

Implementación de un sistema SCADA para el monitoreo en tiempo real de temperatura y nivel en silos de almacenamiento de leche

L.S. González-De Hoyos¹ L.A. González-Vargas² V.E. Manqueros-Aviles³

Resumen— Mediante el presente trabajo se pretende realizar un acercamiento al complejo, cambiante y, en ocasiones, difuso mundo de los sistemas de supervisión y control en la industria. El objetivo principal es monitorear la actividad y la evolución de las variables de nivel temperatura sin la intervención continua de un operador humano. En los últimos años, se ha estado desarrollado un sistema, denominado SCADA, el cual permite supervisar y controlar, las distintas variables que se encuentran en un proceso o planta determinada. Para este proyecto se utilizaron sensores RTD y sensores de presión hidrostática para medir la temperatura y el nivel respectivamente, software de aplicación, y el sistema de comunicación WirelessHART etc., los cuales permiten al operador mediante la visualización en una pantalla de computadora, tener el completo acceso al proceso. No sólo se puede supervisar el proceso, sino además tener acceso al historial de las variables de proceso con mayor claridad, combinar bases de datos relacionadas y presentarlas en una plantilla Excel, siendo así todo el sistema más amigable.

Temas claves— nivel, temperatura, Ethernet, SCADA, WirelessHART, supervisar variables de proceso.

Abstract— Through this paper is to make an approach to the complex, changing and sometimes fuzzy world of supervisory and control systems in the industry. The main objective is to monitor the activity and evolution of the variables temperature level without continued intervention of a human operator. In recent years, there has been developed a system known as SCADA, which allows monitoring and control, the different variables are determined in a process or plant. RTD sensors for this project and hydrostatic pressure sensors used to measure the temperature and level respectively, application software, and WirelessHART communication system, which allow the operator by displaying on a computer screen, having the full access to the process. Not only can monitor the process, but also have access to the history of the process variables more clearly, combine relational databases and present them in an Excel template, making it all the more friendly system.

Keywords— level, temperature, Ethernet, SCADA, WirelessHART, monitor process variables.

I. INTRODUCCIÓN

La tecnología inalámbrica hoy en día se está utilizando en casi todo lo que nos rodea, teléfonos celulares, computadoras etc., al igual que en la vida cotidiana y también en la industria, la cual se emplea para comprender mejor lo que pasa en el (los) proceso(s) de alguna variable(s), mediante la automatización de distintas áreas de un proceso, guardar registros en tiempo real de lo que se está monitoreando y mejorar el funcionamiento con aplicaciones SCADA, ya que se omiten los cables de los sensores que se encuentran en el área de campo hasta el cuarto de control.

Con la implementación de este proyecto se pretende automatizar el proceso, evitar que el operador realice su trabajo manualmente de revisión periódica (4 veces al día) de temperatura y nivel de los silos de almacenamiento de leche. Con la tecnología implementada se pretende evitar los errores de medición ya que la empresa no puede permitir cambios en las propiedades de la leche, así como en los inventarios ya que no coinciden los datos arrojados por los errores de medición actuales.

Finalmente, lo que se quiere es dejar patente que los sistemas SCADA son una aplicación para la integración de los procesos industriales, que ofrecen muchas expectativas en eficacia y optimización de los procesos industriales. Por ello, el nivel de automatización que presenta una industria basada en software SCADA es el más alto que hoy en día se puede ver.

II. CARACTERIZACIÓN DEL ÁREA EN QUE SE PARTICIPÓ.

Transportadora de Alimentos 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.

¹ L.S. González-De Hoyos (leslie_susana_16@hotmail.com), L.A. González-Vargas (luisglzvar@gmail.com), V.E. Manqueros-Aviles (emanqueros@itslerdo.edu.mx) Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Av. Tecnológico s/n, Col. Periférico C.P. 35150 Cd. Lerdo Durango México.



Figura 1. Silos de almacenamiento de leche en Transportadora de Alimentos S.A. de C.V.

El proceso se inicia una vez que se recolecta la leche de 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 deja de tener importancia la certeza en los inventarios de las cantidades de leche que se almacena.



Figura 2. Carriles de descarga de pipas.

Especifican el número de serie de la pipa, el silo en el cual se recibe la leche de la pipa, hora de inicio, hora de término de descarga, el carril de ingreso y el dato más importante la cantidad de litro que se están cargando al silo, este dato debe coincidir con los cálculos manuales que realizan los auditores en el registro de inventario.

A. Ubicación del Área de Instalación del Sistema de Sensores, Adaptadores y Gateway de tecnología WirelessHART

Los trabajos de referencia de instalación se efectuaron en los silos de almacenamiento del área de Procesos de Lala Transportadora de Alimentos.



