

Sumario

| | |
|--|----------|
| SUMARIO | 1 |
| A. CÁLCULOS REALIZADOS | 3 |
| A.1. Mezcla en el saturador | 3 |
| A.2. Preparación del catalizador | 4 |
| A.2.1. Deposición TiO ₂ | 4 |
| A.2.1. Deposición por capilaridad de las nanopartículas de Au..... | 5 |
| B. DATOS Y RESULTADOS EXPERIMENTALES | 7 |
| B.1. Base para cálculos de resultados | 7 |
| B.2. Tabla de datos y resultados..... | 9 |





A. Cálculos realizados

A continuación se detallan los cálculos necesarios para el desarrollo del proyecto.

A.1. Mezcla en el saturador

Para el inicio de la fase experimental es necesario llevar a cabo el cálculo de la proporción de agua y etanol que debe tener la mezcla líquida introducida en el saturador para que las burbujas de la corriente gaseosa de nitrógeno arrastren etanol y agua en relación molar 1:6 (de acuerdo con la reacción). La proporción de etanol:agua en la mezcla líquida debe ser diferente que la proporción en la mezcla gaseosa ya que ambas sustancias tienen diferentes presiones de vapor.

Para poder realizar el cálculo se utiliza la ley de Raoult , tal y como se muestra en la ecuación (Ec. A.1):

$$P_i = P_t \times Y_i^v = X_i^l \times P_i^v(T) \quad (\text{Ec. A.1})$$

En la ecuación anterior P_i es la presión parcial del componente i (para los dos componentes de la mezcla en este caso), P_t es la presión total del sistema, Y_i^v es la fracción molar del componente i en la fase de vapor, X_i^l es la fracción molar del componente i en la fase líquida, y $P_i^v(T)$ es la presión de vapor del componente i a la temperatura del sistema T .

Dicha ley demuestra que cuando dos sustancias líquidas se encuentran en un tanque cerrado parcialmente lleno, a una cierta temperatura, la cavidad restante la ocupará una mezcla gaseosa de ambas sustancias, pero en proporciones diferentes a la mezcla líquida.

Para el caso estudiado en este proyecto, es decir, con agua y etanol, las expresiones para el cálculo de sus presiones de vapor son las siguientes:

$$\log(P_w^v) = -6094.4642 \cdot T^{-1} + 21.1249952 - 2.724552 \times 10^{-2} \cdot T + 1.6853396 \times 10^{-5} \cdot T^2 + 2.4575506 \log_e(T), \text{ con } T \text{ en K para el agua} \quad (\text{Ec. A.2})$$

$$P_{\text{EtOH}}^v [\text{mmHg}] = 10^{[8.04494 - 1554.3 / (222.65 + T)]}, \text{ con } T \text{ en } ^\circ\text{C para el etanol} \quad (\text{Ec. A.3})$$



Si se hace la aproximación en condiciones estándar, es decir, presión atmosférica y 25°C de temperatura, se obtienen unas presiones de vapor de 0,0317 bar para el agua y 0,0783 bar para el etanol.

Por tanto, escribiendo la ley de Raoult para ambas sustancias, sólo se desconocen los valores de Y_i^v y X_i^l , que a su vez se sabe que se relacionan para las dos sustancias como se expone a continuación en las ecuaciones (Ec. A.4 y Ec. A.5)

$$Y_w^v = 6 \times Y_{\text{EtOH}}^v \quad (\text{Ec. A.4})$$

$$X_{\text{EtOH}}^l + X_w^l = 1 \quad (\text{Ec. A.5})$$

Así ya es posible resolver el sistema, de donde se deduce que la proporción etanol/agua en la mezcla líquida debe ser de 1:15, para que en la gaseosa sea de 1:6.

Para caudales inferiores a 80 ml/min, el nitrógeno tiene un tiempo de contacto suficiente con la mezcla líquida, por lo que cada una de las burbujas del saturador se asemeja a la cavidad de un tanque como el descrito para explicar la ley de Raoult, y se da por buena la aplicación de esta ley al sistema de trabajo.

