

Índice general

Resumen	i
1. Introducción general	1
1.1. Servicios de planta	1
1.2. Motivación	2
1.3. Estado del arte	4
1.3.1. Orígenes	4
1.4. Objetivos y alcances	7
2. Introducción específica	9
2.1. Protocolos de comunicación	9
2.1.1. SPI Serial Peripheral Interface	9
2.1.2. I2C Inter Integrated Circuit	10
Bibliografía	11

Índice general

Resumen	i
1. Introducción general	1
1.1. Servicios de planta	1
1.2. Motivación	2
1.3. Estado del arte	4
1.3.1. Orígenes	4
1.3.2. Sistema propuesto	7
1.4. Objetivos y alcances	8
Bibliografía	11

Índice de figuras

1.1.	Linea de blisteado y estuchado. ¹	1
1.2.	Planta purificadora de agua de ósmosis inversa.	2
1.3.	Distribución de los servicios en planta.	3
1.4.	Primera generación de SCADA, estructura monolítica.[1]	4
1.5.	Segunda generación de SCADA, estructura distribuida.[1]	5
1.6.	Tercera generación de SCADA, estructura en red.[1]	5
1.7.	Estructura básica de un SCADA. ²	6
2.1.	Conexión entre dispositivos SPI maestro - esclavo.	9
2.2.	Bus de conexión de dispositivos I2C.	10

Índice de figuras

1.1.	Linea de blisteado y estuchado. ¹	1
1.2.	Planta purificadora de agua de ósmosis inversa.	2
1.3.	Distribución de los servicios en planta.	3
1.4.	Primera generación de SCADA, estructura monolítica.[1]	4
1.5.	Segunda generación de SCADA, estructura distribuida.[1]	5
1.6.	Tercera generación de SCADA, estructura en red.[1]	5
1.7.	Estructura básica de un SCADA. ²	6
1.8.	Estructura de SCADA propuesto.	7

Índice de tablas

Índice de tablas

1.1. Comparación entre los sistemas propuestos 8

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se describen las características del mantenimiento de los servicios de planta, los sistemas de control asociados, su estado del arte, y los objetivos y alcances para el desarrollo del siguiente trabajo.

1.1. Servicios de planta

Las plantas industriales son las instalaciones por medio de las que es posible la producción de bienes a gran escala. Casi la totalidad de los elementos que se consumen, utilizan y desechan a diario provienen o han sido procesados en una planta industrial.

Este trabajo se encuentra enfocado en una planta farmacéutica donde se producen medicamentos en diversas presentaciones como: sólidos, polvos, efervescentes, líquidos e inyectables.

A continuación por medio de la figura 1.1 se detalla la configuración de una línea de producción de sólidos. Esta se encuentra compuesta por una serie de máquinas automáticas donde se recibe el medicamento en polvo para ser comprimido, luego blistado, estuchado, pesado, etiquetado, apilado y finalmente paletizado.



FIGURA 1.1. Línea de blistado y estuchado.¹

Las máquinas automáticas cuentan con sistemas de control neumáticos, hidráulicos, térmicos, eléctricos y electrónicos. Estos sistemas requieren servicios esenciales para su funcionamiento, como:

- Electricidad.
- Vapor industrial / sanitario.

¹Imagen tomada de https://ima.it/pharma/wp-content/uploads/sites/2/2022/10/LINEA-BLISTER-con-PROCESSO_ICON_BS-scaled-e1666881021854-2048x726.jpg

Capítulo 1

Introducción general

En este capítulo se describen las características del mantenimiento de los servicios de planta, los sistemas de control asociados, su estado del arte, los objetivos y alcances para el desarrollo del siguiente trabajo.

1.1. Servicios de planta

Las plantas industriales son las instalaciones por medio del cual es posible la producción de bienes a gran escala, casi la totalidad de los elementos que se consumen, utilizan y desechan a diario provienen o han sido procesados en una planta industrial.

