

Sistema de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico utilizando comunicación IO-Link.

Monitoring system for critical variables of a three-phase induction motor using IO-Link communication.

Osbaldo Ysaac García Ramos* (1).

Tecnológico Nacional de México/ Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez.
ogarcia@tuxtla.tecnm.mx.

Aldo Esteban Aguilar Castillejos (2). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
aldo.ac@tuxtla.tecnm.mx.

José Ángel Zepeda Hernández (3). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez,
jzepeda@tuxtla.tecnm.mx.

Álvaro Hernández Sol (4). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, alvarohs@tuxtla.tecnm.mx.

Raúl Moreno Rincón (5). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, rmoreno@tuxtla.tecnm.mx.

Joel Gómez Pérez (6). Tecnológico Nacional de México/ I. T. de Tuxtla Gutiérrez, joel.gp@tuxtla.tecnm.mx.

*corresponding author.

Artículo recibido en noviembre 07, 2022; aceptado en diciembre 13, 2022.

Resumen.

En el presente artículo se presenta el diseño y desarrollo de un sistema para el monitoreo de variables importantes de un motor de inducción trifásico tales como velocidad, temperatura, vibración. El sistema de monitoreo ha sido desarrollado desde el software de programación gráfica LabVIEW 2020. La interfaz se conecta mediante una red PROFINET a un sistema de OPC Server de National Instruments, el cual controla desde encendido y apagado del motor seleccionado y adquiere las señales provenientes de los sensores de velocidad, temperatura y vibración por medio de tecnología IO-Link. La medición de condiciones de motores eléctricos es fundamental considerarlo dentro de cualquier programa de mantenimiento predictivo o correctivo, ya que permitirá obtener información de soporte sobre la causa raíz de los problemas relacionados con la vibración temperatura y velocidad.

Palabras claves: Labview, OPC server, programación gráfica, sensor velocidad, sensor vibración.

Abstract.

This article presents the design and development of a system for monitoring important variables of a three-phase induction motor such as speed, temperature, vibration. The monitoring system has been developed using the LabVIEW 2020 graphical programming software. The interface is connected via a PROFINET network to a National Instruments OPC Server system, which controls the selected motor from on and off and acquires the signals from speed, temperature and vibration sensors through IO-Link technology. The measurement of electric motor conditions is

essential to consider within any predictive or corrective maintenance program, since it will allow obtaining support information on the root cause of problems related to vibration, temperature and speed.

Keywords: Graphical programming, Labview, OPC Server, speed sensor, vibration sensor.

1. Introducción.

El término SCADA es el acrónimo de Supervisory Control and Data Acquisition (supervisión, control y adquisición de datos), término que describe las funciones básicas de un sistema SCADA. Las industrias usan los sistemas SCADA para controlar los equipos y recopilar y registrar datos de sus operaciones.

Estos sistemas SCADA suelen ser una combinación de software y hardware, como controladores lógicos programables (PLC) y unidades terminales remotas (RTU). La adquisición de datos comienza con los PLC y las RTU, que se comunican con equipos de planta tales como las máquinas y los sensores de la fábrica. Los datos recopilados de los equipos se envían al siguiente nivel, por ejemplo, una sala de control, donde los operarios pueden supervisar los controles de PLC y RTU utilizando interfaces humano-máquina (HMI). Las HMI son un elemento importante de los sistemas SCADA. Se trata de las pantallas que los operarios utilizan para comunicarse con el sistema SCADA.

Usando sistemas SCADA, las organizaciones pueden controlar sus procesos industriales tanto local como remotamente, e interactuar directamente con componentes como motores, bombas y sensores desde el panel de una ubicación centralizada. A veces, estos sistemas pueden controlar los equipos automáticamente basándose en los datos que se recopilan. Los sistemas SCADA también permiten a las organizaciones monitorizar y realizar informes de sus procesos a partir de datos en tiempo real y archivar estos datos para su posterior procesamiento y evaluación (Copadata, 2022).

Dentro de los beneficios que utilizar el sistema SCADA se tienen que: Permite tener una retroalimentación en tiempo real, contribuye a la automatización del control de los procesos, se puede recabar toda la información resultante de los procesos industriales, permite la solución de problemas a distancia y se puede hacer un diagnóstico del estado de las máquinas y los procesos (F. Figueroa, 2020)

LabVIEW es una herramienta gráfica para pruebas, control y diseño mediante la programación. El lenguaje que usa se llama lenguaje G, donde la G simboliza que es lenguaje Gráfico. Se trata de la interfaz gráfica del VI con el usuario. Esta interfaz recoge las entradas introducidas procedentes del usuario y representa las salidas proporcionadas por el programa. Un panel frontal está formado por botones, pulsadores, potenciómetros, gráficos, etc. Cada uno de ellos puede estar definido como un control(a) o un indicador(b). Los controles sirven para introducir parámetros al VI, mientras que los indicadores muestran los resultados producidos, ya sean datos adquiridos o resultados de alguna operación.

El diagrama de bloques constituye el código fuente del VI. En el diagrama de bloques es donde se realiza la implementación de programa del VI para controlar o realizar cualquier proceso de las entradas y salidas que se crearon en el panel frontal. El diagrama de bloques incluye funciones y estructuras integradas en las librerías que incorpora LabVIEW.

Los controles e indicadores que se colocaron previamente en el panel frontal, se materializan en el diagrama de bloques mediante terminales (J. Trujillo, 2022).

2. Métodos.

El proceso para lograr el diseño y desarrollo del sistema de monitoreo de variables importantes de un motor de inducción se realizó a través de etapas establecidas para alcanzar su adecuado funcionamiento, estas etapas fueron:

Investigación bibliográfica. Etapa de utilidad para determinar los sensores adecuados a utilizar en función de las señales a entregar para el sistema, definir velocidades de operación y el entendimiento de los protocolos de comunicación Profinet y IO Link.

Diseño de la Red Profinet y IO Link usando Tia portal: Se utiliza el software Tia portal V16 para realizar la red de comunicación en la cual se establecen las características de todos los componentes a utilizarse en el sistema Scada. La figura 1 presenta un diagrama descriptivo de la red:

