

# PLATAFORMA INTERNET INDUSTRIAL DE LAS COSAS COMO SERVICIO LOCAL

## INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS PLATFORM AS LOCAL SERVICE

**Aranda, Nelson**<sup>1</sup>

**Aguirre, Néstor**<sup>2</sup>

**Balich, Néstor**<sup>3</sup>

Aranda, N., Aguirre, N. y Balich, N. (2022). Plataforma Internet Industrial de las Cosas como servicio local. *Revista INNOVA, Revista argentina de Ciencia y Tecnología, 10.*

### RESUMEN

La industria 4.0 y la Internet industrial de las cosas (IIoT) se han convertido en una promesa en los procesos de negocio industriales más innovador en los últimos años. Sin embargo, a menudo surgen dificultades técnicas en la implementación de plataformas que se adapten correctamente a un proceso de negocio para proporcionarle valor a los datos obtenidos. Para afrontar dichas dificultades, se presenta aquí una plataforma I-IIoT compatible con las máquinas que se comunican a través del protocolo estándar de comunicaciones industriales OPC-UA. Esta solución se realiza a través diversas herramientas open source que, integradas entre sí, proporcionan una solución óptima para afrontar los desafíos que propone la Industria 4.0. La implementación de la plataforma permite el almacenamiento local de los datos a un bajo costo, para el monitoreo de las máquinas industriales a mayor escala. Asimismo, gestiona la producción de forma autónoma, flexible, eficiente y con ahorro de recursos, conectando o fusionando la producción con la tecnología de la información y las comunicaciones. La fortaleza de esta plataforma es que requiere de pocos recursos, tiene flexibilidad para soportar diversos escenarios de aplicaciones para dispositivos, posibilita un tiempo de repuesta muy aceptable permitiendo una buena fiabilidad.

---

<sup>1</sup>Facultad de Tecnología Informática, Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana, Argentina/ nelson.ara.2407@gmail.com

<sup>2</sup>Facultad de Tecnología Informática, Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana, Argentina / nestoraguirre.univ@gmail.com

<sup>3</sup>Facultad de Tecnología Informática, Centro de Altos Estudios en Tecnología Informática. Universidad Abierta Interamericana, Argentina / nestor.balich@uai.edu.ar

## **ABSTRACT**

Industry 4.0 and the Industrial Internet of Things (IIoT) have become a promise in the most innovative industrial business processes in recent years. However, technical difficulties often arise in the implementation of platforms that are properly adapted to a business process to provide value to the data obtained. To address these difficulties, an I-IIoT platform compatible with machines that communicate through the OPC-UA industrial communications standard protocol is presented here. This solution is carried out through various open source tools that, integrated with each other, provide an optimal solution to face the challenges proposed by Industry 4.0. The implementation of the platform allows the local storage of data at a low cost, for the monitoring of industrial machines on a larger scale. Likewise, it manages production in an autonomous, flexible, efficient and resource-saving way, connecting or merging production with information and communication technology. The strength of this platform is that it requires few resources, it has the flexibility to support various application scenarios for devices, and it enables a very acceptable response time, allowing good reliability.

## **PALABRAS CLAVE**

I-IIoT/Industria 4.0/OPC UA

## **KEY WORDS**

I-IIoT/Industry 4.0/OPC UA

## INTRODUCCIÓN

La creciente demanda de consumo y la continua búsqueda de innovación son solo algunos de los elementos en el modelo de negocios de la Industria 4.0 que es considerado como la cuarta revolución industrial, que impone la transición de un modelo de fábricas automáticas hacia otro en el que son protagonistas máquinas y sistemas inteligentes. Se trata de una nueva forma de organizar los medios de producción para que, plantas industriales inteligentes sean capaces de una mayor adaptabilidad a las necesidades y a los procesos de producción, como así también a una asignación más eficientes de los recursos.

Es así que, las industrias van transitando, aunque con distintos ritmos, del proceso de transformación que conducen a la adopción de nuevas tecnologías o formas de pensar la producción. Según Morrar, Arman y Mousa (2017), la tasa de desarrollo tecnológico en la industria 4.0 es exponencial.

Las raíces de la Industria 4.0 están en la manufactura, pero es más que simplemente producción. Las tecnologías inteligentes y conectadas pueden transformar las formas en que las piezas y los productos están diseñados, fabricados, utilizados y mantenidos, como así también transformar las organizaciones dándole sentido a la información, ya que implica la completa digitalización de la cadena de valor a través de la integración de tecnologías de procesamiento de datos, software inteligente y sensores.

En la Industria 4.0 adquiere relevancia el *Internet Industrial de las Cosas* (IIoT) que se basa en múltiples dispositivos conectados por tecnologías de comunicaciones y que hacen que los sistemas puedan monitorear, recopilar, intercambiar y analizar datos para transformarlos en información importante para la toma de decisiones.

De esta manera, IIoT es capaz de impulsar niveles de productividad, eficiencia y rendimiento que permiten a las empresas industriales los beneficios financieros y operativos.

Según Jong Hyuk Park (2019) el Internet Industrial de las Cosas es el uso de tecnologías de Internet de las Cosas en la fabricación. IIoT incorpora tecnología de aprendizaje automático, big data, datos de sensores y comunicación de máquina a máquina (M2M) que han existido en áreas industriales desde hace años.

Uno de los protocolos de comunicación usado en este tipo de tecnología es la arquitectura unificada OPC UA que es una arquitectura orientada a servicios independiente de la plataforma que integra toda la funcionalidad de las especificaciones individuales de OPC Classic en un marco extensible.

Dentro de la Industria 4.0 también hay mucho interés detrás de la arquitectura unificada de comunicaciones de plataforma abierta estándar (OPC UA), que figura como la única recomendación para realizar la capa de comunicación del modelo de arquitectura de referencia (Cavaleri & Salafia, 2020).

