

Red inalámbrica de sensores inteligentes aplicada al monitoreo de variables físicas en procesos industriales

Resumen: El monitoreo continuo de los parámetros físicos en los procesos industriales con el fin de controlar la productividad sigue siendo un problema abierto en cuanto a la integración de los sistemas de supervisión de procesos. Los sensores tradicionales han dado paso a los sensores inteligentes, capaces de integrarse sin necesidad de cables con las redes de datos de una manera rápida y transparente, gracias al uso de estándares abiertos ampliamente difundidos como lo es el protocolo de comunicación wirelessHart [12].

En este artículo se expone un sistema basado en redes de sensores inteligentes para facilitar la monitorización de parámetros en nivel y temperatura en silos de almacenamiento de leche, que evite los errores de medición y tener una mayor certeza en los inventarios, resaltando que la temperatura es una variable crítica en el proceso productivo. Así mismo, se discute como se integrará a un sistema de supervisión remota (por Ethernet) de las condiciones operativas del proceso en tiempo real, incluyendo alarmas, estados y variables de proceso.

Palabras clave: Nivel, temperatura, Ethernet, supervisión remota, WirelessHART, variables de proceso, sensor inteligente.



Colaboración

Luis Amado González Vargas; Aron Gámez Vargas; Víctor Edi Manqueros Avilés; Armando José Cordero Escamilla, Instituto Tecnológico Superior de Lerdo

Abstract: Continuous monitoring of the physical parameters in industrial processes in order to control the productivity remains an open question as to the integration of process monitoring systems. Traditional sensors have been replaced by smart , able to wirelessly integrate with data networks in a fast and transparent manner , through the use of open standards is widespread as communication protocol WirelessHART sensors.

This article based on smart sensor networks to facilitate the monitoring level and temperature parameters in milk storage silos to avoid measurement errors and have greater certainty in the inventory system is proposed, and also measuring since temperature is a critical variable in this product. Likewise, it discusses how a remote monitoring system will be integrated (for Ethernet) operating conditions of the process in real time, including alarms, states and process variables.

Keywords: Level, temperature, Ethernet, remote monitoring, WirelessHART, process variables, intelligent sensor.

INTRODUCCIÓN

Una de las actividades más importantes en las industrias modernas es el monitoreo y control de las variables asociadas a sus procesos de producción. En vista que las computadoras son herramientas capaces de almacenar, procesar y presentar información en forma atractiva y confiable, la tendencia en las industrias modernas es asociar sus procesos automatizados a programas que posean un ambiente en el cual el usuario pueda tener acceso para monitorear y modificar los distintos elementos que conforman su sistema de control [1].

Con la implementación de este proyecto se pretende automatizar el proceso, evitando que el operador tome mediciones periódicas de forma manual (4 veces al día), de la temperatura y el nivel de ciertos silos con almacenamiento de leche. Al implementar la tecnología se pretende evitar los errores de medición, ya que la empresa no puede permitir cambios en las propiedades de la leche, ni errores en los inventarios ya que hay discrepancias en las mediciones actuales. Finalmente, dejar estable-

cido que los sistemas SCADA son una aplicación para la integración de los procesos industriales, que ofrecen diversas expectativas en eficacia y optimización de los procesos industriales. Por ello, el nivel de automatización que se implementó con la red de sensores inteligentes intercomunicados con el protocolo WirelessHART es uno de los más altos que hoy en día se puede encontrar en la industria mexicana.

El presente trabajo inicia con la identificación del área y el problema a resolver, después con una descripción de la tecnología WirelessHART resaltando su efectividad en la automatización de procesos industriales, presenta una descripción de los elementos básicos que integran el sistema de sensores HART y la red de intercomunicación creada. Las actividades realizadas en campo fueron las siguientes: instalación de los sensores y equipo de comunicación wirelessHart, cableado y alimentación de los sistemas, calibración y parametrización del equipo (sensores, adaptadores, transmisores), mapeo de las variables de proceso en el Gateway (puerta de enlace), programación y monitoreo HMI/SCADA, pruebas. Finalmente se emiten resultados y conclusiones.