A.2. Preparación del catalizador

Una vez cortado el monolito a la medida idónea para la introducción en el reactor debe pesarse.

Peso del monolito previo al tratamiento: 2,179 gr

A.2.1. Deposición del TiO_2

Peso del monolito tras el tratamiento térmico a 120 °C: 2,514 gr

Peso del monolito tras el tratamiento térmico a 450 °C: 2,392 gr



A.2.1. Deposición por capilaridad de las nanopartículas de Au

2,392 gr – 2,179 gr = 0,213 gr de TiO₂ adherido al monolito

Se añade un 2% en peso de nanopartículas de oro:

$$\frac{2 \text{ gr Au}}{100 \text{ gr cat}} \cdot \frac{1 \text{ mol Au}}{197 \text{ gr Au}} \cdot \frac{1 \text{ dm}^3 \text{ disol}}{40 \cdot 10^{-3} \text{ mol Au}} \cdot 0,213 \text{ gr catalizador} = 5,4 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ disolución}$$

$$5,4 \cdot 10^{-4} \text{ dm}^3 \text{ disolución} \cdot \frac{0,866 \text{ gr dis}}{1 \text{ cm}^3} \cdot \frac{1000 \text{ cm}^3}{1 \text{ dm}^3} = 0,4681 \text{ gr disolución de nanopartículas de Au}$$

Peso del monolito tras el tratamiento térmico a 400 °C: 2,384 gr





B. Datos y resultados experimentales

El presente anexo recoge la totalidad de los datos experimentales obtenidos en los ensayos catalíticos, junto con una serie de resultados calculados a partir de ellos. Primero se exponen las definiciones o los procedimientos necesarios para el cálculo de resultados, y después se muestra toda la información ordenada en forma tabulada.

B.1. Base para cálculos de resultados

- Caudal de etanol en fase gaseosa y flujos molares de etanol y agua

Para obtener el caudal citado, primero se multiplica el flujo líquido de inyección por la fracción de etanol de la mezcla (0,52 para la mezcla 1:3, 0,35 para la mezcla 1:6 y 0,2 para la mezcla 1:13), lo que da el caudal de etanol inyectado en forma líquida. De aquí el cálculo de los moles por minuto de etanol y de agua es trivial, considerando una densidad del etanol de 0,789 g/ml. De igual manera, suponiendo que al evaporarse el etanol se comporta como un gas ideal, basta multiplicar el número de moles de etanol por 22400 ml/mol para obtener los mililitros por minuto de etanol que entran al reactor.

- Tiempo de residencia

El tiempo de residencia en el reactor, se calcula simplemente dividiendo el volumen de dicho reactor (6,28 cm³) por el flujo gaseoso entrante, que será la suma del flujo de etanol y de este mismo multiplicado tantas veces como moles de agua tiene la mezcla por cada mol de etanol (3, 6 o 13).

- Caudal volumétrico de hidrógeno producido

Éste se consigue multiplicando el caudal volumétrico total medido a la salida del reactor por el porcentaje de hidrógeno en la mezcla de salida, medido con el cromatógrafo de gases.



- Relación $H_2/EtOH$ alimentado

Es el cociente entre el flujo molar de hidrógeno de salida y el flujo molar de etanol de alimentación.

- Flujos molares de cada sustancia en el gas resultante

Para el cálculo de estas magnitudes se calcula primero el caudal volumétrico de cada sustancia igual que para el hidrógeno, y luego se divide entre 22400 ml/mol, ya que se considera que se trata de gases ideales.

- Tasa de moles de etanol que reaccionan

Haciendo un balance de átomos de carbono en los flujos molares anteriores, puede calcularse el número de moles de etanol que reaccionan por minuto.

- Relación H_2 producido / $EtOH$ reaccionado

Es igual que $H_2/EtOH$ alimentado, pero utilizando como divisor esta vez la última magnitud calculada.

- Conversión de etanol

Es la fracción de los moles de etanol inyectados que han reaccionado.