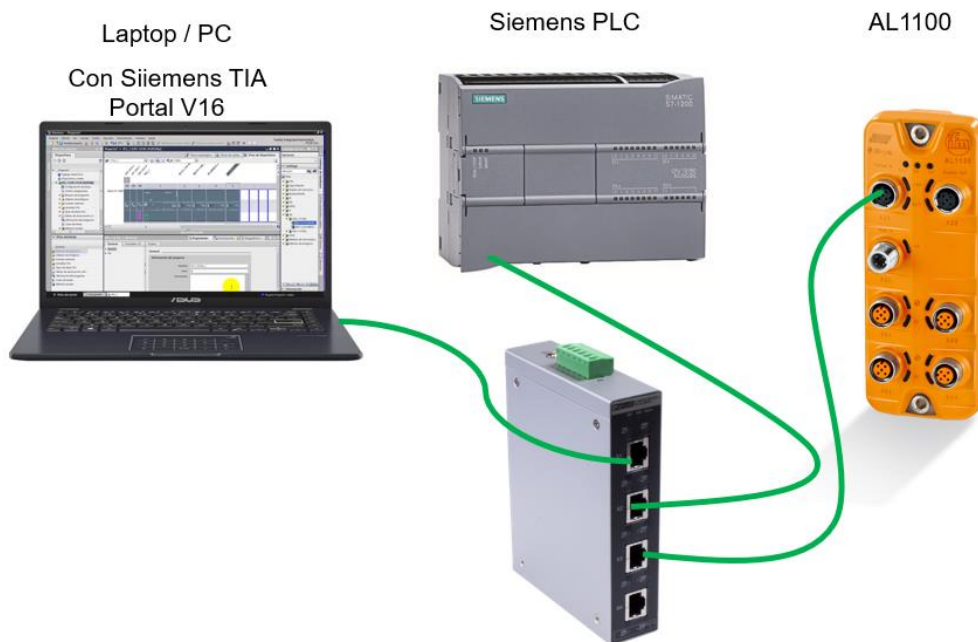


Figura 1. Diagrama descriptivo del diseño de la red Profinet y IO Link.

Diseño de la interfaz utilizando OPC server y Programación gráfica mediante Labview. Esta etapa es de gran importancia ya que a través del OPC server se enlazan datos que provienen de diferentes fabricantes en la red Profinet para enviar y recibir información hacia la interfaz gráfica desarrollada mediante Labview (Figura 2).

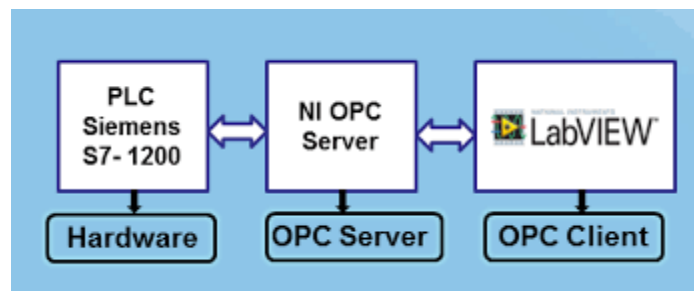


Figura 2. Interfaz utilizando OPC server y Programación gráfica mediante Labview.

3. Desarrollo.

Mediante la investigación bibliográfica y el estado del arte de los sistemas de monitoreo actuales se definió que el controlador adecuado es el S7-1200 Siemens con comunicación Profinet en combinación con el protocolo IO link debido a su robustez en el aislamiento de los campos magnéticos presentes en la adquisición de datos en motores de inducción, así también se eligió el software Labview debido a su versatilidad en la adquisición de los datos a través de OPC servers y a su accesibilidad académica.



Figura 3. Controlador S7-1200 Siemens.

También se eligió el maestro IO-Link, el cual se encarga de conectar los sensores y actuadores inteligentes a la unidad de control, lo que permite realizar la parametrización y el diagnóstico desde un punto centralizado. Para integrar los dispositivos digitales o analógicos se recurren a los correspondientes concentradores de sensores y actuadores (IFM, 2021).



Figura 4. Maestro IO Link IFM 1300.

Diseño de la red industrial PROFINET.

Para el diseño de la red PROFINET se utiliza un Ethernet Switch para conectar el PLC y el maestro IO-Link y cable ethernet crossover para la PC. El maestro IO-Link se comunica con el Ethernet switch para lo cual se hace uso de cable de conexión ethernet modelo E12090 de la empresa IFM, el cual tiene un conector M12 y un conector RJ45. Para comunicar el PLC y la PC al ethernet switch se utilizarán cables ethernet con conectores RJ45.

El diseño de la red industrial PROFINET contempla los direccionamientos IP que utiliza clase C IP para el PLC y el maestro IO-Link, en este caso se está utilizando una IP fija en la computadora que es 192.168.0.30, en el PLC la IP 192.168.0.10 y en el maestro IO-Link la IP 192.168.0.11. El diseño de la red PROFINET se puede observar en la figura 5.

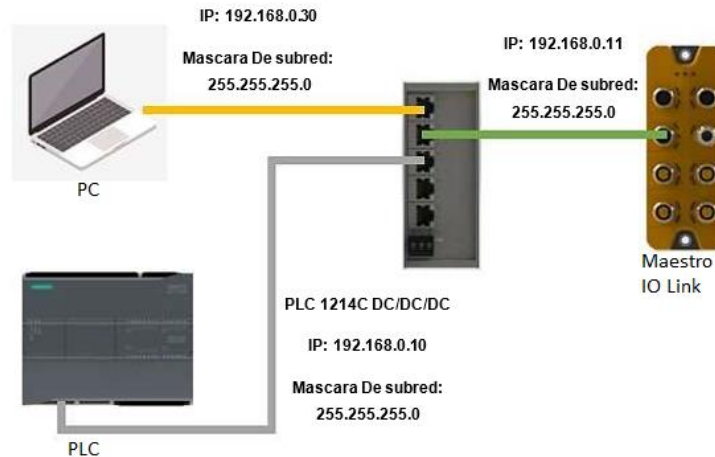


Figura 5. Diseño de la Red Profinet..

Para establecer la comunicación entre el Controlador S7-1200 y el Maestro IO Link 1300 se realiza la configuración de la red Profinet a través del software Tia portal V16 de Siemens como se muestra en la figura 6. (Ayllon, N, 2021).



Figura 6. Configuración de la Red de comunicación Profinet.

La adquisición de las variables de interés en este artículo fueron obtenidas de sensores industriales de temperatura, velocidad y vibración para los cuales se tuvo que diseñar y configurar la red IO Link tal y como se muestra en la figura 7, considerando las características del tipo de señal que entregan con su conversión al protocolo IO link. Para realizar el conexionado de cada uno de estos sensores se utilizó cable de control con conectores M12.