Figura 3. Ubicación del adaptador WirelessHART en uno de los silos de almacenamiento



Figura 4. Ubicación de los sensores de nivel y temperatura en uno de los silos de almacenamiento.



Figura 5. Silos con adaptadores y sensores instalados.



Figura 6. Gateway con su fuente de alimentación de 24VCD

B. Topología de la red WirelessHART

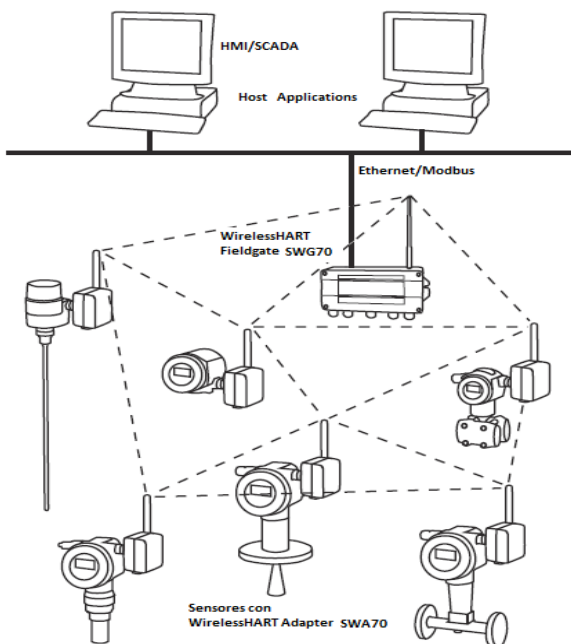


Figura 7. Red WirelessHART

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 que pasa esta información hacia otros dispositivos hasta que el mensaje alcanza la estación base y su destinatario.

Fieldgate SWG70 es un dispositivo de puerta de enlace para redes WirelessHART. Permite a los dispositivos WirelessHART comunicarse entre sí y administra la seguridad y conectividad. El Fieldgate convierte los datos de dispositivos inalámbricos a un formato que es compatible con los sistemas host. En este caso utilizamos el medio físico de comunicación Ethernet y el protocolo de comunicación de datos Modbus TCP.

C. Gestión de la red

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

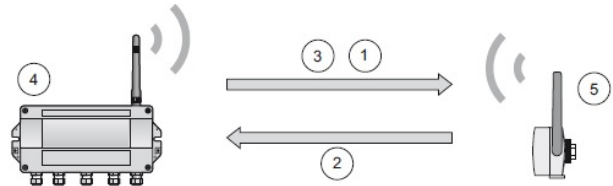


Figura 8. Gestión de la red

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)

4 WirelessHART gateway (Fieldgate SWG70)

5 WirelessHART device or 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 WirelessHART envía sesión y las claves de red, así como la programación y la información de enrutamiento para el dispositivo de campo. Al dispositivo de campo se le dice cómo participar en la red y recibe información diversa de la puerta de enlace WirelessHART:

- 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 alternativas en caso de fallo.

D. Conexión Ethernet.

La conexión Ethernet de Fieldgate SWG70 permite la comunicación con una computadora a través del

servidor web integrado o vía FieldCare (software de configuración versión gratuita). Antes de comenzar, se comprobó lo siguiente:

- Protocolo de Internet TCP / IP está instalado en su computadora y está activo
- Derechos de administrador para el equipo y la red
- Cualquier servidor proxy para el navegador de Internet está desactivada
- El firewall permite la comunicación en el puerto 502 y/o 5094

Fieldgate SWG70 se entrega con la dirección IP predeterminada: 192.168.1.1

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

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



Figura 9. Dirección IP en la computadora

En su navegador de Internet, introduzca la dirección de Fieldgate SWG70: 192.168.1.1 y pulse enter:



Figura 10. Internet browser con la dirección IP

Acepte el certificado de sitio en el cuadro de diálogo que aparece en seguida.

E. Adaptador WirelessHART

La conexión del adaptador con los dispositivos de campo de medición de las variables de proceso se realizó 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 sensa el nivel.

