

Diseño de un sistema de monitoreo de alarmas para un edificio hospitalario bajo la plataforma LabVIEW

Jorge Eduardo Borja Suco ⁽¹⁾, Ricardo Rony Jiménez Moya ⁽²⁾, Luis Fernando Vásquez Vera ⁽³⁾

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación (FIEC)

Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)

Campus Gustavo Galindo, Km 30.5 vía Perimetral

Apartado 09-01-5863. Guayaquil-Ecuador

E-mail: jborja@fiec.espol.edu.ec ⁽¹⁾, rjimenez@supertel.gob.ec ⁽²⁾, lufevave@fiec.espol.edu.ec ⁽³⁾

Director de Seminario de Graduación, Ingeniero Eléctrico, MSc, Escuela Superior Politécnica del Litoral (ESPOL)⁽³⁾

Resumen

En el proyecto se realiza el diseño de un sistema de monitoreo de alarmas para un edificio hospitalario bajo la plataforma LabVIEW. El objetivo principal es que cada vez que se suscite un problema ya sea de energía pública, de generación eléctrica, en el sistema de almacenamiento de agua, en los Calderos o en el sistema de Refrigeración, estos se reflejen a través de alarmas, las cuales sean enviadas como correos electrónicos o mensajes de textos por medio del Internet. A través del Software LabVIEW podemos cumplir con el objetivo propuesto en el actual proyecto ya que cuenta con las características suficientes y necesarias que se requieren. El software LabVIEW pertenece a la empresa estadounidense National Instruments, la cual también provee las tarjetas para la adquisición de datos Analógicos, Digitales, Temperaturas, etc., en este proyecto también hemos seleccionado el hardware adecuado para lograr nuestros objetivos.

Cabe recalcar que la solución propuesta puede ser implementada en cualquier edificio que también cuente con estos sistemas mencionados, ya sea de manera parcial como también en su totalidad.

Palabras Claves: LabVIEW, Monitoreo, Energía Pública, Generación Eléctrica, Almacenamiento de Agua, Calderos, Refrigeración.

Abstract

In the project we made the design of a system for a monitoring alarm for an hospital building under the platform LabVIEW. The principal objective is that whenever a problem is generated already inside public energy, electrical generation, in the system of water storage, in the cauldrons or in the refrigeration system, these are reflected across alarms, which are sent as e-mails or text messages by means of internet. Across the Software LabVIEW we can accomplish with the proposed objective in the current project since has the enough and necessary characteristics that are needed. The software LabVIEW belongs to the American Company National Instruments, which also provides the cards for the acquisition of Analogical information, Digital Temperatures, etc. In this project we also have selected the hardware adapted to achieve our aims.

It is necessary to emphasize that the proposed solution can be implemented in any building that also has the mentioned systems, in a partial way as well as in its totality.

Keywords: LabVIEW, Monitoring, Public Energy, Electric Power Generation, Water Storage, Cauldrons, Refrigeration.

1. Introducción

De acuerdo a visitas realizadas a distintos Edificios Hospitalarios en la ciudad de Guayaquil, hemos observado que han ocurrido graves problemas por la tardanza en la atención de emergencias de los sistemas Electromecánicos y de Infraestructura, y esto es muy preocupante ya que muchas de las vidas dependen del buen funcionamiento de estos sistemas en los

hospitales.

El objetivo del proyecto es obtener un proceso de tipo automático centralizado, el cual permita que justo en el momento en que se suscitan las emergencias de los principales sistemas de infraestructura, se reporten alarmas a direcciones de correo electrónico y números de celular del personal de mantenimiento. Estos sistemas mencionados y que forman parte de este estudio son: Energía Eléctrica, Sistema de

Generadores Eléctricos, Sistema de Calderos, Sistemas de Refrigeración y Cisternas de Agua por considerarse estos de suma importancia. Las alarmas deben ser enviadas a través de correo electrónico y por mensajes al celular vía internet al personal encargado de atender las emergencias, bajo la modalidad 7x24x365 (7 días a la semana/24 horas al día/365 días al año). Al obtener de manera oportuna las alarmas es mucho más fácil solucionarlas debido a que se sabrá dónde y cuándo suceden dichos eventos.

