



Arquitectura ISA-95 / Pirámide Purdue

Línea Textil Inteligente - (Textiles del Noroeste S.A.)

NIVEL 4 - ERP TEXTIL

Gestión Empresarial y Planificación

Funciones principales:

- Planificación semanal de pedidos
- Gestión de inventario y materias primas
- Trazabilidad completa del producto (desde prenda final hasta lote de tejido y operario)
- Integración con datos del MES

Comunicación:

- SQL / APIs REST hacia MES

Flujo de información:

-  Envía: Órdenes de producción, planificación
 -  Recibe: Resultados de ejecución, KPIs consolidados
-



COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL

Descendente: Órdenes y planificación

Ascendente: Resultados y datos de ejecución



NIVEL 3 - MES TEXTIL + GRAFANA

Sistema de Ejecución de Manufactura y Visualización

KPIs en Tiempo Real:

- **OEE** (Overall Equipment Effectiveness)
- **Throughput** (piezas/hora)
- **Defect Ratio (%)**
- **Disponibilidad de Línea**
- **MTBF** (Mean Time Between Failures)

Bases de Datos:

- **InfluxDB:** Almacenamiento de series temporales
 - Temperaturas
 - Velocidades
 - Tiempos de ciclo
 - Piezas procesadas
- **PostgreSQL:** Almacenamiento estructurado
 - Órdenes de producción
 - Lotes
 - Defectos
 - Operadores
 - Trazabilidad

Visualización (Grafana):

- Dashboards con códigos de color
- Gráficos de tendencia por estación
- Análisis de eficiencia y cuellos de botella
- Identificación de operarios y paradas

Elementos opcionales:

- Gemelo Digital 3D/VR (Unity, Three.js, Babylon.js)
- Visualización en tiempo real del estado de la planta

Comunicación:

-  Hacia Node-RED: Comandos y configuraciones
 -  Desde Node-RED: Datos de proceso en formato JSON
-



COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL II

Descendente: Comandos y configuraciones

Ascendente: Datos de proceso y eventos



NIVEL 2 - GATEWAY IoT NODE-RED (SCADA LIGERO)

Supervisión, Control y Adquisición de Datos

Funciones principales:

- **Concentrador de datos IoT** (Nivel 2 ISA-95)
- Recepción de datos desde múltiples protocolos
- Validación y transformación a formato común JSON
- Mini-SCADA para monitorización de estados
- Pasarela entre capa OT (Operational Technology) y capa IT (Information Technology)

Protocolos de entrada:

- **MQTT** (desde E3 - Inspección)
- **Modbus TCP** (desde E1 - Corte y E4 - Empaquetado)
- **OPC UA** (desde E2 - Costura)

Monitorización visual de estados:

-  **Verde:** Máquina operativa
-  **Amarillo:** En mantenimiento

-  **Rojo:** Avería o parada

Generación de alertas:

- Alerta cuando una estación se detiene más de 1 minuto
- Alerta cuando la tasa de defectos supera un umbral
- Propagación de alarmas hacia bases de datos

Comunicación:

-  Hacia Estaciones: Comandos de control
 -  Desde Estaciones: Datos de sensores y estados
 -  Hacia Bases de Datos: Datos procesados (InfluxDB y PostgreSQL)
-



COMUNICACIÓN BIDIRECCIONAL III

Descendente: Control y comandos

Ascendente: Datos de sensores y actuadores



NIVEL 0-1 - CAMPO

Sensores, Actuadores y Controladores Locales (PLCs)



E1: ESTACIÓN DE CORTE AUTOMÁTICO

Controlador:

- PLC Siemens

Sensores:

- Sensor de vibración (cabezal de corte)
- Sensor de temperatura (cabezal de corte)
- Sensor óptico (validación posicionamiento de tela)

Función:

- Corte de tejidos según patrones enviados por MES
- Control de motores

Protocolo: Modbus TCP → Node-RED

 **E2: ESTACIÓN DE COSTURA INTELIGENTE**

Equipamiento:

- Múltiples máquinas de coser robotizadas

Sensores:

- Sensores de presión
- Sensores ópticos de hilo

Datos reportados en tiempo real:

- Piezas cosidas
- Tiempo de ciclo
- Rotura de hilo

Protocolo: OPC UA → Node-RED

- Expone variables estructuradas del proceso
-

 **E3: ESTACIÓN DE INSPECCIÓN DE CALIDAD**

Equipamiento:

- Cámaras de visión artificial
- Algoritmos de IA

Función:

- Detección de defectos en costuras
- Detección de manchas en el tejido

Datos enviados:

- Resultados de inspección
- Defectos identificados
- Marcado de lotes defectuosos

