

1. Protocolo de Investigación Docente — Clase 5 de 5

Transferencia metodológica: torre de enfriamiento industrial

Universidad de Santiago de Chile · Facultad de Ingeniería

Campo	Detalle
Asignatura	Laboratorio de Máquinas y Equipos Industriales (14362-0-L-1)
Sesión	Clase 5 de 5
Título	Transferencia metodológica: torre de enfriamiento industrial
Modalidad	Laboratorio presencial — trabajo individual (P6)
Duración estimada	80 minutos
Rol de la herramienta disponible	Responde si el estudiante decide usarla, sin presionar ni guiar. La ausencia de andamiaje ES la medición.
Versión del protocolo	v1.1 — Mayo 2026 (reestructura Markdown al arquetipo C1; corrige duración a 80 min; corrección operativa C5 alineada con Guion v1.2 y System Prompt v2.0)

1.0.1 Nota sobre esta versión

La v1.1 reestructura el Markdown para alinearse con el arquetipo aprobado del Protocolo C1 v1.2 y corrige la duración de Clase 5 a 80 minutos (P4), en coherencia con el Guion C5 v1.2. Corrección operativa posterior: esta fuente queda alineada con el Guion C5 v1.2 y el System Prompt v2.0 en tres puntos críticos: la reflexión DD_30 ocurre antes de la encuesta final, la evidencia M4 permite calcular $\Delta_{intra} = M4 - M1$, y el debriefing sobre DD_28 solo ocurre después de cerrar toda la recolección de datos de la sesión.

1.1 0. Principio de puesta en escena pedagógica

La Clase 5 se ejecuta como transferencia a un sistema nuevo. No se recuerda el método, no se nombran fases y no se sugiere una estrategia. La consigna visible debe ser mínima: analizar el sistema y proponer una solución.

La herramienta está disponible, pero su uso o no uso forma parte de la evidencia. El objetivo es observar si el estudiante transfiere espontáneamente el criterio técnico construido en C1-C4.

1.2 1. Encuadre investigativo

1.2.1 1.1 Problema de investigación

El objetivo de una intervención pedagógica no es que el estudiante se desempeñe bien dentro de la intervención: es que transfiera las competencias adquiridas a un contexto nuevo, sin andamiaje, sin instrucciones explícitas y sin la presión del chatbot socrático. Si la metodología solo funciona cuando alguien la impone, no es competencia — es cumplimiento.

1.2.2 1.2 Pregunta de investigación

¿Cómo cambia la calidad del razonamiento técnico de los estudiantes cuando se les exige producir pensamiento propio antes de interactuar con un chatbot socrático y defender posteriormente una decisión técnica?

1.2.3 1.3 Hipótesis pedagógica

El uso de un chatbot socrático, combinado con rastro inicial visible y transferencia final a un caso nuevo, puede fortalecer la evidencia de razonamiento técnico en vez de sustituirlo.

1.2.4 1.4 Unidad de análisis

La trayectoria de razonamiento del estudiante a lo largo de las cinco sesiones.

1.2.5 1.5 Función específica de esta sesión en el diseño del piloto

La Clase 5 cumple tres funciones simultáneas:

- **Función de medición de transferencia (DD_17):** el caso cambia completamente (de piscina a torre de enfriamiento industrial). La pregunta no es si el estudiante sabe de torres: es si aplica la estructura de razonamiento que construyó en C1-C4.
- **Función de medición de autonomía metodológica (DD_20):** el chatbot es neutro — responde si le preguntan pero no presiona, no cuestiona, no guía. Si el estudiante formula preguntas socráticas por sí mismo, es evidencia de internalización.
- **Función de cierre longitudinal:** la comparación del rastro C5 con el rastro C1 (mismo formato de ficha, caso diferente) produce la medición de desplazamiento cognitivo máximo del piloto. La reflexión DD_30 en el chat genera M4 y permite calcular $\Delta_{intra} = M4 - M1$; la encuesta final (DD_23) captura la autopercepción del estudiante después de esa medición cognitiva.

1.3 2. Propósitos de la sesión

1.3.1 2.1 Propósito pedagógico

Que el estudiante transfiera autónomamente la metodología de análisis técnico construida durante C1-C4 a un caso completamente nuevo (torre de enfriamiento industrial en una procesadora de alimentos) sin instrucciones explícitas sobre cómo hacerlo.

