



Implementación de un sistema SCADA para la optimización de la gestión de mantenimiento y producción, aplicado a la planta de productos autoadhesivos C.I. ARclad S.A de Rionegro (Antioquia)

**Yeisson Carvajal Vargas
Fredy Alexander Marín García**

Monografía presentada para optar al título de Especialista en Gerencia de Mantenimiento

**Tutor
Carlos Mario Tamayo Domínguez, Magíster (MSc) en Ingeniería Mecánica**

**Universidad de Antioquia
Facultad de Ingeniería
Especialización en Gerencia de Mantenimiento
Medellín, Antioquia, Colombia**

2022

Cita	(Carvajal Vargas & Marín García, 2022)
Referencia	Carvajal Vargas, Y., & Marín García, F. A. (2022). <i>Implementación de un sistema SCADA para la optimización de la gestión de mantenimiento y producción, aplicado a la planta de productos autoadhesivos C.I. ARclad S.A de Rionegro (Antioquia)</i> [Trabajo de grado especialización]. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.
Estilo APA 7 (2020)	



Especialización en Gerencia de Mantenimiento, Cohorte XVI.



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes.

Decano/Director: Verónica Giraldo Olarte.

Jefe departamento: Ana Maria Chacón Arango.

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión de los autores y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

TABLA DE CONTENIDO

1. RESUMEN.....	5
2. JUSTIFICACIÓN	6
3. OBJETIVOS	8
Objetivo general.....	8
Objetivos específicos.....	8
4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	9
5. METODOLOGÍA.....	11
Variables a Capturar	12
Sistema Gestión de Energía	12
Sistema Gestión de Gas.....	15
Sistema Gestión de Vapor	17
Sistema de Gestión Aire Comprimido	17
Sistema de Gestión de Agua	18
Sistema de Gestión de vibraciones	18
Manufactura	19
Módulos de Digitalización.....	20
Pirámide Isa 95.....	21
Proceso de Implementación Estándar.....	22
MOM (Gestión de Operaciones de Manufactura)	23
6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA	25
Infraestructura de Red OT Planta C.I ARclad Rionegro	25
Punto de Inicio	25
Requisitos	25
Acción.....	25
Solución	26

Ventajas.....	26
Arquitectura de Red OT macro.....	26
Diseño General del Sistema de Comunicación.....	27
Parámetros Red OT y desarrollo SCADA	28
Concepto de OEE – Downtime Analysis:	31
Factor OEE	31
7. APLICACIÓN SCADA RECUBRIDORA 7	34
8. ESQUEMAS DE OPERACIÓN SCADA WINCC APLICACIÓN C.I ARCLAD S.A 35	
9. CONCLUSIONES.....	43
10. RECOMENDACIONES	44
11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	45

IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA LA OPTIMIZACIÓN DE LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO Y PRODUCCIÓN, APLICADO A LA PLANTA DE PRODUCTOS AUTOADHESIVOS C.I. ARCLAD S.A. DE RIONEGRO (ANT.).

1. RESUMEN

En este proyecto se plantea la implementación del sistema de adquisición de datos SCADA en la planta de producción C.I ARclad S. A. de Rionegro, con el cual se establece una base estructurada necesaria para el desarrollo e integración del Software MES y ERP, diseñados para organizar, monitorear, planear procesos y con el cual se logra gestionar el mantenimiento en cuanto a los tiempos de respuesta, disponibilidad, confiabilidad; con la posibilidad de calcular OEE¹ y KPI² para lograr mayor eficiencia y reducir costos. El sistema permite realizar un análisis global de la planta para hacer una mejor gestión del mantenimiento y de toda la parte productiva, con el fin de mejorar y optimizar el desempeño general de toda la empresa.

PALABRAS CLAVE: SCADA, ERP, OEE, GESTIÓN DE MANTENIMIENTO, CONFIABILIDAD, DISPONIBILIDAD.

¹ Overall Equipment Effectiveness, (Efectividad total de los equipos).

² Key Performance Indicator, (Indicador de desempeño clave).

2. JUSTIFICACIÓN

Productos Autoadhesivos C.I ARclad S.A, es una empresa fundada en 1980, compañía exportadora con plantas de producción en Rionegro (Antioquia) y Cartagena (Bolívar) Colombia.

La empresa está comprometida con el desarrollo y fabricación de materiales autoadhesivos utilizados en el sector de las artes gráficas, en la elaboración de etiquetas y vinilos para la comunicación gráfica, atendiendo los segmentos de impresión flexográfica, offset, serigrafía, gran formato e impresión digital. Sus materiales se utilizan para la identificación de productos en diversos sectores: alimentos, cuidado personal, industrial, automotriz, farmacéutica, escolar, seguridad, textil, cosméticos, higiene, limpieza y aseo. **(ARclad, 2016)** .

La compañía, para el año 2021 cuenta con canales de distribución propios en Centroamérica (Costa Rica, Guatemala, Honduras), México, República Dominicana, Ecuador, Perú, Chile y Brasil; así como distribuidores y representantes en otros países de la Región Andina y el Caribe. Sus procesos productivos van desde la fabricación del adhesivo mediante la mezcla de sustancias químicas; hasta la producción del material autoadhesivo, que se compone de: *Un sustrato siliconado, un recubrimiento de adhesivo y una cara de impresión, este producto es laminado y cortado en forma de rollos y hojas,* luego es despachado a clientes nacionales y a las filiales internacionales para ser procesados y distribuidos al cliente final.

La problemática consiste en que es necesario, para el sistema de monitoreo y de información, obtener una mayor cantidad de variables que requiere el área de mantenimiento para controlar el estado técnico, eléctrico y mecánico de las máquinas que están involucradas en la producción de autoadhesivos, garantizando la calidad para responder a las demandas de nuevos productos, velocidades y tecnologías emergentes, con recetas y composiciones de acuerdo con los nuevos requerimientos del mercado.

Debido a esto, surge una pregunta: ¿Mediante el estado del mantenimiento y el monitoreo de los sistemas de las máquinas es posible optimizar los procesos de producción y controlar la calidad?

Con el fin de integrar áreas, ejercer un control global sobre la empresa, evitar reprocesos, pérdida de tiempo en la búsqueda de información, y como parte del proceso de mejora continua, se implementa un proyecto de integración entre sus sistemas MES³ y ERP⁴. Pertinente a las necesidades de la integración de estos sistemas, se necesita desarrollar la base que los alimenta desde el piso o planta con los datos y las variables de los procesos, a través de un sistema SCADA⁵, permitiendo monitorear el estado del mantenimiento y respuesta de cada componente.

³ Manufacturing Execution System, (Sistemas de ejecución de manufactura).

⁴ Enterprise Resource Planning, (Planeación de recursos empresariales).

⁵ Supervisory Control and Adquisition Data, (Supervisión, control y adquisición de datos).

3. OBJETIVOS

Objetivo general

Plantear un sistema de gestión de mantenimiento en la Planta C.I. ARclad S.A. de Rionegro Antioquia, mediante el monitoreo a través de un sistema SCADA, que permita diagnosticar el estado técnico para optimizar costos de mantenimiento, producción y trazabilidad del proceso.

Objetivos específicos

- Unificar conceptos de la normatividad ISA 95, la cual contempla modelos y terminologías que ayudan a determinar qué tipo de información y datos se tienen que intercambiar entre las áreas.
- Identificar las variables de proceso de los PLC (Controladores Lógicos Programables) de las máquinas, de los medidores de energía de cada máquina o sistema, como también la información ingresada por operadores y usuarios de los sistemas de producción.
- Implementar la red de comunicación de piso/planta necesaria para comunicar los sistemas SCADA, MES, ERP y gestión de calidad de energía.
- Plantear una captura de información de una máquina que permita verificar el estado técnico de los mecanismos mediante su tiempo de repuesta.

4. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

La automatización industrial incluye las actividades y evolución de los procesos de control sin intervención manual. En los últimos años se ha desarrollado un sistema denominado SCADA (Supervisión de Control y Adquisición de Datos), mediante el cual es posible monitorear y controlar diferentes variables que ocurren en un proceso o fábrica. Para ello, se deben utilizar varios dispositivos periféricos, software de aplicación, unidades remotas, sistemas de comunicación, etc. para que el operador pueda acceder completamente al proceso visualizándolo en la pantalla de la computadora (Pérez-López, 2015).

Tabla 1

Sistemas de automatización.

ERP	MES	PLC
Se ocupan de la planificación empresarial.	Se ocupa de la producción.	Se ocupa del control del proceso.
Su foco está puesto en el cliente.	Su foco está puesto en el producto.	Su foco está puesto en los procesos.
Asiste en las decisiones del negocio.	Asiste en la decisión de la planta.	Asiste en las decisiones de los procesos productivos.

Nota. Elaboración propia.

Existen muchos sistemas que se pueden controlar y monitorear con PLC⁶, DCS⁷ que interactúan con los sistemas SCADA, los cuales se pueden integrar y comunicarse entre sí a través de redes como Ethernet u otras para que el operador pueda mejorar la interfaz en tiempo real. De esta manera, no solo se puede monitorear el proceso, sino también se puede acceder con mayor claridad al historial de alarmas y variables de control, combinarlo con bases de datos relacionadas y visualizarlo en una computadora simple,

⁶ Programmable Logic Controller, (Controlador lógico programable).