1.1 Antecedentes

Vivimos en un mundo en donde todas las organizaciones deben adaptarse rápidamente a los cambios mediante la innovación constante. Las nuevas exigencias generan presiones para establecer nuevas formas de proceder y aumentar el impacto de la institución en la comunidad, pues en muchos de estos casos la tecnología debe ir de la mano con los procesos de modernización.

Los hospitales ya sean públicos o privados, como prestadores de servicios de relevancia social deben estar preparados para la implementación de nuevas tecnologías que les permita mejorar la eficiencia y eficacia al prestar sus servicios. Pues como sabemos detrás del trabajo médico hospitalario existe una infraestructura física que debe operar en condiciones óptimas para evitar inconvenientes que afecten la operación del edificio.

Entre los productos ofrecidos por la empresa NATIONAL INSTRUMENTS encontramos tarjetas de adquisición de todo tipo así mismo uno de sus principales productos, el Software LABVIEW, que es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación bajo el lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico.

Los programas que se desarrollan con LabVIEW hoy en día tienen una gran acogida por los ahorros en tiempos de creación de soluciones gracias a su programación gráfica, y consiguen integrar Hardware y Software de cualquier fabricante mediante la adecuación de las señales de cualquier tipo. En la actualidad vemos grandes avances en estos sistemas gracias a la programación y funcionamiento de sistemas embebidos como el CompaqDAQ o el CompaqRIO que no dependen de PC's externas para realizar control sino que lo realizan de manera autónoma.

Un hospital moderno dotado con tecnología, con una organización apta para prestar servicios de calidad causa satisfacción en los usuarios y en el ambiente interno del personal. De esta forma en el sentido de modernización de un hospital se deben considerar varios factores como por ejemplo, la innovación constante a nivel tecnológico que permita el uso de sistemas ágiles y modernos mediante los cuales se reduzcan costos directos e indirectos para el monitoreo y revisión de toda la infraestructura, al mismo tiempo

se debe considerar el espacio físico que se ocupará con la instalación de los nuevos equipos a utilizar, que en caso de Labview por el tamaño compacto de sus DAQ es muy fácil diseñar un sistema completo que ocupe muy poco espacio sin necesidad de hacer grandes cambios en la infraestructura. Finalmente se requiere también del personal para poder manejar estos sistemas de forma eficiente, para el caso de LABVIEW tenemos la ventaja de contar con el denominado PANEL FRONTAL en el cual, dependiendo de la destreza del programador se pueden realizar paneles de operación para los usuarios, los cuales sí son fácilmente entendibles y por el trabajo de manejo y supervisión se reduce drásticamente por la facilidad con que se puede leer el sistema programado.

1.2 Objetivos Generales

Documentar y diseñar un sistema prototipo de monitoreo de alarmas para un edificio hospitalario modelado con sus sistemas a escala, bajo la plataforma LabVIEW.

1.3 Objetivos Específicos

- Investigar y recopilar información que permita identificar los componentes del software LabView que serán utilizados dentro de la solución.
- Desarrollar en el Software LabVIEW un programa que permita realizar de manera automática el Monitoreo del funcionamiento de los sistemas de Energía Pública, Sistema de Generación Eléctrica, Sistema de Abastecimiento de Agua, Sistema de Climatización, y Sistema de Calderos.
 - Acoplar las señales de entrada para que estas se encuentren dentro de los rangos permitidos por la DAQ seleccionada tomando en cuenta todas sus características.
 - Mejorar el control de calidad para los procesos de mantenimiento, predictivo, preventivo, correctivo y durante las emergencias.
 - Desarrollar un ambiente gráfico que permita observar el proceso de monitoreo en vivo desde un computador.
 - Llevar registro del monitoreo realizado por el Software.