MATERIAL Y MÉTODOS

Transportadora de Alimentos S.A. de C.V. es una empresa al servicio de sus clientes bajo una misión de planeación estratégica de logística y trabajo en equipo. Su principal enfoque es abastecer de leche a los socios del grupo con los más altos estándares de calidad en la leche cruda y niveles de servicio mediante una dirección de proceso de calidad total y optimización de costos. Por lo que se mantiene a la vanguardia en la adopción de tecnología al automatizar su proceso de distribución.

Descripción del Área de Procesos

El proceso se inicia una vez que se recolecta la leche en los establos, posteriormente se tiene cuatro carriles de descarga, una vez que se recibe la leche pasa por una cortina de enfriamiento, la temperatura es un factor crítico en el control de calidad del producto, no obstante, no deja de tener importancia la certeza en los inventarios de las cantidades de leche que se almacena.

Al contar con un estricto sistema de preservación y enfriamiento de la leche la empresa se dio a la tarea de buscar soluciones para disminuir los riesgos a cambios no controlados de la temperatura y reducir el riesgo de obtener cambios en las propiedades de la leche, además de la reducción de incidencias dentro del área por el estrecho lugar para realizar las medidas de temperatura y nivel. Dicha tarea nos fue encomendada al departamento de investigación y desarrollo del Instituto Tecnológico de Lerdo.

En la figura 1 se muestran los silos de almacenamiento y enfriamiento del producto, con una capacidad aproximada de 190,000 litros cada uno.



Figura 1. Silos de almacenamiento y enfriado de leche

En la figura 2 se muestra los carriles de captación del producto proveniente de los establos. La empresa requiere para su óptima operación, el tener conocimiento en tiempo real de la disponibilidad de almacenamiento en cualquier silo para descargar las pipas, así como certeza de la cantidad de litros almacenados, para sus inventarios.



Figura 2. Carriles de descarga de pipas.

Topología de la Red WirelessHART

En una red WirelessHART, cada estación (dispositivo de campo) forma una red, sirviendo simultáneamente como una fuente de señal y un repetidor. Entonces el transmisor original envía un mensaje a su vecino más cercano, el cual comunica la información hacia otros dispositivos hasta que el mensaje alcanza la estación base y su destinatario.

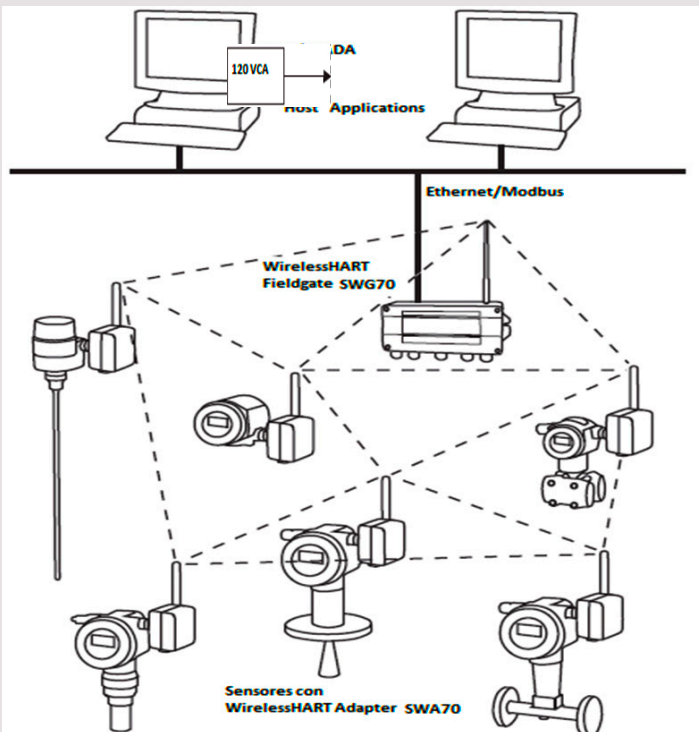


Figura 3. Topología de Red WirelessHART

La red WirelessHART incluye tres elementos principales:

