



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola d'Enginyeria de Barcelona Est

TREBALL FI DE MÀSTER

Màster en Enginyeria Química

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO_2



Memòria i Annexos

Autor: Cristian Pérez Anjos
Director: Jordi Llorca Piqué
Co-Directora: Isabel Serrano Carreño
Convocatòria: Juny/Juliol 2018

Resum

La majoria de les reaccions químiques a l'indústria no poden ocórrer sense l'ajuda d'un catalitzador, per aquest motiu, la catàlisi té una gran importància. Actualment, la tecnologia d'impressió 3D està esdevenint molt important, degut a totes les possibilitats i beneficis que aquesta aporta. Per tant, seria una gran idea combinar aquests dos conceptes.

Aquest treball es centra en l'obtenció d'un monòlit catalític mitjançant la tecnologia d'impressió 3D, per millorar la seva fabricació. Per tal d'assolir aquest objectiu, aquest projecte està separat en dues parts diferenciades. La primera consisteix en imprimir les estructures amb una impressora 3D i preparar els monòlits per ser utilitzats, i amb això obtenir un resultat sobre el procés d'impressió. La segona engloba les reaccions químiques i els resultats sobre la seva funcionalitat des d'una perspectiva catalítica, i una posterior comparació amb els resultats d'un monòlit convencional.

El projecte ha demostrat que és possible imprimir un monòlit catalític funcional a través de la tecnologia d'impressió 3D, i que aquest té millors resultats que un convencional en la mateixa base de volum (encara que s'ha de tenir en compte que l'imprès té més massa en el mateix volum). També mostra que l'estudi està inacabat i té un llarg camí per recórrer, i que pot ser possible en un futur imprimir formes geomètriques més complexes per afavorir la transferència de massa, entre altres aspectes.

Resumen

La mayoría de las reacciones químicas de la industria no pueden suceder sin la ayuda de un catalizador, por este motivo, la catálisis tiene una gran importancia. Actualmente, la tecnología de impresión 3D está deviniendo muy importante, debido a todas las posibilidades y beneficios que esta conlleva. Por lo tanto, sería una gran idea combinar estos dos conceptos.

Este trabajo se centra en la obtención de un monolito catalítico mediante la tecnología de impresión 3-D, para mejorar su fabricación. Con la intención de cumplir este objetivo, este proyecto está separado en dos partes diferenciadas. La primera consiste en imprimir las dos estructuras con una impresora 3D y preparar los monolitos para ser utilizados, y a partir de aquí obtener unos resultados sobre el proceso de impresión. La segunda engloba las reacciones químicas y los resultados sobre su funcionalidad desde una perspectiva catalítica, y una posterior comparación con los resultados de un monolito convencional.

El proyecto ha demostrado que es posible imprimir un monolito catalítico funcional a través de la tecnología de impresión 3D, y que este tiene mejores resultados que un convencional en la misma base de volumen (aunque se tiene que tener en cuenta que el impreso tiene más masa en el mismo volumen). También muestra que el estudio está inacabado y tiene un largo camino por recorrer, y que puede ser posible en un futuro imprimir formas geométricas más complejas para favorecer la transferencia de masa, entre otras.

Abstract

Most of the chemical reactions in the industry cannot happen without the aid of a catalyst, so catalysis has a huge importance. Currently, 3D-printing technology is becoming so important due to all the possibilities and benefits that it involves. Therefore, it would be a good idea to combine these two concepts.

The current work is focused on obtaining a catalytic monolith through 3D-printing technology, so as to improve its fabrication. In order to achieve this objective, this project is separated in two different parts. The first one consists in printing the structures by a 3D-printer and prepare the monolith to be ready for be used, and then to obtain results about the printing process. The second one involves all the chemical reactions and the functionality results from a catalytic perspective, and then compare them with a conventional monolith.

The project has demonstrated that it is possible to print a functional catalytic monolith by the 3D-printing technology, and that it has better catalytic results than a conventional one on a volume basis (although the printed one has more mass in the same volume). It also shows that this study is not finished and it has a long way to go, and it could be possible to print more advanced geometry shapes in the future favouring mass transfer, among others.

Agraïments

Aquest TFM que es presenta a continuació s'ha realitzat a l'INTE (Institut de Tècniques Energètiques) sota la supervisió del director del projecte, Jordi Llorca Piqué, i la codirectora, Isabel Serrano Carreño, als qui agraeixo no només l'oportunitat de treballar en el camp d'investigació i proposar-me aquest tema que m'ha motivat força, sinó també l'ajuda i suport constant que he rebut per part seva. També voldria mostrar el meu agraïment a la resta de gent del grup de recerca que m'ha ajudat en algun punt del treball a sortir-ne endavant (Investigadors, Tècnics, Doctorands, etc...).

Finalment agrair als meus pares, Isabel i José, el que m'hagin donat la possibilitat d'arribar fins aquí i tot el que han fet per mi tant a nivell de formació com personal, i que durant aquesta etapa de la meua vida m'han recolzat en tot i m'han ajudat sempre. Per descomptat a la resta de la meua família, el meu germà, els meus avis, tiets, cosins... que m'han donat suport de diverses maneres. I per últim a tots els meus amics amb els quals he passat grans moments, han fet que el temps que he estat fent el projecte hagi estat el millor possible i m'han ajudat les dificultats que anaven apareixen pel camí.

Glossari

Símbols

C = concentració [mol/m³, mol/L]

E_a = Energia d'activació

k = constant cinètica

k_0 = factor pre-exponencial

m = massa de substància [kg, g]

n = número de mols [mols]

R = Constant dels gasos

S = Selectivitat

ν = Coeficient Estequiomètric

t = temps [s, h]

T = Temperatura [K, °C]

\dot{V} = cabal volumètric [m³/s, L/s]

ν = coeficient estequiomètric

X = conversió

Sigles

CAD: Computer Aided Design

PEM: Proton-Exchange Membrane

PVA: Alcohol de Polivinil

MEMS: Microelectromechanical Systems

TCD Thermal Conductivity Detector



Llista de figures

Figura 1. Procés Catàlisis[1]	3
Figura 2. Perfil Conversió-Temperatura	6
Figura 3. Processos individuals d'una reacció catalítica heterogènia d'un gas[1]	8
Figura 4. Disminució activitat catalítica	9
Figura 5. Esquema Resum tipus de Impressió 3D	12
Figura 6. Procés complet d'Impressió 3D	13
Figura 7. Impresora 3D BCN3D+	13
Figura 8. Obtenció $\text{Ce}(\text{OH})_4$	15
Figura 9. Rentat del $\text{Ce}(\text{OH})_4$	16
Figura 10. Obtenció i assecat de la pasta cèria	16
Figura 11. Monòlit convencional impregnat (esquerra); Monòlit 3D impregnat (dreta)	18
Figura 12. Sistema de reacció	19
Figura 13. Prova fallida de monòlit	20
Figura 14. Monòlits TEST pre-estufa	21
Figura 15. Monòlits TEST post-estufa	22
Figura 16. Monòlits TEST2 pre-estufa. Esquerra (I); Dreta(II)	23
Figura 17. Monòlits TEST3 pre-estufa. Esquerra (I); Dreta(II)	23
Figura 18. Monòlits TEST2 i TEST3 pre-calcinació (I)	24

Figura 19. Monòlits TEST2 i TEST3 pre-calcinació (II)	24
Figura 20. Monòlits TEST2 i TEST3 calcinats (I)	25
Figura 21. Monòlit TEST3 imprès (esquerra); calcinat (dreta)	26
Figura 22. Cromatògraf de Gasos	27

Llista de taules

Taula 1. Comparació Catàlisis homogènia i heterogènia[1]	8
Taula 2. Condicions experimentals reaccions	11
Taula 3. Evolució Paràmetres d'Impressió 3D	21
Taula 4. Diàmetre inicial (D_0) dels monòlits TEST2 i TEST3	23
Taula 5. Diàmetre post-assecat (D_1) dels monòlits TEST2 i TEST3 (I)	24
Taula 6. Diàmetre final (D_2) dels monòlits TEST2 i TEST3 (I)	25
Taula 7. Diàmetres Monòlit Multicapa	26
Taula 8. Reaccions Químiques Realitzades	28
Taula 9. Sortida de dades del cromatògraf	30

Llista de Gràfiques

Gràfica 1. Producció de CO ₂ durant la reacció	32
Gràfica 3. Producció de H ₂ O durant la reacció	33
Gràfica 4. Conversió CO durant la reacció	34
Gràfica 5. Conversió H ₂ durant la reacció	34
Gràfica 6. Conversió CO respecte temperatura	35
Gràfica 7. Conversió H ₂ respecte temperatura	36
Gràfica 8. Selectivitat CO durant la reacció	37
Gràfica 9. Selectivitat CO ₂ respecte temperatura	37

Índex

RESUM	I
RESUMEN	II
ABSTRACT	III
AGRAÏMENTS	IV
GLOSSARI	V
LLISTA DE FIGURES	VI
LLISTA DE TAULES	VIII
LLISTA DE GRÀFIQUES	IX
1. INTRODUCCIÓ	1
2. OBJECTIUS	2
3. ESTAT DE L'ART	3
3.1. Catalitzadors	3
3.1.1. Introducció	3
3.1.2. Catàlisis heterogènia.....	8
3.2. Òxid de Ceri.....	10
3.2.1. Reacció CO Preferencial Oxidation (COProx).....	10
3.3. Impressió 3D	11
3.3.1. Tipus 3D-printing.....	11
3.3.2. Requeriments Impressió 3D	12
3.3.3. Paràmetres d'impressió.....	13
4. PROCEDIMENT EXPERIMENTAL	15
4.1. Síntesis pasta de CeO ₂	15
4.2. Impressió 3D	17
4.3. Preparació dels monòlits.....	17
4.3.1. Monòlit imprès.....	17
4.3.2. Monòlit convencional	17
4.3.3. Deposició de les nanopartícules.....	18
4.4. Desenvolupament de reacció química.....	19

5. RESULTATS I ANÀLISIS	20
5.1. Impressió 3D	20
5.2. Reaccions Químiques	27
5.2.1. Càlculs.....	28
5.2.2. Producció de CO ₂	31
5.2.3. Conversió.....	33
5.2.4. Selectivitat.....	36
CONCLUSIONS	38
BIBLIOGRAFIA	39
ANNEX A: TAULES DE RESULTATS	40
A1. CO-M3D	40
A2. COProx-M3D	45
A3. CO-MC	50
A4. COProx-MC.....	54
A5. CO-M3D-Imp.....	59
A6. COProx-M3D-Imp	64
A7. CO-MC-Imp	70
A8. COProx-MC-Imp.....	75
ANNEX B: FITXES DE SEGURETAT	80
A1. Àcid acètic	81
A2. Hidròxid d'amoni	83
A3. Nitrat de Ceri hexa-hidratat	85
A4. PVA	103
A5. Toluè.....	109

1. INTRODUCCIÓ

Moltes reaccions químiques que s'utilitzen a la indústria no es poden produir espontàniament o mitjançant una aportació raonable d'energia. Per tant, la catàlisi és molt important per poder obtenir productes, que no es podrien sintetitzar sense catalitzador, i per reduir costos, com poden ser els energètics [1].

Actualment, la tecnologia d'impressió 3D està esdevenint molt important degut a totes les possibilitats que representa en una gran diversitat de sectors, ja que redueix temps, material i per tant, costos. A més, permet dissenyar amb facilitat estructures catalítiques amb geometries difícils d'aconseguir amb els mètodes convencionals. Aquesta tecnologia es basa en la adició de capes del material superposades una a una, amb l'objectiu d'obtenir un producte a partir d'un model 3D digital elaborat amb un *software* de CAD [2].

Aquest projecte es basarà en combinar les dues idees esmenades prèviament, per intentar millorar la fabricació de monòlits catalítics. La tecnologia d'impressió 3D està pensada per utilitzar-se amb materials polimèrics, ja sigui termoplàstics o termostables, ja que existeixen diferents tipus de tècniques. I com ja se sap, els catalitzadors solen estar sintetitzats amb materials ceràmics, que no són fàcilment imprimibles, i per tant, aquí resideix la problemàtica a tractar. El treball es centrarà en l'obtenció d'estructures catalítiques (monòlits) mitjançant la tècnica *Syringe Extrusion* d'impressió 3D d'un material ceràmic (CeO_2) i la posterior comprovació de la seva funcionalitat en una reacció química.

La impressió de materials polimèrics utilitzant aquests tipus de tecnologies s'ha estudiat bastant i està força dominada, mentre que amb materials ceràmics és el cas totalment contrari, ja que és un camp que s'ha començat a estudiar recentment i encara és una incògnita. Tot així, aquest tipus de materials poden ser impresos, per exemple fent servir la tècnica de *Syringe Extrusion* [2].

En els darrers anys s'han aconseguit fer impressions amb materials ceràmics mitjançant diverses tècniques de *3D-printing*. Alguns exemples són la impressió d'un catalitzador heterogeni $\text{Cu}/\text{Al}_2\text{O}_3$ mitjançant fabricació de components ceràmics a partir d'un gel ZrO_2 /resines i el sinteritzat de matrius micro-pilars de TiO_2 [3][4][5]. Com es pot veure, tot i que hi ha poc estudi fet sobre el tema, ja s'ha demostrat que és possible i que té moltes aplicacions.

El projecte està format per dues parts ben diferenciades; la primera es basa en sintetitzar el material i imprimir-lo, mentre que la segona està relacionada amb utilitzar els monòlits impresos per fer reaccions químiques i comprovar la seva funcionalitat. La gran majoria de temps s'ha dedicat a la primera, ja que es va haver de fer front a moltes dificultats en obtenir estructures òptimes per avançar en la investigació.

2. OBJECTIUS

Tenint en compte el que s'ha comentat en l'apartat anterior, els objectius d'aquests treball es defineixen de la següent manera:

- Obtenció de cèria de tal manera que sigui viable la seva impressió.
- Fabricació d'estructures (monòlits) de cèria.
- Preparació de les estructures per utilitzar-les en reaccions químiques (Oxidació del CO a CO₂ i reacció COProx).
- Comparació amb un monòlit preparat de manera convencional.

3. ESTAT DE L'ART

3.1. Catalitzadors

Com s'ha comentat anteriorment aquest projecte tracta sobre la impressió d'estructures catalítiques, per tant, s'ha de tenir unes nocions bàsiques sobre el que són els catalitzadors. Aquest apartat es divideix en dos parts, la primera es descriu la catàlisi de manera general, i la segona en centra en la catàlisi heterogènia, ja que els nostres catalitzadors seran d'aquest tipus.

3.1.1. Introducció

Segons Hagen [1], la catàlisi és la clau de les reaccions químiques. La majoria de síntesis industrials i aproximadament tots els processos biològics requereixen de catalitzadors per realitzar-se. És un procés cíclic: els reactius s'enllacen al catalitzador, i els productes es desprenen, regenerant l'estat inicial d'aquest. A la Figura 1 podem observar un esquema d'aquest procés.

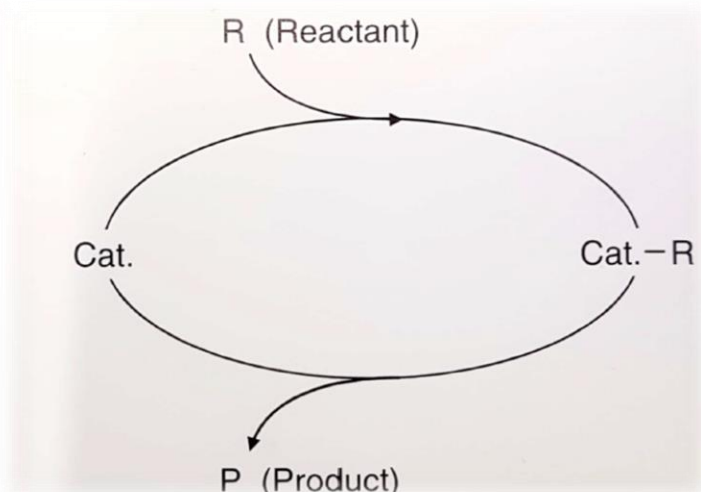


Figura 1. Procés Catàlisi[1]

La importància dels catalitzadors s'observa en el fet que el 75% dels productes químics són produïts amb l'ajuda d'aquests. Els catalitzadors poden ser líquids, sòlids o gasos; però la majoria són líquids o sòlids.

