



CARRERA DE ESPECIALIZACIÓN EN INTERNET DE LAS COSAS

MEMORIA DEL TRABAJO FINAL

Sistema de monitoreo de servicios de planta

Autor:

Ing. Marcelo Roberto García

Director:

Mg. Ing. Gonzalo Nahuel Vaca (INVAP)

Jurados:

Nombre del jurado 1 (pertenencia)

Nombre del jurado 2 (pertenencia)

Nombre del jurado 3 (pertenencia)

*Este trabajo fue realizado en la ciudad de Buenos Aires,
entre marzo de 2022 y julio de 2023.*

Resumen

La presente memoria describe el desarrollo e implementación de un sistema de recolección de datos de bajo costo enfocado en la optimización del mantenimiento de servicios de planta. El trabajo se realizó para la empresa ROEMMERS S.A.I.C.F en el marco de una propuesta de mejora por parte del departamento de electrónica con la colaboración del departamento de servicios.

En este trabajo se utilizaron los conocimientos obtenidos de la carrera de especialización en IoT referidos a protocolos de comunicación, tecnologías de backend, frontend, bases de datos, sistemas operativos y redes.

Agradecimientos

A mi pareja, por su apoyo incondicional.

A mis padres y hermano.

A los profesores, profesoras, compañeros y compañeras por compartir sus conocimientos y experiencias.

Al Ing. Guillermo Horacio Vidal, Jefe de servicios de laboratorios ROEMMERS, por su confianza.

A Gabriel Méndez, Jefe de mantenimiento electrónico de laboratorios ROEMMERS, por su apoyo.

A todos los que participaron de forma directa e indirecta de este proyecto.

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. Línea 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

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, 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 blisteado, estuchado, pesado, etiquetado, apilado y finalmente paletizado.

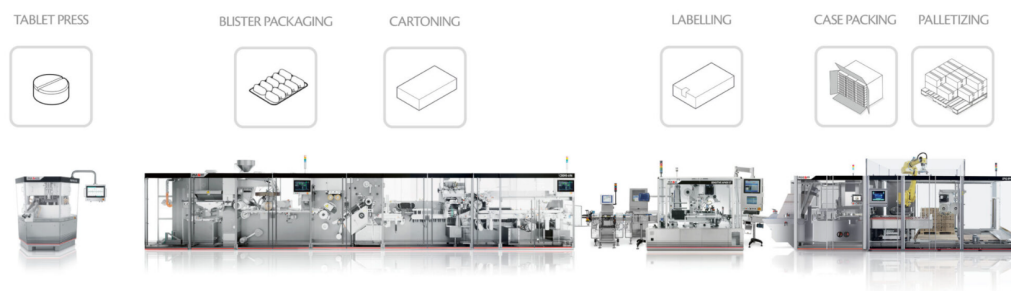


FIGURA 1.1. Línea de blisteado y estuchado.¹

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 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 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.

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.
- 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 decadas 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.

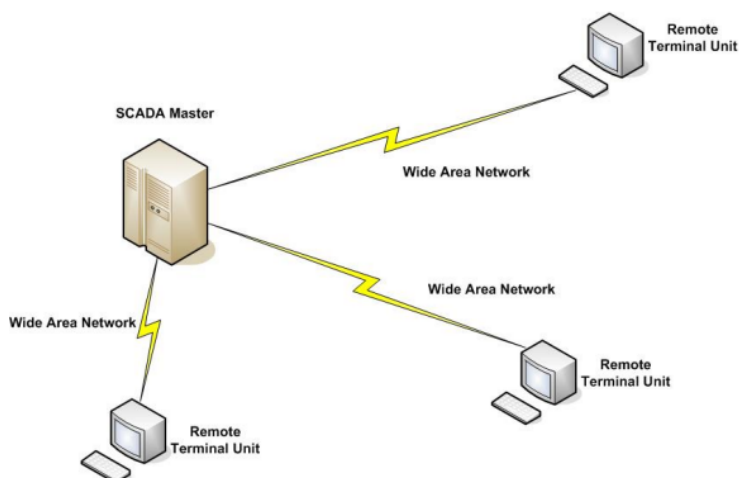


FIGURA 1.4. Primera generación de SCADA, estructura monolítica.[1]

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 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.

