cuales, principalmente, dependen de que exista diesel en los tanques de combustible por lo que es de suma importancia para el Departamento de Operación y Mantenimiento del Proceso de Electromecánica tener actualizado el nivel de combustible presente en cada tanque de forma rápida y precisa.

El sistema de medición de combustible actual es manual, y no brinda la confiabilidad necesaria. De forma paralela, los equipos informáticos presentes en los CPD deben de estar sometidos a condiciones climáticas estables para evitar averías en su funcionamiento, por lo que es necesario mantener los valores de temperatura y humedad dentro de los límites establecidos como apropiados.

De lo anteriormente mencionado se explica el porqué, para el departamento, es prioridad implementar un sistema de monitorización que incluya el nivel de combustible disponible en cada tanque así como la temperatura y humedad presentes en las zonas más determinantes de cada edificio.

Para la implementación del sistema de monitorización se utilizaron sensores de presión en los tanques de combustible, sensores de temperatura y humedad en los CPD así como una red de Adaptadores de Comunicación Ethernet para la comunicación de los datos vía Red de Área Local. Como parte principal de diseño del proyecto se utilizó el software DAQFactory para el desarrollo de la interfaz de usuario que permite observar las variables mencionadas y alarmas definidas en forma gráfica para ser comprendidas fácilmente por los operarios del departamento.

Palabras Clave: CPD, monitorización, grupos electrógenos, nivel de combustible, humedad, temperatura, interfaz de usuario.

Abstract

The Instituto Costarricense de Electricidad (ICE) located in San Pedro de Montes de Oca, San José de Costa Rica, has three buildings that house data processing centers (DPC) essential for the functioning of the company.

The facility has a structure of internal redundancy for power that is based distributed generators in the 3 buildings, which mainly depend on there diesel fuel tanks so it is very important for the Department of Operation and Maintenance Process Electromechanical have upgraded the level of fuel in each tank quickly and accurately.

The fuel measurement system today is manual, and does not provide the necessary reliability. In parallel, the hardware present in the CPD should be subject to stable weather conditions to prevent damage to its operation, it is necessary to maintain temperature and humidity within the limits as appropriate.

From the above explains why, for operation and maintenance department Electromechanical Process, priority is to implement a monitoring system that includes the level of available fuel in each tank as well as temperature and humidity present in the most crucial areas of each building.

For the implementation of the monitoring, system pressure sensors were used in the fuel tanks, temperature and humidity sensors in the rooms which have continuously operated equipment as well as a Communication Network Ethernet Adapters for communication of data via network Local Area. As a main part of project design DAQFactory software was used for the development of user interface that allows you to observe these variables and alarms defined in graphical form to be easily understood by workers of the department.

Keywords: DPC, monitoring, generators, fuel level, humidity, temperature, user interface.

Dedicatoria:

A Dios, quien es el principal responsable de cada éxito en mi vida, quien me acompañó del principio al fin de toda mi carrera universitaria.

A mi mamá y mi papá, quienes me brindaron su apoyo incondicional durante todos estos años de estudio; a ellos que siempre supieron que lo iba a lograr.

A toda mi familia y amigos, que con sus palabras de aliento y oraciones me motivaron siempre a seguir hacia delante.

Agradecimientos:

Primeramente agradezco Dios, por que en todo el fue el primero en ayudarme.

Al Ing. Francisco Víquez y al Ing. Hugo Sánchez Coto por la oportunidad y apoyo para realizar mi proyecto de graduación en las instalaciones del ICE en San Pedro de Montes Oca.

A cada uno de los técnicos del departamento de electromecánica en San Pedro por su colaboración y esfuerzo brindado, en especial al técnico Marco Chávez León quien propicio un trabajo fundamental para el desarrollo e implementación del proyecto.

Al Ing. Francisco Navarro Enríquez y al M.Sc. Orlando Vega Quesada por la asesoría brindada para la elaboración del informe del proyecto.

Muchas Gracias

INDICE GENERAL

Capítulo 1: Introducción	1
1.1 Problema existente e importancia de su solución	1
1.2 Solución seleccionada.....	3
Capítulo 2: Meta y objetivos	5
2.1 Meta	5
2.2 Objetivo general	5
2.3 Objetivos específicos.....	5
a. Objetivos de hardware	5
b. Objetivos de software.....	6
c. Objetivos de documentación	6
d. Objetivos de implementación	7
Capítulo 3: Marco teórico	8
3.1 Descripción del sistema a mejorar.....	8
3.1.1 Suministro de Energía del Edificio	8
3.1.2 Control de temperatura y humedad del entorno físico del hardware	12
3.2 Antecedentes Bibliográficos	13
3.2.1 Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA)	13
3.2.2 Arquitectura PLC Modicon TSX Momentum.....	14
3.2.2.1 Bases de E/S.....	14
3.2.2.2 Adaptadores de comunicación.....	15
3.2.2.3 Adaptador de procesador	15
3.2.3 Software de programación Concept 2.6 SR3	16
3.2.4 Software de programación DAQFactory	17
3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema.	17
3.3.1 Medidores de nivel en líquidos.....	17
3.3.2 Instrumentos para medir nivel de manera directa	18
3.3.2.1 Método de la mirilla de nivel	18
3.3.2.2 Instrumentos de flotador	19
3.3.3 Instrumentos hidrostáticos para medir nivel	20
3.3.3.1 Método de presión diferencial	20

3.3.3.2	Método por burbujeo.....	21
3.3.4	Instrumentos electromecánicos para medir nivel	22
3.3.4.1	Método por desplazamiento.....	22
3.3.5	Instrumentos basados en características eléctricas del líquido	23
3.3.5.1	Medidor de nivel conductivo o resistivo.....	23
3.3.5.2	Medidor de nivel por capacidad	24
3.3.5.3	Medidor de nivel ultrasónico	25
3.3.6	Transmisores.....	25
3.3.6.1	Transmisores Electrónicos.....	26
3.3.6.2	Transmisores Digitales	26
3.3.7	Temperatura y Humedad Relativa	27
3.3.8	Redes TCP/IP.....	27
3.3.8.1	Protocolo IP	28
3.3.8.2	Protocolo TCP	29
3.3.9	Red Ethernet	29
3.3.10	Protocolo MODBUS	30
Capítulo 4:	Procedimiento Metodológico.....	32
4.1	Reconocimiento y definición del problema	32
4.2	Obtención y análisis de información.....	33
4.3	Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución	34
4.4	Implementación de la solución	36
4.4.1	Estudio de herramientas de software.....	36
4.4.2	Pruebas para los dispositivos disponibles.....	37
4.4.3	Definición del módulo adquisición de datos	37
4.4.4	Definición del módulo comunicación de datos	38
4.4.5	Integración de los módulos adquisición de datos	38
4.4.6	Acondicionamiento del espacio físico	39
4.4.7	Pruebas de comunicación y muestreo de variables	39
4.4.8	DAQFactory y desarrollo de la interfaz de usuario	40
4.5	Reevaluación y rediseño.....	40
Capítulo 5:	Descripción detallada de la solución	41
5.1	Análisis de soluciones y selección final.....	41

5.2	Descripción del hardware.....	43
5.2.1	Módulo adquisición de datos	44
5.2.1.1	Sensores	45
5.2.1.2	Divisores de tensión	48
5.2.1.3	Fuente CD	49
5.2.1.4	Adaptador de comunicación	49
5.2.1.5	Circuit Monitor	52
5.2.2	Módulo comunicación	54
5.2.2.1	Red TCP/IP general para los 3 edificios	54
5.2.2.2	Puente inalámbrico	56
5.2.3	Módulo control de E/S.....	57
5.2.3.1	Adaptador de procesador	58
5.2.4	Módulo alimentación	58
5.2.4.1	Transferencia.....	59
5.2.4.2	Grupo electrógeno	61
5.2.4.3	Tablero de emergencia.....	62
5.2.5	Módulo visualización.....	64
5.2.5.1	PC en la oficina de Departamento de Electromecánica	64
5.3	Descripción del software	65
5.3.1	Bloque Convertidor de datos	66
5.3.1.1	Conversión TEMPscale	69
5.3.1.2	Conversión HUMDscale.....	69
5.3.1.3	Conversión PRESscale.....	69
5.3.1.4	Conversión AltTank_nº.....	70
5.3.1.5	Conversión VoITank_nº	70
5.3.2	Base de datos.....	71
5.3.3	Interfaz de usuario	71
5.3.3.1	Principios de diseño.....	72
5.3.3.2	Pantalla Menú Principal	75
5.3.3.3	Pantalla Alarmas Generales	76
5.3.3.4	Pantallas “Temperaturas” y “Humedades Relativas”	80
5.3.3.5	Pantalla Tanques.....	81

Capítulo 6: Análisis de Resultados	82
6.1 Resultados.....	82
6.2 Análisis	93
Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones	100
7.1 Conclusiones	100
7.2 Recomendaciones	102
Bibliografía	103
Apéndices	105
A.1 Glosario, abreviaturas y simbología.....	105
A.2 Servicios afectados por falla eléctrica en el ICE San Pedro.....	108
A.3 Información sobre el termómetro/higrómetro OHT50.....	112
A.4 Cálculo de los rangos de presión para cada tanque de diesel	113
A.5 Procedimiento en Concept para la asignación de E/S	114
A.6 Muestreos de señal	117
A.7 Volumen del líquido en un cilindro horizontal.....	121
Anexos	123
Anexo B.1 Hoja de datos del transmisor de presión piezoresistivo KELLER...	123
Anexo B.2 Hoja de datos del transmisor de nivel de presión Huba Control.....	125
Anexo B.3 Hoja de datos de la fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A.....	127
Anexo B.4 Hoja de datos del adaptador de comunicación 170ENT11002	128
Anexo B.5 Hoja de datos de la base de E/S 170AAI14000	129
Anexo B.6 Ethernet IP Address Download Utility	130
Anexo B.7 Hoja de datos del módulo Ethernet de E/S ET-7017.....	132
Anexo B.8 Hoja de datos del adaptador de procesador 171CCC98030.....	133

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1	Diagrama aproximado de la zona en donde se desarrollará el proyecto.....	2
Figura 1.2	Diagrama de primer nivel del proyecto	4
Figura 3.1	Diagrama general del sistema de suministro energético para cada edificio en las instalaciones del ICE en San Pedro	10
Figura 3.2	Distribución de fallas en plantas de emergencias presentes en el complejo San Pedro durante el período 2009-2010	11
Figura 3.3	Adaptador de comunicaciones con unidad de E/S TSX Momentum .	15
Figura 3.4	Sistema de control distribuido mediante el uso de la red Ethernet ...	16
Figura 3.5	Mirilla de nivel	19
Figura 3.6	Instrumentos de flotador	20
Figura 3.7	Medición de presión diferencial	21
Figura 3.8	Medición de presión en un tanque presurizado	21
Figura 3.9	Método de tipo burbujeo	22
Figura 3.10	Transductor de fuerza	22
Figura 3.11	Medición de nivel conductivo	23
Figura 3.12	Amplificador selectivo	24
Figura 3.13	Medición de la variación de corriente	25
Figura 3.14	Medidor de nivel ultrasónico.....	25
Figura 3.15	Modelo DoD en comparación con el modelo OSI.....	28
Figura 3.16	Formato de datagrama IP	29
Figura 3.17	Formato de tramas Ethernet e IEEE 802.3.....	30
Figura 4.1	Diagrama de segundo nivel del proyecto	36
Figura 5.1	Diagrama de tercer nivel del proyecto	44
Figura 5.2	Transmisor de presión piezoresistivo KELLER (a) y Transmisor de nivel de presión Huba Control (b).....	47
Figura 5.3	Divisor de tensión para la conexión de cada transmisor.....	48
Figura 5.4	Fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A	49
Figura 5.5	Adaptador de comunicación 170ENT11002 (a) y Base de E/S 170AAI14000 (b).....	50

Figura 5.6	Módulo Ethernet de E/S ET-7017 de ICP DAS.....	51
Figura 5.7	Switch presente en la oficina del departamento de electromecánica (a) y router utilizado como Gateway en la Red TCP/IP (b)	54
Figura 5.8	Esquema básico de la red TCP/IP presente en las instalaciones del ICE en San Pedro	55
Figura 5.9	Vista superior aproximada de la zona proyecto: Puntos de conexión a la red TCP/IP general para los tres edificios del complejo San Pedro	56
Figura 5.10	Diagrama del puente inalámbrico creado con los puntos de acceso WAP54G de Linksys	57
Figura 5.11	Adaptador de procesador con puerto de comunicación Ethernet 171CCC98030	58
Figura 5.12	Grupo Electrónico Caterpillar presente en el sótano del Edificio principal	61
Figura 5.13	Vista superior aproximada de la zona proyecto: Puntos de alimentación de dispositivos	63
Figura 5.14	Algoritmo utilizado en el módulo convertidor del nivel de tanque de combustible.....	67
Figura 5.15	Diagrama de flujo que describe el funcionamiento de la interfaz de usuario.....	75
Figura 5.16	Diagrama de flujo de la rutina programada para obtener el valor y tipo del factor de potencia total del suministro energético de cada Edificio en el ICE San Pedro	76
Figura 5.17	Diagrama de flujo de la rutina de programación utilizada para la activación y desactivación de señales de alarmas del tipo nivel de tanque de combustible.....	78
Figura 5.18	Diagrama de flujo de la rutina de programación utilizada para la activación y desactivación de señales de alarmas del tipo temperatura	79
Figura 6.1	Esquema general del proyecto implementado	82
Figura 6.2	Estructura de adquisición de datos presente en uno de los grupos electrógenos SDMO del Edificio Operadoras	83
Figura 6.3	Estructura de adquisición de datos presente en la zona de tanques del Edificio CGT	83

Figura 6.4	Tubería implementada para comunicar los transmisores de presión en los tanques con la estructura de adquisición de datos en la zona del Edificio CGT.....	84
Figura 6.5	Montaje del transmisor de presión utilizado para el tanque 1 presente en el sótano del Edificio Principal.....	84
Figura 6.6	Montaje del transmisor de presión utilizado para el tanque 5 presente en el frente al Edificio Operadoras	85
Figura 6.7	Ventana de simbología para los semáforos de nivel de combustible de cada tanque presentes en la pantalla “Menú Principal”	85
Figura 6.8	Pantalla menú principal.....	86
Figura 6.9	Ventana de datos generales del suministro eléctrico para los tres Edificios del ICE San Pedro	87
Figura 6.10	Pantalla Tanques	88
Figura 6.11	Pantalla Temperaturas	89
Figura 6.12	Pantalla Humedades.....	90
Figura 6.13	Ventana para el punto 1	91
Figura 6.14	Pantalla Alarmas Generales.....	92
Figura 6.15	Base de datos en Access generada por el Sistema de Monitorización.....	93
Figura A.1	Termómetro higrómetro OHT50.....	112
Figura A.2	Proyecto creado para el control de E/S mediante el adaptador de procesador 171CCC98030	114
Figura A.3	Ventana de configuración del PLC en Concept.....	114
Figura A.4	Ventana de Asignación de E/S en Concept	115
Figura A.5	Ventana de Local Momentum Estación en Concept	115
Figura A.6	Ventana de configuración para la base 170-AAI-140-00 en Concept	116
Figura A.7	Cilindro horizontal	121

INDICE DE TABLAS

Tabla 4.1	Variables a monitorizar distribuidas por edificio, zona y sala específica	35
Tabla 5.1	Características generales de los principales métodos de medición de nivel en líquidos	43
Tabla 5.2	Información de los tanques de diesel monitorizados	45
Tabla 5.3	Rango de presión a medir según el tanque utilizado	46
Tabla 5.4	Direcciones IP para cada adaptador de comunicación que forma parte del diseño del sistema de monitorización	51
Tabla 5.5	Resumen de instrumentación del Circuit Monitor	52
Tabla 5.6	Direccionamiento implementado para registros en el Circuit Monitor	53
Tabla 5.7	Características de los cableados implementados para la alimentación del sistema con tableros de emergencia	64
Tabla 5.8	Características de los tipos de canales creados en el DAQFactory para ser utilizados como base del algoritmo de visualización	66
Tabla A.1	Muestreo de valores digitales en el DAQFactory vs valores de tensión	117
Tabla A.2	Muestreo de valores de tensión en el DAQFactory vs valores de temperatura	118
Tabla A.3	Muestreo de valores de tensión en el DAQFactory vs valores de humedad relativa	119
Tabla A.4	Valores de tensión en el DAQFactory vs valores de presión medida por el transmisor de presión KELLER	119
Tabla A.5	Valores de tensión en el DAQFactory vs valores de presión medida por el transmisor de presión Huba Control	120
Tabla A.6	Muestreo de valores de la altura obtenida en el DAQFactory en comparación con la altura medida según la sonda calibrada para el tanque 3... ..	120

Capítulo 1: Introducción

1.1 Problema existente e importancia de su solución

Dentro de las instalaciones del ICE en San Pedro existen Centros de Procesamiento de Datos (CPD) con equipos informáticos que deben mantener un funcionamiento continuo las 24 horas del día, por lo que el Departamento de Mantenimiento de Electromecánica implementó un sistema de redundancia interna para el suministro energético, el cual se basa en 6 grupos electrógenos.

Debido a dos principales puntos de fallo este sistema no ha logrado evitar por completo las caídas de los equipos de operación continua:

- El no funcionamiento de uno o más generadores por falta de combustible.
- La falla de equipos informáticos al estar expuestos a niveles de temperatura y humedad fuera de los límites de su rango de operación.

Actualmente se utiliza un método manual de medición de diesel que consiste en sumergir una varilla calibrada empíricamente por los técnicos del departamento para así obtener la altura del combustible y con ésta calcular el volumen en cada uno de los 6 tanques de almacenamiento, los cuales están ubicados en 4 zonas distintas así como se muestra en el diagrama de la figura 1.1.

Esta lectura no proporciona un valor confiable de la cantidad de combustible disponible puesto que depende de la precisión (método de apreciación) con la que el técnico realizó la medición además de las veces que entró a funcionar el sistema luego de la última medición tomada.

En el diagrama de la figura 1.1 se puede observar que la distancia que existe entre cada zona de tanques es un factor que le impide al técnico encargado la actualización constante del nivel de combustible presente en cada tanque.

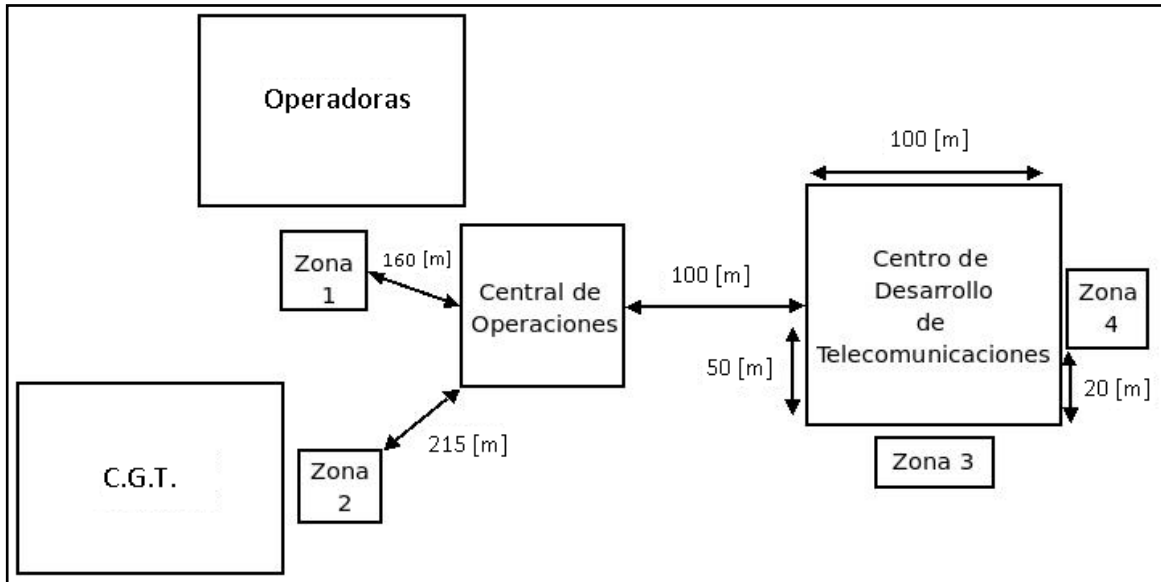


Figura 1.1 Diagrama aproximado de la zona en donde se desarrollará el proyecto

[Fuente: Elaboración propia]

La falta de información precisa y actualizada sobre el combustible disponible en los 6 principales contenedores del complejo San Pedro no permite programar el llenado de tanques de diesel de forma acertada, por lo que se pone en duda el respaldo de los generadores en el momento de una falla en el fluido eléctrico proveniente de la calle. De igual forma, el desconocimiento de los valores de temperatura y humedad en los CPD provoca el no poder brindar mantenimiento preventivo y correctivo antes de causar caídas en el sistema informático general.

Esta situación provoca que el ICE reciba críticas muy fuertes por parte de sus usuarios dañando su credibilidad y prestigio en lo estable de sus servicios. Como ejemplo de lo importante de la situación en la sección A.2 del apéndice se muestran los 78 servicios que se vieron afectados debido a una falla en el funcionamiento de la estructura de seguridad física para CPD en el Complejo San Pedro.

Las caídas del sistema afectan directamente a todas las empresas que dependen de los servicios del ICE para realizar sus gestiones comerciales por lo que las consecuencias no son sólo a nivel interno sino que abarcan a otras compañías.

De lo anteriormente mencionado se explica el porqué, para el departamento encargado de velar que el ICE mantenga su funcionamiento normal las 24 horas (departamento de operación y mantenimiento de electromecánica) es prioridad obtener el conocimiento preciso y actualizado de la cantidad de combustible disponible en cada uno de los 6 tanques de diesel así como el valor de la temperatura y humedad presente en los cuartos donde se encuentran los equipos informáticos de funcionamiento continuo.

Mediante el desarrollo de un sistema de monitorización adecuado, el departamento podrá obtener la información necesaria para programar acertadamente llenados de los tanques de combustible. Según estimaciones aproximadas por el coordinador del complejo San Pedro, llenar a un 80% los 6 tanques le cuesta al ICE 3 millones de colones y en una eventual avería se puede llegar a consumir un 60% del diesel.

Por otra parte, el departamento podrá monitorizar la climatología de los CPD que funcionan de forma continua, evitando que éstos se salgan de su funcionamiento normal por razones de temperatura o humedad.

1.2 Solución seleccionada

Para el desarrollo del sistema de monitorización se tomaron en cuenta algunas restricciones para el proyecto definidas según el interés del ICE y las características propias de la infraestructura de la zona:

- Se necesitó diseñar un sistema inalámbrico de comunicación para unir al sistema de adquisición de datos colocado en la zona de tanques del Edificio CGT con la red de área local existente en los tres edificios.
- Se implementó la instalación eléctrica para alimentar los sistemas de adquisición de datos ubicados en las zonas 1,2 y 4 presentes en el diagrama de la figura 1.1 con los tableros de emergencia más cercanos (sistemas de adquisición de datos alimentados por las plantas de generación de energía eléctrica).

- Se utilizaron sensores de presión diferencial para implementar el método de medición de nivel de combustible. Éstos fueron comprados por el ICE con anterioridad.
- Se utilizó el software de adquisición de datos DAQFactory para implementar de forma más simple la interfaz gráfica que permite observar en tiempo real los datos recolectados.
- Todos los dispositivos y software utilizados fueron adquiridos mediante cotizaciones a empresas dentro del país, hecho que permite la expansibilidad del sistema con nuevos procesos a monitorizar dentro de la misma aplicación.

La solución implementada consistió en cinco etapas:

- a. Diseño de los sistemas de adquisición de datos tanto para la temperatura y humedad como para el nivel de combustible en los tanques.
- b. Implementación cada uno de los sistema de adquisición de datos en las zonas determinadas.
- c. Configuración de la comunicación de los sistemas de adquisición (vía red de área local) con el sistema de monitoreo en la oficina del departamento.
- d. Implementación de la etapa inalámbrica de la comunicación (zona de tanques en el CGT).
- e. Diseño y desarrollo de la interfaz gráfica que de forma dinámica muestra los datos obtenidos en una PC.

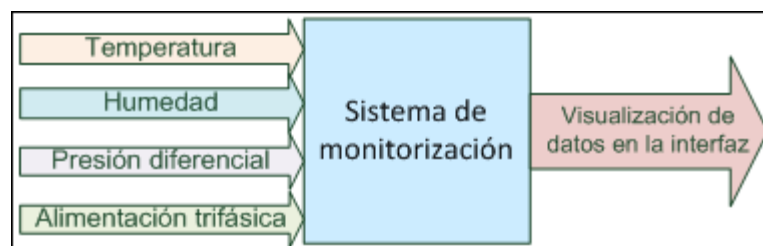


Figura 1.2 Diagrama de primer nivel del proyecto

[Fuente: Elaboración propia]

Capítulo 2: Meta y objetivos

2.1 Meta

Obtener un sistema de monitorización que sea capaz de brindar la información necesaria para asegurar el funcionamiento de la estructura de seguridad física para los CPD presentes en las instalaciones del ICE San José-San Pedro.

Indicador: Sistema de Monitorización en funcionamiento, brindando la información que asegura el funcionamiento de la estructura de seguridad física.

2.2 Objetivo general

Diseñar e implementar un sistema tipo SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) que permita monitorizar el nivel de combustible disponible para los grupos electrógenos que constituyen la redundancia interna del suministro eléctrico así como la temperatura y humedad presentes en los CPD del ICE San José-San Pedro.

Indicador: visualización de cada una de las variables de la tabla 4.1 del presente documento mediante una interfaz gráfica para el usuario, así como la documentación de la validación estadística de cada variable monitorizada.

2.3 Objetivos específicos

a. Objetivos de hardware

- Definir el tipo de sensor a utilizar para determinar el valor de nivel de combustible en cada tanque.
- Efectuar pruebas de medición con los sensores adquiridos para la medición del nivel de tanque de combustible.
- Realizar pruebas de comunicación con los Adaptadores Momentum marca Schneider-Electric.

- Realizar pruebas de comunicación con los módulos Ethernet ET-7017 marca ICP DAS.
- Especificar los tipos de sensores de temperatura y humedad a utilizar.
- Ejecutar pruebas de medición con los sensores de temperatura y humedad para determinar los parámetros que definen su correcto funcionamiento.
- Obtener el sistema de adquisición de datos para cada tanque y puntos climáticos a partir de las pruebas realizadas según la señal de salida obtenida.

b. Objetivos de software

- Adquirir valores digitales con la mejor resolución de señal posible a partir de los valores analógicos leídos de los sensores, utilizando los adaptadores de comunicación Momentum y ET-7017.
- Definir el protocolo a utilizar para la comunicación entre los sistemas de adquisición de datos en las diferentes zonas del complejo San Pedro y la interfaz gráfica creada en una PC de la oficina del departamento.
- Determinar, mediante la tabulación de un muestreo de señal de salida de cada sensor, las conversiones matemáticas necesarias para obtener valores representativos a mostrar en la interfaz gráfica. (nivel de tanque, temperatura y humedad)
- Diseñar una interfaz gráfica para el despliegue de la información obtenida de forma gráfica y amigable con el usuario, definiendo las alarmas más determinantes según las necesidades del departamento.

c. Objetivos de documentación

- Elaborar un informe final que incluya los detalles de la investigación previa, la implementación y los resultados obtenidos al realizar el proyecto.

d. Objetivos de implementación

- Implementar la estructura de adquisición de datos para la obtención de los niveles de los 6 tanques de combustible.
- Elaborar la estructura de adquisición de datos para la obtención de los 16 puntos de temperatura y humedad en los cuartos de equipos de funcionamiento continuo.
- Desarrollar la interfaz gráfica amigable con el usuario mediante uso de un software para la creación de sistemas SCADA.
- Presentar la interfaz gráfica en funcionamiento al departamento de Electromecánica del ICE Complejo San Pedro y realizar la defensa del proyecto realizado a la Escuela de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

Capítulo 3: Marco teórico

3.1 Descripción del sistema a mejorar

La seguridad física de dispositivos de cómputo (Ordenadores, hardware de red, entre otros) toma en cuenta diferentes aspectos, desde características globales como el entorno físico y social así como específicamente el hardware utilizado. Para iniciar el estudio de la seguridad física de algún sistema existente primero se debe conocer los por menores del funcionamiento del mismo y con esto describir de forma correcta posibles puntos de fallo. [1]

En las instalaciones del ICE en San Pedro, según el análisis realizado por el Ing. Sánchez, coordinador del Complejo San Pedro, existen dos puntos de fallo que representan un riesgo determinante en los sistemas informáticos de la institución:

- Suministro de Energía del Edificio
- Control de la temperatura y humedad del entorno físico del hardware

3.1.1 Suministro de Energía del Edificio

Para realizar un trabajo eficiente en cuanto el abastecimiento de energía primero debemos tener muy en claro cuales zonas nos corresponden administrar, por ejemplo, es un hecho que debemos asegurar el fluido eléctrico para el sistema de aire acondicionado de los cuartos de servidores, no así las salas de reuniones u oficinas independientes. [1]

En las instalaciones del ICE San Pedro existen dos partes que caracterizan el suministro de energía, la externa y la interna. La parte externa constituye la gestión que realiza la compañía nacional de fuerza y luz, la cual posee un fusible además de un limitador de potencia y culmina en los medidores que permiten la tarifación del consumo de energía. A partir de los medidores se encuentra el sistema de protecciones, el cableado y dispositivos que son propiedad del ICE San Pedro, la parte interna.

Se debe mencionar que aún no existe redundancia de la red eléctrica brindada por la compañía, específicamente en nuestro sector de interés. Actualmente se está negociando llevar hasta las instalaciones del ICE una segunda acometida trifásica pues la situación en la zona es cada vez más crítica.

De llevarse a cabo en el futuro, éste tipo de redundancia externa resultaría ser la ideal. La implementación de ésta redundancia depende del número de líneas de media o alta tensión que posea la compañía en la subestación correspondiente al sector donde se encuentra nuestro edificio. Este tipo de redundancia de la parte externa es asunto de la compañía eléctrica, por lo que no tenemos control de ella.

[1]

Sin embargo existe el término redundancia interna, la cual, estructuralmente, hoy en día está incluida en los 3 edificios (Edificio Principal, Edificio Operadoras y Edificio CGT) y consta de generadores eléctricos (grupos electrógenos), los cuales funcionan con diesel y pueden suministrar energía a un edificio completo. Éstos representan la opción más utilizada de redundancia interna y son comúnmente utilizados en hospitales, centros comerciales, entre otros, pues representan una buena solución de respaldo energético sin dejar de lado que poseen un alto costo y no toda empresa está en capacidad de costear su compra.

Para incluir el respaldo energético en el sistema de suministro eléctrico de cada edificio se utilizan transferencias automatizadas que realizan el cambio de fuente eléctrica en el momento que falle la acometida trifásica proveniente de la calle. El diagrama general de cada sistema de suministro eléctrico implementado se muestra en la figura 3.1.

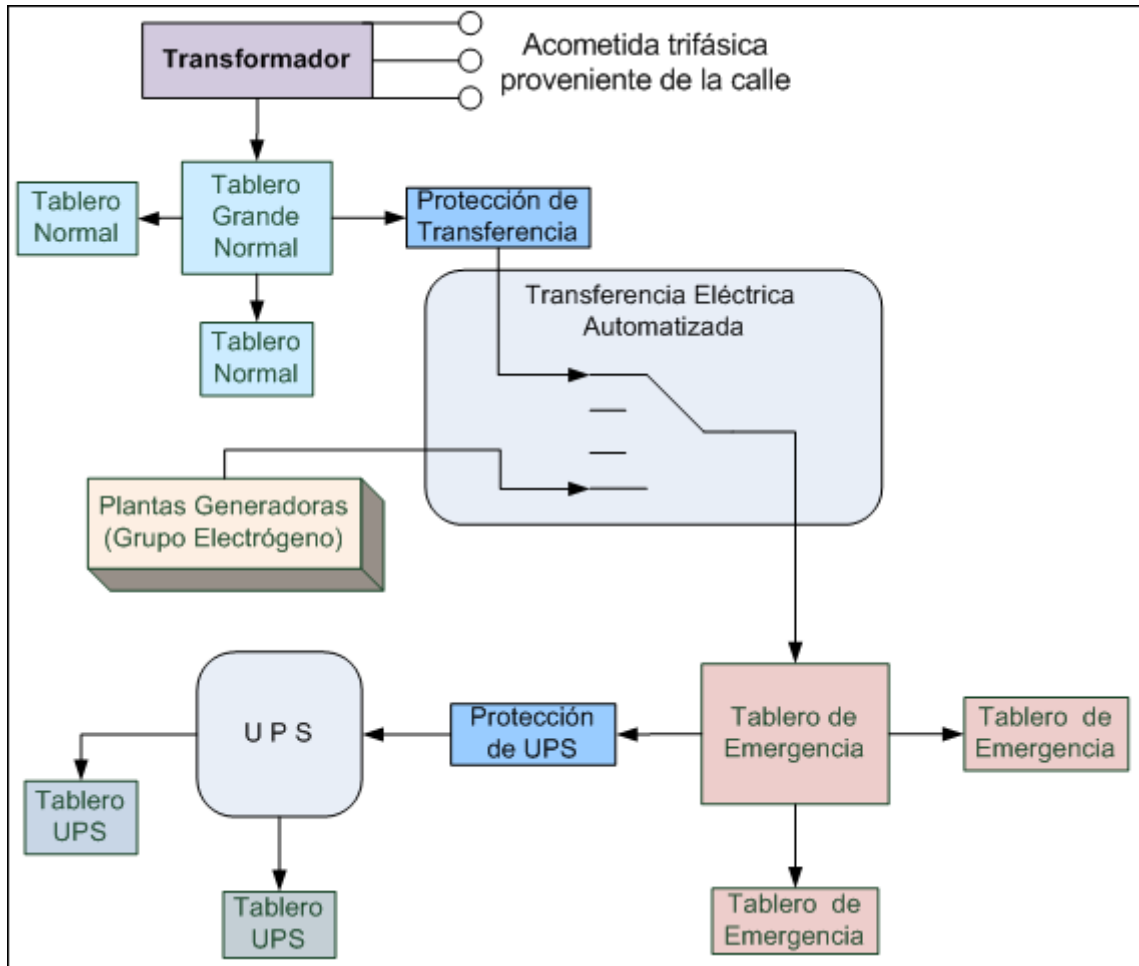


Figura 3.1 Diagrama general del sistema de suministro energético para cada edificio en las instalaciones del ICE en San Pedro

[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa en la figura anterior, la acción de los grupos electrógenos representa el verdadero respaldo de energía eléctrica para el sistema pues, a pesar de que existen grandes sistemas UPS, éstos se utilizan con el objetivo principal de evitar que el hardware conectado no reciba ningún parpadeo eléctrico en su alimentación y continúe su funcionamiento sin darse cuenta del cambio de fuente en la transferencia.

Se debe tomar en cuenta que las averías externas que provocan fallos en la acometida trifásica proveniente de la calle pueden durar por varias horas, días en algunos casos y el respaldo brindado por los grandes sistemas UPS en poseen una duración de 30 minutos o menos según la carga que posea el sistema en ese momento.