La idoneïtat d'un catalitzador per un procés industrial depèn principalment de tres propietats:

- Activitat
- Selectivitat
- Estabilitat

És difícil dir quina d'elles té més prioritats, ja que en funció de el que requereixi el procés, una tindrà més pes sobre les altres.

Activitat

L'activitat mesura la rapidesa d'una o més reaccions amb la presència de catalitzador. Pot definir-se en termes cinètics o d'un punt de vista més pràctic. Si valorem de manera cinètica, és adient mesurar les velocitats de reacció, que es defineixen com la velocitat de consum d'un reactiu A respecte a la quantitat (volum o massa) del:

$$r = \frac{\text{quantitat de A consumida}}{\text{Volum o massa de Catalitzador} \cdot \text{temps}} \left[\frac{\text{mol}}{\text{L} \cdot \text{h}} \right] \text{ o } \left[\frac{\text{mol}}{\text{kg} \cdot \text{h}} \right] \quad (1)$$

Considerant les lleis fonamentals de la velocitat de reacció, per exemple, per una reacció simple irreversible, $A \rightarrow P$:

$$\frac{dn_A}{dt} = k V \cdot C_A \quad (2)$$

on:

n_A = mols de A

t = temps

k = constant cinètica

V = Volum

C_A = Concentració molar

Amb l'equació d'Arrhenius es pot establir una relació entre les constants cinètiques i les temperatures:

$$k = k_0 e^{-\left(\frac{E_a}{RT}\right)} \quad (3)$$

On:

k_0 = Un factor pre-exponencial

E_a = Energia d'activació

T = Temperatura

R = Constant del gasos ideals

Tal i com es mostren en les equacions anteriors, hi han tres possibilitats per expressar l'activitat del catalitzador:

- Velocitat de reacció
- Constant de reacció o cinètica
- Energia d'activació

Una altre mesura de l'activitat es el *turnover number* (TON), amb origen al camp de catàlisi enzimàtica i es defineix com la quantitat de molècules de reactiu que reaccionen per centre actiu i segon. Aquesta mesura s'utilitza bàsicament en la catàlisi homogènia, per tant com que aquest treball es centra en la heterogènia com s'explicarà més endavant, no té gaire importància.

Habitualment els catalitzadors son testeats en reactors en règim continu, on les conversions obtingudes a una velocitat espacial concreta son comparades. La velocitat espacial, SV, és el cabal de gas respecte la massa del catalitzador:

$$SV = \frac{\dot{V}_0}{m_{cat}} \left[\frac{m^3}{kg \cdot s} \right] \quad (4)$$

On:

\dot{V}_0 = Cabal volumètric d'alimentació

m_{cat} = massa catalitzador

Òbviament, aquestes mesures s'han de fer servir sota les mateixes condicions de reactius, temperatura i pressió.

L'activitat està directament relacionada amb la conversió. A la Figura 2 podem observar l'evolució d'aquesta a mesura que augmentem la temperatura, i es fenòmens que controlen cada zona. La zona idònia per treballar és la de control per difusió de porus perquè amb petit canvis de temperatura, la conversió augmenta molt.

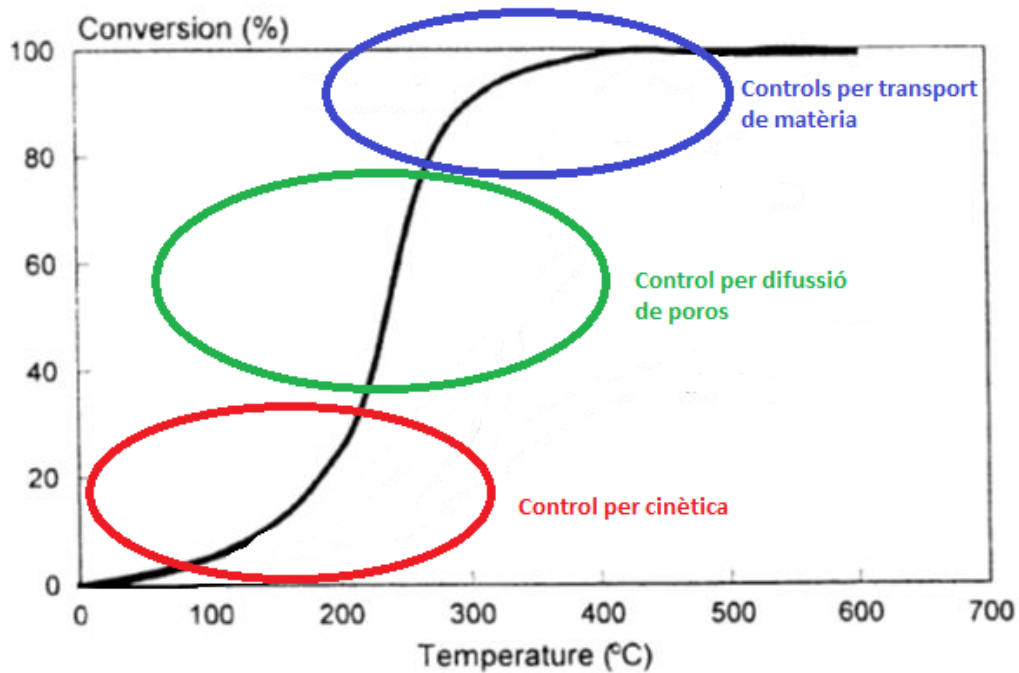


Figura 2. Perfil Conversió-Temperatura

Selectivitat

La selectivitat, S_p , d'una reacció es la fracció del reactiu inicial que ha reaccionat al producte desitjat, P. S'expressa com el rati de la quantitat de producte desitjat respecte el reactiu A. Aquest indicador, també pot aportar informació sobre el curs que ha agafat la reacció, ja que poden ocórrer reaccions paral·leles i seqüencials a la reacció desitjada. Al comparar reactius amb productes, el coeficients estequiomètrics s'han de tenir en compte:

$$S_p = \frac{\frac{n_p}{v_p}}{\frac{(n_{A,0} - n_A)}{v_A}} \quad (5)$$

On:

n = número de mols

v = Coeficient estequiomètric

Estabilitat

L'estabilitat química, tèrmica i mecànica d'un catalitzador determina la seva vida útil en un reactor. L'estabilitat d'un catalitzador pot ser influenciada per diversos factors (descomposició, *coking*, *poisoning*, etc.). Quan un catalitzador perd activitat durant un procés, habitualment es pot regenerar abans de prescindir-ne definitivament i reemplaçar-lo. El temps de vida total és de crucial importància en termes econòmics.

Avui dia, es poden classificar els catalitzadors amb diversos criteris : estructura, composició, estat d'agregació, etc... Aquest treball centrarà la seva classificació segons els estats d'agregació. Hi ha dos grans grups dins d'aquesta classificació: catàlisis heterogènia i catàlisis homogènia. A la Taula 1 es pot observar una comparació entre aquests.

	Homogènia	Heterogènia
Efectivitat		
Centres Actius	Tots els àtoms del metall	Només els àtoms a la superfície
Concentració	Baixa	Alta
Selectivitat	Alta	Menor
Problemes de difusió	Pràcticament absents	Presentes
Condicions de reacció	50-200 °C	Habitualment >250 °C
Aplicabilitat	Limitada	Àmplia
Pèrdua d'activitat	Reacció irreversible amb productes (formació <i>clúster</i>); <i>poisoning</i>	Sinteritzat del metall; <i>poisoning</i>
Propietats del catalitzador		
Estructura	Definida	Indefinida
Possibilitat de modificacions	Alta	Baixa
Estabilitat tèrmica	Baixa	Alta

Separació del Catalitzador	A vegades laboriosa (descomposició química, extracció)	Llit fix: innecessària Suspensió: Filtració
Reciclatge del Catalitzador	Possible	Innecessària (llit fix) o fàcil (suspensió)
Cost pèrdues de Catalitzador	Alt	Baix

Taula 1. Comparació Catàlisis homogènia i heterogènia[1]

3.1.2. Catàlisis heterogènia

En aquest projecte es treballarà amb catalitzadors sòlids i reactius fluids (gasos), per tant, s'estudiarà un cas de catàlisi heterogènia. Degut a això, en aquest apartat s'ha omès explicar la catàlisi homogènia, i s'ha focalitzat en la heterogènia.

Les reaccions amb catalitzadors heterogenis estan compostes per passos purament químics i físics. Per a que la catàlisi es produeixi, els reactius s'han de transportar fins el catalitzador. A més de la reacció química; difusió, adsorció i desorció son processos important per el progrés global d'aquesta. Considerant un cas simple de reacció catalítica de gas. En la Figura 3 podem observar aquests passos:

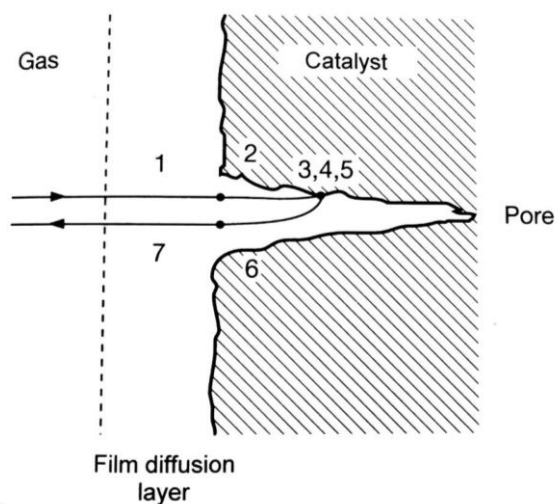


Figura 3. Processos individuals d'una reacció catalítica heterogènia d'un gas[1]

Com s'ha comentat abans, els catalitzadors tenen un temps de vida limitat. Aquest període poden anar des de minuts fins a més de deu anys. El manteniment de l'activitat catalítica el màxim de temps possible té un gran importància en termes econòmics. Una disminució de l'activitat pot ser deguda a diversos factors químics i físics, en la

Figura 4 s'observa com aquesta evoluciona en funció del temps a escala industrial.

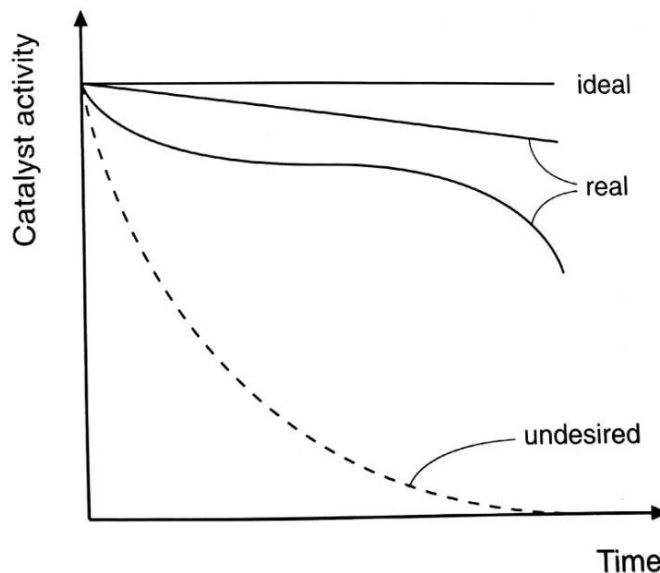


Figura 4. Disminució activitat catalítica

La pèrdua d'activitat no és l'únic motiu d'un decreixement en la productivitat, a vegades aquesta està acompanyada d'una disminució de la selectivitat. Les quatre causes més habituals en la desactivació d'un catalitzador són:

- *Poisoning* del catalitzador. Substàncies típiques que el poden provocar són H₂S, Pb, Hg, S, P.
- Deposicions en la superfície catalítica, bloquejant els centres actius i canviant l'estructura dels porus. (ex.: *coking*)
- Processos químics i sinterització del catalitzador que provoquen disminució de la superfície catalítica.
- Pèrdua de catalitzador mitjançant evaporació de components.

3.2. Òxid de Ceri

L'òxid de Ceri (Cèria, CeO_2) i els materials basats en aquest són propicis per un gran nombre d'aplicacions, ja que són dels components més importants en *three-way catalyst* d'alt rendiment gràcies a la seva capacitat de millorar l'eliminació de CO, NO_x i hidrocarburs, actuant com a magatzem d'oxigen. També és utilitzat com a suport o additiu en catalitzadors per reaccions d'oxidació degut a la seva alta capacitat de emmagatzemar oxigen i activitat redox [6]. Tenint en compte tot el comentat prèviament i l'experiència del grup investigador, es va decidir realitzar la reacció d'oxidació del CO i la reacció d'oxidació preferent de CO en presència d'hidrogen (COProx), que segueixen les següents equacions:



L'oxidació del CO correspondria només a l'equació (6), mentre que la reacció COProx seria una reacció competitiva entre l'equació (6) i la (7). Com l'oxidació no deixa de ser una COProx, però sense competició del CO amb l' H_2 , no se li dedicarà un apartat per explicar-la.

3.2.1. Reacció CO Preferencial Oxidation (COProx)

La cèria és un suport de catalitzador molt utilitzat en la reacció COProx, ja que combinada amb alguns metalls concrets, s'obtenen molt bons resultats en activitat i selectivitat. Au-Cu és un dels sistemes bimetal·lics més investigats i amb rendiments excel·lents. L'objectiu d'aquesta reacció és l'eliminació del CO en un corrent ric en H_2 per les cel·les de combustible PEM (*Proton-Exchange Membrane*). Per tant, la *CO Preferencial Oxidation* implica l'oxidació del CO sense que simultàniament s'oxidi l' H_2 , amb la qual cosa, aquesta reacció ha de ser activa i selectiva, evitant la formació d'aigua en quantitats significatives. S'ha de reduir la concentració de CO fins 10-100 ppm, per protegir l'electrocatalitzador de Pt que hi ha en la cel·la de la PEM [6], [7].

Segons Moreno [8] les condicions experimentals òptimes per la reacció COProx són les que es mostren a la taula següent:

Temperatura (K)	334-403
Pressió (bar)	1,2
Cabal Alimentació (WHSV) (ml/g _{cat} ·min)	45-375

Taula 2. Condicions experimentals reaccions

3.3. Impressió 3D

Les tecnologies d'impressió 3D són un tipus de *Additive manufacturing* (Manufactura additiva), que es basa en la addició de material a través de capes superposades d'aquests, amb l'objectiu de crear un producte tridimensional directament de models 3D digitals. Al principi, aquestes tècniques s'utilitzaven només per l'obtenció de prototips d'una manera ràpida, però amb els pas del temps, aquestes tècniques s'han desenvolupat i millorat fins al punt de poder fabricar productes completament funcionals. I, actualment, són una de les grans tendències en una gran part del sector industrial, donant senyals que estem davant una nova revolució industrial, ja que s'està començant a substituir la producció en línia de muntatge que estava dominant la indústria des de el segle XIX [9].

