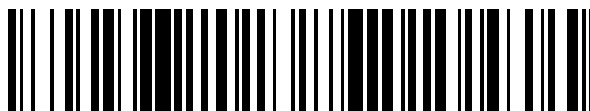


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 561 109**

51 Int. Cl.:

A24B 15/10

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **06.02.2003** **E 03707722 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.12.2015** **EP 1494549**

54 Título: **Uso de compuestos de oxihidróxido para reducir el monóxido de carbono en la corriente principal de humo de un cigarrillo**

30 Prioridad:

08.04.2002 US 117220

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:

24.02.2016

73 Titular/es:

PHILIP MORRIS PRODUCTS S.A. (100.0%)
Quai Jeanrenaud 3
2000 Neuchâtel, CH

72 Inventor/es:

HAJALIGOL, MOHAMMAD y
LI, PING

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 561 109 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Uso de compuestos de oxihidróxido para reducir el monóxido de carbono en la corriente principal de humo de un cigarrillo

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere generalmente a métodos para reducir la cantidad de monóxido de carbono en la corriente principal de humo de un cigarrillo al fumar. Más específicamente, la invención se refiere a composiciones de picadura, cigarrillos, métodos para fabricar cigarrillos y métodos para fumar cigarrillos que implican el uso de compuestos de oxihidróxido, que se descomponen al fumar para producir uno o más productos capaces de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

Antecedentes de la invención

- 15 Se han propuesto varios métodos para reducir la cantidad de monóxido de carbono en la corriente principal de humo de un cigarrillo al fumar. Por ejemplo, la patente británica núm. 863, 287 describe métodos para tratar el tabaco antes de la fabricación de artículos de tabaco, de manera que los productos de combustión incompleta se eliminen o modifiquen al fumar el artículo de tabaco. Adicionalmente, se han sugerido cigarrillos que comprenden absorbentes, generalmente en una punta de filtro, para absorber físicamente algo del monóxido de carbono. Los filtros de cigarrillos y materiales de filtro se describen, por ejemplo, en la patente reemitida de Estados Unidos núm. RE 31, 700; patente de Estados Unidos núm. 4, 193, 412; patente británica núm. 973, 854; patente británica núm. 685, 822; patente británica núm. 1, 104, 993 y patente suiza núm. 609, 217. Sin embargo, tales métodos usualmente no son completamente eficientes.

- 20 Los catalizadores para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono se describen, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos núm. 4, 317, 460; 4, 956, 330; 5, 258, 330; 4, 956, 330; 5, 050, 621; y 5, 258, 340; así como en la patente británica núm. 1, 315, 374. Las desventajas de incorporar un catalizador convencional dentro de un cigarrillo incluyen grandes cantidades de oxidante que necesitan incorporarse en el filtro para lograr una reducción considerable del monóxido de carbono. Además, si se toma en cuenta la ineficacia de la reacción heterogénea, la cantidad de oxidante requerida podría ser aún mayor.

- 25 Los óxidos de metal, tales como óxido de hierro se han incorporado también en los cigarrillos para varios propósitos. Ver, por ejemplo, las publicaciones internacionales WO 87/06104 y WO 00/40104, así como las patentes de Estados Unidos núms. 3, 807, 416 y 3, 720, 214. El óxido de hierro se ha propuesto, además, para su incorporación en artículos de tabaco, para una variedad de otros propósitos. Por ejemplo, el óxido de hierro se ha descrito como relleno inorgánico particulado (*por ejemplo*, patentes de Estados Unidos núms. 4, 197, 861; 4, 195, 645; y 3, 931, 824), como un agente colorante (*por ejemplo*, patente de Estados Unidos núm. 4, 119, 104) y en forma de polvo como un regulador del quemado (*por ejemplo*, patente de Estados Unidos núm. 4, 109, 663). Adicionalmente, varias patentes describen el tratamiento de materiales de relleno con óxido de hierro en polvo para mejorar el sabor, color y/o apariencia (*por ejemplo*, patentes de Estados Unidos núms. 6, 095, 152; 5, 598, 868; 5, 129, 408; 5, 105, 836 y 5, 101, 839). Sin embargo, los intentos anteriores para fabricar cigarrillos que incorporan óxidos de metal, tales como FeO o Fe₂O₃ no han conducido a la reducción efectiva de monóxido de carbono en la corriente principal de humo.

- 30 A pesar de los desarrollos hasta la fecha, sigue existiendo la necesidad de métodos y composiciones mejores y más eficientes para reducir la cantidad de monóxido de carbono en la corriente principal de humo de un cigarrillo al fumar. Preferentemente, tales métodos y composiciones no deberían involucrar etapas de fabricación y/o procesamiento costosas o consumidoras de tiempo. Con mayor preferencia, debería ser posible catalizar u oxidar el monóxido de carbono no solamente en la región del filtro del cigarrillo, sino también, a lo largo de toda la longitud del cigarrillo al fumar.

Resumen

- 35 La invención proporciona composiciones de picadura, cigarrillos, métodos para fabricar cigarrillos y métodos para fumar cigarrillos que implican el uso de un compuesto de oxihidróxido, que es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

- 40 Una modalidad de la invención se refiere a una composición de picadura que comprende tabaco y un compuesto de oxihidróxido, en donde durante la combustión de la composición de picadura, el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

- 45 Otra modalidad de la invención se refiere a un cigarrillo que comprende una varilla de tabaco, en donde la varilla de tabaco comprende una composición de picadura que comprende tabaco y un compuesto de oxihidróxido. Al fumar el cigarrillo, el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de

actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. El cigarrillo comprende preferentemente de aproximadamente 5 mg a aproximadamente 200 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo, y con mayor preferencia de aproximadamente 40 mg a aproximadamente 100 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.

- 5 Una modalidad adicional de la invención se refiere a un método para fabricar un cigarrillo, que comprende (i) adicionar un compuesto de oxihidróxido a una picadura, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse al fumar el cigarrillo para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono; (ii) proporcionar la picadura que comprende el compuesto de oxihidróxido a un
- 10 máquina para fabricar cigarrillos para formar una varilla de tabaco; y (iii) colocar una envoltura de papel alrededor de la varilla de tabaco para formar el cigarrillo. El cigarrillo así producido comprende preferentemente de aproximadamente 5 mg a aproximadamente 200 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo, y con mayor preferencia de aproximadamente 40 mg a aproximadamente 100 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.

- 15 Aún otra modalidad de la invención se refiere a un método para fumar el cigarrillo descrito anteriormente, que implica encender el cigarrillo para formar humo e inhalar el humo, en donde al fumar el cigarrillo, el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

- 20 En una modalidad preferente de la invención, el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar tanto como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. Los compuestos de oxihidróxidos incluyen preferentemente, pero sin limitarse a: FeOOH , AlOOH , TiOOH , y mezclas de estos, donde FeOOH es particularmente preferido. Preferentemente, el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto seleccionado del grupo que consiste en Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , y
- 25 mezclas de estos.

Preferentemente, el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de picadura está presente en una cantidad eficaz para convertir al menos 50% del monóxido de carbono en dióxido de carbono.

- 30 En aún otra modalidad preferente, el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de picadura está en la forma de nanopartículas, y tienen preferentemente un tamaño promedio de partículas de menos de aproximadamente 500 nm, que tiene con mayor preferencia un tamaño promedio de partículas de menos de aproximadamente 100 nm, que tiene con mayor preferencia un tamaño promedio de partículas menor que aproximadamente 50 nm, y que tiene con la máxima preferencia un tamaño promedio de partículas inferior a aproximadamente 5 nm.

35 **Breve descripción de las figuras**

Varias características y ventajas de la invención serán evidentes tras la consideración de la siguiente descripción detallada, tomada de conjunto con las figuras adjuntas, en las cuales:

La Figura 1 representa la dependencia de la temperatura de la Energía Libre de Gibbs y la Entalpía para la reacción de oxidación del monóxido de carbono para formar dióxido de carbono.

- 40 La Figura 2 representa la dependencia de la temperatura para la conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono por carbono.

La Figura 3 representa una comparación de los cambios de la Energía de Gibbs de varias reacciones entre el carbono, oxígeno, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y gas de hidrógeno.

- 45 La Figura 4 representa el por ciento de conversión de dióxido de carbono en monóxido de carbono a diferentes temperaturas, por el carbono e hidrógeno, respectivamente.

La Figura 5 representa los cambios de la Energía de Gibbs para varias reacciones que implican Fe(III) y/o monóxido de carbono.

La Figura 6 representa la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono por Fe_2O_3 y Fe_3O_4 respectivamente, en un intervalo de temperaturas.

- 50 La Figura 7 representa el cambio de la Energía de Gibbs para la descomposición de FeOOH , en un intervalo de temperaturas.

La Figura 8 representa los cambios de Entalpía de la descomposición de FeOOH y reducción de Fe_2O_3 , respectivamente, en un intervalo de temperaturas.

La Figura 9 representa una comparación entre la actividad catalítica de nanopartículas de Fe_2O_3 (NANOCAT® Óxido de Hierro Superfino (SFIO) de MACH I, Inc., King of Prussia, PA) con un tamaño promedio de partículas de aproximadamente 3 nm, contra Fe_2O_3 en polvo (de Aldrich Chemical Company) que tiene un tamaño promedio de partículas de aproximadamente 5 μm .

- 5 La Figura 10 representa la zona de combustión de un cigarrillo al fumar (donde las nanopartículas de Fe_2O_3 actúan como un oxidante) y la región de pirólisis de un cigarrillo al fumar (donde las nanopartículas de Fe_2O_3 actúan como un catalizador), así como las reacciones pertinentes que se producen en esas regiones.

- La Figura 11A representa la zona de combustión, la zona de pirólisis/destilación, y la zona de condensación/filtración, y las Figuras 11B, 11C y 11D representan los niveles relativos de oxígeno, dióxido de carbono y monóxido de carbono respectivamente, a lo largo de la longitud del cigarrillo al fumar.

La Figura 12 representa un esquema de un reactor de tubo de flujo de cuarzo.

La Figura 13 representa la dependencia de la temperatura en la producción de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno, cuando se usan nanopartículas de Fe_2O_3 como el catalizador para la oxidación de monóxido de carbono por el oxígeno para producir dióxido de carbono.

- 15 La Figura 14 ilustra la producción relativa de monóxido de carbono, dióxido de carbono y oxígeno, cuando se usan nanopartículas de Fe_2O_3 como un oxidante para la reacción de Fe_2O_3 con monóxido de carbono para producir dióxido de carbono y FeO .

Las Figuras 15A y 15B ilustran los órdenes de reacción del monóxido de carbono y del dióxido de carbono con Fe_2O_3 como un catalizador.

- 20 La Figura 16 representa la medición de la energía de activación y el factor pre exponencial para la reacción de monóxido de carbono con oxígeno para producir el dióxido de carbono, mediante el uso de nanopartículas de Fe_2O_3 como un catalizador para la reacción.

La Figura 17 representa la dependencia de la temperatura para la velocidad de conversión del monóxido de carbono, para regímenes de flujo de 300 ml/min y 900 ml/min respectivamente.

- 25 La Figura 18 representa los estudios de contaminación y desactivación para el agua, en donde la curva 1 representa la condición para 3% de H_2O y la curva 2 representa la condición sin H_2O .

La Figura 19 representa una configuración del tubo del reactor de flujo para simular un cigarrillo en la evaluación de diferentes catalizadores y precursores de catalizadores.

- 30 La Figura 20 representa las cantidades relativas de producción de monóxido de carbono y de dióxido de carbono sin un catalizador presente.

La Figura 21 representa las cantidades relativas de producción de monóxido de carbono y de dióxido de carbono con un catalizador de nanopartículas de Fe_2O_3 presentes.

Descripción detallada

- 35 La invención proporciona composiciones de picadura, cigarrillos, métodos para fabricar cigarrillos y métodos para fumar cigarrillos que implican el uso de un compuesto de oxihidróxido que es capaz de descomponerse al fumar para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. A través de la invención, la cantidad de monóxido de carbono en la corriente principal de humo puede reducirse, por lo tanto se reduce también la cantidad de monóxido de carbono que alcanza al fumador y/o el humo emitido de segunda mano.

El término "corriente principal de humo" se refiere a la mezcla de gases que pasan por la varilla de tabaco y la emisión a través del extremo del filtro, es decir, la cantidad de humo que se emite o aspira del extremo del lado de la boca de un cigarrillo al fumar el cigarrillo. La corriente principal de humo contiene humo que se extrae a través de la región de encendido del cigarrillo, así como a través de la envoltura de papel del cigarrillo.

- 45 La cantidad total de monóxido de carbono presente en la corriente principal de humo y que se forma al fumar proviene de una combinación de tres fuentes principales: la descomposición térmica (aproximadamente 30%), la combustión (aproximadamente 36%) y la reducción de dióxido de carbono con tabaco carbonizado (al menos 23%). La formación de monóxido de carbono de la descomposición térmica comienza a una temperatura de aproximadamente 180 °C, y termina en alrededor de 1050 °C, y se controla mayormente por la cinética química. La formación de monóxido de carbono y de dióxido de carbono durante la combustión se controla mayormente por la difusión de oxígeno hacia la superficie (k_a) y la reacción superficial (k_b). A 250 °C, k_a y k_b , son aproximadamente lo mismo. A 400 °C, la reacción se hace una difusión controlada. Finalmente, la reducción de dióxido de carbono con tabaco carbonizado o con el carbón ocurre a temperaturas alrededor de 390 °C y superiores. Además de los

constituyentes del tabaco, la temperatura y la concentración de oxígeno son los dos factores más importantes que afectan la formación y la reacción de monóxido de carbono y de dióxido de carbono.

Si bien no se desea estar limitados por la teoría, se cree que los compuestos de oxihidróxidos se descomponen bajo condiciones para la combustión de la picadura o la emisión de humo del cigarrillo para producir cualquiera de los compuestos catalizadores u oxidantes, que definen las diversas reacciones que ocurren en diferentes regiones del cigarrillo al fumar. Al fumar hay tres regiones distintas en un cigarrillo: la zona de combustión, la zona de pirólisis/destilación, y la zona de condensación/filtración. En primer lugar, la “región de combustión” es la zona de incineración del cigarrillo, producida al fumar el cigarrillo, usualmente en el extremo de encendido de un cigarrillo. La temperatura en la zona de combustión está en el intervalo de aproximadamente 700 °C a aproximadamente 950 °C, y la velocidad de calentamiento puede ir tan alto como 500 °C/segundo. La concentración de oxígeno es baja en esta región, ya que se consume en la combustión del tabaco para producir monóxido de carbono, dióxido de carbono, vapor de agua, y diversos compuestos orgánicos. Esta reacción es altamente exotérmica y el calor generado aquí es portado como gases a la zona de pirólisis/destilación. Las bajas concentraciones de oxígeno junto con la alta temperatura en la región de combustión conducen a la reducción de dióxido de carbono en monóxido de carbono por el tabaco carbonizado. En la región de combustión, es conveniente usar un oxihidróxido que se descompone para formar un oxidante *in situ*, que convertirá el monóxido de carbono en dióxido de carbono en ausencia de oxígeno. La reacción de oxidación se inicia en alrededor de 150 °C, y alcanza actividad máxima a temperaturas superiores a aproximadamente 460 °C.

A continuación, la “región de pirólisis” es la región detrás de la región de combustión, donde las temperaturas están en el intervalo de aproximadamente 200 °C a aproximadamente 600 °C. Esto es donde se produce la mayor parte de monóxido de carbono. La reacción principal en esta región es la pirólisis (*es decir*, la degradación térmica) del tabaco que produce monóxido de carbono, dióxido de carbono, componentes del humo, y el carbón mediante el uso del calor generado en la zona de combustión. Existe algo de oxígeno presente en esta zona, y así es conveniente usar un oxihidróxido que se descompone para producir un catalizador *in situ* para la oxidación de monóxido de carbono en dióxido de carbono. La reacción catalítica comienza a 150 °C y alcanza una actividad máxima alrededor de 300 °C. En una modalidad preferida, el catalizador puede mantener además la capacidad oxidante después de que se ha usado como un catalizador, de modo que además funciona como un oxidante en la región de combustión también.

Finalmente, existe la zona de condensación/filtración, donde la temperatura está en el intervalo de la temperatura ambiente a aproximadamente 150°C. El proceso principal es la condensación/filtración de los componentes del humo. Alguna cantidad de monóxido de carbono y de dióxido de carbono se difunde fuera del cigarrillo y algo de oxígeno se difunde dentro del cigarrillo. Sin embargo, en general, el nivel de oxígeno no se recupera hasta el nivel atmosférico.