- Selectividades de H_2 , CH_4 , CO y CO_2

Son las concentraciones de cada una de estas sustancias en el gas resultante, suponiendo que no existe ninguna otra. Para ello se recalculan las concentraciones mostradas anteriormente, de forma que el 100% sea la suma de las concentraciones iniciales de estas cuatro sustancias. Este cálculo tiene sentido puesto que la suma de estos productos representa más del 95% de la totalidad de los productos.



B.2. Tabla de datos y resultados

A continuación se muestran las tablas con los datos y resultados de todas las experiencias realizadas:

| Temp. [°C] | Selectividad H ₂ | Selectividad CO ₂ | Selectividad CH ₃ CHO | Selectividad CH ₃ COCH ₃ | Conversión CH ₃ CH ₂ OH [%] | H ₂ /EtOH _{alim} | η _{H2} | η _{term.} |
|------------|-----------------------------|------------------------------|----------------------------------|--|---|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 25 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 0,0 | 16,7 | 0,0 |
| 300 | 38,8 | 1,5 | 13,1 | 0,0 | 29,3 | 0,2 | 19,4 | 3,2 |
| 300 | 43,0 | 1,2 | 13,3 | 0,0 | 33,7 | 0,2 | 19,7 | 3,3 |
| 300 | 43,1 | 0,9 | 13,1 | 0,0 | 34,6 | 0,2 | 19,6 | 3,2 |
| 300 | 41,3 | 0,8 | 14,1 | 0,0 | 32,2 | 0,2 | 19,6 | 3,1 |
| 300 | 41,2 | 0,6 | 12,5 | 0,0 | 30,8 | 0,2 | 19,5 | 3,1 |
| 300 | 40,2 | 0,5 | 12,0 | 0,0 | 28,7 | 0,2 | 19,4 | 3,0 |
| 300 | 38,5 | 0,4 | 11,8 | 0,0 | 26,3 | 0,1 | 19,3 | 2,8 |
| 350 | 67,8 | 1,1 | 13,4 | 0,1 | 62,9 | 0,4 | 23,9 | 7,0 |
| 350 | 69,6 | 1,0 | 14,1 | 0,1 | 68,6 | 0,4 | 23,9 | 7,1 |
| 350 | 70,5 | 0,8 | 14,3 | 0,1 | 70,2 | 0,4 | 24,1 | 7,2 |
| 350 | 69,8 | 0,7 | 14,5 | 0,1 | 69,1 | 0,4 | 24,0 | 7,1 |
| 350 | 69,4 | 0,6 | 14,6 | 0,1 | 68,4 | 0,4 | 23,9 | 7,0 |
| 350 | 68,2 | 0,6 | 14,7 | 0,1 | 66,1 | 0,4 | 23,7 | 6,9 |
| 350 | 67,4 | 0,5 | 14,6 | 0,1 | 64,1 | 0,3 | 23,6 | 6,8 |
| 400 | 83,6 | 1,1 | 12,9 | 0,5 | 94,3 | 0,6 | 30,8 | 12,0 |
| 400 | 76,7 | 0,9 | 12,3 | 0,4 | 94,0 | 0,6 | 30,5 | 11,9 |
| 500 | 80,6 | 4,2 | 4,8 | 0,7 | 99,5 | 0,9 | 40,6 | 17,5 |
| 500 | 81,3 | 3,2 | 5,5 | 0,6 | 99,7 | 1,0 | 43,3 | 18,9 |
| 500 | 79,4 | 2,6 | 7,4 | 0,5 | 99,7 | 0,9 | 40,9 | 17,6 |
| 500 | 78,4 | 2,0 | 9,0 | 0,4 | 99,6 | 0,8 | 38,8 | 16,6 |
| 500 | 77,0 | 1,7 | 10,2 | 0,3 | 99,3 | 0,8 | 36,8 | 15,5 |
| 500 | 78,3 | 1,5 | 11,3 | 0,3 | 99,2 | 0,8 | 35,5 | 14,8 |
| 500 | 77,2 | 1,4 | 12,1 | 0,3 | 98,9 | 0,7 | 34,3 | 14,1 |

Tabla B.1: Reformado de etanol con vapor.



