

Segundo Parcial 2022

POR FAVOR TENER EN CUENTA:

1. Resolver las partes en hojas separadas
2. Escribir nombre y apellido en el margen superior derecho de cada hoja entregada
3. Poner cantidad total de hojas entregadas (M) y número de hoja (n) en cada hoja, en el margen superior izquierdo de la hoja, con el formato n/M

Formato obligatorio en todas las hojas que se entreguen:

Apellidos	Nombre	CI	Carrera	Hoja (n/M)

Pregunta 1

Parte a.

El gobierno de cierto país decidió promover el reemplazo de combustibles no renovables por hidrógeno “verde” (hidrógeno obtenido por electrolisis usando energía eléctrica obtenida de fuentes renovables) y para ello dispuso que las empresas que reemplacen por lo menos un 5 % de la energía obtenida de combustibles no renovables por hidrógeno verde sean exoneradas del impuesto a las ganancias.

Una empresa industrial, quiere evaluar la posibilidad de sustituir parte del gas natural que emplea como combustible en su caldera por H_2 verde. Como sostiene una imagen de empresa comprometida con el medioambiente y la sustentabilidad, desea reemplazar todo el combustible posible siempre y cuando no reduzca la utilidad neta.

El ingreso por ventas es de 1.000.000 US\$/año y los demás costos (costos operativos sin incluir el costo del combustible, más amortizaciones e intereses) son de 600.000 US\$/año. De acuerdo con los consumos de energía en la planta, el aporte de energía del combustible debe ser 20 GJ por año. El costo del gas natural es de US\$ 4 por MJ aportado. Sin exoneraciones, el impuesto a las ganancias es 25%.

Calcule el % de reemplazo (de consumo de energía no renovable) máximo para que la utilidad neta de la empresa no se vea afectada. Considere que el costo del hidrógeno es de US\$ 60 por MJ aportado.

Otros datos:

Se sabe que el gas natural usado es 100% metano y que al quemarse un mol de este gas en las condiciones de la caldera se liberan 801,9 kJ. En cambio, al quemarse un mol de hidrógeno en las condiciones de la caldera se liberan 120,8 kJ.

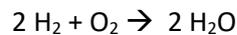
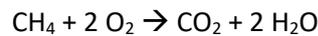
Parte b.

Finalmente, la industria opta por incorporar H₂ verde como combustible para su caldera. En la caldera se quemán a presión atmosférica y de forma continua 100 kmol/h de un combustible gaseoso con aire en exceso, para calentar agua que es luego usada como líquido calefactor en la planta de procesos.

Composición molar del combustible: 80% CH₄ y 20% H₂.

Composición molar del aire: 79% N₂ y 21% O₂

Las reacciones de combustión proceden según se indica a continuación y se completan sin dejar reactivos sin reaccionar:



Proporción de aire usado: 20% en exceso por sobre el requerido estequiométricamente.

Los gases combustibles y el aire ingresan a la caldera a 25°C y presión atmosférica.

El 10% del calor liberado en la combustión se pierde al ambiente a través de las paredes de la caldera, parte del calor liberado se va con los humos que salen a 200° y el resto es tomado por el agua. El agua entra a la caldera a 25°C y sale de la caldera a 90°C, y se envía a la planta para aportar calor a un proceso al que entrega 96,0 x 10⁷ kJ/día.

Determine:

b1) el calor entregado a la corriente de agua por mol de combustibles (expresado en kJ/mol).

b2) qué % del calor que recibe el agua en la caldera es entregado al proceso. Asuma que la planta trabaja 24 h/día.

Se dispone de los siguientes datos adicionales:

	H	C	N	O
Peso atómico (g/mol)	1,0	12,0	14,0	16,0

Propiedades físicas	H ₂ O (l)	H ₂ O (g)	H ₂ (g)	O ₂ (g)	CO ₂ (g)	N ₂ (g)	CH ₄ (g)
ΔH ^o _f a 25 °C y 1 atm (kJ/mol)	-285,5	-241,6	0,0	0,0	-393,5	0,0	-74,8
Punto de ebullición a 1 atm (°C)	100	100	-252	-183	15	-196	-162
Cp (*) (kJ/kg °C)	4,19	2,08	14,52	0,81	0,54	1,03	1,32

(*) en todo el rango de temperaturas y presiones en que pudieran encontrarse en el estado de agregación indicado.