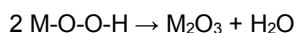
En la solicitud de patente de Estados Unidos 2009/075 193 titulada “Oxidant/Catalyst Nanoparticles to Reduce Carbon Monoxide in the Mainstream Smoke of a Cigarette”, se describen varias nanopartículas oxidantes/catalizadoras para la reducción de la cantidad de monóxido de carbono en el humo de la corriente principal. La descripción de esta solicitud se incorpora en la presente como referencia en su totalidad. Aunque el uso de estos catalizadores reduce la cantidad de monóxido de carbono de la corriente principal de humo al fumar, es deseable, además, minimizar o evitar la contaminación y/o la desactivación de los catalizadores usados en el relleno de cigarrillos, particularmente durante largos períodos de almacenamiento. Una forma potencial de lograr este resultado es usar un compuesto de oxihidróxido para generar el catalizador u oxidante *in situ* al fumar el cigarrillo. Por ejemplo, FeOOH se descompone para formar Fe₂O₃ y agua a temperaturas típicamente alcanzadas al fumar el cigarrillo, *por ejemplo*, por encima de aproximadamente 200 °C.

Por “oxihidróxido” se entiende un compuesto que contiene una porción de hidroperoxo, *es decir* “- O-O-H”. Los ejemplos de oxihidróxidos incluyen, pero sin limitarse a: FeOOH, AlOOH, y TiOOH. Cualquier compuesto de oxihidróxido adecuado puede usarse, que sea capaz de descomponerse, bajo las condiciones de temperatura logradas al fumar de un cigarrillo, para producir compuestos que funcionan como un oxidante y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. En una modalidad preferida de la invención, el oxihidróxido forma un producto que es capaz de actuar tanto como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono de carbono en dióxido de carbono. Es posible usar, además, combinaciones de compuestos de oxihidróxidos para obtener este efecto.

Preferentemente, la selección de un compuesto de oxihidróxido adecuado tendrá en cuenta factores tales como la estabilidad y la preservación de la actividad durante las condiciones de almacenamiento, bajo costo y la abundancia de suministro. Preferentemente, el oxihidróxido será un material benigno. Además, se prefiere que el compuesto de oxihidróxido no reaccione o forme subproductos no deseados al fumar.

Los compuesto de oxihidróxidos preferidos son estables cuando están presentes en las composiciones de picadura o en los cigarrillos, a temperatura ambiente y presión típicas, así como en condiciones de almacenamiento prolongado. Los compuestos de oxihidróxidos preferidos incluyen compuestos de oxihidróxidos inorgánicos que se

descomponen al fumar de un cigarrillo, para formar óxidos de metal. Por ejemplo, en la siguiente reacción, M representa un metal:



- 5 Opcionalmente, uno o más oxihidróxidos pueden usarse además como mezclas o en combinación, donde los oxihidróxidos pueden ser entidades químicas diferentes o formas diferentes de los mismos oxihidróxidos de metal. Los compuestos de oxihidróxidos incluyen preferentemente, pero sin limitarse a: FeOOH, AlOOH, TiOOH, y mezclas de estos, donde FeOOH es particularmente preferido. Otros compuestos de oxihidróxidos preferidos incluyen aquellos que son capaces de descomponerse para formar al menos un producto seleccionado del grupo que consiste en Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, y mezclas de estos. Los oxihidróxidos particularmente preferidos incluyen FeOOH, 10 particularmente en forma de α-FeOOH (goetita); sin embargo, pueden usarse además otras formas de FeOOH tal como γ-FeOOH (lepidocrocita), β-FeOOH (akaganeita), y δ'-FeOOH (ferroxihita). Otros oxihidróxidos preferidos incluyen γ-AlOOH (boehmita) y α-AlOOH (diaspore). El compuesto de oxihidróxido puede prepararse mediante el uso de cualquier técnica adecuada, o comprarse a un proveedor comercial, tal como Aldrich Chemical Company, Milwaukee, Wisconsin.
- 15 FeOOH se prefiere debido a que produce Fe₂O₃ tras la degradación térmica. Fe₂O₃ es un catalizador/oxidante preferido debido a que no se conoce que produzca cualquiera de los subproductos no deseados, y simplemente se reducirá a FeO o Fe después de la reacción. Además, cuando Fe₂O₃ se usa como el oxidante/catalizador, no se convertirá en un material peligroso para el medio ambiente. Adicionalmente, usar un metal precioso puede evitarse, ya que tanto las nanopartículas de Fe₂O₃ que Fe₂O₃ son económicas y fácilmente disponibles. Por otra parte, Fe₂O₃ 20 es capaz de actuar tanto como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono que como catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

En la selección de un compuesto de oxihidróxidos, varias consideraciones termodinámicas pueden tomarse en cuenta, para asegurar que la oxidación y/o la catálisis ocurrirán de manera eficiente, como será evidente para el experto en la materia. Como referencia, la Figura 1 muestra un análisis termodinámico de la dependencia de la 25 Energía libre de Gibbs y la temperatura de entalpía para la oxidación de monóxido de carbono en dióxido de carbono. La Figura 2 muestra la dependencia de la temperatura del por ciento de conversión de dióxido de carbono con carbono para formar monóxido de carbono.

Las siguientes ecuaciones termodinámicas son útiles para analizar los límites de las reacciones pertinentes y su dependencia de la temperatura:

30

$$A \text{ p} = 1 \text{ atm,}$$

$$C_p = a + b \cdot y + c \cdot y^2 + d \cdot y^2 \quad \text{en J/(mol} \cdot \text{K)}$$

$$H = 103 [H^+ + a \cdot y + (b/2) \cdot y^2 - c \cdot y^{-1} + (d/3) \cdot y^3] \quad \text{en J/mol}$$

$$S = S^+ + a \cdot \ln(T/k) + b \cdot y - (c/2) \cdot y^2 + (d/2) \cdot y^2 \quad \text{en J/(mol} \cdot \text{K)}$$

35

$$G = 10^3 [H^+ - S^+ y - a \cdot y \cdot \ln(T-1) - (b/2) \cdot y^2 - (c/2) \cdot y^{-1} - (d/6) \cdot y^3] \quad \text{en J/mol}$$

donde $y = 10^3 + T$

La constante de equilibrio K_e puede calcularse a partir de ΔG ; $K_e = \exp [-\Delta G/(R \cdot T)]$. Para algunas reacciones, o los por cientos de las conversiones, α , pueden calcularse a partir de K_e .

Tabla 1. Parámetros y constantes termodinámicas.

	A	B	C	d	H ⁺	S ⁺
C (grafito)	0.109	38.940	-0.146	-17.385	-2.101	-6.546
CO (gas)	30.962	2.439	-0.280		-120.809	18.937
CO ₂ (gas)	51.128	4.368	-1.469		-413.886	-87.937
O ₂ (gas)	29.154	6.477	-0.184	-1.017	-9.589	36.116

	A	B	C	d	H ⁺	S ⁺
FeO (sólido)	48.794	8.372	-0.289		-281.844	-222.719
Fe ₃ O ₄ (sólido)	91.558	201.970			-1151.755	-435.650
Fe ₂ O ₃ (sólido)	98.278	77.818	-1.485		-861.153	-504.059
FeOOH (sólido)	49.371	83.680			-576.585	-245.871
H ₂ O (vapor)	34.376	7.841	-0.423		-253.871	-11.75
H ₂ (gas)	26.882	3.568	0.105		-7.823	-22.966

La Figura 3 muestra una comparación de los cambios de energía libre de Gibbs de diversas reacciones que involucran carbono, monóxido de carbono, dióxido de carbono, y oxígeno. Como se muestra en el gráfico, la reacción de oxidación del carbono a monóxido de carbono, y la oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono son termodinámicamente favorables. La oxidación del carbono a dióxido de carbono es más favorable, de conformidad con el ΔG de la reacción. La oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono también es fuertemente favorable. Por lo tanto, en la zona de combustión, el dióxido de carbono debe ser el producto que domina a menos que exista una escasez de oxígeno. Como se muestra en la Figura 3, bajo condiciones deficientes de oxígeno, el dióxido de carbono puede reducirse a monóxido de carbono por el carbono. También existe la posibilidad de que el dióxido de carbono pueda reducirse a monóxido de carbono por el hidrógeno, ya que el hidrógeno también se genera en el proceso de combustión.

La Figura 4 muestra el por ciento de dióxido de carbono convertido en monóxido de carbono, por carbono e hidrógeno respectivamente, bajo condiciones deficientes de oxígeno a diferentes temperaturas. La reducción de dióxido de carbono por carbono comienza a aproximadamente 700 K, que está muy cerca a la observación experimental de aproximadamente 400 °C. En la zona de combustión, donde la temperatura es de aproximadamente 800 °C, como se muestra en la Figura 4, aproximadamente 80% de dióxido de carbono se reducirá a monóxido de carbono. Aunque el dióxido de carbono puede reducirse por el gas hidrógeno, esta reacción es poco probable ya que el gas hidrógeno se difunde fuera del cigarrillo rápidamente.

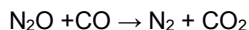
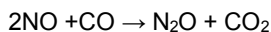
Las Figuras 5-8 ilustran el efecto de usar compuestos de hierro como oxidantes y/o catalizadores en los cigarrillos para la oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono. Como se muestra en la Figura 5, la oxidación de monóxido de carbono a dióxido de carbono es energéticamente favorable para Fe₂O₃, incluso a temperatura ambiente. A mayor temperatura, la oxidación de carbono por Fe₂O₃ se vuelve además energéticamente favorable. Se observan tendencias similares para las reacciones de Fe₃O₄ con carbono y monóxido de carbono, pero generalmente las reacciones con Fe₃O₄ son menos energéticamente favorables que con Fe₂O₃. La competencia con carbono con monóxido de carbono no debe ser importante ya que la reacción con carbono es una reacción de sólido a sólido que usualmente no puede proceder a menos que la temperatura sea muy alta.

La Figura 6 muestra la dependencia de la temperatura para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. Con Fe₂O₃, el por ciento de conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono puede alcanzar casi 100% en un amplio intervalo de temperaturas que se fija con la temperatura ambiente. Fe₃O₄ es menos efectivo. Es conveniente usar Fe₂O₃ recién preparado para mantener la actividad alta. Una manera posible de hacer esto es generando Fe₂O₃ *in situ* a partir de un oxihidróxido de hierro, tal como FeOOH. Aunque FeOOH es estable a temperatura ambiente, se descompondrá térmicamente para formar Fe₂O₃ y agua, a temperaturas alrededor de 200 °C. Los cálculos termodinámicos confirman que la descomposición es un proceso energéticamente favorable, como se muestra en la Figura 7.

Otra ventaja de usar FeOOH en lugar de Fe₂O₃ como oxidante es que la descomposición de FeOOH es endotérmica en un amplio intervalo de temperaturas, como se muestra en la Figura 8. Así, el calor consumido en la descomposición es más que el calor generado por la reducción de Fe₂O₃ por monóxido de carbono. El resultado

neto es una disminución ligera de la temperatura en la zona de combustión, lo que contribuye además a la reducción de la concentración del monóxido de carbono en el humo de la corriente principal.

Durante la combustión, se produce además NO en el humo de la corriente principal a una concentración de aproximadamente 0.45 mg/cigarrillo. Sin embargo, NO puede reducirse por monóxido de carbono de conformidad con las siguientes reacciones:



El óxido de hierro, ya sea en la forma reducida de Fe_3O_4 o en la forma oxidada de Fe_2O_3 , actúa como un buen catalizador para estas dos reacciones a temperaturas aproximadamente de 300 °C. Por lo tanto, la adición de óxido de hierro o de su generación *in situ* en el cigarrillo al fumar podría minimizar potencialmente la concentración de NO en el humo de la corriente principal también.

En una modalidad preferida de la invención, el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión o la emisión de humo está en forma de nanopartículas. Por "nanopartículas" se entiende que las partículas tienen un tamaño promedio de partículas de menos de una micra. El tamaño de partículas promedio preferido es menor que 500 nm, con mayor preferencia menor que 100 nm, aún con mayor preferencia menor que 50 nm, y con la máxima preferencia menor que 5 nm. Preferentemente, el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión o la emisión de humo tiene un área superficial de aproximadamente 20 m²/g a 400 m²/g, o con mayor preferencia de 200 m²/g a 300m²/g.

La Figura 9 muestra una comparación entre la actividad catalítica de nanopartículas de Fe_2O_3 (NANOCAT® Óxido de Hierro Superfino (SFIO) de MACH I, Inc., King of Prussia, PA) con un tamaño promedio de partículas de aproximadamente 3 nm, frente Fe_2O_3 en polvo (de Aldrich Chemical Company) que tiene un tamaño promedio de partículas de aproximadamente 5 µm. Las nanopartículas de Fe_2O_3 muestran un por ciento de conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono mucho mayor que el Fe_2O_3 con un tamaño promedio de partículas de aproximadamente 5 µm. Tales resultados pueden conseguirse además mediante el uso de partículas de FeOOH que se descomponen al fumar para producir nanopartículas de Fe_2O_3 *in situ*.

Como se muestra esquemáticamente en la Figura 10, las nanopartículas de Fe_2O_3 actúan como un catalizador en la zona de pirólisis, y actúan como un oxidante en la región de combustión. La Figura 11A muestra varias zonas de temperatura en un cigarrillo encendido, y las Figuras 11B, 11 C y 11 D muestran las respectivas cantidades de oxígeno, dióxido de carbono y de monóxido de carbono de cada región del cigarrillo al fumar. La doble función oxidante/catalizador y el intervalo de temperatura de reacción hacen del Fe_2O_3 un oxidante/catalizador preferido para ser generado *in situ*. Además, al fumar el cigarrillo, el Fe_2O_3 puede usarse inicialmente como un catalizador (*es decir*, en la zona de pirólisis), y luego como un oxidante (*es decir*, en la región de combustión).

Varios experimentos para estudiar además la termodinámica y la cinética de diversos catalizadores se realizaron mediante el uso de un reactor de tubo de flujo de cuarzo. La ecuación cinética que gobierna estas reacciones es como sigue:

$$\ln(1-x) = -A_0 e^{-(E_a/RT)} \cdot (s \cdot 1/F)$$

Donde las variables se definen como sigue:

x = el por ciento de monóxido de carbono convertido en dióxido de carbono

A₀ = el factor pre exponencial, 5x10⁻⁶ s⁻¹

R = constante de los gases, 1.987 x 10⁻³ kcal/(mol·K)

E_a = energía de activación, 14.5 kcal/mol

s = sección transversal del tubo de flujo, 0.622 cm²

l = longitud del catalizador, 1.5 cm

F = régimen de flujo, en cm³/s

Un esquema de un reactor de tubo de flujo de cuarzo, apto para llevar a cabo este tipo de estudios, se muestra en la Figura 12. Las mezclas de helio, oxígeno/helio y/o de monóxido de carbono/helio pueden introducirse en un extremo del reactor. Una lana de cuarzo salpicada con catalizador o precursor de catalizador, tal como Fe_2O_3 o FeOOH , se coloca dentro del reactor. Los productos salen del reactor en un segundo extremo, que comprende una línea de descarga y una capilar con un Espectrómetro de Masas Cuadrupolo ("QMS"). Las cantidades relativas de los productos pueden determinarse así para una variedad de condiciones de reacción.

La Figura 13 es un gráfico de la temperatura contra la intensidad del QMS para una prueba en donde las nanopartículas de Fe_2O_3 se usan como un catalizador para la reacción de monóxido de carbono con oxígeno para producir dióxido de carbono. En la prueba, aproximadamente 82 mg de nanopartículas de Fe_2O_3 se cargan en el reactor de tubo de flujo de cuarzo. El monóxido de carbono se proporciona a una concentración de 4% en helio a un régimen de flujo de aproximadamente 270 ml/min, y el oxígeno se proporciona a una concentración del 21% en helio a un régimen de flujo de aproximadamente 270 ml/min. La velocidad de calentamiento es de aproximadamente 12.1 K/min. Como se muestra en este gráfico, las nanopartículas de Fe_2O_3 son efectivas en la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono a temperaturas superiores de alrededor de 225 °C.

La Figura 14 es un gráfico de tiempo contra intensidad del QMS para una prueba en donde las nanopartículas de Fe_2O_3 se estudian como un oxidante para la reacción de Fe_2O_3 con monóxido de carbono para producir dióxido de carbono y FeO . En la prueba, aproximadamente 82 mg de nanopartículas de Fe_2O_3 se cargan en el reactor de tubo de flujo de cuarzo. El monóxido de carbono se proporciona a una concentración de 4% en helio a un régimen de flujo de aproximadamente 270 ml/min, y la velocidad de calentamiento es de aproximadamente 137 K/min hasta una temperatura máxima de 460 °C. Como se sugiere por los datos mostrados en las Figuras 13 y 14, las nanopartículas de Fe_2O_3 son efectivas en la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono bajo condiciones similares a aquellas al fumar de un cigarrillo.