Este trabajo se encuentra enfocado en una planta farmacéutica donde se producen medicamentos en diversas presentaciones como: sólidos, polvos, efervescentes, líquidos e inyectables.

A continuación por medio de la figura 1.1 se detalla la configuración de una línea de producción de sólidos, esta se encuentra compuesta por una serie de máquinas automáticas donde se recibe el medicamento en polvo para ser comprimido, luego blistado, estuchado, pesado, etiquetado, apilado y finalmente paletizado.



FIGURA 1.1. Línea de blistado y estuchado.¹

Las máquinas automáticas cuentan con sistemas de control neumáticos, hidráulicos, térmicos, eléctricos y electrónicos. Estos sistemas requieren servicios esenciales para su funcionamiento como:

- Electricidad.
- Vapor industrial / sanitario

¹Imagen tomada de https://ima.it/pharma/wp-content/uploads/sites/2/2022/10/LINEA-BLISTER-con-PROCESSO_ICON_BS-scaled-e1666881021854-2048x726.jpg

- Agua helada / purificada.
- Aire comprimido.

1.2. Motivación

El departamento de mantenimiento de planta se encuentra formado por tres sectores: servicios, mecánica y electrónica.

Los servicios de planta son un componente fundamental para su **funcionamiento**. El departamento de servicios entre otras tareas se encarga de asegurar y mantener su **provisión**. Algunos de estos se detallan a continuación:

- Potencia eléctrica.
- Gas Natural.
- Vapor industrial / sanitario.
- Agua potable / purificada y agua para la producción de inyectables.
- Aire comprimido.
- Efluentes cloacales / industriales.
- Mantenimiento de edificio, luminarias, etcétera.

La producción de medicamentos en la Argentina es auditada por la A.N.M.A.T [2] y requiere el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura GMP (*Good Manufacturing Practices*). Por este motivo todos los servicios que impactan de manera directa sobre el producto son monitoreados por sistemas de supervisión, control y adquisición de datos denominados SCADA.

Actualmente la planta cuenta con dos sistemas SCADA, uno para el control de HVAC (*Heating, Ventilating, Air Conditioned*) y otro para el control de las **plantas** de tratamiento de agua purificada. Estos sistemas registran variables críticas de la **planta**. **Cuando** estas se encuentran fuera de especificación pueden generar desvíos en la producción y observaciones en los lotes producidos.

La figura 1.2 muestra las instalaciones de una planta purificadora de agua de ósmosis inversa con todos sus servicios.



FIGURA 1.2. Planta purificadora de agua de ósmosis inversa.

- Agua helada / purificada.
- Aire comprimido.

1.2. Motivación

El departamento de mantenimiento de planta se encuentra formado por tres sectores: servicios, mecánica y electrónica.

Los servicios de planta son un componente fundamental para su **funcionamiento**, el departamento de servicios entre otras tareas se encarga de asegurar y mantener la **provisión de los mismos**. Algunos de estos se detallan a continuación:

- Potencia eléctrica.
- Gas Natural.
- Vapor industrial / sanitario.
- Agua potable / purificada y agua para la producción de inyectables.
- Aire comprimido.
- Efluentes cloacales / industriales.
- Mantenimiento de edificio, luminarias, etcétera.

La producción de medicamentos en la Argentina es auditada por la A.N.M.A.T [2] y requiere el cumplimiento de las buenas prácticas de manufactura GMP (*Good Manufacturing Practices*). Por este motivo todos los servicios que impactan de manera directa sobre el producto son monitoreados por sistemas de supervisión, control y adquisición de datos denominados SCADA.

Actualmente la planta cuenta con dos sistemas SCADA, uno para el control de HVAC (*Heating, Ventilating, Air Conditioned*) y otro para el control de las **plan-tas** de tratamiento de agua purificada. Estos sistemas registran variables críticas de la **planta**, **cuando** estas se encuentran fuera de especificación pueden generar desvíos en la producción y observaciones en los lotes producidos.

La figura 1.2 muestra las instalaciones de una planta purificadora de agua de ósmosis inversa con todos sus servicios.