1.4 Justificación

Se reducirá considerablemente el tiempo de solución que se emplea en la atención técnica a los sistemas mencionados, aportando de igual manera información útil para la toma de decisiones, además reducirá las posibilidades de fallas en equipos médicos que dependen de la energía eléctrica, en salas de esterilización que dependen del agua caliente, del agua suministrada al uso general, en los equipos de climatización que dependen de buen funcionamiento en los controles del aire acondicionado, logrando con

ello que el Hospital sea más eficiente en el ámbito de sus procesos internos.

También con esto el hospital puede establecerse en el medio como una entidad segura en lo que a infraestructura se refiere, brindando un mejor servicio, con calidad, a la sociedad.

1.5 Alcance

Este proyecto está enfocado en diseñar un sistema de monitoreo de alarmas para un edificio hospitalario, el cual será desarrollado sobre la plataforma LABVIEW.

Los sistemas de infraestructura que se consideran dentro del diseño y que son los que principalmente encontramos en estos edificios son los siguientes:

1. Sistema de Energía Pública.
2. Sistema de Generación Eléctrica.
3. Sistema de Abastecimiento de Agua.
4. Sistema de Climatización, y
5. Sistema de Calderos.

Ya que el prototipo es una representación limitada del hospital y de los sistemas en mención, diseñaremos la solución que nos permita experimentar y probar eventos similares pero en pequeña escala.

El prototipo se muestra en una maqueta, es rectangular, su base se encuentra hecha en madera y mide 55 cm X 35 cm y está distribuida por elementos que simulan ser cada una de los encontrados en un hospital y en sus cuartos de máquinas.

Todos los elementos hechos a escala menor serán representaciones de los originales y sus señales serán tomadas y convertidas al rango de aceptación de la DAQ seleccionada.

Una vez obtenida la señal ésta es procesada dentro del Software LabVIEW para luego de pasar los datos por las condiciones necesarias se guarden reportes locales en archivos con información del historial de los sistemas a monitorear.

Finalmente, el sistema enviará el detalle de las alarmas generadas mediante el Internet hasta el correo electrónico del personal definido para la atención de estos eventos, de igual manera a través del Internet se enviará un mensaje escrito a los celulares del personal indicado que indicará igualmente la eventualidad reportada.

Algo importante de esta solución es que puede ser utilizada en cualquier tipo de edificio que tenga estos sistemas mencionados.

2. Herramientas utilizadas

2.1 NI LabVIEW 2010

En Agosto del 2010, la Escuela Superior Politécnica del Litoral adquiere la versión de LABVIEW 2010, y pone a disposición de estudiantes y egresados esta herramienta en su última versión en los laboratorios de la Facultad de Ingeniería en

electricidad y Computación, FIEC.

Al igual que las versiones anteriores, en esta se pueden hacer programas relativamente complejos, lo cual para el usuario con poca experiencia sería muy difícil y llevaría mucho tiempo en desarrollar con lenguajes de programación tediosos.

Una de las principales características que hemos observado y estudiado es que se ha agregado a su infraestructura un compilador de código abierto LLVM (Low-Level Virtual Machine) a su compilador propio, de tal forma que se acelera la ejecución de los códigos de los programas.

Algo importante es que los programas realizados previamente se los puede usar para futuras herramientas más complejas como sub-herramientas, como en LABVIEW los instrumentos virtuales creados se llaman VI's, el uso de programas dentro de otros se identifica como SubVI's.

2.2 Programación en LABVIEW

Es importante definir un método de desarrollo de software para crear soluciones LABVIEW con este lenguaje gráfico, como podemos entender no obtendremos los mismos resultados si desarrollamos software sin una planificación previa ni una metodología definida, de ser así, los tiempos de diseño serán mayores, los costos de correcciones y actualizaciones serían más altos y en algunos casos hasta imposibles de enfrentar.