| FLUJO AIRE INICIAL [ml/min] | FLUJO MEZCLA INICIAL [ml/min] | Selectividad CH ₃ CHO | Selectividad CO ₂ | Selectividad H ₂ | Selectividad CO | Selectividad CH ₄ |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 0,98 | 0,00 | 0,02 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 1,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| 0 | 25 | 0,00 | 0,53 | 0,27 | 0,16 | 0,04 |
| 0 | 25 | 0,00 | 0,79 | 0,10 | 0,10 | 0,01 |
| 0 | 25 | 0,01 | 0,39 | 0,37 | 0,18 | 0,06 |
| 0 | 25 | 0,09 | 0,18 | 0,41 | 0,24 | 0,09 |
| 0 | 25 | 0,23 | 0,08 | 0,38 | 0,22 | 0,09 |
| 0 | 25 | 0,14 | 0,03 | 0,53 | 0,26 | 0,04 |
| 0 | 25 | 0,02 | 0,01 | 0,14 | 0,07 | 0,76 |
| 0 | 25 | 0,06 | 0,02 | 0,60 | 0,29 | 0,02 |
| 0 | 25 | 0,04 | 0,02 | 0,61 | 0,30 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,04 | 0,02 | 0,62 | 0,30 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,30 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,31 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,31 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,31 | 0,02 |
| 1 | 24 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,30 | 0,02 |
| 2 | 23 | 0,03 | 0,02 | 0,62 | 0,30 | 0,02 |
| 2 | 23 | 0,04 | 0,02 | 0,61 | 0,30 | 0,02 |
| 2 | 23 | 0,06 | 0,02 | 0,61 | 0,28 | 0,03 |
| 2 | 23 | 0,08 | 0,02 | 0,61 | 0,26 | 0,03 |
| 2 | 23 | 0,09 | 0,02 | 0,60 | 0,26 | 0,03 |
| 2 | 23 | 0,10 | 0,01 | 0,60 | 0,25 | 0,03 |
| 2 | 23 | 0,11 | 0,01 | 0,60 | 0,25 | 0,03 |
| 2 | 23 | 0,11 | 0,01 | 0,59 | 0,25 | 0,04 |
| 2 | 23 | 0,12 | 0,01 | 0,59 | 0,24 | 0,04 |
| 2 | 23 | 0,14 | 0,01 | 0,58 | 0,23 | 0,04 |
| 3 | 22 | 0,07 | 0,03 | 0,58 | 0,29 | 0,03 |
| 3 | 22 | 0,05 | 0,03 | 0,59 | 0,31 | 0,02 |



| FLUJO AIRE INICIAL [ml/min] | FLUJO MEZCLA INICIAL [ml/min] | Selectividad CH ₃ CHO | Selectividad CO ₂ | Selectividad H ₂ | Selectividad CO | Selectividad CH ₄ |
|-----------------------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------------------|-----------------|------------------------------|
| 3 | 22 | 0,05 | 0,03 | 0,58 | 0,31 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,05 | 0,03 | 0,58 | 0,31 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,04 | 0,04 | 0,58 | 0,32 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,03 | 0,04 | 0,58 | 0,33 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,02 | 0,04 | 0,58 | 0,34 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,02 | 0,04 | 0,58 | 0,34 | 0,02 |
| 4 | 21 | 0,02 | 0,04 | 0,58 | 0,34 | 0,02 |

Tabla B.2: Oxidación parcial de etanol a temperatura fijada de 600°C.