FIGURA 1.2. Planta purificadora de agua de ósmosis inversa.

Una planta purificadora de agua se alimenta de los servicios de: agua potable para luego ser purificada, electricidad para el funcionamiento del sistema de control, aire comprimido para el accionamiento de válvulas y vapor para el control de temperatura del agua.

Los servicios mencionados se encuentran distribuidos a lo largo y a lo ancho de la planta como se puede apreciar en la figura 1.3. La revisión de su estado se realiza en forma local, lo que implica el control periódico por parte de un técnico de mantenimiento.



FIGURA 1.3. Distribución de los servicios en planta.

Referencias:

- Amarillo: Gas Natural.
- Azul: Potencia eléctrica.
- Celeste: Agua purificada.
- Rojo: Vapor industrial.
- Violeta: Vapor sanitario
- Verde oscuro: Efluentes.
- Verde claro: Separadores de polvo asociados a HVAC.

La motivación de este proyecto es poder brindarle al departamento de mantenimiento de servicios una herramienta que le permita verificar de manera remota el estado de los servicios de planta, consultar sus valores históricos y facilitar el desarrollo de estrategias para el mantenimiento preventivo y predictivo en base a los datos obtenidos.

Una planta purificadora de agua se alimenta de los servicios de: agua potable para luego ser purificada, electricidad para el funcionamiento del sistema de control, aire comprimido para el accionamiento de válvulas y vapor para el control de temperatura del agua.

Los servicios mencionados se encuentran distribuidos a lo largo y a lo ancho de la planta como se puede apreciar en la figura 1.3, la revisión del estado de los mismos se realiza en forma local, esto implica el control periódico por parte de un técnico de mantenimiento.



FIGURA 1.3. Distribución de los servicios en planta.

Referencias:

- Amarillo: Gas Natural.
- Azul: Potencia eléctrica.
- Celeste: Agua purificada.
- Rojo: Vapor industrial.
- Violeta: Vapor sanitario
- Verde claro: Efluentes.
- Verde oscuro: Separadores de polvo asociados a HVAC.

La motivación de este proyecto es poder brindarle al departamento de mantenimiento de servicios una herramienta que le permita verificar de manera remota el estado de los servicios de planta, consultar sus valores históricos y facilitar el desarrollo de estrategias para el mantenimiento preventivo y predictivo en base a los datos obtenidos.

1.3. Estado del arte

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos SCADA son utilizados por organizaciones e industrias del sector público y privado. Los principales objetivos y beneficios de la implementación de estos sistemas son:

- Control y mantenimiento de la eficiencia de los procesos.
- Lectura en tiempo real de indicadores y datos de planta.
- Almacenamiento de registros históricos.
- **Información** averías para reducir el tiempo de parada.
- Gestión de reportes.
- Centralización de los datos de planta.

1.3.1. Orígenes

Los orígenes de estos sistemas se remontan a la década del 50. En ese entonces el control y operación de los equipamientos de una planta se efectuaba de forma manual mediante el accionamiento de pulsadores, llaves y diales.

A medida que las plantas industriales crecían, se requería **más** personal para que las **operara** e incluso debían recorrerse grandes distancias para llegar al punto de operación de cada instalación.

A principios de los años 50 las primeras computadoras fueron desarrolladas con propósitos de control en el ámbito **industrial** y los sistemas de control se volvieron populares en las industrias que presentaban mayores utilidades como es el caso de las petroleras.

En las **décadas** del 60 y 70 se incorpora la telemetría para el **monitoreo**. Esto permitió la transmisión de mediciones provenientes de sitios remotos a un equipo central (*Mainframe*). Estas estructuras recibieron el nombre de estructuras monolíticas, **cuya** estructura se detalla en la figura 1.4.