Asimismo, las aplicaciones de IIoT requieren de mucho tiempo de desarrollo lo cual encarece su costo, y aunado al criterio de ser tecnologías de carácter propietario, no existe una privacidad en cuanto al control de los datos sensibles de la cadena de producción ni tampoco se tiene adaptabilidad de restricciones con respecto a la conectividad para control de tráfico.

Es así entonces, que se hace necesario el desarrollo a bajo costo de una plataforma IIoT con conexión en servidor local y realizada en software libre brindando, a la vez, privacidad en el control de los datos, como se muestra en el presente trabajo.

Los datos recopilados de los dispositivos pueden brindar a las empresas los medios para identificar ineficiencias y oportunidades, y ahorrar tiempo y dinero. Muchos fabricantes han logrado grandes avances en la conexión de sus productos y dispositivos IoT. Sin embargo, para tener éxito en esta etapa se requiere mucho más que conectividad tecnológica.

De hecho, la llegada de IoT es una disrupción única del negocio que requiere nuevas capacidades y ofrecerá oportunidades increíbles. Para los fabricantes, el IIoT tiene un potencial considerable, especialmente en términos de control de calidad y trazabilidad de la cadena de suministro.

La incorporación de tecnología en las organizaciones no debe considerarse solo la adquisición de equipamiento, sino que debe ser una parte del proceso de evolución de las empresas. Este proceso debe considerar adaptación para aprovechar al máximo las ventajas, comunicación hacia todos los niveles, innovación permanente, entre otros. Si bien algunos sectores ponen aún cierto énfasis en la productividad, pero la evolución permanente de las empresas tiende a la producción por demanda, para lo cual debe existir una coordinación de áreas y sincronización de tareas para lograr el éxito del proceso.

## **A. Industria 4.0**

El concepto de Industria 4.0 expresa la idea de lo que algunos denominan la Cuarta Revolución Industrial en donde la transformación industrial está sustentada en fábricas inteligentes que se caracterizan por la interconexión de máquinas y de sistemas en el mismo lugar de producción con fluida comunicación tanto hacia el interior como al exterior de la organización.

Según Alejandro Gardella (2018) es durante el año 2011, en la feria de Hannover, que por primera vez se menciona la idea de una cuarta revolución industrial, en curso. Este cuarto giro no tenía tanto que ver con la irrupción de una novedosa tecnología (como en su momento fueran el vapor, la electricidad o la automatización), sino con la confluencia de muchos campos tecnológicos que han venido desarrollándose de maneras separadas (Internet de las Cosas, inteligencia artificial, computación de la nube, nanotecnología, drones, impresión 3D, biotecnología, neurociencias) que están dando lugar a innovaciones a gran velocidad, que impactarán en muchos aspectos de la forma de vivir y hacer negocios en los próximos años.

Sigue expresando Alejandro Gardella (2018) que la cuarta revolución industrial ha sido definida como

la tendencia actual de automatización e intercambio de datos (en ámbitos industriales) que incluye sistemas ciber físicos, la Internet de las Cosas y la computación en la nube, lo que está dando lugar a 'fábricas inteligentes', en la que las diferentes máquinas se comunican y cooperan entre sí, con mínima intervención humana (p.41).

De esta manera el concepto de Industria 4.0 está más orientado hacia la implementación práctica y funcional, en la industria actual, de los principios de la Cuarta Revolución Industrial

mediante procesos de producción, gestión y administración de los recursos para lograr eficiencia lo cual también se traduce en una baja de los costos.

En el marco de la Industria 4.0, la estrategia empresarial de una organización debe incluir la digitalización de sus procesos para la toma de decisiones abriendo el camino, de esa manera, hacia nuevas unidades de negocio y generando una cadena de valor más robusta.

La Industria 4.0 representada por el alto crecimiento en tecnología y plataformas ha interrumpido la infraestructura existente y las estructuras de la industria creando nuevas formas de consumir bienes mediante la combinación de oferta y demanda (Morrar et al., 2017).

De esta manera la industria 4.0 se extiende mucho más allá de los límites de la Internet industrial de las cosas, yendo también va más allá del ámbito de la fabricación y la producción para centrarse en todo el ecosistema de socios, proveedores, clientes, fuerza laboral y consideraciones operativas.

Asimismo, en las Smart factory es fundamental tener la información a tiempo para realizar las modificaciones necesarias en los eslabones de la cadena de producción que están en dificultades y por la cual ralentiza todo el proceso de producción.

## **B. Internet Industrial de las Cosas (IIoT)**

El concepto de IIoT se aplica a maquinaria conectada a internet, en plataformas de análisis que procesan los datos recopilados para transformarlos en información útil para la toma de decisiones. El Internet Industrial se diferencia de IoT por la infraestructura ya que está referido a máquinas y dispositivos integrados en sensores que transmiten datos a través de internet gestionándose a través de software.

La información que proveen las plataformas de industrialización 4.0 permiten justamente detectar en tiempo real eventos críticos, errores o fallos, paradas o la superación de umbrales, congestiones, demoras, etc. Toda esta recopilación de datos nos lleva a plantearnos si es un proceso obsoleto y de que forma se podría mejorar o cambiarlo.

El Industrial Internet Consortium en su reporte 2.3 define Internet Industrial como Internet de las cosas (IIoT), máquinas, computadoras y personas, que permiten operaciones industriales inteligentes utilizando análisis de datos avanzados para obtener resultados comerciales transformadores.

Jong Hyuk Park (2019) sostiene que la adopción de IIoT puede revolucionar la forma en que operan las industrias, pero el desafío es implementar estrategias para fortalecer los esfuerzos de transformación digital mientras se mantiene la seguridad a través de una mayor conectividad.