3.3.1. Tipus 3D-printing

Existeixen diverses tècniques que permeten fabricar el model 3D dissenyat amb l'ordinador. Aquestes es poden dividir en 3 tipus, segons el tipus de material base que utilitzen [10]:

- Base líquida: Es basen en la solidificació del material per crear cada capa. Els materials habituen a ser homopolímers i generalment s'utilitza llum ultraviolada. Existeixen 3 tecnologies desenvolupades:
 - Estereolitografia (SLA)
 - *Digital Light processing (DLP)*
 - *Multi-jet Modeling (MJM)*

- Base en pols: Utilitzen material en base pols, que s'uneix mitjançant la fusió d'algun aglomerant. Els materials que s'utilitzen són polímers, ceràmics i metalls. El diferents sistemes per aquest tipus són:
 - *Electron Beam Melting (EBM)*
 - *Selective Laser Sintering (SLS)*
 - *Direct Metal Laser Sintering (DMLS)*

- *Binder Jetting (BI)*
 - *Laser Metal Deposition (LMD)*
- Base en làmines o sòlida: En aquest tipus es fan servir materials sòlids. Els materials utilitzats són els polímers. Les tècniques existents són:
 - *Laminated Object Manufacturing (LOM)*
 - *Fused Deposition Modelling (FDM)*

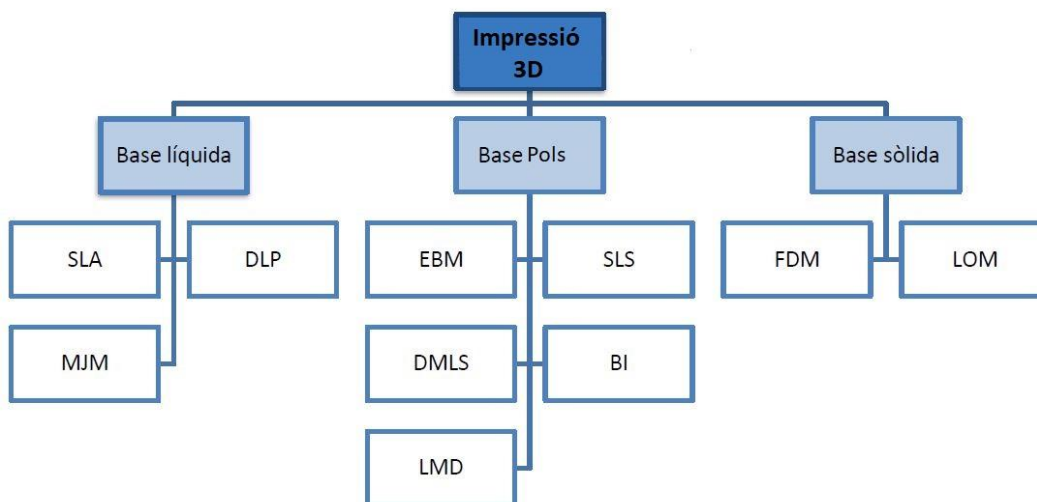


Figura 5. Esquema Resum tipus de Impressió 3D

En aquest projecte s'ha fet servir la tècnica *Syringe Extrusion*, que és una variació de la FDM, condicionada per la impressora disponible. Aquest mètode consisteix en una xeringa plena amb un material imprimible i una punta d'aquesta xeringa de secció determinada. Aplicant pressió a la xeringa és possible extrudir el material en forma de filaments d'un diàmetre condicionat per la boqueta d'impressió (punta de la xeringa) [2].

3.3.2. Requeriments Impressió 3D

La impressió 3D requereix una sèrie d'elements per poder transformar la idea en un objecte físic. Aquestes eines necessàries són les següents:

- Impressora 3D
- Material
- *Software* de CAD (*Solidworks*, en aquest projecte)
- *Software* per obtenir un arxiu G-Code (*Simplify3D*, en aquest projecte)

A continuació, la Figura 6 es mostra un esquema de tots aquest elements combinats en el procés d'imprimir un objecte des de la idea.



Figura 6. Procés complet d'Impressió 3D

La impressora 3D utilitzada en aquest projecte ha sigut la BCN3D+ que podem veure en la Figura 7. Aquesta impressora consisteix en dos extrusors que es poden moure en els tres eixos espacials (X,Y,Z) i una base que només es pot moure en el eixos X i Y. També disposa d'un panell amb botó i pantalla, per poder configurar i controlar la impressora.

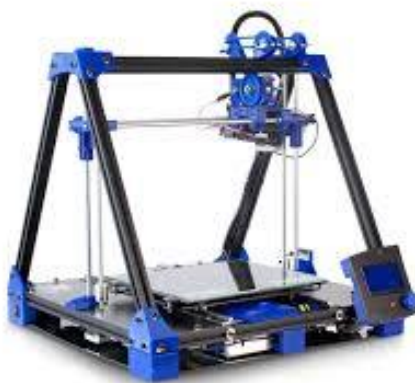


Figura 7. Impresora 3D BCN3D+

3.3.3. Paràmetres d'impressió

Hi ha diversos *software* que ens permeten crear un fitxer G-code que conté el disseny de la figura i els paràmetres d'impressió. En aquest treball s'ha fet servir el *Simplify3D*, amb aquest programa informàtic es poden definir un gran quantitat de paràmetres, però a continuació només anomenarem els més rellevants. Es divideixen en diferents pestanyes segons el tipus de paràmetre:

- Extruder:
 - Nozzle Diameter: Diàmetre de la punta
 - Extrusion Multiplier: Multiplicador per tots el moviments d'extrusió
 - Retraction: Si hi ha moviment invers a l'extrusió quan es pausa l'extrusió o no
- Layer:
 - Primary Layer Height: Gruix de cada capa del perímetre

- Firts Layer Height: Alçada de la primera cap
- Firts Layer Width: Amplada de la primera cap
- Firts Layer Speed: Velocitat de la primera capa
- Infill:
 - Fill Pattern: Patró del farciment
 - Interior Fill Percentage: Percentatge de farciment
 - Infill Extrusion Width: Amplada del filament del farciment
- Other:
 - Default Printing Speed: Velocitat d'impressió per defecte
 - Outline Underspeed: Velocitat del perímetre
 - Solid Infill Underspeed: Velocitat del farciment
 - X/Y/Z Axis Movement Speed: Velocitat dels eixos mentre no s'extrudeix

Hi ha molts més paràmetres però aquests són els que més s'ha tingut en compte i manipulat.

4. PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

En aquest apartat s'explicaran els protocols que s'han seguit per tal de realitzar els experiments dels quals s'han obtingut els resultats d'aquest treball. De manera general, aquest projecte ha consistit en obtenir un monòlit catalític de cèria mitjançant la impressió 3D, que és l'objecte d'estudi, i un altre amb un procediment convencional, i finalment comparar la seva funcionalitat a través de les reaccions químiques escollides. Per tant, els punts a tractar seran:

- Síntesis de la pasta de CeO_2
- Impressió 3D
- Preparació dels monòlits
- Reacció catalítica

4.1. Síntesis pasta de CeO_2

Com que la cèria és un material sòlid, no es pot imprimir directament amb la impressora. Per tant, amb l'objectiu d'aconseguir imprimir aquest material, s'ha sintetitzat l'òxid de ceri en forma d'una pasta (gel) imprimible. El procés per obtenir aquest gel es descriu a continuació [11],[12]:

1. Es dilueix 0,031 mols de $Ce(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$ en 670 ml d'aigua, s'addiciona gota a gota 30,4 ml de NH_4OH i es deixa a 70 °C amb agitació, fins que s'observa una coloració blanca. Aquest punt indica que la reacció a $Ce(OH)_4$ s'ha complet.

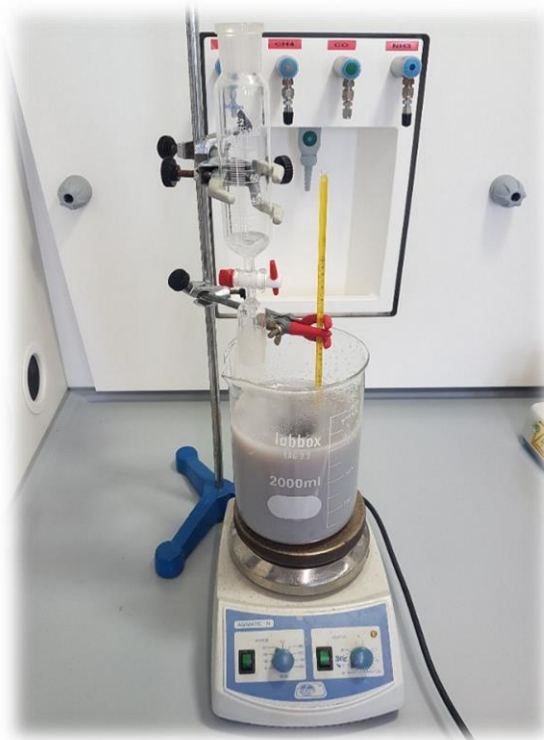


Figura 8. Obtenció $Ce(OH)_4$

2. S'atura l'agitació i es separa el $Ce(OH)_4$ per decantació. Posteriorment, es renta el precipitat obtingut amb un embut Kitasato i 1,5L d'aigua amb l'objectiu d'eliminar els ions NH_4^+ i NO_3^- .



Figura 9. Rentat del $Ce(OH)_4$

3. Un cop rentat el precipitat, s'afegeix aigua fins un volum de 200ml, s'addiciona gota a gota 2,15 ml de HNO_3 i es deixa a $90^\circ C$ amb agitació fins que s'elimina la suficient aigua per obtenir un pasta òptima per imprimir. L'addició de HNO_3 es fa per produir les següents reaccions:

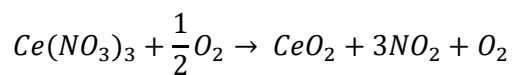
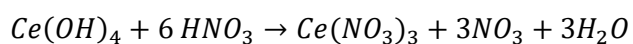


Figura 10. Obtenció i assecat de la pasta cèria

4.2. Impressió 3D

Apart de la cèria, per poder dur a terme la impressió, és necessària l'arxiu on està desada la forma o figura que s'ha d'imprimir. Aquest fitxer s'ha creat mitjançant l'ajuda de dos *software*, el *Solid Works* i el *Simplify3D*. Amb el *Solid Works*, que és un programa de *CAD*, es dissenya la forma que es vol imprimir i es guarda en format *.stl*. I amb el *Simplify3D*, s'obre aquest fitxer, es comprova que la impressió del disseny és possible, s'estableixen els paràmetres de la mateixa i es crea l'arxiu *G-Code*, que és el que s'introdueix a la impressora.

Un cop tenim l'òxid de ceri i l'arxiu *G-Code*, abans de procedir a la impressió, hem de col·locar la xeringa amb el material als extrusors i ajustar la impressora. Per realitzar aquest ajustament hem d'utilitzar les ordres següents:

1. *Preapre > Autohome*: Porta els extrusors al les coordenades inicials preestablertes.
2. *Prepare > Move Axis*: Serveix per moure manualment els extrusors en tots els eixos. El fem servir per ajustar l'alçada (Z) correctament.
3. *Prepare > Set Z=0*: Establim la nova alçada inicial.
4. *Prepare > Extruder L o R*: Fa baixar el pistó del extrusor dret (R) o esquerre (L), ho fem servir per assegurar-nos que la pasta està a la punta de la xeringa.
5. *Print from SD > Arxiu.gcode*: Inicia la impressió.

4.3. Preparació dels monòlits

4.3.1. Monòlit imprès

El monòlit obtingut amb la impressora 3D està constituït al 100% amb pasta de cèria, per tant es pot utilitzar en catàlisi directament. Tot i això, com que està fet d'un gel que té una gran quantitat d'aigua, ha de passar per un assecat a l'estufa i una calcinació a la mufla. Abans d'introduir l'estructura a l'estufa es pot deixar fora a temperatura ambient per a que no tingui un xoc tèrmic dràstic i s'esquerdi. L'estufa la programem a 75°C durant 3 hores, i posteriorment, posem el monòlit a calcinar a la mufla amb una rampa de 5°C/min i 550°C durant 4 hores.

4.3.2. Monòlit convencional

El monòlit convencional parteix d'una estructura comercial de cordierita, per tant, aquest *esquelet* l'hem d'impregnar amb cèria. Aquesta impregnació es fa amb ajuda d'un gel de Polivinil alcohol (PVA), que es prepara de la següent manera:

1. Es barregen 2,5 g de pellets de PVA i 480 µl de CH₃COOH per cada 50 ml d'aigua.
2. Es deixa a 70°C amb agitació, fins que obtenim un gel uniforme i homogeni.

Després que el gel es refredi, afegim l'òxid de ceri i quan aquesta barreja es totalment homogènia submergim el monòlit de cordierita. Quan el gel ha impregnat completament l'estructura, el disposem a l'estufa a 100°C en rotació axial constant durant una hora per assecar-lo. Immediatament després el posem a la mufla amb una rampa de 5°C/min i 4 hores a 400°C, amb l'objectiu de calcinar el PVA i deixar només el CeO₂. Aquest procés s'ha de repetir diverses vegades fins que el monòlit agafa la massa de cèria desitjada.

4.3.3. Deposició de les nanopartícules

Aquest punt és comú per els dos tipus de monòlits, que s'impregnen amb una suspensió de nanopartícules metàl·liques de Cu-Au en toluè mitjançant una micropipeta, ja que es necessiten volums molt petits i precisos. S'ha d'aplicar el volum necessari de dissolució per a que la massa del metall sigui un 1% de la massa de la cèria. Un cop s'han impregnat les estructures es calcinen a la mufla, amb una rampa de 2°C/min i a 400°C durant 4 hores. A la Figura 11 podem observar els monòlits després de sortir de la mufla.



Figura 11. Monòlit convencional impregnat (esquerra); Monòlit 3D impregnat (dreta)

4.4. Desenvolupament de reacció química

Per poder fer la reacció, és necessari un sistema de reacció on poder realitzar-la, com el que és mostra a la Figura 12.

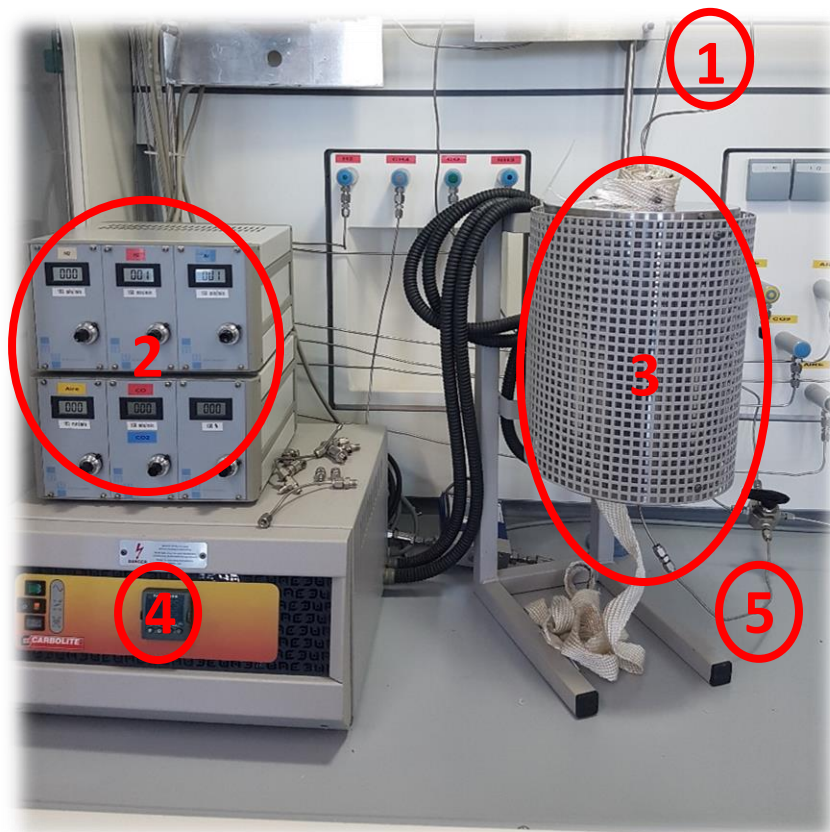


Figura 12. Sistema de reacció

- 1: Entrada de reactius al reactor
- 2: Regulador de cabals d'entrada
- 3: Forn (a l'interior es troba el reactor amb el catalitzador)
- 4: Controlador de temperatura del forn
- 5: Sortida de productes del reactor

Un cop establert tot aquest sistema, es pot procedir a la reacció seguint els passos següents:

1. Obrim les vàlvules dels gasos que farem servir i ajustem el flux de cadascun amb el regulador de cabals.
2. Ajustem la temperatura de reacció desitjada amb el panell del forn
3. Iniciem el *software* del cromatògraf perquè comenci amb les anàlisis
4. Per canviar condicions de temperatura, la regulem amb el panell del forn

Quan acabem tanquem vàlvules, apaguem forn i obtenim els fitxers de les anàlisis amb el *software*.

5. Resultats i Anàlisis

En aquest capítol es presentaran els resultats experimentals obtinguts, els càlculs necessaris per obtenir altres valors d'interès i l'anàlisi de tots aquests. El capítol es divideix en dues parts, la primera amb els resultats de la impressió 3D del monòlit i la segona amb els resultats de les reaccions químiques escollides.