- Dispositivos inalámbricos de campo: Estos son integrados al equipo de la planta o de proceso. Este instrumento podría ser un dispositivo WirelessHART nativo o un dispositivo existente compatible con HART con un adaptador Wireless-HART conectado al mismo.
- Gateway o Interface: Permite la comunicación entre los dispositivos inalámbricos de campo y de unidades centrales conectadas a una red troncal de alta velocidad u otras redes de comunicaciones existentes en la planta.
- Un administrador de red: Integrado en el Gateway, éste es el responsable de configurar la red, la programación de las comunicaciones entre dispositivos, gestión de rutas de mensajes y monitoreo del bienestar de la red.

La red utiliza radios compatibles IEEE 802.15.4 que operan en la banda de radio industrial, científica y médica de 2,4 GHz. Las radios emplean tecnología de espectro de difusión de secuencia directa y salto de canal para la seguridad y fiabilidad de la comunicación, así como comunicaciones TDMA sincronizadas, controladas por latencia entre los dispositivos en la red.

Gestión de la Red

En su papel como administrador de la red, el Fieldgate SWG70 organiza la comunicación inalámbrica entre los dispositivos de campo WirelessHART.

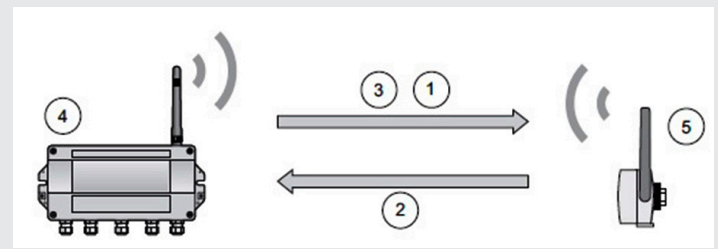


Figura 4. Gestión de la red

Paso 1: Llamado a los dispositivos a unirse a la red (advertising).

Paso 2: Petición de incorporación (join request).

Paso 3: Autorización, sesión y claves de red, Programación y enrutamiento. (authorization, session & network keys, scheduling and routing).

Paso 4: WirelessHART gateway (fieldgate SWG70)

Paso 5: WirelessHART device o adapter.

Después de que el Fieldgate ha puesto en marcha la red, los dispositivos pueden unirse. Para ello, envía primero un llamado a los dispositivos para unirse a la red. Entonces, el dispositivo envía una petición de incorporación o anunciar su deseo de unirse a la red. Si el dispositivo de campo WirelessHART puede identificarse a sí mismo con el mismo ID de red (network ID 12345) y la clave de unión (join key 12345678) como se almacena en el WirelessHART Fieldgate, entonces el dispositivo de campo está autorizado a unirse a la red. De lo contrario, el dispositivo de campo será rechazado.

En el siguiente paso, la puerta de enlace o Fieldgate WirelessHART envía sesión y las claves de red, así como la programación y la información de enrutamiento para el dispositivo de campo:

- Número e identidad de los dispositivos de campo WirelessHART vecinos.
- Cuando enviar mensajes y qué canales utilizar.
- Cuando repetir mensajes para otros dispositivos de campo WirelessHART.
- La ruta de comunicación óptima para los mensajes, así como rutas de comunicación alternativos en caso de fallo.

Comunicación HART-IP

HART-IP permite que el protocolo HART funcione sobre cualquier conexión basada en IP, proporcionando datos HART a la velocidad de Ethernet. HART-IP admite la gestión de dispositivos inteligentes para la instrumentación de procesos [11].