1.3.2 2.2 Propósito investigativo

Capturar evidencia de: (a) transferencia metodológica espontánea; (b) autonomía en la interacción con IA sin andamiaje socrático; (c) desplazamiento cognitivo longitudinal (C1 vs. C5 con fichas de formato idéntico); (d) desplazamiento intra-sesión mediante DD_30 (M4 - M1); (e) autopercepción del estudiante sobre su evolución (DD_23).

1.3.3 2.3 Pregunta guía para el estudiante

¿Cómo analizo este sistema que nunca he visto antes?

(No se dice en voz alta: la pregunta real es si el estudiante se hace esta pregunta él mismo.)

1.4 3. Descripción del caso

1.4.1 3.1 Contexto operacional

Torre de enfriamiento de la planta Procesadora de Alimentos del Pacífico. El sistema disipa calor del circuito de refrigeración de las líneas de producción. Datos de 7 días muestran 7 variables: temperatura de entrada, temperatura de salida, pH, conductividad, caudal de recirculación, presión diferencial del intercambiador y dosis de biocida.

1.4.2 3.2 Criterio de diseño del caso

El caso es técnicamente diferente al de la piscina pero estructuralmente análogo: ambos son sistemas hidráulicos con recirculación, control de calidad de agua, múltiples variables y restricciones operativas. Las analogías no se explicitan al estudiante — debe descubrirlas. La consigna es deliberadamente mínima: “Analice el sistema y proponga una solución.”

1.4.3 3.3 Material entregado al estudiante

- Caso Técnico C5: descripción del sistema (§1) + tabla de datos de 7 días (§2). NO se entrega §3 (contexto diagnóstico — es para el chatbot NEUTRO) (n1).
- Ficha Pre-AI C5: formato idéntico a la Ficha Pre-AI C1 para permitir comparación directa longitudinal (n2).
- Guía Chatbot C5: deliberadamente mínima — solo dice que el chatbot está disponible, sin sugerir cómo usarlo (n3).

Condición de transferencia (minutos 5–60): El estudiante dispone de caso impreso, ficha, hojas en blanco y chatbot NEUTRO. El docente no indica qué usar primero. La evidencia central es si el estudiante elige producir rastro propio antes de consultar al chatbot.

1.5 4. Instrucciones al estudiante para el rastro inicial

Entregadas en la Ficha Pre-AI C5 (n2) — formato idéntico a C1:

Paso 1 — Esquema del sistema: dibuja o esquematiza el sistema tal como lo entiendes.

Paso 2 — Hipótesis inicial: ¿qué crees que está ocurriendo en este sistema y por qué?

Paso 3 — Variables críticas: ¿qué variables son las más importantes para entender lo que pasa?

Paso 4 — Datos faltantes: ¿qué necesitarías saber que no está en los datos?

Paso 5 — Decisión preliminar: ¿qué harías? ¿por qué? ¿qué riesgo asumes?

Paso 6 — Confianza: del 1 al 5, ¿qué tan seguro estás de tu diagnóstico?

Tiempo disponible dentro del bloque autónomo: 5–60 min. Trabajo individual.

La identidad de formato entre la ficha C1 y la ficha C5 es una decisión metodológica deliberada: permite comparar directamente el razonamiento del mismo estudiante en dos momentos del piloto (antes y después de la intervención) sobre dos casos diferentes.

1.6 5. Rol del chatbot en esta sesión

El chatbot opera en modo NEUTRO durante toda la sesión. No hay cambio de modo, no hay PLAN ni BUILD.

1.6.1 Distribución temporal del chatbot en Clase 5

Minutos	Estado del chatbot	Descripción
0–5	NO activo	Encuadre docente.
5–60	NEUTRO disponible	Trabajo autónomo: papel + chatbot NEUTRO, sin intervención docente. Si el alumno hace preguntas genéricas, responde genéricamente. Si formula preguntas socráticas por sí mismo, responde con la misma profundidad. El chatbot NO estructura, NO cuestiona, NO sugiere. La conducta del estudiante frente al chatbot neutro es la evidencia primaria.
60–65	CIERRE DD_30	El profesor activa cierre desde el Dashboard. El chatbot pide volver al escrito inicial y responder qué cambiaría ahora y por qué. Esta respuesta es M4 y alimenta $\Delta_{intra} = M4 - M1$.
65–77	Encuesta final DD_23	4 ejes: cambio en estudio, relación con IA, capacidad de evaluar IA, hábito de pensar antes de preguntar. Se aplica después de DD_30 para proteger la medida cognitiva central.
77–80	Cierre del piloto	Cierre hablado y agradecimiento. El debriefing sobre DD_28 solo puede ocurrir después de que DD_30 y encuesta estén cerrados.