Por otra parte, los grupos electrógenos poseen su propio tanque de combustible interno, de 120 L en la mayoría de sistemas, lo que representa apenas 1 hora de generación a plena carga, por lo es sumamente importante que los tanques de combustible externos posean diesel para 1 día de generación como mínimo, previendo así el peor de los casos. Se debe tomar en cuenta que la compra del diesel resulta ser una buena inversión siempre que se evite por completo caídas en el sistema debido a falta de combustible.

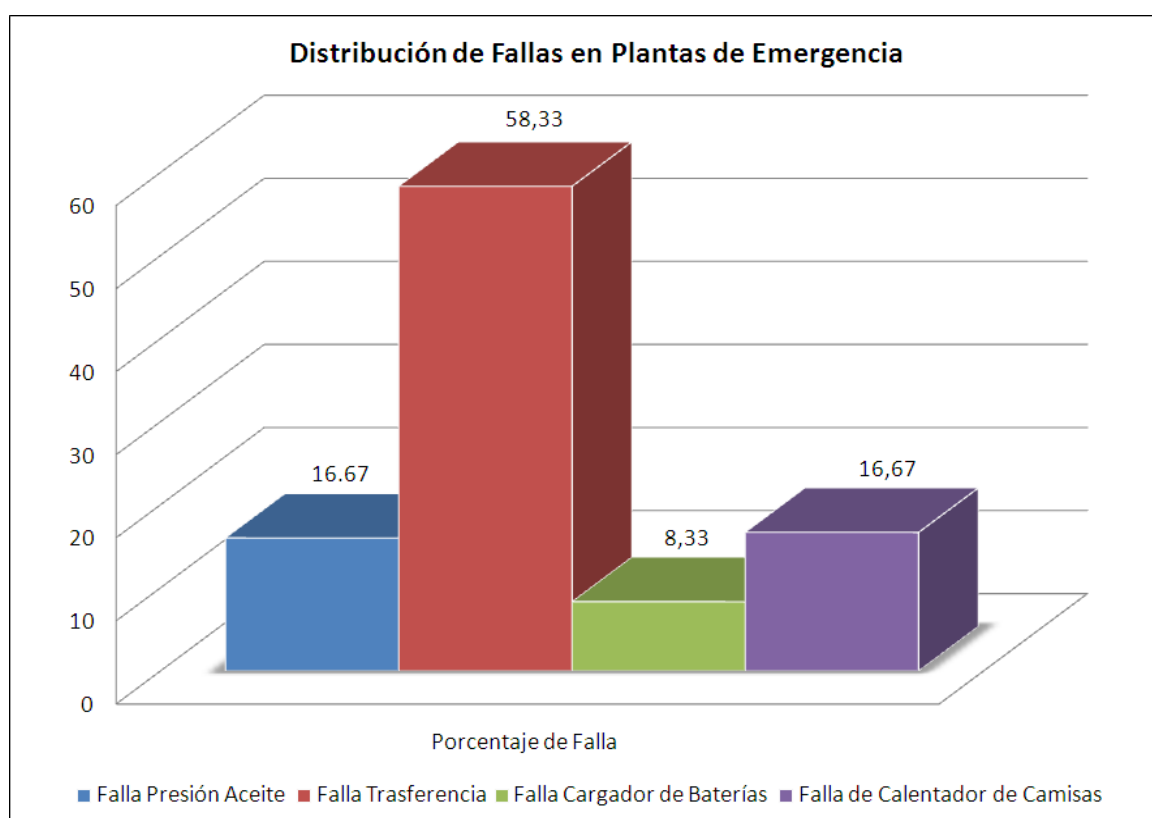


Figura 3.2 Distribución de fallas en plantas de emergencias presentes en el complejo San Pedro durante el período 2009-2010

[Fuente: Reporte de Filtrado en San Pedro 2009-2010, Ing. Hugo Sánchez Coto]

Según como se muestra en la figura 3.2, el fallo por transferencia de carga a cada grupo electrógeno (barra color rojo en el gráfico de porcentajes) representa un 58.33% de todos los fallos. Una de las principales causas, según el Ing. Sánchez, es que el sistema se queda sin combustible y no puede suministrar la potencia necesaria a la red eléctrica del edificio al que respalda energéticamente.

3.1.2 Control de temperatura y humedad del entorno físico del hardware

En un CPD la temperatura y humedad son factores determinantes para el funcionamiento general de los dispositivos electrónicos presentes. La temperatura es el factor que más afecta en los racks y armarios ignífugos, por lo que la humedad se toma como un factor secundario que afecta únicamente en climas muy específicos. Cuando existe alta temperatura, disminuye el intervalo tiempo entre fallos para todos los dispositivos electrónicos presentes (servidores, enrutadores, switches). [1]

En el caso de los centros de procesamiento presentes en los edificios del complejo del ICE en San Pedro, el clima es muy variable. Actualmente se encuentran instalados sistemas de aire acondicionado, los cuales se utilizan para tratar de mantener un clima apropiado en las salas que albergan gran cantidad de dispositivos electrónicos.

En cada CPD existen sensores de temperatura de contacto seco los cuales se activan cuando la temperatura alcanza un valor específico (mayor a 24°C en la mayoría de casos), activando una señal de alarma del sistema de supervisión general de averías. Éste hecho provoca la apertura de un reporte de avería, lo que significa trabajo de mantenimiento pendiente para el departamento de electromecánica.

Lo ideal en éste proceso, según el jefe del Departamento de Electromecánica, es evitar la apertura de reportes ya que, en muchos casos, la solución es algún ajuste en los sistemas de aire acondicionado, por lo que una llamada de atención (reporte) resulta ser innecesaria.

Es muy importante que en habitaciones de equipos informáticos, además de implementar las medidas necesarias para limitar la temperatura y humedad en un rango aceptable, exista un sistema de monitorización remota que muestre el valor actualizado de las variables climáticas y permita establecer una serie de alarmas escalonadas para la toma de decisiones antes de alcanzar niveles fuera de los límites establecidos. [1]

3.2 Antecedentes Bibliográficos

3.2.1 Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA)

El SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) por sus siglas en inglés, se define como un sistema que utiliza como base un computador central que permite registrar, de forma remota, variables que determinan un proceso en específico, comunicándose y controlando el sistema, con adaptadores, de procesos o de comunicación, que permiten obtener los datos que se generan en el proceso.

Existen dos tipos de SCADA, los no realimentados o de lazo abierto, y los realimentados o de lazo cerrado. La realimentación se refiere al proceso dentro del cual, la señal obtenida (representación eléctrica de la cantidad controlada) que se traslada a través del sistema, retorna al principio del mismo para ser utilizada como referencia.

En sistemas de control este concepto es comúnmente llamado retroalimentación y permite la obtención de información que se utiliza para realizar una comparación o bien un análisis con el que se obtienen los indicadores o bien objetos para la realimentación que afecta al proceso o bien a un operador en específico.

Los Indicadores se pueden clasificar en indicadores con o sin retroalimentación inherente. Los que no poseen retroalimentación inherente se caracterizan por no provocar modificaciones al proceso, solo al operador, por lo que se refiere a sistemas que buscan obtener únicamente el estado actual de las variables que lo determinan o bien sistemas que tengan como objetivo observar la evolución histórica y almacenada del proceso.

En el caso de indicadores con retroalimentación inherente, el proceso si se ve afectado y por ende el operador, lo que se refiere a sistemas que pretendan generar alarmas, implementar Interfaces humano máquina (HMI), entre otras acciones de toma de decisiones. [2]

3.2.2 Arquitectura PLC Modicon TSX Momentum

En el mercado actualmente existen líneas de dispositivos para automatización industrial que ofrecen soluciones a sistemas con características desde sensores y actuadores, software para control y monitorización así como para procesos más administrativos como el control y distribución de recursos empresariales.

Con base en la investigación realizada se determinó que los fabricantes líderes en este tipo de sistemas son SIEMENS, SCHNEIDER y ALLEN-BRADLEY, por lo que se decidió utilizar los Adaptadores de Comunicación Modicon TSX Momentum de SCHNEIDER, disponibles en el ICE para el proyecto, como dispositivos base para el desarrollo del proyecto.

La familia TSX Momentum consiste en una serie muy completa de unidades de control con diseño modular que se adecúan a la mayoría de procesos existentes, lo cual permite crear sistemas que permiten obtener conocimiento local distribuido en el punto de control. Esta línea de productos está constituida por 4 dispositivos fundamentales, diseñados para acoplarse de forma sencilla, lo que facilita la creación de sistemas y subsistemas de automatización muy versátiles:

- Bases de E/S (Entrada/Salida)
- Adaptadores de Comunicación
- Adaptadores procesador
- Adaptadores opcionales

3.2.2.1 Bases de E/S

Como se puede observar en la figura 3.3, la base de E/S es una estructura independiente que se utiliza como soporte tanto para los Adaptadores de comunicación como los de procesador. Según su específica utilización, existen diferentes tipos de bases (bases con salidas para relé, bases con salidas digitales y entradas analógicas, bases con entradas RTD, entre otras) con opciones (24 VCC, 110VAC y 220VAC) de tensión discreta para su alimentación. [3]

3.2.2.2 Adaptadores de comunicación

La familia Modicon TSX Momentum tuvo dentro de sus principales objetivos de diseño, independizar las comunicaciones de la base de E/S, esto para lograr comunicarse sin importar el tipo de bus de campo disponible en el sistema. Así como se muestra en la figura 3.3, el adaptador de comunicación provee una interfaz que media entre la base de E/S y una serie de estándares de la industria de comunicación abierta vía puerto de red Ethernet. [3]

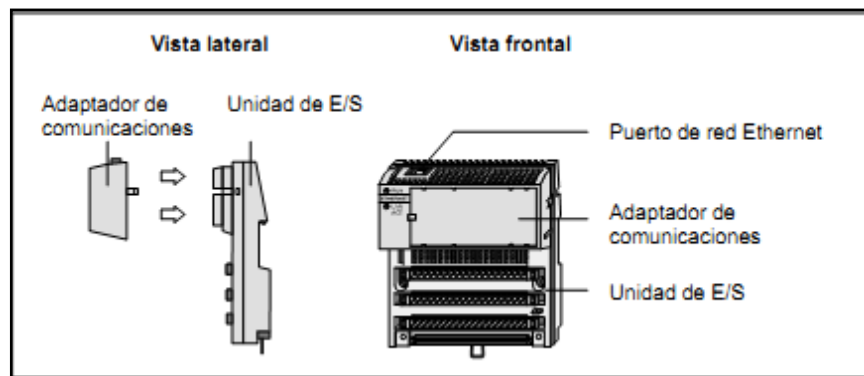


Figura 3.3 Adaptador de comunicaciones con unidad de E/S TSX Momentum

[Fuente: Modicon TSX Momentum I/O Base User Guide, SCHNEIDER-ELECTRIC]

3.2.2.3 Adaptador de procesador

Este tipo de Adaptador provee inteligencia local distribuida al sistema. Como todo controlador lógico programable (PLC), posee dentro de su estructura un CPU, memoria RAM y memoria Flash haciendo lo capaz de almacenar y se ejecutar un programa lógico y los controles de los puntos de E/S en un bus de comunicación común.

Está diseñado para montarse en cualquier base de E/S y el controlar sus puntos de E/S locales. En la figura 3.4 se muestra la configuración básica para un sistema de control distribuido que utiliza la red Ethernet para comunicarse con los módulos de entrada salida. [4]

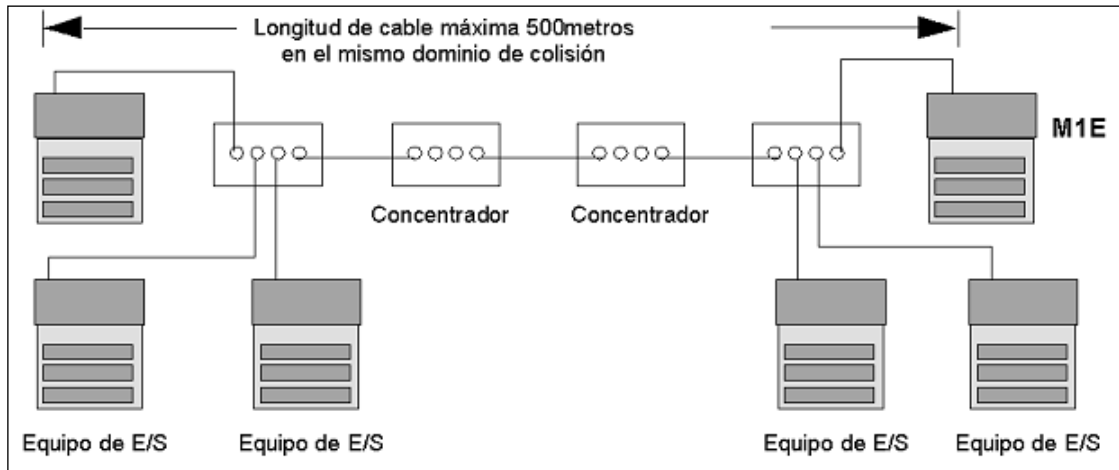


Figura 3.4 Sistema de control distribuido mediante el uso de la red Ethernet

[Fuente: Adaptador del procesador M1 Momentum: Manual del usuario, SCHNEIDER-ELECTRIC]

3.2.3 Software de programación Concept 2.6 SR3

Es una aplicación para MS-Windows (ejecutable en Windows 98, Windows 2000, Windows XP y Windows NT) que se utiliza para realizar de forma efectiva proyectos de instalación para su uso en controladores lógicos programables de la línea Quantum y Momentun de la marca SCHNEIDER-ELECTRIC.

EL software de programación CONCEPT proporciona funciones avanzadas de Microsoft Windows fundamentadas en herramientas que ofrecen un entorno de desarrollo multilinguaje de programación del sistema de control. Se puede definir como un conjunto de editores de programación conocidos, estandarizados e integrados en una sola aplicación para crear el control, la comunicación y la lógica de diagnóstico del PLC.

Dentro de sus principales beneficios se encuentra la posibilidad de elección de los cinco lenguajes IEC¹ (SFC, FBD, LD, ST, IL), la habilidad de crear librerías estándar de bloques de función derivados (DFB), los que pueden ser reestructurados según en como sea necesario. Además, ofrece la capacidad de definir Macros para la importación o exportación entre aplicaciones de Concept creadas, simplificando de ésta forma la programación.

¹ Ver Apéndice A.1. Glosario, abreviaturas y símbolos.

Como complemento para el desarrollo de proyectos, Concept dispone de herramientas de prueba y simulación que permiten probar y depurar las aplicaciones antes de ser utilizadas en el proceso existente. [5]

3.2.4 Software de programación DAQFactory²

DAQFactory es un software que permite el desarrollo de una interfaz de usuario para sistemas de adquisición, control de procesos, y la solución de análisis de datos. El entorno de programación brinda muchas ventajas así como lo son la toma de datos en intervalos de tiempo precisos, el almacenamiento de esos datos en el disco duro, o bien la posibilidad de implementar un programa que permita la difusión de los datos en la red de área local existente; en general ofrece las herramientas de software adecuadas para obtener en una PC convencional, su propia pantalla de diseño personalizado para la monitorización de su proceso.

Las pantallas se pueden desarrollar simplemente colocando componentes (imágenes, bloques de programación predefinidos, entre otros) en el área de trabajo, teniendo la posibilidad de variar sus parámetros mediante ventanas emergentes (Método similar al Lenguaje de Programación Gráfico SFC).

La posibilidad de comunicarse con dispositivos de automatización (Adaptadores de comunicación y de procesador) mediante la red de área local representa una de las características más útiles para sistemas de control y monitorización.

El análisis y conversión de datos se realiza escribiendo fórmulas matemáticas directamente en la ventana de servicio perteneciente a canales de comunicación previamente definidos. Todos los datos se almacenan con su marca de tiempo lo permite comprobar de forma sencilla la veracidad de la comunicación con los dispositivos de campo.

3.3 Descripción de los principales principios físicos y/o electrónicos relacionados con la solución del problema.

3.3.1 Medidores de nivel en líquidos

La medida del nivel de diferentes variables constituye uno de los procesos más importantes a tomar en cuenta en el desarrollo del control de plantas industriales, más aun si éste controla el almacenamiento de materias primas o bien productos acabados.

En algunos casos de gobierno de plantas industriales no se requiere de gran precisión en los valores obtenidos, específicamente para procesos de control de almacenamiento, la precisión de la medida es esencial.

Con el paso del tiempo se han creado diversos tipos de medidores de nivel, pero de forma general se prefiere utilizar aquellos que sean estáticos sobre los móviles, los que no tengan contacto con los materiales almacenados y, en general, los que no representen mayor modificación en los contenedores utilizados y sus soportes, tomando en cuenta que en la mayoría de los procesos el sistema de almacenamiento ya está construido.

Para realizar la medición de nivel existe una amplia gama de alternativas, por lo que la escogencia del método a utilizar no es sencilla. Actualmente la tecnología de los semiconductores ha desarrollado aún más éstos métodos, los cuales en sus inicios se basaron en principios mecánicos y neumáticos.

Hoy en día los métodos más utilizados para la medición de nivel se pueden clasificar, según el instrumento de medición que se dispone en:

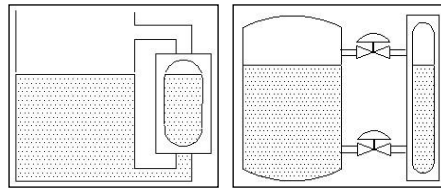
- Instrumentos para medir nivel de manera directa
- Instrumentos hidrostáticos para medir nivel
- Instrumentos electromecánicos para medir nivel
- Instrumentos basados en características eléctricas del líquido

3.3.2 Instrumentos para medir nivel de manera directa

3.3.2.1 Método de la mirilla de nivel

² Para más información consultar la dirección <http://www.azeotech.com/daqfactory.php>

Se utiliza para líquidos razonablemente limpios y se implementa en contenedores que posean una sección transparente que permita observar su nivel o bien colocar de forma paralela una tubería de derivación que muestre el nivel del tanque. Estas dos posibilidades se muestran en la figura 3.5.



(a) Tanques abiertos (b) Tanques cerrados

Figura 3.5 Mirilla de nivel

[Fuente: Medición de Nivel, Ing. Juan Gilberto Mateos Suárez]³

3.3.2.2 Instrumentos de flotador

Es la forma de medición de nivel más popular por su sencillez de uso. Basado en la utilización de un flotador, el método consiste en el desplazamiento vertical del mismo, el cual, unido a un brazo de forma directa, magnética o hidráulicamente, permite obtener en la superficie externa del tanque, la medida directa del nivel. La figura 3.6 ilustra los métodos para instrumentos de flotador más utilizados. [6]

³ Disponible en: <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel/columna.htm>

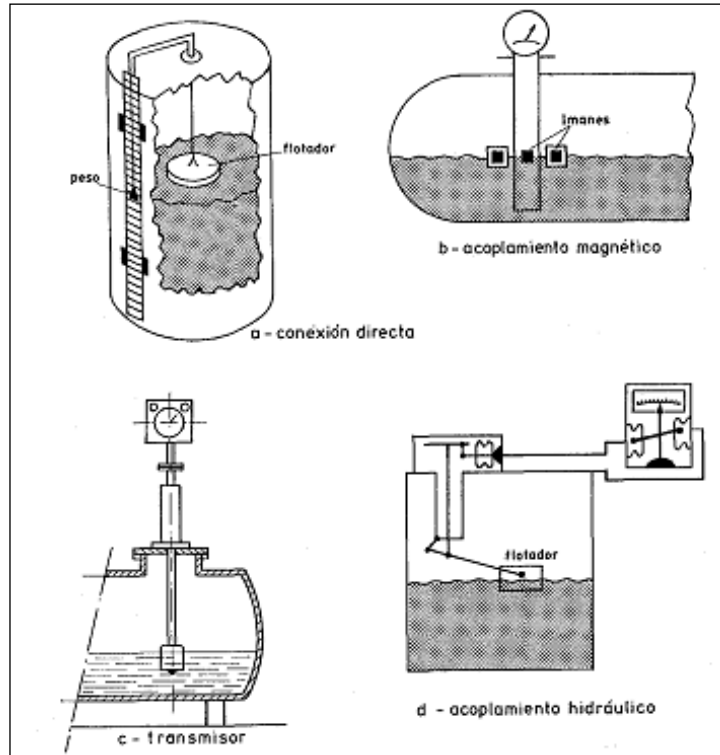


Figura 3.6 Instrumentos de flotador

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

3.3.3 Instrumentos hidrostáticos para medir nivel

3.3.3.1 Método de presión diferencial

Este método consiste en utilizar un diafragma unido con el líquido del contenedor al fondo del mismo, midiendo la presión hidrostática que ejerce la columna del fluido en la zona cercana al piso del tanque, así como se muestra en la figura 3.7. La relación que permite obtener la altura (H) a la que se encuentra la columna del líquido, en función de la presión medida (P) y la densidad específica del líquido (γ) esta dada por la ecuación 3.1.

$$P = H\gamma g \quad (3.1)$$

Suponiendo una densidad del líquido (γ) como constante, y tomando en cuenta que la aceleración de la gravedad (g) es constante en todo momento, en la ecuación 3.1 la única variable es la altura H y por lo tanto la presión hidrostática P es directamente proporcional al nivel del líquido en el contenedor.

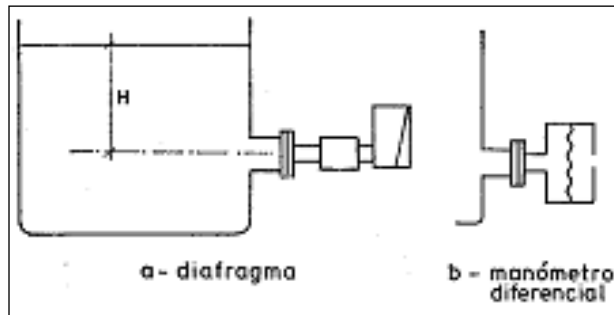


Figura 3.7 Medición de presión diferencial

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

La medición del nivel de líquido se puede realizar con un transmisor así como se muestra en la figura 3.7 preferiblemente para contenedores al aire libre o bien, que posean algún tipo de ventilación como el que se muestra al lado izquierdo de la figura 3.8, en el caso de tanques presurizados se debe tomar en cuenta la presión que existe en la superficie del líquido y restársela a la obtenida bajo la columna del material. [6]

En la figura 3.8 se muestra la forma de cómo tomar la presión bajo la columna de líquido en un contenedor cerrado.

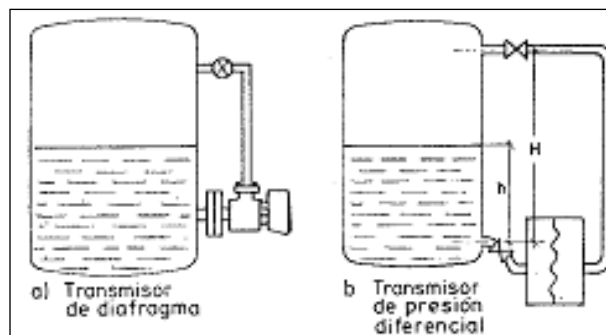


Figura 3.8 Medición de presión en un tanque presurizado

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

3.3.3.2 Método por burbujeo

Para la obtención de la presión hidrostática en este método se inserta un tubo delgado en el contenedor al cual se le aplica aire comprimido, consiguiendo de ésta manera empujar hacia el fondo la columna del líquido que ingresó en el tubo.

El aire comprimido se aplica hasta que se inicie la expulsión de burbujas de aire al material en el tanque, logrando en ese momento, una presión en el tubo igual a la presión presente en la columna del líquido la cual se puede leer de forma externa mediante un transmisor así como se muestra en la figura 3.9. [6]

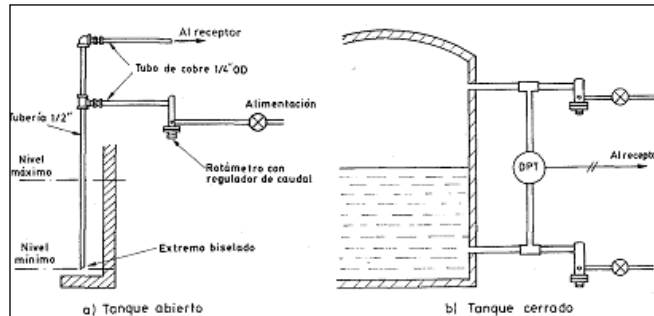


Figura 3.9 Método de tipo burbujeo

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

3.3.4 Instrumentos electromecánicos para medir nivel

3.3.4.1 Método por desplazamiento

Este método de medición utiliza la Ley de Arquímedes para obtener el nivel del medio a partir de la relación de la fuerza de flotación hacia arriba, el volumen del cuerpo en desplazamiento y la densidad relativa. Para que exista desplazamiento, el cuerpo (contrapeso sobre el medio) debe de ser más pesado que el fluido en el contenedor. Para elaborar éste método se utiliza un transductor de fuerza. Como ejemplo de éste tipo de transductor se muestra un servodispositivo de nivel en la figura 3.10.

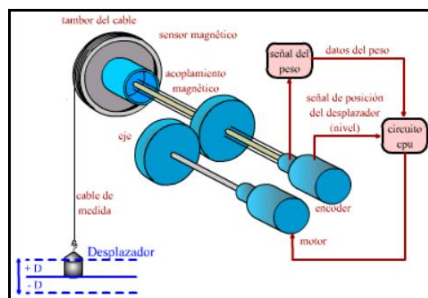


Figura 3.10 Transductor de fuerza

3.3.5 Instrumentos basados en características eléctricas del líquido

Actualmente existen sistemas de medición de nivel que se basan en métodos eléctricos para la adquisición de la información requerida. Los métodos eléctricos más utilizados para tanques de combustible son:

- Medidor de nivel conductivo o resistivo
- Medidor de capacidad
- Medidor de nivel ultrasónico

3.3.5.1 Medidor de nivel conductivo o resistivo

Este método es funcional únicamente para líquidos conductores de electricidad pues se basa en el cambio de la resistencia que existe entre dos conductores al estar en unidos por un medio específico diferente (agua, ácidos cáusticos, entre otros).

En la figura 3.11 se observa un diagrama de la aplicación de éste método en un contenedor elaborado de material conductor. Al alcanzar el nivel de la sonda se cierra el circuito según la resistividad que presente el medio, lo cual se interpreta externamente en la variación de la corriente.

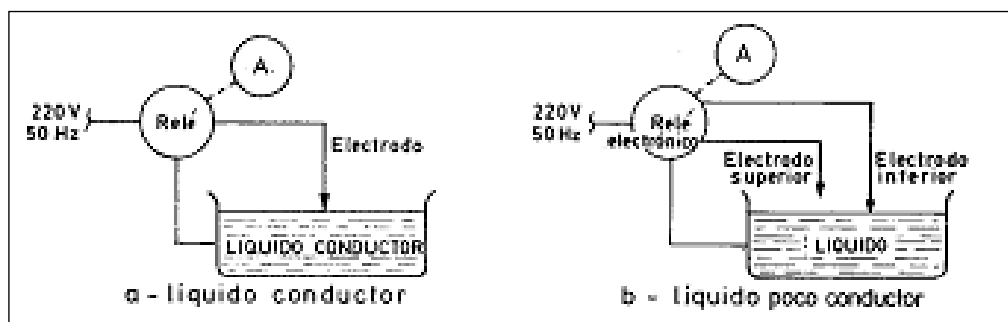


Figura 3.11 Medición de nivel conductivo

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

⁴ Imagen disponible en: <http://proton.ucting.udg.mx/dpto/maestros/mateos/clase/teoria/nivel>

La aplicación mostrada anteriormente solo toma en cuenta 1 nivel alcanzado (mínimo o máximo), para detectar varios valores de resistencia (niveles) se puede utilizar un filtro amplificador selectivo así como el que se muestra en la figura 3.12.

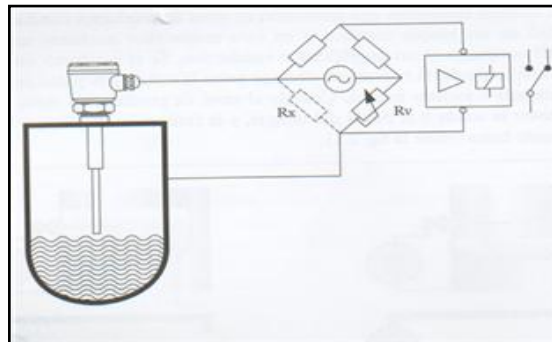


Figura 3.12 Amplificador selectivo

[Fuente: Teoría de Nivel, Mateos]

3.3.5.2 Medidor de nivel por capacidad

Este método consiste en la utilización de una sonda metálica y la cara lateral del contenedor para formar un condensador que varíe según el medio que una sus dos placas (la pared y la sonda); cuando el tanque se este llenando, el núcleo del condensador varía de aire a material almacenado y eso se refleja en incremento de la capacidad.

Este cambio en la capacidad es el que puede ser detectado externamente, en un circuito cerrado, como variación de corriente, obteniendo de ésta manera un indicador de nivel.

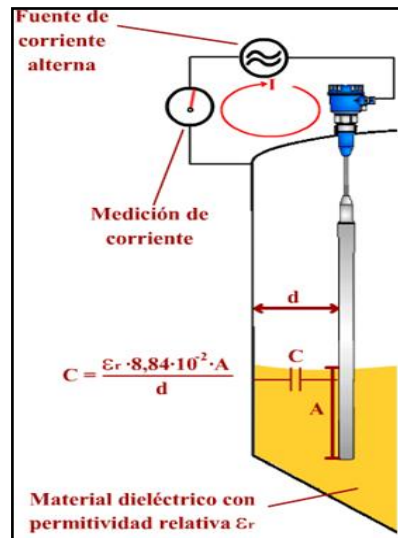


Figura 3.13 Medición de la variación de corriente

[Fuente: Teoría de Nivel, Mateos]

3.3.5.3 Medidor de nivel ultrasónico

La emisión de un impulso ultrasónico sobre una superficie reflectante y la recepción del mismo en un receptor diseñado exclusivamente para ese fin específico, constituye el mecanismo base para la medición del nivel mediante un sistema ultrasónico. El concepto principal del método es poder medir el retardo o bien, la variación en el intervalo de tiempo del viaje ida y vuelta de la señal, con mucha precisión, pues éste representa el nivel del contenedor. [6]

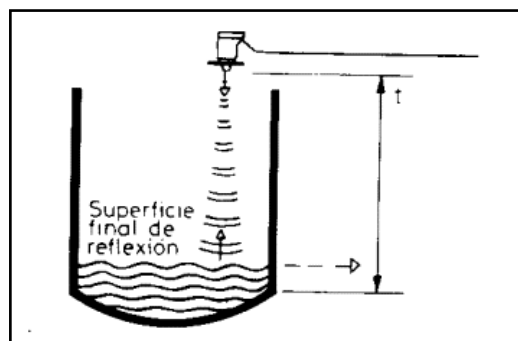


Figura 3.14 Medidor de nivel ultrasónico

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

3.3.6 Transmisores

Un transmisor se define como el elemento que capta una variable (física en la mayoría de los casos), como parte de un proceso, y la transmite a un dispositivo

receptor comunicador, controlador o bien que realice los dos tipos de funciones (ejemplo: un PLC). La señal que se transmite depende del tipo de transmisor que se esté utilizando.

A continuación se definen los tipos transmisores más utilizados en la industria actualmente.

3.3.6.1 Transmisores Electrónicos

Como su principal característica los transmisores electrónicos generan una señal de salida estándar de 4-20 mA a partir del valor de la variable medida y según la relación establecida por el fabricante (la cual es lineal en la mayoría de los casos). Así cualquier señal captada se podrá transmitir en forma de señal eléctrica.

El límite mínimo de 4 mA de corriente para la señal saliente se definió con el objetivo de poder diferenciar un valor de cero unidades de la variable de entrada, con cortes indeseados en la línea de alimentación del transmisor.

3.3.6.2 Transmisores Digitales

La señal de salida de un transmisor digital se puede definir como una transmisión serie de bits en un intervalo de tiempo muy pequeño.

De ésta forma, el valor binario de los bits transmitidos corresponden al paso o no de corriente hacia el dispositivo receptor (bits que varían entre 1 y 0).

Como en todo dispositivo digital, la precisión de la señal de salida está definida por el número de bits disponibles para representar el valor de la variable medida. De forma tal que a mayor número de bits para codificar la señal de salida, mejor es la exactitud del valor digital con respecto a la variable de entrada, y según la relación lineal entre ambas en todo el campo de medida.

Como principal ventaja del uso de este tipo de transmisor es que su señal de salida es recibida directamente por un procesador. El principal problema que presentan es que generalmente poseen un alto costo. [6]

3.3.7 Temperatura y Humedad Relativa

La temperatura se puede definir como la medida de la intensidad del calor presente en un cuerpo o zona específica. En el Sistema Internacional de Unidades el Kelvin (K) es la unidad base para medir temperatura, aunque a nivel general existen otras unidades comúnmente utilizadas.

En la mayoría de dispositivos de medición de temperatura empleados en la industria, la escala estándar son los grados Celsius (°C). A pesar de esto, no existen incongruencias en las medidas al comparar K con °C pues de forma absoluta poseen el mismo valor de temperatura. [7]

En el caso de la humedad relativa, ésta se expresa en forma de cantidad por ciento de agua contenida en una masa de aire. Es el método más utilizado para expresar la humedad en el ambiente. El porcentaje de humedad se puede calcular con ayuda de la ecuación 3.2.

$$\%RH = \frac{\text{Presión}_p(H_2O)}{\text{Presión}_s(H_2O)} \times 100 \quad (3.2)$$

Donde:

Presión_p = presión parcial del vapor de agua.

Presión_s = presión de saturación del vapor de agua.

3.3.8 Redes TCP/IP

Redes TCP/IP es el nombre que se le da al conjunto de redes interconectadas que tienen en común el protocolo IP perteneciente al nivel de red y el protocolo TCP del nivel de transporte.

Una de las principales características de estas redes es la posibilidad de utilizar protocolos de capa física y de capa de enlace diferentes, por lo que utilizan los llamados Gateways⁵ como sistemas de comunicaciones. Este tipo de redes están organizadas según el modelo DoD o sistemas informáticos abiertos, el cual posee

⁵ Ver Apéndice A.1. Glosario, abreviaturas y símbolos.

cuatro niveles de diálogo que conforman otros tantos protocolos así como se muestra en la figura 3.17.