Las Figuras 15A y 15B son gráficos que muestran los órdenes de reacción de monóxido de carbono y de dióxido de carbono con Fe_2O_3 como un catalizador. La Figura 16 representa la medición de la energía de activación y el factor preexponencial para la reacción de monóxido de carbono con oxígeno para producir dióxido de carbono, mediante el uso de nanopartículas de Fe_2O_3 como un catalizador para la reacción. Un resumen de las energías de activación se proporciona en la Tabla 2.

Tabla 2. Resumen de las energías de activación y Factores pre exponenciales

	Régimen de flujo (ml/min)	% CO	% O ₂	A ₀ (s ⁻¹)	Ea kJ/mol (kcal/mol)
1	300	1.32	1.34	1.8×10^7	62, 3 (14.9)
2	900	1.32	1.34	8.2×10^6	61, 5 (14.7)
3	1000	3.43	20.6	2.3×10^6	56, 5 (13.5)
4	500	3.43	20.6	6.6×10^6	59.8 (14.3)
5	250	3.42	20.6	2.2×10^7	64, 0 (15.3)
Prom.				5×10^6	60, 7 (14.5)
Ref.					
1	Fase Gaseosa				166, 1 (39.7)
2	2% de Au/TiO ₂				31, 8 (7.6)
3	2.2% Pd/Al ₂ O ₃				40, 2 (9.6)

La Figura 17 representa la dependencia de la temperatura para la velocidad de conversión de monóxido de carbono mediante el uso de 50 mg de nanopartículas de Fe_2O_3 como catalizador en el tubo reactor de cuarzo para los regímenes de flujo de 300 ml/min y 900 ml/min, respectivamente.

La Figura 18 representa los estudios de contaminación y desactivación del agua mediante el uso de 50 mg de nanopartículas de Fe_2O_3 como catalizador en el tubo reactor de cuarzo. Como puede observarse en el gráfico, en

comparación con la curva 1 (sin agua), la presencia de hasta 3% de agua (curva 2) tiene poco efecto sobre la capacidad de las nanopartículas de Fe_2O_3 para convertir el monóxido de carbono en dióxido de carbono.

La Figura 19 muestra un tubo reactor de flujo para simular un cigarrillo en la evaluación de diferentes nanopartículas catalizadoras. La Tabla 3 muestra una comparación entre la proporción de monóxido de carbono en dióxido de carbono, y el por ciento de agotamiento de oxígeno cuando se usan nanopartículas de Al_2O_3 y Fe_2O_3 .

Tabla 3. Comparación entre nanopartículas de Al_2O_3 y Fe_2O_3

Nanopartículas	CO/CO ₂	Agotamiento O ₂ (%)
ninguno	0.51	48
Al_2O_3	0.40	60
Fe_2O_3	0.23	100

En ausencia de nanopartículas, la relación de monóxido de carbono al dióxido de carbono es de aproximadamente 0.51 y el agotamiento del oxígeno es de aproximadamente 48%. Los datos en la Tabla 3 ilustran la mejora obtenida mediante el uso de nanopartículas. La relación de monóxido de carbono al dióxido de carbono cae hasta 0.40 y 0.23 para las nanopartículas de Al_2O_3 y Fe_2O_3 , respectivamente. El agotamiento de oxígeno aumenta hasta 60% y 100% de nanopartículas de Al_2O_3 y Fe_2O_3 , respectivamente.

La Figura 20 es un gráfico de temperatura contra intensidad del QMS en una prueba que muestra las cantidades de monóxido de carbono y producción de dióxido de carbono sin un catalizador presente. La Figura 21 es un gráfico de temperatura contra intensidad del QMS en una prueba que muestra las cantidades de monóxido de carbono y producción de dióxido de carbono cuando se usan nanopartículas de Fe_2O_3 como un catalizador. Como puede observarse al comparar la Figura 20 y la Figura 21, la presencia de nanopartículas de Fe_2O_3 aumenta la relación de dióxido de carbono a monóxido de carbono presente, y disminuye la cantidad de monóxido de carbono presente.

Los compuestos de oxihidróxidos, como se describió anteriormente, pueden proporcionarse a lo largo de la longitud de una varilla de tabaco que distribuye los compuestos de oxihidróxidos en el tabaco o que los incorpora en la picadura mediante el uso de cualquier método adecuado. Los compuestos de oxihidróxidos pueden proporcionarse en forma de un polvo o en una solución en forma de una dispersión, por ejemplo. En un método preferido, los compuestos de oxihidróxidos en forma de un polvo seco se espolvorean sobre la picadura. Los compuestos de oxihidróxidos pueden estar presentes además en forma de una solución o dispersión, y se rocían sobre la picadura de tabaco. Alternativamente, el tabaco puede recubrirse con una solución que contiene los compuestos de oxihidróxidos. Los compuestos de oxihidróxidos pueden añadirse además a la reserva de picadura de tabaco suministrada a la máquina para fabricar cigarrillos o añadirse a una varilla de tabaco antes de envolver el papel de cigarrillo alrededor de la varilla de cigarrillo.

Los compuestos de oxihidróxidos se distribuirán preferentemente por toda la porción de la varilla de tabaco de un cigarrillo y opcionalmente el filtro del cigarrillo. Al proporcionar los compuestos de oxihidróxidos a lo largo de toda la varilla de tabaco, es posible reducir la cantidad de monóxido de carbono de todo el cigarrillo, y particularmente tanto en la región de combustión como en la zona de pirólisis.

La cantidad de compuesto de oxihidróxido a usar puede determinarse por experimentación de rutina. Preferentemente, el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de picadura está presente en una cantidad eficaz para convertir al menos 50% del monóxido de carbono en dióxido de carbono. Preferentemente, la cantidad de oxihidróxido será de aproximadamente unos pocos miligramos, por ejemplo, 5 mg/cigarrillo, a aproximadamente 200 mg/cigarrillo. Con mayor preferencia, la cantidad de oxihidróxido será de aproximadamente 40 mg/cigarrillo a aproximadamente 100 mg/cigarrillo.

Una modalidad de la invención se refiere a una composición de picadura que comprende tabaco y al menos un compuesto de oxihidróxido, como se describió anteriormente, que es capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. Cualquier mezcla de tabaco adecuada puede usarse para la picadura. Los ejemplos de tipos adecuados de materiales de tabaco incluyen los tabacos curado al humo, Burley, Maryland o tabaco oriental, los tabacos raros o especiales, y mezclas de estos. El material de tabaco puede proporcionarse en forma de lámina de tabaco; materiales de tabaco procesados tal como tabaco de volumen expandido o inflado, tallos de tabaco procesados tales como tallos de tabaco cortados enrollados o cortados inflados, materiales de tabaco reconstituidos; o mezclas de estos. La invención puede ponerse en práctica además con sustitutos del tabaco.

En la fabricación de cigarrillos, el tabaco se emplea normalmente en forma de picadura, es *decir*, en forma de fragmentos o cuerdas cortadas en anchos que varían de aproximadamente 2, 5 mm (1/10 de pulgada) a aproximadamente 1, 3 mm (1/20 de pulgada) o incluso 0, 6 mm (1/40 de pulgada). Las longitudes de las cuerdas están en el intervalo de entre aproximadamente 0, 6 cm (0.25 pulgadas) a aproximadamente 7, 6 cm (3.0 pulgadas).

5 Los cigarrillos pueden comprender además uno o más aromatizantes u otros aditivos (*por ejemplo*, aditivos para el quemado, agentes que modifican la combustión, agentes colorantes, aglutinantes, etc.) conocidos en la materia.

Otra modalidad de la invención se refiere a un cigarrillo que comprende una varilla de tabaco, en donde la varilla de tabaco comprende picadura que tiene al menos un compuesto de oxihidróxido, como se describió anteriormente, que es capaz de descomponerse al fumar para producir un producto que es capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono. Una modalidad adicional de la invención se refiere a un método para fabricar un cigarrillo, que comprende (i) adicionar un compuesto de oxihidróxido a una picadura, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse al fumar para producir un producto que es capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono; (ii) proporcionar la hebra que comprende el compuesto de oxihidróxido a una máquina para fabricar cigarrillos para formar una varilla de tabaco; y (iii) colocar una envoltura de papel alrededor de la varilla de tabaco para formar el cigarrillo.

Las técnicas para la fabricación de cigarrillos se conocen en la materia. Cualquier técnica convencional o modificada de fabricación de cigarrillos puede usarse para incorporar los compuestos de oxihidróxidos. Los cigarrillos resultantes pueden fabricarse para cualquier especificación deseada mediante el uso de técnicas de fabricación de cigarrillos estándar o modificadas y equipos. Típicamente, la composición de picadura de la invención se combina opcionalmente con otros aditivos de cigarrillos, y se proporciona a una máquina de fabricación de cigarrillos para producir una varilla de tabaco, que se envuelve después en papel de cigarrillo, y, opcionalmente, con punta con filtros.

25 Los cigarrillos de la invención pueden estar en el intervalo de aproximadamente 50 mm a aproximadamente 120 mm de longitud. Generalmente, un cigarrillo normal es de aproximadamente 70 mm de largo, un "tamaño King" es de aproximadamente 85 mm de largo, un "tamaño Super King" es de aproximadamente 100 mm de longitud, y uno "largo" es usualmente de aproximadamente 120 mm de longitud. La circunferencia es de aproximadamente 15 mm a aproximadamente 30 mm de circunferencia, y preferentemente alrededor de 25 mm. La densidad de empaquetamiento es típicamente entre el intervalo de aproximadamente 100 mg/cm³ a aproximadamente 300 mg/cm³, y preferentemente 150 mg/cm³ a aproximadamente 275 mg/cm³.

Aún otra modalidad de la invención se refiere a métodos p fumar el cigarrillo descrito anteriormente, que implica encender el cigarrillo para formar humo e inhalar el humo, en donde mientras se fuma el cigarrillo, el compuesto de oxihidróxido se descompone al fumar para formar un compuesto que actúa como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

"Emisión de humo" de un cigarrillo significa el calentamiento o combustión del cigarrillo para formar humo, que puede inhalarse. Generalmente, la emisión de humo de un cigarrillo implica encender un extremo del cigarrillo e inhalar el humo del cigarrillo a través del extremo del lado de la boca del cigarrillo, mientras que el tabaco contenido en el mismo experimenta una reacción de combustión. Sin embargo, el cigarrillo puede fumarse además por otros medios. Por ejemplo, el cigarrillo puede fumarse al calentar el cigarrillo y/o calentar mediante el uso de medios de calentadores eléctricos, como se describe en las patentes de Estados Unidos comúnmente asignadas núms. 6, 053, 176; 5, 934, 289; 5, 934, 289, 5, 591, 368 o 5, 322, 075, por ejemplo.

Aunque la invención se ha descrito con referencia a modalidades preferidas, debe entenderse que puede recurrirse a varias variaciones y modificaciones como resultará evidente para los expertos en la materia. Tales variaciones y modificaciones se consideran dentro de la competencia y el alcance de la invención como se define por las reivindicaciones adjuntas a esto.

REIVINDICACIONES

1. Una composición de picadura que comprende tabaco y un compuesto de oxihidróxido, en donde durante la combustión de la composición de la picadura, dicho compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.
2. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse para formar al menos un producto capaz de actuar tanto como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y como catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.
3. Una composición de la hebra de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compuesto de oxihidróxido se selecciona del grupo que consiste en FeOOH , AlOOH , TiOOH , y mezclas de estos.
4. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura está en forma de nanopartículas.
5. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse durante la combustión de la composición de picadura para formar al menos un producto seleccionado del grupo que consiste en Fe_2O_3 , Al_2O_3 , TiO_2 , y mezclas de estos.
6. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 1, en donde el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura está presente en una cantidad eficaz para convertir al menos 50% de monóxido de carbono en dióxido de carbono.
7. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 1, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura tiene un tamaño promedio de partículas inferior a 500 nm.
8. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 7, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura tiene un tamaño promedio de partículas inferior a 100 nm.
9. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 8, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura tiene un tamaño promedio de partículas inferior a 50 nm.
10. Una composición de picadura de conformidad con la reivindicación 9, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura tiene un tamaño promedio de partículas inferior a 5 nm.
11. Un cigarrillo que comprende una varilla de tabaco, en donde la varilla de tabaco comprende una composición de picadura de conformidad con cualquier reivindicación precedente.
12. Un cigarrillo de conformidad con la reivindicación 11, en donde el cigarrillo comprende de 5 mg a 200 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.
13. Un cigarrillo de conformidad con la reivindicación 12, en donde el cigarrillo comprende de 40 mg a 100 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.
14. Un método para fabricar un cigarrillo, que comprende
 - (i) adicionar un compuesto de oxihidróxido a una picadura, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse al fumar el cigarrillo para formar al menos un producto capaz de actuar como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono y/o como un catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono;
 - (ii) proporcionar la picadura que comprende el compuesto de oxihidróxido a una máquina para fabricar cigarrillos para formar una varilla de tabaco; y
 - (iii) colocar una envoltura de papel alrededor de la varilla de tabaco para formar el cigarrillo.
15. Un método de conformidad con la reivindicación 14, en donde el compuesto de oxihidróxido es capaz de descomponerse al fumar el cigarrillo para formar al menos un producto capaz de actuar tanto como un oxidante para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono como catalizador para la conversión de monóxido de carbono en dióxido de carbono.

16. Un método de conformidad con la reivindicación 14, en donde el compuesto de oxihidróxido y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido durante la combustión de la composición de la picadura está en la forma de nanopartículas.
- 5 17. Un método de conformidad con la reivindicación 16, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en la etapa (i) y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido al fumar el cigarrillo tiene un tamaño promedio de partículas menor que 100 nm.
18. Un método de conformidad con la reivindicación 17, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en la etapa (i) y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido al fumar el cigarrillo tiene un tamaño promedio de partículas menor que 50 nm.
- 10 19. Un método de conformidad con la reivindicación 18, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en la etapa (i) y/o el producto formado a partir de la descomposición del oxihidróxido al fumar el cigarrillo tiene un tamaño promedio de partículas menor que 5 nm.
20. Un método de conformidad con la reivindicación 14, en donde el cigarrillo producido comprende de 5 mg a 200 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.
- 15 21. Un método de conformidad con la reivindicación 20, en donde el cigarrillo producido comprende de 40 mg a 100 mg del compuesto de oxihidróxido por cigarrillo.
22. Un método de conformidad con la reivindicación 14, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en la etapa (i) se selecciona del grupo que consiste en FeOOH, AlOOH, TiOOH, y mezclas de estos.
- 20 23. Un método de conformidad con la reivindicación 22, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en la etapa (i) es FeOOH.
24. Un método de conformidad con la reivindicación 14, en donde el compuesto de oxihidróxido usado en esta etapa (i) es capaz de descomponerse para formar al menos un producto seleccionado del grupo que consiste en Fe₂O₃, Al₂O₃, TiO₂, y mezclas de estos.
- 25 25. Un método de conformidad con la reivindicación 24, en donde el producto formado de la descomposición del oxihidróxido al fumar el cigarrillo está presente en una cantidad eficaz para convertir al menos 50% del monóxido de carbono en dióxido de carbono.