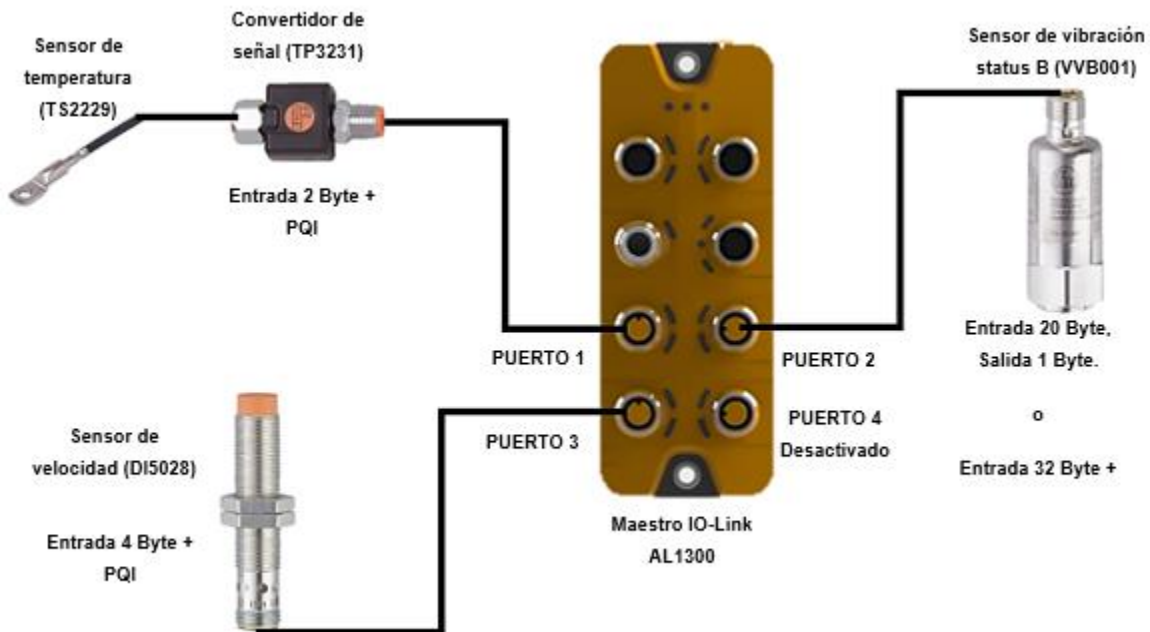


Figura 7. Configuración de la Red industrial IO-Link.

Para realizar el diseño de la red IO-Link es muy importante conocer cuál es la información que se adquirirá de cada sensor. Se necesita el modelo de cada sensor para encontrar esa información en la página oficial de IFM. Por ejemplo, para el Sensor de temperatura (TS2229) no cuenta con comunicación IO-Link integrada por lo que se necesita un convertidor de señal de temperatura a protocolo IO Link (TP3231, sensor de vibración (VVB001) y el sensor de velocidad (DI5028) traen dentro de su electrónica el protocolo IO link integrado.

Así también se necesita una información importante que permite al controlador conocer a detalle características del sensor a utilizar, esta información es el “IO-Link Device description”, el cual contiene información sobre la identidad del dispositivo, los parámetros, los datos de proceso, los datos de diagnóstico, las propiedades de comunicación y el diseño de la interfaz de usuario de las herramientas de ingeniería, esta información se encuentra en la página de IFM, (IFM, 2021).

A continuación, se muestra un diagrama descriptivo (figura 8), donde se consideran todos elementos y componentes que se utilizaron al implementar el sistema. Así también se agregó el conexionado correspondiente y como se pueden posicionar cada uno de estos componentes. También se integran en este diagrama los activadores del motor y su elemento de control el variador de frecuencia que permite controlar la velocidad del motor para realizar diversas pruebas.

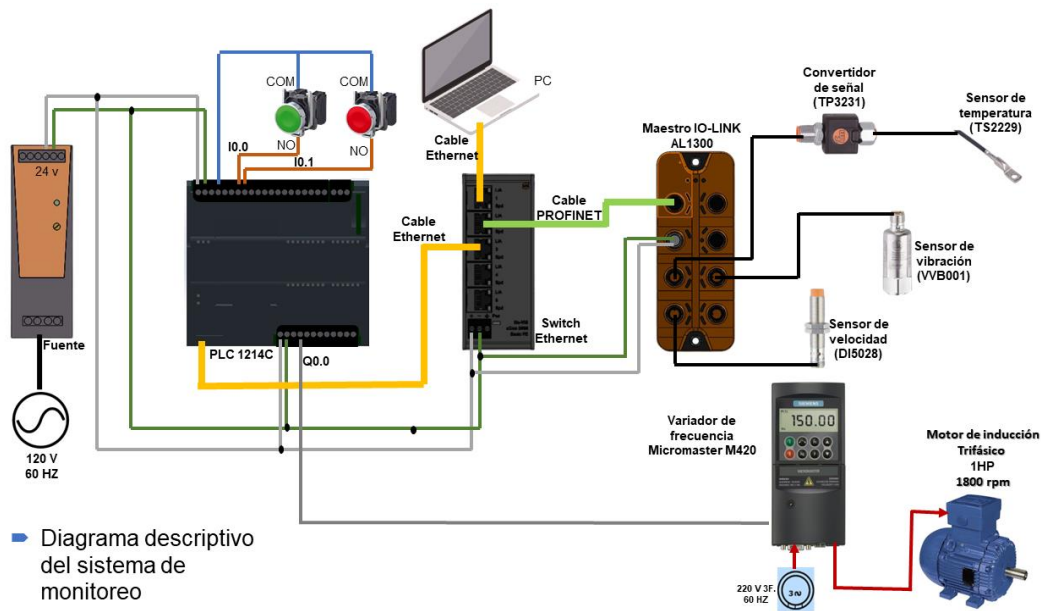


Figura 8. Diagrama descriptivo del sistema de monitoreo.

Programación del PLC en diagrama de bloques.

Una vez configuradas la red PROFINET y IO-Link, se realizó la programación para el arranque y paro del motor, así mismo la programación de bloques para los sensores, en el cual a través de estos bloques funcionales se puede visualizar los datos que da cada sensor y además monitorear cada uno de ellos.

Se insertaron 7 bloques funcionales en el cual un bloque monitorea al sensor de temperatura, 5 bloques corresponden al sensor de vibración debido a que este sensor entrega 5 datos estos son: Valor eficaz de velocidad (Fatiga (v-RMS)), Valor de pico de aceleración (Choque (a-Peak)), Valor eficaz de aceleración (Fricción (aRMS)), Temperatura y el Factor de cresta de aceleración. Donde el último bloque corresponde al sensor de velocidad.

DI5028-Velocidad [FC7]
TP3231-Temperatura [FC1]
VVB001-Choque (a-Peak) [FC3]
VVB001-Cresta [FC6]
VVB001-Fatiga (v-RMS) [FC2]
VVB001-Fricción (a-RMS) [FC4]
VVB001-Temperatura [FC5]

Figura 9. Bloques funcionales programados en el PLC.

En la tabla 1 se muestran las variables que se declararon en el PLC, listos para poder realizar monitoreo de las variables del motor monofásico, así como la verificación del funcionamiento de cada sensor.

Tabla 1. Componentes del banco de pruebas.