⁷ Distributed Control System, (Sistema de control distribuido).

como plantillas de Excel, documentos de Word. Se realizan mediante un entorno Windows para hacer que todo el sistema sea más asequible. **(Reddy & Metha, 2015)**.

La función de monitoreo de estos sistemas se realiza sobre un computador industrial, ofreciendo una visión de los parámetros de control sobre la pantalla de ordenador, lo que se denomina un HMI (Human Machine Interface), como en SCADA, pero solo ofrece una función complementaria de monitorización: observar mediante aparatos especiales el curso de uno o varios parámetros fisiológicos o de otra naturaleza para detectar posibles anomalías. Es decir, los sistemas de automatización de interfaz gráfica tipo HMI básicos ofrecen una gestión de alarmas, mediante las cuales la única opción que le queda al operario es realizar una parada de emergencia, reparar o compensar la anomalía y hacer un reset. Los sistemas SCADA utilizan un HMI interactivo que permite detectar alarmas y a través de la pantalla solucionar el problema mediante las acciones adecuadas en tiempo real. Esto les otorga una gran flexibilidad. En definitiva, el modo supervisor del HMI de un SCADA no solo señala los problemas, sino que, lo más importante, orienta en cuanto a los procedimientos para solucionarlos **(Pérez-López, 2015)**.

Consideraciones y Beneficios del sistema SCADA **(Wright, 2003)**

- Lógica secuencial.
- Velocidad de control y adquisición de datos.
- Estaciones de control maestro / operador.
- Requisitos de archivo histórico.
- Fiabilidad / disponibilidad.
- Velocidad de comunicaciones / tiempo de actualización / tasas de exploración del sistema.
- Capacidad de expansión.

Un sistema SCADA utilizando el Arduino permite desarrollar proyectos de instrumentación industrial a un bajo costo, sin disminuir la calidad. En algunas aplicaciones de control el uso de cables podría ser un problema; como alternativa a los cables estos sistemas se pueden implementar de forma inalámbrica. Estos módulos tienen un rango de transmisión entre los 100 y 120 metros **(Herrera et al., 2014)**.

5. METODOLOGÍA

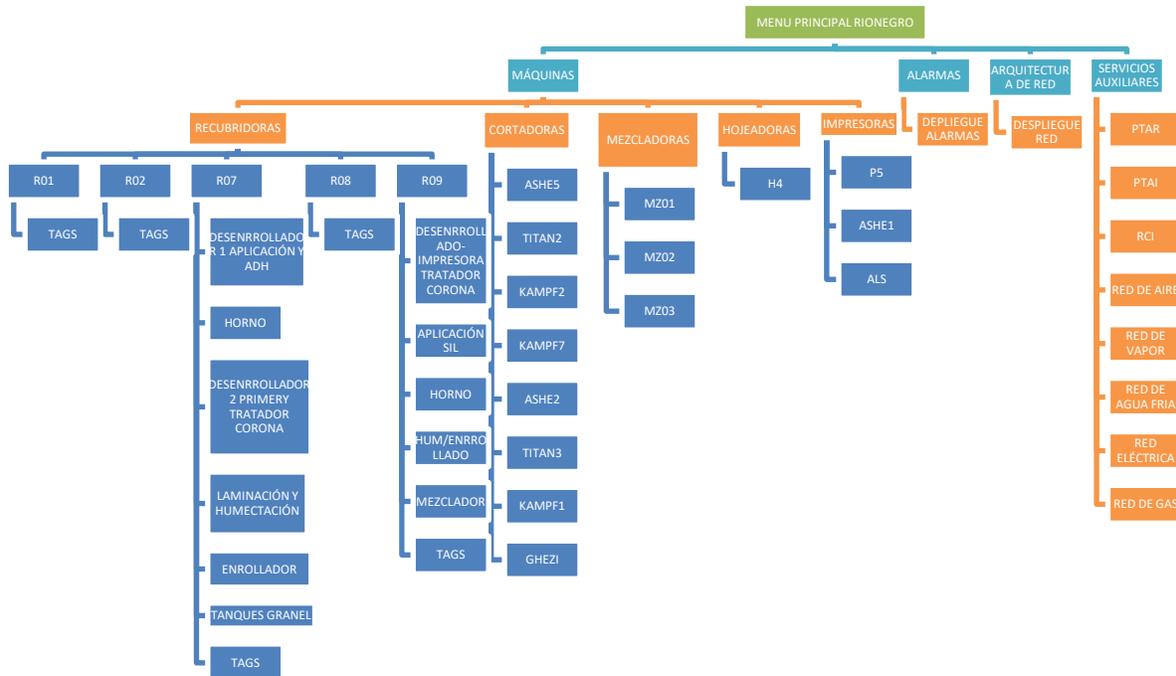
En el presente documento se lleva a cabo la descripción funcional del sistema SCADA de monitoreo, control de datos del proceso de manufactura y mantenimiento de C.I. ARclad, para la planta de Rionegro, los servicios y procesos auxiliares gestionados en dicha planta, incluyen Gestión de Energía, Gestión de Gas, Vapor, Aire Comprimido, y Agua.

El diagrama de la estructura general del SCADA muestra de qué manera cada uno de los despliegues será visto y como se ingresará a cada uno.

ESTRUCTURA RIONEGRO

Figura 1

Estructura general planta de Rionegro.

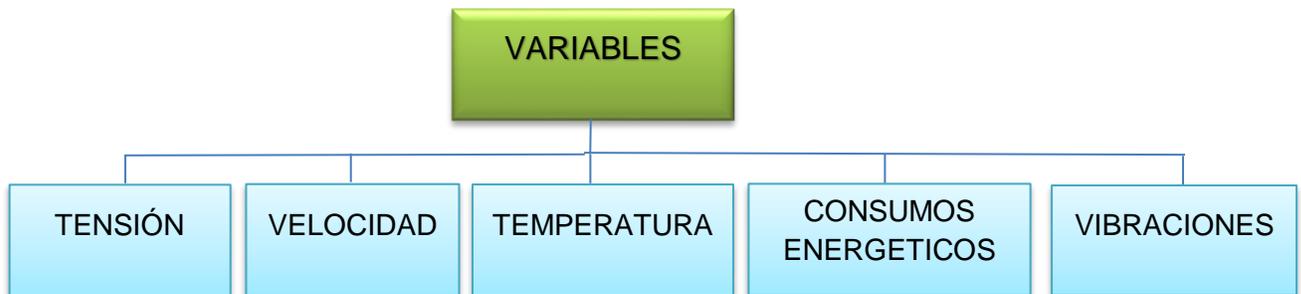


Nota. C.I ARclad

Variables a Capturar

Figura 2

Variables a capturar



Nota. Elaboración propia.

Sistema Gestión de Energía

Las variables energéticas en la planta C.I. ARclad de Rionegro Antioquia de los diferentes procesos y máquinas son capturadas por medio de los dispositivos Sentron PAC 3100 y 4200, a través de la Red OT (red de operación). Dicha información es almacenada y gestionada en un servidor PowerManager, de donde las diferentes variables de consumo son trasladadas a través de una conexión OPC al sistema SCADA WinCC, para ser asociadas a los diferentes procesos productivos según el caso preciso de cada unidad de producción.

En el sistema de control de piso de planta se podrán visualizar los siguientes consumos en kWh por unidad de proceso o por célula de trabajo (Máquina), esta información se podrá gestionar para el mantenimiento y la producción.

Figura 5

Árbol calidad de energía



Nota. C.I ARclad

Figura 6

KPIs Calidad de energía



Nota. C.I. ARclad

Figura 7

Consumos acumulados de energía

powermanager			
Report type	Total energy		
Trigger type	Manual		
Created by	root		
Created on	21/07/2021 21:45		
Time range	01/06/2021		
Device name	Location	Data point	Total energy (kWh) - 01/06/2021
Medidor_Sub_Est1_13.2KV	Planta Rionegro.Subestaciones Electricas	Medidor_Sub_Est1_13.2KV active energy import tariff 1	270717.03
Recubridora_R9	Planta Rionegro.Recubridoras	Recubridora_R9 active energy import tariff 1	18664.98