Al estado gaseoso las sustancias involucradas tienen comportamiento ideal.

Pregunta 2

Parte a.

Una empresa fabrica los productos P1 y P2 a partir de dos materias primas A y B. Para la fabricación de una unidad de P1 necesita 1 kg de A y 3 kg de B y para la fabricación de una unidad de P2 necesita 2 kg de cada uno de los materiales. La producción planificada para la jornada es de 100 unidades de P1 y 150 unidades de P2. Durante la jornada los proveedores entregaron materia prima y según los remitos el total entregado fue 500 kg de A y 750 kg de B.

Al finalizar la jornada se auditará las cantidades de materiales en el depósito por lo que se hará una determinación física de los stocks de A y B. Ud. había hecho esa verificación al inicio de la jornada y los stocks de A y B eran 80 kg de A y 120 kg de B.

a1) Con los datos disponibles ¿es posible decir cuáles son los stocks de A y B que encontrarán los auditores luego de haber terminado la jornada?

a2)

Si su respuesta a (a1) fue afirmativa, diga cuáles son los stocks de A y B que encontrarán los auditores.

Si su respuesta a (a1) fue negativa, explique por qué no es posible (cite qué datos le faltaría tener para poder asegurarlo, o razones de por qué no es posible asegurar el stock (no más de 3).

Apellidos	Nombre	CI	Carrera	Hoja (n/M)

Parte b. Diga cuáles de las siguientes es Verdadera o Falsa poniendo una F o una V en el casillero a la derecha.

El valor a otorgar a las respuestas correctas, incorrectas u omitidas depende de la pregunta.

Se usarán puntajes tales que el valor esperado para el caso de respuestas dadas al azar sea 0.