2.3 Barra de herramientas SMTP

Esta es una de las barras que nos ayuda a cumplir con unos de los objetivos finales de este proyecto, el cual consiste en enviar los detalles de las alarmas a nuestro celular o correo electrónico. La figura 2.4 nos muestra los diferentes botones formado por esta, los cuales se usan dependiendo de lo que necesitemos realizar, por ejemplo si deseamos enviar correo simple, correo con datos adjuntos o correo con múltiples adjuntos.

En nuestro proyecto vamos a obtener las alarmas a través de una tarjeta de adquisición de datos, analizarlas y procesarlas en LABVIEW y finalmente para mostrarlas las vamos a enviar a las direcciones de correo electrónico y números de celular que designemos para que reciban las alarmas.

2.4 Hardware

La herramienta más importante dentro de un sistema de adquisición de datos es la DAQ, la cual adquiere la información ya sea de voltaje, de corriente, de temperatura, etc., esta información es recibida por nuestro software y de esta manera comienza el proceso de análisis de la información. Cabe recalcar que para que nuestra DAQ pueda obtener esta información mencionada, debemos estar seguros que los niveles de

voltajes reales estén dentro de los rangos aceptados por esta DAQ, de no ser así, se debe usar o diseñar algún sistema de acondicionamiento de señal que nos permita a través de una transformación obtener los datos sin dañar la DAQ debido a sobre-corrientes o sobre-voltajes.

2.5 NI-USB-6009

La tarjeta de adquisición de datos NI-USB-6009 permite la adquisición de datos por el puerto USB de nuestro PC, la misma que nos permite la adquisición de señales tanto análogas como digitales, así mismo permite salida de señales tanto análogas como digitales. Todo esto encontramos en una sola tarjeta física compacta, la cual debe de ser previamente configurada con el driver correspondiente para el sistema operativo.

Por ser una tarjeta con puerto USB y con un número reducido de entradas y salidas se le utiliza para realizar pruebas de laboratorio.

3. Diseño del sistema

3.1 Esquema General

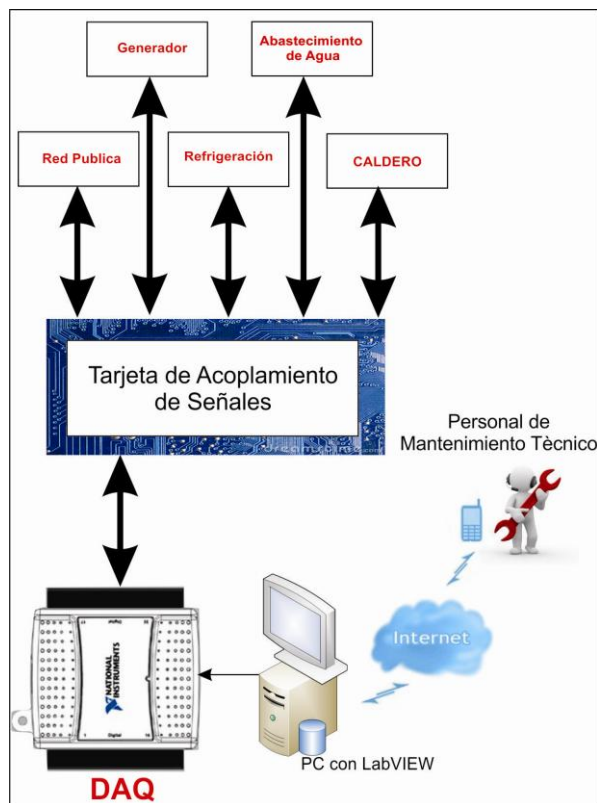


Figura 1. Esquema de la solución

Vale recalcar que para poder conectar los elementos monitoreados con la tarjeta de adquisición seleccionada para este proyecto (NI-USB-6009) debemos de considerar los voltajes de salida de los pines tanto en las salidas y entradas análogas como

digitales de esta tarjeta.

En el proyecto se diseña una tarjeta que acondiciona los niveles de voltaje entre la NI-USB-6009 y los elementos monitoreados, a esta tarjeta se le llama tarjeta de acondicionamiento de señales.