Las tres áreas principales en las que resulta necesario centrarse son la escalabilidad, la seguridad y la disponibilidad. La proliferación de dispositivos inteligentes ha creado vulnerabilidades y problemas de seguridad. Los usuarios de IoT tienen la responsabilidad de hecho de asegurar la configuración y el uso de sus dispositivos conectados, pero los fabricantes de dispositivos tienen la obligación de proteger a sus consumidores cuando lanzan sus productos. Por lo tanto, los fabricantes deben poder garantizar la seguridad de los usuarios y establecer medidas preventivas o correctivas cuando surjan problemas de seguridad.

Además, se ha destacado la necesidad de la ciberseguridad a medida que han surgido incidentes de seguridad más importantes a lo largo de los años.

Por lo tanto, son diversas las maneras que las tecnologías de IIoT pueden aplicarse en la industria, un ejemplo de ello es la producción mediante sensores aplicados a las maquinarias de trabajo para predecir potenciales problemas y de esa manera brindar una solución evitando así menor tiempo de inactividad y mayor eficiencia general. Otra forma de aplicación podría ser en el almacén de suministro con inventario gestionado por sensor para lograr solicitar suministros antes de que se agoten. Una tercera alternativa sería el departamento de marketing y venta mediante con análisis de datos para la correcta toma de decisiones en lo referente a marketing y puntos de ventas, son solo algunas de las múltiples maneras que se puede aplicar IIoT en la industria.

En general, el análisis inteligente de las diversas bases de datos ahora disponibles (tanto internas como externas a la empresa) permitiría la optimización en tiempo real de las operaciones, por ejemplo, mediante la detección de correlaciones antes ocultas entre las variables y la ejecución de las acciones más adecuadas en cada instante (Toro, Sánchez, Strefezza, & Granado, 2017).

Los mismos autores (Toro et al., 2017), sostienen que un reto particularmente importante es el de la seguridad de la información transmitida, pues es posible que un tercero, terrorista cibernético (hacker), pueda interceptarla y usarla para cometer algún delito. El hecho de que múltiples usuarios puedan acceder a un servicio genera incertidumbre acerca de quiénes son y dónde se encuentran realmente.

Es posible además, que múltiples usuarios autorizados pueden tratar de controlar simultáneamente un parámetro en particular, lo que requiere un mecanismo para resolver los problemas de conflicto y coordinar las diversas solicitudes.

Por lo tanto, si a la filosofía corporativa de Industria 4.0 de automatización y nuevas tecnologías se le adiciona la tecnología de IIoT con dispositivos, máquinas y personas conectadas y analítica predictiva se obtiene como resultado dentro de la competitividad global, máxima eficiencia general de los equipos y tiempo de inactividad cero, entre otras cosas, organización.

### **C. OPC UA**

Según la OPC Foundation la Arquitectura Unificada OPC (UA), lanzada en 2008, es una arquitectura orientada a servicios independiente de la plataforma que integra toda la funcionalidad de las especificaciones individuales de OPC Classic en un marco extensible. Este enfoque de múltiples capas logra los objetivos de la especificación de diseño original de:

- Equivalencia funcional: todas las especificaciones COM OPC Classic se asignan a UA.
- Independencia de la plataforma: desde un microcontrolador integrado hasta una infraestructura basada en la nube.
- Seguro: cifrado, autenticación y auditoría.
- Extensible: capacidad de agregar nuevas funciones sin afectar las aplicaciones existentes.
- Modelado de información integral: para definir información compleja.

Por lo tanto, la arquitectura unificada OPC UA es un protocolo de comunicación que no solo comunica datos entre aplicaciones SCADA y sensores sino también con todas las aplicaciones de la organización a través de todas las capas empresariales.

Referente a la definición y adopción de estándares de comunicación, dicen Cavalieri y Salafia (2020) que, uno de los principales ejemplos es el modelo de arquitectura de referencia para la Industria 4.0, que define la estructura de administración de activos como la piedra angular de la interoperabilidad entre aplicaciones que gestionan sistemas de fabricación.

Dentro de la Industria 4.0 también hay mucho interés detrás de la arquitectura unificada de comunicaciones de plataforma abierta estándar (OPC UA), que se erige como única recomendación para realizar la capa de comunicación del modelo de arquitectura de referencia.

Entonces el protocolo de comunicación es independiente del proveedor para aplicaciones de automatización industrial y está basado en la tecnología cliente servidor y permite una comunicación continua desde los sensores hasta el sistema ERP o las nubes.

De acuerdo a Ferrari et al., (2018), a diferencia del IoT para el consumidor, las comunicaciones IIoT están orientadas principalmente a las máquinas y pueden involucrar sectores y actividades de mercado muy diferentes. Como consecuencia, a pesar de que los requisitos de comunicación más generales de IoT y IIoT están dirigidos a la conectividad a gran escala, las necesidades específicas pueden ser muy diferentes.

Prueba de ello son los escenarios industriales que prestan atención a la calidad del servicio (QoS, por ejemplo, en términos de determinismo y retrasos en las comunicaciones), la disponibilidad y la fiabilidad.

Gutierrez Guerrero y Holgado Terriza (2019) sostienen que los sistemas industriales deben continuar manteniendo un alto nivel de confiabilidad, seguridad y protección para mejorar los procesos de producción durante largos períodos de tiempo. Cualquier falla del sistema o modificación del sistema de producción actual puede dar lugar a costosas interrupciones de la producción, que requieren mucho tiempo y deben realizarse manualmente.

De esta manera, se puede decir que la arquitectura OPC UA es una tecnología de comunicación que es utilizado para trasladar datos y convertirlos en información, ya que está diseñado para conectar bases de datos, herramientas analíticas, sistemas de planificación de recursos empresariales con datos reales de controladores, sensores y dispositivos de monitoreo, entre otros, que interactúan con procesos reales.