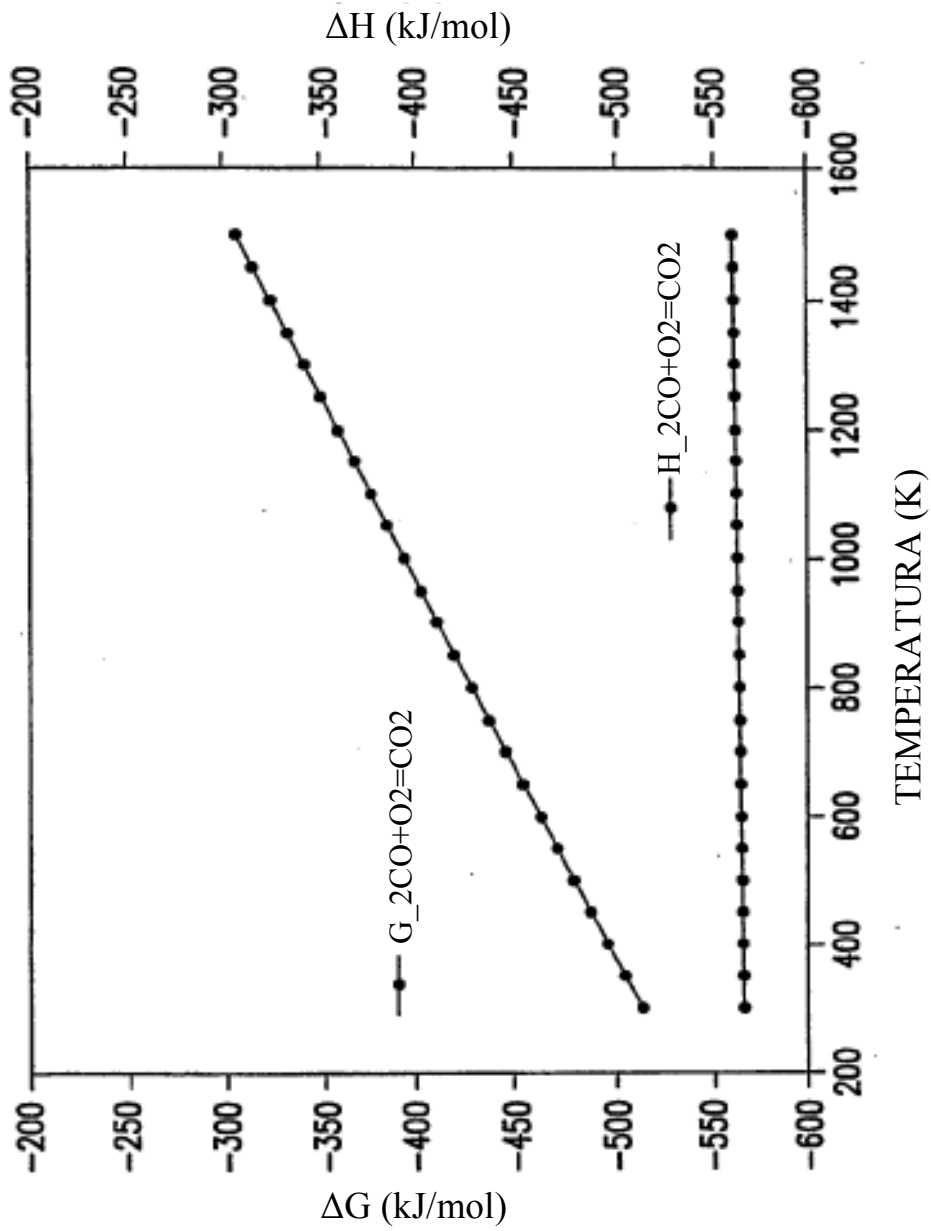


Figura 1

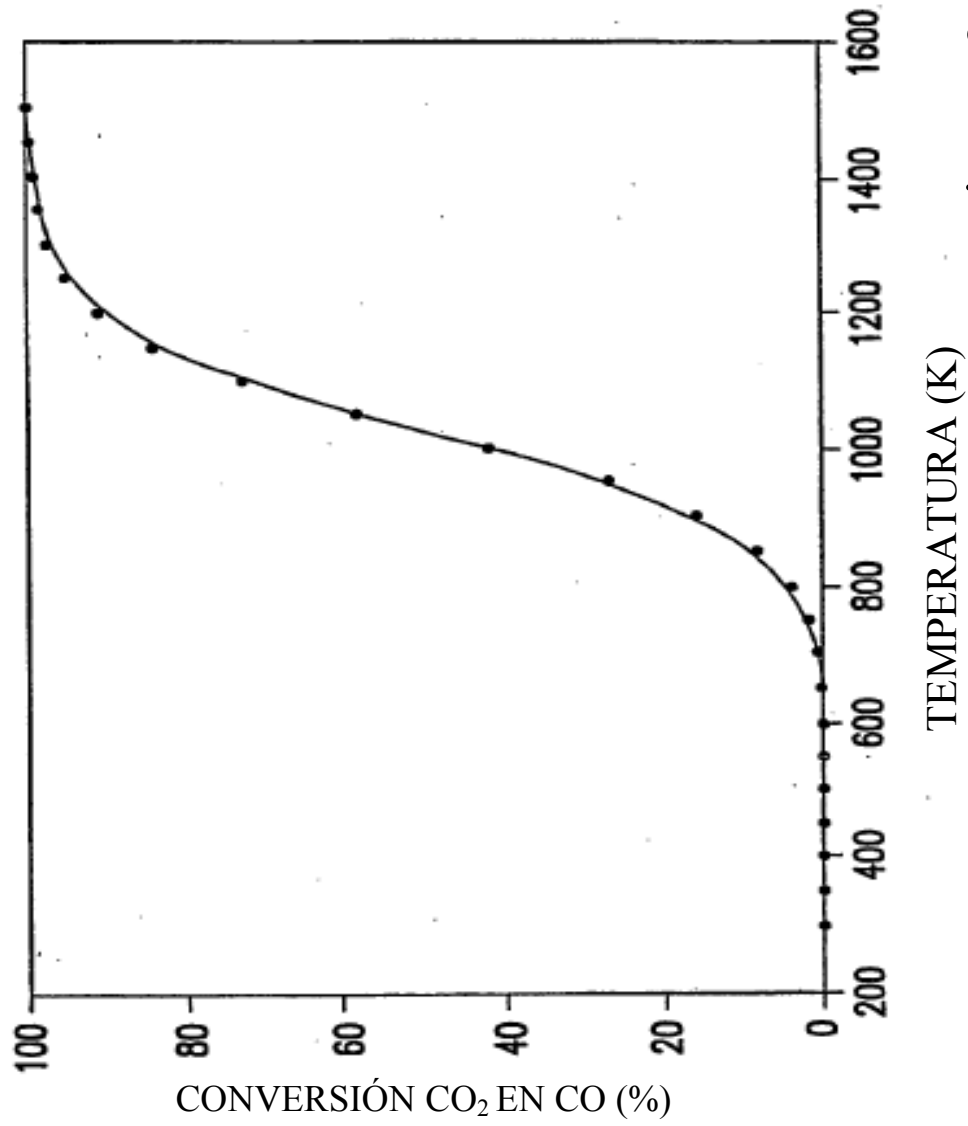


Figura 2

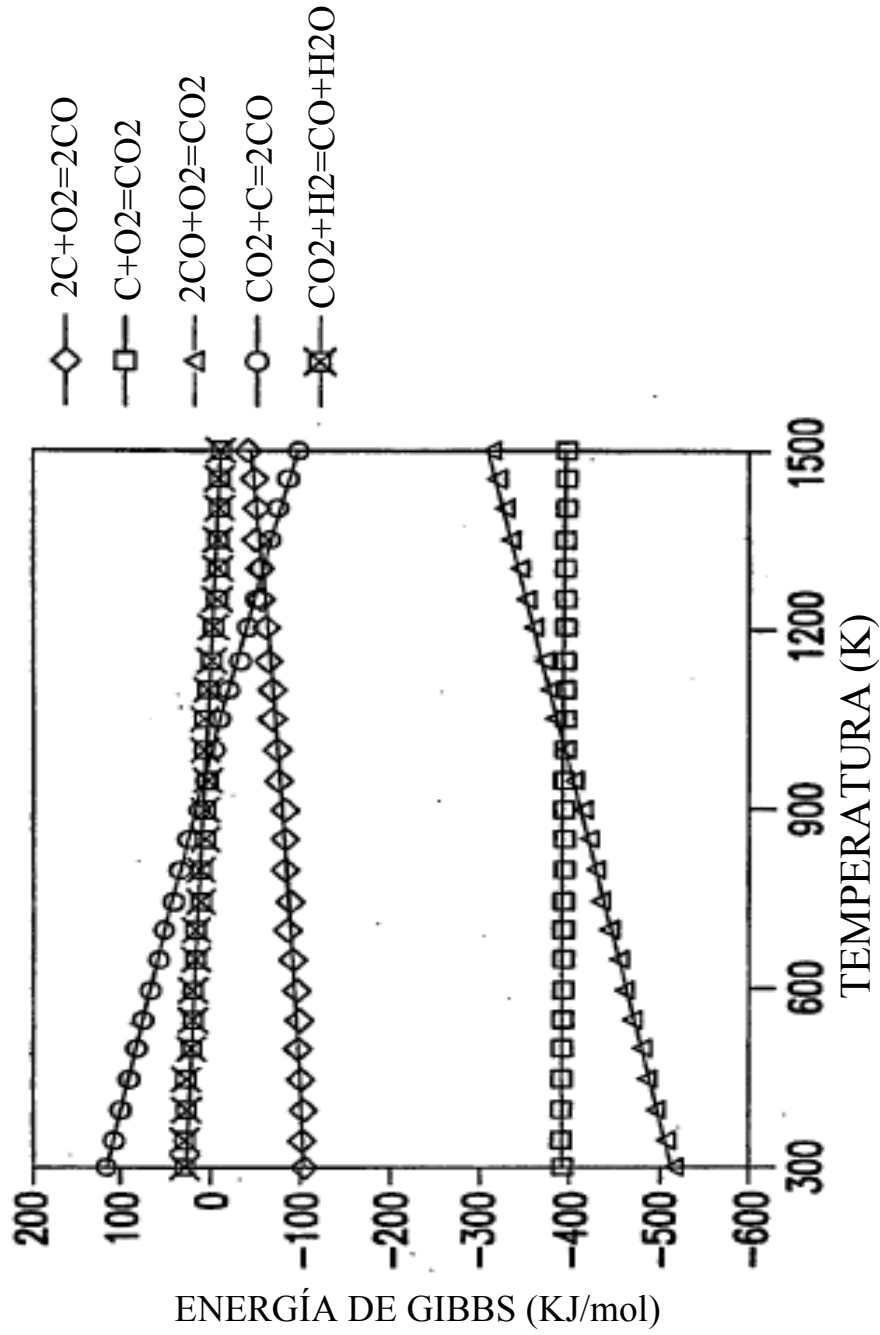


Figura 3

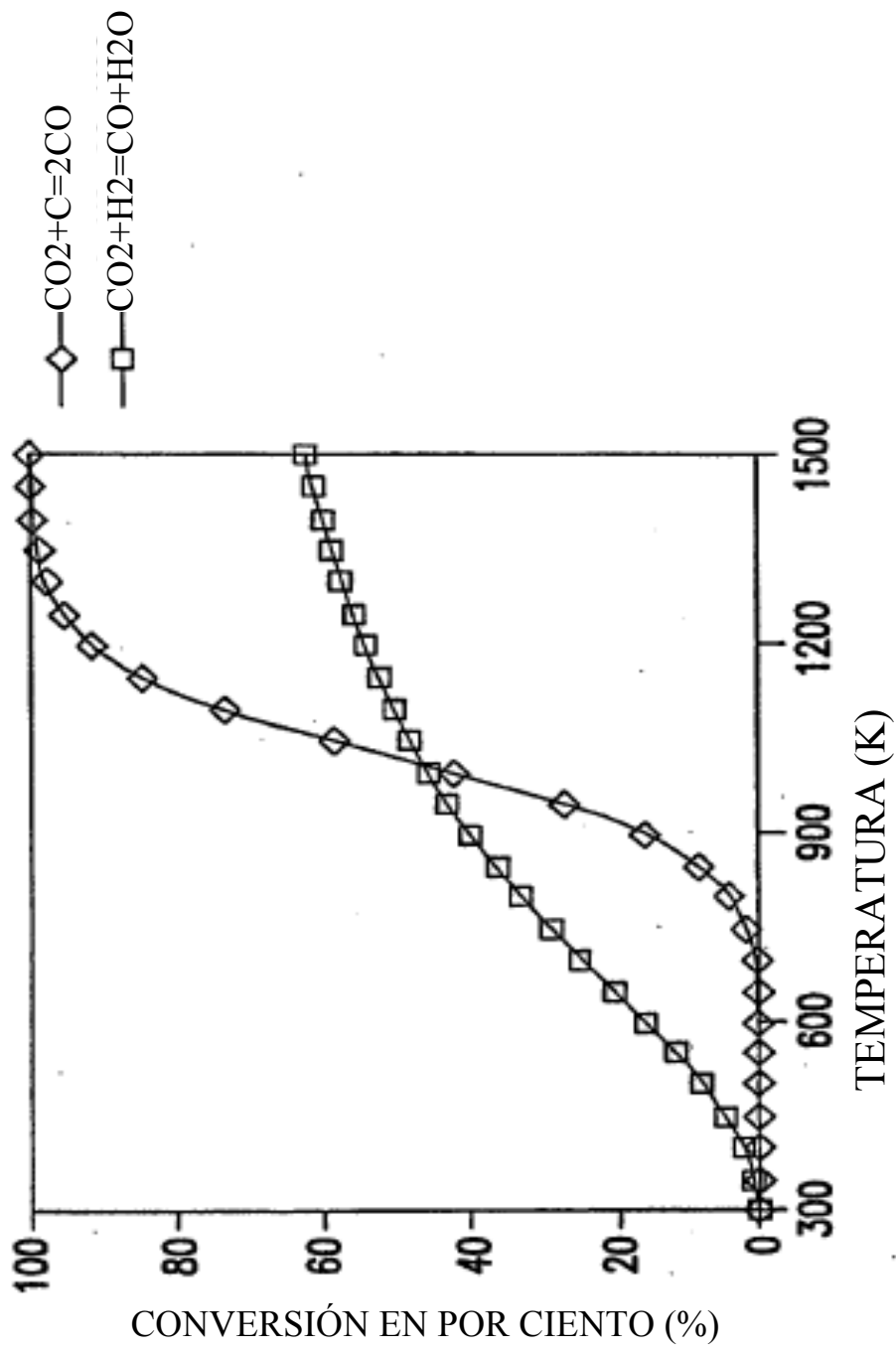


Figura 4

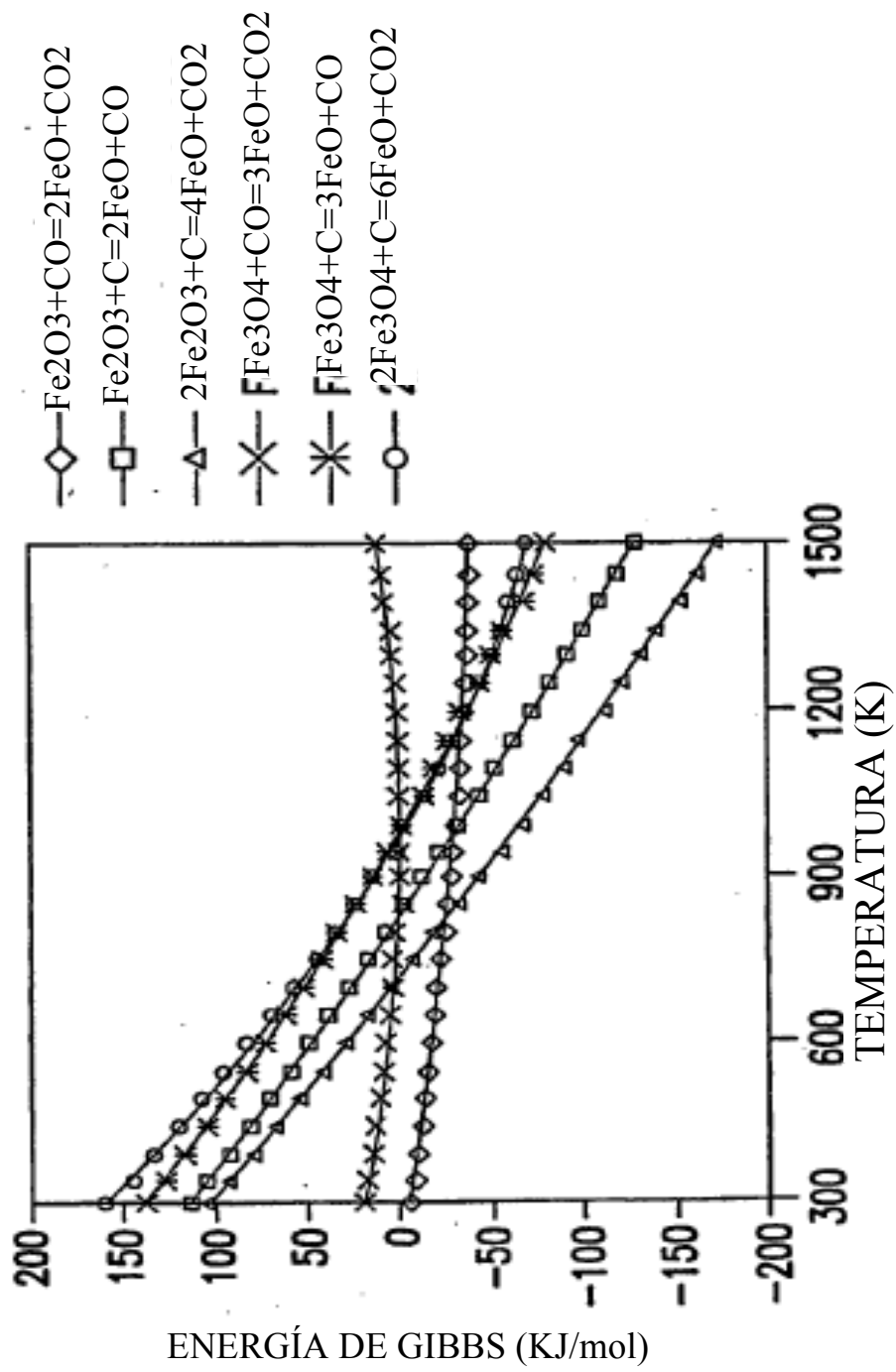


Figura 5

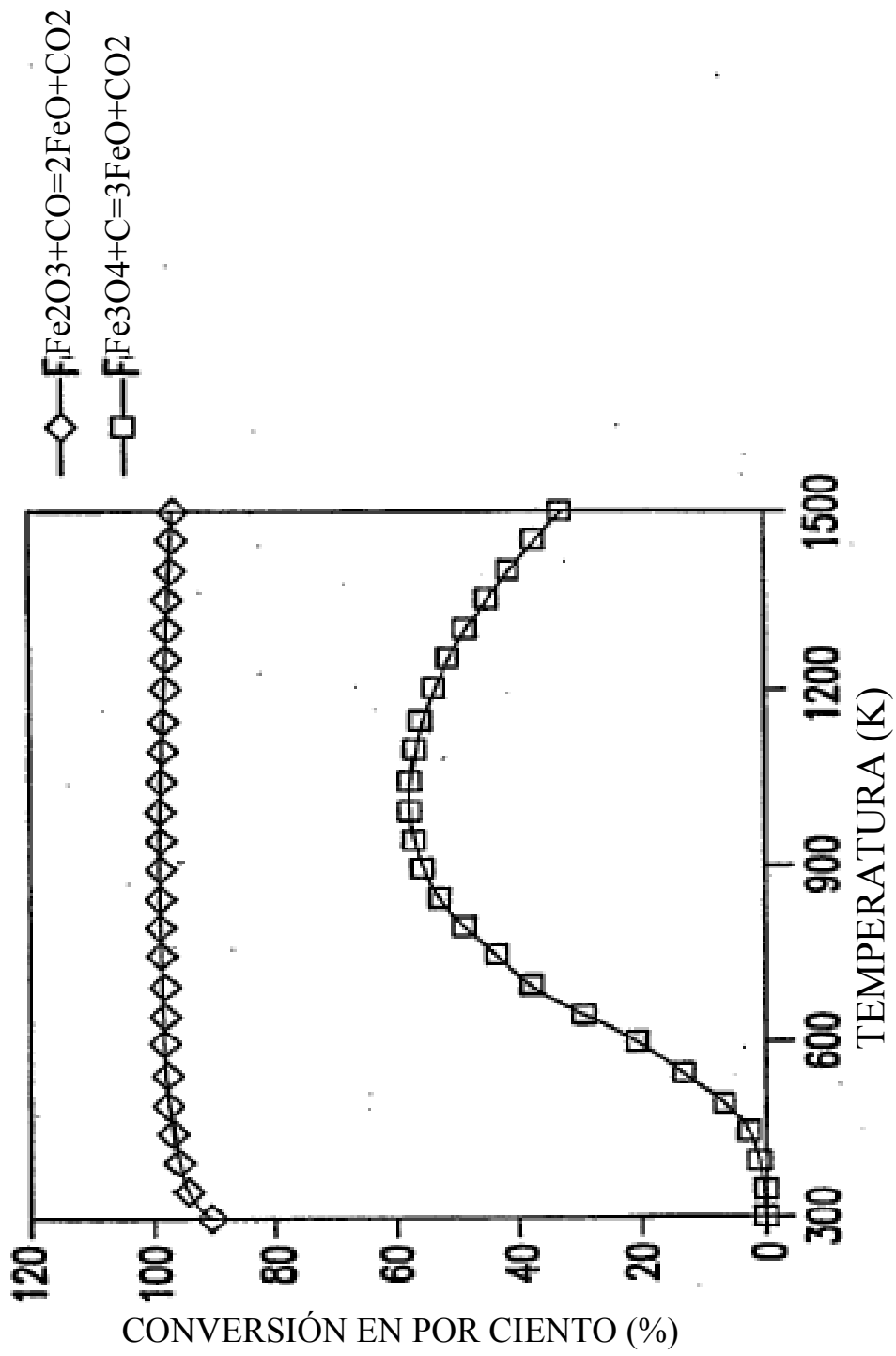