Nombre de la variable	Descripción	Tipo de dato	Dirección
Temperatura	Variables IO-Link	Word	%IW68
Temperatura_VVB001	Variables IO-Link	Word	%IW83
Fatiga (v-RMS)	Variables IO-Link	Word	%IW71
Choque (a-Peak)	Variables IO-Link	Word	%IW75
Friccion (a-RMS)	Variables IO-Link	Word	%IW79
Cresta_VVB001	Variables IO-Link	Word	%IW87
Fatiga_Real	Variables IO-Link	Real	%MD102
Choque_Real	Variables IO-Link	Real	%MD104
Friccion_Real	Variables IO-Link	Real	%MD106
Temperatura-VVB001_R	Variables IO-Link	Real	%MD108
Cresta_Real	Variables IO-Link	Real	%MD110
v-RMS_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M30.0
Advertencia_v-RMS_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M30.1
Advertencia_v-RMS_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M30.2
VVB001-Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M30.3
Valor_Medido_Valido-VVB001	Variables IO-Link	Bool	%M30.4
Vibracion-VVB001	Variables IO-Link	Byte	%IB103
a-Peak_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M40.0
Advertencia_a-Peak_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M40.1
Advertencia_a-Peak_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M40.2
a-RMS_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M50.0
Advertencia_a-RMS_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M50.1
Advertencia_a-RMS_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M50.2
°C_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M60.0
Advertencia_°C_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M60.1
Advertencia_°C_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M60.2
Cresta_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M70.0
Advertencia_Cresta_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M70.1
Advertencia_Cresta_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M70.2
Convertidor-TP3231	Variables IO-Link	Byte	%IB70
TP3231-Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M20.1
Valor_Medido_Valido-TP3231	Variables IO-Link	Bool	%M20.2
Temperatura_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M0.1
Advertencia_Temperatura	Variables IO-Link	Bool	%M0.2
Velocidad_de_Rotacion	Variables IO-Link	Int	%MW112
DI5028	Variables IO-Link	Int	%IW104
Velocidad_en_Rango	Variables IO-Link	Bool	%M80.0
Advertencia_Velocidad_Debajo_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M80.1
Advertencia_Velocidad_Arriba_del_Limite	Variables IO-Link	Bool	%M80.2
SSC1	Variables IO-Link	Bool	%M80.3
SSC2	Variables IO-Link	Bool	%M80.4
Leva_Detectada	Variables IO-Link	Bool	%M80.5
Mantenimiento_Requerido	Variables IO-Link	Bool	%M80.6
Fuera_de_Especificacion	Variables IO-Link	Bool	%M80.7
Comprobacion_de_Funcionamiento	Variables IO-Link	Bool	%M90.0
Fallo	Variables IO-Link	Bool	%M90.1
DI5028_Conectado	Variables IO-Link	Bool	%M90.2
Valor_Valido_DI5028	Variables IO-Link	Bool	%M90.3
Velocidad_DI5028	Variables IO-Link	Byte	%IB108
Proceso	Variables IO-Link	Byte	%IB107
Temperatura_Real	Variables IO-Link	DWord	%MD100
Paro	Variable estándar	Boolean	%M0.2
PARO_LV1	Variable estándar	Boolean	%M1.2
INICIO	Variable estándar	Boolean	%I0.0
INICIO_LV1	Variable estándar	Boolean	%M1.1

Comunicación del NI OPC SERVER.

Para la comunicación entre el controlador S7-1200, el maestro IO-Link y la PC en la cual se encuentra instalado el Software de Programación gráfica LabVIEW se utilizó la interfaz de comunicación OPC la cual es una tecnología de comunicación con una arquitectura de cliente y servidor. Una aplicación actúa de servidor proporcionando datos y otra actúa como cliente leyéndolos o manipulándolos. El OPC es la tecnología de comunicación industrial estándar. Ello permite el intercambio de información entre múltiples dispositivos y aplicaciones de control sin restricciones o límites impuestos por los fabricantes. Un servidor OPC puede estar comunicándose continuamente con los PLCs de campo, en esta comunicación se crea un servidor en la cual consta del envío/recibo de datos que el PLC y toma la información que se obtiene de los sensores IFM para mandarlos a LabVIEW como se muestra en la figura 10.

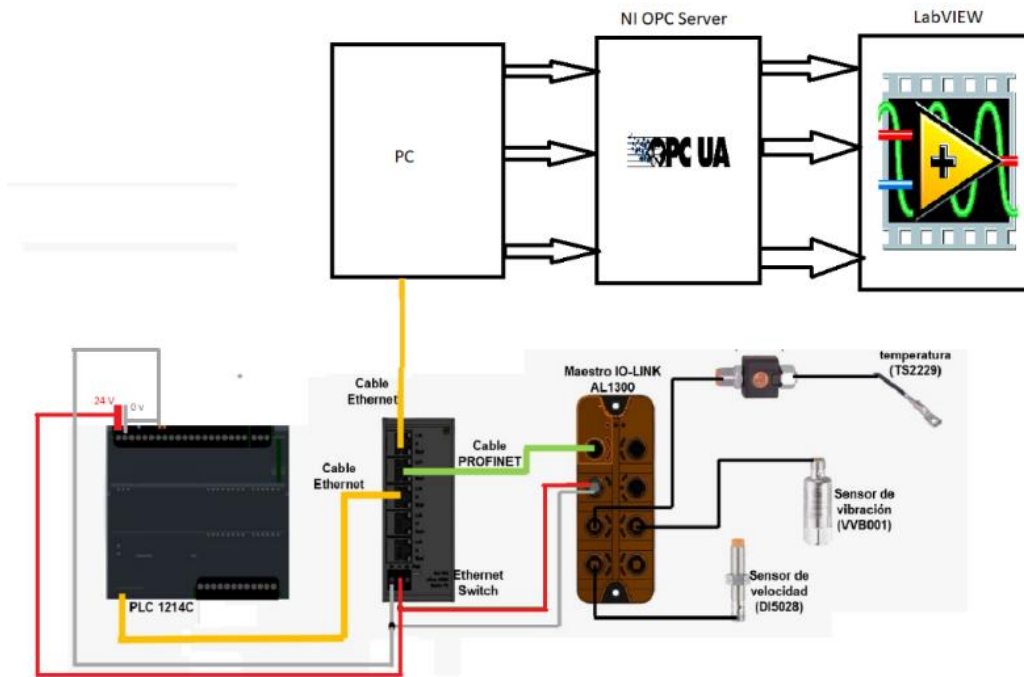


Figura 10. Diagrama de conexión OPC+PLC+Sistema IO-Link+LabVIEW.

Para la creación de dicho servidor se creó un canal, en conjunto con el driver (Siemens TCP/IP Ethernet):

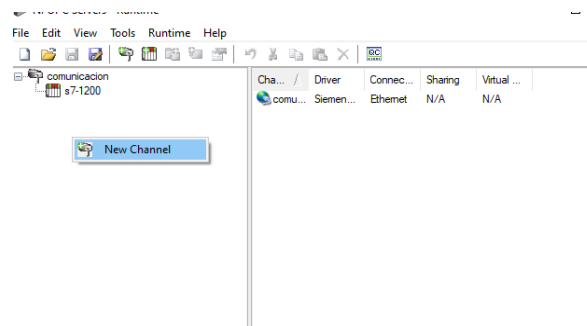


Figura 11. Creación de canal OPC Server.

Esto permite añadir el dispositivo, el cual fue nombrado como s7-1200, con una dirección IP del dispositivo heredada desde la programación realizada en TIA Portal, esta IP ya está definida en nuestra programación de TIA Portal V16, dirección: **192.168.0.10**.