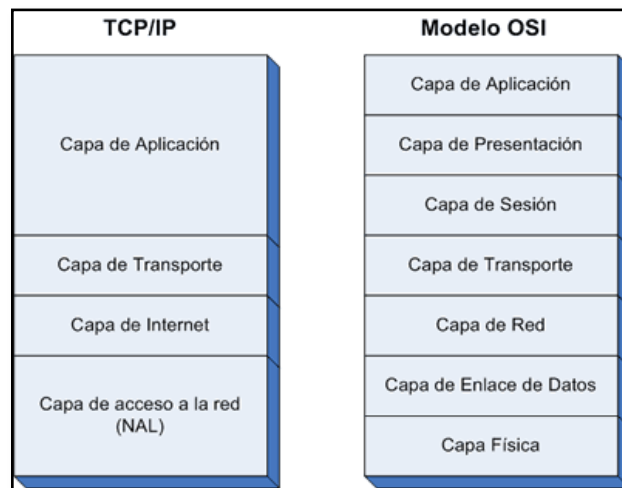


Figura 3.15 Modelo DoD en comparación con el modelo OSI

[Fuente: Entorno de Red, Franco Rebolledo]⁶

Al conjunto de redes TCP/IP interconectadas se le domina comúnmente como Internet. La ejecución en el nivel de red de éste tipo de redes la realiza el protocolo IP y, a nivel de transporte, los que realizan ésta tarea son los protocolos TCP, UDP y SCTP. [8]

3.3.8.1 Protocolo IP

Tiene como objetivo principal el provisionar paquetes de información mediante el uso de mensajes con formato específico o datagramas, en la figura 3.18 se muestra la estructura de éste tipo de mensaje. [9]

⁶ Imagen disponible en: <http://francorebolledo.blogspot.com>

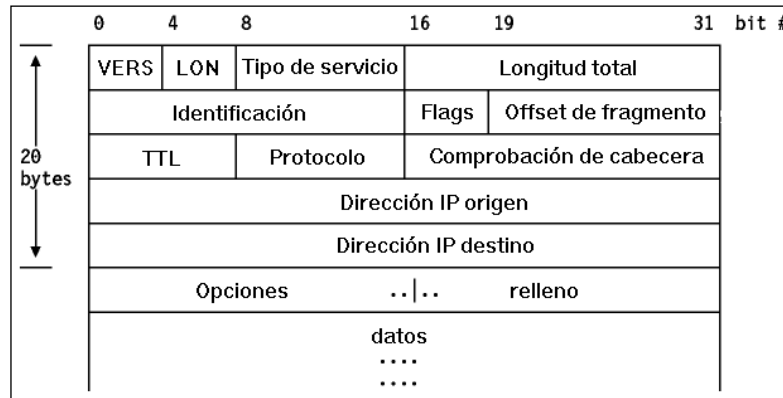


Figura 3.16 Formato de datagrama IP

[Fuente: Protocolo de internet IP, R. Martin]⁷

3.3.8.2 Protocolo TCP

Este tipo de protocolo se utiliza para unir los datagramas y con esto elaborar paquetes completos, o bien realizar el proceso inverso. Dentro de sus funciones está la de detectar paquetes perdidos y realizar su respectivo reenvío. Sus funciones se realizan en los extremos de un canal de comunicación de una red de datos y representa el complemento del protocolo IP el cual define cual es la mejor ruta a seguir para cada uno de los paquetes que conforman una debida transacción. [8]

3.3.9 Red Ethernet

Es un estándar de redes de área local para ordenadores, que se caracteriza por utilizar como mecanismo de acceso al medio el denominado CSMA/CD. (Acceso Múltiple por Detección de Portadora con Detección de Colisiones). Ethernet define las características de cableado y señalización de nivel físico y los formatos de tramas de datos del nivel de enlace de datos del modelo OSI.

La configuración Ethernet se utilizó como fundamento para la redacción de la norma internacional IEEE 802.3. La Red Ethernet y la norma IEEE 802.3 son comúnmente utilizados como sinónimos pero existe diferencia en uno de los campos de la trama de datos.

⁷ Imagen disponible en: <http://personales.upv.es/rmartin/Tcplp/cap02s03.html>

Las tramas Ethernet e IEEE 802.3 pueden coexistir en la misma red pues resultan ser muy similares. En la figura 3.19 se muestra la estructura de las dos tramas anteriormente mencionadas. [8]

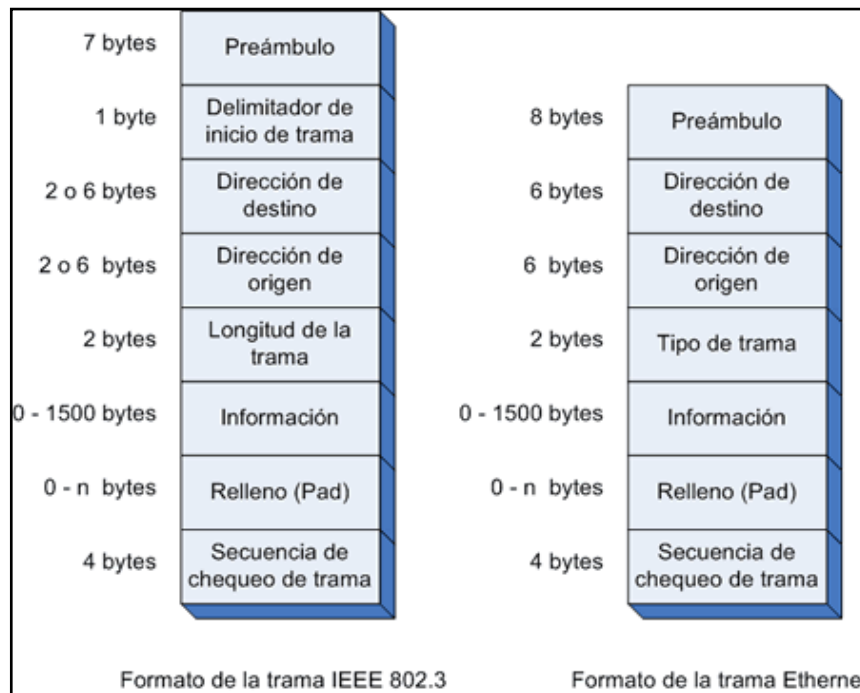


Figura 3.17 Formato de tramas Ethernet e IEEE 802.3

[Fuente: Textos Científicos.com]⁸

3.3.10 Protocolo MODBUS

El protocolo MODBUS, desarrollado por la empresa Modicon en 1979, se utiliza generalmente en la conexión de dispositivos electrónicos de uso industrial pues representa seguridad en las comunicaciones y ahorro en el cableado. Este protocolo de red se ha implementado en miles de productos distintos de los utilizados en la transferencia de E/S (analógicas, digitales) y los que permiten el registro de datos entre los dispositivos de control (productos que comúnmente son diseñados para soportar este protocolo), por lo que se le considera un común denominador entre los diferentes fabricantes. La comunidad de Internet puede acceder a MODBUS en un puerto de sistema reservado 502 en la pila TCP / IP. [10]

⁸ Imagen disponible en: <http://www.textoscientificos.com/redes/ethernet/ethernet-vs-ieee8023>

MODBUS utiliza la capa de aplicación (Capa 7 del modelo OSI) para enviar o recibir mensajes que permiten una comunicación maestro-esclavo/cliente-servidor entre dispositivos que se encuentran conectados en diferentes tipos de buses o redes.

La comunicación posee la característica de ser iniciada únicamente por el dispositivo maestro, donde el esclavo o esclavos asociados simplemente envían la información solicitada específicamente por el maestro, o bien, actúan según las instrucciones recibidas por el mismo. [8]

Dentro de sus aplicaciones más comunes esta la comunicación entre dispositivos inteligentes, sensores e instrumentos para controlar dispositivos de campo con una PC e interfaces humano-máquina. Modbus es ideal para sistemas con dispositivos RTU⁹, donde se requiere una comunicación inalámbrica. Sus aplicaciones no son solo a nivel de industria pues procesos de áreas como la infraestructura, el transporte y la energía también hacen uso de sus beneficios. [10]

⁹ Ver Apéndice A.1. Glosario, abreviaturas y símbolos.

Capítulo 4: Procedimiento Metodológico

4.1 Reconocimiento y definición del problema

Como etapa inicial del proyecto se realizó una primera entrevista, el al Ingeniero Hugo Sánchez Coto en las oficinas centrales del Departamento de Electromecánica en San Pedro de Montes de OCA, en San José, donde él, como coordinador del departamento, expuso las funciones principales a cargo de su equipo de trabajo, destacando la importancia del mantenimiento preventivo de toda la estructura de seguridad física para los CPD.

En ésta primera sesión se vislumbró la dependencia que existe, departe de la mayoría de servicios ofrecidos por el ICE a nivel nacional, en los grupos electrógenos que representan la base de la redundancia interna para el suministro eléctrico de sus instalaciones.

Debido a la gran infraestructura presente en el complejo San Pedro (Edificio Principal de 7 pisos que alberga aproximadamente 280 personas; Edificio de Operadoras de 3 pisos con aproximadamente 120 personas de población; Edificio CGT con 4 pisos donde residen 160 personas aproximadamente) el Ing. Sánchez expuso la posibilidad de solucionar diferentes tipos de situaciones dentro de las instalaciones, por lo que fue necesario, en una segunda entrevista, analizar cuales representaban ser las más prioritarias e importantes según la función que cumple el departamento.

Mediante el criterio experto del Ingeniero Sánchez, y basándose en la información expuesta en el apartado 3.1 del Marco Teórico, se determinaron como principales situaciones a solucionar la falta de información sobre:

- El nivel de combustible disponible en cada tanque externo que alimenta a los grupos electrógenos.
- La temperatura y humedad presentes en los CPD

Además, en una tercera visita que funcionó como reconocimiento general de toda las instalaciones, se comentó que dentro de las actividades de mantenimiento se

realizan pruebas de funcionamiento remoto de los grupos electrógenos, esto para las plantas de marca SDMO, ya que brindan la posibilidad de poder ser controladas vía red de área local mediante el uso de un software privativo que viene con el sistema.

Dentro la infraestructura del Edificio Principal existe en funcionamiento una planta generadora marca Kohler (con tecnología mucho más antigua que las SDMO) que no ofrece ésta posibilidad de Test de forma remota por lo que surgió como una situación secundaria la imposibilidad de paro y arranque remoto para éste grupo electrógeno.

4.2 Obtención y análisis de información

La información necesaria para el planteamiento de una posible solución se obtuvo luego de 2 etapas previas de investigación. Primeramente, aprovechando la experiencia y conocimiento real de las instalaciones por parte del Ing. Hugo Sánchez Coto y del Técnico Marco Chávez León, se logró adquirir la descripción del funcionamiento general del sistema de respaldo energético.

Mediante recorridos explicativos, se alcanzó conocer específicamente las zonas donde se requiere realizar la implementación del proyecto (figura 1.1), la estructura de seguridad física para el suministro de energía eléctrica (figura 3.1), además de los CPD de cada edificio. Esta etapa permitió enlistar una serie de conceptos, métodos y dispositivos necesarios de comprender para la elaboración del proyecto.¹⁰

Finalmente, como segunda etapa se hizo uso de la Internet tanto como fuente directa de documentos, imágenes y tesis publicadas, así como herramienta de búsqueda de bibliografía impresa mediante el uso de la aplicación Catálogo SIBITEC¹¹ del Sistema de Biblioteca Digital del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

¹⁰ Los conceptos, métodos y dispositivos enlistados en ésta etapa se utilizaron como base para la estructuración del capítulo 3 o marco teórico del proyecto

¹¹ Disponible en: <http://biblioteca.itcr.ac.cr>

De ésta forma se obtuvo la información sobre los protocolos, dispositivos, métodos y procedimientos que forman parte de la estructura del sistema de seguridad física para los CPD además de información verás sobre posibles soluciones a las situaciones problemáticas expuestas en la sección 4.1.

4.3 Evaluación de las alternativas y síntesis de la solución

Como resultado del proceso descrito en la sección 4.2, se obtuvo el conocimiento mínimo necesario para generar la estructura de solución, determinada tanto por las características propias de la infraestructura (expuestas en la sección 1.2) así como por la información recolectada.

La estructura del proyecto correspondió al desarrollo de un sistema SCADA para el caso de indicadores con retroalimentación inherente (Descrito en la sección 3.21 del Marco Teórico), específicamente al plantear como solución la elaboración de un sistema de monitorización y generación de alarmas.

De ésta forma se analizaron diferentes opciones de integración para el sistema así como protocolos de comunicación, dispositivos lógicos programables, software para la creación de una interfaz de usuario, sensores electrónicos inteligentes, dispositivos para comunicación de red inalámbrica y cableada, entre otros elementos que conforma la mayoría de los sistemas de este tipo.

Con el objetivo de priorizar el uso de los dispositivos disponibles en el departamento, se realizó el estudio de las características principales de cada uno de los productos utilizables para así determinar la posibilidad de hacerlos parte de la solución. Los productos que se analizaron son los siguientes:

- 3 Adaptadores de Comunicación, 3 Adaptadores de Procesador y 3 Bases de E/S, todos de la línea Momentum de Schneider- Electric
- 3 Adaptadores de Comunicación ET-7017 de la marca ICP DAS¹²
- 5 sensores de presión diferencial de diafragma marca KELLER
- 1 sensor presión diferencial sumergible marca Huba Controls

¹² Para más información visitar la dirección: <http://www.icpdas.com>

Además, se realizó el reconocimiento del espacio físico en donde se encuentran ubicados tanto los tanques de combustible como los centros de procesamiento de datos.

Específicamente en éste último punto se obtuvieron resultados de mucha importancia, pues el estudio generó nuevos objetivos de implementación así como la necesidad de nuevos cableados de red, nuevos cableados de alimentación y la colocación de nuevas protecciones eléctricas, todo esto según el criterio experto de los técnicos del departamento.

En síntesis, luego de realizar un análisis de las zonas a monitorizar, con la asesoría del Ing. Sánchez Coto, se definió la información mínima necesaria para realizar una correcta gestión de mantenimiento en cada uno de los tres edificios del complejo. El diseño de solución que resume ésta información se muestra en la tabla 4.1 y representa el indicador del objetivo general del proyecto.

Tabla 4.1 Variables a monitorizar distribuidas por edificio, zona y sala específica

Edificio	Zona	Variables a monitorizar								
		Nº Puntos de temperatura		Nº Puntos de humedad		Tensión	Intensidad de corriente	Factor de Potencia	Nº Tanques de diesel	Nº Variables por edificio
Principal	Planta Baja	Sala A	Sala B	Sala A	Sala B	Principal del edificio	Principal del edificio	Principal del edificio	3	26
		2	2	2	2					
	Piso 2	2		2						
	Piso 3	2		2						
	Piso 4	2		2						
Operadoras	Sótano	2		2		Principal del edificio	Principal del edificio	Principal del edificio	1	8
CGT	Piso 1	2		2		Principal del edificio	Principal del edificio	Principal del edificio	2	13
	Piso 2	2		2						

[Fuente: Elaboración propia]

4.4 Implementación de la solución

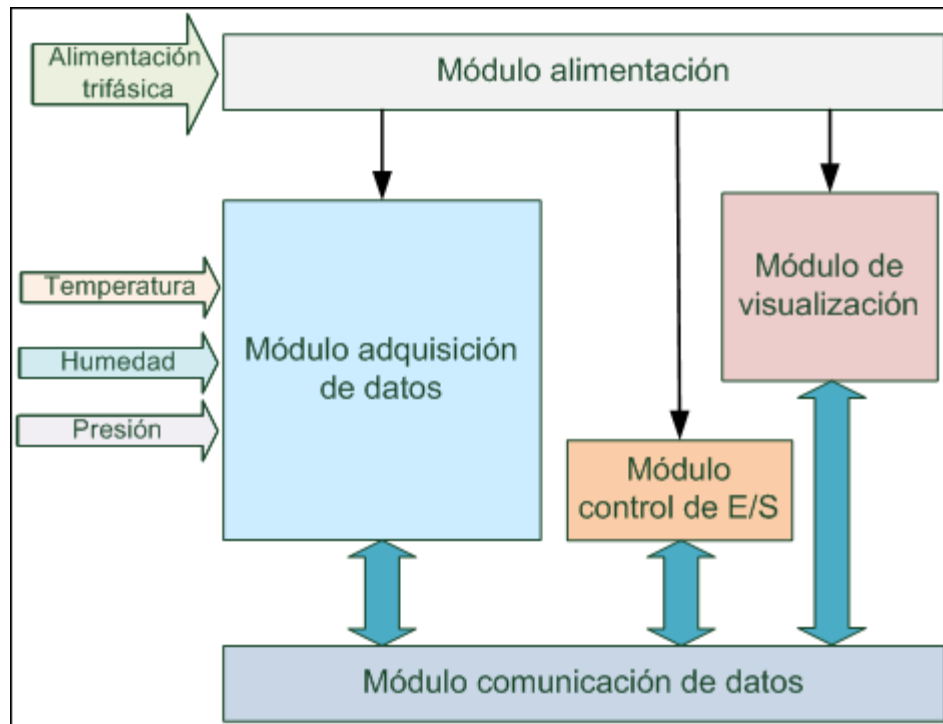


Figura 4.1 Diagrama de segundo nivel del proyecto

[Fuente: Elaboración propia]

La ejecución del proyecto se organizó en varias etapas, definiendo una implementación lógica para cada uno de los módulos presentes en el diagrama de la figura 4.1.

Utilizando como base los objetivos específicos establecidos (sección 2.3), con la asesoría y ayuda del departamento de electromecánica, a continuación se describen las etapas que se llevaron a cabo para la obtención del sistema de monitorización.

4.4.1 Estudio de herramientas de software

Como se mencionó en la sección 4.3, primeramente se realizó un estudio de las características principales de cada uno de los PLC, sensores y bases de E/S disponibles para poder determinar su uso en el sistema a implementar.

De éste análisis surgió la necesidad de aprender a utilizar el siguiente software:

- La Herramienta de software BOOTplt: necesaria para definirle una dirección IP específica a cada adaptador de procesador y de comunicación Momentum de la marca Schneider-Electric.
- La Herramienta de software MiniOS7: necesaria para configurar, cargar archivos (firmware) y localizar productos de la marca ICP DAS vía red Ethernet.
- El software Concept 2.6 SR3: utilizado para configurar y programar los adaptadores Momentum de Schneider-Electric.

4.4.2 Pruebas para los dispositivos disponibles

Esta etapa se definieron configuraciones de prueba (gracias al estudio de los manuales de usuario de cada dispositivo) para comprobar las características de los adaptadores de procesador y de comunicación vía red Ethernet, utilizando el switch local presente en la oficina del departamento.

De igual forma se realizaron pruebas de medición controladas para los sensores de presión diferencial comprobando el rango de medición teórico definido por el fabricante.

Como resultado de ésta etapa se decidió hacer uso de cada uno de los dispositivos disponibles, debido a sus características favorables para la estructuración de un sistema de comunicación robusto así como el ahorro económico que representa su aprovechamiento para la empresa.

4.4.3 Definición del módulo adquisición de datos

En ésta parte de la ejecución del proyecto fue necesario analizar las posibles soluciones a utilizar tanto para la obtención del nivel de combustible en los tanques como para la medición de temperatura y humedad en cada CPD.

Utilizando como base las pruebas realizadas a los sensores de presión diferencial y tomando en cuenta las ventajas de disponibilidad, se determinó utilizar el método de presión diferencial para la obtención, de forma indirecta, del nivel de combustible presente en cada tanque.

Se realizó la comprobación de las dimensiones de cada uno de los 6 tanques de combustible así como el análisis matemático que permitió obtener la ecuación que define la tasa de cambio para el volumen variante dentro de un cilindro horizontal.

Además, conociendo las ventajas de la utilización de las bases de E/S tanto de los PLC Schneider-Electric como de los módulos Ethernet ICP DAS, se realizó una investigación exhaustiva de posibles sensores de temperatura y humedad relativa a colocar en los centros de procesamiento de datos.

Utilizando como características principales el rango de medición (de 10 °C a 50°C en temperatura y de 0 a 100 en % de Humedad Relativa) y la señal de salida (de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V para ser recibida directamente en las bases de E/S).

4.4.4 Definición del módulo comunicación de datos

Dentro de las actividades necesarias para implementar el sistema de monitorización de forma remota, se estudió la configuración de la red TCP/IP común para los tres edificios, obteniendo las direcciones IP disponibles para cada dispositivo a comunicar y habilitando la comunicación vía MODBUS para la transmisión de datos.

Con la ayuda de los manuales de usuario de los adaptadores de procesador y adaptadores de comunicación se determinó la configuración necesaria para establecer una estructura como la que se muestra en la figura 4.1 del marco teórico del informe.

Utilizando el software BOOTplt y MiniOS7 se designó una IP válida a cada dispositivo en red según la ubicación que iban a poseer dentro del Complejo San Pedro.

4.4.5 Integración de los módulos adquisición de datos

Mediante el uso de una caja para la colocación de dispositivos electrónicos (construida con material aislante e ignífugo), se implementó el prototipo de la estructura de adquisición que se colocó en cada una de las diferentes zonas definidas como objeto de monitorización.

En ésta etapa se realizó la compra de materiales de servicio (cables, tornillos, terminales de tubo PVC, entre otras) para la integración e instalación de los dispositivos dentro de la caja.

4.4.6 Acondicionamiento del espacio físico

Al obtener las estructuras de adquisición, se procedió a localizar el lugar en donde ubicar éstas estructuras dentro de las zonas establecidas, por lo que surgió la necesidad de realizar extensiones del cableado tanto para la conexión con la red de TCP/IP general así como para la alimentación hacia los tableros de emergencia más cercanos. Éste trabajo fue realizado con la ayuda y supervisión del Técnico Marco Chaves León quien definió la mejor forma de implementar el cableado.

Además, para comunicar la zona de los tanques del Edificio CGT, se analizaron opciones de dispositivos para implementar un puente inalámbrico, resultando como la opción más equilibrada en costo y calidad de transmisión, el uso de puntos de acceso Linksys en configuración puente.

4.4.7 Pruebas de comunicación y muestreo de variables

Luego de ubicar en cada lugar definido las estructuras de adquisición-comunicación, y después de establecer la conexión con la red de área local en cada punto, se realizó la prueba de comunicación con la PC en la oficina del departamento. De ésta forma, con la ayuda del software DAQFactory, se implementó una pequeña aplicación de recepción de datos vía MODBUS.

Con la ayuda de un termómetro/higrómetro digital portable marca OHT50¹³ se pudo realizar el muestreo que relaciona la temperatura y humedad relativa presentes en la oficina con los valores digitales recibidos en la aplicación del DAQFactory. De igual forma, mediante el muestreo de la señal obtenida por la variación de presión en el tanque de combustible, se obtuvo la relación de la señal digital leída con la altura del líquido en el tanque. A partir de ésta altura es que se obtiene el volumen de líquido en el contenedor.

¹³ En la sección A.3 del apéndice se muestra la información sobre éste dispositivo de medición.

4.4.8 DAQFactory y desarrollo de la interfaz de usuario

Una de las actividades que más tiempo de implementación abarcó fue el aprender a utilizar el software DAQFactory para el desarrollo de la interfaz de usuario en un PC ubicada dentro de la oficina del departamento.

El software para desarrollo de sistemas SCADA ofrece muchas funciones que facilitan la recepción y conversión de datos por lo que, decidir la forma más idónea para implementar la interfaz, implicó conocer una por una cada función disponible (muchas muy similares entre si).

El desarrollo de la interfaz inició con la investigación sobre los requerimientos mínimos para una interfaz de usuario cualquiera, mediante la lectura de artículos en internet además de tomar en cuenta las características deseadas (alarmas, tipo de visualización de variables, entre otras) por el departamento de electromecánica.

Al obtener el primer prototipo éste fue dado a los técnicos del departamento para iniciar un proceso de críticas de parte de los principales operarios de la interfaz. Finalmente, mediante una serie de modificaciones se obtuvo la interfaz gráfica que permite monitorizar de manera clara y precisa las variables de la tabla 4.1.

4.5 Reevaluación y rediseño

El presente proyecto es el inicio de la monitorización centralizada para la estructura física de las instalaciones del ICE en San Pedro. La interfaz gráfica implementada fue diseñada con la intención de incluir nuevos puntos de temperatura y humedad donde no solo se monitoricen los CPD sino que también, por ejemplo, se pueda disponer de una lectura continua de la climatología en las salas de trabajo del edificio de operadoras, pudiendo inclusive diseñar e implementar un control para las válvulas que determinan el funcionamiento del aire acondicionado en esas zonas.

Capítulo 5: Descripción detallada de la solución

5.1 Análisis de soluciones y selección final

Al profundizar en el problema expuesto como razón del proyecto, y según como se planteó la implementación en la sección 4.4, se presentaron una serie de etapas (o situaciones a solucionar), específicas de diseño e implementación, que ameritaron la elección de entre varios métodos, procedimientos u opciones útiles para lograr los objetivos establecidos de formas distintas.

Para construir la estructura de adquisición de datos se debía escoger los dispositivos que la conformaran, por lo que se investigó, primeramente, sobre los PLC que mejor se ajustaran a la aplicación, analizándolos según el protocolo de comunicación utilizado, cantidad de E/S analógicas y digitales disponibles, prestigio y precio.

Luego de éste análisis se llegó a la conclusión de que los adaptadores de procesador y de comunicación Momentun de Schneider-Electric, y los ET-7017 de ICP DAS, disponibles en el departamento para la realización del proyecto, resultan ser opciones reconocidas internacionalmente para la implementación de sistemas de automatización. También se encontró que SIEMENS y Allen & Bradley ofrecen productos similares y perfectamente acoplables para el sistema en desarrollo.

Como se expuso en el capítulo 4, la implementación del proyecto tenía como característica determinante, desde el punto de vista económico, el poder aprovechar los dispositivos disponibles en el departamento de electromecánica.

Este hecho aunado con la posibilidad de poseer como mínimo 8 entradas analógicas (16 entradas analógicas para las bases de E/S Momentun de Schneider-Electric), la opción de alimentación de 10-30 VCD y ser compatibles con la comunicación MODBUS (características de alimentación y comunicación en común para la integración de los dos diferentes tipos de PLC en un mismo sistema) determinó el uso de los adaptadores Momentun y ET-7017 como dispositivos base para la integración del sistema.

Para realizar la medición de nivel se estudiaron distintas opciones, las más aptas para el caso de los tanques de combustible se expusieron en la sección 3.3.1 del marco teórico. Observando las características principales de cada método, y previendo la necesidad de recibir una señal eléctrica en función de una variable física, se descartaron los métodos de medida directa pues no ofrecían la opción de transmitir.

Otra característica que resultó ser fundamental para decidir cual procedimiento de medición de nivel a utilizar fue la exactitud de la medida, por lo que se definió como mínimo un margen de error teórico del 0.5%.

A pesar de que en los objetivos específicos del proyecto se determinó obtener valores con 5% de margen error, con ésta elección se buscó maximizar las posibilidades de precisión en la medida.

De ésta forma, así como se puede apreciar en la tabla 5.1 (características generales de los principales métodos de medición de nivel en líquidos), la elección del método se concentró en la comparación del uso de instrumentos de desplazamiento y el uso de instrumentos de presión diferencial.

Finalmente se eligió el uso del método de presión diferencial debido al hecho de representar menos modificaciones en la estructura de los tanques así como menor inversión por la existencia de 6 sensores de presión diferencial en el departamento de electromecánica.

En la escogencia de sensores de temperatura y humedad, se realizó la investigación de diferentes fabricantes así como se mencionó en la sección 4.4, resultando como principales opciones SIEMENS e INTERSUM ya que ofrecen transductores diseñados específicamente para monitorizar la climatología en habitaciones, brindando una señal de salida de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V, justo como se necesitaba para el acople con los adaptadores de comunicación y sin poseer pantallas de visualización o puertos de comunicación innecesarios que elevaran su precio de forma muy significativa.

En el proceso de la solicitud de cotizaciones solo se recibió respuesta de la empresa INTERSUM por lo que se realizó la solicitud de compra para 16 sensores de temperatura y 16 sensores de humedad relativa para realizar la implementación definida en la tabla 4.1 de la sección 4.3.

Tabla 5.1 Características generales de los principales métodos de medición de nivel en líquidos

Instrumento	Campo de Medida	Precisión % escala	Presión máx. (bar)	Temperatura máx. fluido (°C)	Desventajas	Ventajas
Flotador	0 a 10m aprox.	± 1 - 2%	400	250	Posible agarrotamiento	Simple, indep. naturaleza líq.
Manométrico	Alt. tanque	± 1 %	Atm.	60	Tanques abiertos, fluidos limpios	Barato
Burbujeo	Alt. tanque	± 1 %	400	200	Mantenimiento, contaminación líquido	Barato, versátil
Presión diferencial	0 a 3 m	± 0,15 % a ± 0,5 %	150	200	Posible agarrotamiento	Interfase líquido
Desplazamiento	0 a 25 m aprox.	± 0,5 %	100	170	Expuesto a corrosión	Fácil limpieza, robusto, interfases
Conductivo	Ilimitado	-	80	200	Líquido conductor	Versátil
Capacitivo	0 a 6 m	± 1 %	80 - 250	200 - 400	Recubrimiento electrodo	Resistencia, corrosión
Ultrasónico	0 a 30 m	± 1 %	400	200	Sensible a densidad	Todo tipo tanques y líquidos

[Fuente: Instrumentación Industrial, Antonio Creus Solé]

5.2 Descripción del hardware

Para describir los elementos de hardware que conforman el sistema diseñado se utilizó como base el diagrama de tercer nivel de la figura 5.1, en el cual se puede observar la estructura interna de los módulos expuestos en el diagrama de segundo nivel de la figura 4.1 (correspondencia en colores). De aquí que la descripción a continuación se realizó de forma modular.

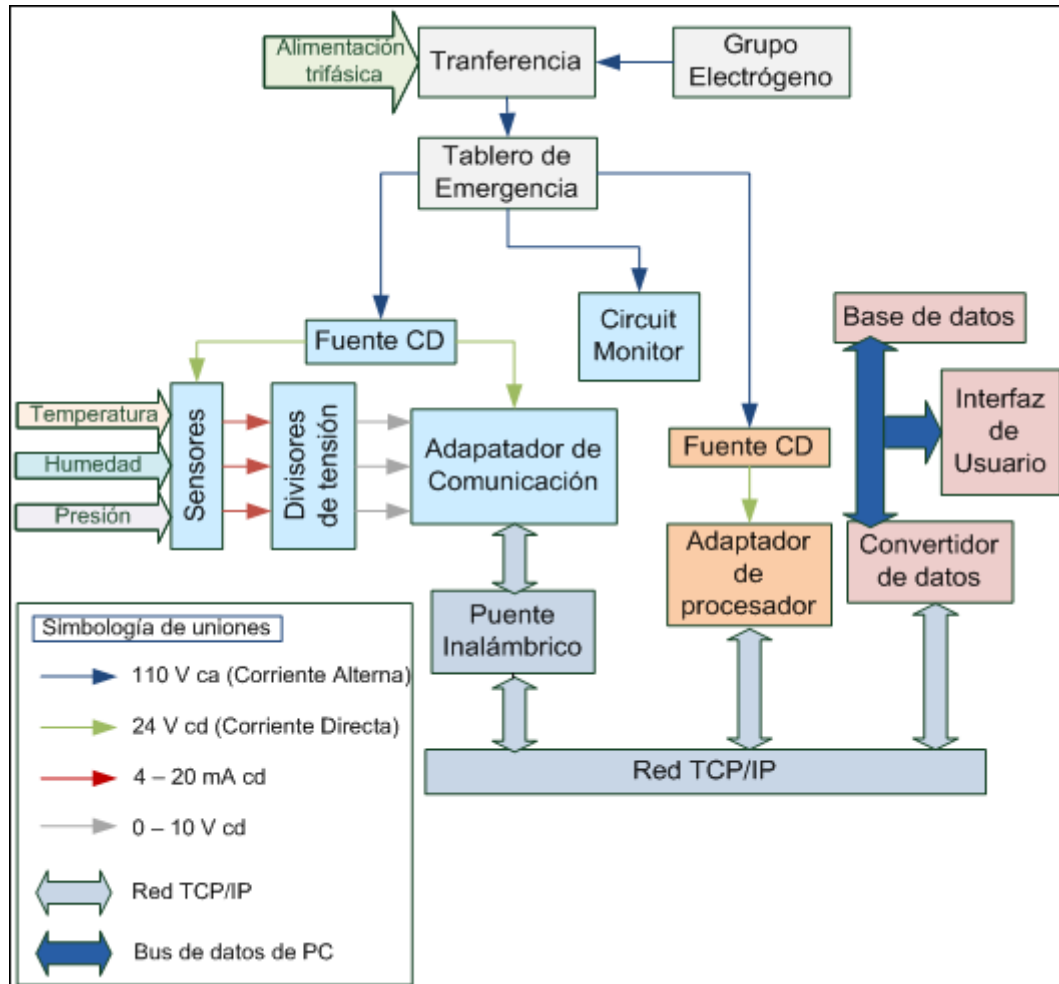


Figura 5.1 Diagrama de tercer nivel del proyecto

[Fuente: Elaboración propia]

5.2.1 Módulo adquisición de datos

Este módulo se creó con el objetivo de obtener la representación eléctrica de las variables físicas involucradas en el sistema, acondicionar cada una de las señales recibidas además de convertir y realizar el envío de la información en forma de paquetes definidos hacia el módulo visualización mediante el uso del módulo de comunicación.





El módulo de adquisición de datos está conformado por 5 bloques que se describen a continuación (bloques color celeste en la figura 5.1).

5.2.1.1 Sensores

Sensores de Presión

Así como se definió en la sección 4.4, para obtener el nivel de combustible en cada tanque de almacenamiento, se utilizó el método de presión diferencial para tanques no presurizados, explicado en la sección 3.3.3.1 del marco teórico. En la tabla 5.2 se detalla la información de cada uno de los 6 tanques de Diesel (cilindros colocados en posición horizontal) mencionados en la tabla 4.1.

Tabla 5.2 Información de los tanques de diesel monitorizados

Nombre del Tanque	Altura (m)	Largo (m)	Capacidad (Litros)	Tipo de planta que alimentan	Ubicación
Tanque 1	1,6	3	6031,7	KOHLER®	Sótano Edificio Principal
Tanque 2	1,75	2,7	6494,1		Sótano Edificio Principal
Tanque 3	1,8	3,8	9669,8		Sótano Edificio Principal
Tanque 5	1,8	3	7633,9		Zona Frontal Edificio Operadoras (Tanque subterráneo)
Tanques 6 y 7	1,56	3,75	7167,3		Zona de tanques Edificio CGT

[Fuente: Elaboración propia]

En el método de presión diferencial, los sensores utilizados son sometidos a la influencia de una presión hidrostática o manométrica¹⁴ que es proporcional a la profundidad de inmersión. La presión hidrostática depende de la densidad del líquido contenido y de la altura a la que esté sumergido el cuerpo. Su cálculo está determinado por la ecuación 3.1 del marco teórico.

La unidad de presión del Sistema Técnico de Unidades es el milímetro de columna de agua (mm.c.d.a), ésta corresponde a la presión ejercida por una milésima parte de una columna de agua pura (a una temperatura de 4°C), de un metro de altura y ubicada a nivel del mar. Dentro de las equivalencias para esta unidad tenemos que 1 mm.c.d.a es igual a 0,09807 mbar. [11]

¹⁴ Ver Apéndice A.1. Glosario, abreviaturas y símbolos.

Utilizando la información de la tabla 5.2, la equivalencia de mm.c.d.a y tomando en cuenta que la densidad del diesel (γ_{Diesel} que varía entre 0,86 y 0,90 [kg/L]), se pudo obtener, a partir del cálculo con la ecuación 5.1, el rango aproximado de presión a la que se deben de adaptar los transmisores colocados. En la tabla 5.3 se muestran los valores obtenidos.¹⁵

$$Presión_{Tanque} = Altura_{Tanque} * \gamma_{Diesel} * 0,09807 \text{ [mbar]} \quad (5.1)$$

Tabla 5.3 Rango de presión a medir según el tanque utilizado

Número de Tanque	Altura (mm)	Presión mínima (mbar)	Presión máxima (mbar)
1	1600	134,9	141,2
2	1750	147,6	154,5
3	1800	151,8	158,9
5	1800	151,8	158,9
6 y 7	1560	131,6	137,7

[Fuente: Elaboración propia]

A partir de la información resumida en la tabla 5.3 se justifica el uso de los transmisores de presión marca KELLER, los cuales soportan un rango de 0 a 300 milibares de presión, para los tanques 1 ,2 ,3 ,6 y 7, así como el Huba Control, con un rango 0 a 160 milibares, para el tanque número 5 (tanque subterráneo frente al Edificio Operadoras).