Nota. C.I. ARclad

Sistema Gestión de Gas

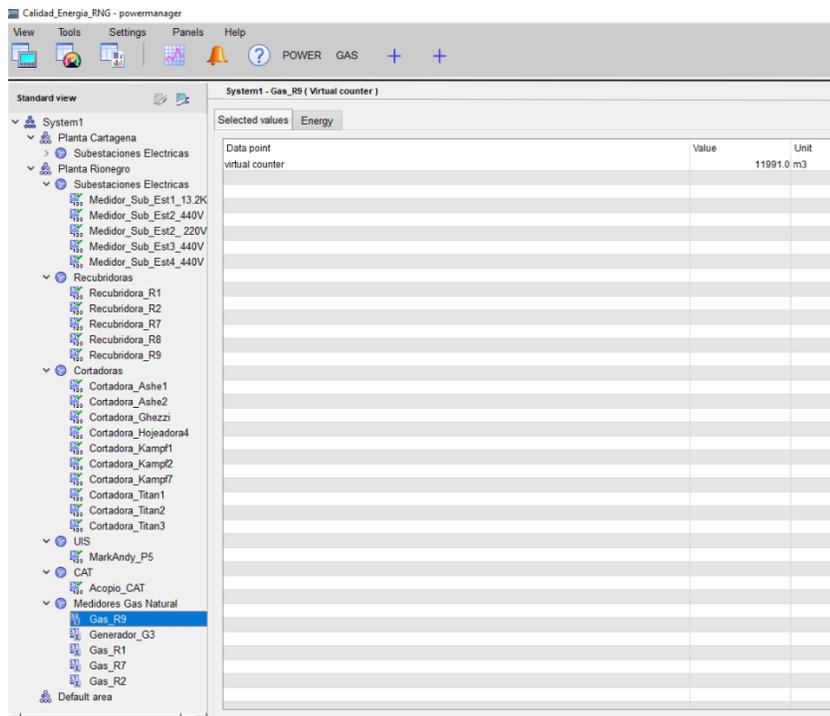
El suministro de gas en la planta de C.I. ARclad de Rionegro Antioquia se lleva a cabo a través de la estación de regulación y medida (ERM), de donde se alimentan las diferentes cargas del sistema, como son:

- ✓ Evaporador de Agua Industrial
- ✓ Caldera 50 BHP
- ✓ Caldera 100 BHP
- ✓ Generador 240 kVA (Combustible a Gas Natural y ACPM)
- ✓ Generador 400 kVA (Combustible a Gas Natural)
- ✓ Recubridora 1
- ✓ Recubridora 2
- ✓ Recubridora 7
- ✓ Recubridora 9

Todas las anteriores cargas requieren una regulación en su punto final de uso con medición, mediante medidores de gas mecánicos que entregan pulsos/m³ al PLC correspondiente en donde se requiere un factor de corrección por presión y temperatura, lo cual permite obtener promedios de consumo en el tiempo, además de indicadores relacionados con la gestión del mantenimiento y la producción.

Figura 8

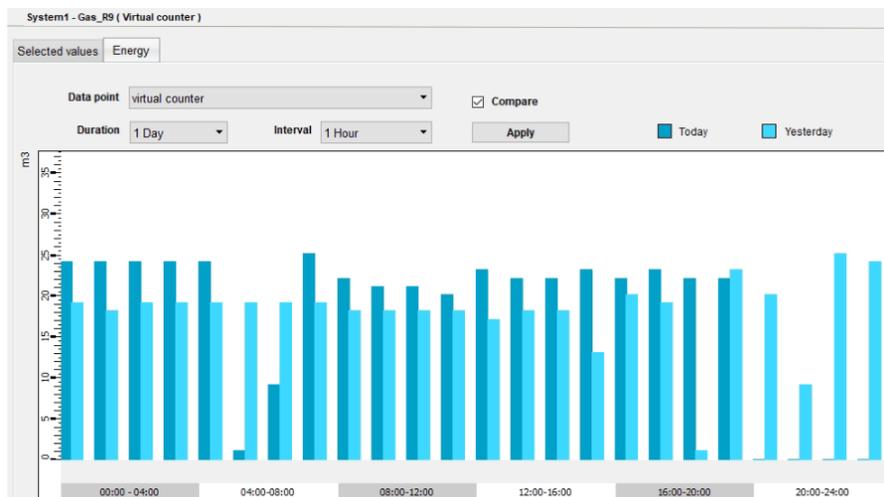
Árbol contador de gas natural



Nota. C.I. ARclad

Figura 9.

Históricos consumos de gas natural



Nota. C.I. ARclad

Sistema Gestión de Vapor

El servicio de suministro de vapor en la planta C.I. ARclad de Rionegro Antioquia tiene como fuente 2 calderas, una de 50 BHP y otra de 100 BHP, de donde se suministra a las cargas en el proceso a través de un sistema de válvulas común (manifold de distribución). Las cargas relacionadas corresponden a las Recubridoras 1, 2, 7, 8 y 9. Del suministro de vapor se tiene una medición de consumo en el punto de salida del manifold mediante de un transmisor de presión diferencial, lo que permite tener consumo promedio en el tiempo de vapor y además el consumo de vapor por unidad de producto total producido (m^3 / m^2), para la gestión de mantenimiento y la producción.

Sistema de Gestión Aire Comprimido

El suministro de aire comprimido en la planta C.I. ARclad de Rionegro Antioquia se lleva a cabo a través de tres compresores, un compresor principal de 60 kW, dos compresores de respaldo uno de 45 kW y otro de 30 kW, que alimenta a las diferentes cargas en el proceso. El aire comprimido se distribuye a través de un tanque acumulador (pulmón) y luego pasa por un equipo secador hasta la regulación antes de llegar a las siguientes cargas finales:

- ✓ Recubridoras
- ✓ Cortadoras
- ✓ Unidad de Impresión y seguridad
- ✓ Calderas
- ✓ Torres de Enfriamiento
- ✓ Taller de mantenimiento
- ✓ Isotanques de Adhesivo
- ✓ Muelles Producto Terminado

Se tendrá un medidor de caudal en pies cúbicos por minuto (CFM, por sus siglas en inglés) y un consumo acumulado para la gestión del mantenimiento y la producción.

Sistema de Gestión de Agua

En la Planta se usa agua en las calderas de 50 y 100 BHP para generar el vapor de las planchas humectadoras ubicadas en las recubridoras. Este vapor es aplicado al papel con el fin de devolver un porcentaje de humedad perdido en el proceso de pasar por los hornos de secado con aire caliente.

Por los rodillos de transferencia térmica de las recubridoras circula agua que proviene de tres torres de enfriamiento las cuales realizan la recuperación de temperatura por aire natural.

También el agua es usada en los rodillos mojadores directos al papel, para ayudar con su humectación y otras aplicaciones como preparación de mezclas adhesivas y lavados.

Se dispone de medidores mecánicos que entregan pulsos/m³ al PLC correspondiente, para cuantificar el consumo acumulado para la gestión del mantenimiento y la producción.

Sistema de Gestión de vibraciones

Se tendrán equipos de la marca A-MAQ especializados para análisis de vibraciones para comprender el funcionamiento integral las máquinas con el fin de realizar exitosos análisis y diagnósticos. Se iniciará con un sistema básico en línea ATR SIS y ATR COM que entregue una alarma por el aumento de las vibraciones de los motores, que se conectará con el sistema SCADA WinCC de Siemens a través de su comunicación Ethernet, el cual será usado para la gestión del mantenimiento.

Más adelante se desea escalar a un sistema más completo de análisis en el que se pueda gestionar e identificar las patologías como: desbalanceo dinámico, desalineación, holgura mecánica, excentricidad, precarga excesiva o débil, resonancias, pulsaciones, inestabilidades dinámicas.

Figura 10

Sistema de análisis de vibraciones



Nota. A-Maq

Manufactura

El área de manufactura está dividida en diferentes niveles de gestión, según las funciones y tareas a realizar en los procesos de fabricación, estas actividades están divididas en planeación, ejecución, control y gerencia del proceso de fabricación.

El proceso de fábrica es direccionado a través de las órdenes de producción, las cuales son la base de la planificación y control de las diferentes celdas de proceso, como son Mezclas, Recubrimiento, Corte e Impresión. En la orden de producción se proporciona las especificaciones y cantidades de los productos requeridos, según la celda de trabajo, incluyendo las listas de materiales y unidades propuestas para dicha fabricación.

Esta información llega a piso de planta, a través de diferentes puntos de conexión entre el sistema ERP – NetSuite de Oracle, MES - MOM⁸ (Manufacturing Operations Management) de Siemens y el sistema control de piso WinCC de Siemens la cual se visualizará en una pantalla táctil denominada Thin Client, partiendo de la plataforma en NetSuite donde se crean las órdenes de producción, según la imagen a continuación.

Módulos de Digitalización

Figura 11
Módulos de digitalización.



Nota. C.I ARclad

Para la ejecución de dicha orden en cada unidad de producción, es necesario que el operador pueda visualizar la información detallada del producto requerido, materiales y especificaciones técnicas.

⁸ MOM: Gestión de Operaciones de Manufactura

La transformación digital es un cambio de paradigma, que requiere revisar el modelo de negocio, procesos empresariales, herramientas, metodologías de trabajo y mentalidad. No es suficiente con dotar de tecnología a procesos obsoletos que sirven para modelos de negocio anticuados.

Revisitando la norma ISA95, cuya primera parte instauró los modelos y terminología hace ya veinte años, se puede afirmar que, pese a la llegada de nuevas tecnologías, su contenido sigue estando muy vigente, ya que fijó las necesidades industriales en cada uno de los modelos de operación (Producción, Mantenimiento, Calidad e Inventario) y cada una de sus actividades. La base tecnológica del sistema MOM (Manufacturing Operations Management) se concentra en una correcta implementación de un sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA).

