QUÍMICA DEL PETRÓLEO Y DEL GAS · INGENIERÍA EN PETRÓLEO · 2026

Siete pozos, cuatro unidades

Proyecto integrador por retos · Unidades 9 a 12 — material para los equipos de estudiantes

Cómo vamos a trabajar

Cada equipo recibe el expediente de un pozo ficticio y lo acompaña durante cuatro clases: tres de trabajo, en las que se recorren las unidades 9 a 12, y una de presentación. En cada clase de trabajo hay **un reto**, el mismo para los siete equipos, que cada uno resuelve con los datos de su pozo. Hacia el final de la clase hacemos un **ALTO**: cada equipo carga sus resultados en una tabla común y, al ver los siete pozos lado a lado, discutimos qué se repite, qué cambia y por qué.

Lo que produce cada clase queda guardado en el expediente del equipo como un **avance**. Entre la tercera y la cuarta clase los avances se integran en un diagnóstico completo del pozo, que se defiende oralmente.

Secuencia de clases

Clase	Unidades	Reto	Lidera la puesta en común	Queda en el expediente
1	U9 · Composición y clasificación U10 · Propiedades de los crudos	¿Qué crudo tenemos y va a fluir por la línea?	LC-07 (Ficha 1) y LA-12 (Ficha 2)	Avance 1
2	U11 · Impurezas y tratamiento (con laboratorio)	¿Qué impurezas trae y qué le hacen a la instalación?	ES-04 (Ficha 3) y LE-09 (Ficha 4)	Avance 2 + registro de laboratorio
3	U12 · Gas natural	¿Qué hacemos con el gas?	LV-15 (Ficha 5) y EC-03 (Ficha 6)	Avance 3
4	Presentación U9–U12	¿Cómo acondicionamos el pozo?	LQ-21 (Ficha 7) abre	Informe, diagrama, bitácora de IA y defensa

En cada clase lideran la puesta en común los dos pozos donde el problema de esas unidades es más evidente: presentan primero y los demás contrastan con sus datos. En la clase 1, LC-07 (depósito oscuro) y LA-12 (depósito ceroso) muestran los dos tipos de depósito; en la clase 2, ES-04 trae el agua y LE-09 la corrosión; en la clase 3, LV-15 trae el gas rico y EC-03 el gas ácido.

Cómo es cada clase de trabajo

Como cada clase abarca mucho, **los cálculos directos se traen hechos de casa** (sección «Antes de la clase» de cada reto). El tiempo de aula queda para interpretar, comparar y decidir.

Momento	Qué pasa	Tiempo orientativo*
Arranque	Pregunta disparadora del docente; cada equipo revisa rápido los cálculos que trajo.	10 min
Trabajo en equipo	Tareas del reto (parte A y parte B) y pregunta específica del pozo.	50 min
Momento IA	Una consulta acotada, verificada y registrada en la bitácora.	10 min
ALTO	Cada equipo carga su fila en la tabla común (pizarrón o planilla compartida).	5 min
Puesta en común	Discusión guiada comparando los siete pozos; abren los equipos que lideran.	35 min

Momento	Qué pasa	Tiempo orientativo*
Cierre	Idea clave del docente y ticket de salida individual.	10 min

* Para un bloque de 2 horas. Si el bloque es de 3 horas, los cálculos pueden hacerse en clase; el ALTO y la puesta en común no se recortan.

Reglas comunes

- Todos los nombres, yacimientos y valores son **ficticios** y de uso académico.
- Trabajen solo con los datos del expediente. Si un dato no alcanza para confirmar una hipótesis, digan **qué análisis pedirían y por qué**.
- En cada respuesta separen **datos**, **inferencias**, **hipótesis** y **datos faltantes**.
- Toda cuenta va con unidades y condiciones de referencia.
- La IA se usa en el momento indicado de cada clase y siempre se registra en la bitácora: qué preguntaron, qué respondió, cómo lo verificaron y qué concluyeron.
- Si la cátedra entrega resultados de laboratorio reales, se usan junto con los simulados, aclarando cuál es cuál.

Herramientas de cálculo

Magnitud	Expresión	Referencia de interpretación
Gravedad API	°API = (141,5 / dr) − 131,5 dr: densidad relativa 15,6/15,6 °C	Liviano > 31,1 · Mediano 22,3–31,1 · Pesado 10–22,3 · Extrapesado < 10
Factor de caracterización	Kuop = (Tb)^(1/3) / dr Tb: temperatura media de ebullición en Rankine (°R = °C × 1,8 + 491,67)	≈ 13 parafínico · ≈ 12 intermedio · ≈ 11 nafténico · ≈ 10 aromático
Índice de inestabilidad coloidal	CII = (Saturados + Asfaltenos) / (Aromáticos + Resinas)	< 0,7 estable · 0,7–0,9 incierto · > 0,9 inestable (es un índice de tamizaje, no un diagnóstico)
Agua y sedimentos	% v/v = (V agua + V sedimentos) / V muestra × 100	Comparar con la especificación que indique la cátedra (referencia habitual: ≤ 1 % v/v)
Corte de agua de producción	% = Q agua / (Q petróleo + Q agua) × 100	No es lo mismo que el agua y sedimentos de una muestra de crudo
Relación gas-petróleo	RGP = Q gas (Sm^3/d) / Q petróleo (m^3/d)	Sm^3 de gas por m^3 de petróleo
Gas: masa molar y densidad	$M = \Sigma\, y_i \cdot M_i$; dr gas = M / 28,96	Para C_5+ usar M ≈ 72,15 g/mol (aproximación como pentano)
H_2S en ppm	ppm (v/v) = % molar × 10 000	Comparar con los límites de exposición vigentes (normativa SRT)