Para ello, utiliza plataformas escalables, múltiples modelos de seguridad, diversas capas de transporte y un sofisticado modelo de información para permitir que el controlador dedicado más pequeño interactúe libremente con aplicaciones complejas de servidor de alto nivel ya que puede comunicar cualquier cosa, desde un simple estado de inactividad hasta cantidades masivas de información altamente compleja en toda la planta.

Entonces, frente a la realidad planteada, se hace posible señalar que OPC UA transmite datos de manera segura y sencilla haciendo que los mismos se conviertan en información conveniente, útil y a la vez confiable encontrándose disponibles en toda la organización.

## Objetivos

El trabajo plantea, de manera alternativa, desarrollar una plataforma compatible con máquinas para la industria, que se comunican a través del protocolo estándar de comunicaciones industriales OPC-UA.

Por lo cual, se desprenden los siguientes objetivos específicos:

- \_ Presentar otra posible solución, a las ya existente, en lo referente a aplicaciones IIoT.
- \_ Brindar una solución óptima a los desafíos que impone la Industria 4.0.
- \_ Conectar la industria de la producción a la Tecnología de la Información y las Comunicaciones.
- \_ Gestionar la producción de forma autónoma, flexible y eficiente.
- \_ Producir una baja en el costo de producción mediante el ahorro de recursos.
- \_ Generar un proceso continuo en la producción.
- \_ Adoptar un enfoque en el proceso de la producción que sean garantía de eficiencia y competitividad.

Con estos lineamientos y mediante la creación de soluciones independientes, se contribuye a la disminución en las barreras de adopción de tecnologías IIoT en la industria de la producción.

Luego de haber expuesto el marco teórico de las distintas tecnologías y elementos intervinientes consignando estado de arte y trabajos previos, como así también los objetivos, tanto generales como específicos, se continua luego con el planteo del problema y la solución propuesta dando paso así al desarrollo de la aplicación como así también a las pruebas y resultados obtenidos para finalizar con las conclusiones que se desprenden de la propuesta y abrir los lineamientos hacia futuros trabajos.

## Planteo y solución propuesta

A lo largo de los últimos años, fueron surgiendo nuevas plataformas IIoT en el mercado. Sin embargo, implementar una plataforma IIoT para el monitoreo en tiempo real de los dispositivos industriales puede implicar gran cantidad de esfuerzo y tiempo de desarrollo lo cual implicaría también alto costo. Es así como, la implementación de una solución de monitoreo de este tipo requiere de varios factores con un alto nivel de complejidad en su implementación.

De modo que, esta situación lleva a plantearse las siguientes preguntas ¿Se puede desarrollar una plataforma IIoT integrada en su totalidad con herramientas open source? ¿Es conveniente para una organización industrial contar con una plataforma IIoT que sea independiente de un proveedor externo? ¿Es posible el desarrollo a bajo costo de una plataforma IIoT con protocolo de comunicación OPC UA? ¿Resulta útil una plataforma IIoT que realice una simulación previa del rendimiento de una máquina para ajustar valores?

De tal manera que la propuesta del trabajo es el desarrollo de una plataforma IIoT a un bajo costo, usando protocolo de comunicación OPC UA con la capacidad, a través de un conjunto de herramientas open source integradas entre sí, de conectar dispositivos para recolectar una

cantidad de datos provenientes de las máquinas industriales y luego ser almacenados y procesados.

El procesamiento de los datos para obtener información relevante que permita la detección de errores o posibles fallas redundaría como valor agregado en los procesos de negocios de una organización, todo esto en un marco totalmente escalable y administrable.

Asimismo, la plataforma IIoT adquiere la capacidad de buscar y conectarse automáticamente a los dispositivos que se encuentran distribuidos en un área específica.

El alcance de la plataforma IIoT propuesta es el almacenamiento local de los datos independiente de un proveedor externo.

Así también, se utiliza una arquitectura flexible y escalable para otorgar mayor control de los flujos de datos sensibles de la cadena de producción y adaptabilidad de restricciones con respecto a la conectividad.

De igual manera, otorga flexibilidad en la incorporación de nuevos requerimientos del usuario.

Las limitaciones de la plataforma IIoT propuesta son no incluir un sistema de ejecución de fabricación (MES) y planificación de recursos empresariales (ERP). Además, la carencia de seguridad y de conectores de servicio a la nube. También solo admite el protocolo de comunicación OPC UA y carece de funcionalidad de aprendizaje automático.

De manera que las contribuciones del trabajo son ofrecer un nuevo enfoque en tecnologías IIoT, como así también mostrar otra solución, a las ya existentes, en relación con aplicaciones destinada a la industria que tenga un desarrollo a bajo costo, y finalmente desarrollar una Plataforma IIoT independiente de un proveedor externo.

## **Desarrollo**

El desarrollo de una plataforma IIoT se compone de tres capas que permite en su conjunto funcionamiento óptimo de la plataforma. La primera capa se utiliza la herramienta del kit de desarrollo (sdk) de Eclipse Milo con el fin de buscar los dispositivos, conectarse a los PLC y transferir los datos entrantes a la segunda capa.

En la siguiente capa se emplea la herramienta Elastic Search para el almacenamiento e indexación de los datos generados por los dispositivos PLC.

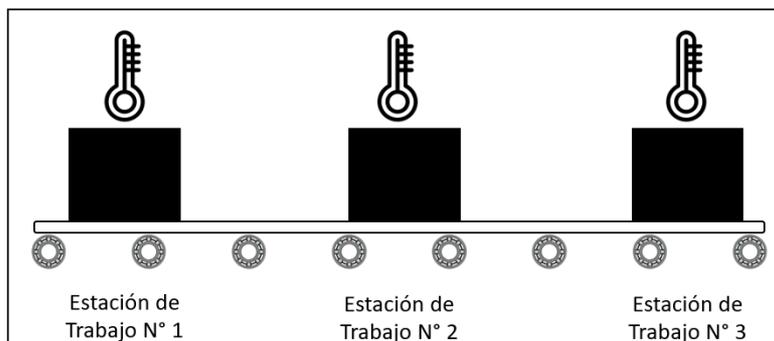
Finalmente, en la última capa, se usa la herramienta Kibana que sirve como interfaz de usuario para el análisis y monitoreo de datos alojados en Elastic Search.