3.2 Prototipo

Para una mejor demostración de este proyecto se ha diseñado un Prototipo en una maqueta esquemática de un hospital (figura 3.1) en el cual vamos a tener los sistemas a monitorear pero en menor escala, el material de esta maqueta es de Policarbonato celular de 2 paredes de 4 milímetros en color azul, el cual es un material resistente, disminuye las variaciones bruscas de temperatura y protege contra los rayos ultravioletas permitiendo el paso de la luz.

Dentro de esta maqueta hemos utilizado los elementos representativos en cada uno de los sistemas, los cuales se alimentan tanto en AC como en DC.

3.3 Tarjeta de acoplamiento de señales

De acuerdo a nuestra experiencia durante la ejecución de este proyecto supimos comprender que la tarjeta de acoplamiento de señales es muy importante tanto para el acoplamiento de los voltajes como para protección de la DAQ a utilizar por lo tanto decidimos realizar como primer punto importante dentro del proyecto, el diseño y construcción de la misma de acuerdo a los niveles de voltaje de los elementos a colocar en la maqueta tanto en AC como en DC.

De esta forma nos ha tocado diseñar primeramente de manera individual la circuitería que permitirá los acondicionamientos mencionados, sabiendo que al final del diseño individual debemos de agruparlos en una sola tarjeta física por cuestiones de espacio y de facilidad de conexión, de tal forma que todos los elementos externos se interconecten a la NI-USB-6009 por medio de esta tarjeta que acondiciona las señales.

Como habíamos indicado si las 2 funciones principales de esta tarjeta son acondicionar señales y proteger, entonces nuestro circuito de acoplamiento debe de realizar estas funciones.

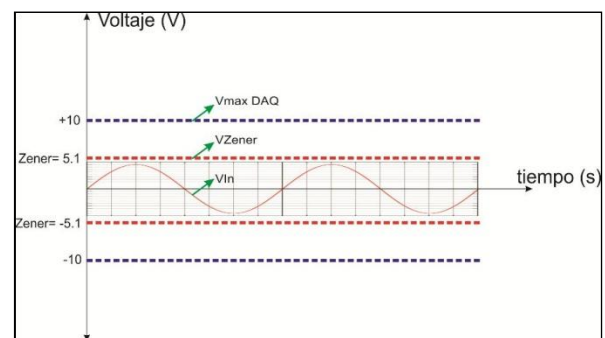


Figura 2. Entrada de señal acondicionada y con protección para la NI-USB-6009

3.4 Integración de circuitos de acoplamiento

Finalmente hemos integrado todos los elementos dentro de una sola tarjeta electrónica, la cual cuenta con todos los elementos mencionados anteriormente los cuales son necesarios tanto para la adquisición de datos dentro de los niveles apropiados para la DAQ, como por los requerimientos de protección por sobre voltajes, ya sean estos por problemas externos a nuestros equipos como por daños de circuitos propios de nuestra tarjeta de acoplamiento.

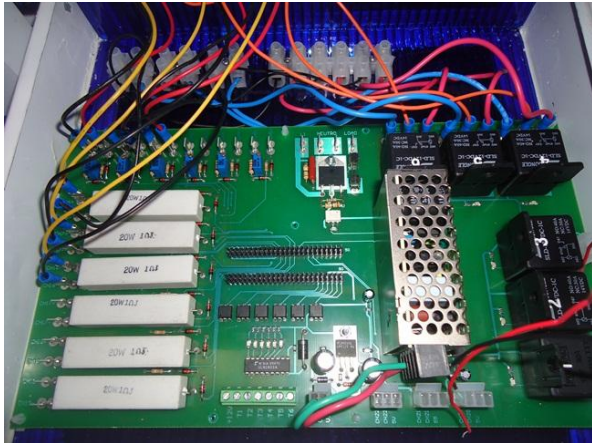


Figura 3. Tarjeta de Acondicionamiento

Debido a los requerimientos de corrientes y por el uso de relés dentro de esta tarjeta hemos tenido que diseñarla en tamaños mayores a los esperados, ya que finalmente el tamaño de esta es de 25 x 18 cm, tamaño que calzó justo en la parte inferior de la maqueta que hemos venido diseñando desde hace algunos meses.