Las escalas de referencia son las habituales en la bibliografía; si la cátedra indica otras, se usan esas.

Bitácora de IA (una fila por consulta)

Clase	Qué le preguntamos (prompt)	Qué respondió (resumen)	Cómo lo verificamos	Veredicto: correcta / parcial / incorrecta y corrección

Clase 1 · Reto 1: ¿Qué crudo tenemos y va a fluir por la línea?

Unidades: U9 · Composición química y clasificación + U10 · Propiedades de los crudos · **Lideran la puesta en común:** LC-07 (Ficha 1) y LA-12 (Ficha 2)

> **La situación**
>
> Llegaron los primeros análisis del pozo y se acerca el invierno. La operadora necesita saber qué tipo de crudo es, si puede formar depósitos (de asfaltenos, de parafinas o de ambos) y si puede viajar por la línea sin calefacción. Al final de la clase hay reunión técnica: cada equipo tiene que poder decirlo con números.

ANTES DE LA CLASE (EN CASA)

1. Calculen el **Kuop** (con la temperatura media de ebullición de su ficha) y el **°API**, y clasifiquen el crudo con ambos.
2. Calculen el **CII** y la relación **resinas/asfaltenos (R/A)** con el análisis SARA.
3. Calculen el **margen térmico ΔT = T mínima de transporte − T de escurrimiento**.

ARRANQUE

En un mismo filtro aparecen dos depósitos: uno negro y quebradizo, otro blanco y ceroso. ¿Qué tipo de moléculas esperan en cada uno y por qué precipitan?

PARTE A · U9: COMPOSICIÓN Y ASFALTENOS

1. Interpreten Kuop, SARA, CII y R/A: ¿qué tipo de crudo es y qué riesgo de precipitación de asfaltenos tiene? ¿Qué **no** pueden afirmar con esos datos?
2. **Química orgánica:** dibujen en ChemSketch o MolView una molécula representativa de cada fracción SARA (alcano lineal; alquilbenceno o naftaleno; poliaromático con heteroátomo, tipo resina; estructura modelo de asfalteno) y relacionen polaridad, aromaticidad y fuerzas intermoleculares con su solubilidad (U1 y U4).
3. ¿Qué variables podrían desestabilizar los asfaltenos de su pozo (caída de presión, inyección de gas o CO_2, mezcla con otros crudos)?

PARTE B · U10: PROPIEDADES Y PARAFINAS

1. Ubiquen la temperatura de transporte respecto del punto de nube y del de escurrimiento: ¿dónde empiezan a cristalizar las parafinas? ¿Dónde puede dejar de fluir el crudo? ¿Qué pasa con la viscosidad?
2. **Química orgánica:** expliquen con fuerzas de London por qué las parafinas de cadena larga cristalizan al enfriarse (comparen puntos de fusión de n-C_{16}, n-C_{20} y n-C_{30}; U3).
3. Respondan la **pregunta específica de su pozo** para la clase 1 (partes a y b, en su expediente).

MOMENTO IA

> **Consulta a la IA como simulador**
>
> Después de la Parte A, consulten:
>
> *«Tenemos un crudo con esta composición SARA: [datos], punto de nube de [X] °C y punto de escurrimiento de [Y] °C, que se transporta por una línea que se enfría hasta [Z] °C. Simulá qué depósitos pueden formarse a lo largo de la línea (asfaltenos, parafinas o ambos), explicá el mecanismo de cada uno y decí qué supuestos hacés y qué datos te faltan.»*
>
> **Verificación:** contrasten con el CII y el ΔT que calcularon y con la bibliografía (Speight). Registren si la IA confunde punto de nube con punto de escurrimiento, o asfaltenos con parafinas.

ALTO · TABLA PARA LA PUESTA EN COMÚN

Cada equipo completa su fila con letra grande en el pizarrón o en la planilla compartida.

Pozo	Kuop	°API	CII	R/A	ΔT	Riesgo principal (asfaltenos / parafinas / incierto)
LC-07 La Calandria						
LA-12 Los Aromos						
ES-04 El Sauce						
LE-09 La Esperanza						
LV-15 La Ventana						
EC-03 El Cóndor						
LQ-21 La Quebrada						

PREGUNTAS PARA LA PUESTA EN COMÚN

- LC-07 y LA-12 abren: uno tiene un depósito oscuro y el otro uno ceroso. ¿Qué datos de cada expediente apoyan cada tipo de depósito?
- Ordenen los pozos por CII. ¿LC-07 es el de CII más alto? ¿Qué nos dice eso del índice?
- Ordenen por °API y por ΔT. ¿El crudo más liviano es el que mejor fluye?
- ¿Por qué el °API no alcanza para predecir ni asfaltenos ni parafinas? ¿Qué ensayo sobre un depósito permitiría saber cuál es cuál?