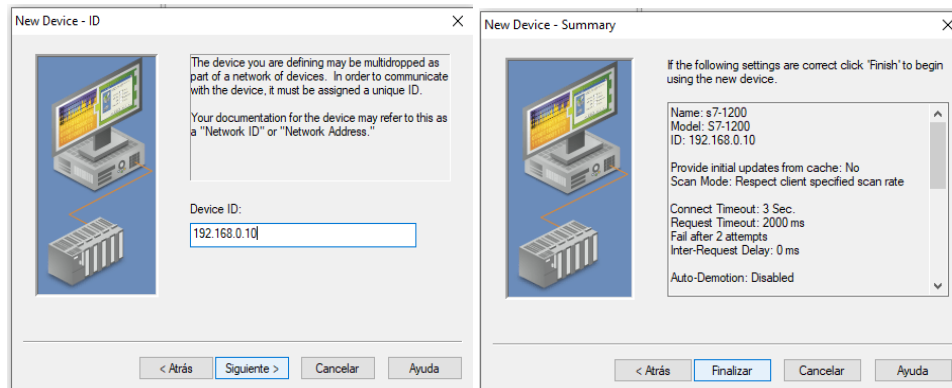


Figura 12. Configuración del dispositivo en OPC Server.

Con la finalidad de vincular las variables utilizadas en el PLC para ser monitoreadas en LabVIEW, se utilizó el servidor OPC estableciendo las mismas direcciones y tipo de dato a ser leído, tal y como se ilustra en la figura 13.

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate
temperatu...	M0.1	Boolean	100
Adverten...	M0.2	Boolean	100
encendido	M1.1	Boolean	100
apagado	M1.2	Boolean	100
Sensor te...	M20.1	Boolean	100
Rms-enra...	M30.0	Boolean	100
ad-rms bajo	M30.1	Boolean	100
ad-rms-alto	M30.2	Boolean	100
Sen-vib-C...	M30.3	Boolean	100
apeakenr...	M40.0	Boolean	100
apeak-de...	M40.1	Boolean	100
apeakalto	M40.2	Boolean	100
cvibbajo	M60.1	Boolean	100
cbivalto	M60.2	Boolean	100
crestaenr...	M70.0	Boolean	100
crestabaja	M70.1	Boolean	100
crestaalta	M70.2	Boolean	100
velocidad...	M80.0	Boolean	100
bajavel	M80.1	Boolean	100
velalta	M80.2	Boolean	100
SSC1	M80.3	Boolean	100
SSC2	M80.4	Boolean	100
Leva	M80.5	Boolean	100
Sensor d...	M90.2	Boolean	100
Temperat...	MD100	Float	100
Vibracion ...	MD102	Float	100
a-peak vib	MD104	Float	100
Friccion	MD106	Float	100
Vibtemp	MD108	Float	100
crestavib	MD110	Float	100
velocidad	MW112	Word	100

Figura 13. Lista de variables en NI OPC Server.

Una vez establecida la vinculación de variables y la comunicación entre el dispositivo y OPC Server, se procedió al diseño y configuración de la interfaz en LabVIEW (versión recomendada: 2020 SP1 en adelante), mediante la librería DSC para poder añadir el servidor (I/O Server) “National Instruments.NIOPCServerV5” en conjunto con la lista de variables previamente creada.

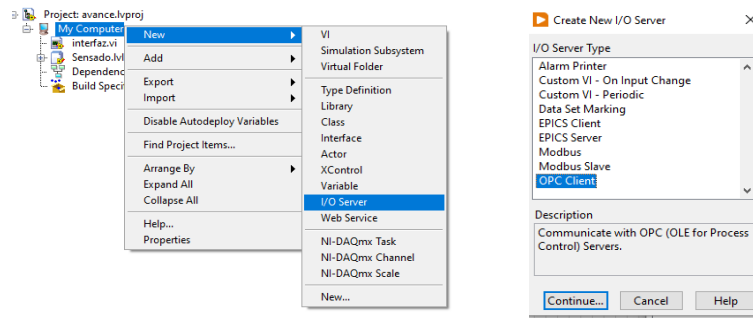


Figura 14. Selección y configuración de I/O Server en LabVIEW.

El cliente OPC fue denominado “Sensado” y mediante la herramienta de “Create Bound Variables” se realizó la extracción de variables que se utilizarán para la interfaz virtual (VI), tal como se muestra en la figura 15.

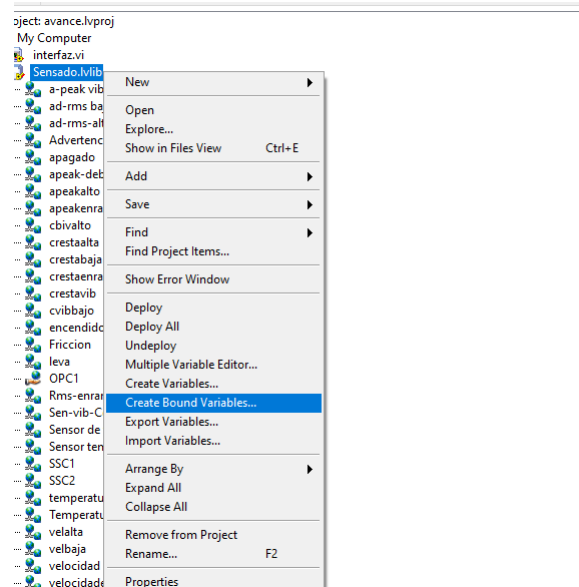


Figura 15. Extracción de las variables creadas en OPC para la interfaz en LabVIEW.

Mediante el diagrama a bloques se vincularon las variables deseadas con los indicadores más adecuados para la visualización en la interfaz, incluyendo gráficas sincronizadas con los datos enviados por la adquisición de señales en el PLC.

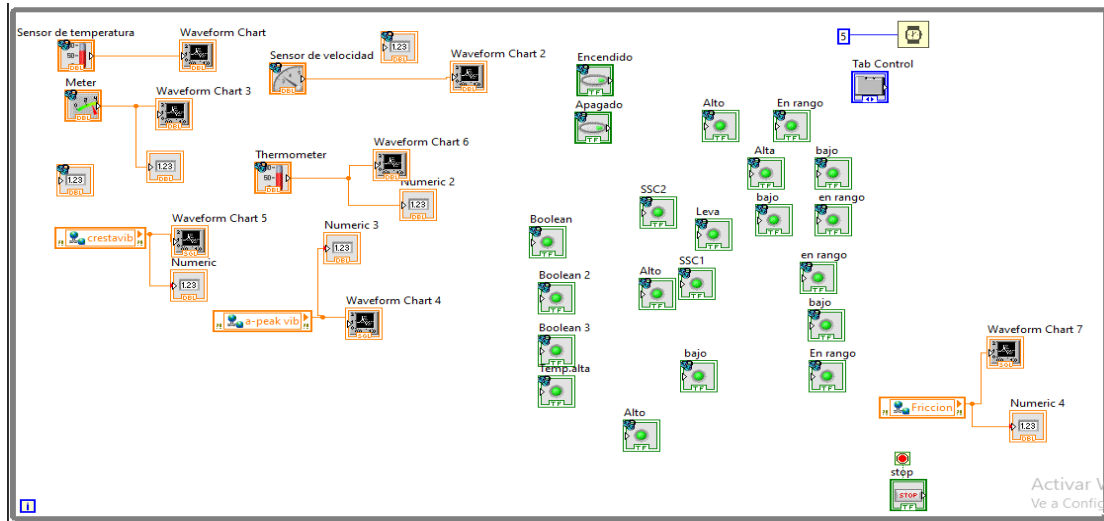


Figura 16. Diagrama de bloques de la interfaz con vinculación de variables.