Pirámide Isa 95

Figura 12

ilustración de la norma ISA 95

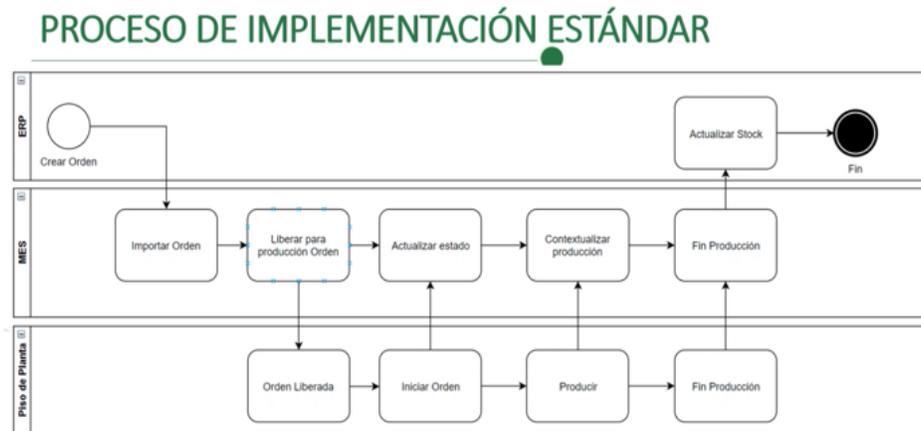


Nota. C.I ARclad

Proceso de Implementación Estándar

Figura 13

Diagrama de los procesos de implementación estandar.

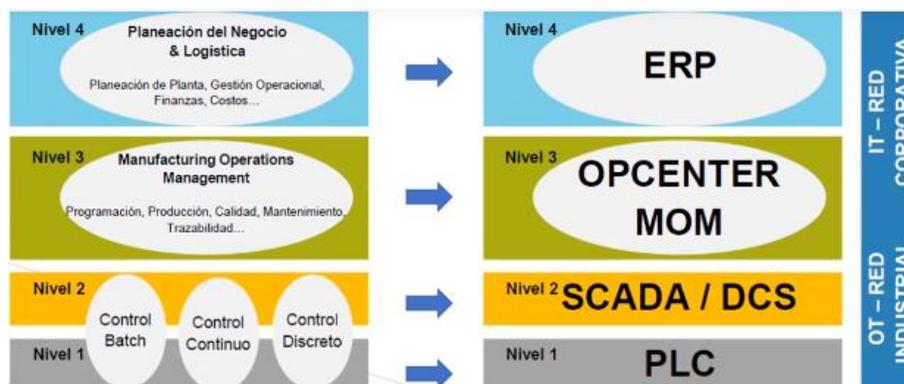


Nota. C.I ARclad

Diagrama de implementación ARclad

Figura 14

Diagrama de implementación en la planta C.I. ARclad.



Nota. C.I ARclad

MOM (Gestión de Operaciones de Manufactura)

Figura 15

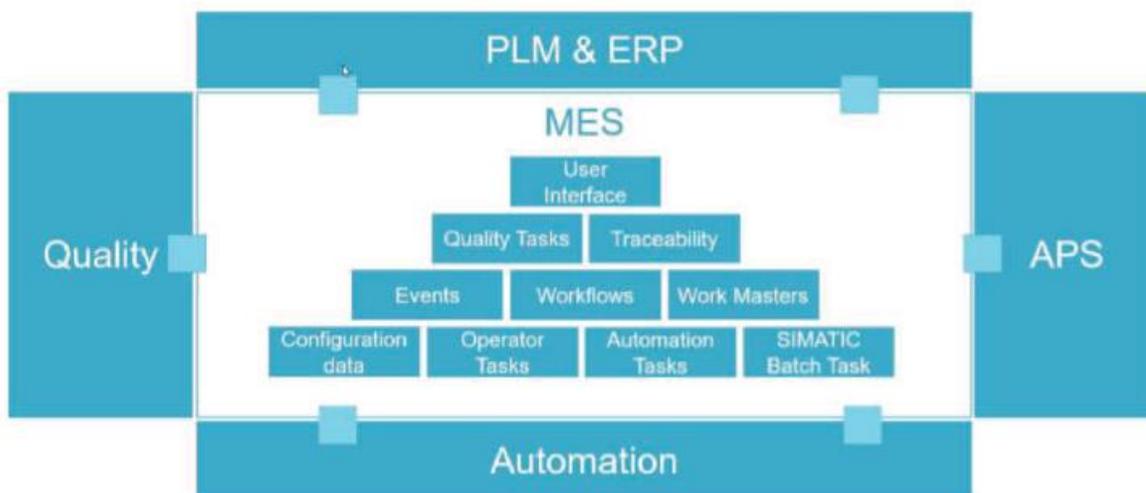


Ilustración del sistema MOM.

Nota. Siemens.

Tabla 2

Niveles organizaciones de los sistemas de información en ARclad.

ERP	Oracle NET SUITE	Este Software se encarga de gestionar inventarios, recibir pedidos, generar ordenes de producción, costeo de órdenes y lotes.
-----	------------------	---

MES/MOM	<i>OPCenter</i>	Este Software se encarga de gestionar ordenes de producción, tiene listas de materiales y permite una rápida comunicación con los sistemas de piso, gestiona consumos y reporta al ERP.
SCADA	<i>WinCC</i>	Recibe parámetros de órdenes de producción y concentra la información de los procesos, también puede ofrecer control de procesos de una manera general. Puede historiar, ser receptor de alarmas de proceso, tiene intercambio de señales, control de variables de proceso y envió de setpoints de procesos.
CONTROL	<i>PLC</i>	Gestiona a nivel específico los procesos de las máquinas con las variables suministradas desde el SCADA.

Nota. Elaboración propia

6. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Infraestructura de Red OT Planta C.I ARclad Rionegro

Una red estable y que funcione de forma segura es un requisito fundamental importante en una empresa o en un sistema de automatización. Si la comunicación de la red falla o es limitada debido, por ejemplo, a una sobrecarga o errores de la red, esto puede producir altos costos para la empresa. Un error menor suele ser suficiente para paralizar toda una red.

Punto de Inicio

Desafío de construir una red estandarizada para sus dominios de producción que crecieron con la evolución.

Requisitos

1. Separar la red empresarial (IT) de la red de producción (OT)
2. La comunicación entre (IT) y (OT) debe ocurrir a través de un firewall central.
3. Sistema redundante, basado en una solución de virtualización moderna, en la red de producción.
4. La Columna vertebral OT requiere una velocidad alta de datos.
5. Comunicación flexible entre las células de producción individuales y el ERP.
6. Segmentos de red más pequeños con sus propios dominios de transmisión.

Acción

- Para aumentar la estabilidad de la red, las redes de comunicación más grandes se dividen en varios segmentos de red más pequeños con sus propios dominios de transmisión.
- Para ahorrar costos de hardware causados por conmutadores adicionales, las redes no están separadas físicamente, sino virtualmente en VLAN.

Solución

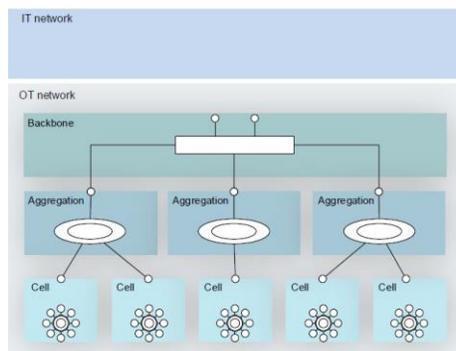
- La segmentación virtual como solución
- Una red física más grande se divide en varias unidades virtuales más pequeñas "Red de área local virtual" (VLAN). Una VLAN es un segmento de red lógica dentro de una red física.

Ventajas

- Se puede implementar en redes pequeñas y muy grandes
- Ahorrar costos ya que la segmentación virtual hace innecesario el hardware adicional.
- Menos cableado.
- Seguridad, para protegerse contra la interceptación y el espionaje.
- Le permite aumentar el rendimiento de su red al reducir los dominios de transmisión.
- Diagnósticos rápidos y resolución de problemas.

Arquitectura de Red OT macro

Figura 16



Red OT macro, división de red en segmentos compactos.

Nota. Siemens.