TICKET DE SALIDA (INDIVIDUAL)

Definí punto de nube y punto de escurrimiento y explicá por qué las resinas estabilizan a los asfaltenos (dos oraciones cada uno).

AVANCE QUE QUEDA EN EL EXPEDIENTE

Una carilla con: tabla de cálculos, clasificación del crudo, estructuras dibujadas, análisis de depósitos y fluidez, respuesta a la pregunta específica y fila de la bitácora de IA. Incorporen lo que cambió después de la puesta en común.

Clase 2 · Reto 2: ¿Qué impurezas trae y qué le hacen a la instalación?

Unidades: U11 · Impurezas en el petróleo crudo y tratamiento (con laboratorio) · **Lideran la puesta en común:** ES-04 (Ficha 3) y LE-09 (Ficha 4)

> **La situación**
>
> La planta de tratamiento tiene que entregar crudo dentro de especificación y el área de integridad pide una evaluación del riesgo de corrosión. Cada equipo debe decir cuánta agua, sedimentos y sales trae su crudo, cómo tratarlo, qué mecanismo de corrosión es probable y qué medidas de control conviene aplicar.

ANTES DE LA CLASE (EN CASA)

1. Calculen el **corte de agua de producción** con los caudales y el **% de agua y sedimentos** con los datos simulados de su ficha.
2. Clasifiquen el crudo por **contenido de azufre** (referencia habitual: dulce < 0,5 % m/m; agrio > 0,5 % m/m).
3. Escriban las reacciones de corrosión del hierro por **CO_2**, por **H_2S** y por acción de **bacterias sulfato-reductoras** (después las van a contrastar con la IA).

ARRANQUE

Si un pozo produce 15 % de agua, ¿por qué la muestra de crudo puede tener mucho menos? Y si el crudo tiene 2,7 % de azufre, ¿el gas tiene 2,7 % de H_2S?

PARTE A · AGUA, SEDIMENTOS Y SALES (CON LABORATORIO)

1. **Laboratorio:** realicen la centrifugación según el procedimiento de la cátedra y calculen el % v/v de agua y sedimentos. Compárenlo con el valor simulado y con el corte de agua de producción: ¿por qué difieren?
2. ¿El crudo cumple la especificación indicada por la cátedra (referencia habitual: ≤ 1 % v/v)? Propongan un esquema: separación primaria → deshidratación (térmica, química, electrostática) → desalación, si corresponde.
3. **Química orgánica:** los desemulsionantes son tensioactivos. Relaciónenlos con jabones y detergentes (U7). ¿Qué papel cumplen asfaltenos y resinas como emulsionantes naturales?

PARTE B · AZUFRE Y CORROSIÓN

1. **Química orgánica:** dibujen un tiol, un sulfuro, un disulfuro y el tiofeno (U4). ¿Por qué el azufre total del crudo no equivale a H_2S?
2. Con los datos del pozo (agua, CO_2, H_2S, temperatura), ¿qué mecanismo de corrosión es más probable? Separen hechos de hipótesis. ¿Qué análisis del agua pedirían (pH, cloruros, hierro disuelto, sulfatos, bicarbonatos, cultivo de BSR)?
3. **Métodos de control:** inhibidores, biocidas, revestimientos, protección catódica, selección de materiales. ¿Cuál aplicarían primero y por qué?
4. Respondan la **pregunta específica de su pozo** para la clase 2 (partes a y b).

MOMENTO IA

> **Consulta a la IA y verificación**
>
> Al empezar la Parte B, consulten:
>
> *«Escribí las reacciones de corrosión del acero al carbono en presencia de CO_2 disuelto en agua, de H_2S y de bacterias sulfato-reductoras.»*
>
> **Verificación:** compárenlas con las que trajeron escritas, balanceen cada ecuación (masa y carga) y contrasten con la bibliografía. Registren cualquier ecuación mal balanceada, especie inventada o mecanismo confundido.

ALTO · TABLA PARA LA PUESTA EN COMÚN

Cada equipo completa su fila con letra grande en el pizarrón o en la planilla compartida.

Pozo	% agua y sed.	Corte de agua prod.	¿Cumple especif.?	S total y clase	Mecanismo de corrosión probable	Análisis que falta
LC-07 La Calandria						
LA-12 Los Aromos						
ES-04 El Sauce						
LE-09 La Esperanza						
LV-15 La Ventana						
EC-03 El Cóndor						
LQ-21 La Quebrada						

PREGUNTAS PARA LA PUESTA EN COMÚN

- ES-04 abre: con 85 g/L de salinidad, ¿por qué no alcanza con deshidratar?
- ¿Por qué el agua y sedimentos de la muestra es menor que el corte de agua de producción en todos los pozos? ¿Qué NO puede decirnos la centrifugación?
- LE-09 abre la parte B: ¿qué está confirmado y qué no sobre la pérdida de espesor?
- ¿El azufre total del crudo predice el H_2S del gas? Comparen LC-07 con EC-03. ¿Qué medida de control aplicarían sin esperar más datos?