4. Resultados.

Después de la realización de todos los procedimientos previamente descritos, el diseño de la interfaz se conformó en 2 secciones: la sección izquierda es la visualización de los estados de los sensores y la sección derecha con la adquisición de datos recibidos por los sensores mediante IO-Link (figura 17).

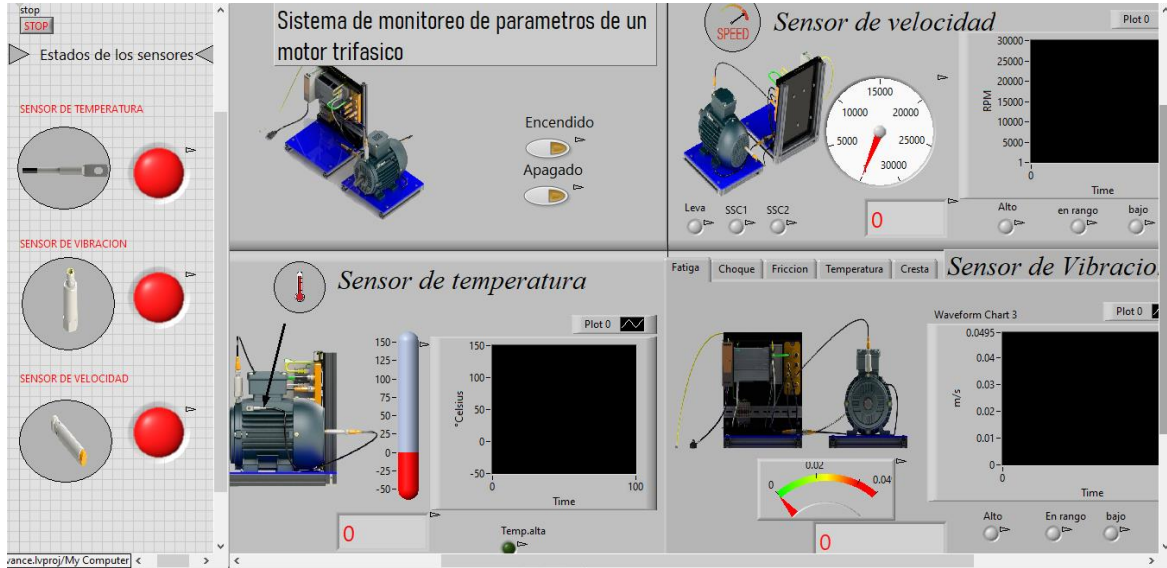


Figura 17. Interfaz SCADA del sistema de monitoreo de variables del motor de inducción trifásico.

En la figura 18 se presenta el sistema SCADA conectado con un cable ETHERNET al switch ethernet, que a su vez está comunicado con el IO-Link Master, que recopila la información de los sensores en el motor de inducción con los parámetros de velocidad, temperatura y vibración.

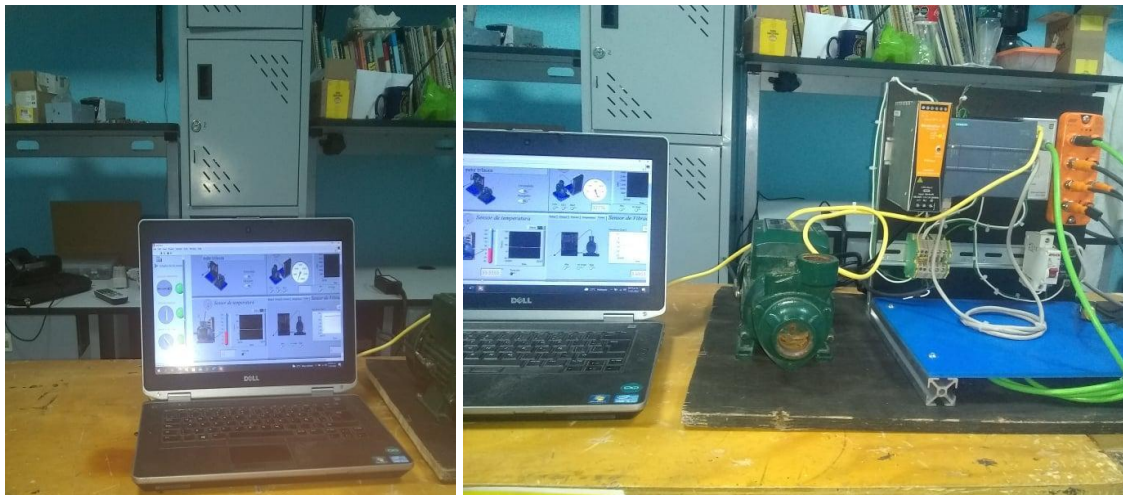


Figura 18. Sistema de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción mediante IO-Link.

Para comprobar los resultados del sistema se utilizó LR Device de IFM Electronic. Se evaluaron los datos medidos directamente desde el software de la empresa y el comportamiento de las variables cuando el motor está apagado y encendido, para posteriormente comparar los valores que se están adquiriendo en la Interfaz gráfica en LabVIEW.

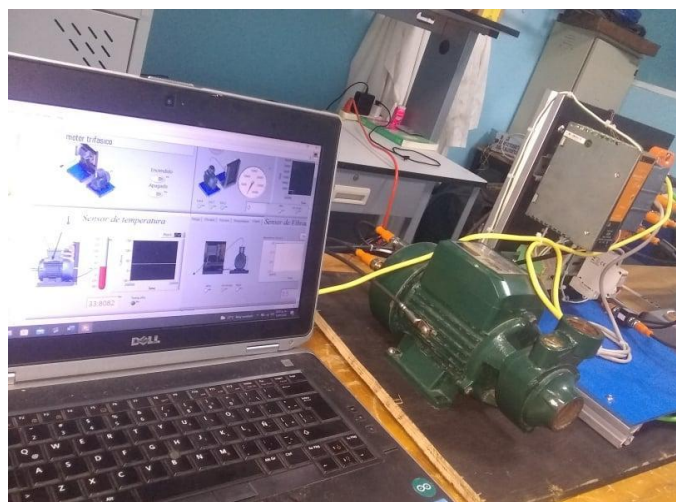


Figura 19. Medición de variables del motor de inducción.