| O ₂ /EtOH _{alim} | Conversión CH ₃ CH ₂ OH [%] | Caudal EtOH gas-alim [ml/min] | H ₂ /EtOH _{alim} | η _{H₂} | η _{term.} |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| 0,00 | 92,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,02 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,02 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,21 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 100,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,00 |
| 0,00 | 100,00 | 0,25 | 0,00 | 33,33 | 0,01 |
| 0,00 | 88,00 | 0,25 | 0,13 | 37,95 | 4,00 |
| 0,00 | 100,00 | 0,25 | 0,05 | 35,18 | 2,14 |
| 0,00 | 80,00 | 0,25 | 0,15 | 38,65 | 4,27 |
| 0,00 | 84,00 | 0,25 | 0,11 | 37,22 | 3,42 |
| 0,00 | 92,00 | 0,25 | 0,11 | 37,34 | 3,53 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,27 | 43,82 | 7,98 |
| 0,00 | 100,00 | 0,25 | 0,34 | 46,96 | 9,94 |
| 0,00 | 96,00 | 0,25 | 0,38 | 48,94 | 11,15 |
| 0,00 | 100,00 | 0,25 | 0,41 | 50,37 | 11,97 |
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,44 | 51,89 | 12,87 |
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,44 | 51,93 | 12,88 |
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,44 | 51,93 | 12,94 |
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,45 | 52,06 | 13,03 |



| O ₂ /EtOH _{alim} | Conversión CH ₃ CH ₂ OH [%] | Caudal EtOH gas-alim [ml/min] | H ₂ /EtOH _{alim} | η _{H2} | η _{term.} |
|--------------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------------|-----------------|--------------------|
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,44 | 51,76 | 12,84 |
| 0,83 | 100,00 | 0,24 | 0,44 | 51,61 | 12,77 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,45 | 52,44 | 13,24 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,44 | 51,60 | 12,75 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,41 | 50,47 | 11,88 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,39 | 49,21 | 10,94 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,38 | 48,79 | 10,63 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,37 | 48,30 | 10,29 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,37 | 48,05 | 10,13 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,36 | 47,88 | 10,04 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,35 | 47,53 | 9,80 |
| 1,74 | 100,00 | 0,23 | 0,33 | 46,59 | 9,18 |
| 2,73 | 100,00 | 0,22 | 0,43 | 51,38 | 12,77 |
| 2,73 | 100,00 | 0,22 | 0,46 | 52,95 | 13,88 |
| 2,73 | 100,00 | 0,22 | 0,46 | 53,02 | 13,97 |
| 2,73 | 100,00 | 0,22 | 0,46 | 52,99 | 13,99 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,49 | 54,38 | 14,74 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,53 | 56,47 | 16,12 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,54 | 57,23 | 16,59 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,55 | 57,72 | 16,98 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,55 | 57,72 | 16,99 |
| 3,81 | 100,00 | 0,21 | 0,55 | 57,67 | 16,92 |

Tabla B.3: Oxidación parcial de etanol a temperatura fijada de 600°C.

| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------|
| 90 | 35,93 | 3,72 | ANTES CALC |
| 90 | 33,57 | 3,40 | ANTES CALC |
| 90 | 34,87 | 3,55 | ANTES CALC |
| 90 | 35,99 | 3,66 | ANTES CALC |
| 90 | 35,06 | 3,66 | ANTES CALC |
| 90 | 35,43 | 3,62 | ANTES CALC |
| 90 | 35,48 | 3,52 | ANTES CALC |
| 90 | 35,76 | 3,69 | ANTES CALC |
| 200 | 94,28 | 54,00 | CALC 200 |
| 200 | 94,15 | 54,55 | CALC 200 |
| 200 | 95,43 | 55,94 | CALC 200 |
| 200 | 100,00 | 62,20 | CALC 200 |



| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H₂ | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------------------|-----------------|
| 200 | 96,61 | 60,22 | CALC 200 |
| 90 | 34,12 | 1,40 | CALC 300 |
| 90 | 51,16 | 7,33 | CALC 300 |
| 90 | 60,98 | 10,61 | CALC 300 |
| 90 | 64,18 | 12,15 | CALC 300 |
| 90 | 65,17 | 12,61 | CALC 300 |
| 90 | 64,72 | 12,50 | CALC 300 |
| 200 | 10,01 | 0,00 | CALC 300 |
| 200 | 12,59 | 0,00 | CALC 300 |
| 200 | 23,03 | 2,58 | CALC 300 |
| 200 | 40,03 | 5,28 | CALC 300 |
| 200 | 65,26 | 13,46 | CALC 300 |
| 200 | 86,01 | 29,11 | CALC 300 |
| 200 | 94,85 | 45,02 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 53,51 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 57,76 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 59,59 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 60,61 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 60,25 | CALC 300 |
| 90 | 86,80 | 49,11 | CALC 400 |
| 90 | 75,38 | 31,09 | CALC 400 |
| 90 | 61,97 | 17,04 | CALC 400 |
| 90 | 47,56 | 9,12 | CALC 400 |
| 90 | 35,26 | 4,79 | CALC 400 |
| 90 | 26,05 | 2,54 | CALC 400 |
| 90 | 19,97 | 1,46 | CALC 400 |
| 90 | 16,18 | 1,11 | CALC 400 |
| 90 | 13,04 | 0,00 | CALC 400 |
| 90 | 15,65 | 1,21 | CALC 400 |
| 90 | 18,95 | 0,79 | CALC 400 |
| 90 | 21,20 | 1,84 | CALC 400 |
| 90 | 23,15 | 2,06 | CALC 400 |
| 90 | 23,38 | 2,16 | CALC 400 |
| 90 | 23,74 | 2,17 | CALC 400 |
| 90 | 23,88 | 2,18 | CALC 400 |
| 90 | 23,88 | 2,18 | CALC 400 |
| 200 | 68,10 | 18,02 | CALC 400 |
| 200 | 77,20 | 26,31 | CALC 400 |
| 200 | 83,93 | 34,33 | CALC 400 |
| 200 | 85,83 | 38,94 | CALC 400 |
| 200 | 88,14 | 41,23 | CALC 400 |
| 200 | 87,78 | 43,33 | CALC 400 |
| 200 | 88,39 | 44,11 | CALC 400 |
| 200 | 88,67 | 43,68 | CALC 400 |
| 200 | 88,59 | 43,86 | CALC 400 |
| 200 | 88,50 | 43,66 | CALC 400 |



| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|
| 200 | 88,46 | 44,10 | CALC 400 |
| 200 | 88,47 | 43,69 | CALC 400 |
| 90 | 3,45 | 0,00 | CALC 500 |
| 90 | 2,85 | 0,00 | CALC 500 |
| 90 | 2,67 | 0,00 | CALC 500 |
| 90 | 2,77 | 0,00 | CALC 500 |

Tabla B.4: Oxidación preferencial de CO en presencia de H₂ (Mezcla B).

| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------|
| 90 | 35,93 | 3,72 | ANTES CALC |
| 90 | 33,57 | 3,40 | ANTES CALC |
| 90 | 34,87 | 3,55 | ANTES CALC |
| 90 | 35,99 | 3,66 | ANTES CALC |
| 90 | 35,06 | 3,66 | ANTES CALC |
| 90 | 35,43 | 3,62 | ANTES CALC |
| 90 | 35,48 | 3,52 | ANTES CALC |
| 90 | 35,76 | 3,69 | ANTES CALC |
| 200 | 13,42 | 5,62 | CALC 200 |
| 200 | 13,49 | 5,81 | CALC 200 |
| 200 | 13,74 | 5,76 | CALC 200 |
| 200 | 13,04 | 5,79 | CALC 200 |
| 90 | 27,69 | 1,58 | CALC 300 |
| 90 | 28,36 | 1,57 | CALC 300 |
| 90 | 28,58 | 1,58 | CALC 300 |
| 90 | 28,54 | 1,61 | CALC 300 |
| 90 | 29,02 | 1,62 | CALC 300 |
| 90 | 28,91 | 1,62 | CALC 300 |
| 90 | 28,88 | 1,62 | CALC 300 |
| 90 | 29,31 | 1,61 | CALC 300 |
| 90 | 46,43 | 8,44 | CALC 300 |
| 200 | 14,41 | 5,50 | CALC 300 |
| 200 | 14,38 | 5,53 | CALC 300 |
| 200 | 15,06 | 5,55 | CALC 300 |
| 200 | 14,00 | 5,61 | CALC 300 |
| 200 | 14,53 | 5,54 | CALC 300 |
| 90 | 22,24 | 1,16 | CALC 400 |
| 90 | 21,99 | 1,14 | CALC 400 |
| 90 | 21,38 | 1,09 | CALC 400 |
| 90 | 21,18 | 1,06 | CALC 400 |
| 200 | 14,41 | 5,49 | CALC 400 |
| 200 | 14,68 | 5,61 | CALC 400 |
| 200 | 14,78 | 5,63 | CALC 400 |
| 90 | 7,52 | 0,34 | CALC 500 |



| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|
| 90 | 7,23 | 0,36 | CALC 500 |
| 90 | 7,30 | 0,39 | CALC 500 |