Cabe aclarar, que las últimas dos capas de la plataforma IIoT corresponde a la pila de herramientas de la empresa Elactic, que distribuye sus herramientas de manera gratuita.

La implementación de la plataforma IIoT es realizado en un escenario simulado compuesto por dos cintas transportadoras dentro de una fábrica que contienen tres estaciones de trabajo con sus respectivos sensores de temperatura por cada cinta transportadora.

Los artículos se procesan en cada una de las estaciones de trabajo controlados por sensores que controlan la temperatura, como se muestra en la figura siguiente.

**Gráfico 1: Estaciones de trabajo con sensores de temperatura en una cinta transportadora.**



Fuente: Elaboración propia

Durante cada estación de trabajo, pueden ocurrir errores debido a las altas temperaturas. En consecuencia, los errores de temperatura pueden producir material defectuoso en cada estación de trabajo.

Por esa razón, la plataforma IIoT actúa en el escenario planteado para que se realice la captura, el almacenamiento y el monitoreo de los datos de temperatura en cada estación de trabajo y obtener información si ocurren anomalías.

Al no contar con una fuente de datos industriales reales, en el escenario planteado se simula un flujo de datos muy simple como por ejemplo simular los datos de la temperatura.

Para simular el flujo de datos industriales, utilizaremos un servidor de simulación OPC UA para generar las señales.

En el presente caso, se utiliza la implementación de OPC UA para Node.js, siendo esta una de las bibliotecas más conocidas de código abierto y es compatible tanto con el cliente y el servidor.

En este escenario planteado, se usa solamente la funcionalidad del Servidor, ya que la funcionalidad Cliente la usamos con Eclipse Milo.

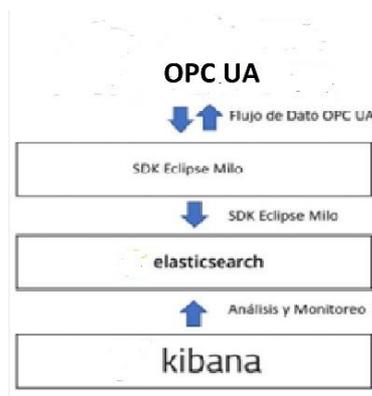
### **Arquitectura de las tecnologías utilizadas**

Todas las aplicaciones utilizadas para este trabajo pueden ser descargadas de las páginas de los respectivos desarrolladores.

Las tecnologías utilizadas en la solución propuesta son OPC UA Node.js, SDK Eclipse Milo, Elasticsearch y Kibana.

La arquitectura e interacción de las herramientas que se implementaron en la solución propuesta son expuestas en el siguiente gráfico.

**Gráfico 2: Arquitectura e interacción de herramientas utilizadas.**



Fuente: Elaboración propia

Node OPC UA es una implementación de una pila OPC UA escrita en TypeScript para el entorno Node.js de tiempo de ejecución. Información acerca de esta herramienta se encuentra en node-opcua (<https://node-opcua.github.io/>).

Para la instalación y configuración del mismo se requiere previamente tener instalado Node.js de la versión LTS.

Entonces por la línea de comando del sistema operativo se crea una carpeta. En esta ocasión, la denominación de la misma es “servidoropcnode” y luego se ingresa allí.

Una vez adentro de dicha carpeta, se inicia e instala un paquete nuevo npm que corresponde a la función Node.js que se utiliza para configurar el servidor.

Luego con cualquier editor se abre el archivo index.js generado automáticamente en el paso anterior y se procede a configurar el simulador como así también los distintos dispositivos a utilizar. En este modelo se han configurado seis sensores de temperatura.

Para realizar la tarea se debe importar la librería node-opcua y se configura como variable global, se crea la instancia OPCUAServer y se genera el puerto del socket de escucha del servidor.

Para acceder, se agrega la ruta al nombre del recurso.

Se establece la función generadora de valores de manera aleatorio como así también la función de configuración de los distintos dispositivos.

Entonces se procede a la configuración de los distintos dispositivos (en este modelo seis sensores de temperatura) asignando nombre del nodo y tipo de valor que devuelve.

Luego se establecen las funciones de inicio y fin de tareas.

Una vez realizado los pasos anteriores se puede iniciar el servidor desde la consola del sistema operativo ingresando el comando node index.js. Al ejecutar este comando se inicia el servidor generando valores aleatorios de los distintos dispositivos configurados.

De esta manera queda configurado e inicializado el servidor del simulador OPC UA Node.js.

Para la instalación y configuración de SDK Eclipse Milo se debe tener previamente instalado el Java Development Kit que incluye el interprete y las herramientas de desarrollo. En nuestro caso utilizamos la versión 8.

Otro prerequisite es la utilización de cualquier entorno de desarrollo IDE que sea compatible con el lenguaje de programación Java. En nuestro caso utilizamos Eclipse IDE.

Eclipse Milo es una implementación de código abierto de OPC UA. Incluye una pila de alto rendimiento (canales, serialización, estructuras de datos, seguridad), así como SDK de cliente y servidor construidos en la parte superior de la pila. Información acerca de esta herramienta se encuentra en Eclipse Milo (<https://github.com/eclipse/milo>).

En el presente caso se usó solamente la funcionalidad de Cliente.

Para iniciar la instalación, se abre el entorno de desarrollo, que en nuestro caso es Eclipse, y se selecciona la creación del proyecto para lo cual se utiliza la herramienta Maven. Se siguen los pasos hasta ingresar un nombre al proyecto.