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

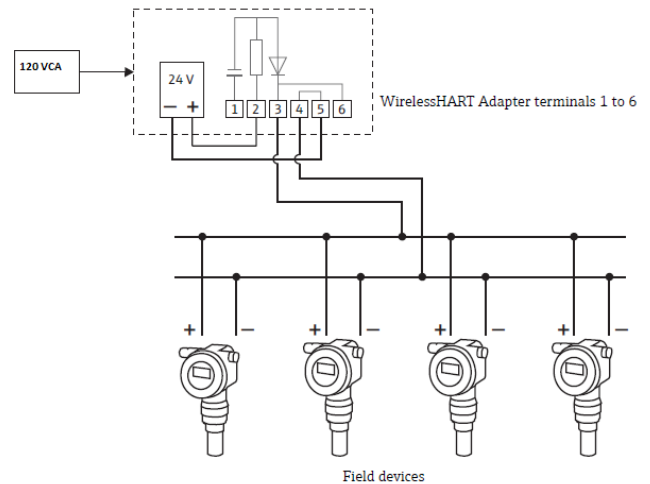


Figura 11. Conexión multipunto de los dispositivos de campo

Los adaptadores se alimentaron con 120 volts de corriente alterna, alimentando éste a su vez a los dispositivos de campo con 24 VCD.

F. Protocolo de Comunicación HART en Sistemas de Instrumentación Inteligentes.

El protocolo de comunicación HART es mundialmente reconocido como un protocolo estándar de la industria para comunicación de los instrumentos de campo inteligentes 4-20mA, 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.

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- 20mA, 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.

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. 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 1200Hz y la lógica "0" es representada por una frecuencia de 2200Hz, como es mostrado en la figura 12.

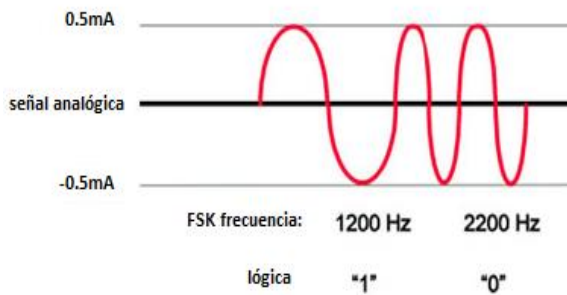


Figura 12. HART usa la tecnología FSK para codificar la información digital de comunicación sobre la señal de corriente de 4 a 20 mA

G. Mapeo Modbus de las variables de proceso en el 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.

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 registro 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 asignaron 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 de la señal del "segundo mejor" vecino.

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

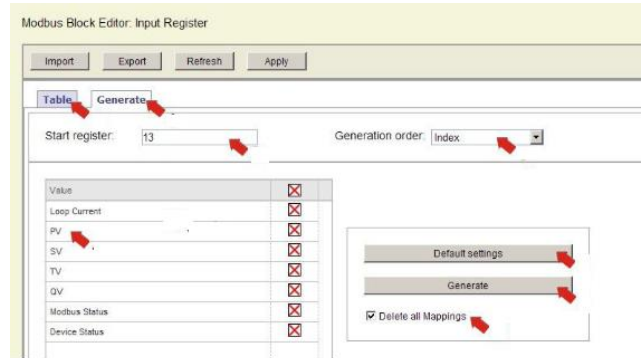


Figura 13. Generación de tabla de asignación de Registro de Entrada de manera manual.

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.

H. Desarrollo del SCADA encargado de la adquisición de datos.

Se desarrolló un sistema SCADA mediante la utilización del software Daqfactory, esta herramienta es capaz de permitirnos visualizar por medio de gráficos los niveles de leche en los silos de almacenamiento de leche, así como la temperatura, también permite la adquisición de datos remota, mediante la configuración del protocolo de comunicación Modbus TCP/IP permite una conexión directa a través del Fieldgate SWG70, nos permite también ver y analizar los datos en tiempo real y además obtener alarmas con opción de notificación que nos indica el estado del proceso y así obtener una mejor supervisión del mismo.

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	
Nivel2	Field_Gate	Read Input Float (4)	30045	
Nivel11	Field_Gate	Read Input Float (4)	30047	

Figura 14. Direcciones de las variables a leer por el SCADA

I. Diseño de la interfaz

Con el software DAQFactory para la supervisión y adquisición de datos SCADA mas la interfaz humano maquina HMI, hacen que se conviertan en una poderosa herramienta, flexible y económica para lograr toda clase de desafío en la comunicación entre un software y los equipos en tiempo real. Esta herramienta permite realizar cambios en cualquier intervalo de tiempo de cada proceso sin detenerlo.

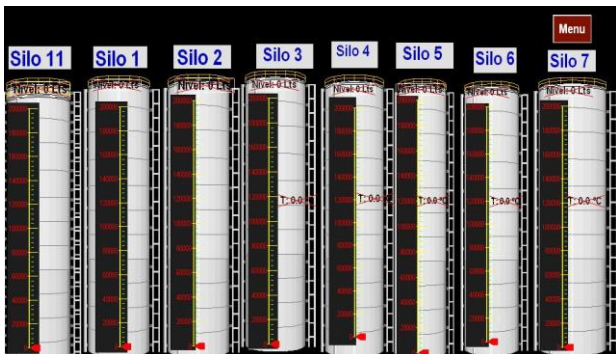


Figura 15. Interfaz gráfica para monitoreo

III. CONCLUSIONES

El proceso se ha automatizado con la más moderna tecnología en sensores de nivel y temperatura ya que antes las mediciones se efectuaban con sensores analógicos y digitales obsoletos, existían variaciones en las lecturas de nivel ya que no coincidían con los inventarios hechos manualmente por los inspectores de calidad.