TICKET DE SALIDA (INDIVIDUAL)

Escribí y balanceá una reacción de corrosión del hierro, indicá quién se oxida, y explicá en una oración la diferencia entre deshidratar y desalar.

AVANCE QUE QUEDA EN EL EXPEDIENTE

Registro de laboratorio + una carilla con cálculos, esquema de tratamiento, ecuaciones balanceadas, evaluación del riesgo de corrosión y plan de análisis, respuesta a la pregunta específica y fila de la bitácora. Si la práctica se hace en otro horario, usen los datos simulados en clase y agreguen el resultado real al avance.

Clase 3 · Reto 3: ¿Qué hacemos con el gas?

Unidades: U12 · Gas natural: composición, clasificación, tratamiento y seguridad · **Lideran la puesta en común:** LV-15 (Ficha 5) y EC-03 (Ficha 6)

> **La situación**
>
> La operadora tiene que decidir si el gas asociado puede venderse, usarse como combustible en el yacimiento o reinyectarse. Antes necesita saber qué tratamiento requiere el gas de cada pozo y qué riesgos implica manipularlo.

ANTES DE LA CLASE (EN CASA)

1. Calculen la **relación gas-petróleo**, la **masa molar media** y la **densidad relativa** del gas.
2. Calculen el **% de C_3+**, el contenido de **gases ácidos** (H_2S + CO_2) y el **H_2S en ppm**.
3. Busquen los **límites de exposición al H_2S** vigentes (normativa de la SRT).

ARRANQUE

El H_2S huele a huevo podrido. ¿Por qué el olfato no sirve como alarma cuando la concentración es alta?

TAREAS DEL EQUIPO

1. Clasifiquen el gas: asociado o no asociado; **dulce o amargo**; **rico o pobre**.
2. Definan qué tratamientos necesita y en qué orden: remoción de agua, de condensables (recuperación de líquidos por expansión criogénica), de H_2S y CO_2, de N_2 o Hg si corresponde.
3. **Química orgánica:** escriban la reacción ácido-base de una amina (DEA o MDEA) con H_2S y con CO_2 (U5, basicidad de aminas) y expliquen por qué el trietilenglicol absorbe agua (U6, puente de hidrógeno). Dibujen DEA y TEG en ChemSketch.
4. **Seguridad:** comparen el H_2S de su gas con los límites de exposición y propongan EPP y precauciones.
5. Respondan la **pregunta específica de su pozo** para la clase 3.
6. Últimos minutos: repartan dentro del equipo quién arma cada parte del informe y de la presentación.

MOMENTO IA

> **Consulta a la IA y verificación**
>
> Al empezar la clase, consulten:
>
> *«Calculá la masa molar media y la densidad relativa respecto del aire de un gas con esta composición molar: [tabla]. Mostrá los pasos.»*
>
> **Verificación:** compárenlo con el cálculo que trajeron hecho. Registren las diferencias: masas molares mal tomadas, porcentajes que no suman 100, errores aritméticos.

ALTO · TABLA PARA LA PUESTA EN COMÚN

Cada equipo completa su fila con letra grande en el pizarrón o en la planilla compartida.

Pozo	RGP	M media	% C_3+	H_2S (ppm)	CO_2 (%)	Clasificación	Tratamientos
LC-07 La Calandria							
LA-12 Los Aromos							
ES-04 El Sauce							
LE-09 La Esperanza							
LV-15 La Ventana							
EC-03 El Cóndor							
LQ-21 La Quebrada							

PREGUNTAS PARA LA PUESTA EN COMÚN

- Ubiquen los siete pozos en un gráfico en el pizarrón: eje horizontal % C_3+ (pobre → rico), eje vertical H_2S + CO_2 (dulce → amargo). ¿Qué pozos necesitan endulzamiento? ¿Cuáles justifican recuperar líquidos?
- LV-15 abre: ¿por qué la composición molar no alcanza para diseñar una planta?
- EC-03 abre: ¿cuándo se justifica una planta Claus?
- ¿Qué gas es el más peligroso para el operador y qué precaución es innegociable?

TICKET DE SALIDA (INDIVIDUAL)

6 % molar de H_2S equivale a ____ ppm. ¿Cuántas veces supera el límite de exposición que encontraron?

AVANCE QUE QUEDA EN EL EXPEDIENTE

Una carilla con tabla de cálculos, clasificación del gas, tratamientos con su fundamento químico, evaluación de seguridad, respuesta a la pregunta específica y fila de la bitácora.

Clase 4 · Presentación: ¿Cómo acondicionamos el pozo?