Como se puede observar en la figura 5.2 (b), el transmisor de presión Huba Control está diseñado para ser sumergido dentro del combustible, a diferencia del KELLER (figura 5.2 (a)) el cual se instala en la tubería de salida del líquido (cercana al fondo del contenedor).

Dentro de los transmisores, la columna de líquido actúa sobre la membrana del sensor y transmite la presión al puente de resistencias piezoeléctricas del mismo.

¹⁵ Ver Apéndice A.5. Cálculo de rango de presión para cada tanque de diesel

La señal de tensión de salida del sensor es conducida hacia el sistema electrónico, donde se convierte en una señal de corriente de salida equivalente a 4-20mA. Este nivel de corriente es recibido por el circuito divisor de tensión correspondiente.



Figura 5.2 Transmisor de presión piezoresistivo KELLER (a) y Transmisor de nivel de presión Huba Control (b)

[Fuente: Hoja de datos, anexos B.1 y B.2]

Sensores de Temperatura y Humedad

Las lecturas de temperatura y humedad en los CPD se basaron en la utilización de transmisores con rango de medición de 0°C a 50°C en temperatura y de 0% a 100% en Humedad Relativa además de disponer de una señal de salida (analógica) de 4 a 20 mA o de 0 a 10 V.

Como se mencionó al final de la sección 5.1, se realizó la orden de compra para los treinta y dos dispositivos (16 sensores de temperatura y 16 sensores de humedad relativa) con la empresa INTERSUM. Se llegó al acuerdo de recibir todos los sensores para el 1 de Agosto del 2011 y así tener un mes (ya que el contrato para el proyecto expiraba el 31 de Agosto de 2011) para su debida implementación en las zonas establecidas.

Según la empresa proveedora de los transmisores de temperatura y humedad, debido a atrasos inesperados en el traslado de los dispositivos (los cuales fueron importados al país), éstos llegaron hasta el 31 de Agosto, con lo que se perjudicó todo el proceso de instalación de los mismos.

El ICE, como empresa interesada en el proyecto, se comprometió a instalar cada sensor e incorporarlos al sistema posteriormente. A razón de ésta situación, se llegó al acuerdo de implementar un sistema de prueba (prototipo de sistema de medición constituido por un sensor de temperatura y un ser sensor de humedad) que demostrase el funcionamiento de los sensores de temperatura y humedad como parte del sistema de monitorización.

5.2.1.2 Divisores de tensión

En este bloque se especifica la forma en como se conectaron lo transmisores para recibir la señal de salida en las bases de E/S de los adaptadores de comunicación. Así como se puede observar en la figura 5.3, la configuración está definida para repartir los 24 V de la fuente CD entre el sensor y la resistencia en serie con la señal de salida.

La configuración para el divisor de tensión se obtuvo a partir de las hojas de datos de los transmisores de presión (anexos B.1 y B.2) y tiene como función principal leer la variación de corriente como variación de tensión en el resistor (fundamentado en la Ley de Ohm), logrando, como método de protección eléctrica, evitar que circule corriente directa en la base de E/S.

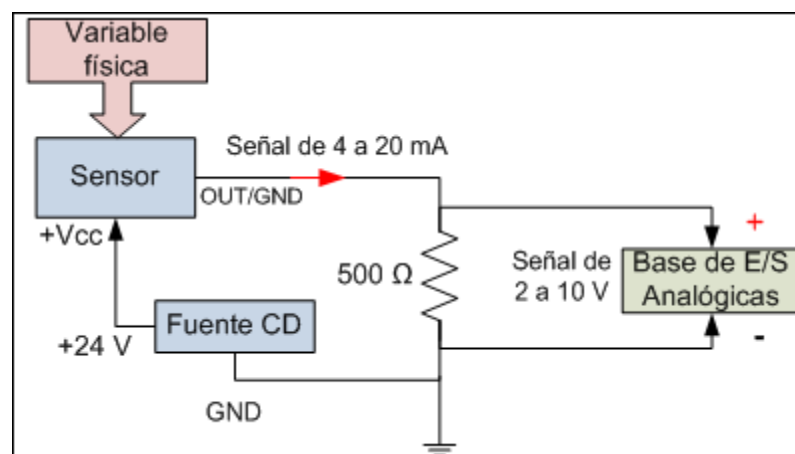


Figura 5.3 Divisor de tensión para la conexión de cada transmisor

[Fuente: Elaboración propia]

5.2.1.3 Fuente CD

Como se observa en el diagrama de tercer nivel de la figura 5.1, tanto para los sensores (temperatura, humedad y presión) como para los adaptadores de comunicación y el adaptador de procesador se procuró utilizar una alimentación estándar que cumpliera con las especificaciones establecidas en las respectivas hojas de datos.

La fuente de de la figura 5.4¹⁶ representó la solución para la alimentación de los dispositivos principales del sistema. El módulo adquisición de datos en total consume 20 mA por sensor utilizado a demás de 305 mA por base de E/S Schneider-Electric (16 entradas analógicas con extremo común) o bien 100mA por cada ET-7017 de ICP DAS (8 entradas analógicas diferenciales), por lo que con ésta fuente es posible alimentar un diseño con hasta 28 sensores en pleno funcionamiento.

Se escogió específicamente esta marca y modelo de fuente porque existían en el departamento central de electromecánica 4 dispositivos disponibles, representando un ahorro para la implementación del sistema.



Figura 5.4 Fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A

[Fuente: Hoja de datos fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A, SCHNEIDER-ELECTRIC]

5.2.1.4 Adaptador de comunicación

Este dispositivo representa la solución para la conversión de valores analógicos (representación de variables físicas mediante una señal eléctrica que varía de 2 a 10 V) a valores digitales con una resolución de 16 bits.

¹⁶ Ver Anexo B.3. Hoja de datos de la fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A

Además, el adaptador realizar el proceso de envío, vía red TCP/IP general (utilizando el protocolo MODBUS/Ethernet), de la información recolectada al módulo visualización en la oficina del departamento.

En la figura 5.5¹⁷ (b) se muestra uno de los dos dispositivos comunicadores utilizados; mediante su montaje en la base de E/S (base de entradas analógicas, 24 VCC de tensión discreta para su alimentación) de la figura 5.5 (a), funciona como plataforma de adquisición que provee un método de acceso Maestro/Esclavo de igual a igual, con una velocidad de transmisión de 10 M bit/s y una dirección IP específica para su direccionamiento dentro de la red.

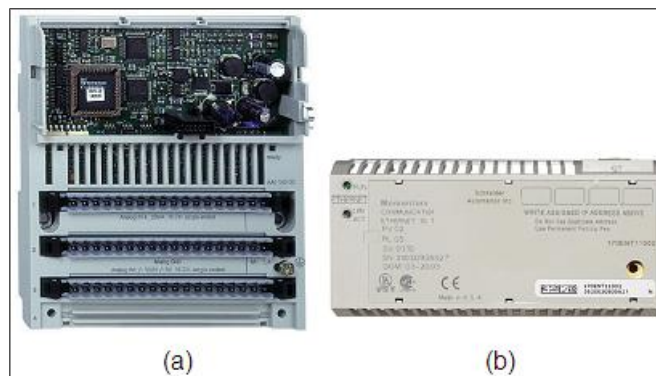


Figura 5.5 Adaptador de comunicación 170ENT11002 (a) y Base de E/S 170AAI14000 (b)

[Fuente: Hoja de datos de cada dispositivo, SCHNEIDER-ELECTRIC]

Antes de poder utilizar cada comunicador se utilizó el software BOOTplt, creado por Schneider-Electric, para guardar la dirección IP a cada dispositivo según la ubicación del switch en el cual se realiza la conexión a la red general. Para realizar este procedimiento se utilizó la guía “Ethernet IP Address Download Utility”, brindado por Schneider-Electric (anexo B.6).

El dispositivo ET-7017 (módulo Ethernet de E/S) de ICP DAS¹⁸ de la figura 5.6 también fue utilizado para la adquisición – comunicación de datos. La diferencia principal entre el módulo Ethernet y los adaptadores de comunicación es que éstos incorporan un servidor web que permite controlar la configuración de las E/S mediante el uso de un navegador web.

¹⁷ Ver Anexo B.4 y Anexo B.5 para (a) y (b) respectivamente. Hoja de datos de cada dispositivo.

¹⁸ Ver Anexo B.7. Hoja de datos del módulo Ethernet ET-7017.



Figura 5.6 Módulo Ethernet de E/S ET-7017 de ICP DAS

[Fuente: Hoja de datos del ET-7017, ICP DAS]

En el caso de los adaptadores de comunicación de SCHNEIDER-ELECTRIC, estos utilizan un adaptador de procesador remoto que funciona como maestro para definir la funcionalidad de esclavo y así controlar la asignación de E/S.

Cada módulo Ethernet necesitó poseer una IP específica al igual que los adaptadores de comunicación por lo que, mediante uso del software MiniOS7 se configuró la dirección de cada dispositivo en la Red. El procedimiento para ésta configuración se encuentra en el manual de usuario de la serie ET-7000 brindado por ICP DAS con el disco de instalación. Los resultados de la designación de direcciones IP para los adaptadores de comunicación y los módulos de comunicación Ethernet se resumen en la tabla 5.4.

Tabla 5.4 Direcciones IP para cada adaptador de comunicación que forma parte del diseño del sistema de monitorización

Edificio	Lugar	Dispositivo	Dirección IP
Principal	Sótano	ET-7017	10.129.8.185
	Sala T.I (Planta Baja)	170ENT11002	10.129.8.186
	Sala IXP (Piso 2)	170ENT11002	10.129.8.187
	Sala RAI (Piso 3)	170ENT11002	10.129.8.188
	Sala T.I.(Piso 4)	170ENT11002	10.129.8.189
Operadoras	G. Electrónico SDMO	170ENT11002	10.129.48.185
	Sala ACD (Sótano)	170ENT11002	10.129.96.186
CGT	Zona de tanques	170ENT11002	10.129.45.185
	Central Internacional	ET-7017	10.129.45.187
	Sala Servidores	170ENT11002	10.129.45.188

[Fuente: Elaboración Propia]

5.2.1.5 Circuit Monitor

Para obtener la tensión e intensidad de corriente principal de cada Edificio (valores determinados como parte de la monitorización; incluidos en la tabla 4.1) se utilizó el dispositivo multifuncional, de instrumentación digital, de adquisición de datos y de control Circuit Monitor.

Este elemento adquiridor de datos se utiliza como medidor de rms real y está capacitado para obtener, con una precisión excepcional, valores de medida de altas cargas no lineales. Utiliza una sofisticada técnica de muestreo que permite realizar mediciones rms reales y precisas hasta el armónico de orden 255.

Este sistema permite observar más de 50 valores de medición, además de datos máximos y mínimos comunes, directamente en la pantalla. En la Tabla 5.5 se resumen las lecturas disponibles en la red general del ICE en San Pedro gracias a la instalación de un Circuit Monitor para la monitorización del sistema de suministro eléctrico principal de cada Edificio. [12]

Tabla 5.5 Resumen de instrumentación del Circuit Monitor

Lecturas en tiempo real	Valores de energía
<ul style="list-style-type: none"> • Intensidad (por fase, N, G, trifásica) • Tensión (L—L, L-N, N-G, trifásico) • Potencia activa (por fase, trifásica) • Potencia reactiva (por fase, trifásica) • Potencia aparente (por fase, trifásica) • Frecuencia • Temperatura (ambiente en el interior) • THD (Intensidad y tensión) • Factor K (por fase) 	<ul style="list-style-type: none"> • Energía acumulada, activa • Energía acumulada, reactiva • Energía acumulada, aparente • Lecturas bidireccionales • Energía reactiva por cuadrante • Energía incremental • Energía condicionada
Lecturas de la demanda	Valores de análisis de potencia
<ul style="list-style-type: none"> • Demanda de intensidad (por fase presente, media trifásica) • Demanda de tensión (por fase presente, media trifásica) • Media de factor de potencia (total trifásico) • Demanda de potencia activa (por fase presente, punta) • Demanda de potencia reactiva (por fase presente, punta) • Demanda de potencia aparente (por fase presente, punta) • Lecturas coincidentes • Demandas de potencia pronosticadas 	<ul style="list-style-type: none"> • Factor pico (por fase) • Factor de potencia de desplazamiento (por fase, por trifásico) • Tensiones fundamentales (por fase) • Intensidades fundamentales (por fase) • Potencia activa fundamental (por fase) • Potencia reactiva fundamental (por fase) • Potencia armónica • Desequilibrio (Intensidad y tensión) • Rotación de fases • Ángulos y magnitudes armónicos (por fase) • Componentes de secuencia

[Fuente: Manual de referencia de la Serie 4000, SCHNEIDER-ELECTRIC]

Para poder tener acceso a los valores de intensidad, tensión y potencia almacenados, en tiempo real, se pueden leer los registros de 100 ms que posee el sistema. Por esto, el Circuit Monitor ofrece la posibilidad de comunicar los valores de cada registro través de MODBUS TCP.

En la tabla 4.1 se determinó monitorizar los valores de Intensidad, Tensión y Potencia principales de cada edificio, por lo que se realizó el estudio de los tipos de valores registrados cada 100ms para determinar cuales de éstas variables se podían tomar como principales para incluirlas en la monitorización. Este análisis consistió en determinar la funcionalidad de cada una de las Lecturas en Tiempo Real presentadas en la tabla 5.5.

Finalmente se obtuvo que los valores de Intensidad Media Trifásica, Tensión promedio L-L, Tensión promedio L-N, Potencia activa (Total) y el Factor de potencia real (Total) son referentes suficientes para obtener una lectura general del estado actual del sistema de suministro eléctrico para cada edificio.

Como se observa en el diagrama de tercer nivel de la figura 5.1, el dispositivo Circuit Monitor recibe el suministro eléctrico proveniente del tablero de emergencia principal de cada edificio por lo que, la monitorización de los valores mencionados, permitirá observar el cambio de fuente efectuado por la transferencia en el momento de una emergencia. La Tabla 5.6 resume el direccionamiento implementado (mediante la configuración en la interfaz de usuario) para leer cada registro en el dispositivo de adquisición de datos.

Tabla 5.6 Direccionamiento implementado para registros en el Circuit Monitor

Edificio	Dirección IP del Circuit Monitor	Puerto de pila TCP / IP	Circuit Monitor (correspondiente)	
			Registro	Nombre
Principal	10.129.8.101	502 (MODBUS)	1005	Intensidad, Media Trifásica
Operadoras	10.129.48.48		1023	Tensión, promedio L-L
			1028	Tensión, promedio L-N
CGT	10.129.45.122		1043	Potencia activa, Total
			1063	Factor de potencia real, Total

[Fuente: Elaboración Propia]

5.2.2 Módulo comunicación

Este módulo corresponde a la infraestructura de hardware que realiza la comunicación remota de cada estructura de adquisición de datos (en las zonas mostradas en la figura 1.1) con la interfaz de usuario en la oficina del departamento.

5.2.2.1 Red TCP/IP general para los 3 edificios

Este bloque del módulo comunicación se refiere a cada uno de los routers, switches y demás dispositivos que forman parte del sistema implementado como Red TCP/IP.

Al realizar el reconocimiento de la Red TCP/IP se pudo determinar que en general cada Edificio posee una red de área local (Red LAN) caracterizada por poseer un switch central como punto de interconexión (En la figura 5.7. a). Para comunicar las Redes LAN entre si, se utilizan routers (figura 5.7 b) como puertas de enlace (gateways) con el objetivo de definir puntos de referencia para agrupar los conmutadores (switches).



Figura 5.7 Switch presente en la oficina del departamento de electromecánica (a) y router utilizado como Gateway en la Red TCP/IP (b)

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.8 se muestra el esquema básico de la estructura de Red TCP/IP presente en las instalaciones del ICE en San Pedro.

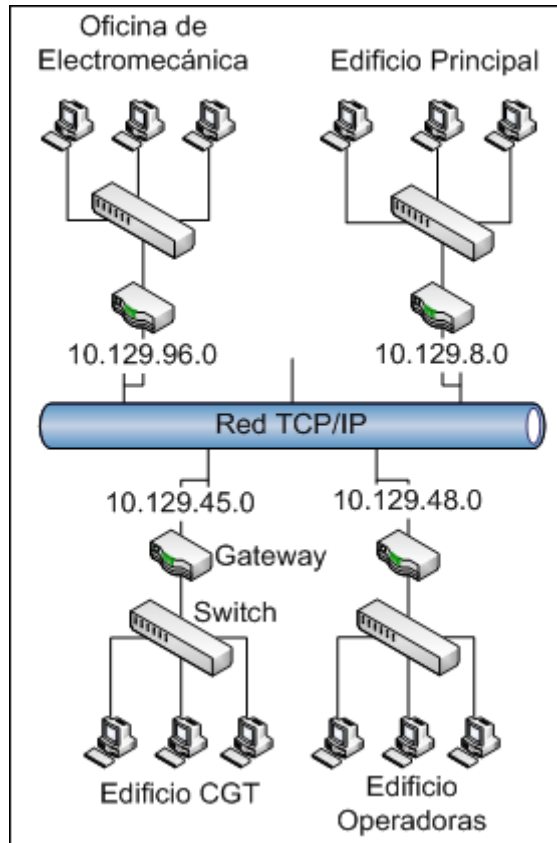


Figura 5.8 Esquema básico de la red TCP/IP presente en las instalaciones del ICE en San Pedro

[Fuente: Elaboración propia]

Para la utilización de ésta red general, en muchos de los casos fue necesario realizar un cableado de extensión de la red hasta la zona específica de implementación del proyecto. En la figura 5.9, los puntos A, H y J representan el lugar donde se ubican los switch de conexión a la Red TCP/IP para cada zona (color rosado); los puntos C, F, I, N, representan los lugares donde se encuentran las estructuras de adquisición de datos (color naranja).

Para unir los Puntos C y D se utilizaron 50 metros de cable UTP categoría 5E; para la conexión en el Edificio Principal de los puntos F y G se cablearon 60 metros de UTP categoría 5E; la implementación de cada cableada se realizó con la asesoría y ayuda del técnico en cableado estructurado Marco Chávez León. Además se utilizaron algunas de las recomendaciones de la norma ANSI/TIA/EIA-568-B.1 (estándar de cableado horizontal en edificios comerciales) así como lo es el no sobrepasar los 90 metros en una conexión cableada. [13]

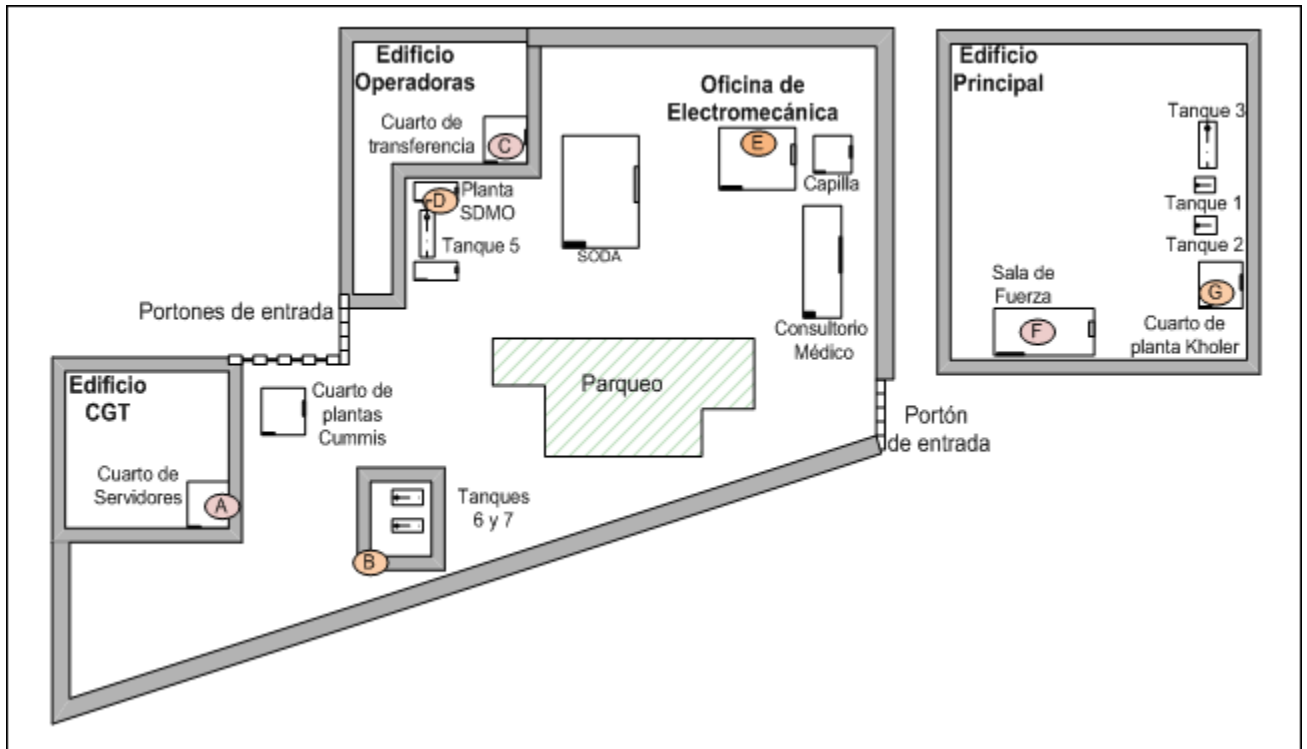


Figura 5.9 Vista superior aproximada de la zona proyecto: Puntos de conexión a la red TCP/IP general para los tres edificios del complejo San Pedro

[Fuente: Elaboración propia]

Para la unión de los puntos A y B se utilizó un puente inalámbrico así como se explica en la siguiente sección.

5.2.2.2 Puente inalámbrico

En el reconocimiento del espacio físico para implementar la medición de nivel en los tanques de Diesel del Edificio CGT, se definió que debido a razones de infraestructura, se debía utilizar una comunicación inalámbrica para unir la red TCP/IP general con la estructura de adquisición de datos en la zona de tanques del edificio CGT.

Al analizar las diferentes opciones que presentaba el mercado para realizar éste tipo de comunicación, se definió como características principales para el dispositivo que éste permitiese la creación de un enlace inalámbrico exclusivo, que brindara redundancia en el envío-recibido de la señal y que fuese de acople rápido y simple.

En el mercado Linksys representa prestigio, redundancia y seguridad para toda clase de redes cableadas e inalámbricas, por ello la mayoría de dispositivos de red en las instalaciones del ICE son de éste fabricante.

Tomando en cuenta éste hecho y buscando evitar problemas de incompatibilidad de dispositivos se buscó una solución Lynksys para ésta etapa del proyecto.

Utilizar un par de puntos de acceso en configuración puente resultó ser la opción más viable y económica para implementar la conexión. Se utilizaron dos dispositivos WAP54G para implementar la configuración así como se muestra en la figura 5.10 (procedimiento descrito en el manual de usuario del Punto de acceso).



Figura 5.10 Diagrama del puente inalámbrico creado con los puntos de acceso WAP54G de Linksys

[Fuente: Manual de Usuario del Wireless-G Access Point, Linksys]¹⁹

5.2.3 Módulo control de E/S

Como se mencionó en la sección 5.2.4, para el caso de los dispositivos comunicadores de Schneider Electric, es necesario utilizar un control central que defina para cada adaptador de comunicación la configuración de E/S a utilizar en sus respectivas bases. El Adaptador de procesador es el dispositivo creado por el fabricante para el control de esos sistemas periféricos (sistema Maestro/Esclavo).

¹⁹ Disponible en <http://www.linksysbycisco.com/EU/es/products/WAP54G>

5.2.3.1 Adaptador de procesador



Figura 5.11 Adaptador de procesador con puerto de comunicación Ethernet 171CCC98030

[Fuente: Hoja de datos del adaptador de procesador 171CCC98030]

En la figura 5.11 se muestra el adaptador de procesador 171CCC98030 de Schneider Electric, este tiene como funciones principales almacenar y ejecutar el programa de la aplicación, controlando los puntos de E/S locales de su base de E/S y de las bases de E/S distribuidas en el bus de comunicaciones común.

Este adaptador de procesador posee un puerto Ethernet, el cual permitió su utilización mediante la Red TCP/IP del complejo San Pedro y una memoria interna de 544 kbytes dividida en memoria de usuario y memoria de señal.

La memoria de usuario es el espacio que almacena el programa lógico de control y los módulos de administración del sistema así como la configuración del adaptador de procesador y la asignación de E/S. La memoria de señal es el área que se utiliza para definir y devolver todas las referencias de entrada y salida para el programa y las operaciones de control.

La creación del programa de aplicación para el procesador se realizó mediante el software Concept 2.6 SR3. En el apéndice A.5 se muestra el procedimiento seguido en Concept para configurar la asignación de entradas y salidas.

5.2.4 Módulo alimentación

Como se mencionó en la sección 3.1 (descripción del sistema a mejorar), las instalaciones del ICE en San Pedro cuentan con un sistema de seguridad física tal y como se muestra en la figura 3.1.

Así como se detalla en el diagrama de tercer nivel de la figura 5.1, la estructura de respaldo energético permite poseer redundancia eléctrica para el sistema de monitorización implementado, basado en el cambio automatizado de fuente; este proceso es realizado por cada transferencia asociada a un específico grupo electrógeno cuando se da un fallo en el suministro eléctrico proveniente de la subestación de la compañía eléctrica que brinda el servicio.

5.2.4.1 Transferencia

Es el elemento que, ante la falla del suministro de energía eléctrica externa, proporciona el control para poner en marcha el grupo electrógeno.

En resumen, hace caer los contactores eléctricos que cambian la entrada de suministro eléctrico externo por la del grupo generador interno, luego de cumplir con el procedimiento de encendido previo programado para el mismo.

El algoritmo que determina el funcionamiento del sistema de transferencia eléctrica es:

1. **Estado de chequeo de falla de energía externa:** como funcionamiento permanente, el sistema supervisa la presencia cada una de las fases de entrada y se considerará una falla de suministro de energía externa a la caída de tensión por debajo de 180 Volts de manera continua por un intervalo de tiempo previamente determinado en la programación.
2. **Encendido del motor:** el sistema de transferencia, ante una falla detectada, pone en contacto al grupo electrógeno (se enciende luz indicadora de contacto), como siguiente paso energiza el burro de arranque (se enciende luz indicadora de arranque), y al lograr la activación retira la energía del arrancador. A continuación, espera el intervalo de tiempo determinado en el programa para el precalentamiento del motor (programable de 0 a 256 segundos).

3. **Transferencia de carga eléctrica:** En el momento en que se cumple el tiempo de precalentamiento, inicia el proceso de transferencia eléctrica realizando como primer paso la desconexión de la red para así proceder a conectar el generador. El sistema está programado para, en caso de encontrar que la tensión de red se ha normalizado (estando aún en el intervalo de tiempo de espera), no realizar la transferencia y proceder a la reconexión tomando en cuenta el tiempo para el retorno estable de la tensión de red.
4. **Espera de normalización de red externa:** Estando ya el grupo electrógeno en pleno funcionamiento de generación, el sistema de transferencia aguarda por el retorno de la red externa, supervisando permanentemente el normal funcionamiento del equipo generador.
5. **Reconexión a la red externa:** Al retornar el suministro de la red externa, éste es detectado por la transferencia y a partir de ahí inicia un intervalo de tiempo prudencial para asegurar la estabilidad del retorno. El periodo configurable va de 0 a 255 segundos; al pasar el tiempo se inicia la rutina de reconexión a la red externa.
6. **Finalización de maniobra de reconexión a la red externa:** Al haber ejecutado la reconexión de la carga al sistema eléctrico externo, se esperará un tiempo programado para el apagado adecuado del motor (variable de 0 a 255 segundos). Al terminar este tiempo de espera, se quitará el contacto al grupo electrógeno finalizando de ésta manera el procedimiento de transferencia por falla en el suministro de la Red Externa. De aquí que, al estar la estructura generadora apagada normalmente, el algoritmo de transferencia regresa al estado de chequeo de falla de energía externa.

5.2.4.2 Grupo electrógeno



Figura 5.12 Grupo Electrónico Caterpillar presente en el sótano del Edificio principal

[Fuente: Elaboración propia]

Las partes principales que integran el grupo electrógeno de la figura 5.12 son las siguientes partes:

Sistema de control central: Conformado por el panel para configuración general y sistemas de control (basados en dispositivos lógicos programables) que determinan el funcionamiento del conjunto. Una de las funciones principales es proteger al sistema en general contra posibles fallos en el funcionamiento.

Motor: Representa la fuente de energía mecánica para que el alternador del sistema gire y produzca electricidad. Utiliza diesel como combustible, el cual es el tipo de alimentación más utilizado en grupos electrógenos por sus ventajas ecológicas y económicas.

Regulación del motor: Dispositivo mecánico que tiene la función de mantener una velocidad constante del motor según los requisitos de generación de la carga. Este elemento permite controlar indirectamente la frecuencia de salida del alternador (la cual está directamente relacionada con la velocidad del motor), o bien la frecuencia de la potencia de salida brindada a la carga.

Sistema eléctrico del motor: El sistema eléctrico del motor es de 24 V y está constituido por un motor de arranque eléctrico, baterías y los sensores y dispositivos de alarmas para la monitorización del funcionamiento del motor.

Sistema de refrigeración: El sistema de refrigeración es del tipo aire. Está constituido por un ventilador de gran capacidad que hace pasar aire frío a lo largo del motor para enfriarlo.

Alternador. Transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Este elemento del grupo viene protegido contra irrigaciones, autoexcitado, autorregulado y sin escobillas acoplado con precisión al motor.

Contenedor de combustible y soporte: Tanto el motor como el alternador del grupo electrógeno están ensamblados sobre un soporte de acero de gran resistencia. Éste soporte incluye un contenedor de combustible con capacidad para 120 L de diesel aproximadamente.

Tacos antivibrantes: El sistema ensamblado sobre el soporte de acero posee tacos antivibrantes colocados con la función de reducir las vibraciones generadas por el sistema motor-alternador. Los aisladores están ubicados entre la base del motor, del alternador y el soporte de acero.

Silenciador y sistema de escape. Acoplado al motor para reducir la emisión de ruido.

5.2.4.3 Tablero de emergencia

Para asegurar un suministro continuo de energía, la instalación eléctrica del complejo San Pedro es conectada a dos fuentes de energía:

- Una fuente normal N
- Una fuente de emergencia R la cual alimenta a la instalación cuando la fuente N no está disponible.

El sistema de transferencia descrito en la sección 5.2.4.1, transfiere la alimentación de energía de entre éstas dos fuentes. Así como se muestra en el diagrama general del sistema de suministro energético (figura 3.1), un tablero de emergencia es aquel que posee respaldo de suministro eléctrico controlado por el sistema de transferencia y el grupo electrógeno correspondiente.

En la vista superior de la figura 5.13, se muestran los puntos I, J, K, L, M, N (color celeste claro) que representan los sensores de presión en los tanques a monitorizar así como el punto H (color verde claro) que indica el lugar del tablero de emergencia más cercano para la zona de tanques del Edificio CGT.

Cabe destacar que los puntos D y G se escogieron estratégicamente pues allí se ubican los tableros de emergencia más cercanos para las zonas de tanques del Edificio CGT y el Edificio Principal en ese orden respectivo. El punto E representa la adquisición de temperatura y humedad relativa en la Oficina de Electromecánica, y el punto B el lugar donde se ubicó la estructura de adquisición de datos en la zona de tanques del CGT (la cual incluye la fuente de 24 V).

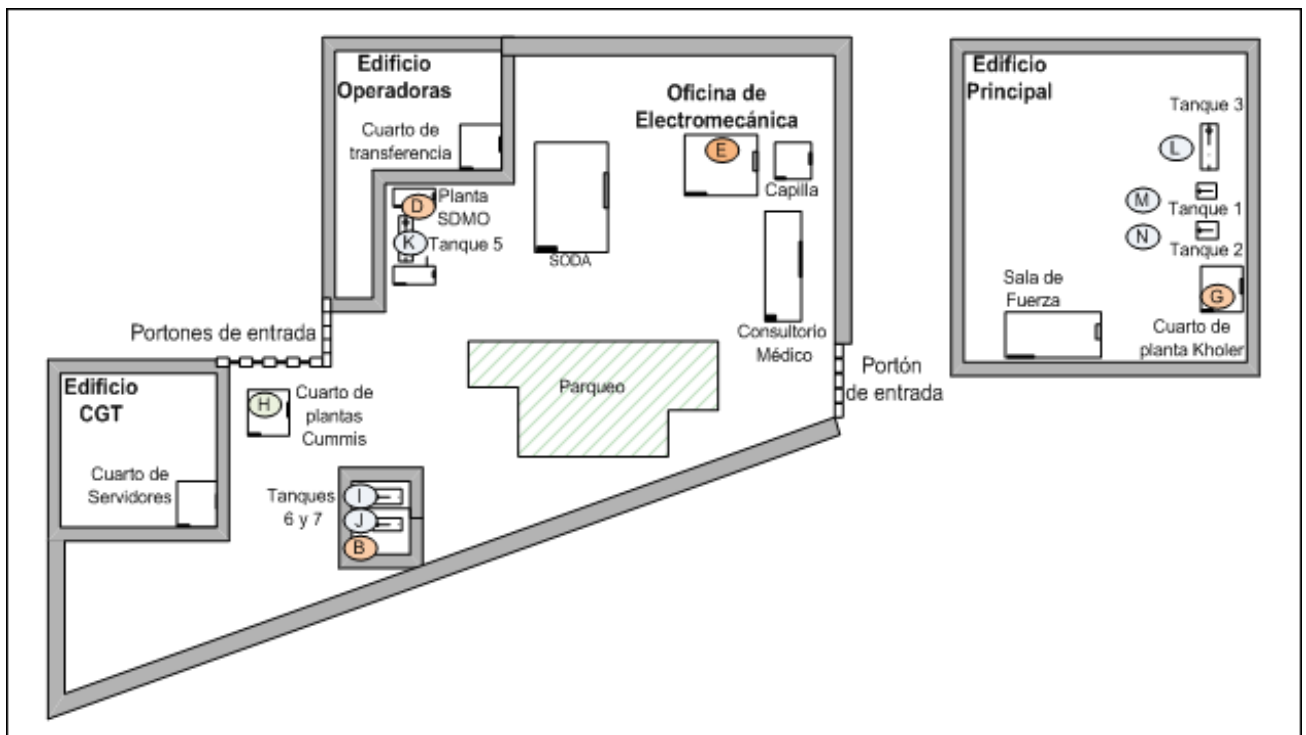


Figura 5.13 Vista superior aproximada de la zona proyecto: Puntos de alimentación de dispositivos

[Fuente: Elaboración propia]

Los detalles de las conexiones entre el punto H y el punto B, entre los puntos I y J con B, y los puntos L, M y N con G (alimentación de sensores de presión y del sistema de adquisición de datos mediante el tablero de emergencia más cercano) se resumen en la tabla 5.7.