Figura 6

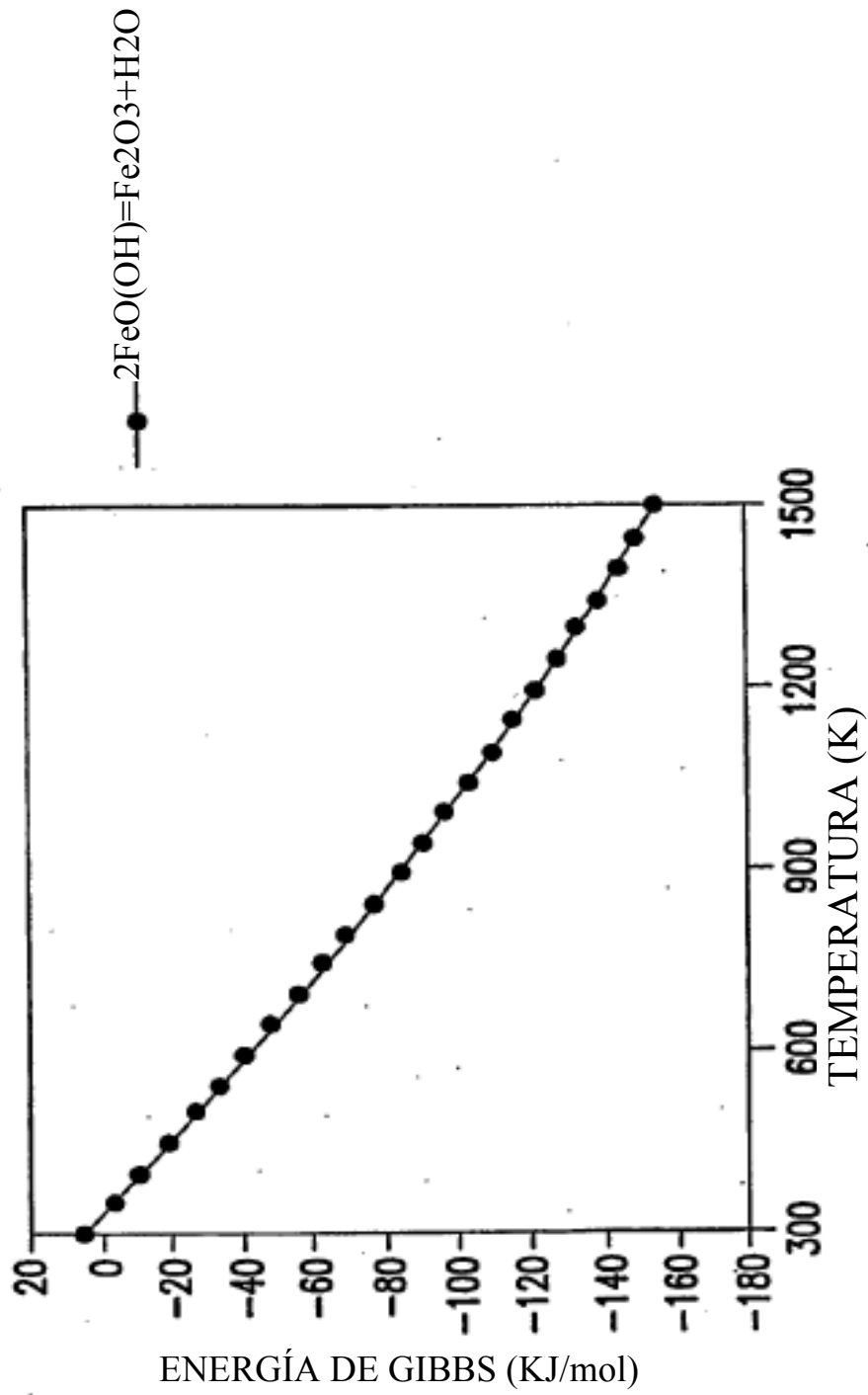


Figura 7

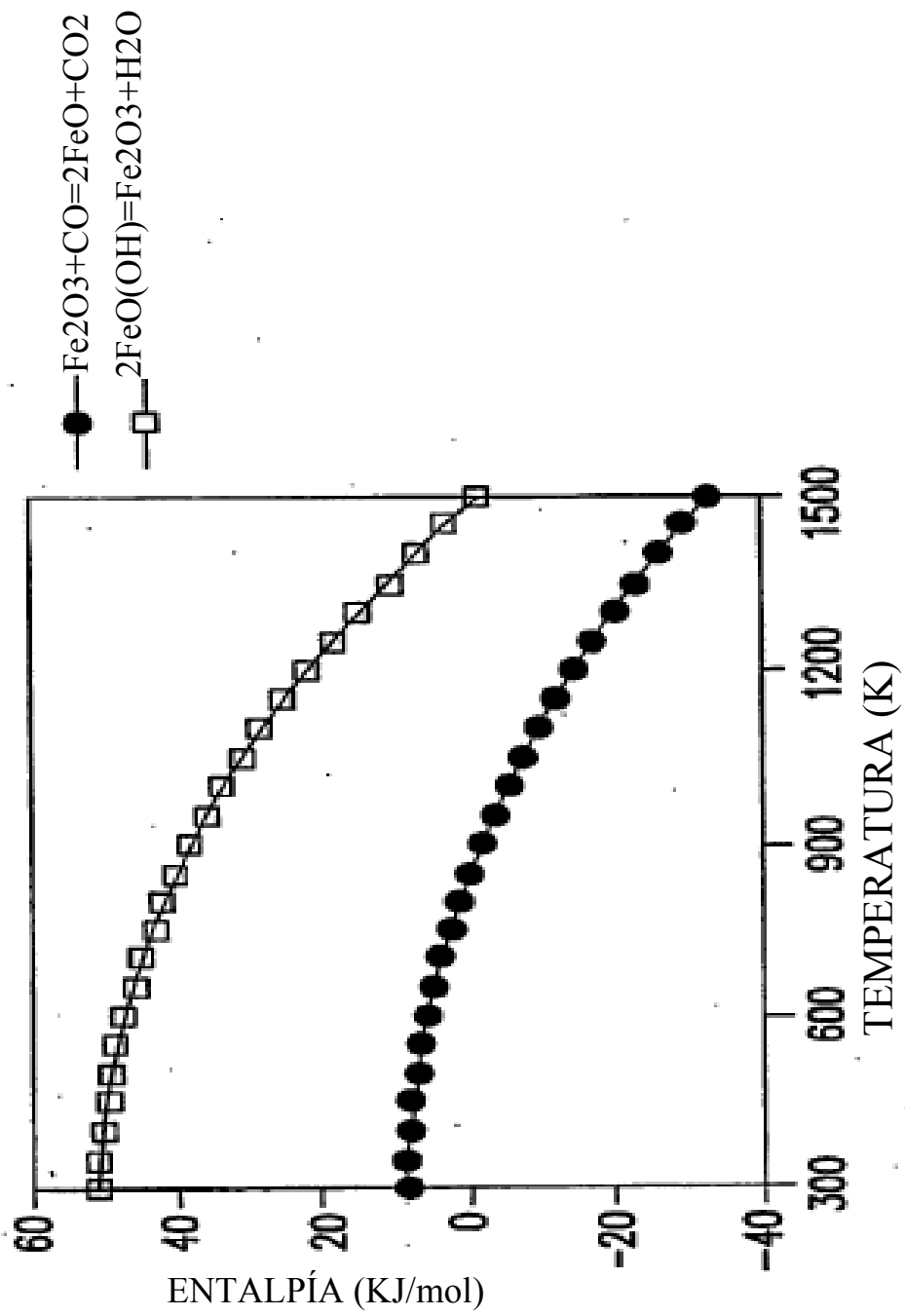


Figura 8

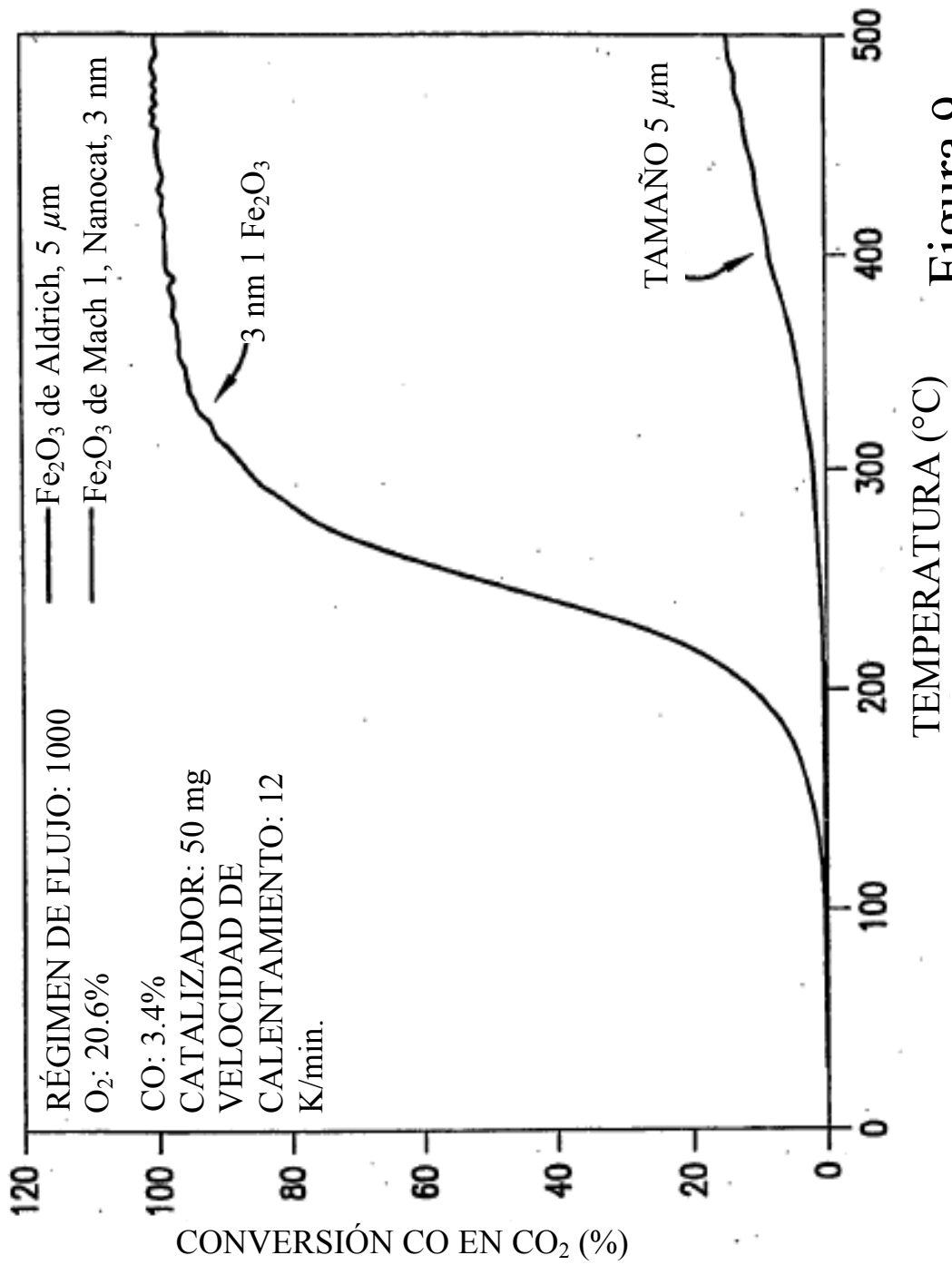


Figura 9

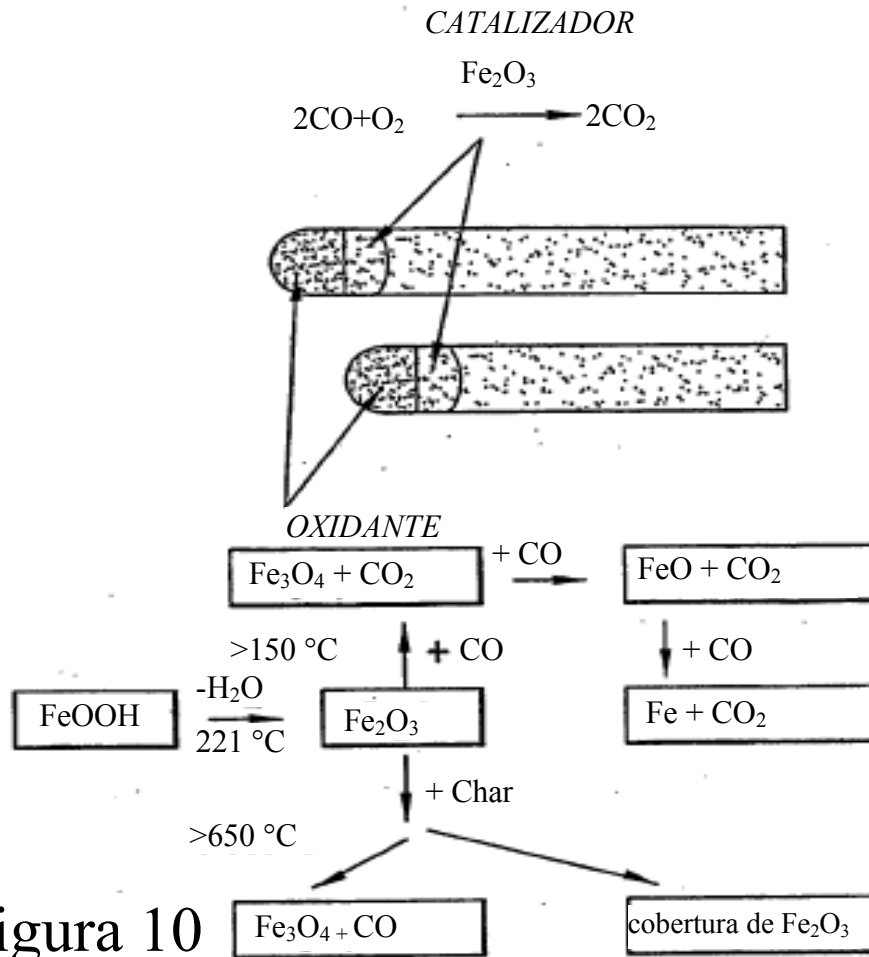


Figura 10

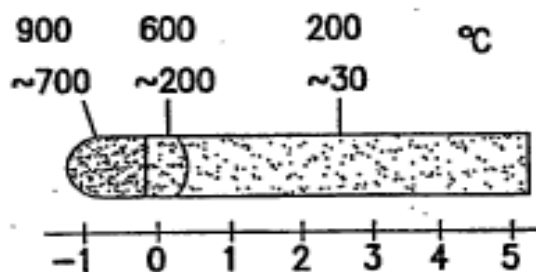


Figura 11A

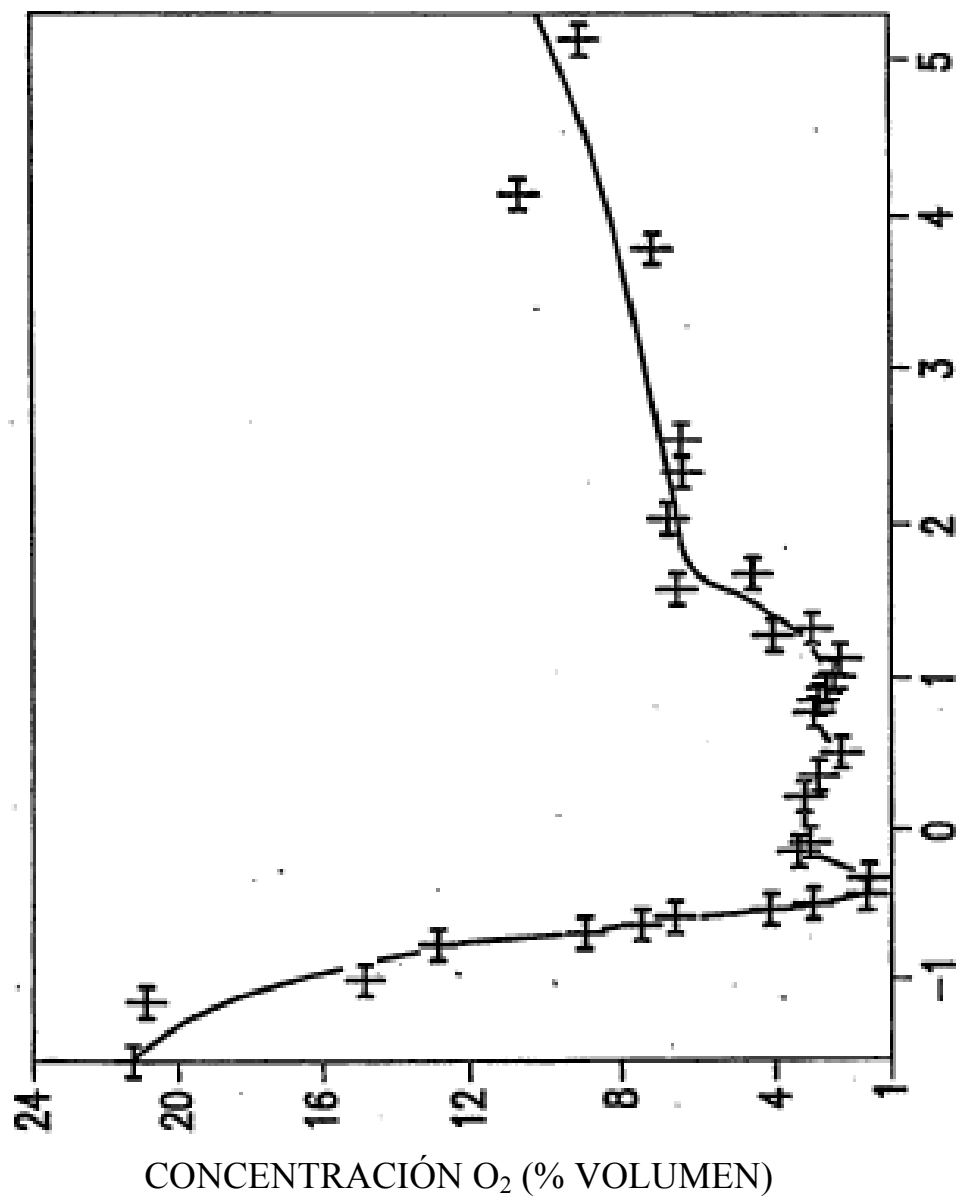