Diseño General del Sistema de Comunicación

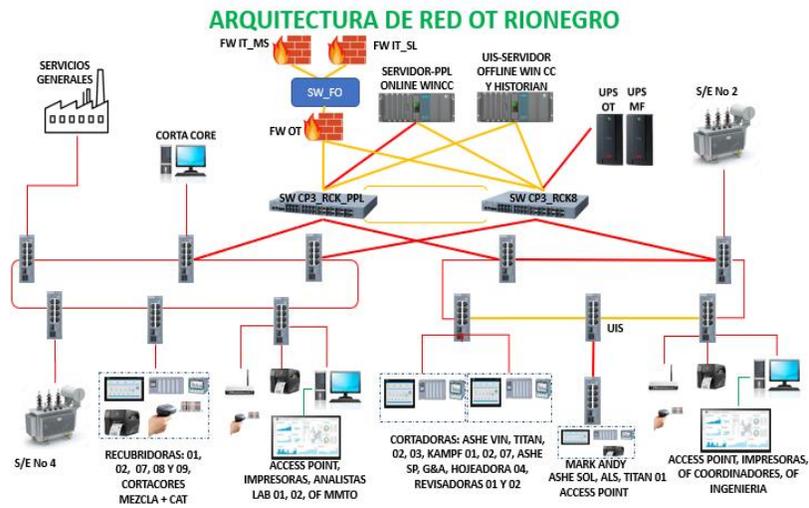
El concepto general de la red de comunicación se basa en el intercambio de información entre los dispositivos, en la planta se contará con los equipos conectados a la red, los cuales estarán realizando los siguientes intercambios de información:

- Equipos de control de procesos, los cuales se comunican directamente con la aplicación WinCC que reposa en el equipo denominado WinCC-Server, y a través de dicha comunicación intercambian información directamente con la aplicación con el fin de generar bases de datos en SQL para alimentar al sistema MES.
- PLC's que se conectan al WinCC-Server por medio de los Drivers de comunicación que se tienen incorporados en el paquete de WinCC; Adicional a esto la red OT tendrá otros participantes como las pantallas Thin Client, los WinCC-Client, entre otros. Lo cual implica una correcta segmentación de red, optimizando el acceso a la misma y garantizando un correcto desarrollo de la comunicación entre WinCC y PLC's, evitando que exista latencia debido a la estructura propia de los Drive de Comunicaciones.
- Para los equipos con los que no se encuentren incluidos entre los Drives estándar de WinCC; se podría usar OPC, con la limitación de que dicho OPC Server debe ser desarrollado por terceros para cada fabricante de equipos en específico.
- Equipos Thin Client que intercambian información con la aplicación MES, debido a que cada máquina tiene pantallas como HMI, no se considerara necesario el despliegue de gráficas de WinCC en estos puntos.
- Cada uno de estos equipos tendrá una lectora de códigos de barras, los cuales se conectan directamente a la red OT.
- Impresora local en cada puesto de Thin Client controlada desde la aplicación MES, pero manejada a través del equipo WinCC-Server.

Parámetros Red OT y desarrollo SCADA

Figura 17

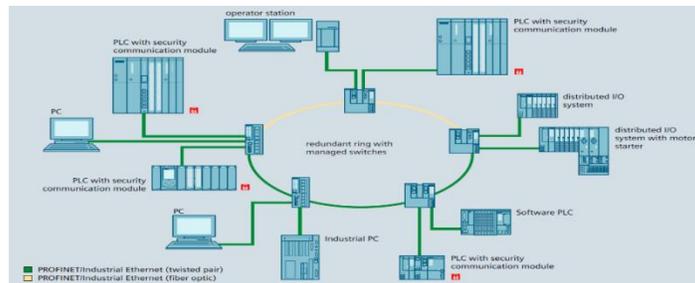
Distribución de la red OT



Nota. C.I ARclad

Figura 18

Topología de red OT



Nota. Siemens

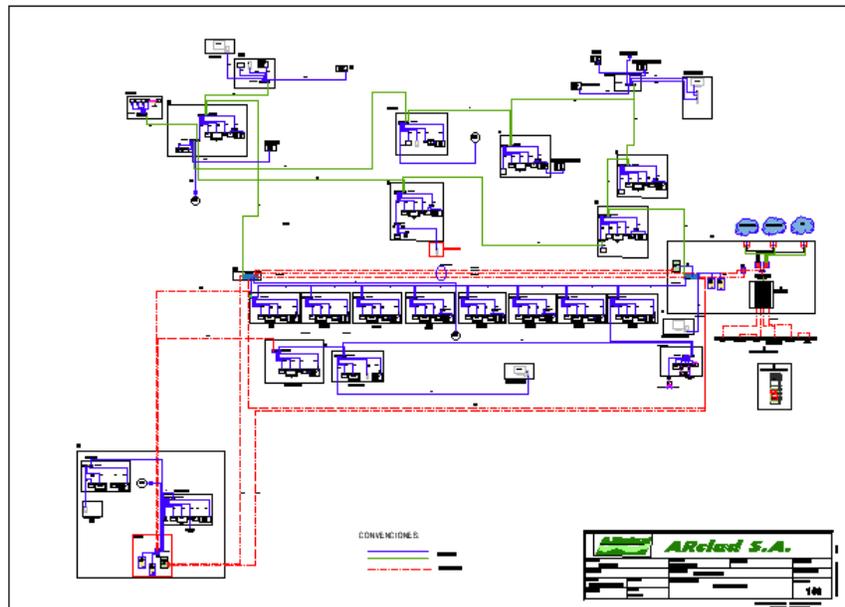
Arquitectura de red recomendada

El concepto de red del sistema está basado en la disponibilidad, la cual es fundamental para el correcto intercambio de información entre un nivel y otro, los datos de los equipos de control deben viajar de forma concurrente desde el nivel 1 hasta el nivel 3 del estándar ISA 95. Para esto existe un modelo de arquitectura basado en la segmentación a través de capas diferenciadas por modelos redundantes, en los cuales la disponibilidad de la red se divide en anillos, que facilitan la comunicación entre los niveles.

Los servidores de WinCC correrán en modalidad Intel (VMX) Virtualization Technology dentro de una máquina física SIMATIC Industrial PC SIMATIC IPC847E, los datos del piso de planta serán accedidos a través de canales dedicados de comunicación, la disponibilidad de la red de comunicación es fundamental. El intercambio a nivel 3 se realizará a través de OPC UA y la información se almacenará en base de datos SQL usando el "Industrial Data Bridge" como herramienta de intercambio entre bases de datos.

Figura 19

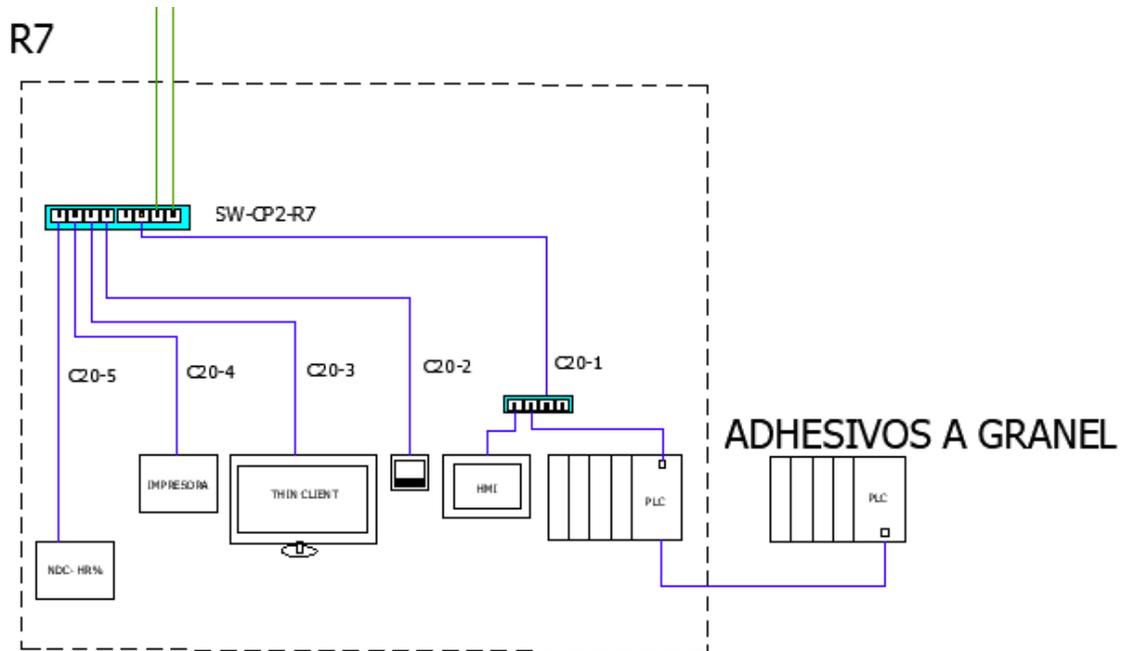
Diagrama de red OT implementado



Nota. C.I ARclad.

Figura 20

Máquina de aplicación (a analizar)



Nota. C.I ARclad

Equipos usados en la red OT C.I ARclad

- 1 Firewall Siemens (referencia 6GK6015-0AM26-6DC0-Z A03+B16+C00 +D00+E00).
- 2 Switch Capa 3 - 10/100/1000 Mbits/s Siemens (referencia 6GK55248GS004AR2).
- 21 Switches Capa 2 RJ45 - 10/100 Mbits/s Siemens (referencia 6GK52080BA002AB2).
- 3 Switch Capa 2 Fibra Óptica 10/100 Mbits/s Siemens (referencia 6GK52053BD002AB2).
- 4 Switch no administrables 10/100 Mbits/s Siemens (referencia 6GK5005-0BA00-1AB2).
- Router Siemens (referencia 6GK5615-0AA00-2AA2).

