

UNIVERSIDAD CATÓLICA BOLIVIANA SAN PABLO
SEDE TARIJA

DEPARTAMENTO DE CIENCIAS DE LA TECNOLOGÍA E
INNOVACIÓN



AVANCE DE PROYECTO N°1

ING. KALEB IRAHOLA AZAD

TARIJA - BOLIVIA
11 de septiembre de 2025

Índice

1. Introducciones Generales	2
1.1. Elemento de competencia	2
1.2. Entregables esperados	2
2. Metodología y evidencias	3
2.1. Contenido del documento	3
2.2. Defensa técnica (pitch de implementación)	3
3. Orientaciones generales	4
3.1. Normativa mínima por sector	4
3.2. Tag ISA 5.1	4
3.3. Descripciones de los procesos	4
3.3.1. PIL Tarija: Control térmico HTST/UHT y CIP	4
3.3.2. YPFB: Engarrafado de GLP con odorización y VRU	5
3.3.3. Aranjuez: Fermentación con control de temperatura y CO ₂	5
3.3.4. El Puente: Preparación de áridos (trituración, clasificación y captación de polvo)	6

1. Introducciones Generales

Para la primera evaluación, se analizarán cuatro casos de estudio que se basan en procesos industriales locales:

1. **PIL Tarija:** control térmico en tratamiento de leche (HTST/UHT + CIP).
2. **YPFB:** engarrafado y distribución de GLP (odorización + VRU).
3. **Aranjuez:** fermentación de vino con control térmico y gestión de CO₂.
4. **El Puente:** preparación de áridos (trituration, clasificación, aspiración de polvo).

Analice cada proceso de forma integral, asegurando la compatibilidad entre instrumentos y equipos y el cumplimiento del marco normativo aplicable, para garantizar la calidad y la seguridad del proceso.

1.1. Elemento de competencia

Analiza los fundamentos de la instrumentación industrial, interpretando diagramas P&ID y aplicando normas técnicas, para representar y comprender sistemas de medición.

1.2. Entregables esperados

Al finalizar, cada equipo de trabajo debe de presentar:

- Un **P&ID** completo del proceso, con 8 o más lazos de control, conforme a simbología **ISA 5.1**.
- Entre 30-40 **Fichas Técnicas** correspondientes a la selección de **sensores, transmisores, actuadores y equipos** con criterios de rango, exactitud, materiales, comunicación y *compliance* (3-A/EHEDG, IEC 60079/ATEX, NFPA 68/69/654, etc. según el sector).
- La consolidación del proyecto en el archivo **00_Reporte_General.xlsx**
- La **Estructura documental** para la gestión del proyecto.
- La **Documentación** del proyecto en base a la guía en LaTeX.

2. Metodología y evidencias

Cada equipo investigará el proceso asignado (operación unitaria, variables, riesgos y normativa) y desarrollará su propuesta de instrumentación y control. Todo avance se presentará con una **defensa técnica breve** que simula la oferta de implementación para un cliente industrial, destacando cumplimiento normativo, viabilidad técnica y valor para el negocio.

2.1. Contenido del documento

1. **Alcance y fuentes:** objetivos, límites del proceso, normativa aplicable, bibliografía/catálogos.
2. **Mapa de proceso:** diagrama de bloque, corrientes/servicios, variables clave (PV/MV), riesgos.
3. **P&ID:** estructura general, etiquetado ISA 5.1 coherente; listado de tags.
4. **Selección:** criterios y preselección de sensores/actuadores/equipos; tabla resumen obtenida de *"00_Reporte_General.xml"*.
5. **Control y seguridad:** narrativa de control y matriz Causa-Efecto.
6. **Presupuesto:** tabla de presupuesto a partir de cotización o estimación por proximidad.

2.2. Defensa técnica (pitch de implementación)

La defensa simula una oferta de implementación ante un cliente:

- **Duración:** 15–20 minutos de exposición + 5 minutos de preguntas.
- **Contenido:** problema y objetivos del proceso; propuesta de instrumentación y control; cumplimiento normativo; riesgos y mitigaciones; estimación de costos de instrumentación y beneficios esperados (calidad, seguridad, disponibilidad); cronograma de implementación a alto nivel.
- **Evidencias en vivo:** P&ID navegable (tags y lazos resaltados), extractos de fichas y Causa-Efecto, coherencia con el reporte general.

3. Orientaciones generales

3.1. Normativa mínima por sector

- **Transversal:** ISA 5.1 (simbología), IEC 61511/ISO 13849 (seguridad), prácticas PID.
- **Lácteos:** 3-A/EHEDG (diseño sanitario), ISO 22000/HACCP; válvula de desvío sanitaria (HTST/UHT).
- **GLP:** IEC 60079/ATEX (áreas peligrosas), NFPA 58; API/ASME para recipientes y alivio; filosofía ESD.
- **Áridos/cemento:** NFPA 68/69/654 (polvo combustible), control de emisiones, seguridad de máquinas.
- **Vitivinícola:** higiene, gestión de CO₂ en espacios confinados (detector/ventilación).

3.2. Tag ISA 5.1

Convención correcta de tags para la norma (ISA 5.1):

[PLANTA] - [UNIDAD] - [LAZO] [FuncLet] - [N°]

Ej.: PIL-HTST-TIC-101, YPFB-LLN-PI-204, ARJ-FER-FT-302, ELP-DUST-DPIC-410.

3.3. Descripciones de los procesos

3.3.1. PIL Tarija: Control térmico HTST/UHT y CIP

Definición general. El tratamiento térmico HTST (alta temperatura, corto tiempo) y UHT (ultra alta temperatura) calienta la leche a perfiles definidos de T-t para inactivar microorganismos y enzimas, salvaguardando calidad sensorial y vida útil; el sistema CIP (*clean-in-place*) limpia y desinfecta equipos sin desmontaje mediante ciclos químicos y térmicos validados [1, 2, 3].