Esta tarjeta se conecta a nuestra DAQ con un cable Plano DB50, siendo más conocido en el mercado como cable SCSI de 50 Pines.

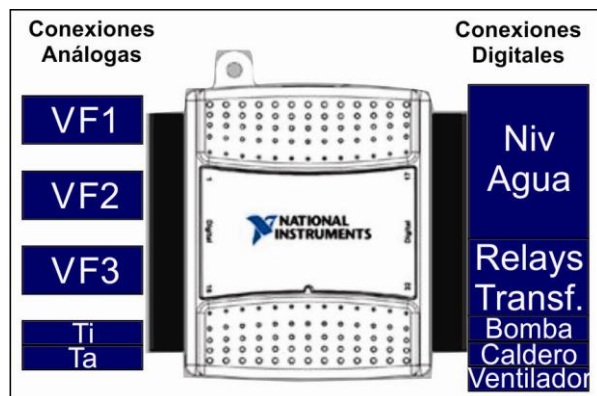


Figura 4. Diagrama esquemático de Conexiones

3.5 Entorno del Programa en LabVIEW

Es importante indicar que en este tipo de programas que contienen mucha información, es muy importante la forma en la cual se almacene y se procese la misma,

ya que si manejamos los datos de manera individual tendremos una gran cantidad de cables de conexión entre elementos, ciclos y operaciones, lo cual complicaría tanto la operación como el mantenimiento del instrumento.

La programación debe de iniciar en orden y de acuerdo a los parámetros recomendados por National Instruments, esto es, el uso adecuado de la estructuras modulares a través de ciclos, pilas de datos, programación por eventos, SubVI's para los casos de herramientas de uso frecuente, las recomendaciones relativas a la programación por estructuras de casos, y por ejemplo los bloques productor consumidor que nos ayudan a optimizar los recursos de memoria del equipo.

El primer paso es definir un nombre al proyecto a través del MAX, (Measurement Explorer), este se administra con una extensión lvproj, y es desde aquí que se pueden observar todos los controles, documentos de datos, variables, SubVI's, etc., que forman parte de la herramienta y por lo tanto se pueden administrar con mucha facilidad, ya que es muy similar al navegador de archivos que viene con el sistema operativo de nuestro computador de escritorio.

Por lo tanto en los diagramas de bloque mostrados vemos como hemos manejado el bloque de información en forma de arreglos, siendo estos un conjunto de datos con información de voltajes, corrientes, frecuencias, etc. Debido a esto, en el monitoreo de señales eléctricas de red pública y generador, es en donde más trabajo nos ha dado la representación con bloques formados por la herramienta Bundle, de la misma forma para la obtención de datos dentro de esta herramienta el uso de la herramienta Unbundle nos ha servido para la obtención de datos dentro de un paquete o pila de datos.

Otra de las herramientas importantes a mencionar durante este diseño es la de manejo de eventos bajo el esquema de bloques productor y consumidor, en donde el productor genera, bloques o pilas de datos para que posteriormente esta información sea utilizada por el bloque consumidor, así mismo que las variables definidas en el primer bloque puedan ser usadas en el segundo.

4. Pruebas Realizadas

En el Instrumento virtual desarrollado hemos decidido que una alarma es enviada a los celulares y correos del personal de mantenimiento cada 15 minutos, para el caso de los mensajes celulares, se enviará un mensaje indicando que existe una alarma presente, y en el caso de los mensajes de correo enviados a nuestras bandejas, se recibirá el detalle de la o las alarmas presentes en un archivo de texto. Si la alarma persiste durante más de 15 minutos entonces se enviará un segundo reporte en donde se podrá observar que la alarma aún se muestra en el sistema, por lo tanto

el personal de mantenimiento deberá tomar los correctivos adecuados para solucionar la emergencia en curso.