Integración U9–U12 · **Abre la clase:** LQ-21 (Ficha 7)

> **La situación**
>
> Reunión técnica con la operadora. Cada equipo presenta el plan de acondicionamiento de su pozo: qué problemas tiene, qué se puede decidir ya, qué tiene que esperar nuevos datos y cómo se van a tratar el petróleo, el agua y el gas.

ENTRE LA CLASE 3 Y LA PRESENTACIÓN

1. Reúnan los avances 1 a 3 y corríjanlos con lo que surgió en cada puesta en común.
2. Armen el **diagrama de bloques** del tratamiento de petróleo, agua y gas de su pozo.
3. Jerarquicen los problemas: qué decisiones pueden tomarse ya y cuáles esperan datos; plan de análisis complementario priorizado.
4. Respondan la **pregunta específica de su pozo** para la presentación.
5. Con un borrador propio terminado, apliquen el **prompt de evaluación crítica** y documenten qué observaciones aceptan, corrigen o descartan, y con qué fuente, cálculo o ensayo.

> **Evaluación crítica de la propuesta con IA**
>
> *«Actuá como evaluador crítico de nuestra propuesta técnica. Señalá tres posibles errores conceptuales, supuestos no demostrados o datos faltantes. No supongas que nuestra propuesta es correcta. Para cada observación, explicá cómo podríamos verificarla con bibliografía específica, cálculos o ensayos.»*
>
> No copien la respuesta como veredicto: evalúen cada observación, verifiquen si corresponde al caso y documenten la decisión.

EN LA CLASE

Momento	Qué pasa	Tiempo orientativo
Apertura	LQ-21 (Ficha 7) presenta su diagnóstico integrado: es el pozo con más problemas simultáneos y datos contradictorios.	10 min
Defensas	Seis equipos: 10 min de presentación + 3 min de preguntas cada uno. Todos los integrantes explican al menos una decisión técnica.	80 min
Cierre	Cada equipo dice una lección que se lleva de otro pozo.	10 min
Coevaluación	Planilla individual dentro de cada equipo.	10 min

Para un bloque de 2 horas. Si no alcanza, las preguntas de los otros equipos pueden hacerse por escrito en el aula virtual.

ENTREGABLES FINALES

- Informe breve (máximo 4 carillas) construido a partir de los avances.
- Diagrama de bloques del tratamiento.
- Bitácora de IA completa (una fila por clase como mínimo, más la evaluación crítica).
- Presentación para la defensa.

Expedientes de los siete pozos

Cada expediente tiene los mismos bloques en el mismo orden: datos de producción (A), caracterización del petróleo (B), composición SARA (C), composición del gas (D), informe de laboratorio (E), antecedentes y datos faltantes (F) y las preguntas específicas del pozo para cada clase (G).

Ficha 1 · Pozo LC-07 «La Calandria»

Problema central: Crudo viscoso, depósitos oscuros y emulsión

El equipo de producción informa un aumento de la presión diferencial en una línea y dificultad para separar el agua del petróleo. Se observan depósitos oscuros, pero todavía no se determinó su composición.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	320 m^3/d
Gas asociado	18.000 Sm^3/d
Agua producida	45 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	48 °C
Temperatura mínima de transporte	22 °C

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,907
Viscosidad cinemática a 40 °C	180 mm^2/s
Punto de escurrimiento	24 °C
Punto de nube	30 °C
Azufre total	1,8 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	375 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
48	28	16	8

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
78,0	8,0	5,0	2,5	1,5	2,5	0,4	2,1

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	2,5 mL	0,5 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- Depósitos sólidos oscuros en una sección de la línea.
- Emulsión agua-petróleo persistente durante la separación.
- No se dispone de análisis composicional de los depósitos.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10** **★ lidera**	a) U9: Su pozo es el que tiene depósitos oscuros. Con SARA, relación R/A y CII, ¿son los asfaltenos la causa más probable? En la puesta en común comparen su CII con el de los otros pozos: ¿qué concluyen sobre el índice? ¿Qué ensayo sobre el depósito confirmaría la hipótesis (por ejemplo, solubilidad en n-heptano y en tolueno)? b) U10: La temperatura mínima de transporte (22 °C) queda por debajo del punto de escurrimiento (24 °C). Formulen la hipótesis alternativa «depósito parafínico» y digan qué evidencia permitiría distinguirla de un depósito asfalténico.
Clase 2 **U11**	a) Agua: La emulsión es persistente. ¿Qué relación puede haber entre asfaltenos, resinas y la estabilidad de la emulsión? ¿Qué implica para la elección del desemulsionante? b) Corrosión: Con 1,8 % m/m de azufre en el crudo y 0,4 % de H_2S en el gas, ¿qué riesgo de corrosión anticipan? ¿Qué datos del agua les faltan para opinar?
Clase 3 **U12**	El gas tiene 0,4 % de H_2S y 2,5 % de CO_2. ¿Qué tratamiento necesita antes de cualquier uso y qué riesgos plantea para el personal?
Presentación	Propongan una secuencia de diagnóstico y tratamiento priorizada e indiquen qué medidas requieren ensayos previos.