Etapas típicas a investigar:

- a) Recepción y pulmón de balance; homogeneización previa según producto.
- b) Intercambiador de calor (placas/tubular) con secciones de regeneración, calentamiento, retenedor y enfriamiento.
- c) Válvula de desvío sanitario y verificación de letalidad (p.ej. prueba de fosfatasa).
- d) Enfriamiento final y/o tanque aséptico; líneas de envasado (si aplica al alcance).

- e) Estación **CIP**: tanques (álcali/ácido/agua), bombas, válvulas, medición de conductividad y temperatura; recetas y validación.
- f) Puntos de instrumentación mínimos: T en zonas clave, F producto (tiempo de residencia), ΔP entre circuitos, conductividad CIP, presiones de servicios.

3.3.2. YPFB: Engarrafado de GLP con odorización y VRU

Definición general. El engarrafado transfiere GLP a cilindros homologados, incorpora odorizante (p.ej. etil–mercaptano) para detección de fugas y gestiona vapores mediante una *Vapor Recovery Unit* (VRU) durante carga/descarga, bajo criterios de áreas peligrosas y paro de emergencia [4, 5, 6].

Etapas típicas a investigar:

- a) Almacenamiento (tanque *bullet*) y trasiego: bombas, manifolds, alivios y venteos.
- b) Dosificación de odorizante: tanque, caudal, relación de dosificación controlada.
- c) Carrusel de llenado: control de peso/tara, sellado, *sniffer* o baño para prueba de fugas.
- d) VRU: compresión/condensación de vapores de GLP, manejo térmico.
- e) Seguridad: clasificación de zonas (IEC 60079), ESD, detectores de gas (%LEL), PSV y procedimientos.
- f) Instrumentación mínima: P/T/L en almacenamiento, F/P en líneas, pesaje en línea, detección de gas, variables de VRU.

3.3.3. Aranjuez: Fermentación con control de temperatura y CO₂

Definición general. La fermentación controla la cinética de levaduras mediante perfiles de temperatura y manejo de CO₂ (respiro/ventilación), impactando extracción, aromas y estabilidad. La medición de variables como °Brix y pH guía la conducción del proceso; CIP asegura higiene entre lotes [7, 8].

Etapas típicas a investigar:

- a) Recepción, despalillado–estrujado y dosificación de SO₂ según estilo.
- b) Fermentación en tanque con chaqueta o serpentín: control de T y perfiles por estilo (blanco/tinto).
- c) Gestión de CO₂: válvulas de respiro, ventilación/monitoreo ambiental.
- d) Operaciones de manejo: remontados/trasiegos, clarificación/estabilización (si aplica al alcance).

- e) Instrumentación mínima: T (PV y MV de glicol), presión de tanque, CO₂ ambiente, °Brix/pH (en línea o muestreo).

3.3.4. El Puente: Preparación de áridos (trituración, clasificación y captación de polvo)

Definición general. La preparación de áridos reduce tamaño (trituration primaria/secundaria), separa por granulometría (cribado) y controla emisiones de polvo con captación/filtrado, integrando arranques secuenciales y protección de máquinas [9, 10, 11].

Etapas típicas a investigar:

- a) Alimentación y trituración: tolva, alimentador, trituradora primaria/ secundaria, transporte por cintas.
- b) Clasificación: zarandas/cribas, retornos, apilamiento en tolvas.
- c) Captación de polvo: ductos, ventilador, filtro de mangas, limpieza por pulsos.
- d) Seguridad operativa: detección de chispa/polvo, monitoreo de vibración y desalineación de cintas.
- e) Instrumentación mínima: ΔP en mangas, velocidad de ventilador, T de gases (protección), vibración/velocidad, presostatos/compuertas.

Referencias

- [1] P. Walstra, J. T. M. Wouters, T. J. Geurts, *Dairy Science and Technology*, 2nd ed., CRC Press, 2006.
- [2] Tetra Pak, *Dairy Processing Handbook*, 2025 ed., Tetra Pak, Lund (capítulos de pasteurización, UHT y CIP).
- [3] EHEDG, *Guideline Doc. 52: Basic Principles of Cleaning and Disinfection in Food Manufacturing*, 2022.
- [4] NFPA, *NFPA 58: Liquefied Petroleum Gas Code*, 2024 ed., National Fire Protection Association.
- [5] IEC, *IEC 60079 (serie): Explosive Atmospheres* (p. ej., 60079-0 Requisitos generales, 60079-10 Clasificación de áreas), IEC/ISO, últimas eds.
- [6] U.S. EPA, *Installing Vapor Recovery Units on Storage Tanks*, 2015.
- [7] R. S. Jackson, *Wine Science: Principles and Applications*, 4th ed., Academic Press/Elsevier, 2014.
- [8] OIV, *International Code of Oenological Practices*, 2022, Organisation Internationale de la Vigne et du Vin.
- [9] B. A. Wills, T. Napier-Munn, *Wills' Mineral Processing Technology*, 8th ed., Elsevier, 2015.
- [10] P. A. Alsop, *The Cement Plant Operations Handbook*, 7th ed., Tradeship Publications, 2019.
- [11] A. B. Cecala et al., *Dust Control Handbook for Industrial Minerals Mining and Processing*, 2nd ed., NIOSH, 2019.
- [12] R. H. Perry, D. W. Green, M. Z. Southard (eds.), *Perry's Chemical Engineers' Handbook*, 9th ed., McGraw-Hill, 2018.