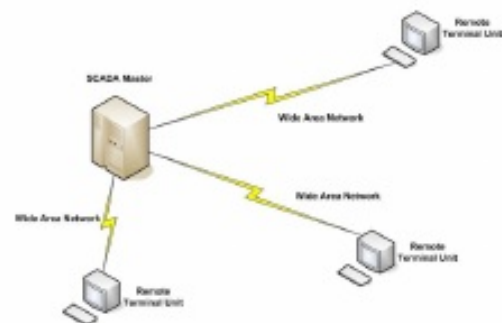


FIGURA 1.4. Primera generación de SCADA, estructura monolítica.[1]

1.3. Estado del arte

Los sistemas de supervisión, control y adquisición de datos SCADA son utilizados por organizaciones e industrias del sector público y privado. Los principales objetivos y beneficios de la implementación de estos sistemas son:

- Control y mantenimiento de la eficiencia de los procesos.
- Lectura en tiempo real de indicadores y datos de planta.
- Almacenamiento de registros históricos.
- **Informar** averías para reducir el tiempo de parada.
- Gestión de reportes.
- Centralización de los datos de planta.

1.3.1. Orígenes

Los orígenes de estos sistemas se remontan a la década del 50, en ese entonces el control y operación de los equipamientos de una planta se efectuaba de forma manual mediante el accionamiento de pulsadores, llaves y diales.

A medida que las plantas industriales crecían, se requería **mas** personal para que las **operara**, incluso debían recorrerse grandes distancias para llegar al punto de operación de cada instalación.

A principios de los años 50 las primeras computadoras fueron desarrolladas con propósitos de control en el ámbito **industrial**, los sistemas de control se volvieron populares en las industrias que presentaban mayores utilidades como es el caso de las petroleras.

En las **décadas** del 60 y 70 se incorpora la telemetría para el **monitoreo**, **esto** permitió la transmisión de mediciones provenientes de sitios remotos a un equipo central (*Mainframe*). Estas estructuras recibieron el nombre de estructuras monolíticas, **su** estructura se detalla en la figura 1.4.

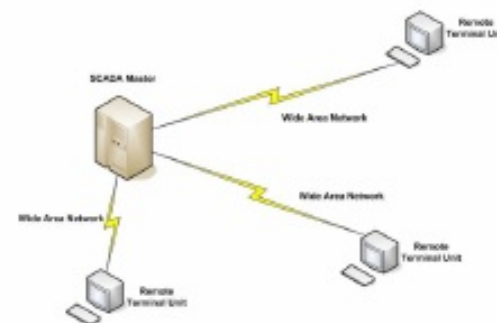


FIGURA 1.4. Primera generación de SCADA, estructura monolítica.[1]

En las décadas del 80 y 90 los sistemas evolucionaron con el advenimiento de la tecnología LAN (Local Area Networking) y el desarrollo de computadoras **más** pequeñas. Cada sistema contaba con protocolos LAN de tipo propietario, por lo tanto la comunicación entre dispositivos de otros sistemas no era posible. Estos sistemas recibieron el nombre de "sistemas distribuidos". La figura 1.5 representa un sistema SCADA distribuido.

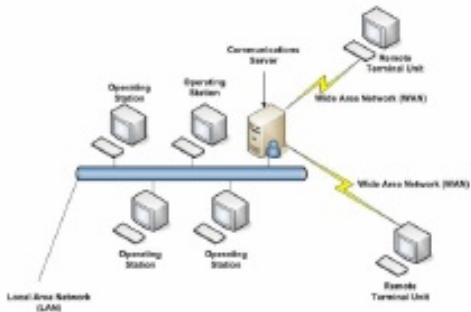


FIGURA 1.5. Segunda generación de SCADA, estructura distribuida.[1]

A mediados de los años 90 y principios del año 2000 el crecimiento industrial y la aparición de nuevos fabricantes de equipamiento llevó a los sistemas SCADA a un modelo de arquitectura abierta. La comunicación se basó **en** protocolos no **propietarios, lo que** permitió que la funcionalidad adquirida por los SCADA pueda distribuirse en redes de área extensa WAN. La utilización del protocolo IP y nuevos estándares permitieron su desarrollo de manera **más** eficiente y efectiva en el tiempo. En la figura 1.6 puede observarse la implementación de una estructura en red.