Tabla 5.7 Características de los cableados implementados para la alimentación del sistema con tableros de emergencia

Edificio	Conexiones	Longitud (m)	Tipo de cable
CGT	H con B	60	De Alimentación, 2 hilos, TSJ
	I con B	10	De señales, 4 hilos, Blindado
	J con B	10	De señales, 4 hilos, Blindado
Operadoras	K con D	10	De señales, 4 hilos, Blindado
Principal	L con G	30	De señales, 4 hilos, Blindado
	M con G	22	De señales, 4 hilos, Blindado
	N con G	20	De señales, 4 hilos, Blindado

[Fuente: Elaboración Propia]

La realización de cada cableado se definió según la infraestructura de cada zona con la colaboración del el técnico Chávez León del departamento de electromecánica.

5.2.5 Módulo visualización

Este módulo es fundamental en el sistema desarrollado e incluye la conversión de datos digitales adquiridos a variables físicas analizables, su despliegue en forma gráfica y amigable con el usuario, además del almacenamiento de la información en una base de datos de manera periódica. Todas estas funciones se implementaron mediante el uso del software DAQFactory en una PC del departamento de electromecánica.

5.2.5.1 PC en la oficina de Departamento de Electromecánica

El hardware que se utilizó para desarrollar los bloques que conforma el módulo visualización fue una PC de escritorio presente en la oficina del departamento de electromecánica. Se buscó cumplir como mínimo con los requerimientos determinados por el software DAQFactory, los cuales son:

- Pentium 90 o más (preferiblemente uno más moderno)
- Mínimo 30 Mbytes de espacio libre en disco duro

- Memoria suficiente para ejecutar el sistema operativo más un mínimo de 8 megas por encima de eso.
- Sistema operativo Windows XP o superior
- Internet Explorer versión 6 o superior. Este programa debe estar instalado para el sistema de ayuda.
- Video capaz de una resolución de 800 x 600. Una resolución de pantalla de 1024 x 768 es muy recomendable.

Como un tema aparte se analizaron los requisitos de memoria exacta, los cuales dependen de la resolución de la pantalla. El software DAQFactory utiliza un algoritmo de fondo de pintura triple para que sea muy sensible incluso en la elaboración de imágenes o gráficos de gran tamaño. Esto requiere tres copias de la pantalla que se guardan en la memoria.

El significado en términos de capacidad de equipo está en que al ejecutar DAQFactory en una resolución de 1024x768 con color de 32 bits, se necesitará al menos 12 megas de memoria adicional sólo para estos los buffers de pantalla. Si el programa se está ejecutando a 1600x1200 con color de 32 bits, los requisitos de memoria para estos buffers aumentan hasta 32 megas.

5.3 Descripción del software

En el desarrollo del sistema de monitorización se utilizó el software DAQFactory[®] Pro Release 5.85 como base de implementación para cada uno de los bloques que integran el módulo visualización del diagrama de segundo nivel. Así como se comentó en la sección 3.2.4 del marco teórico, lo anterior se justifica con el hecho de que este software ofrece muchas ventajas útiles para el desarrollo de un sistema SCADA.

A continuación se procede a la explicación de los bloques convertidor de datos, base de datos e interfaz de usuario (bloques color rosado del diagrama de tercer nivel de la figura 5.2) realizados a partir del entorno en el software para SCADA.

5.3.1 Bloque Convertidor de datos

La información desplegada en la interfaz de usuario se genera a partir de los datos digitales recibidos en el DAQFactory (enviados por los módulos de adquisición por medio de la red TCP/IP) mediante la definición de canales MODBUS para cada variable en la tabla 4.1 y su respectiva conversión.

En la tabla 5.8 se pueden observar las características de los tipos de canales creados en el DAQFactory para recibir las variables provenientes de cada sitio de adquisición de datos remoto. Cada dispositivo de entrada posee una dirección IP única dentro de la red Ethernet así como se especificó en la tabla 5.4 de la sección Adaptador de Comunicación.

La dirección del registro específico a leer dentro de cada dispositivo se determina directamente en la configuración del canal creado.

Tabla 5.8 Características de los tipos de canales creados en el DAQFactory para ser utilizados como base del algoritmo de visualización

Nombre del Canal	Dispositivo de entrada	Dirección del registro para lectura en el dispositivo	Conversiones utilizadas (en orden de uso)
Imedia	Circuit Monitor	1005	-
VmediaLL	Circuit Monitor	1023	-
VmediaLN	Circuit Monitor	1028	-
Fpotencia	Circuit Monitor	1063	-
De T01 a T16	ENT_170ENT11002	Impares de 30001-30015	Tensión, TEMPscale
De H01 a H16	ENT_170ENT11002	Pares de 30002-30016	Tensión, HUMDscale
Tanque_Nº	ET_7017	30001-30008	Tensión, PRESSscale, AltTanK_nº, VolTank_nº

[Fuente: Elaboración propia]

Para el caso de las lecturas de tensión e intensidad de corriente, los códigos de los registros leídos se resumen en la tabla 5.6 de la sección Circuit Monitor. En las bases de entradas analógicas de los PLC de comunicación se utilizaron puertos impares para la temperatura y puertos pares para la humedad relativa así como se muestran en la tabla 5.8.

Esta distribución obedece al hecho de que en un punto climático se mide tanto la temperatura como la humedad relativa, por lo que los cables de señal llegan en pares temperatura-humedad a la base de entradas analógicas y es más sencillo conectar una señal después de la otra.

Una de las razones más determinantes para el uso del software DAQFactory es que posee un bloque programable para conversiones matemáticas de forma directa, similar al utilizado en Microsoft Excel, por lo que es posible, luego de realizar el trabajo matemático necesario (muestreos, linealización, entre otros cálculos matemáticos), escribir la función resultante para que determine el valor de un canal a cada instante.

El algoritmo utilizado en el bloque convertidor de datos para los niveles de tanque de combustible se de talla en el diagrama de flujo de la figura 5.19.

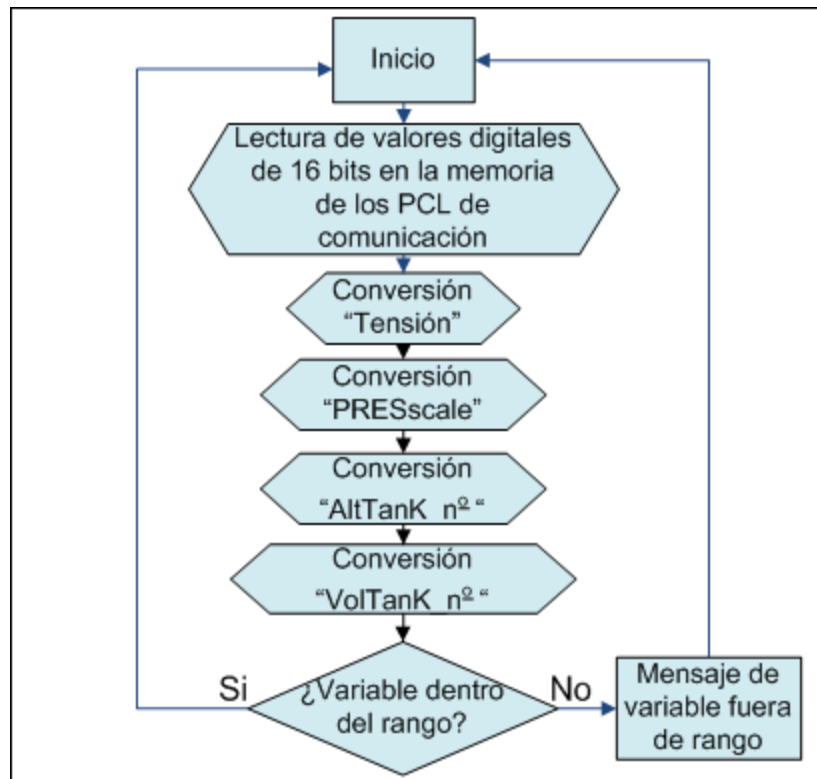


Figura 5.14 Algoritmo utilizado en el módulo convertidor del nivel de tanque de combustible

[Fuente: Elaboración propia]

Primeramente, según la información brindada por los fabricantes de los transmisores, existe una relación lineal entre la escala del valor físico leído por cada transmisor y la señal de salida del divisor de tensión (de 2 a 10 V). Al pasar ésta señal por el convertidor analógico digital (ADC) en el dispositivo de comunicación (PLC), se produce una conversión de tensión a un valor digital de 16bits de resolución (valor digital leído por los canales del DAQFactory).

La resolución significa que el valor de 2 a 10 V proveniente del divisor de tensión se puede representar en una escala de 32767 ($2^{15}-1$) valores positivos, leídos en el entorno de la interfaz grafica vía MODBUS.

Por lo tanto, para recuperar éste valor de tensión a partir la escala digital, teóricamente se puede emplear la ecuación 5.2.

$$Tensión = 0,0003 * Valor_{Digital} [V] \quad (5.2)$$

A partir del muestreo realizado (presente en la tabla A.1 de la sección A.8 del apéndice) se obtuvo la ecuación 5.3 que representa la relación real existente.

$$Tensión = 0.0003016067691 * Valor_{Digital} + 0.013865880480,0003[V] \quad (5.3)$$

Al comparar las ecuaciones 5.2 y 5.3 se puede observar que son sumamente similares y solo se diferencian por la desviación de poco menos de 14 mV (generada por interferencias de ruido, tolerancia de $\pm 5\%$ en la resistencia del divisor de tensión o bien pérdidas en las líneas de transmisión), lo cual es menos del 0,17% en la escala de 2 a 10 V por lo que se comprueba la relación lineal.

La ecuación 5.3 se estableció como la conversión denominada “**Tensión**” dentro del entorno del DAQFactory, y se utiliza para obtener las relaciones lineales definidas por los fabricantes par su uso en la interfaz de usuario.

A continuación se definen las conversiones específicas para cada tipo de variable, mencionadas en la tabla 5.8 y que permiten la lectura de las variables físicas, de forma tanto gráfica como numérica, en la interfaz de usuario desarrollada.

5.3.1.1 Conversión TEMPscale

Para obtener el valor físico de la temperatura, se realizó un muestreo de señal para los transmisores de temperatura (tabla A.2 presente en el apéndice A.8), comparando los valores de tensión medidos en el DAQFactory con el valor de temperatura ambiente real en la oficina del departamento (utilizando el OHT50 del apéndice A.3). El resultado que se obtuvo es ecuación 5.4, la cual determina la relación lineal que existe entre las dos variables.

$$Temperatura = 5,2627 * Tensión + 3,4266 [^{\circ}C] \quad (5.4)$$

El cuadrado del coeficiente del momento de correlación (R^2) para la linealización de los datos de la tabla A.2, que dieron origen a la ecuación 5.4, resultó ser de 0,9912.

5.3.1.2 Conversión HUMDscale

Para el caso de medición de humedad relativa, el muestreo de señal para el respectivo tipo transmisor (tabla A.3 presente en el apéndice A.8) generó como resultado la ecuación 5.4, la cual define la relación lineal que existe entre la tensión leída en la DAQFactory y la variable física.

$$Humedad Relativa = 45,241 * Tensión + 23,049 [\%] \quad (5.5)$$

La ecuación 5.4 obtenida experimentalmente posee un valor del cuadrado del coeficiente del momento de correlación (R^2) de 0,9929.

5.3.1.3 Conversión PRESSscale

La conversión PRESSscale existe en dos tipos, según el transmisor utilizado puede ser KELLER o HUBA y son conversiones para obtener el nivel de presión de tanque, obtenidas a partir de las tablas A.4 y A.5 (sección A.8 del apéndice), y que definen la relación lineal entre la presión medida y la señal de salida del divisor de tensión.

$$Presión_{KELLER} = 0,0369 * Tensión + 0,0751 [mbar] \quad (5.6)$$

$$Presión_{HUBA} = 0,0197 * Tensión + 0,0404 [mbar] \quad (5.7)$$

Tanto la ecuación 5.6 como la 5.7 poseen un cuadrado de coeficiente de correlación igual 1.

5.3.1.4 Conversión AltTanK_nº

Esta conversión se utiliza para aplicar el método de presión diferencial descrito en la sección 3.3.3.1 del marco teórico. Su definición se deriva de la ecuación 5.1 y corresponde a la ecuación 5.8, donde se incluye el valor de la densidad del diesel correspondiente a una temperatura de 15 °C (valor medio del rango establecido).

$$Altura_{Tanque} = \frac{Presión_{Tanque}}{0,88 * 0,09807 * 10} [cm] \quad (5.8)$$

Como comprobación de la medida de altura obtenida (en mm) a partir de la conversión de presión leída por el transmisor en el tanque (en mbar), se realizó el muestreo de la tabla A.6.

El procedimiento aplicado para obtener dichos valores de altura del líquido consistió en la utilización de una sonda de medición calibrada (misma sonda con las que hacían las mediciones de forma manual), la cual, manipulada por los técnicos del departamento (realizando confirmaciones instantáneas de tres lecturas, para evitar errores significativos) brindó la altura experimental aproximada a ser comparada con la altura detectada por el transmisor de presión y visible en la interfaz gráfica.

5.3.1.5 Conversión VolTank_nº

Finalmente, para obtener la cantidad de litros de combustible dentro del tanque se necesitó desarrollar el volumen para un cilindro horizontal en función de la altura (nivel del líquido dentro del contenedor obtenido con la conversión AltTanK_nº). La ecuación 5.9 corresponde al resultado del desarrollo matemático realizado en la sección A.8 del apéndice, para el caso de representar el volumen del combustible en litros (aplicando la conversión: 1000 [cm³] = 1 [L]), dependiendo de el radio de la cara circular (r), el largo del tanque (L) y la altura que posea el líquido (h).

$$V_{Tanques} = \left[\frac{\pi}{2} r^2 + h\sqrt{2hr - h^2} - r\sqrt{2hr - h^2} - r^2 \tan^{-1} \left(\frac{r-h}{\sqrt{2hr-h^2}} \right) \right] \frac{l}{1000} [L] \quad (5.9)$$

5.3.2 Base de datos

Este bloque del sistema registra la información recibida directamente en una base de datos compatible con ODBC (Microsoft Open Database Connectivity)²⁰. Mediante la generación de un conjunto de canales de registro en el entorno del DAQFactory, el sistema recolector de datos en la PC se determina como una fuente para ODBC.

La fuente de datos es utilizada por ODBC para comunicar la información hacia el motor de base de datos determinado. De ésta forma, ésta interfaz estándar de C actúa como un traductor, lo que permite utilizar un programa específico o motor de bases de datos para Windows así como lo son Access y Excel.

Cada canal de registro creado en el DAQFactory se configura para agregar tablas al archivo en Access o Excel de manera automática según sea necesario.

5.3.3 Interfaz de usuario

Para el desarrollo de la interfaz de usuario, primeramente se obtuvieron las prioridades de visualización a establecer en el sistema de monitorización (con la asesoría del personal del departamento) además de algunos principios básicos de diseño a tomar en cuenta para obtener una interacción amigable con el usuario.

De ésta manera, la visualización de los niveles de combustible en los tanques se definió como elemento más importante a observar debido a sus implicaciones en toda la infraestructura de seguridad física; la monitorización de temperatura y humedad relativa en los CPD se determinaron como objetivos secundarios.

A continuación se detallan los principios de diseño que caracterizan a la interfaz de usuario desarrollada así como el funcionamiento de las 5 pantallas que la conforman.

²⁰ Para más información visitar la página:
[http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms710252\(v=vs.85\).aspx](http://msdn.microsoft.com/en-us/library/windows/desktop/ms710252(v=vs.85).aspx)

5.3.3.1 Principios de diseño

La alineación

Se refiere a la ubicación de los elementos que integran cada pantalla de la interfaz; el principio sugiere que las estructuras (botones, imágenes, gráficos, entre otros) queden alineadas entre sí, utilizando formas simétricas como filas o columnas. De esta manera, en cada pantalla creada se transmite un orden lógico y afinidad entre los diferentes elementos que la integran. [14]

El color

Es un aspecto que permite llamar la atención de operario en la interfaz, agrupar elementos que pertenecen al mismo tipo de variable, implementar simbología para una percepción rápida de la información de cada variable, en general, brinda un significado visual a los componentes colocados dentro de las pantallas que conforman la interfaz gráfica desarrollada.

La consistencia

Principio que ofrece facilidad de uso de los elementos en las pantallas, esto al definir una forma estándar en que el usuario debía percibir rápidamente el valor de los datos monitorizados; ésta forma consistió en la utilización de “semáforos” que, gracias a los cambios de color con sus respectivas simbologías, determinan la percepción de forma similar para cada una de las variables permitiendo una rápida familiarización del entorno por parte del usuario. [14]

La organización de la información

Este aspecto consiste en agrupar la información de forma tal que los elementos visualizados en una página estén relacionados entre sí, que sean del mismo tipo. Busca hacer énfasis en la información mostrada. Haciendo uso del principio, las de variables a medir establecidas en la tabla 4.1 están agrupadas en el entorno de la interfaz de usuario por tipo de variable física en pantallas específicas denominadas “Temperaturas”, “Humedades Relativas” y “Tanques” , a las cuales se accede mediante el botón del mismo nombre en la pantalla menú principal. [14]

La ley de Hick

Postula que el tiempo que se necesita para tomar una decisión varía según el número de opciones disponibles en una pantalla. De ésta manera, y de forma muy afín con el principio de organización de la información, se dispuso que las páginas creadas no estuviesen muy cargadas sino que la información mostrada permita tomar decisiones de forma rápida y sencilla.

Es por esto que en la pantalla “Menú Principal” se puede observar el volumen existente en los 6 tanques mediante el bloque de semáforos de nivel de combustible presente. Además, tanto en la Pantalla “Temperaturas” como en la pantalla “Humedades Relativas” se utilizó éste principio al poder observar en una sola pantalla (mediante los semáforos y su específica simbología) el estado de todos los puntos climáticos monitorizados para la rápida toma de decisiones.

La revelación progresiva

Como complemento de los criterios de diseño comentados anteriormente, la revelación progresiva busca tener control sobre la complejidad de la información mostrando únicamente los datos más necesarios o relevantes. Con la utilización de éste concepto se determinó mantener las pantallas limpias y despejadas, evitando la desorientación del usuario. [14]

La interfaz se diseño para poder recibir desde la pantalla “Menú Principal” signos de anomalía en cualquiera de las tres variables físicas monitorizadas, sin necesidad de mostrar específicamente el punto o tanque del problema. Para situaciones críticas se programó un sonido de alarma que no se desactiva hasta que se lleve a cabo la acción correctiva necesaria.

El LED de alarmas generales del “Menú Principal” cambia su color de verde claro fosforescente a rojo oscuro opaco cuando pasa de estar “Activado” a estar “Pausado”; estado que es modificado con los botones “Activar” y “Pausar”. Para observar la información de las alarmas activadas simplemente se presiona el botón Alarmas Generales haciendo link hacia la pantalla “Alarmas Generales” y con esto poder especificar las alarmas y el estado presente de cada una de ellas.

Los rombos que acompañan a los botones de navegación (Tanques, Temperaturas y Humedades) del “Menú Principal” cambian de color gris claro a amarillo fosforescente para informar la variable que presenta problemas para así orientar al usuario a acceder a la pantalla que mostrará de forma más específica el origen de la alarma.

En la pantalla de humedades y en la de temperaturas, gracias a la simbología establecida para cada semáforo de punto, realizando una observación superficial de la pantalla se logra determinar cual o cuales puntos poseen un valor de variable climática fuera del rango normal de funcionamiento correcto establecido para los CPD. La pantalla “Tanques” muestra los 6 tanques monitorizados

El valor numérico exacto de las variables en cada zona específica se puede observar haciendo clic sobre los puntos críticos determinados según la simbología. Al acceder a una ventana de punto se obtiene la foto del lugar de ubicación, la temperatura en °C y el porcentaje de humedad relativa correspondiente. [14]

Reconocimiento frente a recuerdo

Se refiere a la habilidad del ser humano para reconocer imágenes, elementos, situaciones, entre otras cosas, por sobre la habilidad de recordar éstas cosas sin tener una referencia visual. Es muy claro que para toda persona el poder reconocer algo conocido de entre varias cosas es mucho más sencillo que recordarlo con detalles simplemente utilizando los nombres o atributos.

Es por eso que dentro del diseño de la interfaz de monitorización se utilizaron fotos para la ubicación de cada punto de climático dentro de las diferentes zonas del edificio. Además, en la pantalla “Tanques”, la forma de cada uno de los 6 contenedores de combustible es correspondiente a sus respectivas formas reales. Con ésta característica se buscó un reconocimiento rápido y sencillo de cada punto de temperatura-humedad y cada tanque por parte de los técnicos del departamento. [14]

La navaja de Ockham

Como principio de diseño fundamental para la elección del como desarrollar interfaz gráfica, se utilizó este principio que sugiere elegir, de entre varios diseños funcionalmente similares, aquel que resulta ser el más sencillo.

Finalmente, el resultado de la distribución de los elementos de monitorización se muestra en la figura 5.14 y obedece tanto a los intereses del departamento de electromecánica así como a los principios de diseño mencionados.

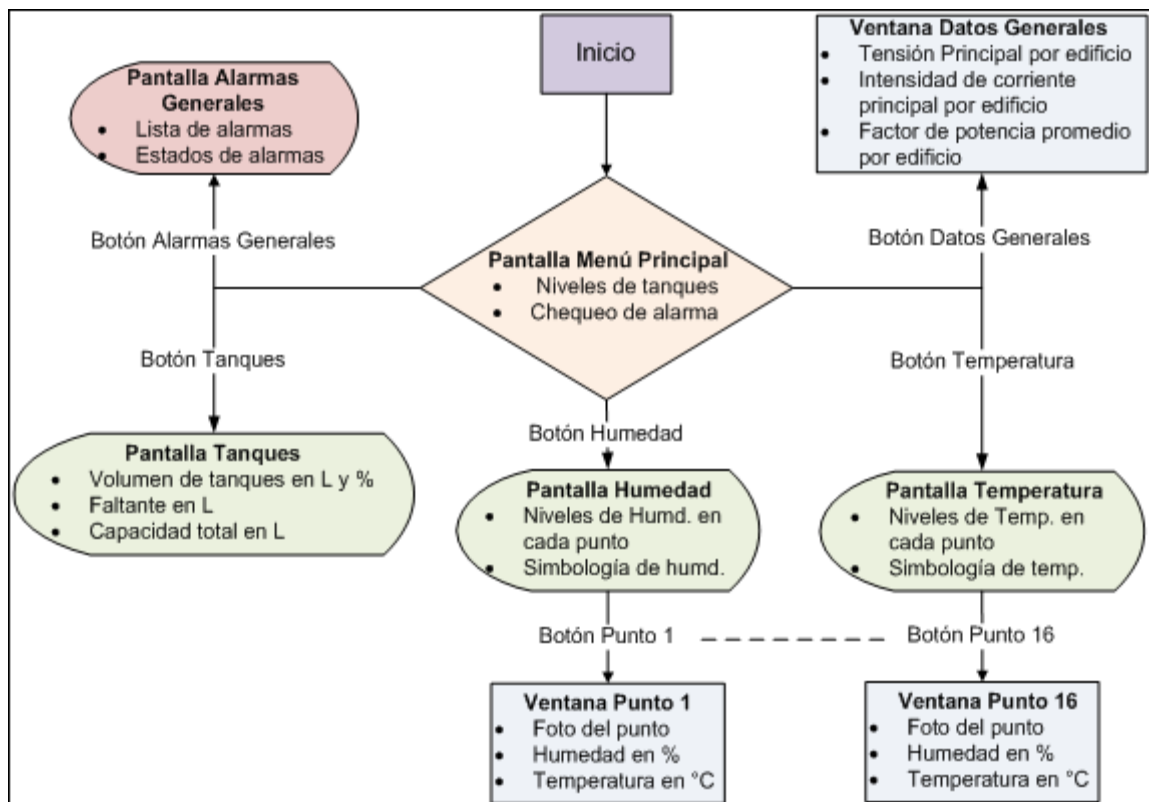


Figura 5.15 Diagrama de flujo que describe el funcionamiento de la interfaz de usuario

[Fuente: Elaboración propia]

5.3.3.2 Pantalla Menú Principal

Inicia el proceso de adquisición de datos, almacenamiento en base de datos, chequeo de alarmas generales, activa la rutina para “Cargar Pantallas” además de poseer los botones de navegación hacia las demás pantallas. La página está conformada por 9 botones, 6 semáforos de visualización de niveles de tanque y un Led para alarmas generales.

El bloque de 6 semáforos posee un botón denominado “Simbología” que permite visualizar la ventana que contiene la simbología para entender los semáforos de nivel de tanque.

El botón “Datos generales” permite visualizar la ventana donde se resume la información principal de suministro eléctrico para cada Edificio. Para el caso de la obtención del factor de potencia total de cada edificio (mostrado en la ventada “Datos Generales”) se implementó una rutina para realizar la conversión específica a un valor entre 0 y 1 además de identificar si éste es de atraso o de adelanto así como se muestra en la figura 5.23.

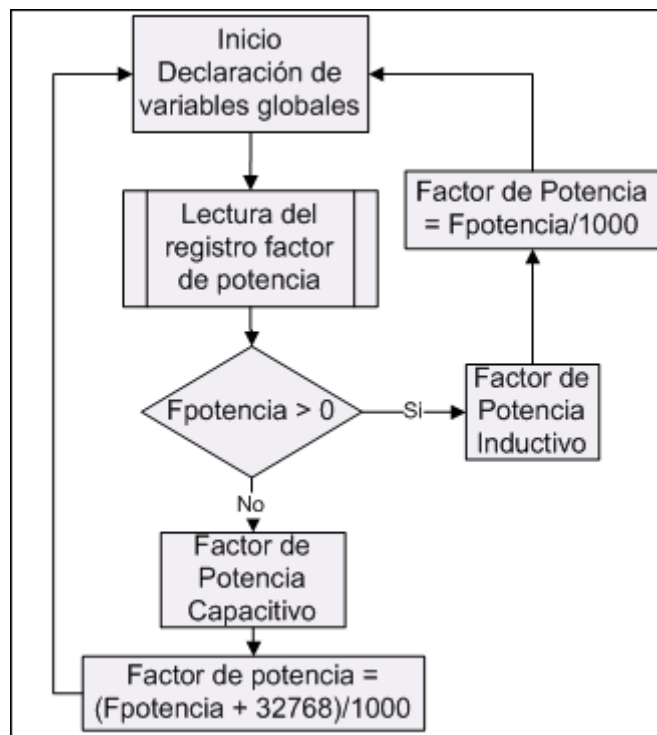


Figura 5.16 Diagrama de flujo de la rutina programada para obtener el valor y tipo del factor de potencia total del suministro energético de cada Edificio en el ICE San Pedro

[Fuente: Elaboración propia]

5.3.3.3 Pantalla Alarmas Generales

El entorno del DAQFactory posee un bloque para la creación de alarmas que verifiquen el estado de cada canal creado. Las condiciones de activación y desactivación de las alarmas se determinaron según los comportamientos deseados para cada tipo de variable física monitorizada.

Las alarmas generadas se programaron con el objetivo de realizar una indicación temprana del comportamiento de las variables físicas más determinantes para el funcionamiento de los centros de procesamiento de datos y así permitir una acción acertada de mantenimiento por parte del departamento de electromecánica.

En la figura 5.24 se describe la secuencia de alarma utilizada para brindar avisos de asesoramiento, advertencia o peligro según los niveles de combustible presentes en cada uno de los 6 tanques monitorizados. Cada condición de alarma se definió a partir de la asesoría con el Ing. Sánchez Coto y utilizando un criterio lógico de chequeo de nivel en forma escalonada.

De igual forma, en la figura 5.25 se muestra el algoritmo de alarmas según los niveles de temperatura presentes en los CPD. Para el desarrollo de ésta secuencia se tomaron en consideración los límites de temperatura recomendados en el artículo Seguridad Física COMO (de 18 a 23 °C), además de un límite crítico de alta temperatura defino como máximo de tolerancia permitido. [1]

Como se puede observar en las rutinas de programación de las figuras 5.24 y 5.25, para la activación y desactivación de señales de alarmas la ejecución del algoritmo depende de que esté habilitado el chequeo general de alarmas.

La variable denominada “chequeo” se definió con el objetivo de poder controlar, con un botón en la interfaz de usuario, la ejecución o no de las 66 secuencias de alarma configuradas. El activar o desactivar las rutinas de todas las alarmas manualmente, permite controlar el consumo de memoria por parte del DAQFactory cuando el sistema operativo del CPU presente problemas debido a la ejecución de programas paralelamente.

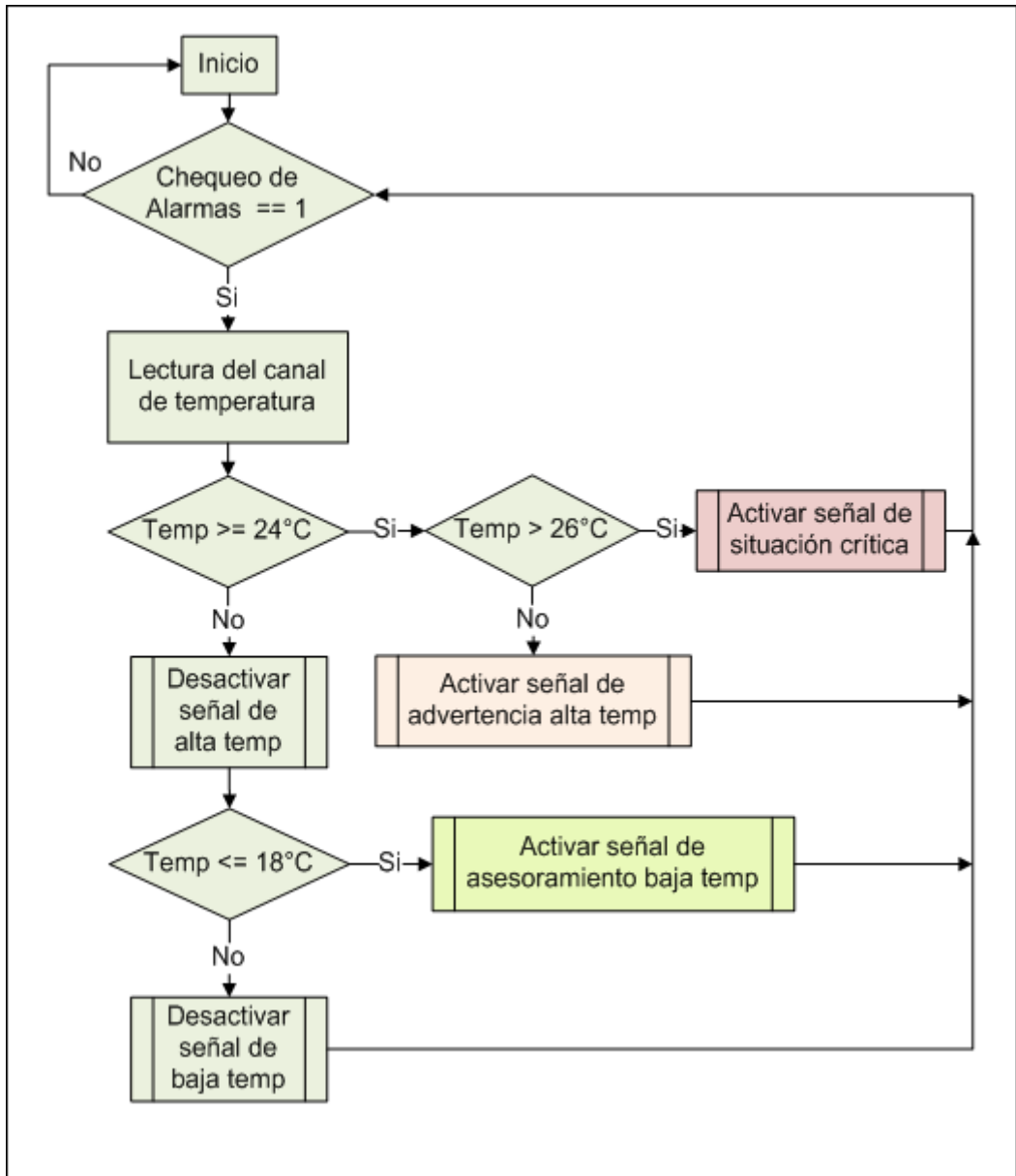


Figura 5.17 Diagrama de flujo de la rutina de programación utilizada para la activación y desactivación de señales de alarmas del tipo nivel de tanque de combustible

[Fuente: Elaboración propia]

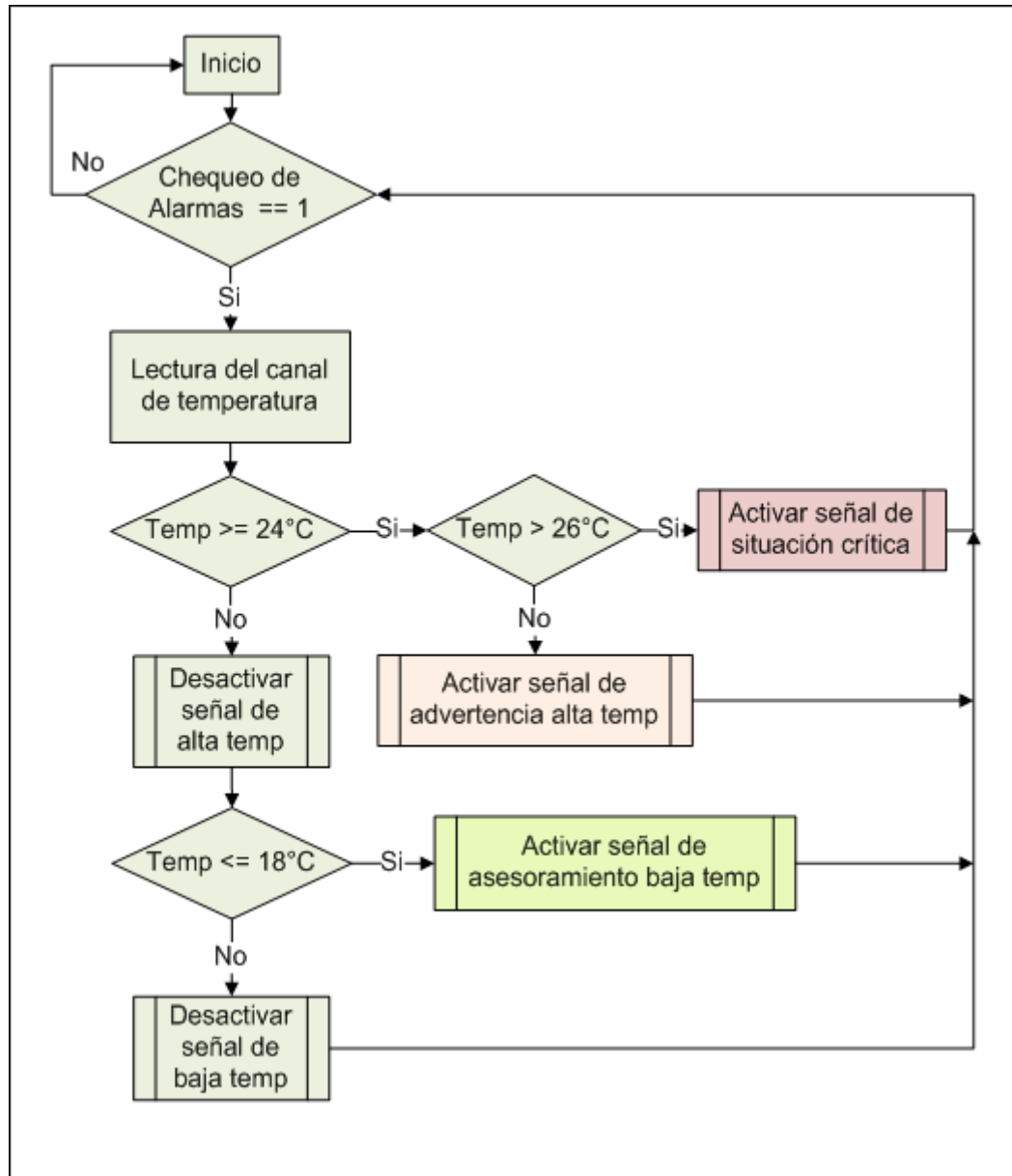


Figura 5.18 Diagrama de flujo de la rutina de programación utilizada para la activación y desactivación de señales de alarmas del tipo temperatura

[Fuente: Elaboración propia]

5.3.3.4 Pantallas “Temperaturas” y “Humedades Relativas”

La pantalla “Temperaturas” y la pantalla “Humedades Relativas” corresponden a un diseño con el objetivo de visualizar los valores de las variables climáticas medidas en los CPD de forma simple y rápida de entender.