Ficha 2 · Pozo LA-12 «Los Aromos»

Problema central: Crudo parafínico y pérdida de fluidez

En días fríos se reduce el caudal de una línea de transporte. El personal informa depósitos cerosos en filtros y tramos de cañería. La empresa solicita determinar si las propiedades del crudo son compatibles con el problema.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	410 m^3/d
Gas asociado	12.500 Sm^3/d
Agua producida	18 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	42 °C
Temperatura mínima de transporte	14 °C

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,856
Viscosidad cinemática a 40 °C	32 mm^2/s
Punto de escurrimiento	27 °C
Punto de nube	35 °C
Azufre total	0,65 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	360 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
62	23	10	5

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
84,0	7,0	3,5	1,5	0,8	1,0	0,1	2,1

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	0,8 mL	0,2 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- Los depósitos tienen aspecto ceroso; no hay identificación analítica confirmada.
- La temperatura de transporte puede caer por debajo del punto de escurrimiento informado.
- Se desconoce la distribución de longitud de cadena de las parafinas.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10** **★ lidera**	a) U9: Interpreten el SARA sin asumir que todos los saturados son parafinas. Su CII es de los más altos del curso: ¿significa que el pozo tiene problemas de asfaltenos? ¿Qué información lo confirmaría o lo descartaría? b) U10: Su crudo es de los más livianos y, sin embargo, tiene el punto de escurrimiento más alto. Expliquen por qué el °API no predice por sí solo la formación de parafinas e interpreten la relación entre punto de nube, punto de escurrimiento y temperatura de transporte.
Clase 2 **U11**	a) Agua: ¿El contenido de agua y sedimentos explica el problema principal del pozo? Justifiquen. b) Corrosión: Con 0,65 % m/m de azufre, ¿cómo se clasifica el crudo? ¿Qué riesgo de corrosión anticipan?
Clase 3 **U12**	El gas tiene 0,1 % de H_2S: exprésenlo en ppm. ¿Es dulce o amargo? ¿Requiere endulzamiento?
Presentación	Comparen aislamiento o calefacción de la línea, limpieza con raspatubos (pigging) y aditivos (depresores del punto de escurrimiento, inhibidores de parafinas). ¿Qué datos y pruebas necesitan antes de elegir?

Ficha 3 · Pozo ES-04 «El Sauce»

Problema central: Agua de producción, sedimentos y emulsiones

La batería de separación recibe petróleo con una proporción variable de agua. El tanque presenta una interfase poco definida y se han reportado sólidos acumulados en el fondo. Se solicita mejorar la caracterización de la corriente líquida.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	260 m^3/d
Gas asociado	9.000 Sm^3/d
Agua producida	95 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	55 °C
Temperatura mínima de transporte	22 °C
Salinidad del agua producida	85 g/L

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,892
Viscosidad cinemática a 40 °C	95 mm^2/s
Punto de escurrimiento	18 °C
Punto de nube	25 °C
Azufre total	1,1 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	375 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
53	26	15	6

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
81,0	6,0	4,0	2,0	1,0	3,0	0,5	2,5

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	4,0 mL	0,5 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- La emulsión persiste después de la separación primaria.
- El agua de producción presenta salinidad elevada.

- No hay análisis mineralógico ni químico de los sólidos separados.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10**	a) U9: Calculen Kuop y clasifiquen el crudo. ¿El contenido de resinas y asfaltenos podría contribuir a estabilizar la emulsión que se observa en la batería? b) U10: Con 22 °C de temperatura mínima de transporte, el crudo queda entre el punto de escurrimiento y el de nube. ¿Fluye? ¿Qué está pasando con las parafinas en ese rango? ¿Cómo afectaría a la separación del agua que el crudo se enfríe antes de llegar a la batería?
Clase 2 **U11** **★ lidera**	a) Agua: Calculen el % de agua y sedimentos y diferencien agua libre, emulsionada y sólidos en la medida en que los datos lo permitan. Con una salinidad de 85 g/L, estimen cuánta sal arrastraría 1 m^3 de crudo si quedara con el agua medida en la centrifugación. ¿Por qué no alcanza con deshidratar? Propongan un esquema de deshidratación y desalación e indiquen qué datos faltan para dimensionarlo. b) Corrosión: ¿Cómo influye la salinidad elevada en la corrosión de la instalación? ¿Qué análisis del agua pedirían?
Clase 3 **U12**	El pozo produce mucha agua: ¿qué implica eso para el contenido de agua del gas y su deshidratación?
Presentación	Analicen el destino y la gestión ambiental del agua separada y de los sedimentos (reinyección, tratamiento, disposición).