5.1. Impressió 3D

A continuació es presentaran els monòlits que s'han imprès. Senyalar que abans d'obtenir un monòlit de varies capes que s'aguantés al acabar-se de imprimir, es van fer moltes proves on s'aconseguien monòlits d'una capa que es trencaven durant el procés d'assecat, o una massa de cèria sense forma quan s'intentaven varies capes. Això era degut a que encara no s'havia trobat el punt d'assecat que havia de tenir la pasta i era bastant líquida, i d'altra banda encara s'estaven estudiant els paràmetres d'impressió. A la Figura 13. Prova fallida de monòlit tenim una barreja dels dos casos comentats prèviament, només té una capa i està esquerdat en alguns punts, i també té zones on s'han tapat els 'canals'.



Figura 13. Prova fallida de monòlit

Com s'ha mencionat abans, es van fer diverses proves manipulant els paràmetres d'impressió, fins que finalment es va aconseguir definir els paràmetres que proporcionaven una impressió dels monòlits adequada. Al principi, es va començar amb uns paràmetres recomanats per el personal del grup de recerca on s'ha realitzat el projecte, i després amb cada prova es van afinar cada cop més fins arribar als que s'ha fet servir al final. A la Taula 3 es mostren es paràmetres inicials i els finals, amb els quals es van imprimir tots el monòlits satisfactoris.

Paràmetre	Paràmetres inicials	Paràmetres finals
Retraction Speed	1800 mm/min	120 mm/min
Firts Layer Speed	50%	100%
Interior fill Percentatge	20%	30%
Default Printing Speed	3600 mm/ min	1000 mm/min
X,Y Axis Movement	4800 mm/min	500 mm/min
Z Axis Movement	1000 mm/min	500 mm/min

Taula 3. Evolució Paràmetres d'Impressió 3D

S'han estudiat altres paràmetres , però aquest són els que més s'han canviat, apart del diàmetre de la punta de la xeringa que es valorarà més endavant amb altres monòlits impresos. Com es pot observar a la Taula 3, la majoria són paràmetres de velocitat que s'han hagut de reduir per poder imprimir correctament, el que ens indica que la pasta de cèria és un tipus de material que s'ha d'imprimir a velocitats baixes. El paràmetre *interior fill percentatge* determina la quantitat de canals, més farciment implica més canals. Per aquesta raó es va augmentar, ja que interessa tenir el major número de canals per augmentar la superfície per unitat de volum.

Els primers monòlits de més d'una capa que van imprimir-se correctament es van anomenar *TEST*, aquest test conté els paràmetres finals presentats prèviament i es va fer servir la punta de plàstic verda (D=0,84 mm). En total d'aquesta prova en van sortir un monòlit d'una capa i dos de 6. A la Figura 14. Monòlits TEST pre-estufa. A la Figura 14 es poden veure aquestes estructures acabades d'imprimir abans de posar-les a l'estufa.



Figura 14. Monòlits TEST pre-estufa

Es pot dir que les estructures presentades prèviament estan correctament impreses, ja que tenen la forma del model 3D i la mantenen després de la impressió. El problema amb el *TEST* es va produir durant l'assecat a l'estufa, perquè com es pot observar en la Figura 15 els monòlits es van destruir completament. L'assecat es va fer a l'estufa a 100 °C durant 24 hores, per evitar que tornés a passar el mateix amb les proves posteriors es va decidir disminuir la temperatura a l'estufa a 50 °C. Aquestes restes es van calcinar juntament amb el monòlit definitiu i després triturar, per fer-les servir com a pols per impregnar les estructures de cordierita.



Figura 15. Monòlits *TEST* post-estufa

Com que en els monòlits *TEST* la impressió va sortir bé, els paràmetres d'aquesta no es van variar i en les següents impressions només es va canviar la boqueta. Es van fer un total de 3 variants de proves amb 2 monòlits cadascun. La diferència entre un monòlit d'un test i l'altre del mateix és que un es va introduir directament a l'estufa (I) i l'altre es va deixar 24 hores a temperatura ambient abans de l'estufa (II). Els diferents tipus de monòlits són:

- *TEST2*: Són exactament els mateixos paràmetres i punta, només varia la mida de la xeringa per una més gran (de 3cc a 5cc)
- *TEST3*: Mateixes condicions que *TEST2* però amb la punta rosa ($D=0,58$) en comptes de la verda.
- *TEST4*: Mateixes condicions que *TEST3* però amb la punta vermella ($D=0,25$) en comptes de la rosa.

A la Figura 16 i la Figura 17 es representen els dos monòlits de cada prova. Es pot observar que generalment les impressions són bones, ja que mantenen una estructura estable i semblant a la del model digital. Tot i això, la impressió podria ser una mica millor perquè hi ha alguns canals que estan tapats. No tenim cap monòlits de *TEST4* perquè durant la impressió no sortia un fil continu, sinó que el material s'extrudava a gotes. Es van provar de variar alguns paràmetres i tot i així el problema persistia, per tant, es va optar per descartar aquesta mida de boqueta.

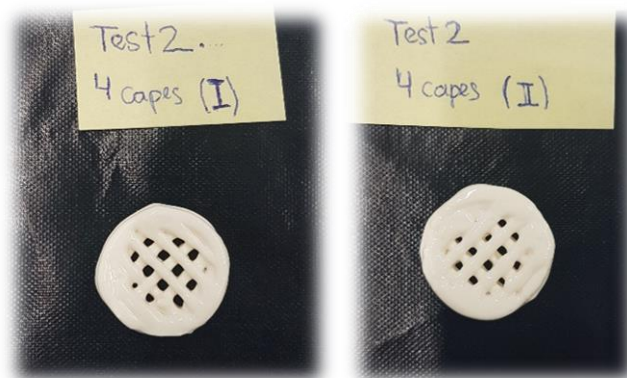


Figura 16. Monòlits TEST2 pre-estufa. Esquerra (I); Dreta(II)

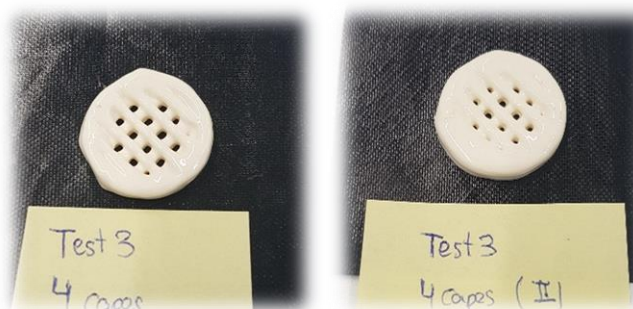


Figura 17. Monòlits TEST3 pre-estufa. Esquerra (I); Dreta(II)

A la Taula 4 es mostra els diàmetres d'aquests monòlits immediatament després de ser impresos.

TEST2 (I)	TEST2(II)	TEST3(I)	TEST3(II)
1,9 cm	1,9 cm	2 cm	2,1 cm

Taula 4. Diàmetre inicial (D_0) dels monòlits TEST2 i TEST3

Com s'ha comentat prèviament, de cada parell de monòlits, un es va introduir directament a l'estufa i l'altre es va deixar 24 hores a temperatura ambient. A la Figura 18 es presenten els monòlits (I) després de haver estat a l'estufa a 50 °C durant 24 hores, es pot apreciar que el monòlits s'han deformat notablement, el que ha provocat algunes esquerdes. Això pot ser degut a que al fet de passar directament a un assecat de 50°C, ja que això pot provocar una pèrdua d'aigua massa ràpida al inici i en conseqüència una deformació de l'estructura. A la Taula 5 es troben els diàmetres d'aquestes estructures després del seu assecat.

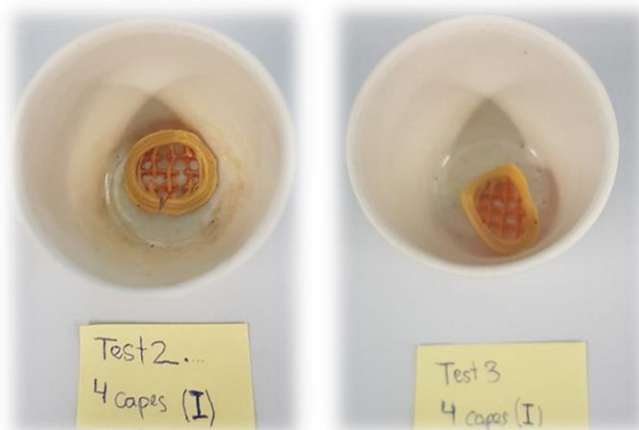


Figura 18. Monòlits TEST2 i TEST3 pre-calcinació (I)

TEST2 (I)	TEST3(I)
1,5 cm	1,4 cm

Taula 5. Diàmetre post-assecat (D_1) dels monòlits TEST2 i TEST3 (I)

D'altra banda, a la Figura 19 estan representats el monòlits (II). Tot i que a primera vista pot semblar que els resultats són pitjors, no és del tot cert, perquè aquests no es van deformar pràcticament, i el trencament es va produir per la seva manipulació al retirar-los de l'estufa. Degut a que es van trencar de manera excessiva, no es va mesurar el diàmetre i aquestes estructures es van triturar i calcinar amb la resta de fragments per utilitzar-los com a pols.

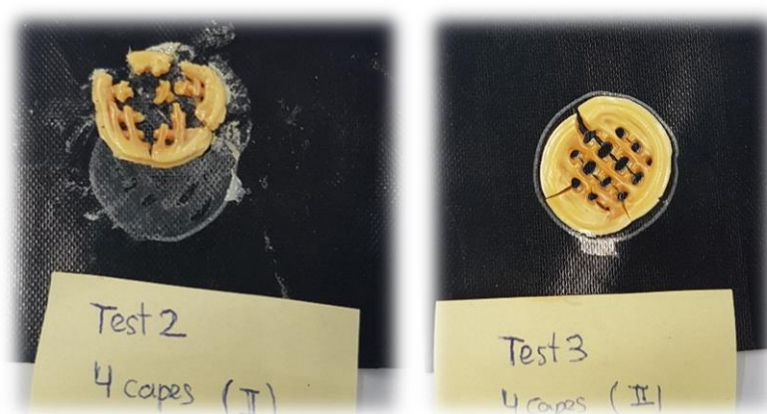


Figura 19. Monòlits TEST2 i TEST3 pre-calcinació (II)

Els monòlits (I) després d'assecar-se a l'estufa, es van disposar a la mufla per ser calcinats. Les condicions de calcinació eren una rampa de 10 °C/min. fins a 400 °C, i es mantenia a aquesta temperatura durant 4 hores. Com es pot observar a la Figura 20, la calcinació va resultar satisfactòria, ja que la seva estructura va quedar fixada. Tot i això, degut a les esquerdes durant

l'assecat es van trencar amb la seva manipulació, i les seves restes es van utilitzar per fer pols. A la s'observa el diàmetre final dels monòlits i el percentatge de reducció des de que s'imprimeixen fins que es calcinen.



Figura 20. Monòlits TEST2 i TEST3 calcinats (I)

	TEST2 (I)	TEST2(II)
D ₂	1,4 cm	1,4 cm
%Reducció	26%	25%

Taula 6. Diàmetre final (D₂) dels monòlits TEST2 i TEST3 (I)

A partir dels resultats obtinguts amb el TEST2 i TEST3 es van fer les següents consideracions:

- Quan es deixa 24 hores a l'ambient abans d'assecar a l'estufa es deforma notablement menys que si s'introdueixen immediatament després de imprimir.
- La punta vermella no imprimeix correctament, per tant, toveres més petites a la rosa no són idònies per imprimir (basant-se en les que tenim disponibles).
- No hi ha diferència significativa entre la punta verda i la rosa, però es continuarà l'estudi amb la rosa perquè té un diàmetre més petit, el que ens permet més precisió, i s'ha trencat menys en els monòlits (II).

Tenint en compte les consideracions anteriors i tot l'observat durant totes les proves d'impressió, es va procedir a imprimir un monòlit multicapa (al voltant de 12 capes) per poder passar a la segona part del projecte. Aquest monòlit és un TEST3, ja que com es va comentar a les consideracions prèvies, l'estudi es continuaria amb la boqueta rosa. La Figura 21 es presenta aquesta estructura

multicapa immediatament després de ser impresa i després de ser calcinada. Es pot observar que en ambdós casos el monòlit presenta una estructura estable i pràcticament igual la del model. Per tant, aquest monòlit s'havia imprès satisfactòriament i és el que es va utilitzar en les reaccions químiques.

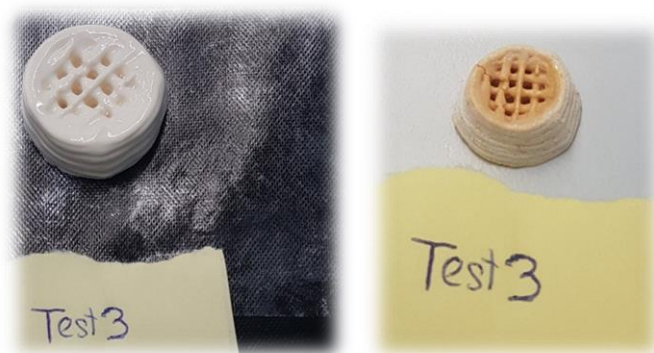


Figura 21. Monòlit TEST3 imprès (esquerra); calcinat (dreta)

L'assecat d'aquest monòlit es va produir a 75°C durant 4 hores, mentre que la seva calcinació va ser amb una rampa de 5°C/min. fins a 550 °C durant 4 hores. A l'estufa es va augmentar la temperatura per reduir l'impacte del xoc tèrmic al calcinar el monòlit, i amb aquest mateix objectiu també es va reduir la rampa, mentre que la temperatura de la mufla es va augmentar assegurar-se de eliminar tota l'aigua i fixar l'estructura. Totes els fragments dels altres monòlits es van calcinar juntament amb aquest, amb la idea de que la pols i el l'estructura catalítica fos el màxim d'igual possible. A la Taula 7 es mostra els diàmetre del monòlit a les diferents etapes de preparació.

TEST3 Multicapa		
D ₀	D ₁	D ₂
2 cm	1,4 cm	1,2 cm
Reducció	40%	

Taula 7. Diàmetres Monòlit Multicapa

5.2. Reaccions Químiques

Seguidament es mostraran els resultats obtinguts durant les reaccions químiques, amb la finalitat d'estudiar la funcionalitat del monòlit imprès i comparar-lo amb un fabricat de manera convencional. Aquest resultat s'han obtingut mitjançant un cromatògraf de gasos, concretament un *Agilent 3000A*, que es pot veure a la Figura 22.



Figura 22. Cromatògraf de Gasos

Aquest aparell conté mòduls que consisteixen en un injector que utilitza tecnologia MEMS (*Microelectromechanical Systems*) Columnes analítiques i de referència, controls de pressió electrònics, i un TCD (thermal conductivity detector) que també utilitza tecnologia MEMS. El corrent de gasos entra per les entrades del panell frontal de cromatògraf a pressió propera a l'atmosfèrica, ja que una bomba de buit connectada a la columna de sortida elimina la contrapressió de la columna.

Els resultats que ens aporta el cromatògraf són el percentatge en volum (composició molar, ja que són gasos) dels gasos de sortida. Per tant, coneixent els cabals d'entrada i sortida, es pot determinar i quantificar el que ha reaccionat. Aquest apartat es dividirà de la següent manera:

- Càlculs
- Producció de CO₂
- Conversió
- Selectivitat

En total es van fer 8 reaccions diferents, ja que tenim 3 variables que poden adoptar 2 'posicions' diferents:

- Reacció: Oxidació CO o COProx
- Monòlit: 3D o convencional
- Nanopartícules: Impregnat o no impregnat

Els noms per identificar les 8 reaccions es mostren a la Taula 8:

	Reacció	Monòlit	Nanopartícules
CO-M3D	CO	3D	No impregnat
COProx-M3D	COProx	3D	No impregnat
CO-MC	CO	Convencional	No impregnat
COProx-MC	COProx	Convencional	No impregnat
CO-M3D-Imp	CO	3D	Impregnat
COProx-M3D-Imp	COProx	3D	Impregnat
CO-MC-Imp	CO	Convencional	Impregnat
COProx-MC-Imp	COProx	Convencional	Impregnat

Taula 8. Reaccions Químiques Realitzades

5.2.1. Càlculs

Aquí s'explicaran el càlculs necessaris per iniciar les reaccions (determinació de cabals d'entrada), i per poder transformar les dades obtingudes amb el cromatògraf en altres de més interès per avaluar els resultats.