1.6.2 Lo que se observa en el chatbot NEUTRO

- ¿El estudiante formula preguntas genéricas o preguntas socráticas?
- ¿Pide respuestas directas o pide que la IA cuestione su razonamiento?

- ¿Presenta hipótesis antes de preguntar o pregunta sin hipótesis?
- ¿Evalúa críticamente las respuestas de la IA o las acepta directamente?
- ¿Estructura su análisis espontáneamente (esquema → hipótesis → datos → decisión) o procede sin método?

1.7 6. Secuencia docente — Guion de sesión

Duración total: 80 minutos. Timeline propio de C5 (NO sigue DD_24).

Tiempo	Fase	Acción del docente	Acción del estudiante
0–5 min	Encuadre	Presenta el caso nuevo (torre). NO menciona analogías con la piscina. Consigna mínima: “Analice el sistema y proponga una solución.”	Recibe caso C5. Lee los datos.
5–60 min	Trabajo autónomo	Entrega ficha, deja disponible el chatbot NEUTRO y observa sin intervenir. NO guía, NO estructura, NO indica qué usar primero.	Decide si empieza con papel o chatbot. Puede subir foto del rastro vía “Subir imagen” (DD_38). Interactúa con chatbot neutro y formula decisión final con justificación, riesgo y datos faltantes.
60–65 min	Reflexión de cierre DD_30	Activa cierre de C5 desde el Dashboard. El chatbot pide volver al escrito inicial y responder qué cambiaría ahora y por qué. NO es una pregunta sobre las cinco sesiones; es la reflexión sobre el rastro inicial.	Responde en el chat. Esta respuesta es M_4 ; la AGENT_SESION la compara con M_1 para calcular $\Delta_{intra} = M_4 - M_1$.
65–77 min	Encuesta final DD_23	Distribuye encuesta (n5). Indica que es anónima para evaluación, identificada para investigación.	Completa encuesta de 4 ejes (Likert + preguntas abiertas).

Tiempo	Fase	Acción del docente	Acción del estudiante
77–80 min	Cierre del piloto	Cierra el piloto y agradece. Si se realiza debriefing sobre DD_28, debe ocurrir solo después de cerrar DD_30 y encuesta, de acuerdo con consentimiento y solicitud ética.	Cierra sesión.

1.8 7. Entregables del estudiante

Cinco entregables por estudiante (no hay Ficha PostAI en C5):

- **Rastro inicial C5** (esquema torre, hipótesis, datos faltantes, decisión, confianza) — foto subida a plataforma.
- **Registro de interacción con chatbot NEUTRO** — logs PostgreSQL.
- **Decisión defendible final** — en el chat o en papel.
- **Reflexión de cierre DD_30 (M4)** — respuesta en el chat sobre qué cambiaría del escrito inicial y por qué.
- **Encuesta final DD_23** — 4 ejes + pregunta de cierre (n5).

1.9 8. Matriz de evidencias para el paper

Evidencia	Qué revela para el paper	Cómo se registra	Dimensión de análisis
Esquema del sistema torre (rastros)	¿Transfiere la estructura de representación de C1? ¿Identifica analogías con la piscina sin que se le digan?	Foto del rastro	D1, D2
Hipótesis sobre torre (rastros)	¿Formula hipótesis causales o solo describe síntomas? Comparación directa con hipótesis C1.	Ficha Pre-AI C5	D1 — Complejidad causal
Datos faltantes (rastros)	¿Pide datos genéricos o específicos? ¿Mejoró la precisión respecto a C1?	Ficha Pre-AI C5	D3 — Consciencia epistémica