Protocolo: MQTT → Node-RED

- **Topic:** textile/inspection/defects
- **Broker:** Mosquitto



E4: ESTACIÓN DE EMPAQUETADO

Función:

- Pesar prendas
- Etiquetar
- Sellar paquetes

Sensores:

- Sensores de peso
- Lectores de código QR

Datos registrados automáticamente:

- Peso del paquete
- Lote
- Operario
- Hora/timestamp

Protocolo: Modbus TCP → Node-RED

RESUMEN DE PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN

Protocolo	Origen	Destino	Uso
MQTT	E3 (Inspección)	Node-RED	Datos de defectos vía Broker Mosquitto
Modbus TCP	E1 (Corte) y E4 (Empaquetado)	Node-RED	Comunicación con PLCs industriales
OPC UA	E2 (Costura)	Node-RED	Variables estructuradas de proceso
JSON/HTTP	Node-RED	InfluxDB + PostgreSQL	Almacenamiento de datos
SQL/REST	MES	ERP	Integración nivel empresarial

FLUJO BIDIRECCIONAL DE INFORMACIÓN

DE ARRIBA A ABAJO (Planificación y Control)

ERP → MES → Node-RED → Estaciones (E1, E2, E3, E4)

Contenido:

- Órdenes de producción
- Patrones de corte
- Planificación de lotes
- Configuraciones de proceso



DE ABAJO A ARRIBA (Ejecución y Resultados)

Sensores → Node-RED → MES/Bases de Datos → ERP

Contenido:

- Datos de sensores en tiempo real
- Estados de máquinas
- KPIs de producción
- Defectos y alarmas
- Trazabilidad completa



BASES DE DATOS Y ALMACENAMIENTO

InfluxDB (Series Temporales)

- Temperaturas de cabezales
- Velocidades de máquinas
- Tiempos de ciclo
- Piezas procesadas por hora
- Datos continuos para análisis de tendencias

PostgreSQL (Datos Estructurados)

- Órdenes de producción
- Registros de lotes
- Defectos por estación
- Operadores asignados
- Trazabilidad de productos

TRAZABILIDAD COMPLETA

El sistema permite rastrear cada prenda desde:

- **Origen:** Lote de tejido específico
- **Proceso:** Qué estaciones la procesaron
- **Operarios:** Quién la manipuló en cada fase
- **Calidad:** Inspecciones y defectos detectados
- **Destino:** Paquete final con código QR

Esta trazabilidad se registra en PostgreSQL y está disponible en tiempo real desde el ERP.

GEMELO DIGITAL (Opcional)

Tecnologías sugeridas:

- Unity
- Three.js
- Babylon.js

Visualización 3D de la planta:

- Estaciones que cambian de color según estado
 - Flujos animados de prendas en la línea
 - Simulación de averías y su impacto
 - Reorganización virtual del flujo de producción
-

KPIs INDUSTRIALES CALCULADOS

OEE (Overall Equipment Effectiveness)

$$OEE = \text{Disponibilidad} \times \text{Rendimiento} \times \text{Calidad}$$

Throughput

- Piezas producidas por hora
- Por estación y global

Defect Ratio

$$DefectRatio = (PiezasDefectuosas / TotalProducido) \times 100$$

Disponibilidad de Línea

$$Disponibilidad = (TiempoOperativo / TiempoPlanificado) \times 100$$

MTBF (Mean Time Between Failures)

- Tiempo medio entre fallos por estación
-

🎓 OBJETIVOS DE APRENDIZAJE CUBIERTOS

- ✓ Trazabilidad completa desde el nivel de campo hasta ERP
 - ✓ Cálculo e interpretación de KPIs industriales (OEE, throughput, defect ratio)
 - ✓ Configuración de flujo IoT con protocolos mixtos (MQTT + Modbus + OPC UA)
 - ✓ Análisis de escenarios de fallo y su impacto en indicadores
 - ✓ Uso de gemelo digital para supervisión en tiempo real
 - ✓ Comprensión del modelo ISA-95 y pirámide Purdue aplicado a caso real
-

💻 TECNOLOGÍAS IMPLICADAS

- **Node-RED:** Gateway IoT y SCADA ligero
- **Mosquitto:** MQTT broker para intercambio de datos
- **InfluxDB:** Almacenamiento de series temporales
- **PostgreSQL:** Almacenamiento estructurado
- **Grafana:** Dashboards de KPIs industriales

- **Python:** Simuladores de estaciones e incidencias
 - **Unity/Three.js:** (Opcional) Planta virtual 3D
-

Actividad Post-Clase - Sesión 06

Asignatura: Empresa Inteligente y Gemelos Digitales

Caso de Uso: Línea Textil Inteligente con Trazabilidad y KPIs de Producción

Empresa: Textiles del Noroeste S.A. - Ourense, Galicia