Segons Divins [13], unes relacions molars adequades per les dues reaccions podrien ser:

- Oxidació CO \rightarrow CO:Aire:N₂ = 2:11:47
- COProx \rightarrow CO:Aire:N₂:H₂ = 2:11:20:27

Amb l'objectiu de tenir el mateix temps de residència en les dues reaccions, es van decidir utilitzar el mateix cabal en ambdues. Tenint en compte el rang de cabals d'entrada a l'apartat 3.2.1 (45-375 ml/g_{cat}·min), es va optar per una cabal de 60 ml/g_{cat}·min, d'aquesta manera el cabal de cada

component per unitat màssica de catalitzador és igual a la seva relació molar. Sabent que el monòlit 3D té una massa de 3,25 grams:

CO

$$\frac{2\text{ml}}{g_{cat} \cdot \text{min}} \cdot 3,2 g_{cat} = 6,4 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

Aire

$$\frac{11\text{ml}}{g_{cat} \cdot \text{min}} \cdot 3,2 g_{cat} = 35,2 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

N₂

- Oxidació CO:

$$\frac{47 \text{ ml}}{g_{cat} \cdot \text{min}} \cdot 3,2 g_{cat} = 150,4 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

El Cabal màxim del nitrogen al laboratori es de 100 ml/g_{cat}·min, i com el N₂ només es fa servir com a diluent, en aquesta reacció simplement posarem el màxim.

- COProx:

Arran de l'inconvenient d'abans, per poder mantenir el temps de contacte, el cabal de nitrogen en aquesta reacció serà 100 ml/min menys el cabal de H₂.

H₂

$$\frac{20 \text{ ml}}{g_{cat} \cdot \text{min}} \cdot 3,2 g_{cat} = 64 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

$$N_2(\text{COProx}): 100 \frac{\text{ml}}{\text{min}} - 64 \frac{\text{ml}}{\text{min}} = 36 \frac{\text{ml}}{\text{min}}$$

El cromatògraf ens reporta un full de càlcul amb les dades del percentatge en volum de cada component present al corrent de sortida. Com que els càlculs de cada punxada són idèntics i repetitius, només es mostrarà per unes d'una reacció COProx, ja que per l'oxidació del CO és el

mateix però sense tenir H₂ i H₂O. La resta de valors es poden consultar a Annex A: Taules de Resultats. A la es pot veure les dades que ens aporta el cromatògraf:

Temps (min)	% CO ₂	% H ₂ O	5 H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO
158,0	5,59	2,93	49,15	0,36	37,74	0,20

Taula 9. Sortida de dades del cromatògraf

El primer que es fa es normalitzar els percentatges, ja que normalment el sumatori d'aquest no arriba al 100%. El CO per exemple:

$$\frac{5,59}{5,59 + 2,93 + 49,15 + 0,36 + 37,74 + 0,20} \cdot 100 = 5,83\%$$

Per la resta de components es procedeix de la mateixa manera obtenint la

Normalitzat 100%							
Temps (min)	%CO ₂	%H ₂ O	%H ₂	%O ₂	%N ₂	%CO	Sumatori
158,0	5,83	3,05	51,22	0,37	39,33	0,20	100 %

Un cop es tenen els percentatges de volums normalitzats, es procedeix a calcular la producció (mols/min), la conversió i la selectivitat dels components d'interès per cada cas. La producció de CO₂ de la següent manera:

$$\text{mols } CO_{\text{inicial}} = 6,4 \frac{\text{ml} \cdot CO_{\text{entrada}}}{\text{min}} \cdot \frac{1 \text{mol}}{22400 \text{ml}} = 2,83 \cdot 10^{-4} \text{mols } CO/\text{min}$$

Aquests mols seran CO o hauran reaccionat a CO₂, per tant:

$$\begin{aligned} \text{Producció } CO_2 &= \text{mols inicials} \cdot \frac{\% CO_2}{\% CO_2 + \% CO} = 2,83 \cdot \frac{10^{-4} \text{mols } CO}{\text{min}} \cdot \frac{5,83}{5,83 + 0,20} \\ &= 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ mols } CO_2/\text{min} \end{aligned}$$

De la mateixa manera es pot obtenir el CO que surt, i en conseqüència la conversió, ja que es sap la quantitat inicial:

$$\begin{aligned} CO \text{ Restant} &= \text{mols inicials} \cdot \frac{\% CO}{\% CO_2 + \% CO} = 2,83 \cdot 10^{-3} \text{mols} \frac{CO}{\text{min}} \cdot \frac{0,204424}{5,83 + 0,20} \\ &= 9,64 \cdot 10^{-6} \text{ mols } CO/\text{min} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Conversió} = \chi_{CO} &= \frac{\text{mols inicials} - \text{mols que surten}}{\text{mols inicials}} \\ &= \frac{2,83 \cdot \frac{10^{-4} \text{ mols CO}}{\text{min}} - 9,64 \cdot 10^{-6} \text{ mols CO/min}}{2,83 \cdot \frac{10^{-4} \text{ mols CO}}{\text{min}}} = 0,966 \end{aligned}$$

Per l'aigua i l'hidrogen es fa exactament el mateix, canviant-los per el diòxid de carboni i el monòxid respectivament. D'aquesta manera s'obtenen:

$$\text{Producció } H_2O = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mols } H_2O/\text{min}$$

$$H_2 \text{ Restant} = 2,7 \cdot 10^{-4} \text{ mols } H_2/\text{min}$$

$$\chi_{H_2} = 0,056$$

La selectivitat de CO₂ es pot expressar com els mols d'O₂ que reaccionen a CO₂ respecte el nombre total de mols d'oxigen que reaccionen, amb la qual cosa:

$$\begin{aligned} \text{Selectivitat} = S &= \frac{\text{mols de } O_2 \text{ a } CO_2}{\text{mols de } O_2 \text{ a } CO_2 + \text{mols de } O_2 \text{ a } H_2O} = \frac{\frac{1}{2} \text{ mols } CO_2}{\frac{1}{2} \text{ mols } CO_2 + \frac{1}{2} \text{ mols } H_2O} \\ &= \frac{2,7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mols } CO_2}{\text{min}}}{2,7 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mols } CO_2}{\text{min}} + 1,6 \cdot 10^{-4} \frac{\text{mols } H_2O}{\text{min}}} = 0,632 \end{aligned}$$

La selectivitat l'aigua no és calcula perquè el producte d'interès és el CO₂ i simplement és la diferència entre S_{CO₂} i 1.

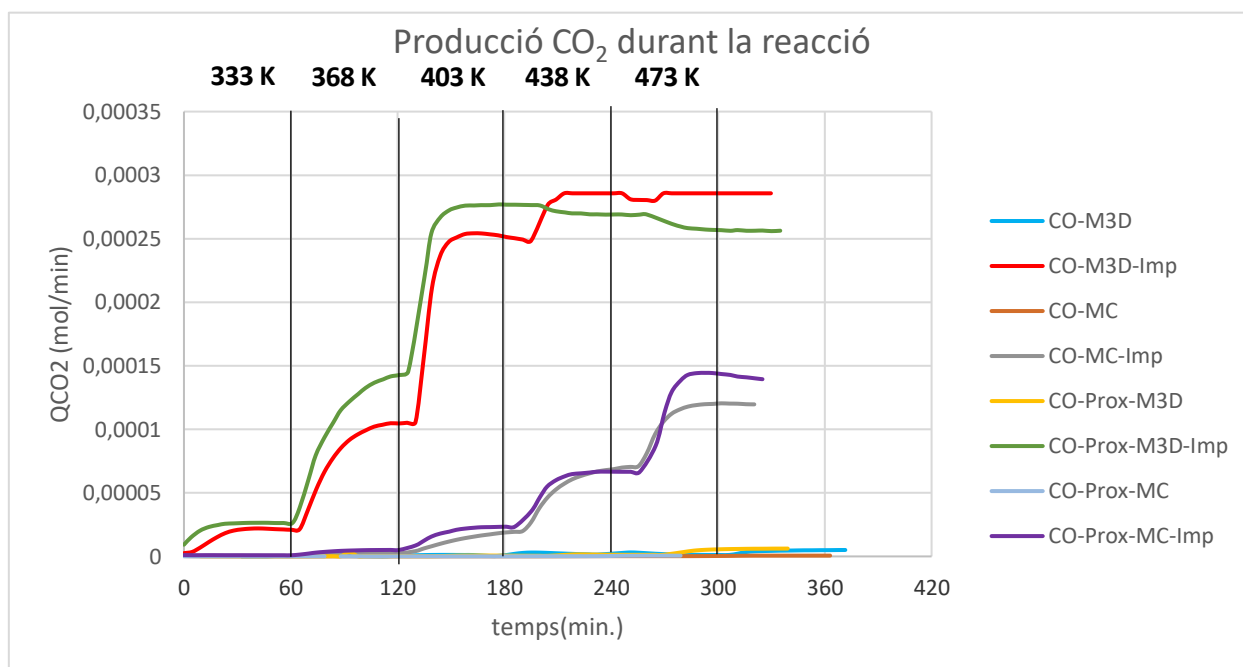
A continuació es representaran gràficament i comentaran els resultats obtinguts, que es troben inclosos a l'Annex A: Taules de Resultats.

5.2.2. Producció de CO₂

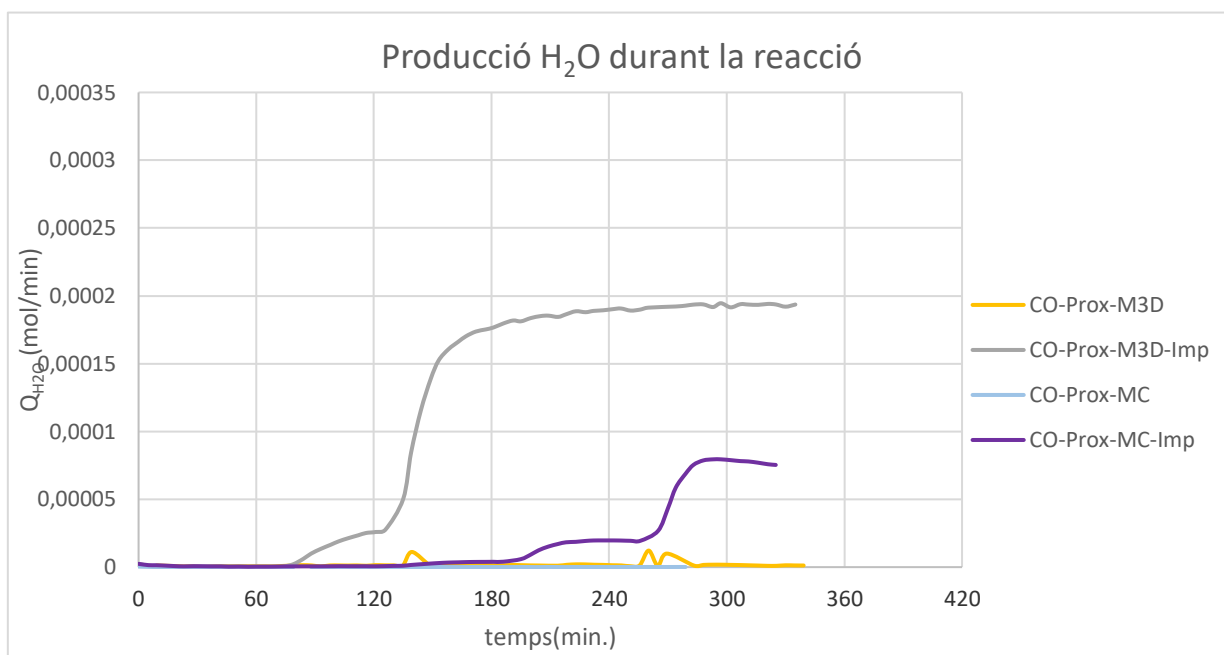
A partir de la Gràfica 2, es pot observar que, tant el monòlit 3D com el convencional pràcticament no presenten reacció química, ja que el cabal dels productes de reacció és gairebé zero. D'altra banda, les estructures que han sigut impregnades amb les nanopartícules presenten clarament la presència de reacció química, tant pels dos tipus de monòlit, com per les dues reaccions. Com es

pot veure a la primera gràfica, cada 60 minuts (1hora) es fa el canvi de temperatura, això és igual per a tots els experiments i en conseqüència totes les gràfiques.

A priori, també es pot afirmar que la conversió de CO i H₂ és major amb el monòlit imprès que amb el convencional perquè, introduint els mateixos cabals d'entrada, s'obté més producció de CO₂ en l'estructura 3D que en la convencional. Aquesta diferència es deguda, a que per unitat de volum del monòlit imprès té més quantitat de cèria que la convencional, ja que aquesta esta totalment formada d'aquest material, mentre que l'altre només té una fina capa sobre l'estructura de cordierita.



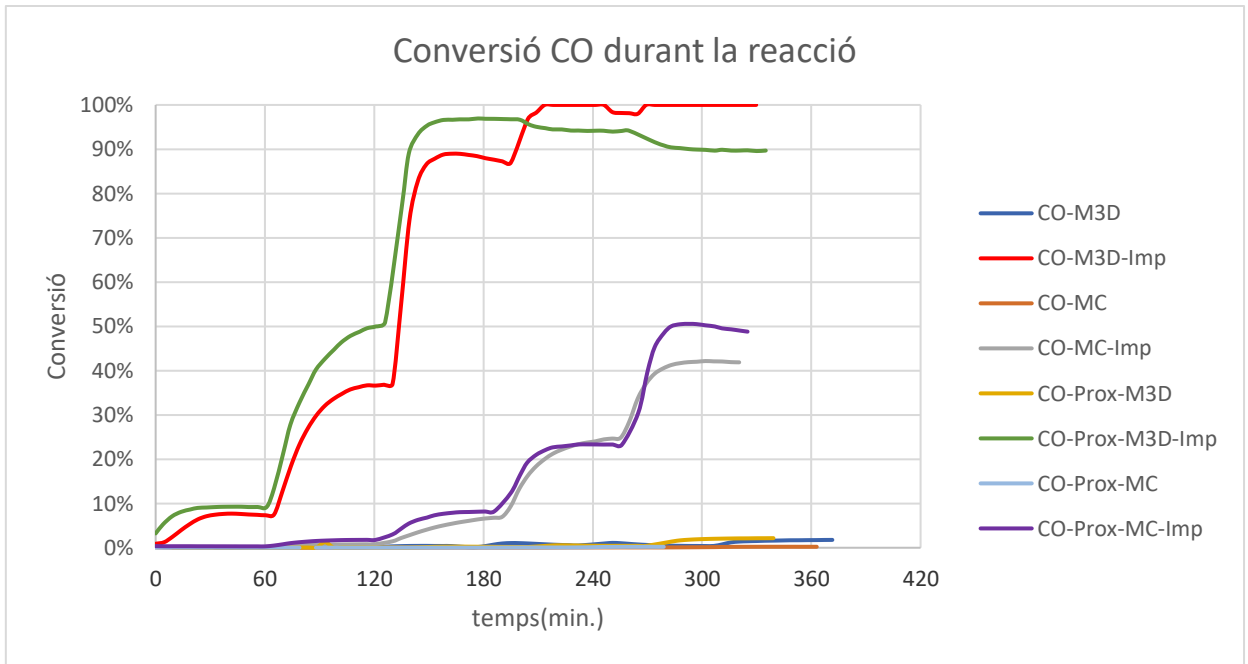
Gràfica 1. Producció de CO₂ durant la reacció



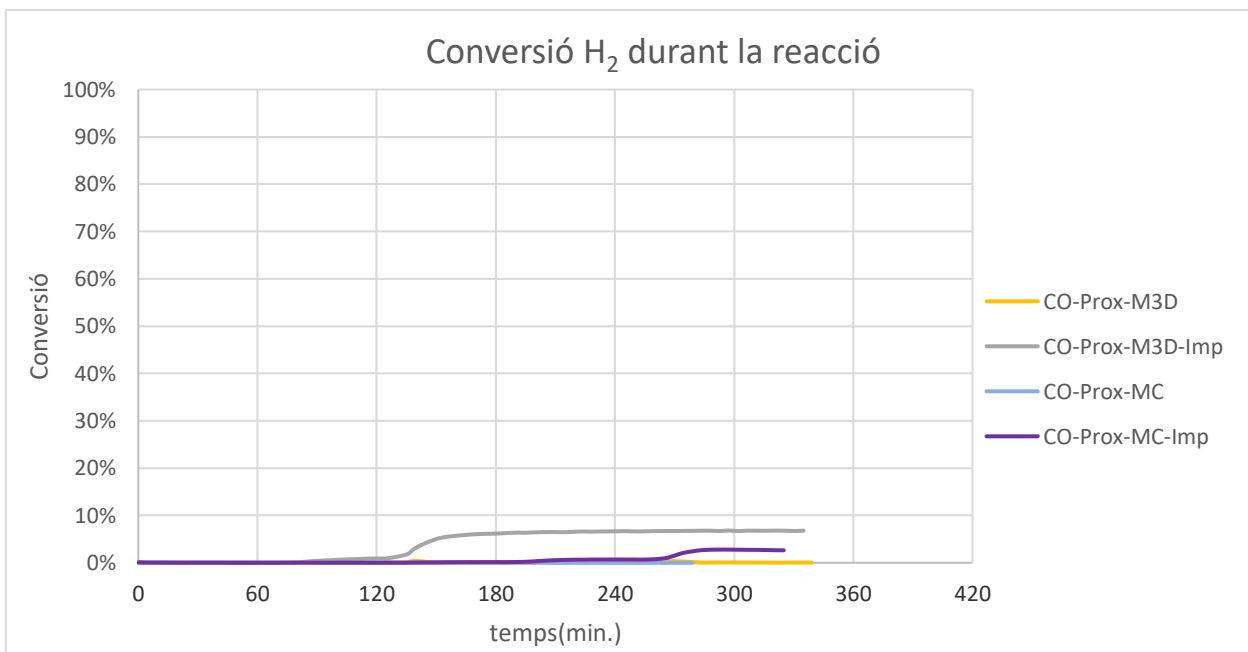
Gràfica 2. Producció de H₂O durant la reacció

5.2.3. Conversió

La Gràfica 3 i la Gràfica 4 confirmen el que s'ha comentat prèviament, sobre que els monòlits 3D tenen millor conversió que els convencionals, quan estan a la mateixa temperatura i durant el mateix temps de contacte. També s'observa, que el CO té molta més conversió que l'H₂, ja que en el millor dels casos l'hidrogen no arriba al 10%, mentre que el monòxid de carboni arriba al 40% en el pitjor. Això juntament amb el fet que s'introdueix més quantitat d'H₂, reafirma que la selectivitat de CO és gairebé sempre superior, tot i això, aquest paràmetre es valorarà més a fons posteriorment.