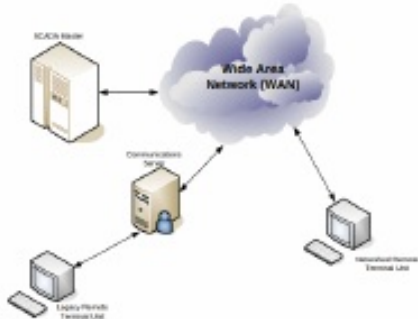


FIGURA 1.6. Tercera generación de SCADA, estructura en red.[1]

En las décadas del 80 y 90 los sistemas evolucionaron con el advenimiento de la tecnología LAN (Local Area Networking) y el desarrollo de computadoras **mas** pequeñas. Cada sistema contaba con protocolos LAN de tipo propietario, por lo tanto la comunicación entre dispositivos de otros sistemas no era posible. Estos sistemas recibieron el nombre de "sistemas distribuidos". La figura 1.5 representa un sistema SCADA distribuido.

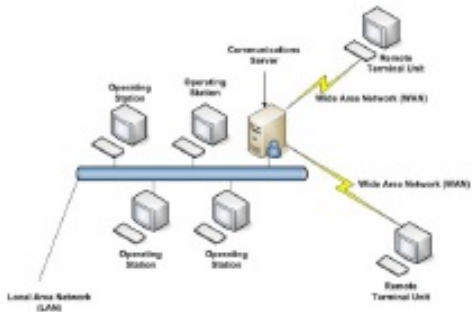


FIGURA 1.5. Segunda generación de SCADA, estructura distribuida.[1]

A mediados de los años 90 y principios del año 2000 el crecimiento industrial y la aparición de nuevos fabricantes de equipamiento llevó a los sistemas SCADA a un modelo de arquitectura abierta. La comunicación se basó **sobre** protocolos no **propietarios, esto** permitió que la funcionalidad adquirida por los SCADA pueda distribuirse en redes de área extensa WAN. La utilización del protocolo IP y nuevos estándares permitieron su desarrollo de manera **mas** eficiente y efectiva en el tiempo. En la figura 1.6 puede observarse la implementación de una estructura en red.

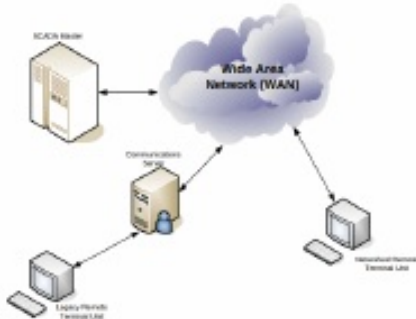


FIGURA 1.6. Tercera generación de SCADA, estructura en red.[1]

A medida que los sistemas SCADA incorporaron protocolos de comunicación abiertos, la interoperabilidad y compatibilidad entre sistemas y hardware **mejoró**, al punto de que un SCADA WinCC diseñado por **Siemens** puede **encontrarse** vinculado a controladores de otros fabricantes como Allen Bradley, Omron y otros.

Si bien esta integración es perfectamente realizable, cabe aclarar que desde el **punto** de vista de la practicidad y velocidad de implementación, **esta** será mas eficiente utilizando componentes de hardware y software del mismo fabricante, **además** presenta ventajas económicas debido a que los programas necesarios **para** el diseño y puesta en marcha requieren licencias pagas.

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 1.7.