Al finalizar se ejecuta el archivo pom.xml para implantar el SDK Eclipse Milo en el proyecto y a continuación se establecen las dependencias para que el entorno de desarrollo las busque automáticamente.

Ya instalada las dependencias, se ingresa a la clase App.Java que se generó automáticamente al crear el proyecto y se configura importando librerías para colección de listas y OPC UA como cliente. Se establece conexión a Elasticsearch y transferencia de datos. Se establece la conexión para la sincronización, se inicia el buscador y se agregan los nodos a una variable tipo árbol con el retorno establecido por la conexión.

Una vez dado este paso se realiza la creación de una interfaz llamado Cliente en el mismo nivel que se encuentra la clase App.Java.

En esta interfaz se importan las librerías de función de Java como así también Eclipse Milo con OPC UA como cliente. También se establece la URL y la política de seguridad.

Al ejecutar el comando, la clase App.Java realiza los siguientes pasos:

1. Busca los dispositivos OPC UA.
2. Muestra la cantidad de dispositivos OPC UA.
3. Establece conexión con todos los dispositivos OPC UA encontrados.
4. Captura los datos de los dispositivos OPC UA encontrados.
5. Establece conexión con Elasticsearch.
6. Envía los datos a Elasticsearch.

Para la instalación y configuración de Elasticsearch también requiere tener previamente instalado el Java Development Kit.

Elasticsearch es un servidor de búsqueda basado en Lucene. Provee un motor de búsqueda de texto completo, distribuido y con capacidad de multitenencia con una interfaz web RESTful y con documentos JSON. Información acerca de esta herramienta se encuentra en Elasticsearch (<https://www.elastic.co/es/elasticsearch/>).

En el presente caso, se realizó la descarga de la versión Windows para lo cual se obtiene un archivo .zip que posteriormente se descomprime en una carpeta destino que más guste.

Luego se abre la consola y se ingresa a la carpeta que se encuentran los archivos descomprimidos Elasticsearch ingresando el comando `.\bin\elasticsearch.bat`.

Esto hace que se inicialice el servidor visualizando su enlace que expone sus servicios y se deja abierto la consola.

Kibana es un panel de visualización de datos de código abierto para Elasticsearch. Proporciona capacidades de visualización además del contenido indexado en un clúster de Elasticsearch. Los usuarios pueden crear gráficos de barras, líneas y dispersión, o gráficos circulares y mapas sobre grandes volúmenes de datos. . Información acerca de esta herramienta se encuentra en Kibana (<https://www.elastic.co/es/kibana/>).

Al igual que el anterior, se realizó la descarga de la versión Windows para lo cual se obtiene un archivo .zip que posteriormente se descomprime en una carpeta destino que más guste.

Luego de descomprimir el archivo se abre la consola y se ingresa a la carpeta que se encuentran los archivos descomprimidos Kibana ingresando el comando `.\bin\kibana.bat`.

Una vez ejecutado el comando se inicializa el servidor Kibana visualizando su enlace que expone sus servicios, y se deja abierto la consola. Cabe aclarar que es necesario que Elasticsearch se encuentre iniciado ya que Kibana lo requiere para consumir los datos y visualizar los datos en su plataforma.

Para realizar la configuración del tablero de control IIoT se ingresa a la URL localhost, a través del programa navegador, y ya en el menú se accede a la opción "Stack Management". Luego se ingresa a la opción "Index Management".

Se visualiza una tabla a la derecha de la pantalla, que se observara el índice que contiene todos los valores de los sensores de temperatura, como lo muestra la figura de abajo.

**Gráfico 3: Índice de valores**

Index Management [Index Management docs](#)

Indices Data Streams Index Templates Component Templates

Update your Elasticsearch indices individually or in bulk. [Learn more.](#)

Include rollout indices  Include hidden indices

Search Lifecycle status Lifecycle phase Reload indices

<input type="checkbox"/>	Name	Health	Status	Primaries	Replicas	Docs count	Storage size	Data stream
<input type="checkbox"/>	log-temperatura-2020.09.21	● yellow	open	1	1	4618	1mb	
<input type="checkbox"/>	machinebeat-7.6.1-2020.09.20-000001	● yellow	open	1	1	2255	602.2kb	

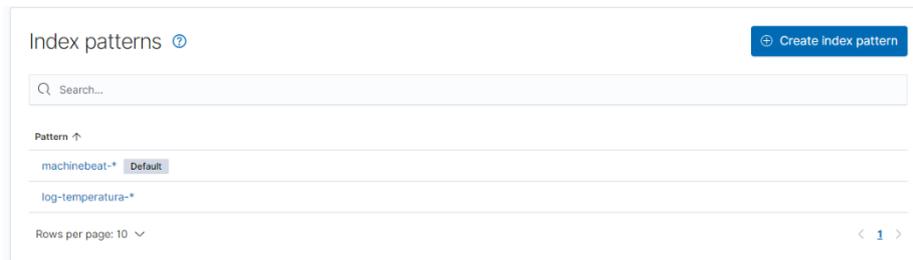
Rows per page: 10 < 1 >

Fuente: Elaboración propia

Luego de verificar que el índice se encuentra creado correctamente, accedemos a la opción "Index Patterns" para la creación del visualizador de los datos que contiene el índice.

Se visualiza una tabla a la derecha de la pantalla, que se observara los patrones del índice que toma Kibana en base al índice que se encuentra en la tabla "Index Management", como muestra la figura de abajo.

**Gráfico 4: Opción Index Management**



Fuente: Elaboración propia

Se vuelve, nuevamente, a acceder al Menú y se ingresa a Canvas para el desarrollo del Tablero de Control IloT. Finalmente se diseña el tablero de control.