Siempre conviene invertir en conocer los datos necesarios con la mayor apreciación posible. pues eso permite obtener datos con mayor cantidad de cifras significativas, y cuantas más cifras tengamos eso representa más información.	
Para satisfacer al cliente que nos plantea un problema conviene tomar en cuenta toda la información que nos da y no provocarlo poniendo en dudas datos que nos haya informado.	
En ocasiones no se justifica gastar tiempo en reducir la incertidumbre de cierta información porque el hacerlo implica "llegar tarde" a la implementación de la solución y el impacto de la menor incertidumbre no es crítico a la hora de definir la solución al problema.	
Suponga que debe obtener el valor de x a partir de la expresión $x + \Delta B + \Delta C + \Delta D = 0$. En ingeniería de procesos es una práctica aceptada el desprestigiar ΔD si se sabe que el valor absoluto de ΔD es inferior a 0,000000000001 (pues seguramente ese valor está por debajo de la apreciación de cualquier instrumento real).	
Como parte del diseño de la planta se calcula el tamaño del reactor requerido para lograr procesar cierta cantidad mínima de producto a cierta velocidad. A partir de la información disponible y la incertidumbre manejada se puede concluir con certeza que el reactor debe tener un volumen de 2 m^3, pero el cálculo de error nos arroja un resultado de $\pm 0,2 \text{ m}^3$.	
<ul style="list-style-type: none"> La expresión del resultado $2 \pm 0,2 \text{ m}^3$ es incorrecta porque tanto el valor informado (2) como el máximo apartamiento de error (0,2) deben tener la misma cantidad de cifras significativas. Los dos números (2 y 0,2) tienen la misma cantidad de cifras significativas A partir del enunciado queda claro que a la hora de construir el reactor conviene construirlo de un volumen que esté entre 1,8 y 2,2 Si el resultado fuera $2,0 \pm 0,2$, convendría construir el reactor de $2,2 \text{ m}^3$ Si el resultado fuera $2,0 \pm 0,2$, convendría construir el reactor de $1,8 \text{ m}^3$ Si con datos más precisos se consiguiera reducir el rango de error a $\pm 0,05 \text{ m}^3$, entonces el tamaño máximo del reactor necesario sería $2,05 \text{ m}^3$ 	
¿Cuáles de las siguientes puede ser causa de que estemos usando un dato que es diferente al dato real?	
<ul style="list-style-type: none"> el instrumento de medida no está calibrado el que tenía que medir, no midió y usó un dato anterior la persona que leyó lo que mide el instrumento interpretó mal la lectura quien midió nos mintió al informarnos la lectura para que nos equivocáramos nosotros no entendimos bien lo que el analista anotó en su planilla de mediciones el valor real cambió desde que se midió hasta que usamos el valor medido como no tenemos forma de conocer el dato real tuvimos que suponer uno y erramos 	
¿Cuáles de las siguientes puede ser causa de que nuestro cliente no quede satisfecho con la gestión del proveedor que contrató para resolver un problema determinado?	
<ul style="list-style-type: none"> el cliente diagnosticó mal su problema y pidió al proveedor algo que cuando se implementó no satisfizo la necesidad que el cliente realmente tenía el proveedor entendió mal el planteo del problema pues el cliente no fue claro el proveedor resolvió bien el problema pero no lo comunicó correctamente el proveedor resolvió y comunicó bien el problema pero el cliente no entendió la solución propuesta no se implementó correctamente ninguna de las anteriores es causa de que el cliente haya quedado insatisfecho con el proveedor 	
Aún cuando el problema en cuestión sea numérico, se maneje información disponible, no exista incertidumbres en los datos ni en tener que suponer escenarios futuros, y admita una única solución, es posible que dos personas por separado lleguen a dar respuestas diferentes.	
Si para decidir el tamaño del intercambiador de calor a construir es necesario considerar escenarios futuros que tienen diferente probabilidad de ocurrir, es posible que dos personas no se pongan de acuerdo en las probabilidades otorgadas a cada escenario y en consecuencia discrepar en el tamaño que debería tener el intercambiador	

Resolución tipo

Pregunta 1

Parte a.

ESTADO DE RESULTADOS (solo gas natural)

Ventas	1.000.000
Costos totales	600.000
Costo combustible*	80.000
Utilidad neta (UN) antes de impuestos	320.000
Impuestos	80.000
UN ₁ ***	240.000

$$*Costo\ de\ combustible = 4 \left(\frac{\$}{MJ} \right) * 20 \left(\frac{GJ}{año} \right) * 1000 \left(\frac{MJ}{GJ} \right)$$

$$**Impuestos = UN\ antes\ de\ impuestos * 0,25$$

$$***UN_1 = UN\ antes\ de\ impuestos - impuestos$$

Se supone que el porcentaje de remplazo es superior al 5% y que la empresa exonerará impuestos.

$x =$ fracción de remplazo de H₂

ESTADO DE RESULTADOS (reemplazo parcial de gas natural por H₂)

Ventas	1.000.000
Costos totales	600.000
Costo combustible	$20.000 \left(\frac{MJ}{año} \right) * \left(x * 60 \left(\frac{US\$}{MJ} \right) + (1 - x) * 4 \left(\frac{US\$}{MJ} \right) \right)$
UN ₂	$400.000 - 20.000 * (56x + 4)$

$$UN_2 = UN_1$$

$$400.000 - 20.000 * (56x + 4) = 240.000$$

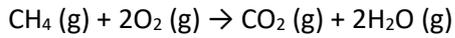
$$x = \mathbf{0,071}$$

El porcentaje de reemplazo máximo que no afecta la UN es **7,1%**.

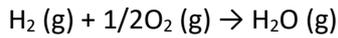
El porcentaje es mayor al 5%, por lo que se confirma el supuesto de que la empresa exonera impuestos.