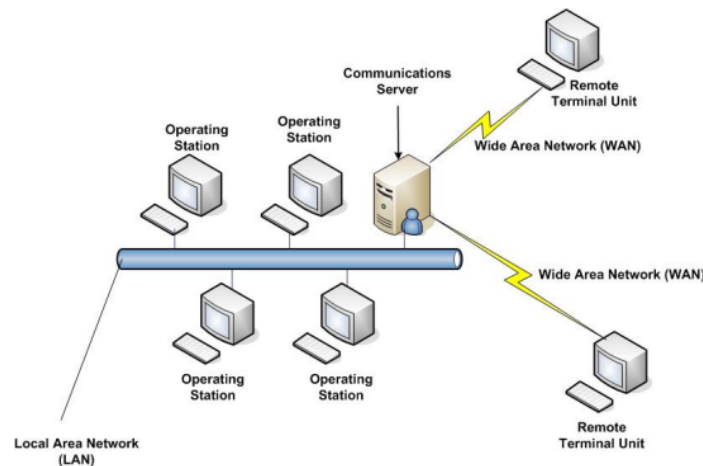


FIGURA 1.5. Segunda generación de SCADA, estructura distribuida.[1]

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.

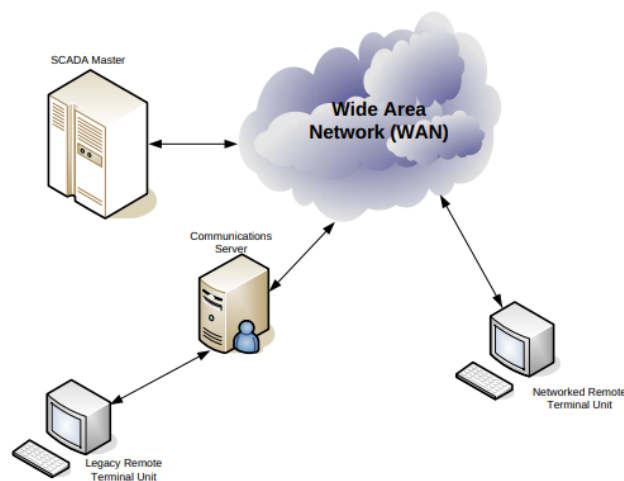


FIGURA 1.6. Tercera generación de SCADA, estructura en red.[1]

A medida que los sistemas SCADA incorporaron protocolos de comunicación abiertos, la interoperabilidad y compatibilidad entre sistemas y hardware 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.