Su estructura obedece a cada uno de los principios de diseño comentados en la sección 5.3.1, mostrando primeramente semáforos para la identificación rápida de los niveles de cada variable climática (con su respectiva simbología) y ubicando éstos semáforos por bloques que corresponden al edificio, zona y punto específico al que pertenecen.

Cada título con formato “Punto N^o” es un botón que permite el acceso a ventanas específicas que poseen los valores numéricos tanto del porcentaje de humedad relativa como de temperatura en el punto. Cada ventana de punto posee un botón de “Dirección IP: Adaptador de Comunicación” que permite verificar o modificar la ubicación del dispositivo comunicador al que está conectado los transmisores del punto respectivo.

Los 3 botones de navegación a otras pantallas se colocaron en un solo bloque a parte del bloque que contiene los 16 botones que permiten tener acceso a las ventanas de cada punto.

En el bloque de navegación también se incluye un botón denominado “limpiar historial” el cual permite borrar el historial de los canales MODBUS configurados para recibir los valores de temperatura y humedad. Ésta acción se realiza mediante la programación de una secuencia determinada por la función “ClearHistory”²¹.

Su uso permite verificar que la información desplegada corresponde a valores recibidos en el instante y no a valores que quedaron guardados al cerrar la interfaz (ésta función también está disponible para la pantalla tanques explicada en la siguiente sección).

²¹ La función “ClearHistory” pertenece al conjunto de funciones predeterminadas disponibles en el entorno del software DAQFactory y explicadas en el manual de usuario

5.3.3.5 Pantalla Tanques

De igual forma que las pantallas de puntos climáticos, “Tanques” posee un diseño que permite adquirir rápidamente la información deseada.

La página está conformada por 6 gráficos con forma correspondiente a cada tanque en dos dimensiones. En éstos se configuró una aplicación que permite observar la variación del volumen de diesel dentro de cada contenedor analizado.

La pantalla posee un bloque de botones para la navegación el cual permite tener acceso a las otras tres pantallas que forman parte de la interfaz (bloque común para las cuatro pantallas del sistema de monitorización).

En esta sección de la interfaz se informa sobre la capacidad total (en litros) de cada contenedor, el volumen de combustible disponible, los litros de diesel faltantes para el llenado completo de cada tanque además del porcentaje de nivel de tanque lleno correspondiente.

Capítulo 6: Análisis de Resultados

6.1 Resultados

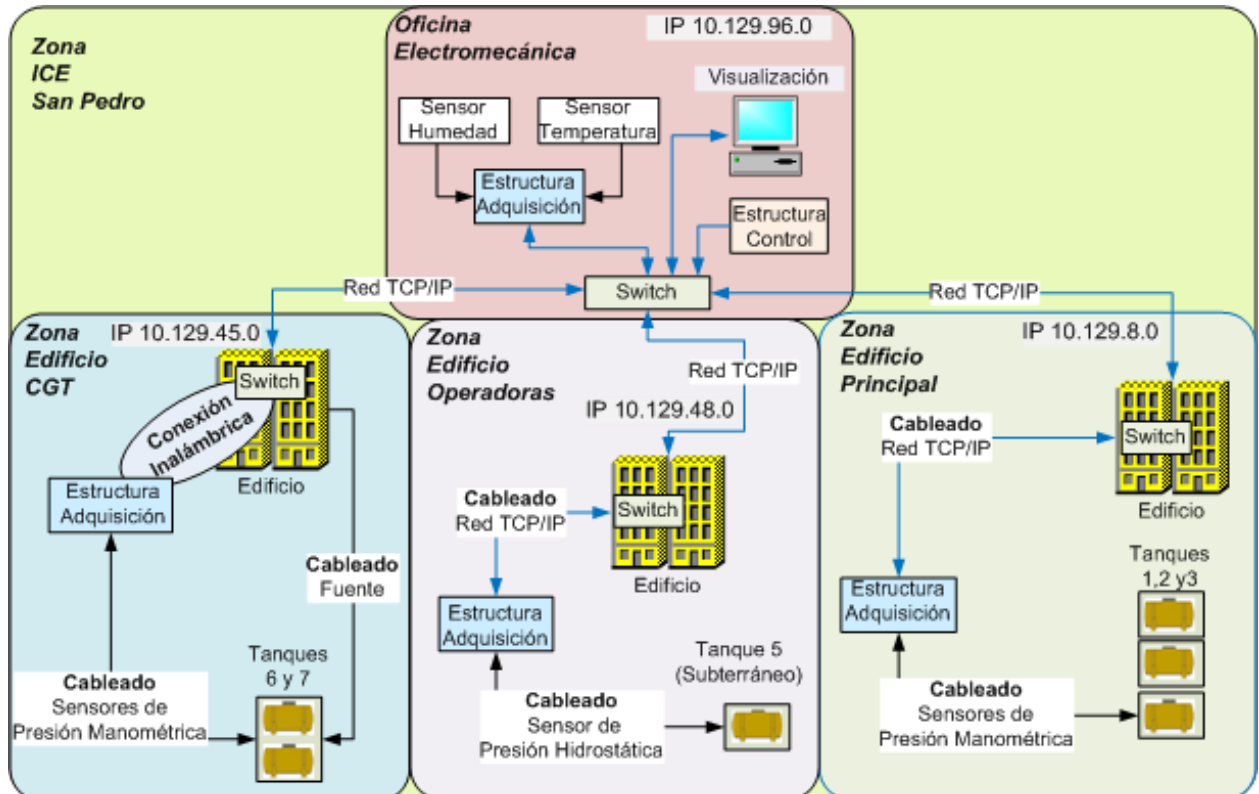


Figura 6.1 Esquema general del proyecto implementado

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.26 se observa el esquema general del proyecto implementado (resultado final del trabajo elaborado), ilustrando la forma en como se utilizó el sistema diseñado para cada una de las zonas establecidas y el método de integración de cada parte a la red TCP/IP.

En este esquema se especifican los cableados realizados para cada zona, la cantidad de tanques monitorizados, las direcciones de cada puerta de enlace utilizadas para comunicar las subredes de cada edificio así como el método de comunicación de las estructuras de adquisición de datos con la red TCP/IP en cada edificio.

A continuación se muestra (mediante el uso fotografías) el resultado del montaje realizado en las diferentes zonas del esquema general.

La figura 5.27 muestra la estructura de adquisición de datos colocada en uno de los grupos electrógenos presentes en el edificio operadoras para leer la información obtenida a partir del tanque de combustible subterráneo. Este tipo de estructura se utilizó además en la zona de tanques del edificio principal.



Figura 6.2 Estructura de adquisición de datos presente en uno de los grupos electrógenos SDMO del Edificio Operadoras

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.28 se muestra la estructura de adquisición de datos colocada para leer el nivel de combustible de los tanques que alimentan a los grupos electrógenos del edificio CGT. En esta figura se puede observar el punto de acceso Linksys utilizado para configurar el puente inalámbrico que comunica a la estructura con la red TCP/IP del edificio.



Figura 6.3 Estructura de adquisición de datos presente en la zona de tanques del Edificio CGT

[Fuente: Elaboración propia]

Como se comentó en la sección descripción de hardware, uno de los trabajos más importantes en la implementación del sistema fue el cableado en cada zona y la

colocación de los transmisores de presión en cada tanque; en la figura 5.29 se muestra la tubería colocada para unir los transmisores de presión en los tanques del CGT con la estructura de adquisición de datos. La figura 5.30 muestra el montaje realizado para incluir los transmisores de presión KELLER en los tanques 1, 2, 3, 6 y 7.



Figura 6.4 Tubería implementada para comunicar los transmisores de presión en los tanques con la estructura de adquisición de datos en la zona del Edificio CGT

[Fuente: Elaboración propia]



Figura 6.5 Montaje del transmisor de presión utilizado para el tanque 1 presente en el sótano del Edificio Principal

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.31 muestra el montaje realizado para incluir el transmisor de presión diferencial Huba control en el tanque subterráneo (tanque 5) presente en el edificio operadoras.



Figura 6.6 Montaje del transmisor de presión utilizado para el tanque 5 presente en el frente al Edificio Operadoras

[Fuente: Elaboración propia]

Para observar los resultados obtenidos a partir del montaje elaborado en las figuras a continuación se muestra, en funcionamiento real, la interfaz de usuario elaborada para mostrar los datos recolectados vía red TCP/IP.

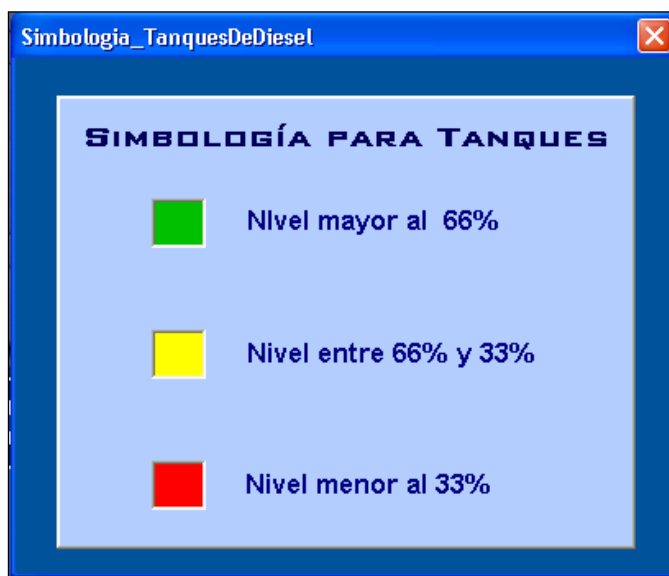


Figura 6.7 Ventana de simbología para los semáforos de nivel de combustible de cada tanque presentes en la pantalla "Menú Principal"

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.32 se muestra la ventana de simbología que explica el bloque de semáforos de nivel de combustible de la pantalla "Menú Principal" a la cual se tiene acceso mediante el botón simbología de la figura 5.33.

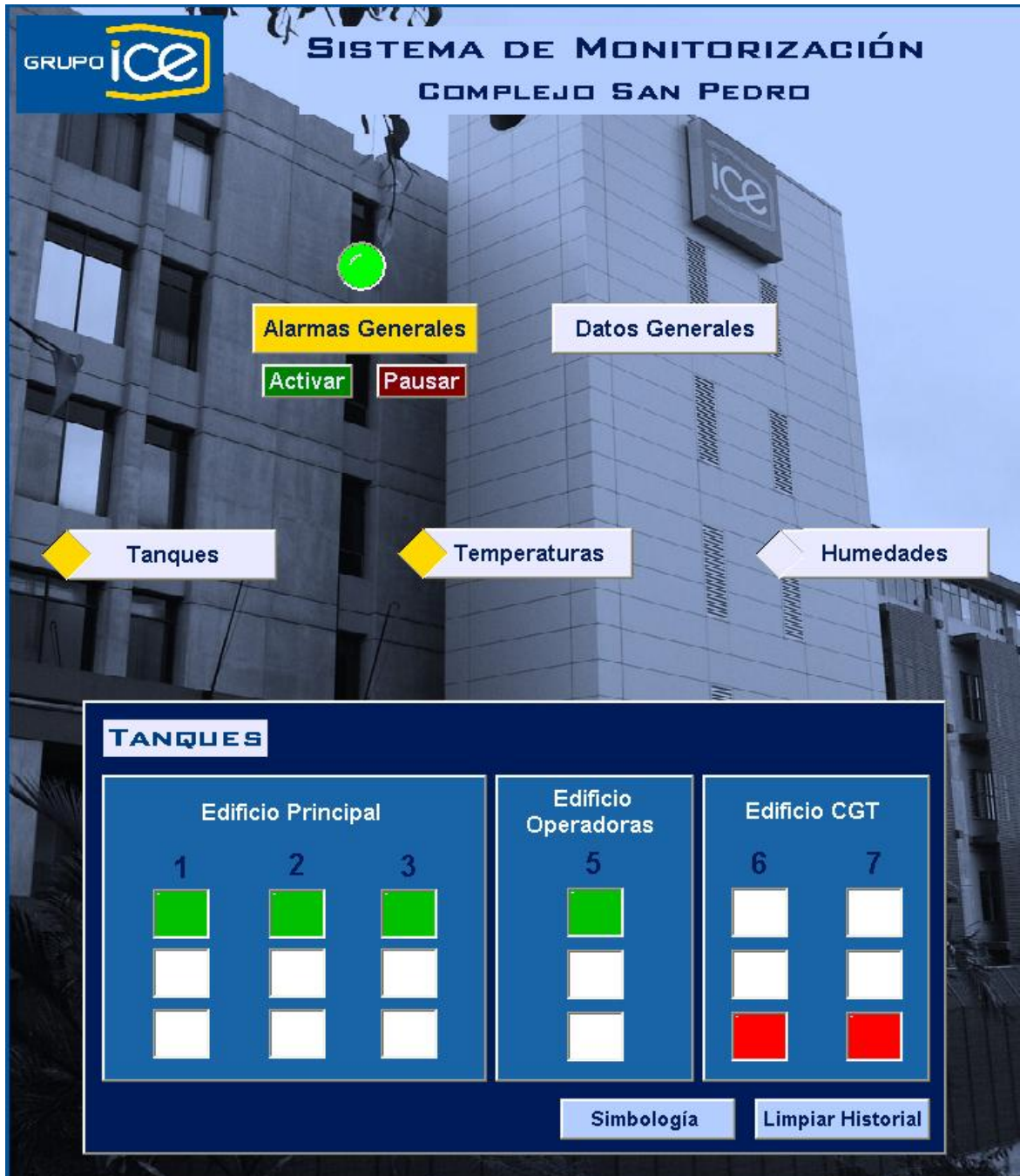


Figura 6.8 Pantalla menú principal

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.34 se muestra la ventana “Datos Generales” la cual es el resultado de hacer clic sobre el botón del mismo nombre en la pantalla principal de la interfaz.



Figura 6.9 Ventana de datos generales del suministro eléctrico para los tres Edificios del ICE San Pedro
 [Fuente: Elaboración propia]

En la pantalla “Tanques” de la figura 5.35 se muestran los niveles de combustible existentes en cada contenedor.

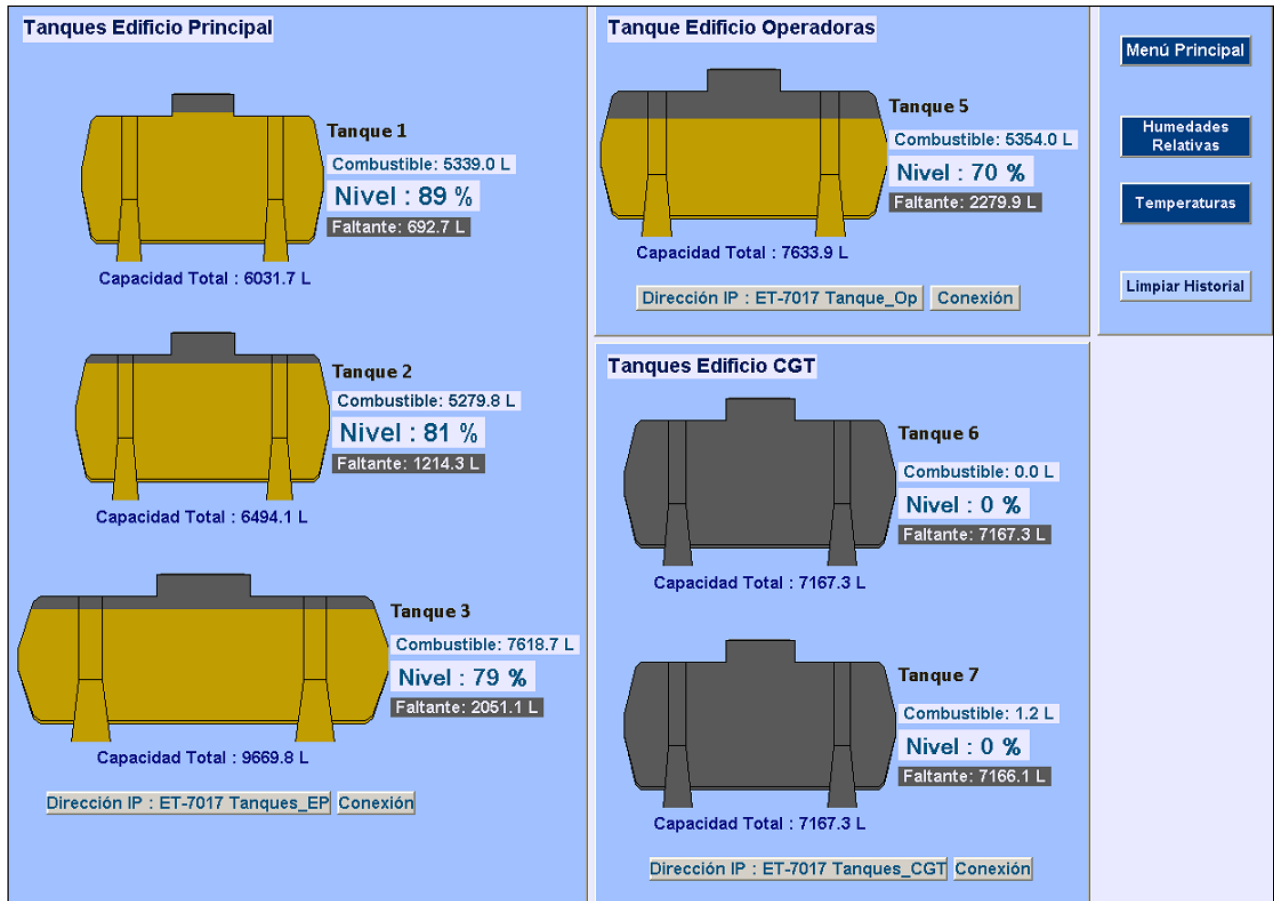


Figura 6.10 Pantalla Tanques

[Fuente: Elaboración propia]

La figura 5.36 muestra la pantalla “Temperaturas” desarrollada para mostrar los valores de temperatura según la simbología de los semáforos. Como se puede observar los puntos están ubicados en orden consecutivo y por zona específica, donde “EP” significa Edificio Principal y “Op” se refiere al Edificio Operadoras.

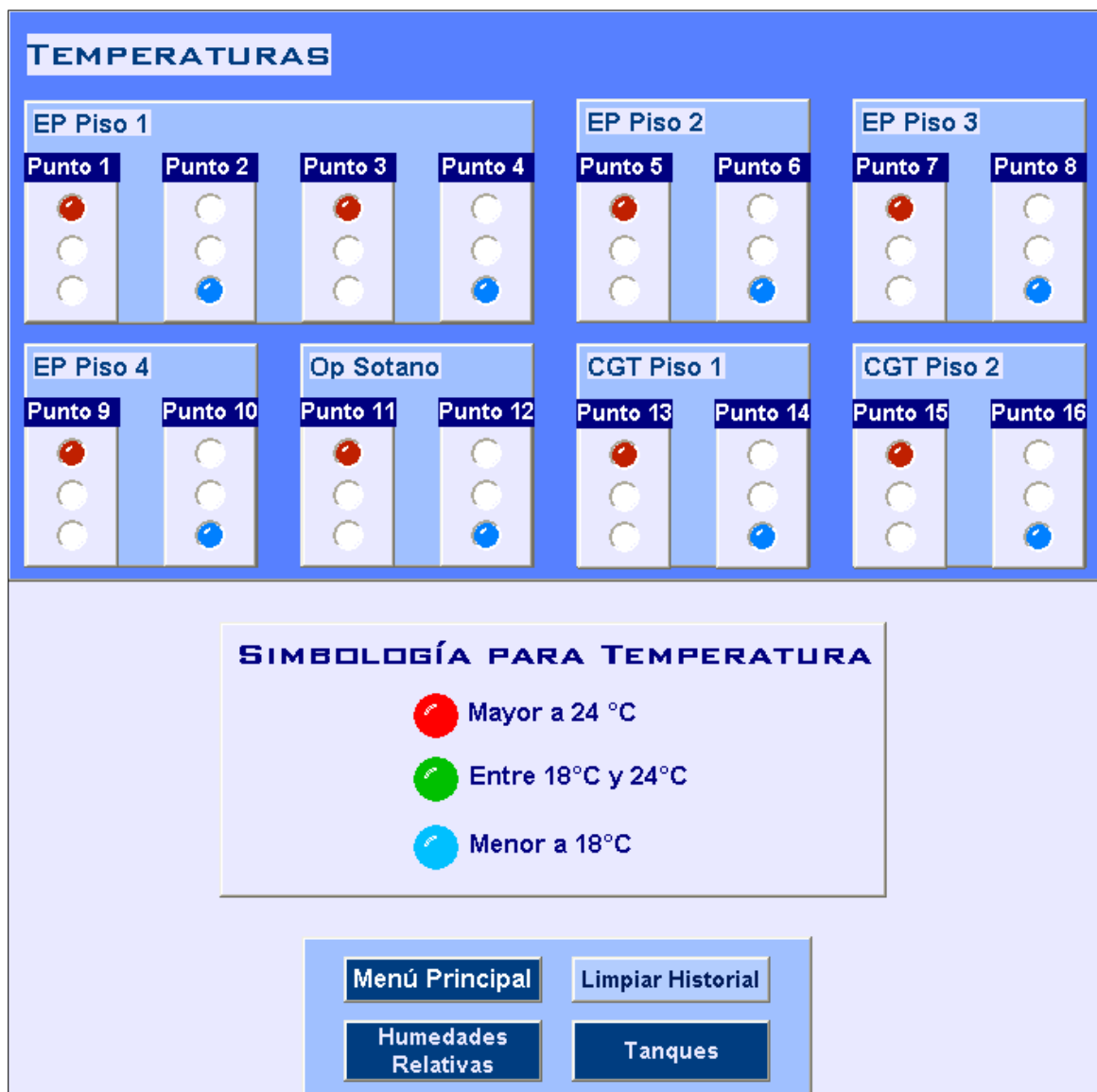


Figura 6.11 Pantalla Temperaturas

[Fuente: Elaboración propia]

La figura 5.37 muestra la pantalla “Humedades”, la cual corresponde al mismo tipo de pantalla desarrollada para las temperaturas y permite observar los valores de humedad en los semáforos de punto la simbología.

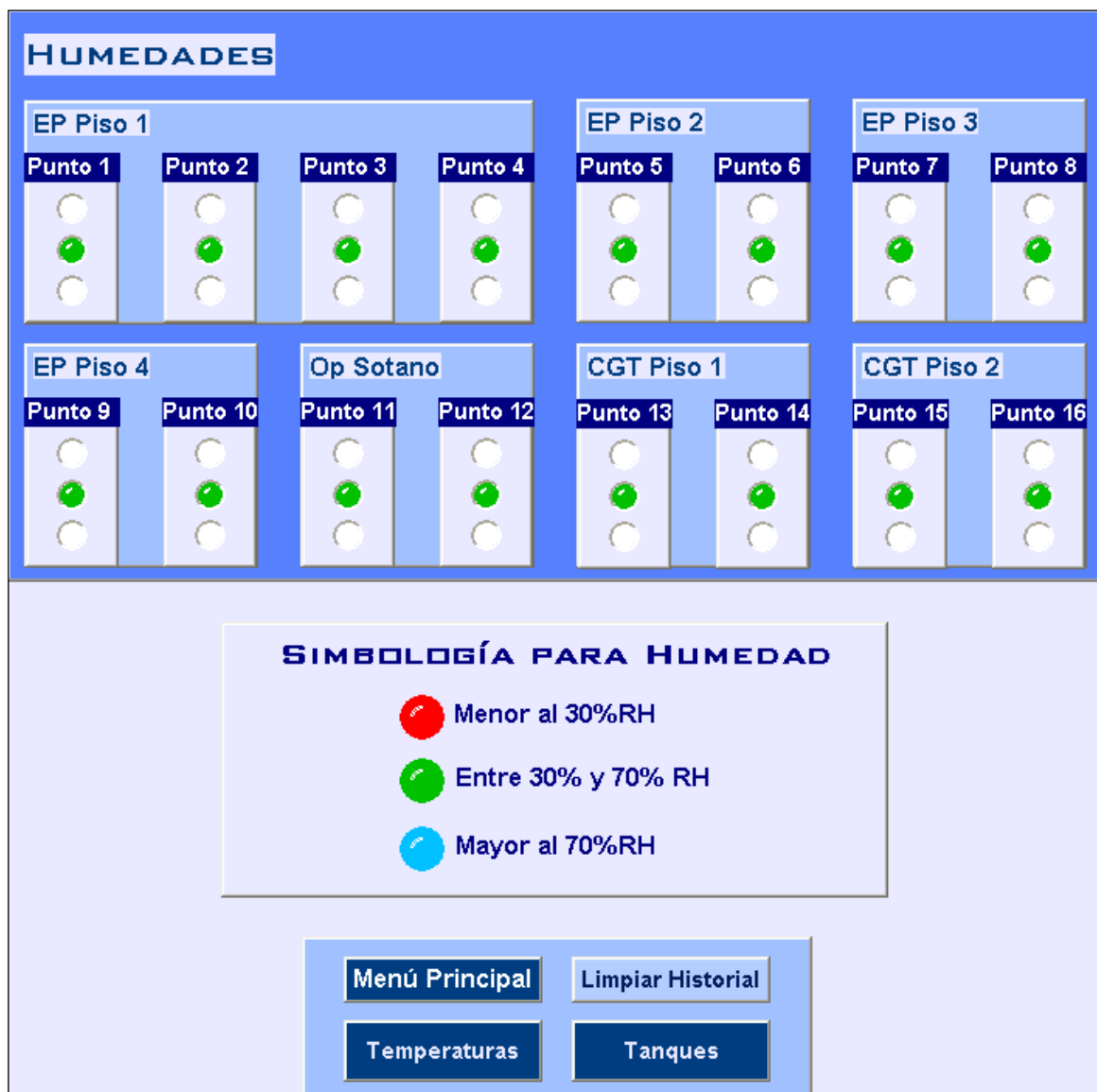


Figura 6.12 Pantalla Humedades

[Fuente: Elaboración propia]

En la figura 5.38 se muestra la ventana para el Punto N°1, la cual posee el valor numérico tanto para la temperatura como para el porcentaje de humedad relativa. En esta ventana se puede notar que la temperatura está por encima de 24 °C, por lo que el marco cambia su borde superior de verde (que significa que está dentro del rango normal así como en el caso de la humedad) a color rojo indicando el valor de alta temperatura.

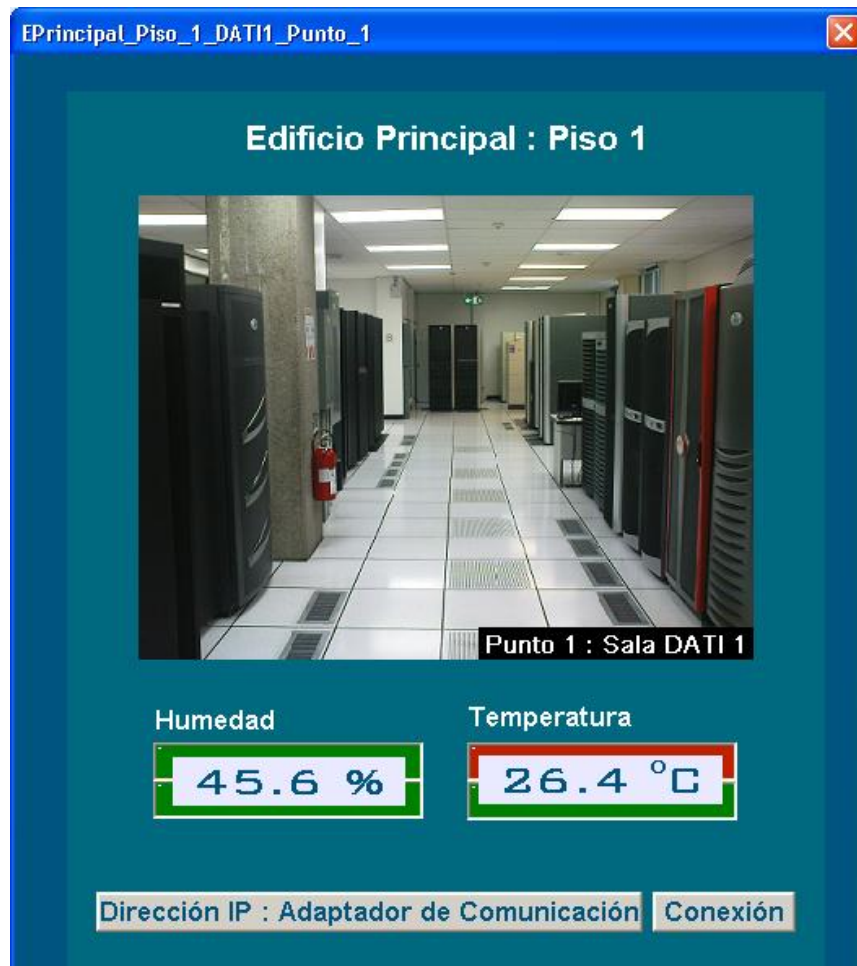


Figura 6.13 Ventana para el punto 1

[Fuente: Elaboración propia]

En la pantalla “Alarmas Generales” de la figura 5.39 se muestran las secuencias de alarma creadas para alertar sobre valores fuera de rango tanto del nivel de combustible en los contenedores así como de la temperatura en los CPD.

Status:	Name:	Description:	Priority:
Active	EP_Piso_1_Baja_Temp_04	Sala de Pecho con temperatura menor a 18°C en Punto 4	Advisory
Active	EP_Piso_1_Baja_Temp_02	Sala DATI 1 con temperatura menor a 18°C en Punto 2	Advisory
Acked	CGT_Tanque_6_Vacio	Tanque # 6 con menos de 100 L de combustible	Critical
Acked	CGT_Tanque_7_Vacio	Tanque # 7 con menos de 100 L de combustible	Critical
Acked	Op_Sotano_Alta_Temp_11	Sala ACD con temperatura mayor a 24 °C en Punto 11	Warning
Acked	EP_Piso_4_Alta_Temp_09	Sala TI con temperatura mayor a 24 °C en Punto 9	Warning
Acked	EP_Piso_3_Alta_Temp_07	Sala RAI con temperatura mayor a 24 °C en Punto 7	Warning
Acked	EP_Piso_2_Alta_Temp_05	Sala IXP con temperatura mayor a 24 °C en Punto 5	Warning
Acked	EP_Piso_1_Alta_Temp_04	Sala de Pecho con temperatura mayor a 24 °C en Punto 4	Warning
Acked	CGT_Piso_2_Alta_Temp_15	Sala de Servidores con temperatura mayor a 24 °C en Punto 15	Warning
Acked	CGT_Piso_1_Alta_Temp_13	Central Internacional con temperatura mayor a 24 °C en Punto 13	Warning
Acked	EP_Piso_1_Alta_Temp_01	Sala DATI 1 con temperatura mayor a 24 °C en Punto 1	Warning
Acked	CGT_Tanque_6_BajoCombustible	Tanque #6 a menos de un 50% de su nivel combustible	Warning
Acked	EP_Piso_3_Baja_Temp_08	Sala RAI con temperatura menor a 18°C en Punto 8	Advisory
Acked	CGT_Piso_2_Baja_Temp_16	Sala de Servidores con temperatura menor a 18°C en Punto 16	Advisory
Acked	CGT_Piso_1_Baja_Temp_14	Central Internacional con temperatura menor a 18°C en Punto 14	Advisory
Acked	Op_Sotano_Baja_Temp_12	Sala ACD con temperatura menor a 18°C en Punto 12	Advisory
Acked	EP_Piso_4_Baja_Temp_10	Sala TI con temperatura menor a 18°C en Punto 10	Advisory
Acked	EP_Piso_2_Baja_Temp_06	Sala IXP con temperatura menor a 18°C en Punto 6	Advisory
Acked	CGT_Tanque_7_BajoCombustible	Tanque #7 a menos de un 50% de su nivel combustible	Warning
Inactive	EP_Piso_1_Alta_Temp_03	Sala de Pecho con temperatura mayor a 24 °C en Punto 3	Warning
Inactive	EP_Piso_1_Alta_Temp_02	Sala DATI 1 con temperatura mayor a 24 °C en Punto 2	Warning
Inactive	EP_Tanque_1_Vacio	Tanque # 1 con menos de 100 L de combustible	Critical
Inactive	CGT_Piso_2_Baja_Temp_15	Sala de Servidores con temperatura menor a 18°C en Punto 15	Advisory
Inactive	EP_Piso_1_Baja_Temp_01	Sala DATI 1 con temperatura menor a 18°C en Punto 1	Advisory
Inactive	EP_Tanque_1_BajoCombustible	Tanque #1 a menos de un 50% de su nivel combustible	Warning
Inactive	EP_Tanque_3_BajoCombustible	Tanque #3 a menos de un 50% de su nivel combustible	Warning
Inactive	Op_Tanque_5_BajoCombustible	Tanque #5 a menos de un 50% de su nivel de combustible	Warning
Inactive	EP_Tanque_2_Vacio	Tanque # 2 con menos de 100 L de combustible	Critical
Inactive	EP_Tanque_3_Vacio	Tanque # 3 con menos de 100 L de combustible	Critical
Inactive	Op_Tanque_5_Vacio	Tanque # 5 con menos de 100 L de combustible	Critical
Inactive	EP_Piso_1_Muy_Alta_Temp_01	Sala Data 1 con temperatura mayor a 28°C en Punto 1	Critical
Inactive	EP_Piso_1_Muy_Alta_Temp_02	Sala Data 1 con temperatura mayor a 28°C en Punto 2	Critical
Inactive	EP_Piso_1_Muy_Alta_Temp_03	Sala de Pecho con temperatura mayor a 28°C en Punto 3	Critical
Inactive	EP_Piso_1_Muy_Alta_Temp_04	Sala de Pecho con temperatura mayor a 28°C en Punto 4	Critical
Inactive	EP_Piso_2_Muy_Alta_Temp_05	Sala IXP con temperatura mayor a 28°C en Punto 5	Critical
Inactive	EP_Piso_2_Muy_Alta_Temp_06	Sala IXP con temperatura mayor a 28°C en Punto 6	Critical
Inactive	EP_Piso_3_Muy_Alta_Temp_07	Sala RAI con temperatura mayor a 28°C en Punto 7	Critical
Inactive	EP_Piso_3_Muy_Alta_Temp_08	Sala RAI con temperatura mayor a 28°C en Punto 8	Critical
Inactive	EP_Piso_4_Muy_Alta_Temp_09	Sala TI con temperatura mayor a 28°C en Punto 9	Critical
Inactive	EP_Piso_4_Muy_Alta_Temp_10	Sala TI con temperatura mayor a 28°C en Punto 10	Critical
Inactive	Op_Sotano_Muy_Alta_Temp_11	Sala ACD con temperatura mayor a 28°C en Punto 11	Critical
Inactive	Op_Sotano_Muy_Alta_Temp_12	Sala ACD con temperatura mayor a 28°C en Punto 12	Critical
Inactive	CGT_Piso_1_Muy_Alta_Temp_13	Central Internacional con temperatura mayor a 28°C en Punto 13	Critical
Inactive	CGT_Piso_1_Muy_Alta_Temp_14	Central Internacional con temperatura mayor a 28°C en Punto 14	Critical

Figura 6.14 Pantalla Alarmas Generales

[Fuente: Elaboración propia]

Finalmente, paralelo a la ejecución de la interfaz se genera el archivo de base de datos en Access así como se muestra en la figura 5.40.