Evidencia	Qué revela para el paper	Cómo se registra	Dimensión de análisis
Confianza (1-5) (rastros)	Metacognición calibrada: ¿su confianza correlaciona con la calidad de su análisis?	Ficha Pre-AI C5	D3
Tipo de preguntas al chatbot NEUTRO	¿Preguntas genéricas o socráticas? ¿Presenta hipótesis antes de preguntar?	Logs PostgreSQL	D3, D1
Estructura espontánea	¿Sigue esquema → hipótesis → datos → decisión sin que nadie se lo exija?	Logs + observación docente	Transferencia
Decisión final	¿Integra restricciones, riesgo, trade-offs? ¿Ha internalizado la estructura de C4?	Chat / papel	D4 — Decisión bajo incertidumbre
Reflexión DD_30 (M4)	¿Qué cambia respecto del rastros inicial y por qué?	Chat / PostgreSQL	$\Delta_{intra} = M4 - M1$
Encuesta DD_23 — Eje 1	¿Percibe cambio en su forma de estudiar?	Encuesta (Likert + abierta)	Autopercepción
Encuesta DD_23 — Eje 2	¿Cambió su relación con la IA? ¿Piensa antes de preguntar?	Encuesta (Likert + MC + abierta)	Autopercepción
Encuesta DD_23 — Eje 3	¿Se siente capaz de detectar errores en respuestas de IA?	Encuesta (Likert + abierta)	Autopercepción
Encuesta DD_23 — Eje 4	¿Formular pensamiento propio antes de usar IA se volvió hábito?	Encuesta (Likert + abierta)	Autopercepción

1.10 9. Criterios de análisis para el investigador

Para C5, los criterios D1-D4 se aplican con un modificador: se evalúa si el estudiante los activa espontáneamente, no si los demuestra bajo presión.

Cód.	Dimensión	Descripción operacional C5	Comparación con
D1	Complejidad causal	¿Identifica mecanismos causales en un sistema nuevo sin que se le exija? ¿Transfiere la lógica de hipótesis competidoras?	Rastro C1 (mismo formato)
D2	Especificidad técnica	¿Usa variables medibles, unidades, rangos en un dominio desconocido?	Rastro C1
D3	Consciencia epistémica	¿Reconoce lo que no sabe de torres? ¿Pide datos específicos? ¿Evalúa críticamente al chatbot NEUTRO?	Rastro C1 + logs C1
D4	Decisión bajo incertidumbre	¿Decide con información limitada en un dominio nuevo? ¿Nombra riesgo?	Rastro C1
Transferencia	Autonomía metodológica	¿Aplica espontáneamente la estructura de razonamiento de C1-C4 (esquema → hipótesis → datos → decisión)?	Observación + logs

1.11 10. Nota metodológica para el paper

La Clase 5 es el dispositivo experimental más importante del piloto. Todo lo anterior — el rastro inicial de C1, la presión socrática de C2-C4, los errores escalados del BUILD, la reflexión Δ _intra — es preparación para esta medición.

El cambio de caso (piscina → torre de enfriamiento) no es arbitrario: ambos sistemas comparten una estructura técnica análoga (recirculación, control de calidad de agua, múltiples variables, restricciones operativas) pero difieren en dominio, vocabulario y parámetros específicos. Si el estudiante transfiere la metodología, es porque internalizó la estructura, no porque memorizó el caso.

El chatbot NEUTRO es un instrumento de medición, no de intervención. Su neutralidad genera un espacio donde la conducta del estudiante es enteramente voluntaria: si formula preguntas socráticas, lo hace porque quiere, no porque alguien se lo exige. La ausencia de andamiaje es la variable independiente de C5.

Ambos resultados son igualmente valiosos para el paper: si todos transfieren, el protocolo funciona como intervención pedagógica; si nadie transfiere, funciona como dato sobre los límites de la internalización en 5 sesiones; si algunos transfieren y otros no, el análisis de trayectorias individuales puede revelar qué factores predicen la transferencia.

La encuesta DD_23 complementa la evidencia conductual con evidencia perceptual. La combinación de ambas permite triangular: ¿el estudiante que dice haber cambiado realmente cambió? ¿El que no percibe cambio muestra cambio en los datos?

El debriefing sobre DD_28 (errores deliberados en BUILD) no debe ocurrir antes de completar DD_30 y la encuesta final, porque contaminaría las respuestas con la reacción emocional al engaño leve. Una vez cerrada la recolección de datos de C5, el debriefing post-piloto se realiza según lo declarado en la Solicitud al Comité de Ética v1.3 y en el consentimiento informado v1.5.

Nota operativa: Los alumnos recibieron vocabulario técnico el día anterior vía WhatsApp (DD_35). Las ausencias se registran como dato, no se excluyen ni recuperan (DD_36).

Protocolo Clase 5 v1.1 · Piloto IA-Socrático · Máquinas y Equipos Industriales

Facultad de Ingeniería — Departamento de Ingeniería Industrial

Profesor Ángel Royo - www.angelroyo.com