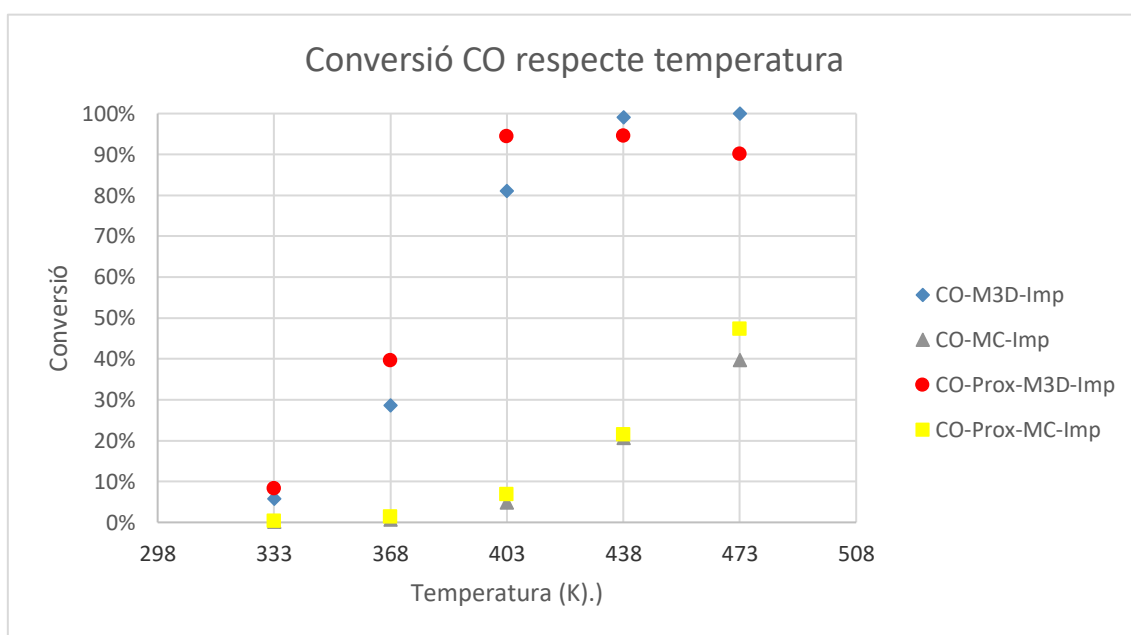
Gràfica 3. Conversió CO durant la reacció



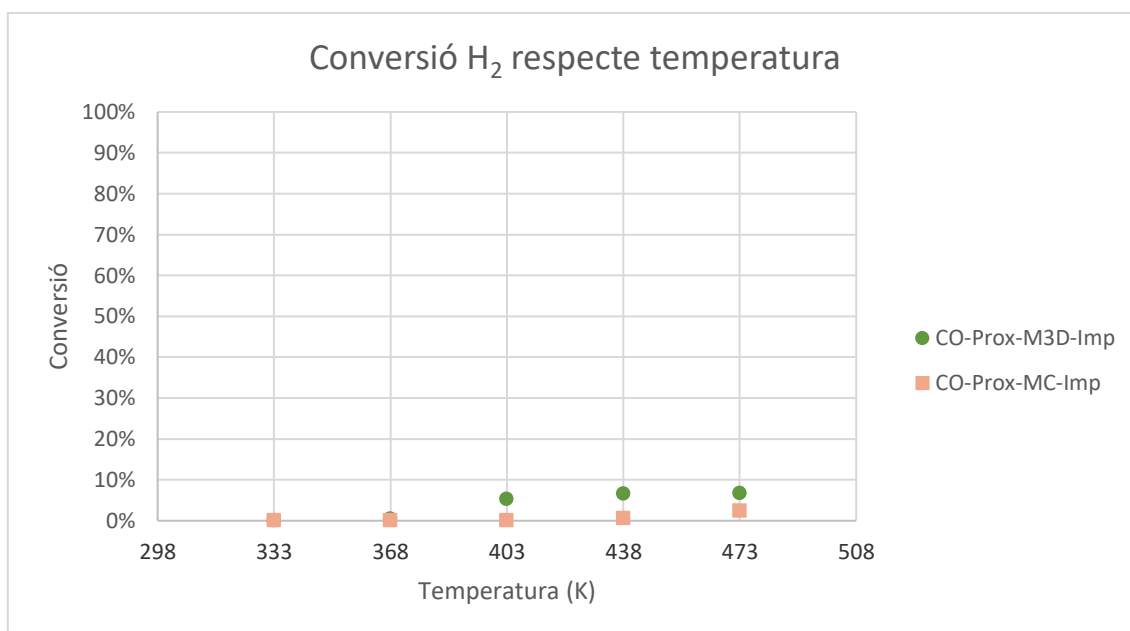
Gràfica 4. Conversió H₂ durant la reacció

Com les proves que s'han fet amb monòlits sense impregnar han demostrat una conversió tan baixa, s'ha decidit no representar-les en els gràfics posteriors.

En la Gràfica 5 i la Gràfica 6 es poden veure els valors de mitjans de la conversió per cada temperatura. Amb aquestes representacions es confirma el que s'ha dit abans, el CO té major conversió. També s'observa que en el cas del monòxid de carboni la conversió varia amb la temperatura, mentre que la de l'hidrogen es manté quasi constant. Fixant-se en la forma de que dibuixen els punts a la gràfica del CO, es podria dir que en el rang de temperatures treballades, els monòlits 3D es troben en la zona de control per difusió al porus (333K-403K) i per transferència de massa (403K-473K), mentre que els convencionals es troben controlats per la cinètica (333K-473K). I amb el H₂ s'estaria en la zona de control cinètic, ja que són conversions baixes i bastant constant.



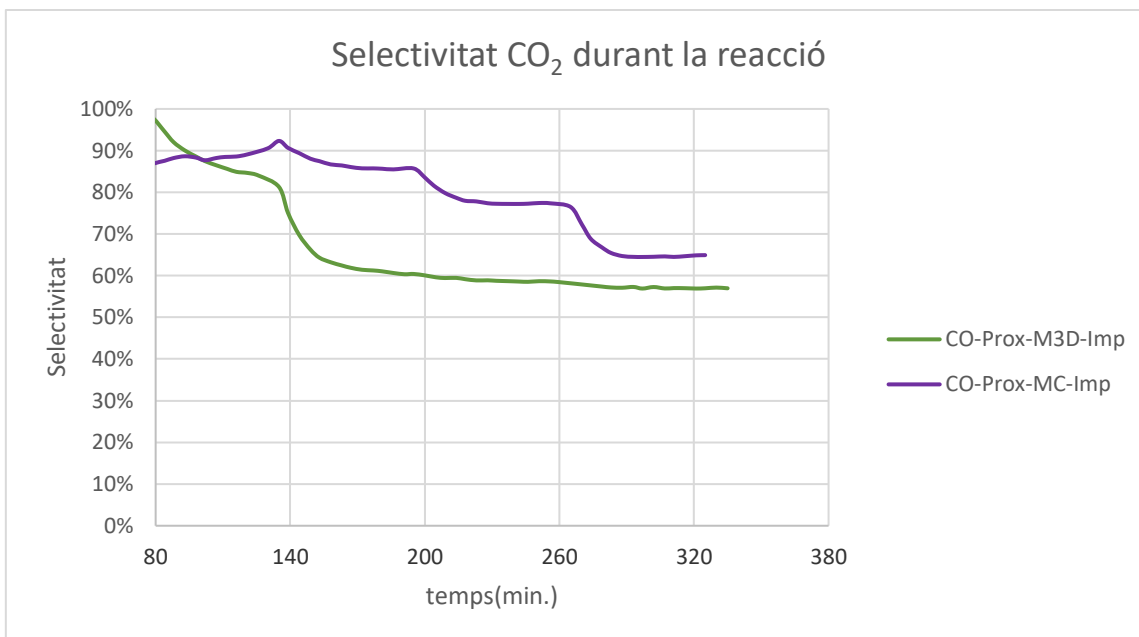
Gràfica 5. Conversió CO respecte temperatura



Gràfica 6. Conversió H₂ respecte temperatura

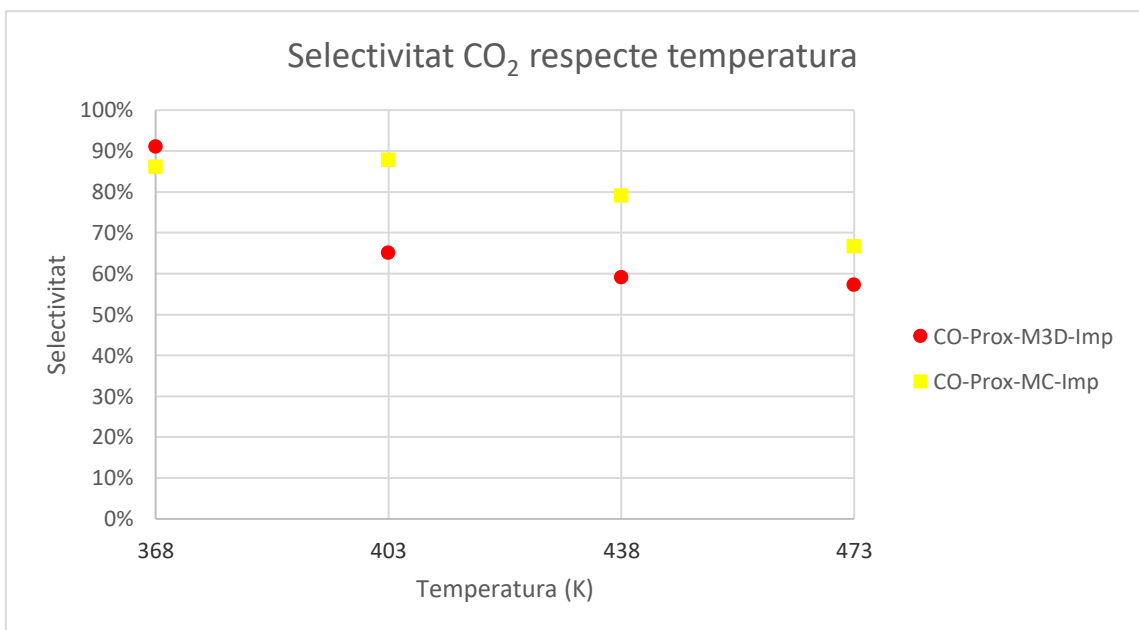
5.2.4. Selectivitat

Com s'ha comentat abans, només es representen gràficament les proves amb monòlits impregnats, ja que són els únics on s'ha produït reacció, i la selectivitat del CO perquè és el producte desitjat de la COProx i la del H₂O és simplement la diferència fins 1. Observant la Gràfica 7, es confirma el que s'ha dit prèviament sobre la selectivitat en els altres punts, pràcticament sempre la del diòxid de carboni és superior a la de l'aigua, excepte en els primers intents de la CO-Prox-MC-Imp. El que indica que la reacció COProx està realitzant-se com es vol. Es mostra a partir de 80 minuts perquè abans la conversió és molt baixa. i en conseqüència, l'error de la selectivitat mot alt.



Gràfica 7. Selectivitat CO durant la reacció

La Gràfica 8 mostra els valors mitjans de la selectivitat per cada temperatura. Comentar que per el motiu explicat abans, no s'ha representat la selectivitat a 333 K .El que ens indica aquesta representació és que en el rang de temperatures, la selectivitat de CO₂ amb el monòlit 3D decreix amb la temperatura, d'acord amb la termodinàmica de la reacció de COProx.



Gràfica 8. Selectivitat CO₂ respecte temperatura

Conclusions

Els dos objectius principals del treball eren obtenir un monòlit catalític de cèria impregnat amb nanopartícules de Au-Cu mitjançant la tecnologia d'impressió 3D, i comprovar la seva funcionalitat a través de reaccions químiques. A priori, recolzant-se en els resultats obtinguts, es pot afirmar que s'han obtingut els objectius plantejats.

S'han estudiat les condicions per a preparar per impressió 3D estructures catalítiques d'òxid de ceri, arribant a concloure que es necessiten velocitats baixes d'impressió, pastes adequades en termes d'humitat i viscositat, i un assecat suau (pre-assecat, assecat i calcinació) per obtenir una impressió òptima. S'ha aconseguit preparar un monòlit catalític amb l'estructura 3D impregnada amb nanopartícules de Au-Cu. Tot i això, la impressió d'aquest és millorable, ja que el monòlit definitiu es va deformar lleument i finalment es va trencar durant les reaccions, i per tant, encara queda camí per recórrer sobre aquest estudi.

D'altra banda, s'ha estudiat l'oxidació de CO i la COprox amb l'estructura catalítica 3D i s'han comparat els resultats amb un estructura convencional de cordierita recoberta amb òxid de ceri i impregnat amb les mateixes nanopartícules de Au-Cu. També s'ha demostrat que aquests monòlits obtinguts per impressió 3D són funcionals i mostren uns resultats, en els rang de condicions estudiades i per el mateix volum de monòlit (cal tenir en compte, però, que la massa de catalitzador és diferent en ambdós casos), millors que els convencionals en pràcticament tots els paràmetres avaluats. Ja que la producció de CO₂ és major que la de H₂O amb menys cabal d'entrada de CO que de H₂, el CO té més conversió que l'H₂ en un mateix punt de la reacció (temps i temperatura), les reaccions es troben en la zona de control per difusió de porus (la recomanada per treballar), i la selectivitat del CO₂ (producte desitjat) sempre està per sobre del 50%, per tant, és més alta que la S_{H₂O} (producte no desitjat).

Finalment, valorant de forma general les dues parts del projecte, es pot concloure que la possibilitat d'imprimir monòlits catalítics és viable, encara que s'hagi d'estudiar més sobre el tema. I això obre un immens ventall de possibilitats a l'hora de dissenyar dispositius catalítics de qualsevol forma geomètrica i adaptada a la necessitats, ja que no només es pot limitar a la impressió de monòlits, sinó que amb un estudi més avançat, es podria valorar la idea de imprimir directament el reactor catalític sencer amb aquesta tecnologia.