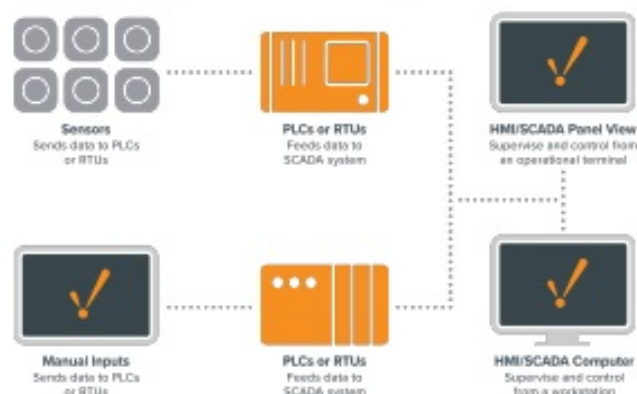


FIGURA 1.7. Estructura básica de un SCADA.²

Las empresas líderes en sistemas SCADA utilizan en la actualidad el concepto de SaaS (Software as a Service). La idea de este concepto es proveer un servicio de software en la **nube** donde el usuario **pueda** contratar servicios adicionales en tanto los requiera por medio de una suscripción. Entre las ventajas de estos sistemas **se pueden** destacar las siguientes:

- Gestión y mantenimiento en la nube.
- Disponibilidad para agregar o quitar servicios.
- Interacción con sistemas de producción de planta.
- Acceso al sistema por medio de dispositivos móviles.
- Sistema escalable y con mayor potencia de cálculo para el uso de herramientas de predicción.

²Imagen tomada de <https://inductiveautomation.com/blog/sites/default/files/inline-images/BasicSCADADiagram>

A medida que los sistemas SCADA incorporaron protocolos de comunicación abiertos, la interoperabilidad y compatibilidad entre sistemas y hardware **ha mejorado**, al punto de que un SCADA WinCC diseñado por **Siemens**, puede **encontrarse** vinculado a controladores de otros fabricantes como Allen Bradley, Omron y otros.

Si bien esta integración es perfectamente realizable, cabe aclarar que desde el **punto** de vista de la practicidad y velocidad de implementación, **la misma** será mas eficiente utilizando componentes de hardware y software del mismo fabricante, **esta última también** presenta ventajas económicas debido a que los programas necesarios **para** el diseño y puesta en marcha requieren licencias pagas.

Este tipo de estructura puede visualizarse en la figura 1.7.

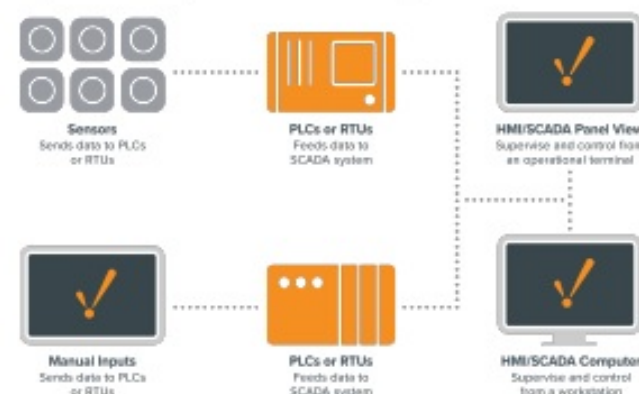


FIGURA 1.7. Estructura básica de un SCADA.²

Las empresas líderes en sistemas SCADA utilizan en la actualidad el concepto de SaaS (Software as a Service). La idea de este concepto es proveer un servicio de software en la **nube**, el usuario **puede** contratar servicios adicionales en tanto los requiera por medio de una suscripción. Entre las ventajas de estos sistemas **podemos** destacar las siguientes:

- Gestión y mantenimiento en la nube.
- Disponibilidad para agregar o quitar servicios.
- Interacción con sistemas de producción de planta.
- Acceso al sistema por medio de dispositivos móviles.
- Sistema escalable y con mayor potencia de cálculo para el uso de herramientas de predicción.

²Imagen tomada de <https://inductiveautomation.com/blog/sites/default/files/inline-images/BasicSCADADiagram>

1.4. Objetivos y alcances

Los principales objetivos de este trabajo son:

- Facilitar la implementación de la lectura y registro de variables de planta mediante el uso de herramientas de hardware y software de bajo costo.
- Reducir la frecuencia de chequeo *in situ* de las instalaciones.
- Aportar nuevos datos al departamento de mantenimiento de servicios para poder desarrollar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo en base a su análisis.
- Permitir la adaptación del sistema de monitoreo de acuerdo a las necesidades requeridas del sector.
- Implementar un sistema que sea la base para la creación de nuevas funcionalidades que facilite la gestión y obtención de los datos de planta.