- 3 Computadores Servidores SIMATIC Siemens (referencia 6AG4114-3KR02-0HX2).
- 3 Patch Panel de fibra óptica Leviton.
- 3 Patch Panel de cable UTP.
- Fibra Óptica Multimodo OM4 de 12 hilos Leviton.
- Cable UTP Cat 6A Leviton.
- Transceptores 100 Mbits/s Siemens (referencia 6GK5991-1AD00-8AA0).
- Transceptores 1000 Mbits/s Siemens (referencia 6GK5992-1AL00-8AA0).
- Fuente 24Vdc Siemens (referencia SITOP PSU 8600).
- 15 Pantallas táctiles Thin Client 19" Siemens (referencia 6AV66461BA180AA0).

Concepto de OEE – Downtime Analysis:

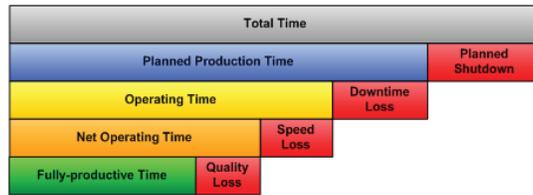
Se deben recopilar datos de las líneas de producción o de una máquina en particular, para realizar cálculos estadísticos y luego presentarlos de una manera eficiente y apta para su posterior análisis. Para poder optimizar una línea de producción se necesitan puntos de decisión o valores básicos que puedan servir para emitir un juicio de valor. Por ese motivo se recogen diferentes valores de las máquinas, como por ejemplo los tiempos de ciclo, la calidad y el número de producciones para poder evaluar la efectividad de toda la instalación de una línea de producción. Este valor es un dato exacto de la efectividad de la máquina y de todo el proceso de producción. Con ayuda del OEE se está en situación de mostrar los puntos débiles de la producción y adoptar las estrategias de optimización necesarias como por ejemplo Total Productive Management, Lean, Production o Six Sigma.

Factor OEE

El factor OEE (Overall Equipment Efficiency) se calcula teniendo en cuenta todas las pérdidas de tiempo que puede tener una línea de producción.

Figura 21

Ilustración del factor OEE



Nota. TPM

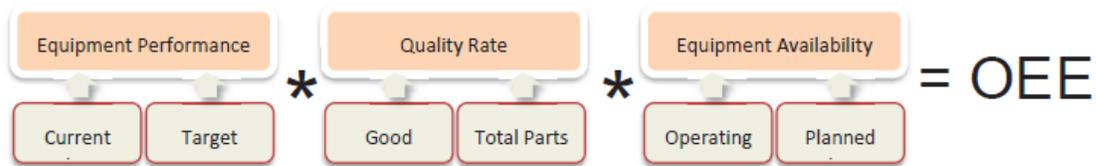
Como se puede observar en el gráfico, el tiempo de producción real de la línea o máquina es mucho menor que el tiempo total planeado de producción. En definitiva, se pueden dar las siguientes pérdidas de producción:

- Por paradas programadas (planned shutdown).
- Por fallas que paren la línea (downtime loss).
- Por una baja velocidad de funcionamiento (speed loss).
- Por fallas en los productos terminados, lo que conlleva una baja calidad.

El OEE se calcula como la multiplicación de 3 KPIs (Key Process Indicators):

Figura 22

Ilustración de como calcular el OEE



Nota. TPM

A su vez, cada uno de sus componentes (KPIs) tiene su propio algoritmo de cálculo:

- Desempeño del equipo



$$\text{Velocidad de producción objetivo}$$

➤ Calidad

$$\text{Calidad de Producción} = \frac{\text{Partes buenas}}{\text{Total de partes}}$$

➤ Disponibilidad del Equipo

$$\text{Disponibilidad del Equipo} = \frac{\text{Tiempo de Operación}}{\text{Tiempo planeado de Producción}}$$

Además, existen otros KPIs útiles que también pueden ser medidos como, por ejemplo:

➤ Tiempo Medio para reparaciones (MTTR)

$$\text{Tiempo Medio para reparaciones (MTTR)} = \frac{\text{Tiempo de paradas}}{\text{Numero de Fallas}}$$

➤ Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)

$$\text{Tiempo Medio Entre Fallas (MTBF)} = \frac{\text{Tiempo de Operación de maquina}}{\text{Numero de Fallas}}$$

7. APLICACIÓN SCADA RECUBRIDORA 7

Variables por capturar:

Figura 23 y 24

Variables a capturar por el sistema SCADA

Item	Unidad	Equipo	Descripción Vble	Clasificación Vble	Tipo Vble	PLC Nombre	PLC IP	PLC Comm	PLC Dirección Memoria (Tag Interno)
1	Rec07	Desenrollador 01	Desenrollado 1 Tensión	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Pri_Unwind_AVE
2	Rec07	Desenrollador 02	Desenrollado 2 Tensión	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Sec_Unwind_AVE
3	Rec07	Enrollador A	Enrollado A Tensión	Tensión	Análoga	R7	192.168.1.15	Ethernet	DB71.DBW58
4	Rec07	Enrollador B	Enrollado B Tensión	Tensión	Análoga	R7	192.168.1.15	Ethernet	DB71.DBW138
5	Rec07	Enrollador	Enrollado Tensión	Tensión	Análoga	R7	192.168.1.15	Ethernet	DB55.DBD82
6	Rec07	Primer TC	Primer Tratador Corona Tensión (LC5)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Corona_Treater_A
7	Rec07	Primer	Primer Horno Entrada Tensión (LC6)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Aplicator_Roll_21
8	Rec07	Primer	Primer Horno Salida Tensión (LC7)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Vacuum_Roll_22_A
9	Rec07	Primer	Primer Volteador Banda Tensión PRM (LC8)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Cooling_Station_2
10	Rec07	Línea	Primer Materia Prima Tensión (LC9)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Vacuum_Roll_23_
11	Rec07	Línea	Cabezal Adhesivo Tensión Entrada (LC1)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Flexo_AVE
12	Rec07	Línea	Horno Adhesivo Tensión Entrada (LC2)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Vacuum_Roll_1_A
13	Rec07	Línea	Horno Adhesivo Tensión Salida (LC3)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Vacuum_Roll_2
14	Rec07	Línea	SteamTec Tensión (LC4)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Backing_Roll_12_A
15	Rec07	Línea	Turbo Steamer Tensión (LC10)	Tensión	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Tension_Fbk_Decurl_Roll_AVE
16	Rec07	Horno Adhesivo Z1	Horno Adhesivo Z1 Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	TF1
17	Rec07	Horno Adhesivo Z1	Horno Adhesivo Z1 Temperatura Papel	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	WTF1
18	Rec07	Horno Adhesivo Z2	Horno Adhesivo Z2 Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	TF2
19	Rec07	Horno Adhesivo Z2	Horno Adhesivo Z2 Temperatura Papel	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	WTF2
20	Rec07	Horno Adhesivo Z3	Horno Adhesivo Z3 Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	TF3
21	Rec07	Horno Adhesivo Z3	Horno Adhesivo Z3 Temperatura Papel	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	WTF3

Figura 24

Item	Unidad	Equipo	Descripción Vble	Clasificación Vble	Tipo Vble	PLC Nombre	PLC IP	PLC Comm	PLC Dirección Memoria (Tag Interno)
22	Rec07	Horno Adhesivo Z4	Horno Adhesivo Z4 Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	TF4
23	Rec07	Horno Adhesivo Z4	Horno Adhesivo Z4 Temperatura Papel	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	WTF4
24	Rec07	Horno Primer	Horno Primer Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	AS01_W00_Primer_CH_Aux_HMI
25	Rec07	Aplicador Primer	Aplicador Primer Temperatura Rodillo	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Temp_Fbk_CS_Primer
29	Rec07	Línea Lam	Lam y Decurl Temperatura	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Temp_Fbk_CS_TS
28	Rec07	Rodillo Enfriamiento	Rodillo Enf Salida Horno Primer Temperatura agua	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	AS01_W00_Primer_CH_Aux_Real
38	Rec07	Horno Primer	Horno Primer Temperatura Papel	Temperatura	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
26	Rec07	Línea	Maquina On	Estado	Digital	R7	192.168.123.52	Ethernet	R7LINERUN
27	Rec07	Línea	Maquina Velocidad	Velocidad	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	Vel_Linea_Fbk
30	Rec07	Línea Gas	Línea Gas Natural Consumo	Consumo	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	M3_GAS_ACTUAL
31	Rec07	Línea Gas	Línea Energía Consumo	Consumo	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
32	Rec07	Horno Adhesivo Z1	Horno Adhesivo Z1 Ventilador Suministro Vibracion	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
33	Rec07	Horno Adhesivo Z2	Horno Adhesivo Z2 Ventilador Suministro Vibracion	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
34	Rec07	Horno Adhesivo Z3	Horno Adhesivo Z3 Ventilador Suministro Vibracion	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
35	Rec07	Horno Adhesivo	Horno Adhesivo Ventilador Exhosto Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
36	Rec07	Horno Adhesivo Z4	Horno Adhesivo Z4 Ventilador Suministro Vibracion	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
37	Rec07	Horno Adhesivo Z4	Horno Adhesivo Z4 Ventilador Exhosto Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
39	Rec07	Horno Primer	Horno Primer Ventilador Sum Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
40	Rec07	Horno Primer	Horno Primer Ventilador exhosto Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
41	Rec07	Aplicador Adhesivo	Aplicador Adhesivo Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	
42	Rec07	Aplicador Primer	Aplicador Primer Vibraciones	Vibración	Análoga	R7	192.168.123.52	Ethernet	