Figura 11B

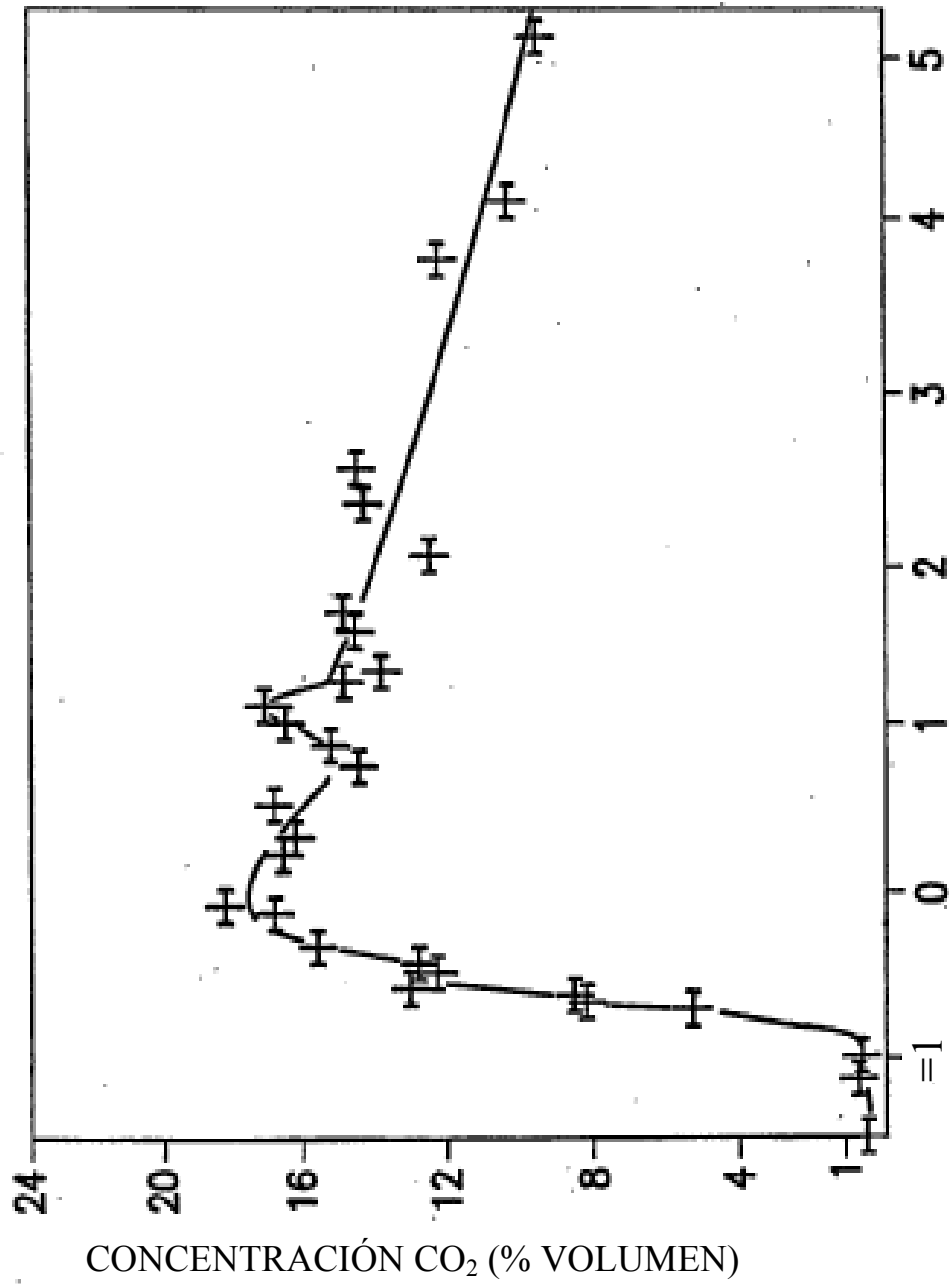


Figura 11C

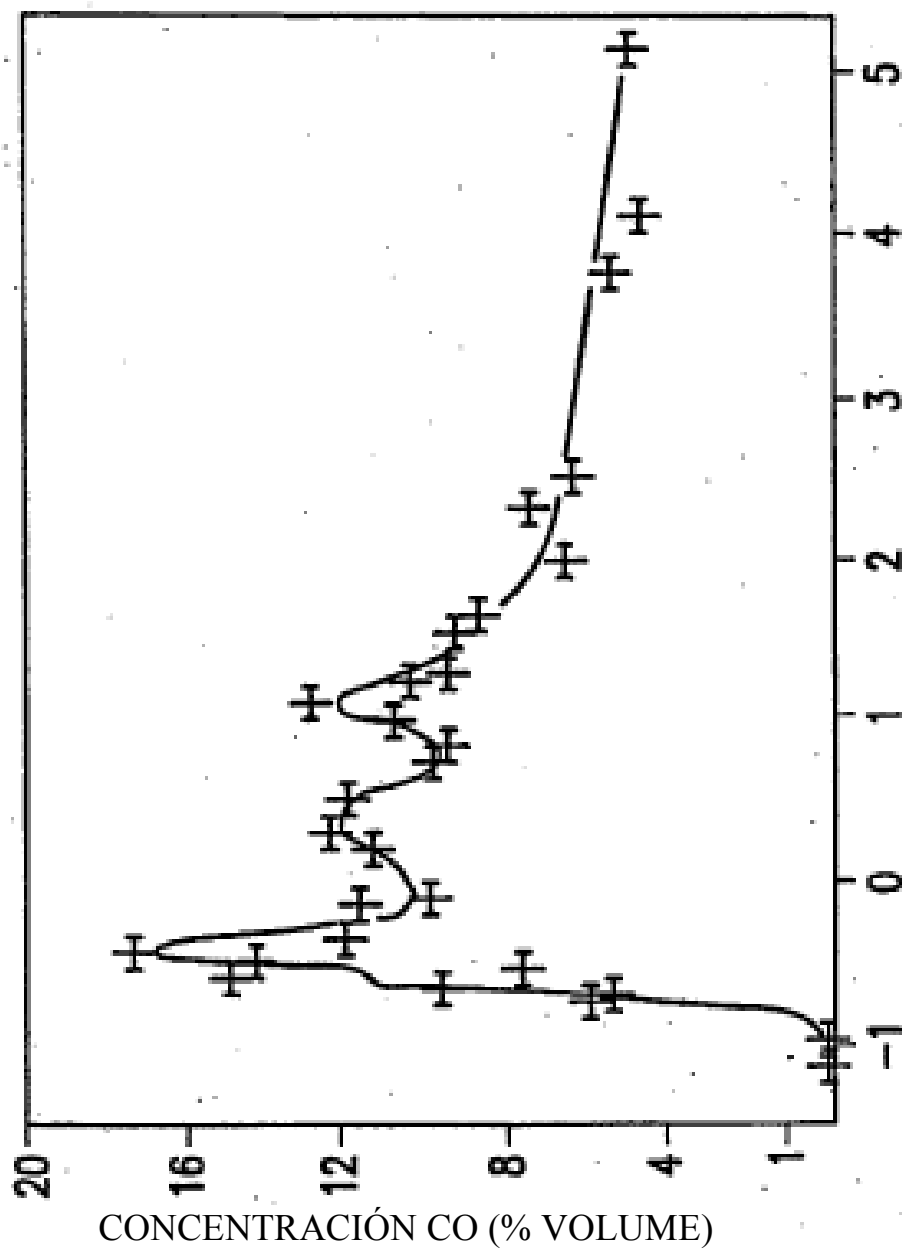
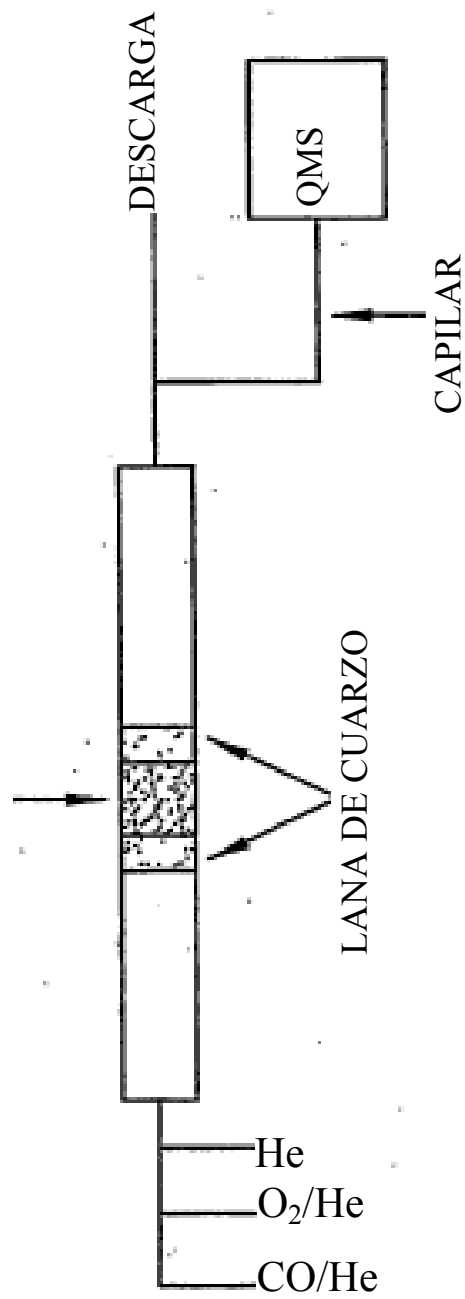


Figura 11D

CATALIZADOR O PRECURSOR DE
 CATALIZADOR
 (es decir ÓXIDO U OXIHIDRÓXIDO TAL
 COMO Fe_2O_3 O FeOOH)
 ESPOLVOREAR SOBRE LANA DE
 CUARZO