Custom		NivelesDeTanque_Litros						
		TheTime	TanK_1	TanK_2	TanK_3	TanK_5	TanK_6	TanK_7
Humedad_Relativa	ECGT_Piso_1_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:20 p.m.					0	1
	ECGT_Piso_2_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:20 p.m.				5372		
	EOperadoras_Sotano_Humedad_Porcentaje...	26/07/2011 01:21:30 p.m.	5346	5294	7593			
	EPrincipal_Piso_1_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:30 p.m.					0	1
	EPrincipal_Piso_2_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:40 p.m.				5366		
	EPrincipal_Piso_3_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:40 p.m.	5352	5295	7602			
	EPrincipal_Piso_4_Humedad_PorcentajeRH	26/07/2011 01:21:40 p.m.					0	1
		26/07/2011 01:21:50 p.m.	5349	5297	7599			
Temperatura	ECGT_Piso_1_Temperatura_°C	26/07/2011 01:21:50 p.m.					0	1
	ECGT_Piso_2_Temperatura_°C	26/07/2011 01:21:50 p.m.				5360		
	EOperadoras_Sotano_Temperatura_°C	26/07/2011 01:22:00 p.m.	5351	5303	7594			
	EPrincipal_Piso_1_Temperatura_°C	26/07/2011 01:22:00 p.m.					0	1
	EPrincipal_Piso_2_Temperatura_°C	26/07/2011 01:22:10 p.m.	5349	5295	7594			
	EPrincipal_Piso_3_Temperatura_°C	26/07/2011 01:22:10 p.m.					0	1
	EPrincipal_Piso_4_Temperatura_°C	26/07/2011 01:22:10 p.m.				5366		
		26/07/2011 01:22:20 p.m.	5351	5295	7593			
Alarmas_Generales	ALARMLOG	26/07/2011 01:22:20 p.m.					0	1
		26/07/2011 01:22:20 p.m.				5372		
Niveles_De_Tanque	NivelesDeTanque_Litros	26/07/2011 01:22:30 p.m.	5352	5292	7597			
		26/07/2011 01:22:30 p.m.					0	1

Figura 6.15 Base de datos en Access generada por el Sistema de Monitorización

[Fuente: Elaboración propia]

6.2 Análisis

El proyecto obtenido corresponde a la monitorización remota del nivel de combustible en los 6 principales tanques de diesel de las instalaciones del ICE en San Pedro de Montes de Oca además de los valores de temperatura y humedad relativa presentes en la oficina del departamento de electromecánica, tal y como se pudo observar en el esquema general del proyecto implementado (figura 5.26).

En la elaboración del sistema se definió el uso de transmisores de presión piezoresistivos KELLER para medir la presión de los tanques 1, 2, 3, 6 y 7 debido a su disponibilidad en el departamento y a su capacidad de medición.

De igual forma se utilizó el transmisor de nivel de presión Huba Control para la medición en el tanque subterráneo (tanque 5). Esto debido a que el dispositivo

medidor de presión hidrostática (Huba Control) fue diseñado específicamente para ser sumergido dentro del líquido en el contenedor.

Los sensores de temperatura y humedad INTERSUM se escogieron para adquirir las variables climáticas en cada punto definido en la tabla 4.1. Su escogencia se justificó debido a que ofrecen las características de señal de salida deseadas (señal analógica de 4 a 20mA y relación lineal con la variable física) sin poseer puertos de comunicación, visualizadores u otro tipo de extras que elevaran su precio considerablemente (además de ser los únicos oferentes de éste tipo de transmisores así como se explicó en la sección 5.2.1.1).

En las figuras 5.27 y 5.28 se pudo observar la implementación de la estructura del módulo adquisición de datos definida en el diagrama de tercer nivel (bloques color celeste en la figura 5.1). La integración de la estructura en la figura 5.27 se basó en la utilización del adaptador de comunicación 171CCC98030 (Momentum de Schneider) mientras que la estructura de la figura 5.28 tuvo al módulo Ethernet como centro de su funcionamiento.

Como uno de los aspectos más importantes se determinó utilizar el protocolo MODBUS-Ethernet, principalmente porque es el protocolo de comunicación base utilizado por los PLC de Schneider-Electric y PLC de ICP-CON cuando se direccionan vía red TCP/IP existente (es el protocolo común denominador entre los fabricantes).

Así como se observó en la figura 5.28, en el proyecto se implementó el puente inalámbrico de comunicación (explicado en la sección 5.2.2.2) el cual funcionó correctamente con la configuración MODBUS escogida siendo éste el punto más crítico de comunicación para el proyecto.

En la ejecución de las diferentes secciones del esquema general se realizaron pruebas de medición, comunicación y funcionamiento de cada uno de los dispositivos que forman parte del sistema.

Es por ésta razón que en la descripción de software del presente documento se resumieron una serie de resultados previos que a continuación se analizan como parte de la comprobación del funcionamiento del sistema.

Primeramente los muestreos de señal resumidos en cada una de las tablas de la sección A.8 del apéndice representaron las pruebas de funcionamiento de cada módulo implementado. De ésta manera se alcanzaron los objetivos específicos del proyecto referentes a pruebas de comunicación y correcto funcionamiento de cada sensor. Cada muestreo se realizó con el objetivo de obtener las relaciones matemáticas que existen entre las señales eléctricas y las variables físicas medidas..

Al comparar las ecuaciones 5.2 y 5.3 se pudo observar su similitud pues solo se diferencian por la desviación de poco menos de 14 mV (generada por interferencias de ruido, tolerancia de $\pm 5\%$ en la resistencia del divisor de tensión o bien pérdidas en las líneas de transmisión), lo cual es menos del 0,17% en la escala de 2 a 10 V; de esta forma se comprobó la relación lineal entre la tensión de salida del divisor y su respectivo valor digital en la interfaz de usuario.

Además, los datos obtenidos a partir de la tabla A.1, permitieron corroborar que la resolución de 16 bits en los valores digitales (obtenidos a partir de la conversión Analógica/Digital realizada por los PLC de comunicación) es suficiente para lograr llevar toda la información analógica significativa leída por los transmisores.

En el caso de la tabla A.2, los valores de tensión obtenidos mediante el uso de la estructura de adquisición de datos demostraron poseer una relación lineal muy aceptable con respecto a la temperatura real en la oficina del departamento, esto según la interpretación del cuadrado del momento de correlación obtenido ($R^2=0,9912$), por lo que la monitorización de ésta variable física quedó determinada por la ecuación 5.4 en el bloque convertidor de datos del módulo visualización.

La ecuación 5.5 se obtuvo a partir de la linealización de la relación entre los datos de tensión leída en la interfaz de usuario y la humedad relativa en el ambiente resumidos en la tabla A.3. Esta ecuación de relación lineal para la humedad se comprobó con el valor de 0,9929 para su R^2 .

A partir de las ecuaciones 5.4 y 5.5 se determinan las conversiones necesarias para traducir a grados Celsius y porcentaje de humedad relativa la señal de salida del sensor correspondiente, digitalizada por el adaptador de comunicación.

Para el caso de la implementación del método de medición de nivel de combustible, primeramente se obtuvo la relación que determina a la tensión de salida del divisor como producto de un valor de presión medido por el transmisor, esto para cada uno de los dos tipos de transmisor utilizados (KELLER y Huba Control).

Las ecuaciones 5.6 y 5.7 son el resultado de las tablas A.4 y A.5 respectivamente y poseen un coeficiente de correlación cuadrado igual a uno (líneas completamente rectas). De ésta manera se justificó la utilización de la conversión de tensión a presión en el DAQFactory.

Mediante la utilización de la ecuación 5.8 (determinada de manera teórica), el bloque de conversión de datos permitió presentar en el entorno de la interfaz la altura del diesel (en cm) dentro de cada uno de los 6 tanques analizados.

La confirmación de la validez de estos datos se obtuvo mediante lecturas directas de nivel de tanque, utilizando una sonda calibrada por los técnicos del departamento, y la comparación con la altura leída en la interfaz de usuario. El resumen de éste muestreo se encuentra en la tabla A.6 del apéndice.

En ésta tabla también se incluye el porcentaje de desviación estándar de cada medida realizada, lo cual permite observar que los valores desplegados y los medidos directamente poseen un máximo de 1,571 % de diferencia entre sí, siendo éste un margen de error relativo aceptable.

Luego de haber analizado los resultados previos obtenidos en las secciones de la descripción de software, como asunto final se analizan los resultados obtenidos al poner en funcionamiento la interfaz gráfica implementada.

Como ejemplos muy perceptibles de la utilización de los principios de diseño, en la pantalla “Menú principal” de la figura 5.33 se determinaron características como la posición de los botones “Tanques”, “Temperaturas” y “Humedades” además de la distancia entre estos, la simetría y ubicación de las columnas-semáforos para el nivel de combustible de cada tanque, el lugar donde se encuentran los botones activar y desactivar (debido a que poseen una función específica que afecta directamente a las “Alarmas Generales”), así como la forma de los cuadros que indican el lugar de pertenencia para cada tanque de diesel.

Además, los colores verdes, amarillo y rojo utilizados para determinar los semáforos de nivel de tanque resultaron ser una forma sencilla de comprender el volumen de combustible en cada contenedor al utilizar la ventana de simbología mostrada en la figura 5.32.

La información en la pantalla “Menú principal” (figura 5.33) permitió observar que el chequeo de alarmas generales estaba activado, que existían valores de nivel de tanque y temperatura en CPD fuera de los límites establecidos como normales (esto por el color amarillo de los rombos junto a los botones) y además se detalló que los tanques 6 y 7 poseen un nivel de combustible menor al 33% de su respectiva capacidad total, por lo que es necesario programar un llenado de combustible para cada contenedor.

En la ventana “Datos Generales” de la figura 5.34 se pudo observar la tensión, intensidad de corriente y factor de potencia principal de cada edificio, información que permitió verificar el correcto funcionamiento del suministro eléctrico brindado por la estructura de seguridad física.

Para definir la cantidad de litros de diesel a cotizar para la programación de los llenados de tanques, en la pantalla “Tanques” de la figura 5.35 se pudo obtener la información completa sobre el combustible de los 6 tanques que existió en el

momento de realizar la prueba del sistema. A partir de allí inició la toma de decisiones de parte del departamento de electromecánica al conocer con precisión la realidad del combustible disponible.

Para analizar los datos dentro de las pantallas “temperaturas” y “humedades”, se determinó, a modo de ejecución de la prueba, que los puntos impares correspondieran a la temperatura en el punto más caliente de la oficina del departamento de electromecánica y los puntos pares a la zona de salida del aire acondicionado.

Se obtuvo que el color rojo identificara muy acertadamente un valor de alta temperatura así como el color celeste un valor de baja temperatura, todo esto dentro de la pantalla “Temperaturas” de la figura 5.36. El color verde consistentemente identifica valores dentro del rango deseado en todos los semáforos utilizados para brindar información instantánea en la interfaz, tal como se pudo observar en la pantalla “Humedades” de la figura 5.37.

En la ventana para el punto 1 (mostrada en la figura 5.38) se pudo leer el valor numérico tanto de la temperatura como de la humedad, además de la foto para la ubicación de la zona específica en el CPD. Mediante el uso de ésta ventana se aplicó el principio de revelación progresiva ya que, primeramente, en las pantallas específicas de temperatura y humedad relativa, se pudo observar el estado de todos los puntos climáticos con su respectiva simbología, para luego, al ingresar a una ventana de punto, obtener la información completa del punto elegido.

Tomando en cuenta que el análisis de variables se realizó para 16 puntos de temperatura y 6 tanques de diesel, la pantalla “Alarmas generales” de la figura 5.39 mostró la lista y el estado de las 46 secuencias programadas. Se pudo observar que las alarmas definidas poseen un nombre específico que indica el edificio y la zona de ubicación del tanque o punto climático correspondiente.

Las alarmas encendidas de estado crítico se presentaron en color rojo parpadeante, las de advertencia en color naranja y las de asesoría se mostraron

en color amarillo, definiendo de ésta forma la prioridad de mantenimiento para cada alarma activada.

Como resultado del bloque “Base de datos” del módulo de visualización se observó la base de datos en Access generada por el sistema de monitorización de la figura 5.40. En ésta se pudo notar la forma en como los datos se agrupan en secciones para tablas específicas (según el tipo de variable) y que cada línea de información posee fecha y hora de recibido.

A partir de ésta información es posible verificar el comportamiento de cada variable a lo largo del tiempo y así determinar nuevos y mejores procesos de mantenimiento para el departamento de electromecánica.

Finalmente, para evaluar el uso de la interfaz de usuario desarrollada, se solicitó la colaboración de los técnicos pertenecientes al departamento para que hicieran uso de la misma sin brindar ninguna explicación previa.

En general, la evaluación resultó en que lograron dominar, sin problema alguno, la navegación entre las pantallas, las lecturas de temperatura, humedad y los niveles de tanque. Este ejercicio permitió observar que la simbología (claramente identificada en cada pantalla) fue un factor trascendental para facilitar la percepción de la información.

Capítulo 7: Conclusiones y recomendaciones

7.1 Conclusiones

- Los transmisores de presión piezoresistivos KELLER y el transmisor de presión diferencial Huba Control son los dispositivos que permiten la aplicación del método hidrostático de medición de nivel de combustible en cada de uno de los 6 tanques de diesel analizados en el proyecto.
- Los transmisores de temperatura y humedad relativa INTERSUM representan la solución para realizar la medición de las variables climáticas obteniendo una relación lineal entre la variable medida y la señal de salida eléctrica correspondiente.
- La Red TCP/IP presente en las instalaciones del ICE complejo San Pedro es una plataforma de comunicación que permite la comunicación vía protocolo Ethernet MODBUS de dispositivos PLC de comunicación como los ET-7017 de ICP-CON y los Momentum de Schneider-Electric.
- Con el uso de dos puntos de acceso Linksys es posible implementar una configuración de puente inalámbrico segura y robusta para unir estructuras de adquisición de datos que se encuentren lejanas a puntos físicos para la conexión con la RED TCP/IP general.
- Mediante la utilización de Adaptadores de Comunicación Momentun de Schneider-Electric, y un Adaptador de procesador que determine la configuración de E/S vía Red TCP/IP, es posible digitalizar las señales analógicas recibidas de los transmisores y gestionar las tareas de comunicación requeridas para enviar la información hasta la interfaz de usuario en la PC de la oficina del departamento de electromecánica utilizando el protocolo Ethernet MODBUS.
- La utilización del módulo Ethernet ET-7017 de ICP-CON permite la digitalización de las señales analógicas recibidas en sus de entradas y enviar la información vía Red TCP/IP hasta la interfaz de usuario en la PC de la oficina del departamento

de electromecánica utilizando el protocolo Ethernet MODBUS sin la necesidad de un dispositivo maestro que lo determine.

- La estructura de adquisición de datos para la toma de información de cada tanque y puntos climáticos corresponde a la integración de los transmisores específicos para cada variable con un divisor de tensión, un dispositivo comunicador y una fuente de CD.
- Una resolución de 16 bits en la conversión de valores analógicos a digitales es suficiente para lograr obtener valores de temperatura, humedad y nivel de tanque precisos en el despliegue de información de la interfaz de usuario.
- El DAQFactory es un software para desarrollo de sistemas SCADA muy completo y flexible que se basa en la creación de canales con un protocolo de comunicación específico para las E/S que intercambian la información directamente con la red TCP/IP a la que esté conectada la PC en la que corre el programa.
- El bloque convertidor de datos implementado en el DAQFactory permitió obtener los valores de las variables físicas a partir los valores digitales recibidos en cada canal MODBUS para así ser desplegados como información válida en la interfaz de usuario.
- Los principios de diseño utilizados en el desarrollo de la interfaz gráfica lograron que su uso y entendimiento sea sencillo para los técnicos del departamento de electromecánica del ICE complejo San Pedro.
- El sistema de monitorización desarrollado es una herramienta clave para el mantenimiento correctivo y preventivo de la estructura de seguridad física presente en las instalaciones del ICE en San Pedro de Montes de Oca

7.2 Recomendaciones

A partir de la experiencia adquirida y tomando en cuenta las principales funciones que se realizan en el departamento de electromecánica, a continuación se proponen unas recomendaciones para el aprovechamiento de la interfaz creada y la expansión del proyecto con el objetivo de lograr (en una sola interfaz de usuario) la monitorización de las operaciones más comunes en el trabajo de mantenimiento.

- Implementar el método de medición de nivel en los tanques de combustible diarios para obtener una información aún más detallada del combustible total disponible.
- Utilizar la estructura de adquisición de datos para los sistemas de agua helada mediante el uso de transmisores-termistores e incluirlos como una nueva sección en la interfaz de usuario.
- Incluir puntos climáticos de las zonas de trabajo más pobladas en el Edificio Operadoras; esto debido a que representa el lugar donde se producen las variaciones de temperatura más importantes y que por ende afectan el rendimiento del personal presente.
- Hacer uso de la información recolectada en la base de datos para iniciar el establecimiento de patrones que permitan el desarrollo de un sistema de control para los aires acondicionados presentes en los CPD.

Bibliografía

- [1] Hernández López, José María. *Seguridad Física COMO*. [En línea] [Consultado el 10 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://es.tldp.org/Manuales-LuCAS/doc-como-seguridad-fisica/COMO-seguridad-fisica.html#INTRODUCCION>
- [2] Wikipedia. *Definición: SCADA*. [En línea] [Consultado el 11 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>
- [3] SCHNEIDER-ELECTRIC, *Modicon TSX Momentum I/O Base User Guide* [En línea] [Consultado el 25 de Agosto de 2011] Disponible en: <http://www.download.schneiderelectric.com>
- [4] SCHNEIDER-ELECTRIC. *Adaptador opcional y adaptador del procesador M1 Momentum: Manual del usuario*. [En línea] [Consultado el 18 de Agosto de 2011] Disponible en: <http://www.download.schneiderelectric.com>
- [5] SCHNEIDER-ELECTRIC. *Concept 2.6 SR3 Manual de usuario*. 840 USE 503 ; 2005
- [6] Creus Solé Antonio. *Instrumentación Industrial*, 6ª edición; Marcombo S.A.; 1997.
- [7] Wikipedia. *Definición: Humedad*. [En línea] [Consultado el 20 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/SCADA>
- [8] MODBUS-IDA. *The architecture for distributed automation*. [En línea] [Consultado el 25 de Agosto de 2011] Disponible en: http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1a.pdf
- [9] Hernández Gutiérrez, Carlos. *Red LAN para supervisión remota y mantenimiento preventivo en la planta de producción*. [En línea]. [Consultado el 30 de Agosto de 2011]. Disponible en: <http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/dspace/handle/2238/466>

- [10] Monge Gómez, José Miguel. *Diseño e implementación de una interfaz MODBUS para la integración de grupos electrógenos a la plataforma de gestión SCADA*. [En línea] [Consultado el 31 de Agosto de 2011] Disponible en: <http://bibliodigital.itcr.ac.cr:8080/dspace/handle/2238/313>
- [11] Wikipedia: *Definición: Milímetro columna de agua*. [En línea] [Consultado el 10 de Setiembre de 2011]. Disponible en: http://es.wikipedia.org/wiki/Milímetro_columna_de_agua
- [12] SCHNEIDER-ELECTRIC. POWERLOGIC® Circuit Monitor: *Manual de referencia de la Serie 4000*. [En línea] [Consultado el 11 de Setiembre de 2011] Disponible en: <http://www.download.schneiderelectric.com>
- [13] ANSI. *TIA/EIA-568-B.1-2001*. [En línea] [Consultado el 11 de Setiembre de 2011] Disponible en: <http://www.nag.ru/goodies/tia/TIA-EIA-568-B.1.pdf>
- [14] Lidwell, Willian; Butler, Jill; Holden, Kritina. *Principios Universales de Diseño*. 1^{ra} edición; Blume; 2005
- [15] Mandado, Enrique; Marcos, Jorge; Fernández, Celso; Armesto, José. *Autómatas programables y sistemas de automatización*. 2^{da} edición; Marcombo, S.A.; 2009.

Apéndices

A.1 Glosario, abreviaturas y simbología

- ICE : Instituto Costarricense de Electricidad
- CPD: Centro de Procesamiento de Datos
- Grupos Electrógenos: máquina que mueve un generador eléctrico a través de un motor de combustión interna.
- Monitorización: el proceso por medio del cual, nos aseguramos que nuestro proceder está encaminado adecuada y eficazmente hacia un resultado final, evitando las posibles desviaciones que pudieran presentarse.
- Ethernet: es un estándar de redes de área local para computadores con acceso al medio por contienda CSMA/CD.
- Red de área local (LAN): es la interconexión de varias computadoras y periféricos. Su extensión está limitada físicamente a un edificio o a un entorno de 200 metros, con repetidores podría llegar a la distancia de un campo de 1 kilómetro.
- SCADA: Proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Acquisition" y en español significa "Control Supervisorio y Adquisición de Datos".
- Control Supervisorio y Adquisición de Datos: Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado.
- Rack: son un simple armazón metálico con un ancho interno normalizado de 19 pulgadas, mientras que el alto y el fondo son variables.

- Armarios ignífugos: Los armarios ignífugos son armarios equipados con sistemas de protección contra el fuego para aislar los productos almacenados en su interior.
- HMI: Human Machine Interface (Interfaces hombre-máquina).
- PLC: Controlador lógico programable (en inglés Programmable Logic Controller).
- Macro: Declaración, originalmente para un programa de lenguaje ensamblador, que invoca una estructura definida para generar una secuencia de instrucciones.
- Diagrama de función secuencial (SFC): Leguaje de programación que posee elementos que permiten organizar los programas para el procesamiento secuencial y paralelo.
- Diagrama de función de bloques (FBD): Lenguaje de programación que permite desarrollar proyectos de programación mediante la unión de bloques configurables.
- Lógica de escalera (LD): Lenguaje de programación que representa un programa mediante un diagrama gráfico basado en los esquemas de hardware lógica de relé.
- Lenguaje Estructurado (ST): Es un lenguaje de programación de alto nivel, el cual posee la característica principal de ser estructurado en bloques y sintácticamente similar a Pascal.
- Lista de Instrucciones (IL): Es un lenguaje de programación bajo nivel que se asemeja mucho al muy conocido lenguaje ensamblador.
- Comunicación punto a punto: Transmisión de información en serie entre un computador y un periférico u otro computador, que no está compartida con ningún otro elemento del proceso datos.

- Red informática: es un conjunto de computadores que pueden intercambiar información entre ellos a través de un sistema de comunicaciones digitales.
- Modelo OSI: Concepto de sistema informático abierto, creado por la Organización Internacional de Normalización (ISO) y que establece siete niveles de diálogo, que conforman otros tantos protocolos y constituye una manera estructurada de afrontar el problema de la interconexión de sistemas informáticos.
- Nivel Físico: Representa la capa 1 del modelo OSI y establece el modo de transmisión de las señales, el modo de sincronización y las características eléctricas y mecánicas para las comunicaciones punto a punto.
- Nivel de enlace: Es la capa 2 del modelo OSI y se encarga de definir la forma en que se produce la transmisión estableciendo el tamaño, la estructura, el contenido y la secuencia de los bloques de información o tramas.
- Protocolo: Es el idioma, lenguaje o estándar que utilizan dos o más dispositivos electrónicos para "entenderse" y comunicarse entre sí.
- RTU: por su sigla en inglés, Unidad Terminal Remota (UTR) en español, define a un dispositivo basado en microprocesadores, el cual permite obtener señales independientes de los procesos y enviar la información a un sitio remoto donde se procese.
- Gateway: Puerta de enlace en español, se refiere a un dispositivo que permite interconectar redes con protocolos y arquitecturas diferentes a todos los niveles de comunicación.
- Presión manométrica: diferencia entre la presión absoluta o real y la presión atmosférica.
- Presión hidrostática: presión que ejerce un fluido sobre las paredes en el fondo del recipiente que lo contiene.

A.2 Servicios afectados por falla eléctrica en el ICE San Pedro

Según el Centro Atención de Llamadas (CALLDIC) del ICE, el lunes 21 de febrero de 2011, debido a una falla en el sistema eléctrico, se vieron afectados los servicios:

- Los servicios afectados fueron los siguientes:
- Sistema de Accidentes
- Sistema de Gestión de Contrato Universal
- Agencia Virtual Electricidad
- Agencia Virtual Telecomunicaciones
- Alarmas CDR
- Módulo de Contáctenos Aviso Inteligente
- Gestión de Desempeño Sistema de Contratación Administrativa (CCA)
- Reportes del Centro de Energía y Control -CENCE
- Centros de Capacitación – Dirección Administrativa de Bienes y Muebles(DABI)
- Control Integrado de Acceso (CIA)
- Clientes Web - Clientes Recursos Humanos(RH)
- Consulta de Propiedades - DABI
- Cobro Fraccionado (COFRA)
- Consulta Teléfono Destino
- Sistema para Demanda

- Aplicación de Desempeño - RH
- Eficacia y Riesgo Empresarial (ERE)
- Fondos de Trabajo
- Integración de Sistemas Administrativos Financieros (ISAF) Web
- Inventarios Web - Aplicaciones ISAF
- MCPRO Costos de Unidades Generadoras
- Modelo Integrado de Servicios de Obras Complementarias (MISOC)
- MISP
- MOP (Módulo de Planes)
- Sistema para el Control Integrado de Contratas (MSIC)
- SIGE Obras
- Sistema de Administración de Pooles de vehículos
- Proveeduría en Línea (PEL)
- Registro Agencia Virtual
- Aplicación Registro de Propiedades
- Sistema Administración Comercial de Electricidad (ACE)
- Servicios Activos de Clientes Fallecidos (SACF)
- Sistema de Aplicaciones Empresarial(SAE)
- Sistema de Alarmas de Facturación (SAF)
- Sistema de Comercializadores Externos (SCE)

- Sistema de Cobro Judicial (SCJ)
- Sistema de Deuda Institucional(SDE)
- Sistema Eléctrico DABI
- Seguridad Electrónica - Reportes dinámicos
- Seguridad RH
- Sistema de Cobro Externo (SICCOEX)
- Sistema de Control de Costos
- SIGE Consultas
- SIGE Equipos Especiales
- SIGE Interrupciones
- Sistema de Gestión de Mantenimiento (SIGEM)
- SIGE Mailer
- Sistema de Gestión de Solicitudes
- SIGE Transformadores
- Sistema de Mantenimiento Programado (SIMAP)
- Bitácora (SISBIT)
- Sistema de Ventas para Aliados Comerciales (SIVAC)
- Sistema Kilometraje Institucional
- Sistema de Pago de Kilometraje
- Sistema Virtual de Pago (SVP)

- Telefonía Internet
- Sistema de Vacaciones RH
- Vinculación Estratégica de Entes Operativos
- Ventas WEB
- Ventanilla Electrónica de Pagos(VEP)
- Sistema de Viajes al Exterior
- Aplicación de Indicadores de Gestión de Telecomunicaciones
- Work Flow (WFGIC)
- MQ Averías
- Comunicación SICAT
- Mantenimiento y Control de Kilometraje WEB Transportes
- Control de Accidentes de Transportes
- Aplicaciones FGA
- Aplicaciones de Logística (Sistema Integrado de Gestión de Averías (SIGA)
– Sistema Integrado de Confección de Reportes (SICORE))
- Aplicaciones DABI
- Aplicaciones RH (con base en Oracle)
- Sistema de Indicadores CMI
- Sistema GIS de Telecomunicaciones (GGT)
- APIPRO

- Sistema de Control de Costos – Costos Web
- Sistema Integrado de la Gestión Eléctrica
- Sistema PRIME
- Servicio 189

A.3 Información sobre el termómetro/higrómetro OHT50



Figura A.1 Termómetro higrómetro OHT50

[Fuente: Elaboración propia]

Proveedor: OH! HAUS

Longitud de la sonda: 3 metros

Lecturas:

Rango de temperatura:

Temperatura interior y exterior

De -50°C / 70°C

Tasa de humedad relativa

Marcación: 1/10 °C

Memorias:

Montaje: Mural o sobremesa

Lecturas máximas alcanzadas

Alimentación: 2 Baterías tipo AAA

Lecturas mínimas alcanzadas

A.4 Cálculo de los rangos de presión para cada tanque de diesel

Tanque 1

$$1600 \text{ mm de altura} \times 0,6 = 1376$$

$$1600 \text{ mm} \times 0,9 = 1440$$

Tanque 2

$$\text{Altura } 1,75 \text{ m} = 1750 \text{ mm} \times 0,87 = 1540$$

$$1540 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 151,03 \text{ mbar}$$

Tanque 3

$$\text{Altura } 1,8 \text{ m} = 1800 \text{ mm} \times 0,88 = 1584$$

$$1584 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 155,34 \text{ mbar}$$

Tanque 5

$$\text{Altura } 1,8 \text{ m} = 1800 \text{ mm} \times 0,88 = 1584$$

$$1584 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 155,34 \text{ mbar}$$

Tanque 6 y 7

$$\text{Altura } 1,56 \text{ m} = 1560 \text{ mm} \times 0,88 = 1372,8$$

$$1372,8 \text{ mmH}_2\text{O} \approx 134,63 \text{ mbar}$$

A.5 Procedimiento en Concept para la asignación de E/S

Al abrir el archivo creado en Concept como programa de aplicación TESTPRJTYH, aparecerá en la pantalla la imagen de la figura A.2.

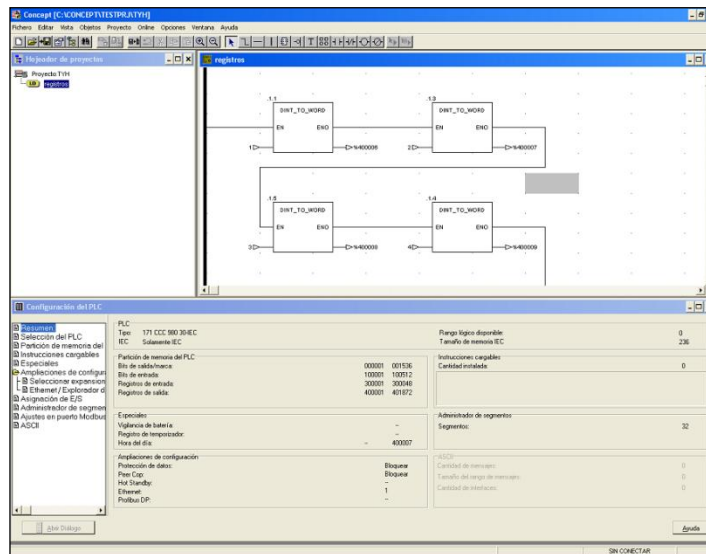


Figura A.2 Proyecto creado para el control de E/S mediante el adaptador de procesador 171CCC98030

[Fuente: Elaboración propia]

En la configuración del PLC (figura A.3) está designado el tipo de Dispositivo (171 CCC980 30-IEC) y las particiones de memoria básicas definidas por el software.

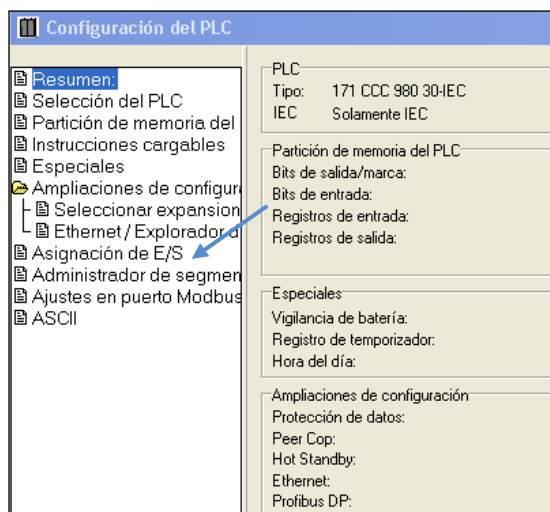


Figura A.3 Ventana de configuración del PLC en Concept

[Fuente: Elaboración propia]

Al seleccionar la opción “Asignación de E/S” aparecerá la ventana de la figura A.4. En ésta se muestra el número y tipo de estación asociada al dispositivo controlador. Además, se detalla el número de bits de entrada y bits de salida según la base utilizada; por el caso del sistema de monitorización se utilizaron bases de 16 entradas analógicas y 4 salidas digitales de 16 bits de resolución, por lo que el sistema de E/S maneja 256 bits de entrada y 64 bits de salida.

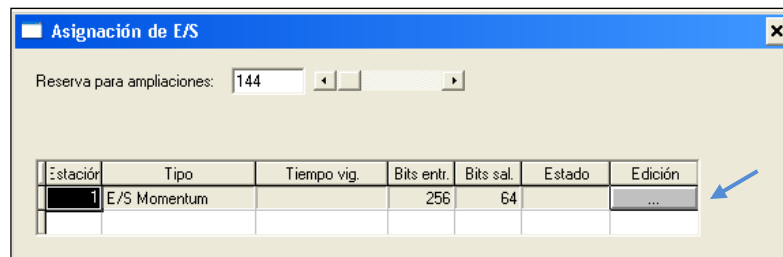


Figura A.4 Ventana de Asignación de E/S en Concept

[Fuente: Elaboración propia]

En la ventana mostrada en la Figura A.4, existe un botón de “Edición” que permite abrir la sección “Local Momentum Estación”, en la cual se muestra la base de E/S detectada (base de entradas analógicas AAI-140-00) además de los registros de referencia en la memoria interna del procesador.

En figura A.5 se puede observar que los registros de referencia para las entradas abarcan las posiciones del 300001 al 300016, y los registros de referencia para las salidas están ubicados del 400001 al registro 400004.