Parte b

b1)



$$\Delta H^\circ_{\text{R}} \text{CH}_4 (\text{g}) 25^\circ \text{C} = (-393,5) + 2(-241,6) - (74,8) = \mathbf{-801,9 \text{ (kJ/mol)}}$$



$$\Delta H^\circ_{\text{R}} \text{H}_2 (\text{g}) 25^\circ \text{C} = (-241,6) = \mathbf{-241,6 \text{ (kJ/mol)}}$$

Base de cálculo 100 mol de mezcla:

$$n_{\text{e}}\text{CH}_4 (\text{g}) = \mathbf{80 \text{ mol}}$$

$$n_{\text{e}}\text{H}_2 (\text{g}) = \mathbf{20 \text{ mol}}$$

Oxígeno para combustión completa:

$$n_{\text{e}}\text{O}_2 \text{ CC} = 2 \cdot n_{\text{e}}\text{CH}_4 + 0.5 \cdot n_{\text{e}}\text{H}_2 = \mathbf{170 \text{ mol}}$$

Oxígeno que entra:

$$n_{\text{e}}\text{O}_2 = n_{\text{e}}\text{O}_2 \text{ CC} \cdot (1+X/100) = 170 \cdot (1+X/100) = \mathbf{204 \text{ mol}}$$

Oxígeno que sale:

$$n_{\text{s}}\text{O}_2 = n_{\text{e}}\text{O}_2 \text{ CC} \cdot (X/100) = 170 \cdot (X/100) \text{ mol} = \mathbf{34 \text{ mol}}$$

Nitrógeno que entra:

$$n_{\text{e}}\text{N}_2 = n_{\text{e}}\text{O}_2 \cdot (79/21) = 170 \cdot (1+X/100) \cdot (79/21) \text{ mol} = \mathbf{767,4 \text{ mol}}$$

Nitrógeno que sale:

$$n_{\text{s}}\text{N}_2 = n_{\text{e}}\text{N}_2$$

Dióxido de carbono que entra:

$$n_{\text{e}}\text{C} = 0$$

Dióxido de carbono que sale:

$$n_{\text{s}}\text{CO}_2 = n_{\text{e}}\text{CH}_4 = \mathbf{80 \text{ mol}}$$

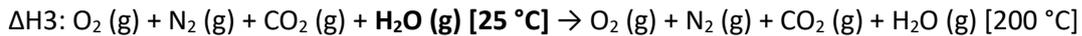
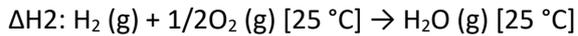
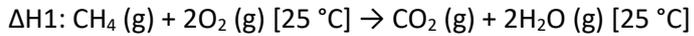
Agua que entra:

$$n_{\text{e}}\text{H}_2\text{O} = 0$$

Agua que sale:

$$n_s \text{H}_2\text{O} = 2 \cdot n_e \text{CH}_4 + n_e \text{H}_2 = \mathbf{180 \text{ mol}}$$

Ciclo de Hess:



$$Q_{\text{combustión}} = \Delta H_1 + \Delta H_2 + \Delta H_3$$

ΔH°_R (kJ/mol), C_p (kJ/kg °C), PM (g/mol) y n (mol).

$$\Delta H_1 = (\Delta H^\circ_R \text{CH}_4 \cdot n_e \text{CH}_4)$$

$$\Delta H_2 = (\Delta H^\circ_R \text{H}_2 \cdot n_e \text{H}_2)$$

$$\Delta H_3 = [(n_s \text{O}_2 \cdot C_p \text{O}_2 \cdot PM \text{O}_2) + (n_s \text{N}_2 \cdot C_p \text{N}_2 \cdot PM \text{N}_2) + (n_s \text{CO}_2 \cdot C_p \text{CO}_2 \cdot PM \text{CO}_2) + (n_s \text{H}_2\text{O} \cdot C_p \text{H}_2\text{O}(\text{g}) \cdot PM \text{H}_2\text{O})] \cdot [(1/1000) (\text{kg/g})] \cdot (T_s - T_e)$$