La conexión Ethernet del Fieldgate SWG70 permite la comunicación con una computadora a través del servidor web integrado o vía FieldCare (software de

configuración versión gratuita). Antes de iniciar, se comprueba lo siguiente:

- Protocolo de Internet TCP / IP instalado en la computadora y activo
- Derechos de administrador para el equipo y la red
- Cualquier servidor proxy para el navegador de Internet desactivado.
- El firewall permite la comunicación en el puerto 502 y/o 5094
- Fieldgate SWG70 se entrega con la dirección IP pre-determinada: 192.168.1.1

Con el fin de que el equipo host se pueda comunicar con el servidor Fieldgate, se comprueba:

- Que el equipo puede llegar al Fieldgate vía puerto 502.
- Para la puesta en marcha inicial, se establece la dirección de la computadora 192.168.1.200 o similar.

En el navegador de Internet Explorer, se introduce la dirección de Fieldgate SWG70: 192.168.1.1.

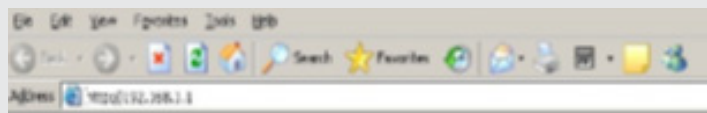


Figura 5. Internet browser con la dirección IP

Posteriormente se acepta el certificado de sitio en el cuadro de diálogo que aparece en seguida.

Adaptador WirelessHART

El adaptador WirelessHART permite el acceso inalámbrico a los dispositivos de campo conectados en los puntos de medición, es decir a los sensores inteligentes.

WirelessHART se basa en el protocolo HART que es un estándar abierto e inter-operativo. Eso facilita su integración en cualquier infraestructura de bus de campo existente [4].

La conexión del adaptador con los dispositivos de campo de medición de las variables de proceso se realiza con la configuración multipunto como se muestra en la siguiente figura, debido a que un solo adaptador recibe las señales HART de los dispositivos de medición de nivel y temperatura, asignando una dirección 1 para temperatura y dirección 2 para el dispositivo que mide nivel.

El adaptador puede recibir y alimentar un máximo de cuatro dispositivos [3].

Los adaptadores se alimentan con 120 VCA, y los sensores con 24 VCD.

Protocolo de Comunicación HART en Sistemas de Instrumentación Inteligentes.