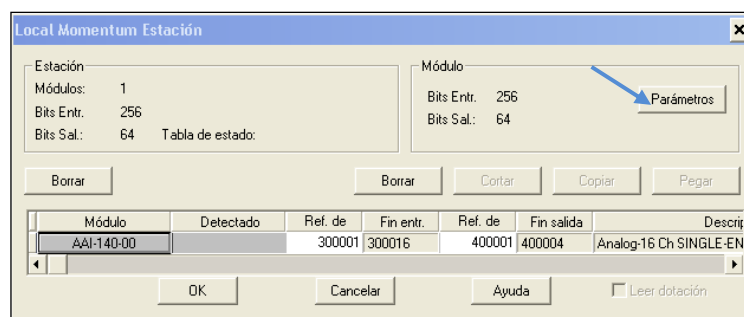


Figura A.5 Ventana de Local Momentum Estación en Concept

[Fuente: Elaboración propia]

Al pulsar el botón “Parámetros” de la ventana mostrada en la Figura A.5, se logra acceder a la configuración de cada uno de los 16 canales de entrada analógica. En el caso del sistema implementado se escogió la opción “-10V hasta +10V” para recibir el valor de tensión de salida brindado por el divisor de tensión explicado en la sección 5.2.1.2. En la figura A.6 se muestra la ventana de configuración para cada canal de entrada de la base 170-AAI-140-00.

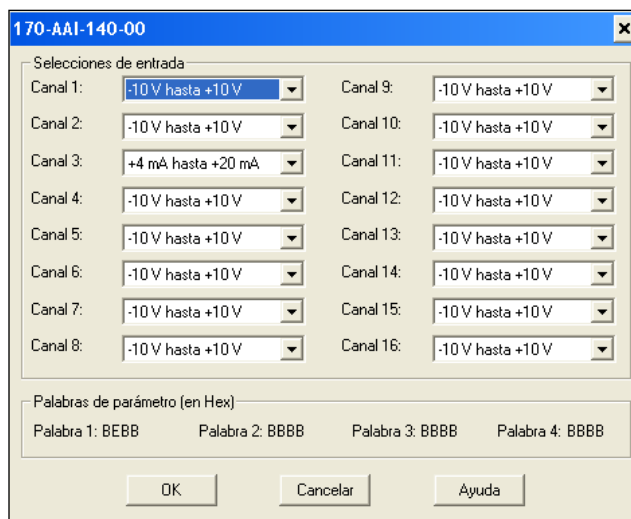


Figura A.6 Ventana de configuración para la base 170-AAI-140-00 en Concept
[Fuente: Elaboración propia]

El procedimiento de configuración de E/S expuesto determina el comportamiento de los dispositivos esclavos al adaptador de procesador. Para configurar los parámetros que determinan el direccionamiento del sistema maestro/esclavo se debe acceder nuevamente a la ventana de “configuración del PLC”.

En la figura A.3 se puede observar que existe la opción “Ampliaciones de configuración”; en donde a su vez existe la sección “Ethernet/ Explorador de E/S”. Al acceder a ésta última sección mencionada, se despliega la ventana que permite determinar el tipo de módulo Máster (Procesador 171CC98030) con su respectiva Dirección IP, Gateway y Máscara Subnet, así como la información de cada dispositivo esclavo.

A.6 Muestreos de señal

Tabla A.1 Muestreo de valores digitales en el DAQFactory vs valores de tensión

Valor ADC	Tensión (V)
3966	1,21
3969	1,211
3972	1,212
3970	1,212
3978	1,213
3983	1,215
3990	1,217
3996	1,219
4002	1,221
4005	1,222
4008	1,223
4009	1,223
4013	1,224
4027	1,228
4036	1,231
4045	1,234
4059	1,238
4060	1,239
4074	1,242
4080	1,245
4099	1,25

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla A.2 Muestreo de valores de tensión en el DAQFactory vs valores de temperatura

Tensión de salida del divisor (V)	Temperatura (°C)
4,604320906	27,8
4,593463062	27,7
4,578985938	27,6
4,566921667	27,5
4,542793125	27,4
4,533141709	27,3
4,528316	27,2
4,518664584	27,1
4,509013167	27,1
4,499361751	27
4,489710334	26,9
4,472217141	26,9
4,439040397	26,7
4,424563272	26,7
4,410086147	26,6
4,37148048	26,4
4,354590501	26,3
4,279792023	26
4,260489189	25,9
4,253250627	25,9
4,212232106	25,7
4,20258069	25,6
4,190516419	25,6
4,176039294	25,5
4,166387877	25,4
4,156736461	25,3
4,135020773	25,3
4,125369357	25,1
4,11571794	25
4,106066524	24,9
4,089176545	24,8

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla A.3 Muestreo de valores de tensión en el DAQFactory vs valores de humedad relativa

Tensión de salida del divisor(V)	Humedad relativa (%)
2,12270041	72
2,12270041	72
2,096159014	71
2,081681889	71
2,02377339	68
1,934497786	65
1,922433515	64
1,900717828	63
1,871763578	62
1,850047891	61
1,83798362	60
1,806616516	59
1,748708016	57
1,724579475	56
1,719753767	55
1,707689496	54
1,676322392	53
1,642542434	52
1,613588184	51
1,606349621	50
1,565331101	49
1,55326683	48
1,538789705	47
1,517074018	46
1,485706914	45
1,461578372	44
1,435036976	40
1,430211268	39
1,408495581	38

[Fuente: Elaboración propia]

Tabla A.4 Valores de tensión en el DAQFactory vs valores de presión medida por el transmisor de presión KELLER

Tensión(V)	Presión (bar)
2,036	0
4,065	0,075
6,096	0,150
8,133	0,225
10,163	0,300

[Fuente: Hoja de datos del Transmisor KELLER]

Tabla A.5 Valores de tensión en el DAQFactory vs valores de presión medida por el transmisor de presión Huba Control

Tensión(V)	Presión (bar)
2,051	0
4,591	0,050
5,861	0,075
8,402	0,125
10,180	0,160

[Fuente: Hoja de datos del Transmisor Huba Control]

Tabla A.6 Muestreo de valores de la altura obtenida en el DAQFactory en comparación con la altura medida según la sonda calibrada para el tanque 3

Numero de Medida	Altura en el DAQFactory (cm)	Altura medida con la sonda (cm)	Desviación estándar (%)
1	88	86	0,785
2	89	87	0,785
3	91	88	1,178
4	92	89	1,178
5	92	90	0,785
6	93	91	0,785
7	94	92	0,785
8	95	93	0,785
9	95	94	0,392
10	96	95	0,392
11	97	96	0,392
12	99	97	0,785
13	101	98	1,178
14	102	99	1,178
15	103	100	1,178
16	105	101	1,571

[Fuente: Elaboración propia]

A.7 Volumen del líquido en un cilindro horizontal

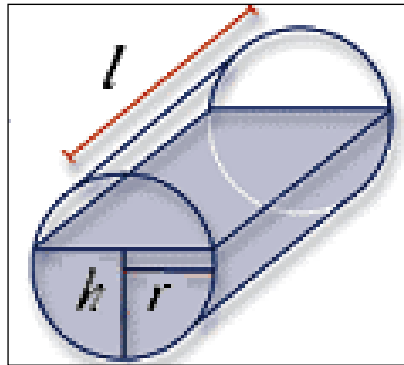


Figura A.7 Cilindro horizontal

[Fuente: Elaboración propia]

Como se observa en la figura A.12, la variación del volumen líquido dentro del contenedor depende de tres variables: el radio de la cara circular (r), el largo del tanque (l) y la altura que posea el líquido (h). Centrando en el origen del plano cartesiano al cilindro, la ecuación que define su área transversal es:

$$r^2 = x^2 + y^2 \quad (\text{A.1})$$

O bien en coordenadas cilíndricas. Como se puede observar en la figura A.11 el cilindro está cortado horizontalmente por el plano $z = h$ el cual lo corta en una sección circular determinada por los ángulos θ_1 y θ_2 (medidos desde el origen). Como el corte realizado por el plano horizontal es simétrico con respecto al eje x , podemos decir que solo nos interesan los ángulos θ_1 y θ_2 . Haciendo uso de la conversión de coordenadas cartesianas a cilíndricas:

$$r = h \csc \theta \quad (\text{A.2})$$

Definiendo los límites para coordenadas cilíndricas, la expresión de la integral de volumen a resolver es:

$$V_{\text{cilindro}} = 2 \int_0^{\theta_2} \int_{h \csc(\theta)}^R \int_0^l r dz dr d\theta \quad (\text{A.3})$$

Finalmente, resolviendo la integral y tomando en cuenta que la altura, el radio y el largo del cilindro están en centímetros

$$V_{Tanque} = \left[\frac{\pi}{2} r^2 + h\sqrt{2hr - h^2} - r\sqrt{2hr - h^2} - r^2 \tan^{-1} \left(\frac{r-h}{\sqrt{2hr-h^2}} \right) \right] l \text{ [cm}^3\text{]} \quad (\text{A.4})$$

Anexos

Anexo B.1 Hoja de datos del transmisor de presión piezoresistivo KELLER



PIEZORESISTIVE PRESSURE TRANSMITTERS ABSOLUTE-, GAUGE- AND DIFFERENTIAL PRESSURE

SERIES 23 / 25

These piezoresistive transmitters have been designed for precision applications in industrial environments for pressures ranging from 0,2 to 1000 bar, liquids or gas.

- Series 23 Male pressure port
Accuracy 0,5%FS, optional 0,1 and 0,2%FS
- Series 25 Flush diaphragm
Accuracy 0,5%FS, optional 0,1 and 0,2%FS



Series 23



Series 25

• **A Complete Range**

Absolute, barometric, gauge (over- and underpressure) and differential for wet/wet applications. 13 nominal pressure ranges. Current or voltage output.

• **Flexibility**

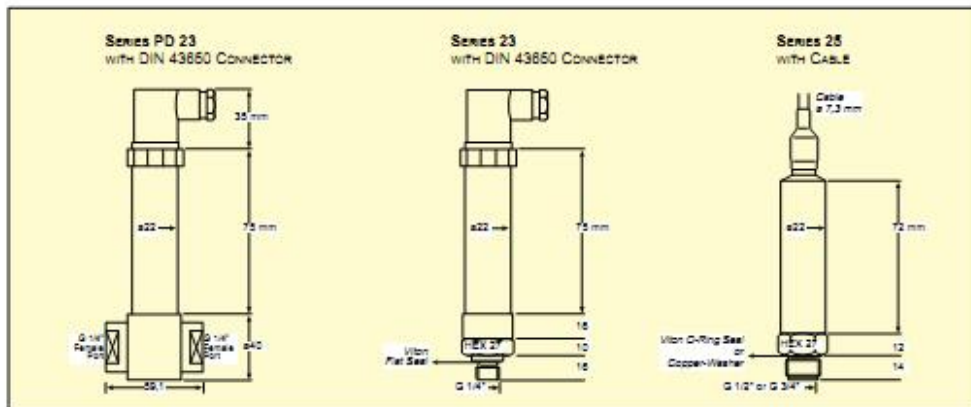
A modular concept uses the selection of off-the-shelf capsules, allowing a customised production. Numerous options and variants are available, fully adapted to the customer's requirements: Mechanical and electrical interface, ports, signal outputs, materials in media contact, oil filling, oxygen-compatibility, special features, flameproof- and intrinsically safe versions.

• **Reliability / Quality**

These transmitters use the highly stable KELLER Series 10 capsules, proven in millions of applications throughout the world. Each capsule is subjected to severe tests and calibration procedures. The transmitters are manufactured and tested according to ISO 9001 / EN 29001.

The type of the transmitter is defined according to the reference pressure:

- PAA-23/25 Absolute Pressure Transmitter (Zero at 0 bar abs.)
- PA-23/25 Sealed Gauge Pressure Transmitter (Zero at = 1 bar abs.)
- PR-23/25 Vented Gauge Pressure Transmitter (Zero at atmospheric)
- PD-23 Differential Pressure Transmitter (wet / wet)



Subject to alterations

4/99

KELLER AG für Druckmesstechnik KELLER Gesellschaft für Druckmesstechnik mbH	St. Gallenstrasse 119 Schwarzwaldstrasse 17	CH-8404 Winterthur D-79798 Jestetten	Tel. 052 - 235 25 25 Tel. 07745 - 9214 - 0	Fax 052 - 235 25 00 Fax 07745 - 9214 - 50
--	--	---	---	--

Companies approved to ISO 9001 / EN 29001

Internet: <http://www.keller-druck.ch>



KELLER

SPECIFICATIONS

	Pressure Ranges (FS) in Bar									
	+1	+0,5	+0,2	0,2	0,5	1	2	5	10	20
PR +23/25										
PD-23				0,2	0,5	1	2	5	10	20
PAA-23/25				0,2	0,5	1	2	5	10	20
PA-23/25						1	2	5	10	20
Overpressure	+1	+1	+1	2,5	2,5	3	4	10	20	40
Overpressure Ref.-Side PD				1	1	2	3	7	15	25
PD, static line pressure	200 bar max.									

Linearity ⁽¹⁾ +Hysteresis+Repeatability	±0,2%FS typ., ±0,5%FS max.		(¹) best straight line, based zero
Storage+Operating Temperature	+40...100°C		
Compensated Temperature Range	+10...80°C		
Temperature Coefficients...	or Zero, in %FS/°C		or Sensitivity, in %/°C
· Range > 1 bar	0,005 typ.	0,01 max.	0,02 max.
· Range 1 bar	0,010 typ.	0,02 max.	0,02 max.
· Range 0,5 bar	0,015 typ.	0,03 max.	0,02 max.
· Range 0,2 bar	0,025 typ.	0,05 max.	0,02 max.
Stability			
· Range > 2 bar	0,1%FS typ.	0,2%FS max.	
· Range ≤ 2 bar	1 mbar typ.	2 mbar max.	

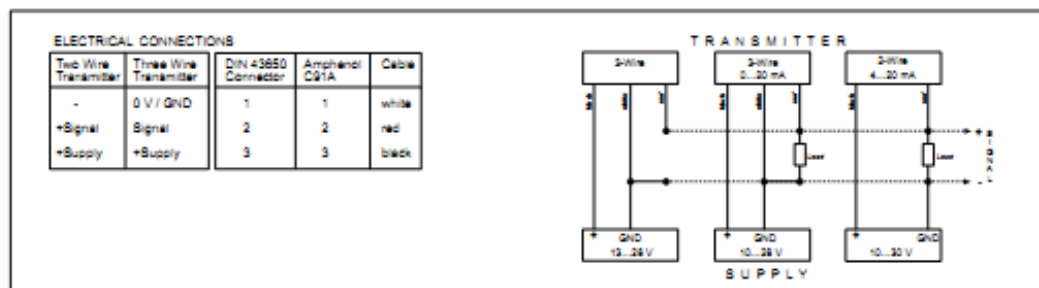
Signal Output / Type	4...20 mA / 2-Wire	0...20 mA / 3-Wire	0...10 V / 3-Wire
Supply	10...30 VDC	10...28 VDC	13...28 VDC
Load Resistance (R _L)	(U-10V)/0,02A	(U-5V)/0,02A	> 5 k

Electrical Connection	· Plug DIN 43850, protection IP 65 · Cable (with reference tube for gauge); protection IP 65 < 0,1 mm ²
Volumetric Change	See drawings front page
Pressure Connection	See drawings front page
Material in Media Contact	Stainless steel 316L (DIN 1.4435), viton
Protection	IP65
Weight	PR/PA/PAA: ~ 180 g PD: ~ 440 g
Insulation	> 100 MΩ@50 V
Endurance	> 10 million cycles 0...100%FS at 25°C
Frequency Response	1 kHz (5 kHz option)



Series PD-23

Options	On request; many possibilities
Pressure Connection, Electrical Out	All pressure ranges between 0,2 and 1000 bar, diff. units
Pressure Ranges	All pressure ranges between 0,2 and 1000 bar, diff. units ±0,1 and ±0,2%FS or any customer requirement
Linearity, Specifications	Hastelloy C, monel, platinum, nickel, tantalum, gold-plated
Materials in Contact with Media	Fluorized oil (O ₂ -compatible), olive-oil, low temperature oil
Oil Filling	Flameproof and intrinsically safe version
Hazardous Applications	IP67
Protection	up to 800 bar (PD only)
Higher Static Line Pressure	



Subject to alterations

4/99

KELLER AG für Druckmesstechnik St. Gallenstrasse 119 CH-8404 Winterthur Tel. 052 - 235 25 25 Fax 052 - 235 25 00
KELLER Gesellschaft für Druckmesstechnik mbH Schwarzwaldstrasse 17 D-79796 Jestetten D-79745 - 9214 - 0 Fax 07745 - 9214 - 50

Companies approved to ISO 9001 / EN 29001

Internet: <http://www.keller-druck.ch>

Level pressure sensing transmitter type 681

Pressure range
0 ... 0.1 – 25 bar



The pressure transmitters of type 681 with piezoresistive measuring elements have compensated, calibrated and amplified sensor signals which are available as standard voltage or current outputs.

In the immersion-sensor version with a salt water and oil-resistant connection cable they are specially suited for level measurement, even in the presence of corrosive liquids.

The cable incorporates a tube for compensation of the ambient pressure.

Manufactured from stainless steel, its welded construction provides a watertight seal.

- Mechanically protected diaphragm due to special head design
- Supplementary weight (option) improves stabilization of sensor in turbulent media
- Effective overload protection due to chemically etched chip diaphragm and specially designed glass gland
- Compact construction using SMD technology, enhances operational reliability in the presence of shock and vibration
- Welded construction provides 100% sealing against media



Technical overview

Pressure ranges ¹⁾

Relative	0 ... 25 bar
Absolute	optional available

Overload

At Pressure ranges 0 ... 25 bar	3x pressure range, min. 3 bar
---------------------------------	-------------------------------

Rupture pressure

At Pressure ranges 0 ... 25 bar	>200 bar
---------------------------------	----------

Medium

Permissible medium	according order code selection table (other medium on request)
--------------------	--

Material

Diaphragm, case	Stainless steel 1.4435 (316L)
Sealing material	Titan
Cable	PPM (other at request)
Cable	PUR, PE oder teflon

Temperature ²⁾

Medium temperature	+5 ... +80 °C
--------------------	---------------

Output and power supply ³⁾⁴⁾

	output	power supply	permissible load ⁵⁾
3-wire	0 ... 5 V	12 ... 30 VDC	> 10 kOhm
2-wire	0 ... 10 V	12 ... 30 VDC	
2-wire	4 ... 20 mA	9 ... 33 VDC	supply voltage + 5V / 0.02 A (Ohm) max.
2-wire (Ex)	4 ... 20 mA	9 ... 28 VDC	supply voltage + 5V / 0.02 A (Ohm) max.

Exversion

Ex-Admission	gas	dust
Standards	II 1G Ex ia IIB/IIC T3 ... T6 EN 60079-0 / EN 60079-11	II 1D Ex IaD 20 IP6x T145 ... T70 °C EN 61241-0 / EN 61241-11

Temperature class Exversion

Medium temperature	T6 +5 ... +50 °C	T4 +5 ... +80 °C
--------------------	---------------------	---------------------

Electrical connection

Cable	PUR, PE or teflon (in variable lengths)
-------	---

Tests / Admissions

	norm	character	level
Mechanical load	EN 60068-2-6	vibration	10 g (4 ... 2000 Hz, oscillation ± 10 mpp)
	EN 60068-2-27	shock	100 g (pulse duration 6 ms)
Interference emit	EN 55022	emitted interference, class B	< 30 dBµV/m (0.03 ... 1 GHz)
	EN 61000-4-2	discharge static electricity	8 kV contact, 15 kV air discharge
	EN 61000-4-3	electromagnetic radiation	10 W/m, 0.08 ... 2.7 GHz, 80% AM 1 kHz, 3 s
Interference resistance	EN 61000-4-4	fast transients (burst)	4 kV
	EN 61000-4-5	impulse voltage (surge)	Line-Line 0.5 kV/42 Ohm, Line-Earth 1 kV/42 Ohm
	EN 61000-4-6	grid-bound electromagnetic blockage	10 V, 0.15 ... 80 MHz, 80% AM 1 kHz, 3 s

Packaging

Single packaging	carton padded cellular material
------------------	---------------------------------

Weight

Without supplementary weight (without cable)	~ 145 g
With supplementary weight (without cable)	~ 405 g
Cable	~ 50 g/m

Accuracy

	total error band (%) [±%fs] per pressure ranges [bar]		
	0.1 ... 0.5	> 0.5 ... 2	> 2 ... 100
Characteristic line deviation [±%fs] 0.25 oder 0.1 (typ./max.) +5 ... +50 °C	1.0 / 1.5	0.7 / 1.0	0.7 / 1.0
(typ./max.) +5 ... +80 °C	2.0 / 2.5	1.0 / 1.5	1.0 / 1.5
Characteristic line deviation [±%fs] 0.05 (typ./max.) +5 ... +50 °C	=	0.3 / 0.5	0.3 / 0.5
(typ./max.) +5 ... +80 °C	=	0.75 / 1.0	0.75 / 1.0

¹⁾ total error band incl. characteristic line deviation, temperature error zero point and operating range, hysteresis and repeatability at max. signal range.

Anexo B.3 Hoja de datos de la fuente Telemecanique de 24Vcd/1.2 A

Product Data Sheet

ABL8MEM24012

PHASEO POWER SUPPLY 24VDC 1.2AMP



List Price \$141.00 USD

Availability Stock Item: This item is normally stocked in our distribution facility.

Technical Characteristics

Marketing Trade Name	Phaseo®
Brand	Schneider Electric
Input Voltage	100 to 240 Vac
Output Voltage	24 Vdc
Phase	1-Phase
Nominal Power	30 W
Nominal Current	1.2A
Mounting	DIN Rail / Panel
Wire Range	#14 to #26 AWG
Tightening Torque	5.3 lb-in (0.6 Nm)
UL Listing	File Number: E164867 NMTR, E164867 NMTR7
CSA Certification	File Number: 204701 5311-07, 204701 5311-87
CE Marked	Yes
RoHS	Yes
Weight	0.43 lbs (0.20kg)

Shipping and Ordering

Category	22525 -
Discount Schedule	CP12
GTIN	00785901551508
Package Quantity	1
Weight	0.51 lbs.
Availability Code	Stock Item: This item is normally stocked in our distribution facility.
Returnability	Y
Country of Origin	CN

As standards, specifications, and designs change from time to time, please ask for confirmation of the information given in this document.

Generated: 09/19/2011 16:31:29

© 2011 Schneider Electric. All rights reserved.

Schneider
Electric

1

Anexo B.4 Hoja de datos del adaptador de comunicación 170ENT11002

Product data sheet Characteristics

170ENT11002 ADAPTADOR DE COMUNICACIÓN ETHERNET MOMENTUM



Principal

Rango de producto	Plataforma de automatización Modicon Momentum
Tipo de producto o componente	Adaptador de comunicaciones Ethernet TCP/IP
Protocolo de puerto de comunic	Ethernet TCP/IP
Método de acceso	De igual a igual Maestro/Eslavo
Velocidad de transmisión	10 Mbit/s
Medio de soporte de transmisión	Cable pares trenzados blindados

Complementario

Configuración de módulo	Servidor BOOTP para asignar parámetros IP
Topología	Multipunto, red en estrella
Puerto Ethernet	10base-T
Número de dispositivos	0...32 por segmento ≥ 0 con concentrador o repetidor
Longitud de cable	1000 m sin repetidor ≥ 1000 m con repetidor
Direccionamiento	Dirección global única IEEE Usuario asignado a dirección IP
Estado de fallo	Prot. contra fallos
Parámetros de control	CRC-32
Alimentación	Desde base de E/S
DESC	CE
Señalizaciones frontales	1 LED verde módulo activo (RUN) 1 LED verde estado de la red Ethernet (LAN)
Conexión eléctrica	1 conector RJ45 para 10BASE-TX
Peso del producto	0,07 kg

Entorno

Certificados de producto	CSA FM clase 1 división 2 UL
Normas	CSA FM clase 1 división 2
Grado protección IP	IP20
Tratamiento de protección	TC
Resistencia a descargas electrostáticas	4 kV contacto IEC 801-2 8 kV en aire IEC 801-2
Resistencia a campos electromagnéticos	10 V/m 80...1000 MHz IEC 801-3
Temperatura ambiente de funcionamiento	0...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85 °C
Humedad relativa	95 % sin condensación
Altitud máxima de funcionamiento	≤ 5000 m
RoHS EUR conformidad de fecha	102010
RoHS EUR status	Será adecuado

Anexo B.5 Hoja de datos de la base de E/S 170AAI14000

Product data sheet Characteristics

170AAI14000

entrada analógica distribuida Modicon
Momentum - 16 E de un solo extremo



Principal

Rango de producto	Plataforma de automatización Modicon Momentum
Tipo de producto o componente	Base de entrada analógica
Número de entrada analógica	16
Tipo de entrada analógica	De único extremo
Rango de entrada analógica	4...20 mA 12 bits < 0,25 Ohm +/-10 V 12 bits + signo > 2200 kOhm +/-5 V 12 bits + signo > 2200 kOhm
Tipo de filtro	Filtro de entrada de paso bajo 10 kHz

Complementario

Formato de los datos	16 bits con signo completo
Error de precisión absoluto	+/- 0,15 % de escala completa 25 °C +/-10 V +/- 0,15 % de escala completa 25 °C +/-5 V +/- 0,25% escala completa 25 °C 4...20 mA +/- 0,25% escala completa 80 °C +/-10 V +/- 0,25% escala completa 80 °C +/-5 V +/- 0,45% escala completa 80 °C 4...20 mA
Variación de temperatura	30 %FS/°C +/-10 V 80 °C 30 %FS/°C +/-5 V 80 °C 80 %FS/°C 4...20 mA 80 °C
Escala completa	5 V +/-5 V 10 V +/-10 V 16 mA 4...20 mA
Tiempo de actualización	≤ 25 ms
Aislamiento entre vías y tierra	1.780 V CA durante 1 minuto
Aislamiento entre alimentación y tierra	500 V durante 1 minuto
Tensión admitida, modo común	100 V 47...63 Hz CC entre canales a tierra 250 V 47...63 Hz AC entre canales a tierra
Requisitos de potencia externa	+/- 30 V CC
Disipación de potencia en W	≤ 5,65 W
Protección contra inversión de polaridad	Interno
Tipo de protección	Interno de 2 A fusión lenta
Capacidad de fusible asociado	500 mA fundido rápido
DESC	CE
Señalizaciones frontales	16 LEDs estado de canal
Conexión eléctrica	2 conectores para borneros extraíbles
Consumo de corriente	305 mA 24 V CC
Peso del producto	0,215 kg

Entorno

Certificados de producto	CSA FM clase 1 división 2 UL
Tratamiento de protección	TC
Resistencia a descargas electrostáticas	4 kV contacto IEC 801-2 8 kV en aire IEC 801-2
Resistencia a campos electromagnéticos	10 V/m 80...1000 MHz IEC 801-3
Temperatura ambiente de funcionamiento	0...80 °C

29-ago-2011

Schneider
Electric

1

Anexo B.6 Ethernet IP Address Download Utility

The following is a sample of the steps required to configure an IP Address for a Momentum ENT Ethernet communication adapter.

```
C:\Ethernet>bootp!t 000054100123 192.168.1.35_
```

1. From the DOS prompt, as shown above, enter the command < bootp!t>, followed by a space, than the MAC Address of the target device (communication adapter), followed by a space, and than the IP Address that is being assigned to the target device. Then press the <enter> key.

```
C:\Ethernet>bootp!t 000054100123 192.168.1.35
Using MAC address 000054100123 and IP address 192.168.1.35
Did you PING to prove that this IP address does not already exist?
Enter Y to continue: _
```

2. The message as shown above, will appear below the DOS command that you entered, and will first repeat the MAC address and IP address information that was entered. The message on the next line ask if you have checked the network to insure that there are no other devices connected that already have the same IP address that is to be written to the selected target device. Using the PING command with the IP address, the computer will send out a message over the network with the selected IP address and wait for a response. If there is no device on the network with this IP address, the PING message will receive 4 "Request Timed Out " responses. Enter Y and the Bootp function will continue.
If there is a device on the network that already has the IP addressed assigned to it, the response will be 4 messages "Reply from 192.168.1.35: bytes=32 time<10ms TTL=128" . At this point you should select another IP address to write to the target device.

```
Continue BOOTP initialization
You should power cycle the Ethernet module now
Sending bootp message 10 of 10
```

3. Once "Y" is entered, the Bootp program will begin the broadcast sequence, where it will write the selected IP address to the target device (Momentum communication adapter in this example), which has been identified by its MAC address. A total of 10 messages are written to the target device,. During this write operation, the power to the target device **must** by cycled (turned off and on again).

```
BOOTP broadcast sequence complete
Found node type = 1: ENT Communication Adapter
Do you wish to save this IP address to the ENT flashram?
Enter Y to continue:
```

4. When the Bootp program has finished sending the 10 messages to the target device, display above indicates the "Bootp broadcast sequence is complete". The program identifies the target device (ENT communication adapter) that has been given the new IP address. The user is asked if they want to now save the new IP address in the Flash memory of the communication adapter.

Note: It is highly recommended that new IP address is saved to the non-volatile Flash memory on the ENT communication adapter. In the event of a power failure, the IP address will be saved and when power is returned, the communication adapter will start up with it IP address and resume communications.

```
Enter Y to continue: y
Continue save IP to ENT flashram
Send of 'record IP address' request message complete
Second connect succeeded. The ENT module should now have the desired
IP address saved to flashram. To prove this, it is best to power cycle
the ENT one more time. Then, after the 20 second powerup initialization
period has elapsed, you should be able to PING the unit, and it should
retain this ability after all subsequent power failures.
```

5. Enter "Y" to confirm that the IP address is to be saved in communication adapter's Flash memory and when the operation is complete the message above is displayed. At this point the Bootp operation is complete, the communication adapter has an IP address and can be communicated to by other Ethernet devices on the network.

Anexo B.7 Hoja de datos del módulo Ethernet de E/S ET-7017



Analog Input & Digital Output

Features

- Built-in Web Server
- Communication Security
- Modbus/TCP Protocol
- 2-way Isolation/ESD Protection
- Built-in Dual Watchdog
- 10/100 Base-TX Ethernet
- I/O Pair Connection
- AI Type: 8 Differential (mV, V, mA)
- DO Type: 4 Open Collector Output
- Over Voltage Protection is up to 240 V_{DC}
- Jumper Setting for Current or Voltage Input



Introduction

The ET-7017, a web-based Ethernet I/O module, features a built-in web server, which allows configuration, I/O monitoring and I/O control by simply using a regular web browser. Besides, with the web HMI function, no more programming or HTML skills are needed; creating dynamic and attractive web pages for I/O monitoring and I/O control would be fun to engineers ever after. The ET-7017 offers easy and safe access for users from anytime and anywhere! In addition, ET-7017 also supports Modbus/TCP protocol that makes seamless integration to SCADA software.

The ET-7017 is a 16-bit, 8-channel differential analog inputs and 4-channel digital outputs module that provides programmable input range on all analog channels (+/-150 mV, +/-500 mV, +/-1V, +/-5V, +/-10V, +/-20 mA, 0 ~ 20 mA and 4 ~ 20 mA) and digital output can be set alarm output. Each analog channel is allowed to configure an individual range and has 240 V_{DC} high over voltage protection. Jumper selectable for voltage or current input.

I/O Specifications

Analog Input		
Input Channels	8 (Differential)	
Input Type	+/-150 mV, +/-500 mV, +/-1V, +/-5V, +/-10V, +/-20 mA, 0 ~ 20 mA, 4 ~ 20 mA (Jumper selectable)	
Resolution	Normal Mode	16-bit
	Fast Mode	12-bit
Sampling Rate	Normal Mode	10 Samples/Sec. (Total)
	Fast Mode	50 Samples/Sec. (Total)
Accuracy	Normal Mode	+/-0.1%
	Fast Mode	+/-0.5% or better
Bandwidth	Normal Mode	15.7 Hz
	Fast Mode	78.7 Hz
Zero Drift	+/-20 μ V/°C	
Span Drift	+/-25 ppm/°C	
Input Impedance	2 M Ω	
Current	125 Ω	
Common Mode Rejection	86 dB Min.	
Normal Mode Rejection	100 dB	
Over Voltage Protection	240 V _{DC}	
ESD Protection	+/-4 kV (Contact for each channel) +/-8 kV air for random point	
EFT Protection	+/-4 kV for Power	
Digital Output		
Output Channels	4 (Sink)	
Output Type	Isolated Open Collector	
Max. Load Current	700 mA/Channel	
Load Voltage	5 V _{DC} ~ 50 V _{DC}	

Applications

Building Automation, Factory Automation, Machine Automation, Remote Maintenance, Remote diagnosis, Testing Equipment.

System Specifications

System	
CPU	80186 CPU (80 MHz)
SRAM	512 KB
Flash Memory	512 KB
EEPROM	16 KB
Dual Watchdog	Yes
Communication	
Ethernet Port	10/100 Base-TX (With link, activity led indicator) and auto MDI/MDI-X connection
2-way Isolation	
Ethernet	1500 V _{DC}
AI and DO	2500 V _{DC}
LED Display	
L1 LED	as run indicator
L2 LED	as Link/Act indicator
L3 LED	as 10/100M indicator
Power Requirements	
Protection	Power reverse polarity protection
Required Supply Voltage	+10 V _{DC} ~ +30 V _{DC} (non-regulated)
Power Consumption	0.10 A @ 24 V _{DC} Max.
Mechanical	
Dimensions (W x H x D)	72 mm x 123 mm x 35 mm
Installation	DIN-Rail or Wall mounting
Environment	
Operating Temperature	+25 °C ~ +75 °C
Storage Temperature	+30 °C ~ +80 °C
Humidity	5 ~ 90% RH, non-condensing

Anexo B.8 Hoja de datos del adaptador de procesador 171CCC98030

Product data sheet Characteristics

171CCC98030

adaptador procesador M1/M1E - capacidad de flash de 1 MB - 1 Ethernet, 1 RS485



Principal

Rango de producto	Plataforma de automatización Modicon Momentum
Clase	Clase B10
Concept	Transparent Ready
Tipo de producto o componente	Adaptador de procesador M1/M1E
Protocolo de puerto de comunic	Ethernet Modbus
Frecuencia de reloj	50 MHz
Designación de software	Concept V2.6 Modsoft >= V2.5 ProWORX 32 ProWORX NxT V2.0
Nombre de procesador	IEC ejecutivo basado en X 86 (INTEL, AMD)

Complementario

Servicios web	Cargador de páginas Web Editor de datos Herramienta de software de car Visor de rack
Alimentación	Por base E/S Momentum
Tipo de memoria	RAM 544 kB Parpadeo 1 MB
Número de puertos serie	1 RS485 1 Ethernet
Descripción de memoria	DATA 24 kB Memoria de programa 18 kB LL984 Memoria de programa 200 kB IEC
Capacidad límite E/S de procesador	E/S local en Modbus
DESC	CE
Servicio Ethernet	I/O scanning Mensajería TCP Modbus
Material	Lexan
Longitud de palabra	16 bit
Hora exacta para 1 Kinstrucción	1 ms
Capacidad E/S proces. discreta	8.192 E/8.192 S
Peso del producto	0,042 kg
Tensión de alimentación	5.0 V CC +/-5 %
Registrar capacidad E/S procesador	28048 I/28048 O

Entorno

Certificados de producto	FM clase 1 división 2 NEMA tipo 250 UL CUL
Tratamiento de protección	TC
Temperatura ambiente de funcionamiento	0...80 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	+40...85 °C
Humedad relativa	5...98 % sin condensación
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m
Resistencia a los choques	<= 15 gn de pico 11 ms onda med. seno
Resistencia a las vibraciones	0,75 mm d/a 1 gn

22-ago-2011

Schneider
Electric

1