

1. Caso Técnico — Clase 4

Sistema: Hidráulico de recirculación, filtración y control de calidad de agua

Instalación: Centro Acuático Municipal

Asignatura: Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales (14362-0-L-1) — USACH

Versión: 1.0 — Mayo 2026

Destinatario: Estudiante (documento para entregar impreso)

1.1 Contexto

El Centro Acuático debe operar un **fin de semana largo** (viernes 18:00 a domingo 08:00 = **38 horas continuas**) sin ingeniero de turno.

Situación de personal: - El operador titular (Sr. Muñoz) está de vacaciones. - Solo estará disponible el guardia de seguridad nocturno (Sr. Contreras). - Contreras **NO es técnico** — puede seguir instrucciones escritas simples pero no puede diagnosticar fallas. - El Ing. Reyes (jefe de mantenimiento) está disponible por teléfono, pero no puede asistir en persona fuera de horario laboral salvo emergencia real.

Restricciones del sistema:

Restricción	Detalle
Autonomía de cloro	El tanque de hipoclorito tiene autonomía para 31 horas a tasa de dosificación normal. Faltan 7 horas.
Válvula de retrolavado (A2)	Es MANUAL — requiere que alguien vaya físicamente a la sala de máquinas y la abra con un volante. Toma ~2 minutos.
Contreras	Buena voluntad, pero tiende a dormir después de las 02:00. Si está rondando el perímetro, puede tardar 10 minutos en llegar a la sala de máquinas.
Presupuesto	No permite instalar válvula automática hasta el próximo trimestre.
Presión política	El alcalde llamó el viernes: “ No quiero quejas de padres este fin de semana. Cero cierres. ”

Restricción	Detalle
SEREMI de Salud	Puede clausurar si encuentra incumplimiento de DS 209. Multa + publicación.

1.2 Actuadores disponibles

ID	Actuador	Control	Nota
A1	Bomba de recirculación (15 HP)	Automático (variador)	Funciona solo
A2	Válvula de retrolavado	MANUAL	Contreras puede operarla con instrucciones impresas
A3	Bomba dosificadora (hipoclorito)	Automático (proporcional)	Autonomía 31h (insuficiente)
A4	Válvula de drenaje de emergencia	Automático (fail-open)	Se abre sola si hay corte de energía
A5	Válvula de reposición agua fresca	Automático (motorizada)	Para diluir concentraciones

1.3 Condiciones de emergencia (shutdown automático)

Condición	Acción
ORP < 450 mV por > 2 min	Shutdown bomba + alarma
Caudal < 150 L/min por > 1 min	Shutdown bomba
$\Delta P > 50$ kPa	Shutdown bomba
Pérdida de señal de sensor > 5 min	Modo degradado + alarma

Importante: Después de un shutdown automático, el sistema **NO puede reiniciarse sin un ingeniero**. Contreras no tiene autorización para reiniciar.

1.4 Capacidades de Contreras

Puede hacer: - Ejecutar retrolavado manual con instrucciones (abrir y cerrar válvula A2) - Reconocer alarmas en el panel (botón verde) - Llamar al Ing. Reyes si la alarma es roja

NO puede hacer: - Diagnosticar causa de una alarma - Modificar tasa de dosificación - Decidir si abrir o cerrar la piscina al público - Reiniciar el sistema post-shutdown

1.5 Restricciones presupuestarias

Mejora posible	Costo	Estado
Válvula de retrolavado automática	\$2.800 USD	Presupuestada para Q3 (no disponible ahora)
Tanque de hipoclorito más grande (1000→2000 L)	\$1.200 USD	No aprobado
Operador de fin de semana	\$800 USD/mes	“No hay presupuesto de personal”
Sensor de nivel en tanque químico	\$150 USD	Aprobado pero no instalado
Telemetría (alertas remotas al Ing. Reyes)	\$400 USD	Instalado parcialmente (solo alarma de shutdown)

1.6 Consigna

Diseñe un **protocolo de operación para las 38 horas** que Contreras pueda ejecutar.

Su protocolo debe responder:

1. ¿Cuáles son las 3 fallas más probables durante el fin de semana?
2. Para cada falla: ¿qué debe hacer Contreras? ¿Qué NO puede hacer?
3. ¿En qué punto se escala al Ing. Reyes?
4. ¿Cómo distribuye los 31h de cloro para cubrir 38h?
5. ¿Qué trade-offs está aceptando y cuáles son los riesgos?
6. ¿Qué le dice al alcalde si decide restringir operación?

Usa la **Ficha Pre-AI** que te entrega el docente para estructurar tu respuesta.

Reglas de esta fase: - Trabaja solo con lápiz y papel. - No uses celular, computador, internet ni ninguna herramienta de IA. - No busques la solución perfecta. Busca una que funcione a las 3 AM con lo que tienes. - El tachado no se borra: forma parte de tu rastro de pensamiento.

Protocolo IA-Socrático · Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales · USACH · 2026