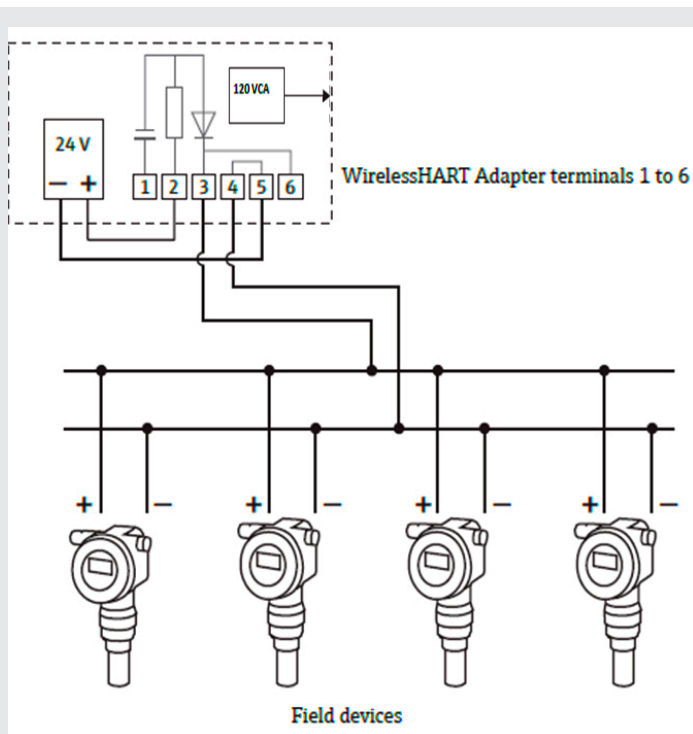


Figura 6. Conexión multipunto de los dispositivos de campo

El protocolo de comunicación HART es mundialmente reconocido como un protocolo estándar de la industria para comunicación de los instrumentos de campo inteligentes 4-20 mA, basados en microprocesador. El uso de esta tecnología está creciendo rápidamente, y hoy en día prácticamente todos los principales fabricantes del mundo de instrumentación ofrecen productos con comunicación HART [7][8].

El Protocolo HART permite la comunicación digital bidireccional en instrumentos de campo inteligentes sin interferir en la señal analógica de 4-20mA. Tanto la señal analógica de 4-20mA como la señal digital de comunicación HART, pueden ser transmitidas simultáneamente en el mismo par de hilos. La variable primaria es la información de la señal de control que puede ser transmitida por la señal de 4 - 20 mA, mientras que las mediciones adicionales, parámetros de proceso, configuración del instrumento, calibración y las informaciones de diagnóstico están disponibles en el mismo par de hilos y al mismo tiempo. A diferencia de otras tecnologías de comunicación digitales "abiertas" para instrumentación de procesos, el protocolo HART es compatible con los sistemas existentes [9].

El Protocolo HART usa el estándar Bell 202, Modulación por cambios de Frecuencia (FSK) para superponer las señales de comunicación digital a la señal de 4-20mA [7]. Puesto que la señal digital FSK es simétrica en relación al cero, no existe nivel DC asociado a la señal y por lo tanto este no interfiere en la señal de 4-20mA. Una lógica "1" es representada por una frecuencia de 1,200Hz y la lógica "0" es representada

por una frecuencia de 2,200Hz, como es mostrado en la figura 7.

Figura 7. HART usa la tecnología FSK para codificar la información digital de comunicación sobre la señal de corriente de 4 a 20 mA [7]

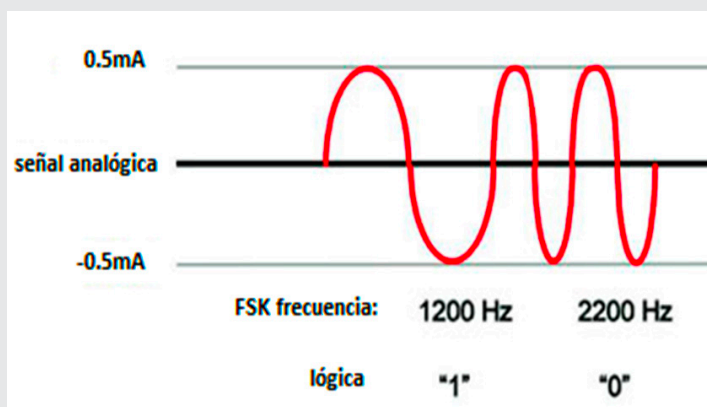


Figura 7. HART usa la tecnología FSK para codificar la información digital de comunicación sobre la señal de corriente de 4 a 20 mA [7]

Mapeo Modbus de las variables de proceso en la puerta de enlace (Fieldgate)

La Configuración Modbus determina cómo es la información Modbus a transmitir por el Fieldgate SWG70 y donde la información se encuentra. El mapeo de las direcciones de las variables de proceso puede efectuarse en forma manual o automática [5].

El registro de entrada (Input Register) permite el mapeo Modbus del Fieldgate SWG70 y los dispositivos HART conectados.