De acuerdo a los objetivos planteados, se definen los alcances que permitirán lograr los objetivos propuestos, que se detallan a continuación:

- Instalación de un servidor en sala de control DDCI.
- Diseño e instalación de las bases de datos.
- Desarrollo de backend y frontend de la solución.
- Desarrollo del hardware y firmware de una interfaz de conexión y una interfaz de adquisición capaces de comunicarse con el backend utilizando los protocolos Modbus TCP, MQTT TLS y HTTPS.

No se encuentran contemplados dentro del alcance de este trabajo los siguientes objetivos:

- Vinculación del sistema a servicios en la nube.
- Desarrollo de aplicación para dispositivos móviles.

1.3.2. Sistema propuesto

El sistema propuesto presenta una estructura similar a la visualizada en la Figura 17.

Si bien los puntos de acceso al sistema son en su mayoría inalámbricos, el sistema se conectará a la red industrial de planta mediante ruteadores.

La red industrial de planta permite la conexión de los SCADA y dispositivos de sistemas secundarios, los sistemas y dispositivos que conviven en la red pueden encontrarse expuestos a vulnerabilidades de seguridad. Por este motivo no se implementará el acceso a internet.

En la figura 1.8 se detalla la composición del sistema propuesto.

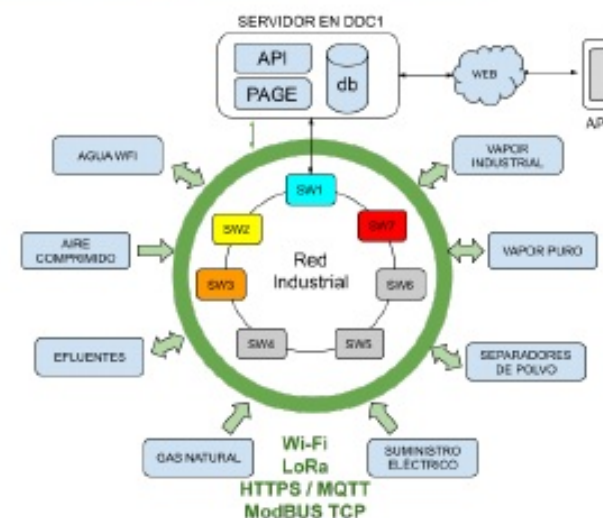


FIGURA 1.8. Estructura de SCADA propuesto.

En la tabla 1.1 puede observarse la comparación entre un sistema SCADA base y el planteado en este trabajo.

TABLA 1.1. Comparación entre los sistemas

Características	SCADA base	Sistema propuesto
Servidor	PC con sistema operativo Windows, 8GB RAM	Raspberry Pi 4B, 4GB RAM
Licencia	SI	NO
Base de datos	SQL	MySQL
Nodos	Limitados por licencia	Limitados por Base de datos
Hardware	Multimarca	Propio de bajo costo
Gestión de usuarios	SI	SI
Registros históricos	SI	SI
Protocolo industriales CAN, ProfiNET, Profi-BUS	Licencia	Solo ModBUS
Protocolo web HTTPS, MQTT	NO	SI
Herramientas personalizables	NO	SI
Código abierto	NO	SI
Costo total de la solución	Elevado	Bajo

1.4. Objetivos y alcances

Los principales objetivos de este trabajo son:

- Facilitar la implementación de la lectura y registro de variables de planta mediante el uso de herramientas de hardware y software de bajo costo.
- Reducir la frecuencia de chequeo *in situ* de las instalaciones.
- Aportar nuevos datos al departamento de mantenimiento de servicios para poder desarrollar estrategias de mantenimiento preventivo y predictivo en base a su análisis.
- Permitir la adaptación del sistema de monitoreo de acuerdo a las necesidades requeridas del sector.
- Implementar un sistema que sea la base para la creación de nuevas funcionalidades que facilite la gestion y obtención de los datos de planta.