Com a recomanacions d'accions futures per ampliar el coneixement sobre aquest tema, es podria caracteritzar el catalitzador amb l'objectiu de relacionar els resultats de les reaccions amb l'estructura, i les propietats físiques i químiques. També estaria bé continuar avaluant la impressió de l'estructura per disminuir la deformació d'aquesta i la seva resistència mecànica. I per últim, estudiar les reaccions, ampliant el rang de paràmetres i el nombre d'aquests.

Bibliografia

- [1] J. Hagen, *Industrial catalysis : a practical approach*. 1999.
- [2] L. De Luis Chueca, "3D Printing with advanced ceramic materials," 2016.
- [3] C. R. Tubío, J. Azuaje, L. Escalante, A. Coelho, F. Guitián, E. Sotelo, and A. Gil, "3D printing of a heterogeneous copper-based catalyst," *J. Catal.*, vol. 334, pp. 110–115, 2016.
- [4] M. Faes, H. Valkenaers, F. Vogeler, J. Vleugels, and E. Ferraris, "Extrusion-based 3D printing of ceramic components," *Procedia CIRP*, vol. 28, pp. 76–81, 2015.
- [5] M. Lejeune, T. Chartier, C. Dossou-Yovo, and R. Noguera, "Ink-jet printing of ceramic micro-pillar arrays," *J. Eur. Ceram. Soc.*, vol. 29, no. 5, pp. 905–911, 2009.
- [6] C. G. Maciel, T. D. F. Silva, M. I. Hirooka, M. N. Belgacem, and J. M. Assaf, "Effect of nature of ceria support in CuO/CeO₂ catalyst for PROX-CO reaction," *Fuel*, vol. 97, pp. 245–252, 2012.
- [7] R. Fiorenza, C. Crisafulli, G. G. Condorelli, F. Lupo, and S. Scirè, "Au–Ag/CeO₂ and Au–Cu/CeO₂ Catalysts for Volatile Organic Compounds Oxidation and CO Preferential Oxidation," *Catal. Letters*, vol. 145, no. 9, pp. 1691–1702, 2015.
- [8] M. S. Moreno, E. López, M. E. Adrover, N. J. Divins, and J. Llorca, "CO-PrOx over nano-Au/TiO₂: Monolithic catalyst performance and empirical kinetic model fitting," *Int. J. Hydrogen Energy*, vol. 41, no. 47, pp. 22043–22054, 2016.
- [9] F. Crespo Petit, "Effect of porosity on the mechanical properties of zirconia based ceramics obtained via 3D printing," 2016.
- [10] B. Martí Rodríguez, "ESTUDIO SOBRE LA OPTIMIZACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE FABRICACIÓN EN UNA IMPRESORA 3D CON TECNOLOGÍA FDM," 2017.
- [11] A. A. Ansari and A. Trovarelli, "Optical and structural properties of sol-gel derived nanostructured CeO₂ film," *J. Semicond.*, vol. 31, no. 5, pp. 0530011–0530015, 2010.
- [12] A. Trovarelli, *Catalysis by ceria and related materials*. London : Imperial College Press, 2002.
- [13] N. J. Divins, E. López, M. Roig, T. Trifonov, A. Rodríguez, F. G. De Rivera, L. I. Rodríguez, M. Seco, O. Rossell, and J. Llorca, "A million-channel CO-PrOx microreactor on a fingertip for fuel cell application," *Chem. Eng. J.*, vol. 167, no. 2–3, pp. 597–602, 2011.

Annex A: Taules de Resultats

A continuació es presenten els resultats experimental i calculats:

A1. CO-M3D

100 % Normalitzat											
t (min)	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %	% CO ₂	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %
0,0	5,12E-02	3,53E+00	8,11E+01	4,14E+00	88,863859	5,76E-02	7,85E-02	3,97E+00	9,12E+01	4,66E+00	100
4,6	2,51E-02	3,52E+00	8,16E+01	4,06E+00	89,246564	2,82E-02	3,92E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
9,2	4,96E-02	3,51E+00	8,14E+01	4,07E+00	89,09094	5,57E-02	2,69E-02	3,94E+00	9,14E+01	4,57E+00	100
13,9	5,67E-02	3,51E+00	8,13E+01	4,04E+00	88,950895	6,37E-02	2,19E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,54E+00	100
18,5	4,75E-02	3,50E+00	8,12E+01	4,03E+00	88,80542	5,35E-02	1,92E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,54E+00	100
23,2	1,47E-02	3,52E+00	8,13E+01	4,04E+00	88,919607	1,65E-02	1,79E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
27,8	4,88E-03	3,50E+00	8,13E+01	4,03E+00	88,808886	5,49E-03	1,82E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
32,4	0,00E+00	3,55E+00	8,20E+01	4,08E+00	89,613994	0,00E+00	1,64E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
37,1	0,00E+00	3,54E+00	8,18E+01	4,06E+00	89,393627	0,00E+00	1,59E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
41,7	0,00E+00	3,52E+00	8,15E+01	4,05E+00	89,117271	0,00E+00	1,51E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
46,4	0,00E+00	3,53E+00	8,15E+01	4,06E+00	89,115035	0,00E+00	1,53E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
51,0	3,96E-03	3,51E+00	8,12E+01	4,03E+00	88,788998	4,46E-03	1,63E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
55,7	3,77E-03	3,56E+00	8,22E+01	4,09E+00	89,829062	4,19E-03	1,47E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
60,3	4,04E-03	3,53E+00	8,18E+01	4,07E+00	89,424079	4,51E-03	1,48E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
64,9	4,16E-03	3,54E+00	8,17E+01	4,08E+00	89,316786	4,66E-03	1,45E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
69,6	4,24E-03	3,54E+00	8,17E+01	4,07E+00	89,281692	4,75E-03	1,35E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
74,2	3,99E-03	3,54E+00	8,15E+01	4,05E+00	89,113075	4,48E-03	1,35E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
78,9	3,95E-03	3,53E+00	8,15E+01	4,07E+00	89,160644	4,43E-03	1,44E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
83,5	3,90E-03	3,57E+00	8,23E+01	4,09E+00	89,946776	4,34E-03	1,33E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
88,2	4,18E-03	3,57E+00	8,22E+01	4,11E+00	89,93463	4,65E-03	1,34E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
92,8	4,46E-03	3,61E+00	8,32E+01	4,15E+00	90,91906	4,91E-03	1,32E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
97,5	2,36E-02	3,59E+00	8,30E+01	4,14E+00	90,749496	2,60E-02	1,31E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

102,1	1,41E-02	3,59E+00	8,29E+01	4,13E+00	90,653727	1,56E-02	1,40E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
106,7	0,00E+00	3,60E+00	8,33E+01	4,14E+00	91,029392	0,00E+00	1,22E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
111,4	0,00E+00	3,60E+00	8,32E+01	4,14E+00	90,979675	0,00E+00	1,26E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
116,0	3,72E-03	3,60E+00	8,32E+01	4,15E+00	90,953126	4,09E-03	1,27E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
120,7	6,46E-03	3,60E+00	8,32E+01	4,13E+00	90,971516	7,11E-03	1,42E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
125,3	9,85E-03	3,61E+00	8,31E+01	4,14E+00	90,842196	1,08E-02	1,28E-02	3,97E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
130,0	1,29E-02	3,62E+00	8,38E+01	4,18E+00	91,615897	1,41E-02	1,26E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
134,6	1,54E-02	3,62E+00	8,36E+01	4,18E+00	91,475636	1,68E-02	1,32E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,57E+00	100
139,3	1,67E-02	3,61E+00	8,34E+01	4,16E+00	91,190233	1,83E-02	1,20E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
143,9	1,73E-02	3,60E+00	8,32E+01	4,15E+00	91,021259	1,90E-02	1,18E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
148,6	1,74E-02	3,61E+00	8,32E+01	4,14E+00	90,968597	1,91E-02	1,17E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
153,2	1,70E-02	3,63E+00	8,39E+01	4,18E+00	91,778723	1,85E-02	1,16E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
157,9	1,65E-02	3,63E+00	8,37E+01	4,17E+00	91,563777	1,80E-02	1,22E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
162,5	1,59E-02	3,62E+00	8,35E+01	4,19E+00	91,371678	1,74E-02	1,12E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,59E+00	100
167,2	2,22E-02	3,61E+00	8,34E+01	4,16E+00	91,180198	2,43E-02	1,18E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
171,8	4,59E-03	3,61E+00	8,34E+01	4,15E+00	91,191653	5,03E-03	1,16E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
176,4	5,88E-03	3,61E+00	8,34E+01	4,15E+00	91,147001	6,45E-03	1,13E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
181,1	1,57E-02	3,64E+00	8,40E+01	4,18E+00	91,810639	1,72E-02	1,21E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
185,7	2,99E-02	3,63E+00	8,37E+01	4,17E+00	91,590226	3,26E-02	1,12E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
190,4	4,02E-02	3,61E+00	8,35E+01	4,15E+00	91,305544	4,41E-02	1,18E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
195,0	4,44E-02	3,60E+00	8,33E+01	4,15E+00	91,146485	4,87E-02	1,06E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
199,7	4,36E-02	3,60E+00	8,34E+01	4,15E+00	91,23193	4,78E-02	1,08E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
204,3	4,06E-02	3,61E+00	8,34E+01	4,16E+00	91,204375	4,45E-02	1,25E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
209,0	3,69E-02	3,64E+00	8,39E+01	4,18E+00	91,794655	4,02E-02	1,09E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
213,6	3,29E-02	3,63E+00	8,38E+01	4,18E+00	91,613037	3,59E-02	1,12E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
218,3	2,91E-02	3,61E+00	8,36E+01	4,18E+00	91,434489	3,19E-02	1,09E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,57E+00	100
222,9	2,62E-02	3,61E+00	8,35E+01	4,16E+00	91,267059	2,87E-02	1,11E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
227,5	2,35E-02	3,61E+00	8,34E+01	4,16E+00	91,214397	2,58E-02	1,06E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
232,2	2,11E-02	3,64E+00	8,41E+01	4,19E+00	91,928506	2,30E-02	1,06E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
236,8	1,92E-02	3,62E+00	8,38E+01	4,18E+00	91,662783	2,10E-02	1,06E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100
241,5	2,57E-02	3,62E+00	8,37E+01	4,17E+00	91,519006	2,81E-02	1,08E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,56E+00	100
246,1	3,98E-02	3,61E+00	8,35E+01	4,15E+00	91,306508	4,36E-02	1,18E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
250,8	4,58E-02	3,61E+00	8,33E+01	4,14E+00	91,1185	5,02E-02	1,04E-02	3,96E+00	9,14E+01	4,54E+00	100

Annexos

255,4	4,28E-02	3,62E+00	8,40E+01	4,18E+00	91,872215	4,66E-02	1,11E-02	3,95E+00	9,14E+01	4,55E+00	100
260,1	3,69E-02	3,62E+00	8,38E+01	4,17E+00	91,655872	4,02E-02	1,08E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
264,7	3,11E-02	3,61E+00	8,36E+01	4,15E+00	91,423388	3,40E-02	1,09E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
269,3	2,67E-02	3,60E+00	8,35E+01	4,14E+00	91,29519	2,92E-02	1,05E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
274,0	2,29E-02	3,60E+00	8,34E+01	4,15E+00	91,205348	2,51E-02	1,07E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
278,6	2,10E-02	3,64E+00	8,43E+01	4,19E+00	92,125215	2,28E-02	1,04E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
283,3	1,92E-02	3,62E+00	8,40E+01	4,17E+00	91,783262	2,09E-02	1,08E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
287,9	1,80E-02	3,61E+00	8,37E+01	4,16E+00	91,541119	1,97E-02	1,05E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
292,6	1,70E-02	3,61E+00	8,36E+01	4,15E+00	91,343948	1,86E-02	1,07E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
297,2	1,66E-02	3,60E+00	8,34E+01	4,15E+00	91,217927	1,82E-02	1,03E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
301,9	1,60E-02	3,65E+00	8,43E+01	4,19E+00	92,140918	1,74E-02	1,05E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,55E+00	100
306,5	1,71E-02	3,62E+00	8,40E+01	4,17E+00	91,769728	1,86E-02	1,07E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100
311,2	3,17E-02	3,60E+00	8,37E+01	4,15E+00	91,507679	3,46E-02	1,05E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,53E+00	100
315,8	5,05E-02	3,60E+00	8,37E+01	4,12E+00	91,436379	5,52E-02	1,09E-02	3,93E+00	9,15E+01	4,51E+00	100
320,5	5,79E-02	3,58E+00	8,34E+01	4,10E+00	91,193981	6,35E-02	1,02E-02	3,93E+00	9,15E+01	4,50E+00	100
325,1	6,16E-02	3,60E+00	8,42E+01	4,13E+00	91,961499	6,70E-02	1,13E-02	3,91E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
329,7	6,37E-02	3,61E+00	8,40E+01	4,13E+00	91,850421	6,94E-02	9,92E-03	3,93E+00	9,15E+01	4,50E+00	100
334,4	6,58E-02	3,59E+00	8,38E+01	4,11E+00	91,602459	7,18E-02	1,10E-02	3,92E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
339,0	6,70E-02	3,58E+00	8,37E+01	4,11E+00	91,506458	7,32E-02	9,73E-03	3,92E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
343,7	6,82E-02	3,57E+00	8,36E+01	4,09E+00	91,349271	7,47E-02	1,07E-02	3,91E+00	9,15E+01	4,48E+00	100
348,3	6,98E-02	3,58E+00	8,35E+01	4,08E+00	91,215983	7,65E-02	1,04E-02	3,92E+00	9,15E+01	4,47E+00	100
353,0	7,04E-02	3,58E+00	8,36E+01	4,10E+00	91,317947	7,71E-02	1,09E-02	3,92E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
357,6	7,15E-02	3,58E+00	8,35E+01	4,10E+00	91,298653	7,83E-02	1,04E-02	3,92E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
362,3	7,21E-02	3,58E+00	8,36E+01	4,10E+00	91,347835	7,89E-02	9,67E-03	3,91E+00	9,15E+01	4,49E+00	100
366,9	7,30E-02	3,57E+00	8,35E+01	4,09E+00	91,290479	7,99E-02	1,03E-02	3,91E+00	9,15E+01	4,48E+00	100
371,6	7,36E-02	3,57E+00	8,35E+01	4,08E+00	91,199298	8,07E-02	9,72E-03	3,92E+00	9,15E+01	4,48E+00	100

Temps(min.)	Q _{CO2}	Q _{CO}	X _{CO}
32,4	0	0,0002857	0,000%
37,1	0	0,0002857	0,000%
41,7	0	0,0002857	0,000%
46,4	0	0,0002857	0,000%
51,0	2,80221E-07	0,0002854	0,098%
55,7	2,62885E-07	0,0002855	0,092%
60,3	2,82804E-07	0,0002854	0,099%
64,9	2,91109E-07	0,0002854	0,102%
69,6	2,97433E-07	0,0002854	0,104%
74,2	2,80805E-07	0,0002854	0,098%
78,9	2,76903E-07	0,0002854	0,097%
83,5	2,72143E-07	0,0002854	0,095%
88,2	2,90469E-07	0,0002854	0,102%
92,8	3,07087E-07	0,0002854	0,107%
Average	2,84195E-07	0,0002854	0,099%
111,4	0	0,0002857	0,000%
116,0	2,56244E-07	0,0002855	0,090%
120,7	4,46095E-07	0,0002853	0,156%
125,3	6,78136E-07	0,000285	0,237%
130,0	8,82877E-07	0,0002848	0,309%
134,6	1,0479E-06	0,0002847	0,367%
139,3	1,14056E-06	0,0002846	0,399%
143,9	1,18699E-06	0,0002845	0,415%
148,6	1,19232E-06	0,0002845	0,417%
153,2	1,15592E-06	0,0002846	0,405%
157,9	1,12597E-06	0,0002846	0,394%
162,5	1,07662E-06	0,0002846	0,377%
Average	1,10112E-06	0,0002846	0,385%
171,8	3,15561E-07	0,0002854	0,110%
176,4	4,03487E-07	0,0002853	0,141%
181,1	1,07252E-06	0,0002846	0,375%