Como el Fieldgate SWG70 soporta registros extendidos, los valores se asignan normalmente a los registros de entrada (input register) con las direcciones de referencia 30001 a 36536, pero para algunos sistemas Modbus la asignación se debe hacer a los registros de retención (holding registers) con las direcciones de referencia 40001 a 46536. Las direcciones de referencia se obtienen sumando el número de registro a 30000 o 40000, respectivamente. En los dispositivos HART utilizados, las direcciones se asignan a los registros de entrada (input register) iniciando con un mapeo semiautomático seleccionando únicamente la variable primaria (pv) la cual es la variable de proceso en este caso temperatura o nivel, las variables secundarias nos dan la temperatura del dispositivo, la terciaria intensidad da la señal del "segundo mejor" vecino [5].

Se introduce un valor de desplazamiento en el campo Inicio Registro. Si hay la intención de controlar los valores Fieldgate SWG70, se introduce 13 con el fin de dejar espacio para los valores Fieldgate. La parametrización anterior mencionada se ejecuta en el navegador de Internet Explorer.

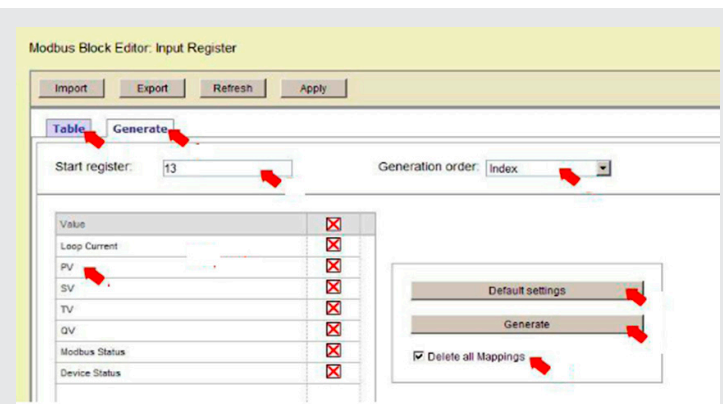


Figura 8. Generación de tabla de asignación de Registro de Entrada de manera manual

El orden en el que los dispositivos se asignan a los registros Modbus puede ser:

- Índice: De acuerdo con el número de índice en la lista de instrumentos.
- Alfabético: En orden alfabético según la etiqueta del instrumento.

Programación del SCADA encargado de la adquisición de datos.

Se programa un sistema SCADA mediante la utilización del software Daqfactory, a través de esta herramienta se logra visualizar por medio de gráficos los niveles de leche en los silos de almacenamiento, así como la temperatura; también permite la adquisición remota de datos mediante la configuración del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP que establece una conexión directa a través del Fieldgate SWG70, así mismo permite también visualizar y analizar los datos en tiempo real y además obtener alarmas con opción de notificación indicando el estado del proceso y así obtener una mejor supervisión del mismo [6]

Se muestra la ventana del editor de variables donde se define el nombre de variable, el tipo de dato y la dirección de registro que lee el sistema SCADA.

Channel Name:	Device Type	I/O Type:	Chn #:	Ti
> Nivel7	Field_Gate	Read Input Float (4)	30015	
Temperatura7	Field_Gate	Read Input Float (4)	30017	
Temperatura6	Field_Gate	Read Input Float (4)	30021	
Nivel6	Field_Gate	Read Input Float (4)	30023	
Temperatura5	Field_Gate	Read Input Float (4)	30027	
Nivel5	Field_Gate	Read Input Float (4)	30029	
Temperatura4	Field_Gate	Read Input Float (4)	30033	
Nivel4	Field_Gate	Read Input Float (4)	30035	
Temperatura3	Field_Gate	Read Input Float (4)	30039	
Nivel3	Field_Gate	Read Input Float (4)	30041	
Nivel1	Field_Gate	Read Input Float (4)	30043	