## PRUEBAS Y RESULTADOS

En el inicio para considerar las pruebas y resultados, se requiere implementar el flujo de datos industrial que provee la herramienta OPC UA para Node.js para generar los datos de temperatura de las distintas estaciones de trabajo correspondiente a cada cinta transportadora.

Cuando se realiza la configuración y su posterior ejecución se visualiza en consola la url del servidor OPC UA como muestra el gráfico siguiente.

**Gráfico 5: Consola con url del servidor OPC UA funcionando.**

```
MINGW64 ~/OneDrive/Documentos/NodeServerOpcUA
$ node index.js
initialized
Server is now listening ... (press CTRL+C to stop)
port 4334
the primary server endpoint url is opc.tcp://DESKTOP-4QMF1FU:4334/UA/ServerOPC
```

Fuente: Elaboración propia

El servidor OPC UA emite continuamente pequeñas variaciones en el valor de temperatura de los sensores de las estaciones de trabajo.

Luego, la herramienta del kit de desarrollo de Eclipse Milo se utiliza como librería para el script de programación Java permitiendo dotar la funcionalidad buscar los dispositivos que utilizan el protocolo de comunicación OPC UA para posteriormente conectarse y transferir los datos capturados a la herramienta Elastic Search.

La ejecución del script Java en la consola IDE, notifica la confirmación de los dispositivos encontrados y la captura de los datos que generan como muestra el siguiente gráfico.

**Gráfico 6: Ejecución de Sript Java en consola IDE.**

```

Console Problems Debug Shell
<terminated> App (1) [Java Application] C:\Program Files\Java\jre1.8.0_261\bin\javaw.exe
---Iniciando Sript---
Iniciando Busqueda de Dispositivos con OPC UA ...
Buscando Dispositivos con OPC UA ...
Se ha encontrado 1 nodos en total.
Se ha encontrado 2 nodos en total.
Se ha encontrado 3 nodos en total.
Se ha encontrado 4 nodos en total.
Se ha encontrado 5 nodos en total.
Se ha encontrado 6 nodos en total.
-----
Iniciando conexion con los nodos
Nodo 1 :: Estableciendo conexion.
Nodo 1 :: Conexion correcta.
Nodo 2 :: Estableciendo conexion.
Nodo 2 :: Conexion correcta.
Nodo 3 :: Estableciendo conexion.
Nodo 3 :: Conexion correcta.
Nodo 4 :: Estableciendo conexion.
Nodo 4 :: Conexion correcta.
Nodo 5 :: Estableciendo conexion.
Nodo 5 :: Conexion correcta.
Nodo 6 :: Estableciendo conexion.
Nodo 6 :: Conexion correcta.
-----
Iniciando conexion con elasticsearch
Elasticsearch :: Estableciendo conexion.
Elasticsearch :: Conexion correcta.
Elasticsearch :: Enlace con los nodo correcta.
Elasticsearch :: Obteniendo Informacion
-----Detener la ejecucion para dejar enviar datos-----
    
```

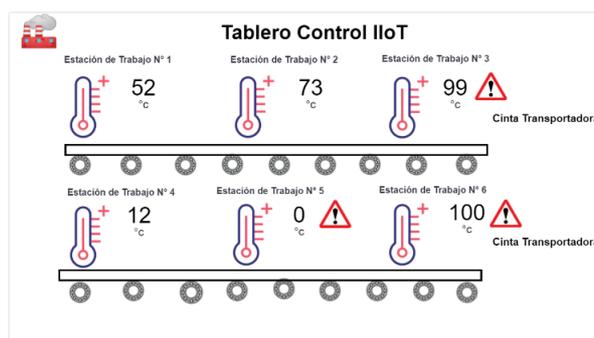
Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, se inicializa la herramienta Elastic Search para recibir los datos enviados por el script Java desarrollado con el kit de desarrollo de Eclipse Milo.

Elastic Search realiza la tarea de almacenar los datos e indexarlo para que la herramienta Kibana pueda obtener los datos y otorgarle herramientas al usuario para visualizar los datos que provino de los sensores de temperatura.

En Kibana, se realizó la construcción de un tablero en tiempo real mostrando los datos de temperatura de cada estación de trabajo, notificando con un símbolo de alerta si sobrepasa el límite establecido de temperatura máxima y mínimo, como muestra el gráfico siguiente.

**Gráfico 7: Tablero notificando alerta de temperatura.**



Fuente: Elaboración propia

De esta manera, luego de realizado las pruebas en un ambiente simulado mediante la representación en un entorno virtual de dos cintas transportadoras con tres estaciones de trabajo cada una con sus respectivos sensores de temperatura se logra mostrar en el tablero de control IIoT los datos en tiempo real de los distintos dispositivos, todo ello como servicio local sin acceso a la red, con un aceptable tiempo de respuesta, escalable y flexible para soportar diversos escenarios y a bajo costo, demostrando de esta manera, la solución propuesta en el presente trabajo.

Con el objetivo del estudio, también fue montado en un compresor de tornillos con resultados parecidos al obtenido en el escenario simulado.

A continuación, se muestra una tabla comparativa con otros softwares privativos.