Ficha 4 · Pozo LE-09 «La Esperanza»

Problema central: Compuestos sulfurados y corrosión

Una inspección detecta pérdida localizada de espesor en una cañería de producción. Se informa presencia de agua y compuestos sulfurados en las corrientes, pero no se ha confirmado el mecanismo de corrosión.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	300 m^3/d
Gas asociado	16.000 Sm^3/d
Agua producida	38 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	62 °C
Temperatura mínima de transporte	20 °C
Presión de operación	Dato no disponible

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,878
Viscosidad cinemática a 40 °C	58 mm^2/s
Punto de escurrimiento	15 °C
Punto de nube	22 °C
Azufre total	2,7 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	345 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
50	27	15	8

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
76,0	7,0	4,0	2,0	1,0	4,0	4,0	2,0

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	1,5 mL	0,5 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- Pérdida localizada de espesor en una cañería.
- No se cuenta con análisis del agua (cloruros, hierro disuelto, pH).
- No hay cultivo ni análisis molecular que confirme bacterias sulfato-reductoras.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10**	a) U9: Caractericen el crudo. El azufre tiende a concentrarse en las fracciones más pesadas (resinas y asfaltenos): ¿qué relación esperan entre su SARA y su contenido de azufre? b) U10: Con una temperatura mínima de transporte de 20 °C (escurrimiento 15 °C, nube 22 °C), ¿tiene este pozo también un problema de flujo? ¿Qué prioridad le darían frente a la corrosión?
Clase 2 **U11** **★ lidera**	a) Agua: ¿Qué papel cumple el agua producida en la corrosión? ¿Qué parámetros del agua medirían? b) Corrosión: Expliquen por qué el 2,7 % m/m de azufre total del crudo no equivale a una concentración de H_2S. Planteen las posibles contribuciones de agua, CO_2, H_2S y bacterias sulfato-reductoras a la pérdida de espesor, separando hechos de hipótesis. Propongan un plan de análisis y las medidas de control que aplicarían primero.
Clase 3 **U12**	El gas tiene 4 % de H_2S: exprésenlo en ppm y compárenlo con los límites de exposición vigentes. ¿Qué precauciones son imprescindibles antes de intervenir la cañería?
Presentación	Integren corrosión, gas ácido y flujo en un plan priorizado por riesgo.

Ficha 5 · Pozo LV-15 «La Ventana»

Problema central: Petróleo y gas asociado: separación y acondicionamiento

El pozo produce petróleo y gas con una proporción relevante de componentes hidrocarbonados condensables. La instalación debe separar las corrientes y determinar qué tratamientos requieren antes del transporte.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	370 m^3/d
Gas asociado	31.000 Sm^3/d
Agua producida	22 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	50 °C
Temperatura mínima de transporte	12 °C
Presión de separador	Dato no disponible

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,835
Viscosidad cinemática a 40 °C	18 mm^2/s
Punto de escurrimiento	9 °C
Punto de nube	17 °C
Azufre total	0,35 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	300 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
66	22	8	4

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
72,0	10,0	7,0	4,0	3,0	1,5	0,1	2,4

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	0,5 mL	0,2 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- No se dispone de presión y temperatura completas de separación.
- Se sospecha que es posible recuperar líquidos del gas, pero falta caracterización del equilibrio de fases.
- El destino comercial del gas no está especificado.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10**	a) U9: Es el crudo más liviano del curso y su CII es el más alto. Investiguen la llamada «paradoja de los asfaltenos»: ¿por qué un crudo liviano con pocos asfaltenos puede tener más riesgo de precipitación que uno pesado, sobre todo si se produce con mucho gas? b) U10: Con 12 °C de temperatura mínima de transporte, 9 °C de punto de escurrimiento y 17 °C de punto de nube, ¿qué riesgo hay? Compárenlo con LA-12: ambos son crudos livianos, ¿por qué se comportan distinto?
Clase 2 **U11**	a) Agua: Su contenido de agua y sedimentos es el más bajo. ¿Necesita igualmente tratamiento el crudo? ¿Qué corrientes salen del separador primario? b) Corrosión: Con 0,35 % m/m de azufre, ¿cómo se clasifica el crudo? ¿Qué riesgo de corrosión anticipan?
Clase 3 **U12** **★ lidera**	Calculen el % de C_3+ y clasifiquen el gas como rico o pobre. Expliquen qué información aporta la composición molar y por qué no basta para diseñar una planta. Analicen si corresponde evaluar deshidratación, recuperación de líquidos por expansión criogénica o remoción de gases ácidos.
Presentación	Dibujen el diagrama conceptual de separación primaria de gas, petróleo y agua con las operaciones posteriores, y listen la información que falta para seleccionar y dimensionar equipos, sin hacer un diseño definitivo con datos insuficientes.