Los correos enviados a la cuenta asignada en el campo Mail Supervisor contienen una concatenación de textos la cual ha sido formateada con una estructura sencilla en donde se puede observar el error encontrado con la fecha y hora, lo cual nos ayuda a verificar el historial ante errores previos de alguno de los sistemas en el hospital.

Tabla 1. Alarmas enviadas al correo

ERROR	DESCRIPCION	FECHA	HORA
FASE1	SOBRE VOLTAJE	01/07/2011	22:35
FASE2	AUSENCIA FASE	01/07/2011	22:35
FASE1	BAJO VOLTAJE	01/07/2011	22:36
TANQ A	NIVEL BAJO	01/07/2011	22:37
TANQ B	NIVEL BAJO	01/07/2011	22:37
FASE3	SOBRE VOLTAJE	01/07/2011	22:39
FASE3	SOBRE VOLTAJE	01/07/2011	22:39
FASE2	SOBRE VOLTAJE	01/07/2011	22:39
FASE1	SOBRE VOLTAJE	01/07/2011	22:39
FASE3	BAJO VOLTAJE	01/07/2011	22:40

4.1 Datos Obtenidos por correo celular

Para el uso de esta herramienta es necesario que nuestro celular tenga activado el servicio de correo de datos, de los cuales hemos probado con la operadora CLARO, enviando un correo al usuario 7198048@clarofree.com, el cual previamente ya tenía activado el servicio de datos.

El mensaje obtenido fue el siguiente:

De:alarma.hospital@gmail.com;Asunto:Alarma;Mail:TANQUEELEVADONIVELBAJO

4.2 Análisis de Resultados

Los datos obtenidos reflejan lo que exactamente se busca en este proyecto como principal objetivo, que es la obtención de las alarmas monitoreadas en los principales sistemas de infraestructura encontrados en un hospital.

5. Conclusiones

1. El prototipo construido nos ha ayudado a comprender de mejor manera los eventos que se pueden producir durante una ejecución con equipos reales dentro de un hospital.

2. El sistema funciona correctamente desde un principio ya que seguimos todas las recomendaciones indicada por el Ing. Luis Vásquez y las encontradas en los diferentes documentos en la web, esto quiere decir que un diseño automático llevado con orden en todos sus procesos no debe de dar mayores inconvenientes durante las pruebas de funcionamiento con los elementos y señales reales.

3. El diseño de la tarjeta de acoplamiento de señales nos permitió conectar con toda seguridad las distintas entradas a nuestro sistema sin peligro de ocasionar daños por sobre-voltajes.

4. Es de suma importancia la integración de soluciones que ha sido planteada y diseñada en este proyecto ya que todos y cada uno de los inconvenientes mostrados por estos sistemas se manejan por el respectivo departamento de mantenimiento del hospital, de ahí que viene la importancia de centralizar la información de control y alarmas y almacenarla en un mismo sitio. Por todo esto vemos que es viable el uso de esta solución ya sea en un edificio hospitalario o de algún otro edificio que contenga estos sistemas como primordiales para el normal ejercicio de sus integrantes.

6. Recomendaciones

1. En el diseño realizado hemos usado archivos con extensión xls para almacenar la información, pero para situaciones en las cuales se desee almacenar durante mucho tiempo la información de alarmas reportadas por el sistema se lo debería de hacer en un software manejador de bases de datos como SQL Server u Oracle, que son programas que permiten el manejo de bases de gran tamaño y así mismo permiten la búsqueda de la de información con mucha facilidad.

2. Como dentro de las facilidades que permite uso mismo del software está la de tener toda la información en el equipo que hace las veces de almacenamiento y corrida de la información, podemos también levantar un servidor web dentro de este equipo con lo cual conectándolo al internet podemos acceder desde sitios remotos haciendo mucho más fácil la revisión de histórico de alarmas y estado del sistema.