Como ejemplo para este artículo, se compararon los datos obtenidos por parte del sensor de temperatura TP3221 cuando el motor WEG está encendido. Observando los datos que se nos muestra en LR Device en la figura 20, con un valor de 32.8°C en operación y su comportamiento gráfico.

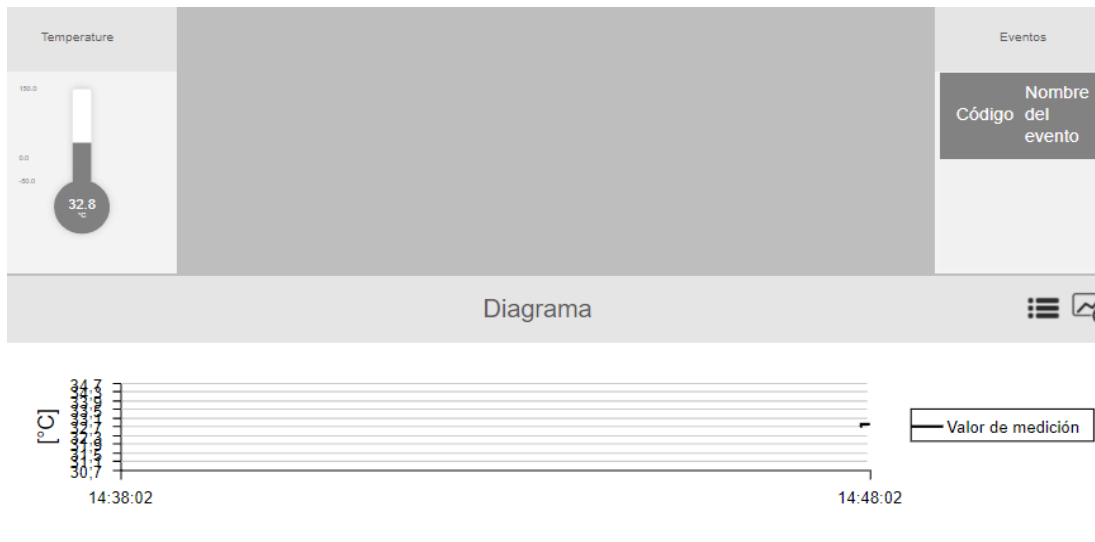


Figura 20. Monitoreo del sensor TP3221 en LR Device(motor encendido).

Mientras que con la interfaz SCADA diseñada en LabVIEW se puede observar en la figura 21 que los datos que recibe del servidor tienen un valor de 32.3°C, lo que genera un error del 1.52% en la obtención de la información.

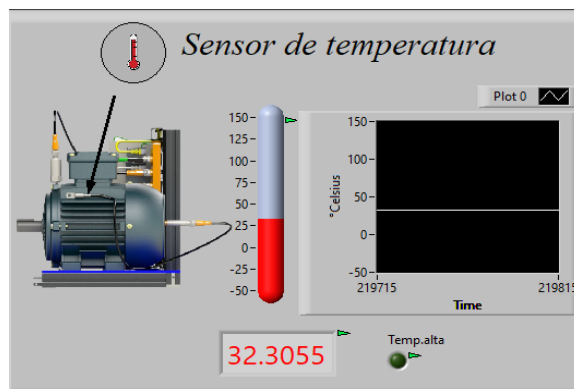


Figura 21. Monitoreo del Sensor TP3221 en LabView (motor encendido).

El mismo procedimiento se realizó con los sensores restantes, y se muestran ejemplos en la figura 22 y figura 23 de estas comparativas, siendo que se cuenta con todos los datos comprobatorios para posterior análisis.

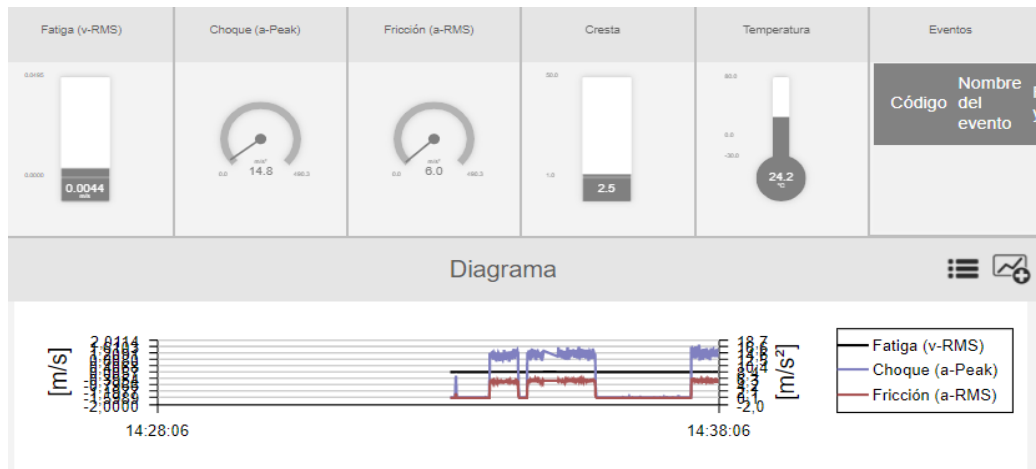


Figura 22. Monitoreo del sensor VVB001 choque en LR Device (motor encendido).

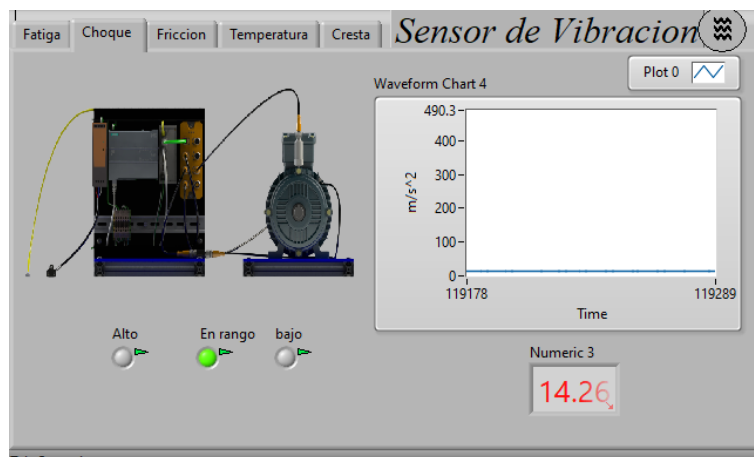


Figura 23. Monitoreo del sensor VVB001 choque en LabVIEW (motor encendido).

Créditos.

Los autores agradecen al Tecnológico Nacional de México por el financiamiento del proyecto 14389.22-P (“Sistema didáctico de monitoreo de variables críticas de un motor de inducción trifásico”), de la convocatoria de apoyo a proyectos de desarrollo tecnológico e innovación 2022 y las facilidades del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez para la realización de este trabajo.

Conclusiones.