De acuerdo a los objetivos planteados, se definen los alcances que permitirán lograr los objetivos propuestos, éstos se detallan a continuación:

- Instalación de un servidor en sala de control DDCL.
- Diseño e instalación de las bases de datos.
- Desarrollo de backend y frontend de la solución.

Capítulo 2

Introducción específica

En el siguiente capítulo se realiza una introducción a las tecnologías utilizadas en el desarrollo de este trabajo. Estas se aplican a las distintas capas del modelo de arquitectura de IoT (*Internet of Things*).

2.1. Protocolos de comunicación

Los protocolos de comunicación son estándares que se utilizan para definir la manera en la que se vinculan uno o mas dispositivos. Existe una gran cantidad de protocolos diseñados para resolver distintas problemáticas, a continuación se detallan los utilizados en el desarrollo de este trabajo.

2.1.1. SPI Serial Peripheral Interface

El protocolo de comunicación SPI es un protocolo de comunicación serie, síncrono y *full duplex*. Los dispositivos síncronos cuentan con una señal de clock para la sincronización de los datos enviados y recibidos. A su vez, las señales MOSI *Master Output Slave Input* y MISO *Master Input Slave Output* permiten la transferencia simultánea de datos entre los dispositivos, esta funcionalidad recibe el nombre de *full duplex*.

En la figura 2.1 se observa la conexión entre dispositivos SPI.



FIGURA 2.1. Conexión entre dispositivos SPI maestro - esclavo.

Los dispositivos SPI pueden ser direccionables mediante las señales de CS *chip select* y alcanzar velocidades de reloj de hasta 50MHz. Esto permite una gran capacidad de transferencia de datos, motivo por el cual son utilizados en dispositivos como, pantallas LCD, módulos ethernet y memorias entre otros.

- Desarrollo del hardware y firmware de una interfaz de conexión y una interfaz de adquisición capaces de comunicarse con el backend utilizando los protocolos Modbus TCP, MQTT TLS y HTTPS.

No se encuentran contemplados dentro del alcance de este trabajo los siguientes objetivos:

- Vinculación del sistema a servicios en la nube.
- Desarrollo de aplicación para dispositivos móviles

2.1.2. I2C Inter Integrated Circuit

I2C es un protocolo de comunicación serie, sincrónico y bidireccional con un número reducido de hilos para su conexión. Se caracteriza por ser muy versátil y económico, el protocolo I2C se ha implementado en mas de 1000 circuitos integrados que han sido fabricados por mas de 50 compañías. Además, se utiliza en arquitecturas de control como SMBus *System Management Bus*, DDC *PMBus Power Management Bus*, IPMI *Intelligent Platform Management Interface*, DDC *Display Data Channel* and ATCA *Advanced Telecom Computing Architecture*.

Cada dispositivo cuenta con una dirección única e inalterable para su direccionamiento. De acuerdo al tipo, pueden incorporar una o mas entradas CS *chip select* para comunicarse con dispositivos idénticos sobre el mismo bus.

En la figura 2.2 se observa el conexionado de dispositivos en un bus I2C.

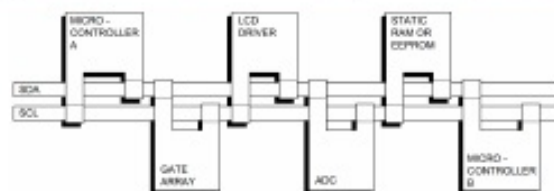


FIGURA 2.2. Bus de conexión de dispositivos I2C.

Las velocidades de comunicación varían desde los 100 kHz a los 5MHz, en la actualidad cuentan con dispositivos para aplicaciones, militares, medicinales e industriales. Entre los más utilizados se pueden encontrar, memorias, conversores ADC, DAC, sensores de temperatura y humedad, RTC *Real Time Clock*, giróscopos y otros.