Figura 9. Direcciones de las variables a leer por el SCADA

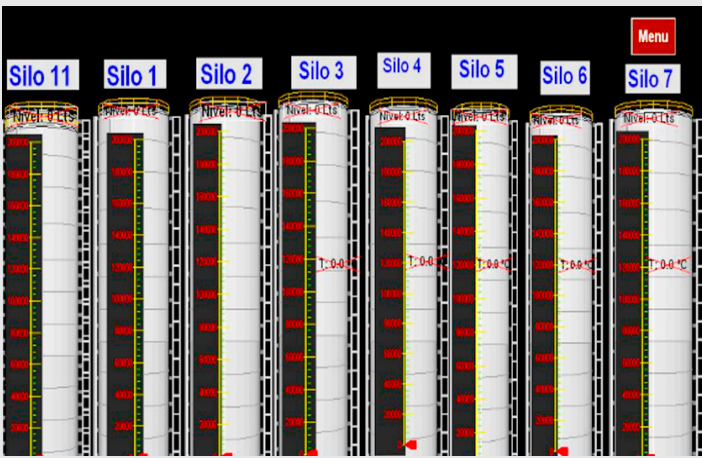


Figura 10. Interfaz gráfica para monitoreo



Figura 13 Gateway y gabinete de alimentación

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

El proceso se automatizó con la más moderna tecnología a través de una red de sensores inteligentes de nivel y temperatura, eliminando los riesgos de variaciones en las lecturas de nivel y temperatura que se tenían debido a las mediciones analógicas y manuales, lo que ocasionaba que muchas veces no coincidían los inventarios de producto en proceso.

Además, se tomó amplio control en la medición de la temperatura ya que se realizaba 4 veces durante el día y entre cada periodo existía el riesgo de variaciones de temperatura, lo que ocasionaba que el personal no se diera cuenta hasta tiempo después de suceder la eventualidad. También la confiabilidad de las lecturas se incrementa, ya que anteriormente las auditorías de calidad se realizaban de manera manual con un termómetro de mercurio.

Se utilizan sensores WirelessHART con tecnología de punta, los cuales están ubicados de manera estratégica para evitar interferencias en el área de proceso así como accidentes del personal, ya que se eliminan los recorridos de toma de lecturas, ya que el proceso es vigilado en tiempo real en forma remota en una cabina de control donde se monitorea constantemente el proceso, tanto temperatura y nivel. Esto facilita al operador observar los cambios y tomar acciones si es necesario, así como revisar el historial de datos y generar informes de calidad y producción al instante.



Figura 11. Silos con adaptadores instalados.

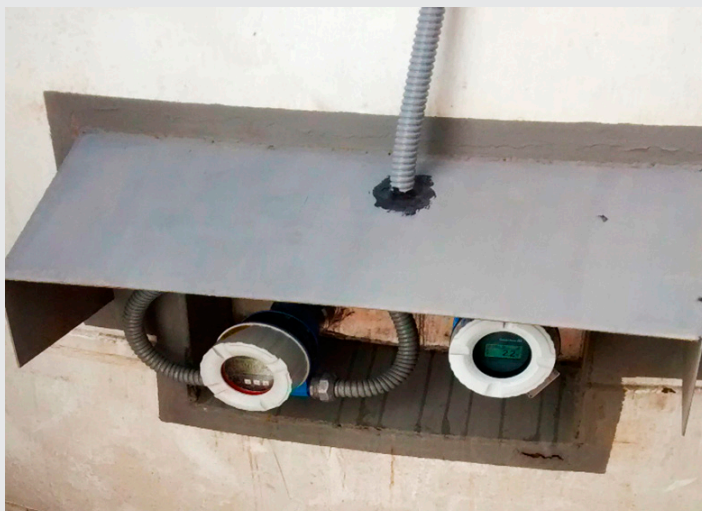


Figura 12. Ubicación de los sensores de nivel y temperatura en uno de los silos de almacenamiento.