En el desarrollo de este sistema de monitoreo se pudo constatar la gran ventaja de utilizar la comunicación industrial IO-Link ya que facilita el tiempo de instalación, configuración, la reducción de cableados y el costo. Así también utilizar una de las grandes ventajas de las comunicaciones industriales en este caso Profinet que es la adquisición de datos en tiempo real, estos protocolos de comunicación facilitan en gran manera las aplicaciones en entornos académicos y de investigación.

En el presente trabajo se realizó el diseño y desarrollo de un sistema de monitoreo de variables críticas de un motor trifásico haciendo uso de sensores industriales IFM utilizando tecnología de Industry 4.0 tales como la comunicación industrial Profinet y el protocolo de comunicación IO-Link, el cual se perfila para ser la interfaz digital más potente para ofrecer soluciones inteligentes. Para este trabajo representó una gran ventaja para desarrollar conocimientos en su uso y lograr adquirir variables desde el maestro IO-Link como temperatura, vibración y velocidad comunicadas al PLC S7-1200 y enviadas por este mediante OPC SERVER a un software SCADA 'Labview' que permitió representarlas en tiempo real mediante graficas de tendencias y registros de monitoreo.

Así también hay que mencionar que este desarrollo es parte de los sistemas de entrenamiento que se están desarrollando en el Laboratorio Industry 4.0 IFM-TecNM, que permitirá desarrollar habilidades y competencias en esta tendencia industrial.

Referencias bibliográficas.

- Ayllon, N. (2021).** *What is PROFINET? - PROFINET Explained - PI North America Blog. PI North America.* Recuperado 12 de enero de 2022 <https://us.profinet.com/profinet-explained/>.
- Copadata (2021).** *¿Qué es SCADA?.* Recuperado 11 de enero de 2022, de <https://www.copadata.com/es/productos/zenon-software-platform/visualizacion-control/que-es-scada/>.
- Figuroa, F. (2020).** *Scada: que es, para que sirve, como funciona. sensoricx.* Recuperado 11 de enero de 2022, de <https://sensoricx.com/mediciones/scada-que-es-para-que-sirve-ventajas-como-funciona/>.
- IFM. (2021).** *Ifm electronic.* Recuperado 19 de Junio de 2022 <https://www.ifm.com/mx/es>.
- J. Trujillo (2011).** *¿Que es labview? Desarrollo de Prototipos Electronicos.* Recuperado 12 de enero de 2022, de <https://jfrujilloa.wordpress.com/2011/01/12/%C2%BFque-es-labview/>.

Información de los autores.



Osbaldo Ysaac García Ramos, Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Académico Departamento de Eléctrica-Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez. Tiene 17 años de experiencia docente. Tiene Cursos especialización en Mecatrónica en Universidad de Esslingen Alemania, en la empresa Emco Salzburgo Austria, en la empresa Festo Estados Unidos y Festo México. Responsable técnico del proyecto de investigación "Consolidar un centro de investigación y desarrollo de vehículos eléctricos funcionales y confortables e impulsados por energía limpia" junto con la empresa Invemex S.A de C.V., 2015. Ha desarrollado proyectos de investigación como 'Sistema de medición de hélices de barco para la secretaria de marina financiado por Conacyt y Semar', "Diseño y caracterización de Biomateriales a partir de macromicetos como alternativa al uso del unicel" en el año 2014 (financiados por Conacyt). Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2019.



Aldo Esteban Aguilar Castillejos, obtuvo el grado de Maestro en Ciencias en Ing. Mecatrónica en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG) en el 2011 y el título de Ingeniero en Electrónica en el mismo Instituto, con especialidad en Instrumentación y Control. Cuenta con la certificación CSWA, CSWP, CSWP Avanzado de SolidWorks; así como un Diplomado en el motor de desarrollo de videojuegos UNREAL, Diplomado en Microsoft Teams y Diplomado en competencias para la enseñanza de las ciencias. Acreedor al premio de desempeño a la excelencia EGEL 2018 y Miembro del Colegio de Ingenieros Mecánicos y Electricistas del Estado de Chiapas. Ha participado en el desarrollo de proyectos de investigación (PEI Conacyt) para empresas privadas, desarrollo de patentes con desarrollos tecnológicos en el Estado de Chiapas y fue parte del cuerpo de investigación de la Universidad del Valle de México Campus Tuxtla hasta el 2022. Actualmente es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes” del I.T.T.G. con desarrollos de proyectos financiados por CONACyT y el TecNM. Con campos de interés en: dispositivos opto-mecatrónicos, manufactura, sensores de fibra óptica, instrumentación y control.



José Ángel Zepeda Hernández, es Ingeniero Industrial en Eléctrica y Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez e investigador desde 1999, Imparte cátedra en el área de Ingeniería Electrónica y la Maestría en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica en el ITTG, donde imparte las asignaturas de Diseño con Transistores y Electrónica Básica respectivamente. Líder del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”.



Álvaro Hernández Sol, es Ingeniero en electrónica, egresado del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez ITTG, en Tuxtla Gutiérrez, Chiapas. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y es investigador desde 1997. Certificado en SolidWorks Associate. Jefe de proyectos de investigación de ingeniería electrónica desde el 2001. Fundo y asesora el “Club de robótica del ITTG”. Colabora en la línea de investigación de “Robótica” de Ingeniería electrónica. Dirige el área de trabajo en “Robótica” y es parte del cuerpo académico “sistemas de control inteligentes”. Ha realizado investigaciones en el área de los sistemas alternativos de comunicación y en sistemas robóticos, Así como en sistemas traductores de lenguaje.



Raúl Moreno Rincón, Ingeniero en Comunicaciones y Electrónica, egresado de la ESIME-IPN, en la ciudad de México, D.F. Maestro en Ciencias en Ingeniería Electrónica egresado del Instituto Tecnológico de Toluca. Maestro en Educación Superior por la Universidad Autónoma de Chiapas. Certificado en SolidWorks Associate. Es profesor de tiempo completo en el área de Ingeniería Electrónica del Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez y Jefe de Proyectos de Docencia de Ingeniería Electrónica. Es investigador desde 1999 y Colabora en la línea de investigación “Robótica” de Ingeniería electrónica y es parte del cuerpo académico en formación “Sistemas de control inteligentes”. Ha realizado proyectos como: Sistema de alarma para personas con deficiencia auditiva basado en XBEE, robot de cafetería, araña hexápoda, sistema de control de animatronic, entre otros.



Joel Gómez Pérez, es Ingeniero en Electrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2005; Maestro en Ciencias en Ingeniería Mecatrónica por el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez (ITTG), graduado en 2013. Ha colaborado con diversas universidades; entre ellas la Universidad del Valle de México, Universidad Politécnica de Chiapas (UPCH) en el área de Ingeniería Mecatrónica, Biomédica, Energía; entre otros. Actualmente es profesor de tiempo completo en el Instituto Tecnológico de Tuxtla Gutiérrez desde 2010. Es profesor con perfil deseable PRODEP desde 2017 y jefe de laboratorio de Física en el departamento de Ciencias Básicas.