ESQUEMA DE UN REACTOR DE TUBO DE FLUJO DE
 CUARZO

Figura 12

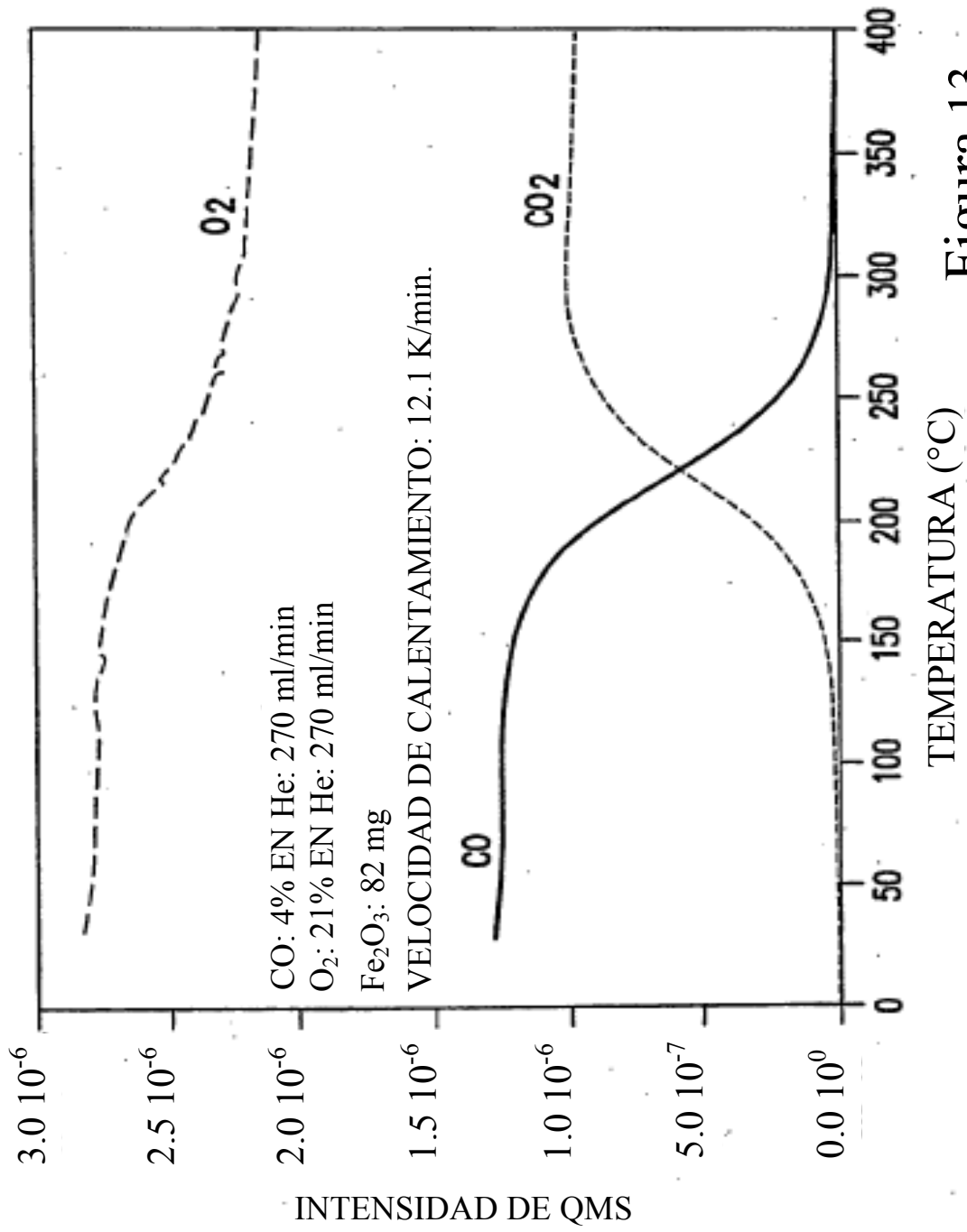


Figura 13

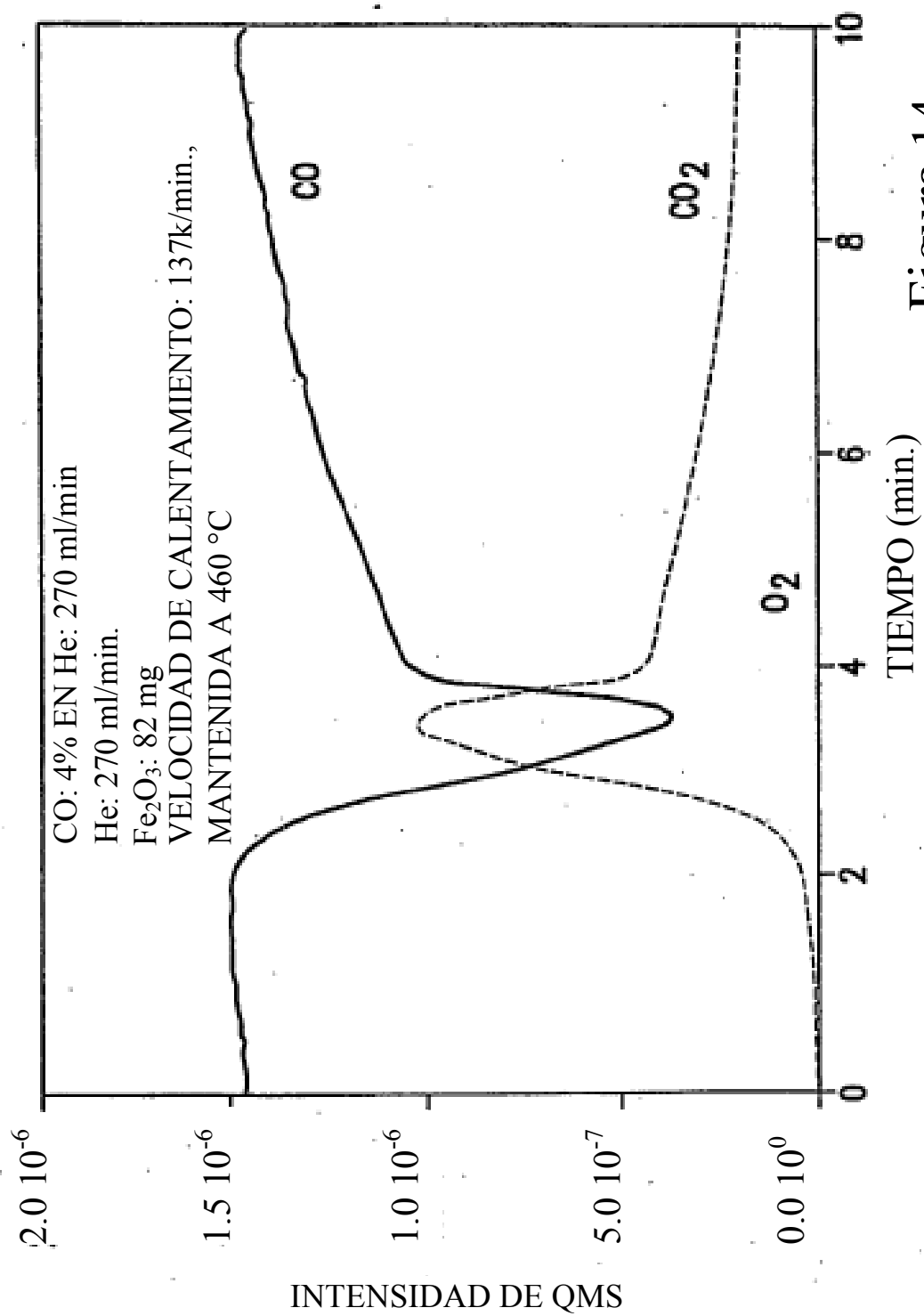


Figura 14

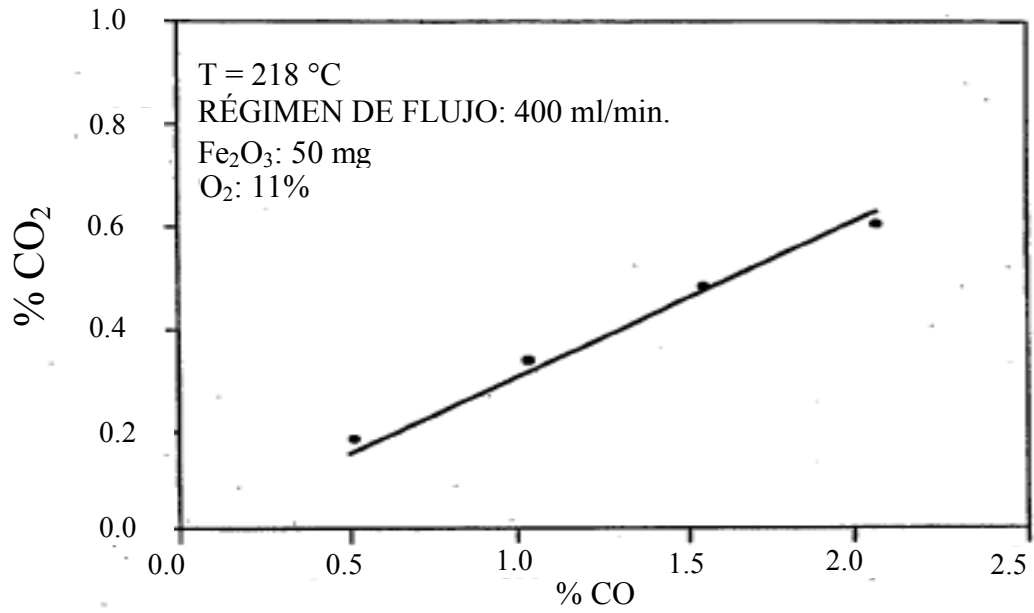


Figura 15A

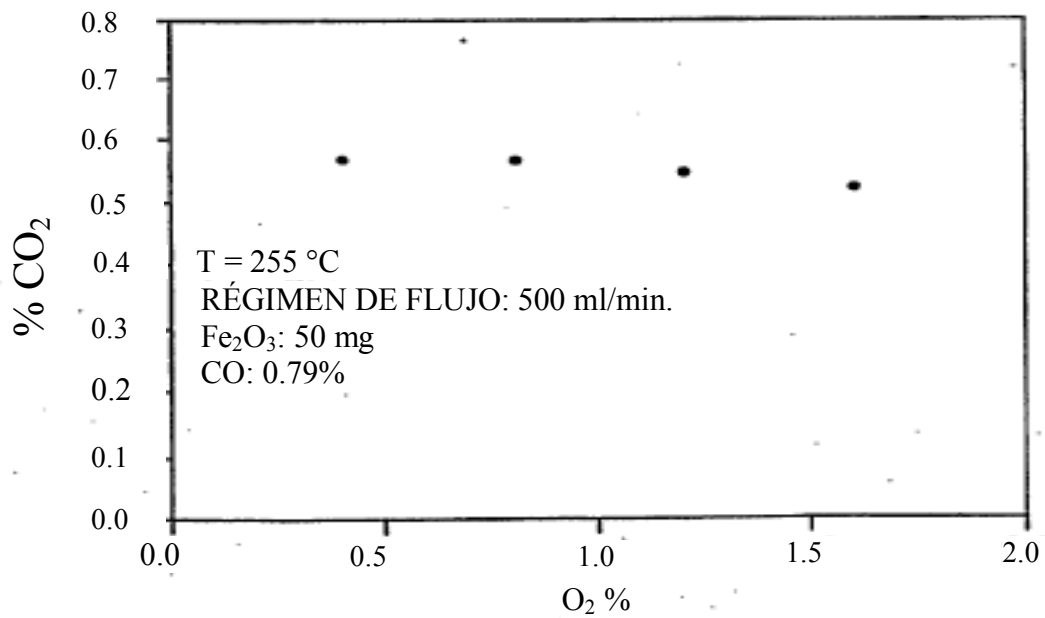


Figura 15B

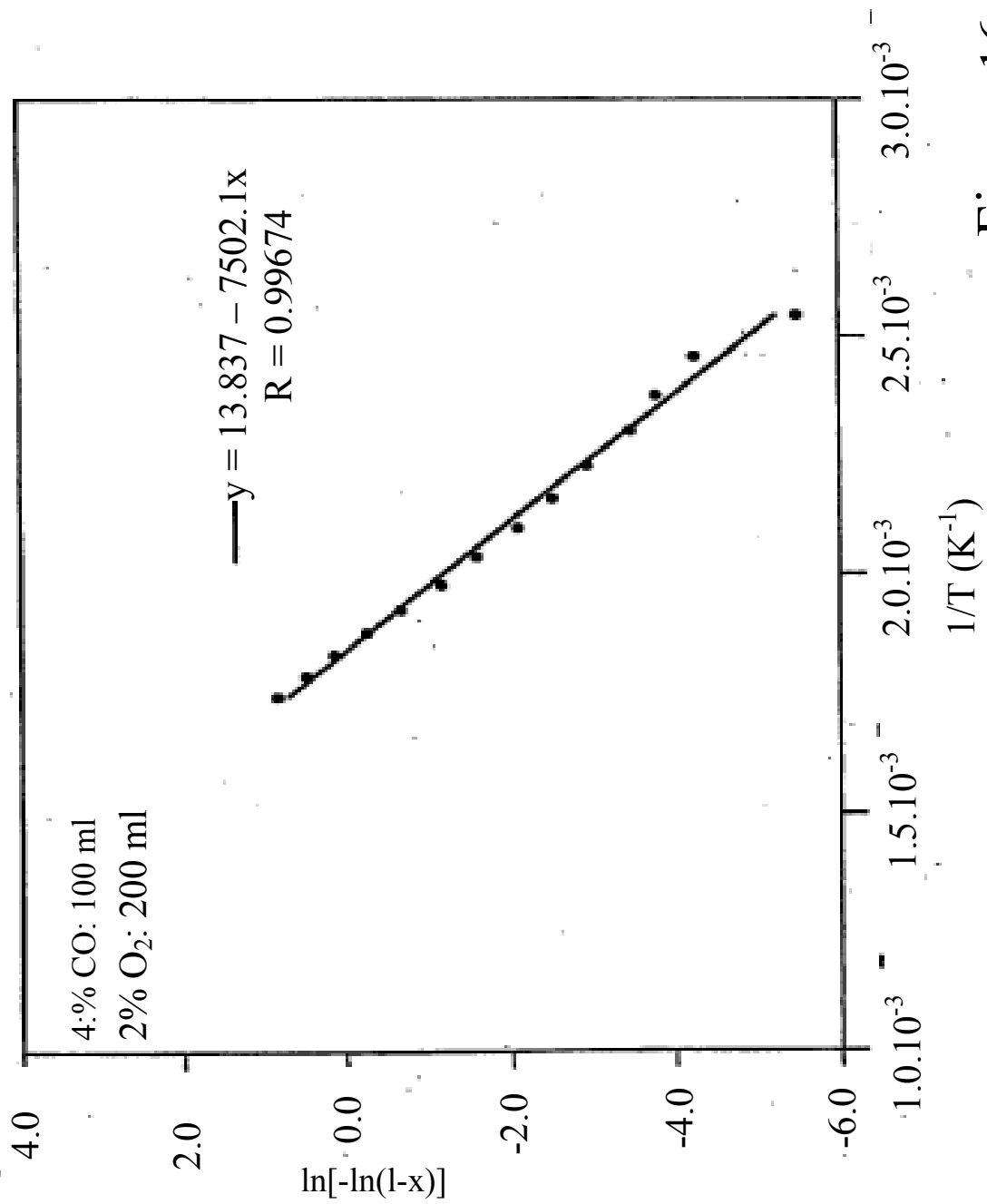