Tabla B.5: Oxidación preferencial de CO en presencia de H₂ (Mezcla C).

| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-------------------|
| 90 | 35,93 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 33,57 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 34,87 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 35,99 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 35,06 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 35,43 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 35,48 | 0 | ANTES CALC |
| 90 | 35,76 | 0 | ANTES CALC |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 200 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 200 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 200 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 200 |
| 90 | 37,50 | 0 | CALC 300 |
| 90 | 35,87 | 0 | CALC 300 |
| 90 | 34,72 | 0 | CALC 300 |
| 90 | 34,34 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 300 |
| 90 | 23,54 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 23,18 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 22,27 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 21,94 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 21,44 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 21,47 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 100,00 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 97,01 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 95,67 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 95,19 | 0 | CALC 400 |
| 200 | 94,23 | 0 | CALC 400 |
| 90 | 3,99 | 0 | CALC 500 |
| 90 | 5,11 | 0 | CALC 500 |



| Temperatura [°C] | Conversión de CO | Conversión de H ₂ | |
|------------------|------------------|------------------------------|-----------------|
| 90 | 5,69 | 0 | CALC 500 |
| 90 | 6,19 | 0 | CALC 500 |
| 90 | 6,54 | 0 | CALC 500 |
| 90 | 6,62 | 0 | CALC 500 |
| 90 | 6,75 | 0 | CALC 500 |

Tabla B.6: Oxidación preferencial de CO en presencia de H₂ (Mezcla A).

| Nº análisis | Flujo aire [mil/min] | Temperatura [°C] | CO entrada | H ₂ entrada | Conversión a CO ₂ | Conversión a H ₂ O |
|-------------|----------------------|------------------|------------|------------------------|------------------------------|-------------------------------|
| 1 | 94,56 | 200,00 | 2,52 | 4,66 | 79,07 | 70,94 |
| 2 | 94,56 | 200,00 | 2,22 | 4,07 | 87,92 | 73,16 |
| 3 | 94,56 | 200,00 | 2,17 | 3,84 | 91,21 | 75,50 |
| 4 | 94,56 | 200,00 | 2,16 | 3,71 | 92,21 | 76,38 |
| 5 | 94,56 | 200,00 | 2,13 | 3,68 | 92,64 | 76,82 |
| 6 | 94,56 | 200,00 | 2,11 | 3,68 | 92,78 | 77,00 |
| 7 | 94,56 | 200,00 | 1,98 | 3,66 | 92,64 | 77,29 |
| 8 | 94,56 | 200,00 | 1,98 | 3,65 | 92,90 | 77,68 |
| 9 | 52,86 | 200,00 | 2,02 | 3,67 | 94,47 | 79,19 |
| 10 | 52,86 | 200,00 | 2,00 | 3,57 | 96,87 | 81,50 |
| 11 | 52,86 | 200,00 | 1,95 | 3,50 | 100,00 | 83,69 |
| 12 | 52,86 | 200,00 | 1,97 | 3,42 | 100,00 | 83,21 |
| 13 | 52,86 | 200,00 | 1,96 | 3,43 | 100,00 | 83,31 |
| 14 | 10,43 | 200,00 | 1,97 | 3,39 | 100,00 | 83,55 |
| 15 | 10,43 | 200,00 | 2,01 | 2,97 | 100,00 | 96,59 |
| 16 | 10,43 | 200,00 | 2,00 | 2,92 | 100,00 | 96,45 |
| 17 | 10,43 | 200,00 | 0,01 | 2,98 | 100,00 | 95,59 |

Tabla B.7: Oxidación preferencial de CO en presencia H₂.