El problema que existía en la medición de la temperatura era que las muestras se tomaban 4 veces durante el día y entre cada tiempo puede haber cambios o variaciones de temperatura. Si existe algún incremento en la temperatura nadie se enteraría hasta tiempo después que se realiza la siguiente lectura, las bacterias podrían aumentar y una empresa de lácteos no se puede permitir los cambios de temperatura bruscos o aumento de bacteriología en la leche. Además que las auditorías de calidad se realizaban de manera manual con un termómetro de mercurio y con el factor de interferencia del medio ambiente.

Ahora se utilizan sensores WirelessHART con tecnología de punta, colocados de manera estratégica para evitar interferencias en el área de procesos, o accidentes por parte de los operadores al realizar la lectura ya que el proceso es monitoreado en tiempo real en forma remota en una cabina de control donde se monitorea constantemente las lecturas, se visualizan los niveles de los silos en tiempo real. Le facilita al operador observar los cambios en las

lecturas, observar el historial de los datos y general un informe al instante.

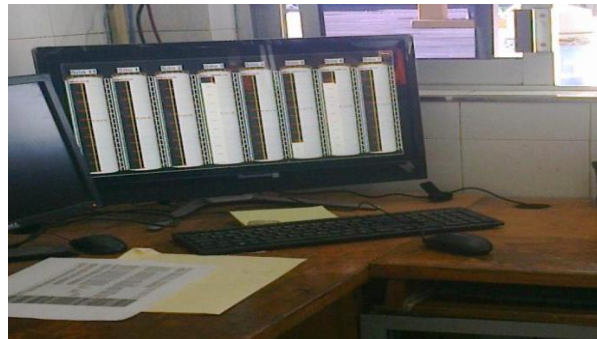


Figura 16. Cabina de control y monitoreo

IV. 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 WiressHART 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 Intellingent WirelessHART gateway with Ethernet and RS-485 interfaces.
- [6] Alqueres, J. L. y Praca, J. C. (1991) "The Brazilian power system and the challenge of the Amazon transmission," in *Proceedings IEEE Power Engineering Society Transmission and Distribution Conf.*, pp. 315-320.

V. BIOGRAFÍA



L.S. González-De Hoyos. Nació en la ciudad de Gómez Palacio, Dgo., el 8 de Septiembre de 1992. Recién egresado de la carrera de Ingeniería Industrial con Especialidad en Manufactura Automatizada del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Cd. Lerdo, Dgo., en el año 2014.

Ha participado en proyectos relacionados con estudio de ruido, mejoramiento de la productividad y mercadotecnia en diferentes empresas.

A su vez también participó en el Proyecto de Implementación de un Sistema SCADA para el Monitoreo en Tiempo Real de Temperatura y Nivel en Silos de Almacenamiento de Leche en el Área de Investigación y Desarrollo del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo.



L.A. González-Vargas nació en la ciudad de Lerdo, Dgo., el 25 de agosto de 1968. Recibió el título de Ingeniero en Electrónica del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo, Cd. Lerdo, Dgo. 2007. Recibió El grado de Maestro en Ciencias con especialidad en Ingeniería Eléctrica del Instituto Tecnológico de la Laguna en 2010.

Él ha participado en proyectos de investigación relacionados con estudios de la calidad de la energía en distintas empresas sus áreas de interés incluyen sistemas de potencia en régimen no senoidal y sistemas de control distribuido.

M.C. González es miembro activo de la IEEE inscrito en la sociedad de potencia eléctrica.



M.C. Víctor Edi Manqueros Avilés. Nació en la ciudad de Durango, Durango en 1976. Ingeniero Electrónico egresado del Instituto Tecnológico de Durango en el 2001. Obtuvo el grado de Maestro en ciencias por parte del Instituto Tecnológico de Durango y la Universidad Autónoma de Chapingo en el año de 2006. Actualmente es Docente-Investigador

del Instituto Tecnológico Superior de Lerdo en la división de ingeniería electrónica y la subdirección de investigación y desarrollo tecnológico. Sus áreas de interés son automatización, robótica, control, instrumentación. Email: emanqueros@itslerdo.edu.mx