3. El sistema de tanques de agua ha sido diseñado por separado a nuestra maqueta principal, esto se lo hizo por cuestiones de seguridad ante posibles movimientos de los niveles de agua o fallos no intencionales de la bomba, esto provocaría derramamiento de agua sobre la tarjeta de acoplamiento, fuentes o de la misma DAQ, por lo tanto para la realización de pruebas de este sistema se lo debe de colocar a una distancia prudente en la cual el derramamiento de agua no afecte a la circuitería de nuestro sistema.

4. Como podemos observar, de nuestro proyecto podemos ver que existen otras necesidades de las cuales podrían definirse nuevos temas de graduación para compañeros de las carreras que se imparten en la facultad, como por ejemplo el de manejo de datos de LabVIEW en manejadores de base de datos con SQL para revisión de históricos, o del manejo de servidores web que se pueden realizar a través de herramientas como el Internet Toolkit que también forma parte del paquete LabVIEW adquirido por nuestra universidad.

5. Durante la ejecución de nuestra solución

debido a la investigación realizada dentro y fuera de la ciudad durante los últimos seis meses, hemos aprendido de muchas otras opciones y herramientas que nos ofrece el software LabVIEW, cabe recalcar que la universidad o las unidades respectivas podrían hacer charlas informativos acerca de los proyectos realizados y de las opciones de programación que se encuentran dentro un Software ya adquirido por nuestra ESPOL.

6. Ya en la vida real cuando se deban de adquirir datos con equipos existentes en un hospital u otro sitio, se debe de tomar gran cuidado con el ingreso y salida de datos hacia y desde una DAQ, ya que como hemos descrito a lo largo del capítulo 3, se debe de diseñar una circuito de acondicionamiento y protección de señal para que las señales se comuniquen entre la maquinaria y nuestro PC, el uso de los elementos apropiados en esta tarjeta mencionada nos ayudan a adecuar los niveles aceptados y a proteger la DAQ ante posibles fallos.

7. Para el caso de un tanque de agua real se puede usar el mismo concepto de prueba de presencia de agua por continuidad pero se pueden usar más puntos de referencia ya que nosotros usamos solo 3 puntos que fueron definidos como nivel bajo, medio y alto. Otra opción sería el uso de una sonda de ultrasonido para medir el nivel de agua de la cual las encontramos con mi compañero unas en el mercado a partir de los \$ 320, se recomienda el uso de estas en tanques de gran tamaño en situaciones reales ya que nos requieren de mantenimiento debido a que este sensor no entra en contacto con el agua al realizar sus mediciones con ultrasonido.

7. Referencias

[1] Bishop Robert H, LabVIEW 2009 Student Edition, Prentice Hall, 2010.

[2] Johnson Gary W. and Jennings Richard, LabVIEW Graphical Programming, McGraw-Hill, 2008.

[3] National Instruments, Guía de Introducción a LabVIEW en 6 horas, National Instruments, 2008.

[4] Beyon Jeffrey, Manual for LabVIEW Programming Data Acquisition and Analysis, Prentice Hall, 2008.

[5] Mihura Bruce, LabVIEW for Data acquisition, Prentice Hall, Año 2008.

[6] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 1, National Instruments, Año 2010.

[7] National Instruments, Librería de ayuda LabVIEW Basics 2, National Instruments, Año 2010.

[8] National Instruments, Trucos para Mejorar el Desempeño de LabVIEW, <http://www.ni.com> , fecha de consulta junio 2011.

[9] National Semiconductor, Hoja de datos del LM317, <http://www.datasheetcatalog.com> , fecha de consulta febrero 2011.

[10] Texas Instruments, Hoja de datos del LM35: <http://www.ti.com>, fecha de consulta Marzo 2011.

FIRMA

LUIS FERNANDO VÁSQUEZ, MSC
PROFESOR DE SEMINARIO DE
GRADUACIÓN