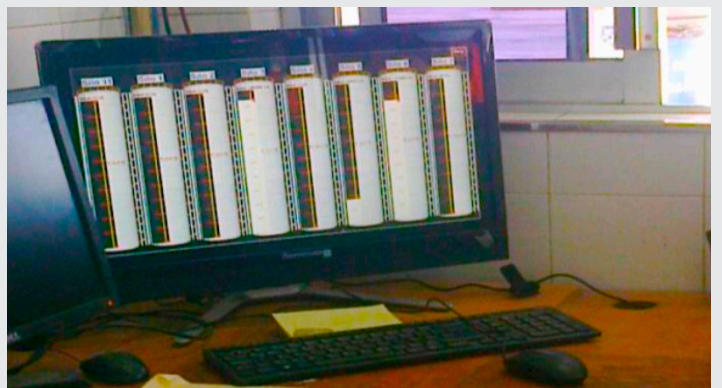


Figura 14. Cabina de control y monitoreo

El aspecto a destacar como resultado de la realización del presente proyecto, es la posibilidad del intercambio de información entre los distintos sectores del proceso, así como la visualización y configuración de datos en forma remota. El mejoramiento a través de este sistema también ha permitido una mayor seguridad en la transmisión de la información en la planta industrial.

Asimismo al mejorar la robustez en la transmisión de la información en la planta, obtenemos redes de comunicación que son y seguirán siendo la carretera de información por donde transitan comandos, status y mensajes, entre otros. Las últimas tendencias en las redes de comunicación industrial demuestran la necesidad del uso de protocolos abiertos en los procesos productivos, así como la implementación de sistemas de redes de comunicación seguros y robustos a nivel de software y hardware en la planta. Además, se requiere utilizar dispositivos más inteligentes e integrables a través de Ethernet u otros protocolos abiertos, destacando el rol que posee la gestión de la información en los procesos productivos.

REFERENCIAS

- [1] Aquilino, R.P (2007). "Sistemas SCADA", Notas de diseño, Normativa, Seguridad y comunicaciones industriales 2nd ed. Barcelona España: Marcombo, Ediciones Técnicas.
- [2] Endress + Hauser México. (1999). Endress + Hauser México. Disponible en: <http://www.mx.endress.com/es/Grupo-Endress-Hauser/26471/SC-Mexico>
- [3] Endress + Hauser People For Process Automation. Operating Instructions WirelessHART Adapter SWA70 Smart wireless module with power supply for field devices.
- [4] Endress + Hauser People for Process Automation. (2012). Technical Information Deltapilot M

FMB50/51/52/53. Switzerland: Instrument International AG.

[5] Endress + Hauser S.A de C.V . Operating Instruction WirelessHART FieldGate SWG70 Intelligent WirelessHART gateway with Ethernet and RS-485 interfaces.

[6] Mrs.K.S.Indrani, Kareemoon.Shaik. An Real Time IWSN Based SCADA Network for Industrial Automation. International Journal of Innovative Research in Electronics and Communications (IJIREC) Volume 1, Issue 4, July 2014, PP 7-11 ISSN 2349-4042.

[7] WirelessHART standard, HART Communication Foundation. . www.hartcomm.org

[8] Jianping Song; Song Han; Mok, A.K.; Deji Chen; Lucas, M.; Nixon, M.. WirelessHART: Applying Wireless Technology in RealTime Industrial Process Control. IEEE Real-Time and Embedded Technology and Applications Symposium, 2008, 377-386

[9] WirelessHART™: Real-Time Mesh Network for Industrial Automation (1st ed.), Springer, 2010. Chen, Deji, Nixon, Mark, Mok, Aloysius.

[10] Saifullah A. Real-Time Scheduling for WirelessHART Networks. Real-Time Systems Symposium (RTSS), 2010 IEEE

[11] P. Ferrari, A. Flammini, S. Rinaldi y E. Sisinni, «Performance Assessment of a WirelessHART network in a real-world testbed» Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC), 2012 IEEE International, 2012.

[12] S. Savazzi, S. Guardiano y U. Spagnolinil, Wireless Critical Process Control in oil and gas refinery plants, Industrial Technology (ICIT), 2012 IEEE International Conference