$$\Delta H_1 = \mathbf{-64152 \text{ kJ}}$$

$$\Delta H_2 = \mathbf{-4832 \text{ kJ}}$$

$$\Delta H_3 = [(34 \cdot 0,81 \cdot 32) + (767,4 \cdot 1,03 \cdot 28) + (80 \cdot 0,54 \cdot 44) + (180 \cdot 2,08 \cdot 18)] \cdot [(1/1000) (\text{kg/g})] \cdot (200-25)$$

$$\Delta H_3 = \mathbf{+ 5539 \text{ kJ}}$$

$$Q_{\text{combustión}} = \mathbf{-63445 \text{ kJ}}$$

$$Q = Q_{\text{combustión}} \cdot \mathbf{(90/100)}$$

$$Q = \mathbf{-57100 \text{ kJ}}$$

Como se utilizó una base de cálculo de 100 mol:

$$\mathbf{Q = -571,0 \text{ kJ/mol Mezcla}}$$

b2)

$$Q_{\text{corriente de agua}} = 100000 \text{ mol/h} \cdot -571,0 \text{ kJ/mol Mezcla} = 57,1 \times 10^6 \text{ kJ/h}$$

$$\text{Eficiencia del intercambiador} = [(96,0 \times 10^7) / (24 \cdot (57,1 \times 10^6))] = 0,70 \rightarrow \mathbf{70\%}$$

Pregunta 2

Parte a.

Para respuesta a en a1 afirmativa:

Planteando un balance de masa de materia prima (A o B) en el período de tiempo de una jornada:

$$\text{Acumulación} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} - \text{Consumo}$$

$$\text{Stock final} - \text{Stock inicial} = \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} - \text{Consumo}$$

$$\text{Stock final} = \text{Stock inicial} + \text{Entrada} - \text{Salida} + \text{Generación} - \text{Consumo}$$

Stock inicial: cantidad de materia prima al inicio de la jornada.

Stock final: cantidad de materia prima al final de la jornada.

Entrada: cantidad de materia prima que ingresa durante la jornada.

Salida: cantidad de materia prima que sale durante la jornada. En este caso es 0.

Generación: cantidad de materia prima que se genera durante la jornada. En este caso es 0.

Consumo: cantidad de materia prima que se consume para producir P1 y P2 durante la jornada.

Para poder calcular los stocks se considera el caso ideal, donde la producción coincide con la planificada, lo entregado de materia prima se corresponde con los remitos, la misma llegó a tiempo para poder ser utilizada durante la jornada, la verificación del stock inicial fue correcta, etc.

Término	Balance de masa de A (kg)		Balance de masa de B (kg)	
Stock inicial	80		120	
Entrada	500		750	
Salida	0		0	
Generación	0		0	
Consumo	Producción P1	Producción P2	Producción P1	Producción P2
	100	300	300	300
Stock final	180		270	

De los balances de masa de A y B se obtiene que los stocks que encontrarán los auditores al haber terminado la jornada son de 180 kg de A y 270 kg de B.

Para respuesta en a1 negativa:

Con los datos disponibles no es posible **asegurar** cuál es el stock que encontrará los auditores al final de la jornada debido a que:

- La producción de la jornada pudo no haber coincidido con la planificada, por lo que no se conoce realmente el consumo de A o B.
- La materia prima entregada por los proveedores pudo no ser la que aparece en los remitos.
- La verificación del stock inicial pudo no ser correcta.
- El consumo de materia prima pudo no ser el esperado.

Parte b.