Nota. Elaboración propia

8. ESQUEMAS DE OPERACIÓN SCADA WINCC APLICACIÓN C.I ARCLAD S.A

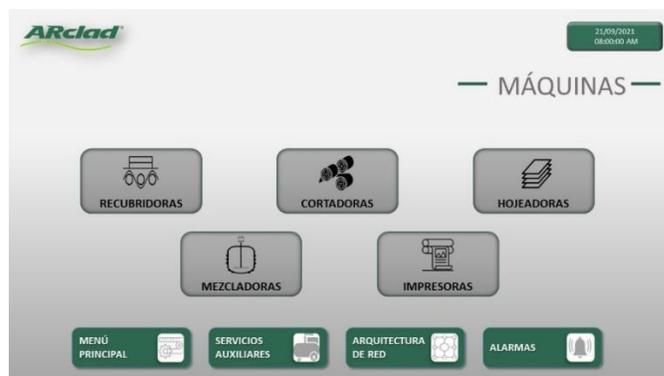
En la planta de Rionegro se tendrá un menú principal, el cual tendrá cinco botones: Maquinas, Servicios Auxiliares, Arquitectura de Red y Alarmas, estos botones permitirán dar ingreso cada uno a un despliegue específico de la siguiente manera *(Todas las Figuras y Tablas a continuación son propiedad de C.I ARclad)*:

Menú Principal

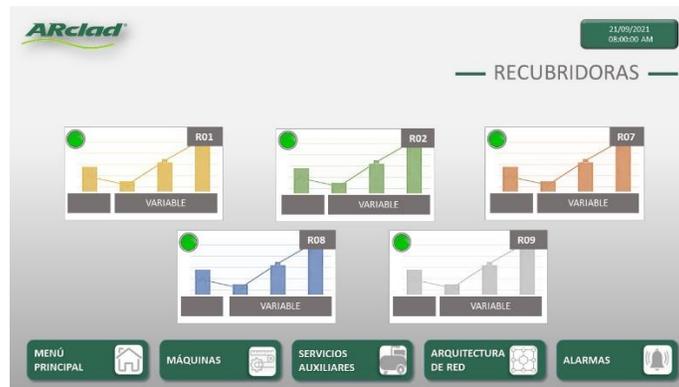


Máquinas

Mostrará un despliegue con cinco botones que serán: Recubridoras, Cortadoras, Mezcladoras, Hojeadoras e Impresoras. Cada uno de estos botones a su vez desplegará una serie de pantallas correspondientes a cada grupo de máquinas, según corresponda



En el caso de las recubridoras de Rionegro son 5 maquinas, el despliegue pretende mostrar la curva de tendencia de la variable “Velocidad de máquina”, un piloto indicador del estado de la máquina ON/OFF y la variable m/min de cada una. Se quiere que cada uno de estos recuadros tenga la posibilidad de redirigir a un despliegue con las especificaciones particulares de cada máquina.



El anterior diseño se usará para los otros cinco grupos de máquinas como lo son Recubridoras, Cortadoras, Mezcladoras, Hojeadoras e Impresoras.

- 5 Recubridoras (R01, R02, R07, R08, R09)
- 8 Cortadoras (ASHE5, TITAN2, KAMPF2, KAMPF7, ASHE2, TITAN3, KAMPF1, GHEZI)
- 3 Mezcladoras (MZ01, MZ02, MZ03)
- 1 Hojeadora (H04)
- 3 Impresoras (MA P5, ASHE1, ALS)

Teniendo en cuenta la cantidad de máquinas se tendrán la misma cantidad de botones en el despliegue general por grupo de máquinas, luego cada uno de las maquinas tendrá uno o varios despliegues según corresponda de la siguiente manera.

Recubridoras

Máquina	Cantidad despliegue por máquina
R01	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
R02	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
R07	8: Despliegue general, Desenrollado-Aplicación adhesivo, Hornos,

	Desenrollado-Primer-Tratador corona-Horno, Laminación-Humectación, Enrollado, Tanques al granel y despliegue de TAGS
R08	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
R09	7: Despliegue general, Desenrollado-Impresora-Tratador corona, Aplicación, Horno, Humectación-Enrollado, Mezclador y despliegue TAGS

CORTADORAS

Máquina	Cantidad despliegues por máquina
ASHE5	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
TITAN2	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
KAMPF2	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
KAMPF7	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
ASHE2	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
TITAN3	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
KAMPF1	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
GHEZI	2: Despliegue general y despliegue de TAGS

MEZCLADORAS

Máquina	Cantidad despliegues por máquina
MZ01	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
MZ02	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
MZ03	2: Despliegue general y despliegue de TAGS

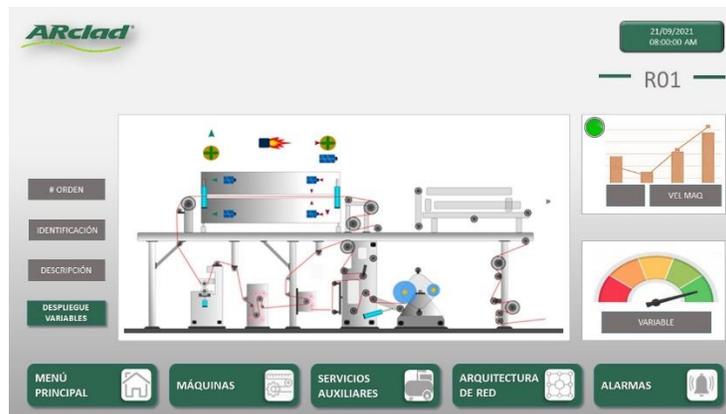
HOJEADORAS

Máquina	Cantidad despliegues por máquina
H04	2: Despliegue general y despliegue de TAGS

Impresoras

Máquina	Cantidad despliegues por máquina
P5	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
ASHE1	2: Despliegue general y despliegue de TAGS
ALS	2: Despliegue general y despliegue de TAGS

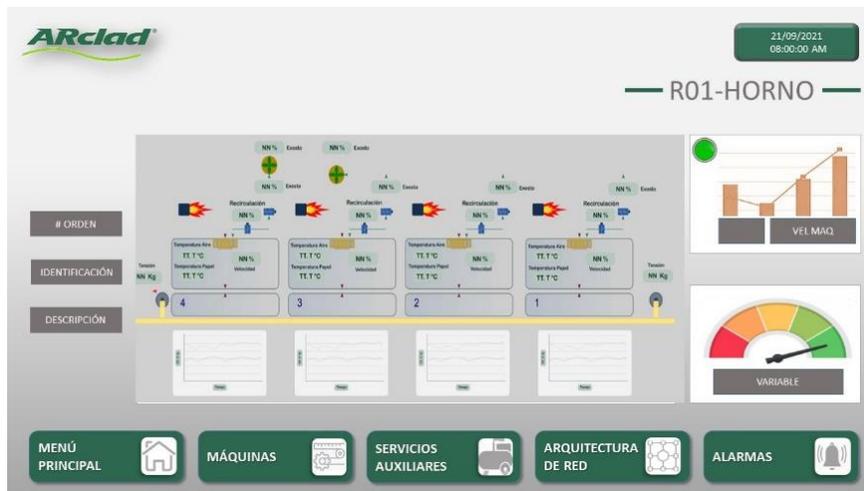
Se usará el siguiente diseño de manera general para los despliegues mencionados anteriormente donde solo cambiará la imagen en 2D con texturas y las variables asociadas a las diferentes máquinas y procesos.



Para el despliegue llamado TAGS o Variables, se usará el siguiente diseño teniendo en cuenta la cantidad de variables solicitada para cada máquina.



Cuando se trata de las recubridoras que tienen más de dos despliegues (Despliegue general y despliegue de TAGS), se usará un despliegue similar al despliegue general por máquina, haciendo énfasis en el proceso que se requiere ver:



Servicios auxiliares

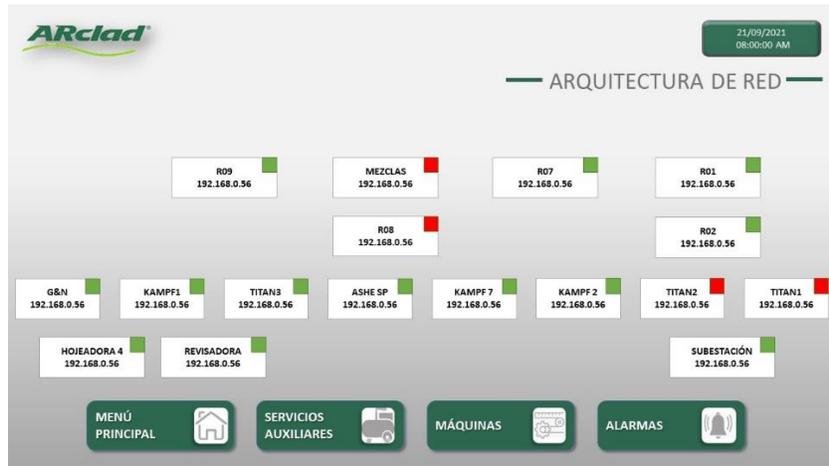
Mostrará un despliegue que contiene ocho botones que serán: PTAR, PTAI, RCI, Red de aire, Red de Vapor, Red de agua fría, Red eléctrica y Red de Gas.