Características	Software Candidata	Software Privativo		
	ElasticSearch	Power Bi	Tableau	Coveo
Precio	Free / Planes de Suscripción	Suscripción de US\$ 9,99/mes	Suscripción personalizable	Suscripción personalizable
Implementación	Entorno Local Basado en la Nube	Basado en la Nube	Entorno Local Basado en la Nube	Entorno Local
Formación	En persona En directo en línea Seminarios web Documentación Vídeos	En persona En directo en línea Seminarios web Documentación Vídeos	En persona En directo en línea Seminarios web Documentación Vídeos	En enseñanza personalizable En directo en línea Seminarios web Documentación
Funcionalidades	API Búsqueda de lenguaje natural Creación de informes/análisis Herramientas de análisis de datos IA y aprendizaje automático Importación y exportación de datos Informes personalizables Panel de actividades Panel de control personalizable	API Creación de informes/análisis Herramientas de análisis de datos IA y aprendizaje automático (Costo Extra) Importación y exportación de datos Informes personalizables Panel de control personalizable Visualización de datos	API Creación de informes/análisis Herramientas de análisis de datos IA y aprendizaje automático (Costo Extra) Importación y exportación de datos Informes personalizables Panel de control personalizable Visualización de datos	Búsqueda de lenguaje natural IA y aprendizaje automático

	Visualización de datos			
Extensión de Tercero	N/A	Requiere una extensión de tercero para OPC UA – Costo Extra	Requiere una extensión de tercero para OPC UA – Costo Extra	Requiere una extensión de tercero para OPC UA – Costo Extra

Fuente: Elaboración propia y sitios web de los respectivos softwares

## Conclusiones

La evolución constante de tecnologías como IoT, Big Data y Analítica de Datos entre otras, ha impactado de manera tal que ha dado lugar a nuevas formas de trabajo como así también de hacer negocios e incluso en la vida cotidiana.

El Internet Industrial de las Cosas es, sin duda alguna, una de las tecnologías de veloz evolución y cuyo impacto logra que la tendencia actual de automatización e intercambio de datos en ámbitos industriales se encaminó a la creación de fábricas inteligentes en las que diferentes máquinas se conectan y cooperan entre sí. Representa una nueva forma de traer, de manera mas eficiente, flujos de datos previamente inaccesibles a una vista más completa de una empresa lo que redundo en una mejor y más apta toma de decisiones por parte de la dirección de una organización.

Las barreras para adoptar la tecnología IIoT se han reducido debido a las mejoras en la tecnología y al enfoque de los proveedores de software en la creación de soluciones independientes de la plataforma para leer y escribir datos.

Si tenemos en cuenta que el desarrollo de aplicaciones, dependiendo de la complejidad, suelen insumir mucho tiempo de trabajo como así también el conocimiento técnico necesario lo cual lo convierten en costosos. entonces se hace necesario la búsqueda de soluciones alternativas y pensar en una aplicación que no se enmarque en esos parámetros y que a la vez sea independiente de proveedores externos.

El trabajo propuesto de Plataforma Internet Industrial de las Cosas como servicio local usa el protocolo de comunicación OPC UA, es de bajo costo y además es independiente de proveedores externos y desarrollado íntegramente con herramientas Open Source.

Como fortalezas en la aplicación se observó que es muy rápido, requiere de pocos recursos, tiene flexibilidad para soportar diversos escenarios de aplicaciones para dispositivos, posibilita un tiempo de repuesta muy aceptable permitiendo una buena fiabilidad.

Asimismo, se utiliza una arquitectura flexible y escalable para otorgar mayor control de los flujos de datos sensibles de la cadena de producción y adaptabilidad de restricciones con respecto a la conectividad otorgando a la vez, flexibilidad en la incorporación de nuevos requerimientos del usuario.

También es destacable el bajo costo en el desarrollo y la independencia de proveedores externos.

Las debilidades de esta aplicación esta dado en la carencia de funcionalidad de aprendizaje automático y la no inclusión de sistemas de ejecución de fabricación (MES) o de planificación de recursos empresariales (ERP).

Otra limitación es que, si bien trabaja como servicio local, no dispone de seguridad suficiente, como así también de conectores de servicio a la nube.

### **Trabajo futuro**

El presente trabajo estuvo enfocado en mostrar el desarrollo de una plataforma IIOT como servicio local, quedando abierto el análisis de los riesgos en cuanto a seguridad en datos y dispositivos que conlleva el uso de este tipo de tecnología como servicio remoto.

Las vulnerabilidades que presentan los dispositivos y sensores en el acceso a la web hacen que el trabajo futuro sea dedicado al estudio, impacto y posibles soluciones para la protección de los datos a lo largo de todo su recorrido y en todas sus instancias.

De la misma manera también es destacable tener en cuenta, poner énfasis en los dispositivos y sensores ya que, de manera similar al software, el hardware no está exento de posibles ataques en la red.

El estudio para la toma de precauciones necesarias en lo referido a la protección tanto de datos como de dispositivos es el camino a futuros trabajos como así también el desarrollo para conexión a la nube y el aprendizaje automático.

### **Referencias bibliográfics**

Cavaliere, S., & Salafia, M. G. (2020). Insights into mapping solutions based on opc ua information model applied to the industry 4.0 asset administration shell. *Computers*, 9(2), 28.

Ferrari, P., Flammini, A., Rinaldi, S., Sisinni, E., Maffei, D., & Malara, M. (2018). Impact of quality of service on cloud based industrial IoT applications with OPC UA. *Electronics*, 7(7), 109.

Gardella, A. (2018). Industria 4.0: La revolución que viene y su impacto en el empleo. *Acero latinoamericano*, (567), 38-44.

Gutierrez-Guerrero, J. M., & Holgado-Terriza, J. A. (2019). Automatic configuration of OPC UA for Industrial Internet of Things environments. *Electronics*, 8(6), 600.

Morrar, R., Arman, H., & Mousa, S. (2017). The fourth industrial revolution (Industry 4.0): A social innovation perspective. *Technology innovation management review*, 7(11), 12-20.

Park, J. H. (2019). Advances in future internet and the industrial internet of things. *Symmetry*, 11(2), 244.

Toro, A., Sánchez, G., Strefezza, M., & Granado, E. (2017). IIoT y sistemas de control: oportunidades, desafíos y arquitecturas. *Ciencia e Ingeniería*, 38(3), 209-214.

**Fecha de recepción: 11/2/2022**

**Fecha de aprobación: 28/ 11/2022**