Siempre conviene invertir en conocer los datos necesarios con la mayor apreciación posible. pues eso permite obtener datos con mayor cantidad de cifras significativas, y cuantas más cifras tengamos eso representa más información.	F
Para satisfacer al cliente que nos plantea un problema conviene tomar en cuenta toda la información que nos da y no provocarlo poniendo en dudas datos que nos haya informado.	F
En ocasiones no se justifica gastar tiempo en reducir la incertidumbre de cierta información porque el hacerlo implica "llegar tarde" a la implementación de la solución y el impacto de la menor incertidumbre no es crítico a la hora de definir la solución al problema.	V
Suponga que debe obtener el valor de x a partir de la expresión $x + \Delta B + \Delta C + \Delta D = 0$. En ingeniería de procesos es una práctica aceptada el despreñar ΔD si se sabe que el valor absoluto de ΔD es inferior a 0,000000000001 (pues seguramente ese valor está por debajo de la apreciación de cualquier instrumento real).	F
Como parte del diseño de la planta se calcula el tamaño del reactor requerido para lograr procesar cierta cantidad mínima de producto a cierta velocidad. A partir de la información disponible y la incertidumbre manejada se puede concluir con certeza que el reactor debe tener un volumen de 2 m^3, pero el cálculo de error nos arroja un resultado de $\pm 0,2 \text{ m}^3$.	
<ul style="list-style-type: none"> La expresión del resultado $2 \pm 0,2 \text{ m}^3$ es incorrecta porque tanto el valor informado (2) como el máximo apartamiento de error (0,2) deben tener la misma cantidad de cifras significativas. 	F
<ul style="list-style-type: none"> Los dos números (2 y 0,2) tienen la misma cantidad de cifras significativas 	V
<ul style="list-style-type: none"> A partir del enunciado queda claro que a la hora de construir el reactor conviene construirlo de un volumen que esté entre 1,8 y 2,2 	F
<ul style="list-style-type: none"> Si el resultado fuera $2,0 \pm 0,2$, convendría construir el reactor de $2,2 \text{ m}^3$ 	V
<ul style="list-style-type: none"> Si el resultado fuera $2,0 \pm 0,2$, convendría construir el reactor de $1,8 \text{ m}^3$ 	F
<ul style="list-style-type: none"> Si con datos más precisos se consiguiera reducir el rango de error a $\pm 0,05 \text{ m}^3$, entonces el tamaño máximo del reactor necesario sería $2,05 \text{ m}^3$ 	F
¿Cuáles de las siguientes puede ser causa de que estemos usando un dato que es diferente al dato real?	
<ul style="list-style-type: none"> el instrumento de medida no está calibrado 	V
<ul style="list-style-type: none"> el que tenía que medir, no midió y usó un dato anterior 	V
<ul style="list-style-type: none"> la persona que leyó lo que mide el instrumento interpretó mal la lectura 	V
<ul style="list-style-type: none"> quien midió nos mintió al informarnos la lectura para que nos equivocáramos 	V
<ul style="list-style-type: none"> nosotros no entendimos bien lo que el analista anotó en su planilla de mediciones 	V
<ul style="list-style-type: none"> el valor real cambió desde que se midió hasta que usamos el valor medido 	V
<ul style="list-style-type: none"> como no tenemos forma de conocer el dato real tuvimos que suponer uno y erramos 	V
¿Cuáles de las siguientes puede ser causa de que nuestro cliente no quede satisfecho con la gestión del proveedor que contrató para resolver un problema determinado?	
<ul style="list-style-type: none"> el cliente diagnosticó mal su problema y pidió al proveedor algo que cuando se implementó no satisfizo la necesidad que el cliente realmente tenía 	
<ul style="list-style-type: none"> el proveedor entendió mal el planteo del problema pues el cliente no fue claro 	V
<ul style="list-style-type: none"> el proveedor resolvió bien el problema pero no lo comunicó correctamente 	V
<ul style="list-style-type: none"> el proveedor resolvió y comunicó bien el problema pero el cliente no entendió 	V
<ul style="list-style-type: none"> la solución propuesta no se implementó correctamente 	V
<ul style="list-style-type: none"> ninguna de las anteriores es causa de que el cliente haya quedado insatisfecho con el proveedor 	F
Aún cuando el problema en cuestión sea numérico, se maneje información disponible, no exista incertidumbres en los datos ni en tener que suponer escenarios futuros, y admita una única solución, es posible que dos personas por separado lleguen a dar respuestas diferentes.	V
Si para decidir el tamaño del intercambiador de calor a construir es necesario considerar escenarios futuros que tienen diferente probabilidad de ocurrir, es posible que dos personas no se pongan de acuerdo en las probabilidades otorgadas a cada escenario y en consecuencia discrepar en el tamaño que debería tener el intercambiador	V