Cada uno de estos botones a su vez desplegará una serie de pantallas que tendrán la información de cada proceso.

Arquitectura de red

Abrirá a un despliegue que permita observar la dirección IP de la máquina y el estado de la conexión de la esta.



Alarmas

Dará paso a un despliegue general donde se configurarán las alarmas de todas las máquinas.

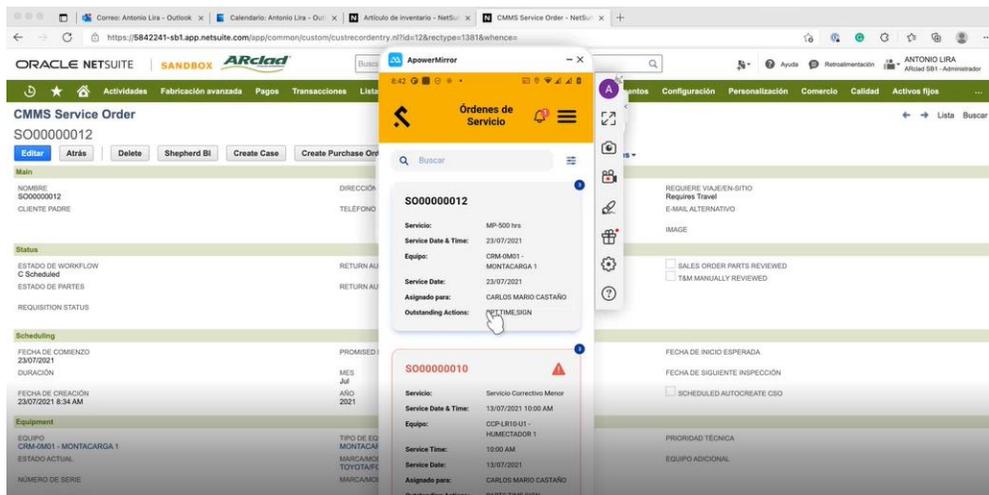
Date	Time	Number	Status	Class	Type	Message text	Point of error/Reason of error
14/01/15	13:17:08	1000002	OK	System	Warning	System, set Process control to WCCRT/WBCC23/WBCC23 hsu	
14/01/15	13:17:22	1000005	OK	System	Warning	System, set Process control to WCCRT/WBCC23/WBCC23 hsu	
14/01/15	13:17:37	1	OK	Control	Warning	Control of generator	
14/01/15	13:17:52	1	OK	Control	Warning	Control of generator	
14/01/15	13:18:06	3	OK	Roll	Warning	Overload limit 2	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:20	4	OK	Roll	Warning	Roll 1 lubrication failed	Generator - Lubrication system fault
14/01/15	13:18:40	2	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:41	2	OK	Generator	Warning	Overload limit 2	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:42	3	OK	Generator	Warning	Overload limit 2	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:42	4	OK	Generator	Warning	Roll 1 lubrication failed	Generator - Lubrication system fault
14/01/15	13:18:42	4	OK	Generator	Warning	Roll 1 lubrication failed	Generator - Lubrication system fault
14/01/15	13:18:51	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:52	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:52	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:52	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:54	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:54	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:57	3	OK	Roll	Warning	Overload limit 2	Generator - Controller fault
14/01/15	13:18:57	4	OK	Roll	Warning	Roll 1 lubrication failed	Generator - Lubrication system fault
14/01/15	13:19:06	4	OK	Roll	Warning	Roll 1 lubrication failed	Generator - Lubrication system fault
14/01/15	13:19:09	3	OK	Roll	Warning	Overload limit 2	Generator - Controller fault
14/01/15	13:19:11	1	OK	Generator	Warning	speed too high	Generator - Controller fault

GESTIÓN DE MANTENIMIENTO

Modulo CMMS

El ERP Netsuite de Oracle posee integrado un módulo o Suite App CMMS⁹ llamado SHEPHERD, en el cual se gestionan las ordenes de trabajo de mantenimiento preventivo, correctivo y predictivo.

Se logra enlazar las alarmas generadas o variables que se hayan salido de rango o especificación del sistema SCADA con este módulo CMMS para que genere directamente una orden de servicio que sea atendida y gestionada lo más pronto posible, este tiempo de respuesta llevará a tener más confiabilidad y disponibilidad en la compañía.



- Se reducirá la pérdida de tiempo en la generación de una orden de trabajo.
- Quedarán registradas todas las ordenes de trabajo que genere el sistema, y esto dará mas confiabilidad de los indicadores.
(Tiempo de paro cortadoras) / Horas programadas y
(Tiempo de paro recubridoras) / Horas programadas

Gestión variables

Figura 25

⁹ Computer Manager Maintenance System.

Ejemplo de las variables con su respectiva alarma

Variable	Unidad	Set Point	Alarma
Tensión Enrollado	kgf	85	+/- 5%
Temperatura Horno #	°C	180	+/- 5%
Vibración Motor #	mm/s		V > 6 mm/s
Velocidad Máquina	m/min	Valor X	+/- 2%
Energía/mes	kWh	100,000	> 10 %
Gas/mes	m3	20,000	> 10 %

Nota. Elaboración propia.

9. CONCLUSIONES

La iniciativa de ARclad de ir a la industria 4.0, ayudará a digitalizar los procesos de mantenimiento y manufactura. Definiendo la gestión del estado técnico y mecánico de las maquinas, de la producción, materiales de las condiciones de operación para el control de procesos de las máquinas de la planta de Rionegro, para garantizar la integración de la información del piso de planta y permitir un flujo de información eficiente con los sistemas de negocio (ORACLE, NetSuite). A través de parte de las soluciones del portafolio de Siemens Digital Enterprise, como OPCenter.

Esto permitirá en las instalaciones de C.I. ARclad contar con una red de proceso integrada con la información de piso de planta alojada en el sistema SCADA con el sistema MOM, mejorando el rendimiento y las reducciones de defectos en el manejo de materiales, como así también los controles genealógicos. Sentando una base para trabajos de automatización o actualizaciones de instrumentación, a futuro.

La falta de integración genera tiempos de inactividad innecesarios dentro del proceso, además dificulta un correcto diagnóstico en caso de un fallo en la línea lo cual repercute negativamente en la productividad de la misma. Esto explica por qué existe una gran demanda en cuanto a conceptos de integración de procesos y maquinaria en planta que no interfieran con software de automatización de piso, que a su vez permitan una completa integración y coordinación de producción en los equipos, permitiendo así la estandarización de datos y la conectividad en red de toda la línea de producción.

Mediante el monitoreo y la gestión del mantenimiento a través del sistema SCADA se obtienen los siguientes beneficios:

- Menos tiempo de inactividad y menos desgaste.
- Más producción y menos desechos.
- Menor consumo de energía por producto.
- La capacidad de aumentar continuamente.
- Eficiencia de producción.

10. RECOMENDACIONES

- Definir posibles variables de proceso necesarias y de interés en el sistema, para el cálculo de indicadores como lo son OEE, KPI, y otros indicadores de gestión.
- Integrar con el CMMS las alarmas y desviaciones del proceso que son detectadas por el sistema SCADA.
- Integrar los equipos importantes de la planta que no están en los PLC y que se deseen monitorear a través de su OPC¹⁰, para hacer una buena gestión del mantenimiento, por ejemplo medidor de consumo de gas totalizador de la estación de medición y regulación (EMR), medidores de depositación de adhesivos de las maquinas recubridoras, compresores, etc.

¹⁰ OLE for Process Control.

11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARclad. (2016). *Productos Autoadhesivos C.I. ARclad S.A.* Obtenido de Quienes-somos: <https://www.arclad.com/es/empresa/>

Herrera, J., Barrios, M., & Pérez, S. (2014). Diseño e implementación de un sistema scada inalámbrico mediante la tecnología zigbee y arduino. *Prospectiva*, 12(2), 65. <https://doi.org/10.15665/rp.v12i2.290>

Pérez-López, E. (2015). Los sistemas SCADA en la automatización industrial. *Revista Tecnología En Marcha*, 28(4 SE-Artículo científico), pág. 3-14. <https://doi.org/10.18845/tm.v28i4.2438>

Reddy, J., & Metha, B. (2015). *Industrial Process Automation Systems*. New York: Butterworth-Heinemann.

Wright, D. B. (2003). *Scada for industry*. Australia: Newnes.