Figura 16

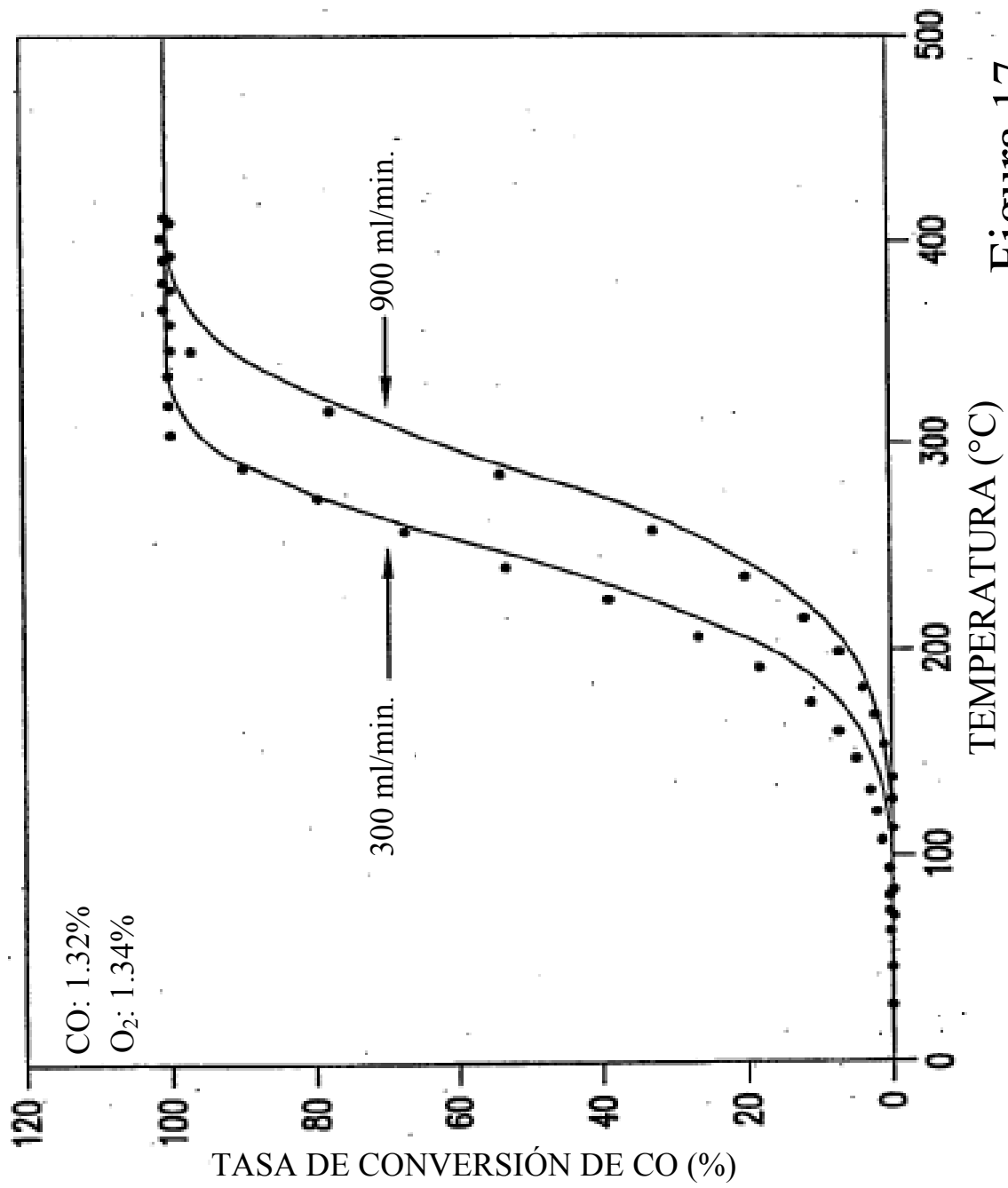


Figura 17

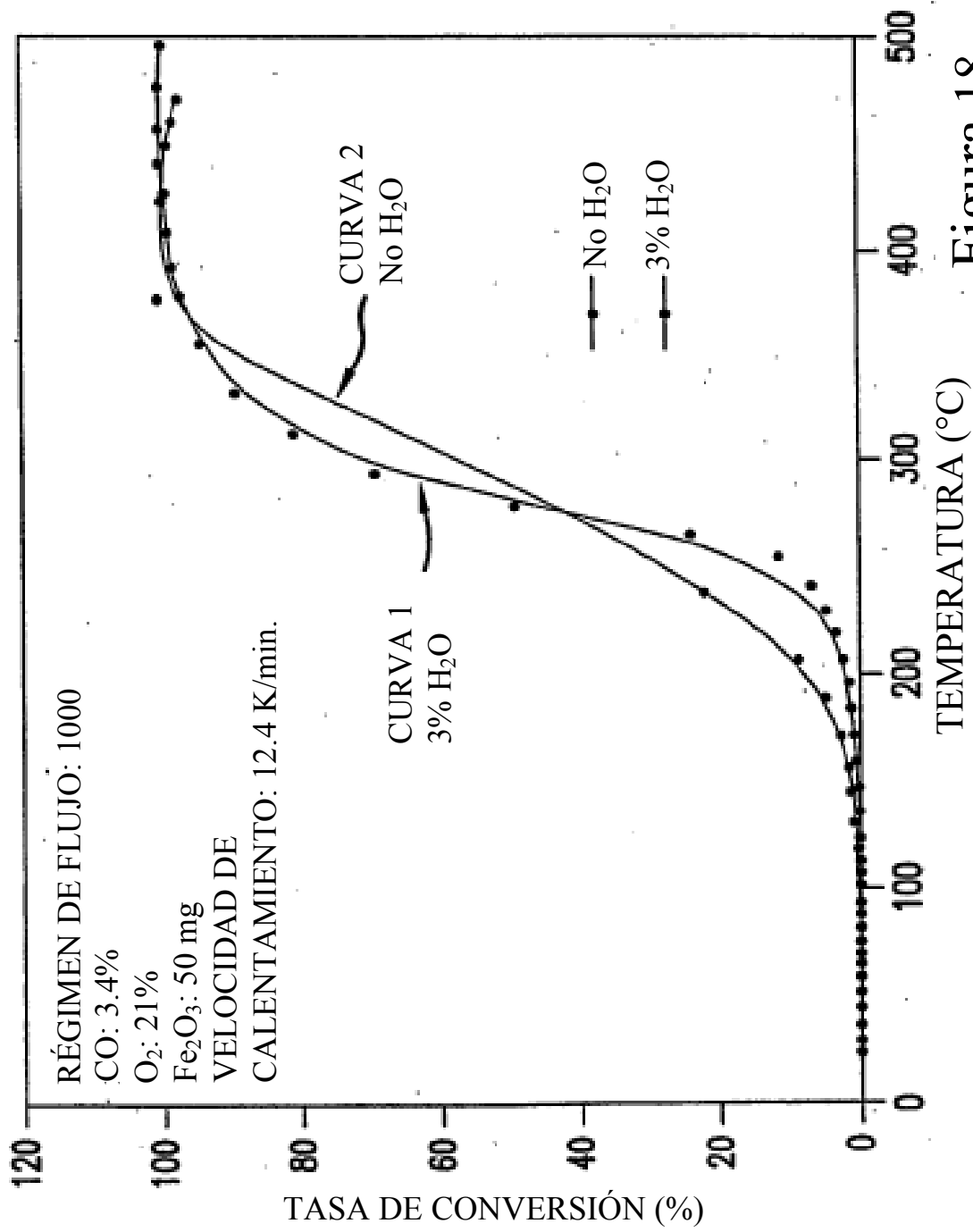


Figura 18

TUBERÍA 1/8 SS

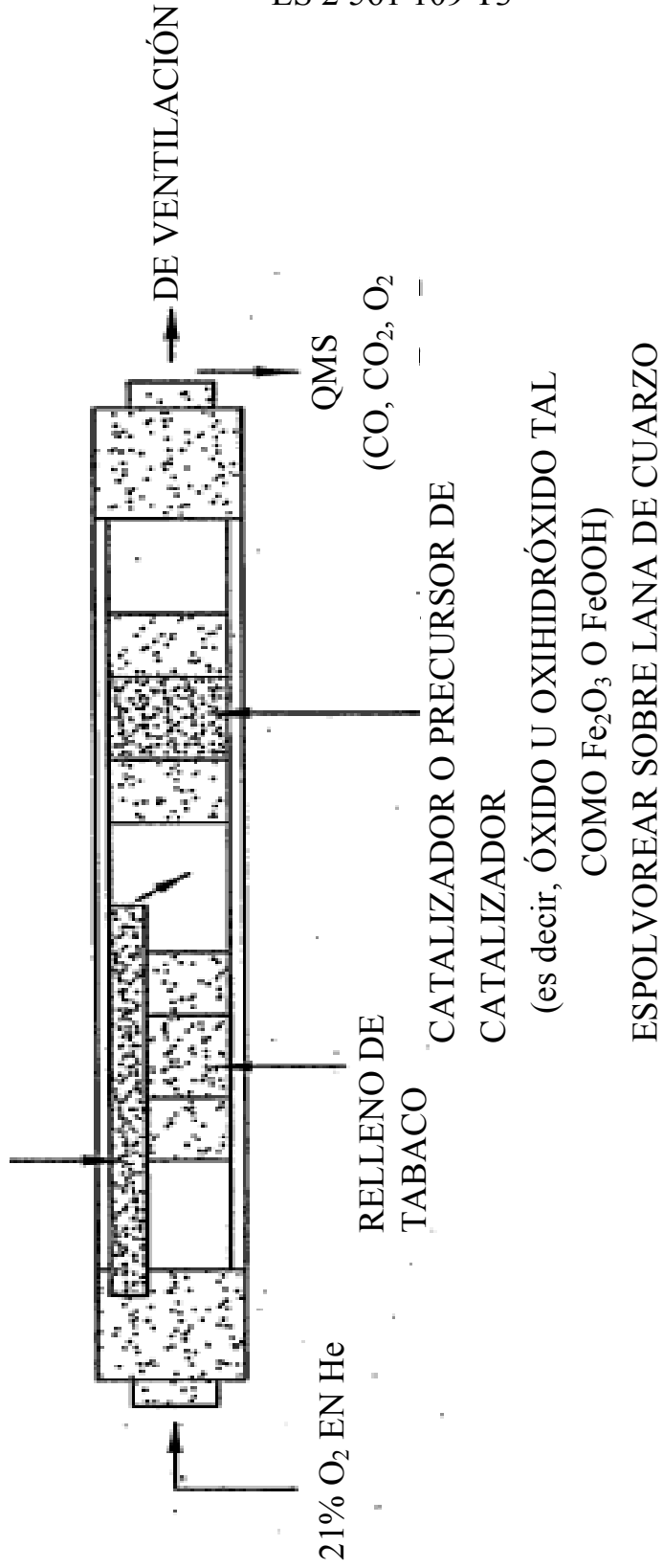


Figura 19

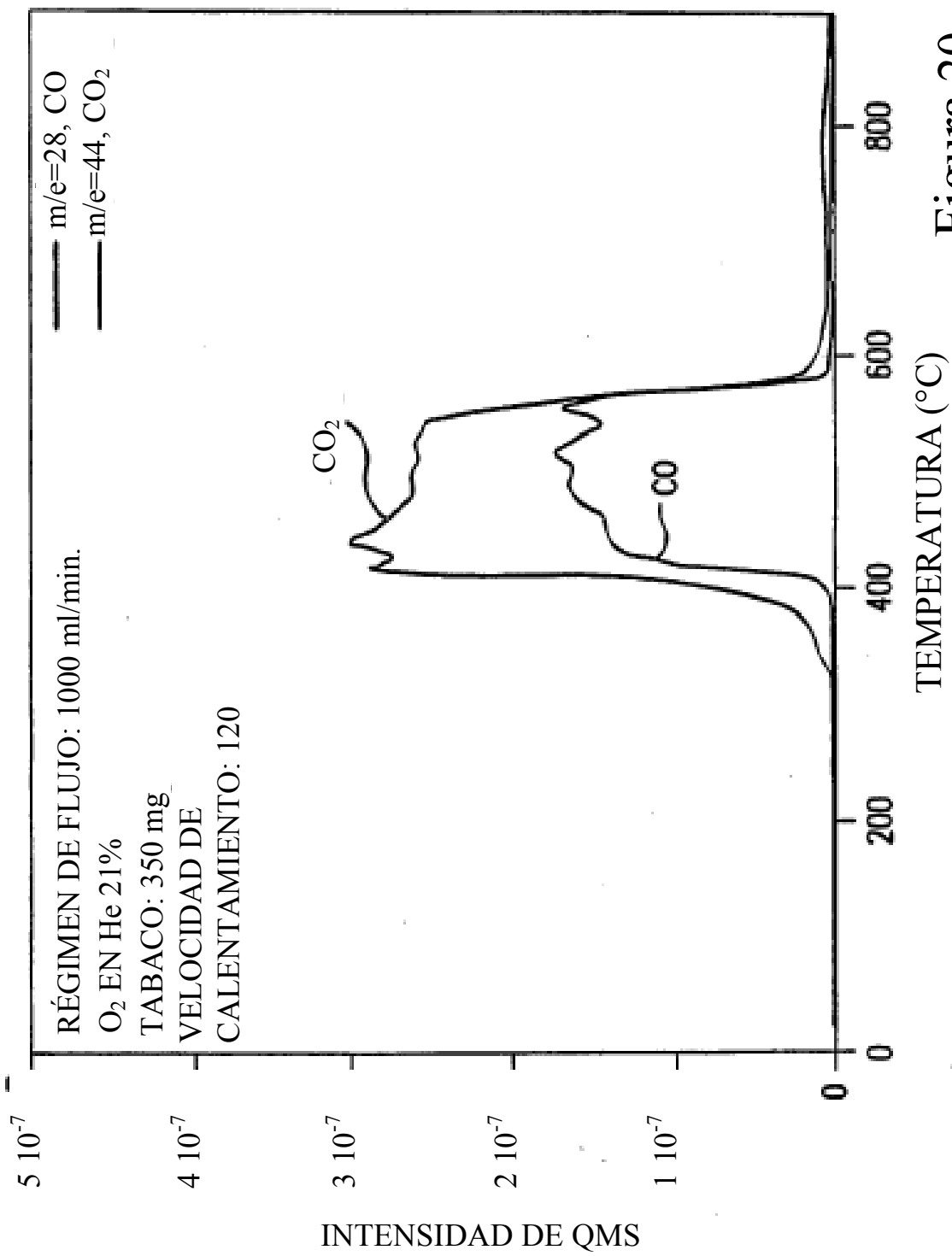


Figura 20

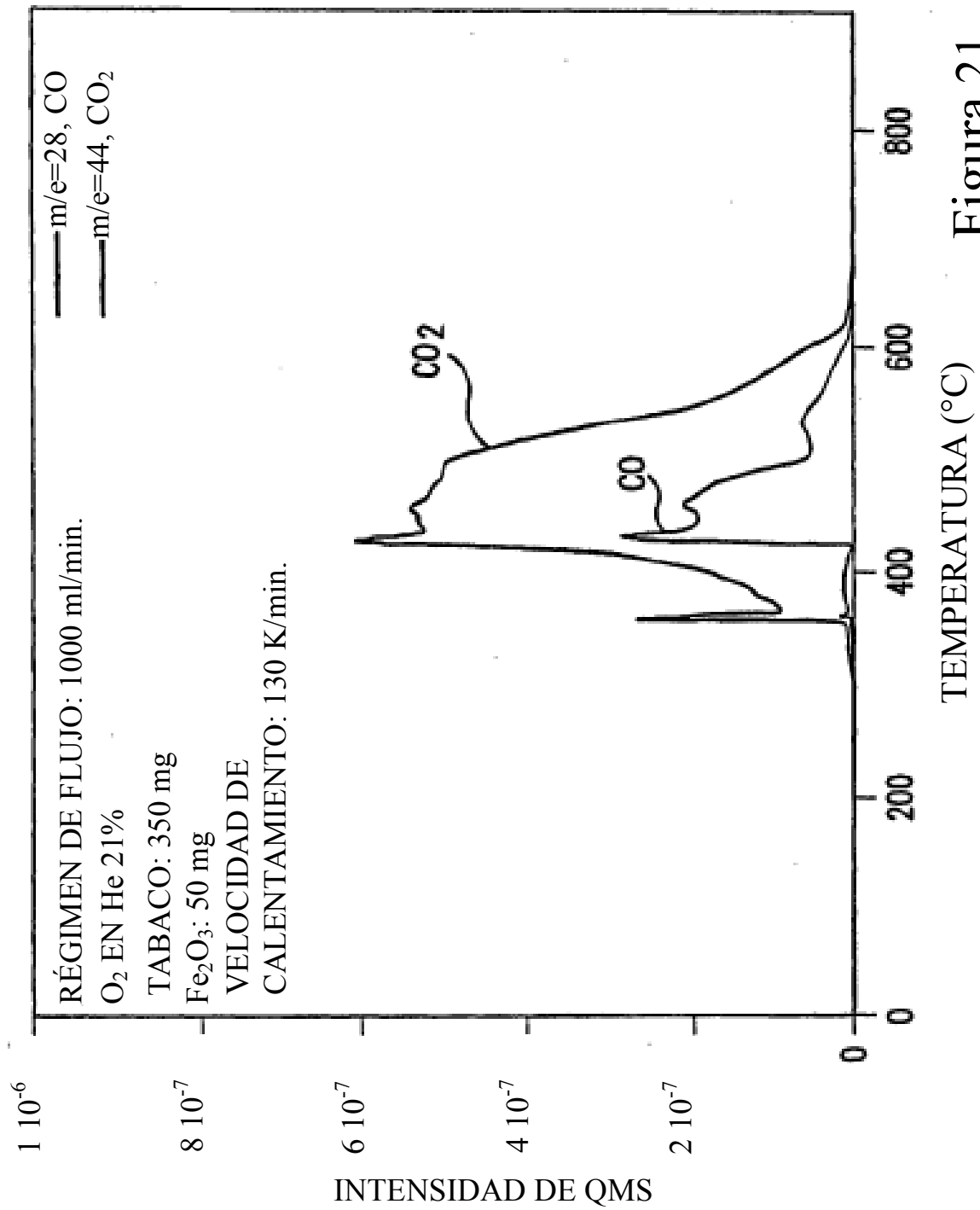


Figura 21