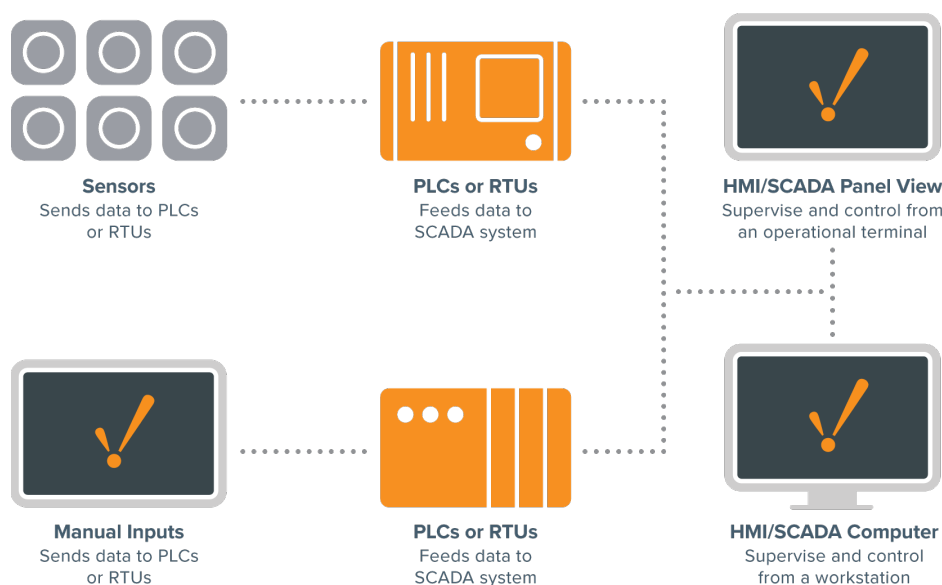


FIGURA 1.7. Estructura básica de un SCADA.²

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/BasicSCADADDiagram>

1.3.2. Sistema propuesto

El sistema propuesto presenta una estructura similar a la visualizada en la Figura 1.7.

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.

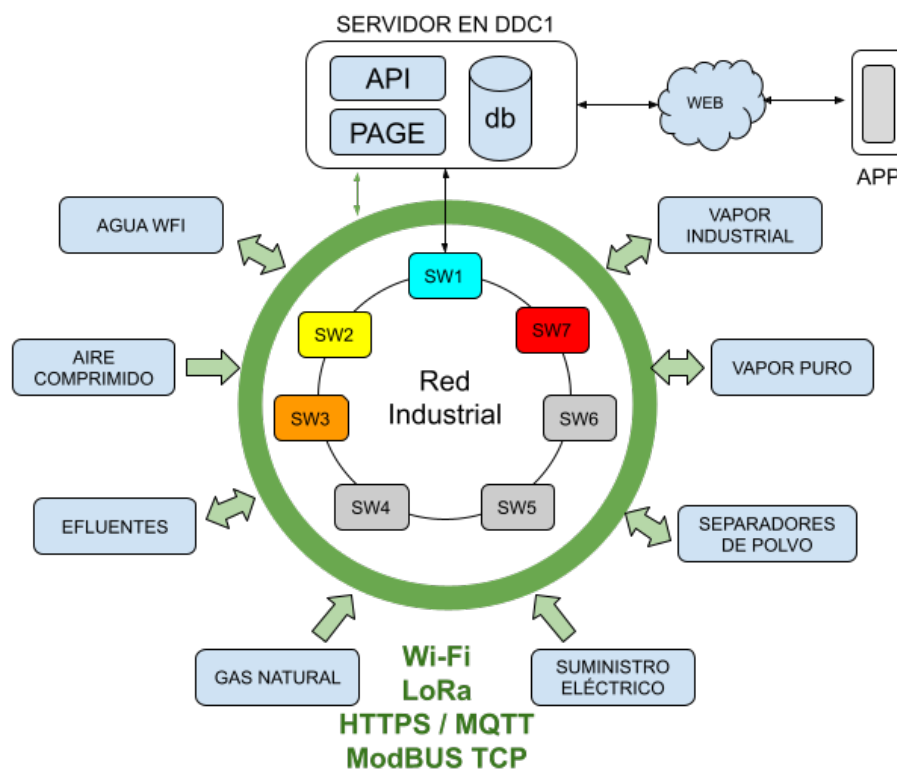


FIGURA 1.8. Estructura de SCADA propuesto.

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 gestión 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 DDC1.
- 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

Bibliografía

- [1] McClanahan. «The Benefits of Networked SCADA Systems Utilizing IPEnabled Networks, Rural Electric Power Conference». En: IEEE, 2002, págs. C5 -C5-7.
- [2] ANMAT. *Normativa de medicamentos*. Visitado el 2023-09-19. 2023. URL: http://www.anmat.gob.ar/webanmat/normativas_medicamentos_cuerpo.asp.