Ficha 6 · Pozo EC-03 «El Cóndor»

Problema central: Gas ácido: H_2S, CO_2 y acondicionamiento

El análisis preliminar de la corriente gaseosa indica cantidades elevadas de gases ácidos. Antes de definir el destino del gas, la operadora requiere una propuesta conceptual de tratamiento y un análisis de los riesgos.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	210 m^3/d
Gas asociado	24.000 Sm^3/d
Agua producida	30 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	58 °C
Temperatura mínima de transporte	25 °C
Destino previsto del gas	A definir según especificación y tratamiento

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,915
Viscosidad cinemática a 40 °C	210 mm^2/s
Punto de escurrimiento	21 °C
Punto de nube	28 °C
Azufre total	2,2 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	355 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
46	29	17	8

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
70,0	7,0	4,0	2,0	1,0	8,0	6,0	2,0

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	2,0 mL	0,5 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- No se ha definido la especificación de venta ni el destino final del gas.
- No se dispone de datos del agua para determinar condiciones de corrosión.
- No se informa el caudal de azufre recuperable ni la composición de otras corrientes de proceso.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10**	a) U9: Es el crudo más pesado del curso. Interpreten su SARA y su Kuop: ¿coinciden ambas lecturas sobre el tipo de crudo? b) U10: Con 210 mm^2/s a 40 °C y una temperatura mínima de transporte de 25 °C (escurrimiento 21 °C, nube 28 °C), ¿el problema de transporte es de parafinas o de viscosidad? Justifiquen.
Clase 2 **U11**	a) Agua: ¿Qué datos del agua necesitan para evaluar la corrosión en un pozo con tanto CO_2 y H_2S? b) Corrosión: Clasifiquen el crudo por azufre. Con 8 % de CO_2 y 6 % de H_2S en el gas, ¿qué mecanismos de corrosión son esperables?
Clase 3 **U12** **★ lidera**	Propongan un esquema de endulzamiento con aminas y deshidratación con glicol: ¿qué información hace falta para elegir la amina y las condiciones? Expliquen la función del proceso Claus, escriban sus reacciones y digan qué dato necesitarían para justificar una planta de recuperación de azufre. Redacten una evaluación de riesgos del H_2S de su gas.
Presentación	Definan el destino posible del gas (venta, combustible en yacimiento, reinyección) según el tratamiento que requiere.

Ficha 7 · Pozo LQ-21 «La Quebrada»

Problema central: Diagnóstico integrado con datos incompletos

La operadora debe decidir cómo acondicionar un pozo que presenta problemas simultáneos de calidad del crudo, presencia de agua y composición del gas. Parte de la información disponible es contradictoria o insuficiente.

Caso, nombre de pozo y valores completamente ficticios, elaborados para uso académico.

A. Datos de producción y operación

Parámetro	Dato del expediente
Petróleo	285 m^3/d
Gas asociado	20.000 Sm^3/d
Agua producida	52 m^3/d
Temperatura en boca de pozo	46 °C
Temperatura mínima de transporte	19 °C

B. Caracterización del petróleo

Propiedad	Dato simulado
Densidad relativa (15,6/15,6 °C)	0,889
Viscosidad cinemática a 40 °C	105 mm^2/s
Punto de escurrimiento	20 °C
Punto de nube	27 °C
Azufre total	1,4 % m/m
Temperatura media de ebullición (para Kuop)	370 °C

C. Composición SARA (% m/m)

Saturados	Aromáticos	Resinas	Asfaltenos
55	25	14	6

D. Composición del gas asociado (% molar)

CH_4	C_2H_6	C_3H_8	C_4	C_5+	CO_2	H_2S	N_2
79,0	7,0	4,0	2,0	1,0	3,0	1,0	3,0

E. Informe de laboratorio: centrifugación (resultado simulado)

Volumen de muestra	Agua separada	Sedimentos separados
50 mL	3,0 mL	0,5 mL

Resultados didácticos. Si se realiza la práctica con una muestra real, regístrenla aparte e indiquen qué dato usan en cada cálculo.

F. Antecedentes operativos y datos faltantes

- Se reportan depósitos en filtros, pero no se tomó muestra para análisis.
- El dato de agua y sedimentos proviene de una única muestra puntual.
- No hay especificación comercial del gas ni análisis completo del agua de formación.

G. Preguntas específicas del pozo para cada clase

Clase	Pregunta
Clase 1 **U9 + U10**	a) U9: Se reportan depósitos en filtros sin muestra. Con SARA, CII y Kuop, ¿qué hipótesis plantean? ¿Cómo tomarían y analizarían la muestra? b) U10: La temperatura de transporte (19 °C) queda apenas 1 °C por debajo del punto de escurrimiento (20 °C). ¿Cuán confiable es una conclusión basada en un margen tan chico?
Clase 2 **U11**	a) Agua: El dato de agua y sedimentos proviene de una sola muestra puntual. ¿Por qué no representa necesariamente toda la producción? Compárenlo con el corte de agua calculado con los caudales. b) Corrosión: Con 1,4 % m/m de azufre y 1 % de H_2S en el gas, ¿qué riesgo de corrosión hay y qué falta para confirmarlo?
Clase 3 **U12**	El gas tiene 3 % de N_2. ¿Cómo afecta su poder calorífico? ¿Cuándo se justifica remover N_2?
Presentación **★ lidera**	Jerarquicen al menos tres hipótesis sobre los problemas operativos y asocien cada una con los datos que la apoyan o la limitan. Propongan un esquema integrado de tratamiento de petróleo, agua y gas (qué se decide ya y qué espera nuevos datos) y un plan de muestreo priorizado por riesgo, utilidad diagnóstica y factibilidad. Su equipo abre la clase de presentación.