185,7	2,03135E-06	0,0002837	0,711%
190,4	2,741E-06	0,000283	0,959%
195,0	3,02791E-06	0,0002827	1,060%
199,7	2,97371E-06	0,0002827	1,041%
204,3	2,76329E-06	0,000283	0,967%
209,0	2,50123E-06	0,0002832	0,875%
213,6	2,23192E-06	0,0002835	0,781%
218,3	1,97829E-06	0,0002837	0,692%
222,9	1,7869E-06	0,0002839	0,625%
227,5	1,60529E-06	0,0002841	0,562%
232,2	1,43351E-06	0,0002843	0,502%
Average	2,30488E-06	0,0002834	0,807%
246,1	2,71332E-06	0,000283	0,950%
250,8	3,12635E-06	0,0002826	1,094%
255,4	2,89651E-06	0,0002828	1,014%
260,1	2,50561E-06	0,0002832	0,877%
264,7	2,12432E-06	0,0002836	0,744%
269,3	1,8288E-06	0,0002839	0,640%
274,0	1,56764E-06	0,0002841	0,549%
278,6	1,42557E-06	0,0002843	0,499%
283,3	1,31051E-06	0,0002844	0,459%
287,9	1,23225E-06	0,0002845	0,431%
292,6	1,16514E-06	0,0002845	0,408%
297,2	1,14063E-06	0,0002846	0,399%
301,9	1,08927E-06	0,0002846	0,381%
Average	1,43179E-06	0,0002843	0,501%
306,5	1,16675E-06	0,0002845	0,408%
311,2	2,16654E-06	0,0002835	0,758%
315,8	3,45888E-06	0,0002823	1,211%
320,5	3,98042E-06	0,0002817	1,393%
325,1	4,19544E-06	0,0002815	1,468%
329,7	4,33958E-06	0,0002814	1,519%
334,4	4,49709E-06	0,0002812	1,574%

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

339,0	4,58373E-06	0,0002811	1,604%
343,7	4,68799E-06	0,000281	1,641%
348,3	4,80525E-06	0,0002809	1,682%
353,0	4,82409E-06	0,0002809	1,688%
357,6	4,89548E-06	0,0002808	1,713%
362,3	4,93635E-06	0,0002808	1,728%
366,9	5,01257E-06	0,0002807	1,754%
371,6	5,06129E-06	0,0002807	1,771%
Average	4,17387E-06	0,0002815	1,461%

A2. COProx-M3D

Normalitzat al 100%														
t (min)	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %
0,0	4,73E-03	5,62E-02	5,05E+01	4,42E+00	3,63E+01	5,12E+00	96,345246	4,91E-03	5,83E-02	5,24E+01	4,58E+00	3,76E+01	5,31E+00	100
4,7	2,37E-03	3,69E-02	4,96E+01	4,17E+00	3,55E+01	5,00E+00	94,264181	2,52E-03	3,92E-02	5,26E+01	4,42E+00	3,76E+01	5,30E+00	100
9,3	1,86E-03	2,16E-02	4,97E+01	4,17E+00	3,56E+01	5,03E+00	94,5123	1,97E-03	2,28E-02	5,26E+01	4,41E+00	3,77E+01	5,33E+00	100
14,0	1,44E-03	1,73E-02	4,94E+01	4,33E+00	3,55E+01	5,01E+00	94,215927	1,53E-03	1,83E-02	5,24E+01	4,60E+00	3,76E+01	5,32E+00	100
18,6	1,36E-03	1,39E-02	4,97E+01	2,48E+00	3,53E+01	4,99E+00	92,538067	1,47E-03	1,50E-02	5,37E+01	2,68E+00	3,82E+01	5,39E+00	100
23,2	1,28E-03	8,71E-03	4,95E+01	4,76E+00	3,53E+01	4,98E+00	94,547139	1,35E-03	9,21E-03	5,23E+01	5,03E+00	3,74E+01	5,27E+00	100
27,9	1,14E-03	1,23E-02	4,94E+01	2,65E+00	3,52E+01	4,96E+00	92,262288	1,23E-03	1,34E-02	5,36E+01	2,87E+00	3,82E+01	5,38E+00	100
32,5	5,15E-04	1,08E-03	4,93E+01	4,46E+00	3,52E+01	4,97E+00	93,948216	5,48E-04	1,15E-03	5,25E+01	4,75E+00	3,75E+01	5,29E+00	100
37,2	1,26E-03	7,79E-03	4,95E+01	2,35E+00	3,52E+01	4,97E+00	92,049222	1,37E-03	8,47E-03	5,37E+01	2,55E+00	3,83E+01	5,40E+00	100
41,8	1,09E-03	1,07E-02	4,93E+01	4,15E+00	3,53E+01	4,98E+00	93,788506	1,16E-03	1,14E-02	5,26E+01	4,43E+00	3,76E+01	5,31E+00	100
46,5	1,10E-03	1,08E-02	4,95E+01	2,19E+00	3,53E+01	4,99E+00	92,037453	1,20E-03	1,18E-02	5,38E+01	2,38E+00	3,84E+01	5,42E+00	100
51,1	1,04E-03	1,12E-02	4,96E+01	2,14E+00	3,52E+01	4,96E+00	91,937276	1,13E-03	1,22E-02	5,39E+01	2,33E+00	3,83E+01	5,40E+00	100
55,8	1,11E-03	1,10E-02	4,95E+01	2,28E+00	3,54E+01	4,99E+00	92,160279	1,21E-03	1,20E-02	5,37E+01	2,47E+00	3,84E+01	5,41E+00	100
60,4	1,07E-03	1,09E-02	4,95E+01	2,71E+00	3,53E+01	4,97E+00	92,477604	1,16E-03	1,18E-02	5,35E+01	2,93E+00	3,82E+01	5,37E+00	100
65,1	1,03E-03	1,08E-02	4,94E+01	2,78E+00	3,53E+01	4,99E+00	92,561825	1,11E-03	1,16E-02	5,34E+01	3,01E+00	3,82E+01	5,39E+00	100
69,7	1,23E-03	1,06E-02	4,95E+01	2,76E+00	3,54E+01	4,98E+00	92,588133	1,33E-03	1,15E-02	5,34E+01	2,98E+00	3,82E+01	5,38E+00	100
74,3	1,78E-03	1,10E-02	4,95E+01	2,95E+00	3,54E+01	5,00E+00	92,854679	1,92E-03	1,19E-02	5,33E+01	3,17E+00	3,81E+01	5,38E+00	100
79,0	2,27E-03	2,18E-02	4,96E+01	2,40E+00	3,54E+01	4,99E+00	92,328953	2,46E-03	2,36E-02	5,37E+01	2,60E+00	3,83E+01	5,40E+00	100

Annexos

83,7	2,68E-03	2,56E-02	4,96E+01	2,27E+00	3,54E+01	4,99E+00	92,208963	2,91E-03	2,78E-02	5,38E+01	2,46E+00	3,83E+01	5,41E+00	100
88,3	2,80E-03	2,15E-02	4,95E+01	2,50E+00	3,54E+01	4,99E+00	92,438174	3,03E-03	2,33E-02	5,36E+01	2,71E+00	3,83E+01	5,40E+00	100
92,9	6,38E-02	9,54E-03	4,95E+01	2,90E+00	3,55E+01	5,01E+00	92,979975	6,86E-02	1,03E-02	5,33E+01	3,12E+00	3,82E+01	5,39E+00	100
97,6	2,71E-03	2,15E-02	4,95E+01	2,23E+00	3,55E+01	4,99E+00	92,201195	2,94E-03	2,33E-02	5,37E+01	2,42E+00	3,85E+01	5,42E+00	100
102,3	2,87E-03	2,17E-02	4,96E+01	4,75E+00	3,54E+01	4,99E+00	94,855099	3,02E-03	2,29E-02	5,23E+01	5,01E+00	3,74E+01	5,26E+00	100
106,9	2,92E-03	2,04E-02	4,95E+01	2,18E+00	3,55E+01	5,00E+00	92,187148	3,16E-03	2,22E-02	5,37E+01	2,36E+00	3,85E+01	5,42E+00	100
111,5	2,75E-03	2,18E-02	4,95E+01	4,76E+00	3,55E+01	5,00E+00	94,772398	2,91E-03	2,30E-02	5,22E+01	5,02E+00	3,74E+01	5,28E+00	100
116,2	2,57E-03	1,76E-02	4,96E+01	2,52E+00	3,55E+01	5,00E+00	92,638595	2,77E-03	1,90E-02	5,35E+01	2,72E+00	3,83E+01	5,40E+00	100
120,8	2,69E-03	2,55E-02	4,96E+01	2,14E+00	3,55E+01	5,01E+00	92,251064	2,91E-03	2,77E-02	5,37E+01	2,32E+00	3,85E+01	5,43E+00	100
125,5	2,50E-03	2,30E-02	4,96E+01	2,42E+00	3,55E+01	5,00E+00	92,573046	2,70E-03	2,48E-02	5,36E+01	2,61E+00	3,83E+01	5,40E+00	100
130,1	2,63E-03	2,23E-02	4,97E+01	2,14E+00	3,54E+01	5,00E+00	92,28395	2,85E-03	2,42E-02	5,38E+01	2,32E+00	3,84E+01	5,42E+00	100
134,8	2,41E-03	2,03E-02	4,97E+01	4,33E+00	3,54E+01	5,02E+00	94,468844	2,56E-03	2,15E-02	5,26E+01	4,58E+00	3,75E+01	5,31E+00	100
139,4	2,49E-03	1,96E-01	4,98E+01	4,75E+00	3,54E+01	4,99E+00	95,149893	2,62E-03	2,06E-01	5,23E+01	4,99E+00	3,72E+01	5,24E+00	100
144,0	3,90E-03	1,95E-02	4,98E+01	4,75E+00	3,54E+01	5,01E+00	95,024508	4,11E-03	2,05E-02	5,24E+01	5,00E+00	3,73E+01	5,28E+00	100
148,7	7,52E-03	2,09E-02	4,98E+01	4,76E+00	3,54E+01	5,02E+00	95,061944	7,91E-03	2,20E-02	5,24E+01	5,00E+00	3,73E+01	5,28E+00	100
153,4	1,07E-02	3,18E-02	4,98E+01	4,74E+00	3,54E+01	5,01E+00	95,005467	1,13E-02	3,34E-02	5,24E+01	4,98E+00	3,72E+01	5,28E+00	100
158,0	1,23E-02	3,77E-02	4,99E+01	4,75E+00	3,54E+01	5,03E+00	95,153366	1,29E-02	3,96E-02	5,24E+01	4,99E+00	3,72E+01	5,28E+00	100
162,6	1,29E-02	3,83E-02	4,99E+01	2,61E+00	3,54E+01	5,01E+00	92,942789	1,39E-02	4,13E-02	5,37E+01	2,81E+00	3,81E+01	5,39E+00	100
167,3	1,28E-02	3,69E-02	4,99E+01	4,74E+00	3,55E+01	5,02E+00	95,142921	1,34E-02	3,88E-02	5,24E+01	4,98E+00	3,73E+01	5,27E+00	100
171,9	1,21E-02	3,40E-02	4,98E+01	2,36E+00	3,54E+01	5,01E+00	92,66194	1,30E-02	3,67E-02	5,38E+01	2,54E+00	3,82E+01	5,41E+00	100
176,6	1,14E-02	3,07E-02	4,98E+01	4,73E+00	3,55E+01	5,02E+00	95,103263	1,19E-02	3,23E-02	5,24E+01	4,98E+00	3,73E+01	5,28E+00	100
181,2	1,07E-02	2,24E-02	4,99E+01	4,22E+00	3,54E+01	5,01E+00	94,532341	1,13E-02	2,37E-02	5,28E+01	4,47E+00	3,74E+01	5,30E+00	100
185,9	1,01E-02	2,26E-02	4,98E+01	4,74E+00	3,54E+01	5,01E+00	95,04252	1,06E-02	2,37E-02	5,24E+01	4,99E+00	3,73E+01	5,27E+00	100
190,5	9,42E-03	2,79E-02	4,99E+01	4,75E+00	3,54E+01	5,02E+00	95,178651	9,90E-03	2,93E-02	5,24E+01	4,99E+00	3,72E+01	5,28E+00	100
195,1	9,02E-03	2,55E-02	4,99E+01	4,75E+00	3,55E+01	5,03E+00	95,251849	9,46E-03	2,68E-02	5,24E+01	4,99E+00	3,73E+01	5,28E+00	100
199,8	8,57E-03	2,23E-02	4,98E+01	4,32E+00	3,54E+01	5,01E+00	94,641785	9,06E-03	2,36E-02	5,27E+01	4,56E+00	3,75E+01	5,30E+00	100
204,4	8,07E-03	2,10E-02	5,00E+01	4,77E+00	3,54E+01	5,01E+00	95,215009	8,47E-03	2,20E-02	5,25E+01	5,01E+00	3,72E+01	5,27E+00	100
209,1	1,04E-02	2,00E-02	5,00E+01	4,75E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,238455	1,09E-02	2,10E-02	5,25E+01	4,99E+00	3,72E+01	5,26E+00	100
213,7	2,05E-02	1,84E-02	5,00E+01	4,74E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,220895	2,16E-02	1,93E-02	5,25E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,26E+00	100
218,4	2,69E-02	2,98E-02	4,99E+01	4,32E+00	3,55E+01	5,01E+00	94,785644	2,84E-02	3,14E-02	5,27E+01	4,56E+00	3,74E+01	5,29E+00	100
223,0	2,82E-02	3,56E-02	4,99E+01	4,29E+00	3,55E+01	5,00E+00	94,80092	2,98E-02	3,75E-02	5,27E+01	4,52E+00	3,75E+01	5,28E+00	100
227,7	2,70E-02	3,49E-02	4,99E+01	4,73E+00	3,54E+01	5,01E+00	95,127053	2,84E-02	3,67E-02	5,24E+01	4,98E+00	3,73E+01	5,26E+00	100
232,3	2,53E-02	3,10E-02	5,00E+01	4,75E+00	3,55E+01	5,00E+00	95,267173	2,65E-02	3,25E-02	5,24E+01	4,99E+00	3,73E+01	5,25E+00	100

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

237,0	2,39E-02	2,89E-02	5,01E+01	4,68E+00	3,54E+01	4,99E+00	95,212542	2,52E-02	3,03E-02	5,26E+01	4,91E+00	3,72E+01	5,24E+00	100
241,6	2,29E-02	2,43E-02	4,99E+01	4,30E+00	3,55E+01	5,00E+00	94,796897	2,41E-02	2,57E-02	5,27E+01	4,54E+00	3,75E+01	5,27E+00	100
246,3	2,19E-02	2,18E-02	5,00E+01	4,74E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,263335	2,30E-02	2,29E-02	5,25E+01	4,98E+00	3,73E+01	5,25E+00	100
250,9	2,16E-02	1,17E-02	5,00E+01	4,74E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,257246	2,27E-02	1,23E-02	5,25E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,26E+00	100
255,5	2,16E-02	2,14E-02	5,00E+01	4,31E+00	3,55E+01	5,00E+00	94,810028	2,27E-02	2,25E-02	5,27E+01	4,55E+00	3,74E+01	5,27E+00	100
260,2	2,14E-02	2,14E-01	5,00E+01	4,28E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,007614	2,25E-02	2,25E-01	5,26E+01	4,51E+00	3,74E+01	5,27E+00	100
264,8	2,16E-02	1,88E-02	5,00E+01	4,75E+00	3,55E+01	5,01E+00	95,348572	2,26E-02	1,97E-02	5,25E+01	4,98E+00	3,73E+01	5,25E+00	100
269,5	2,16E-02	1,76E-01	5,00E+01	4,75E+00	3,55E+01	5,02E+00	95,545787	2,26E-02	1,84E-01	5,24E+01	4,97E+00	3,72E+01	5,25E+00	100
274,1	2,68E-02	1,64E-02	5,00E+01	4,73E+00	3,55E+01	5,00E+00	95,337767	2,81E-02	1,72E-02	5,25E+01	4,96E+00	3,73E+01	5,24E+00	100
278,8	4,74E-02	2,04E-02	5,00E+01	4,73E+00	3,56E+01	4,99E+00	95,411264	4,97E-02	2,14E-02	5,24E+01	4,96E+00	3,73E+01	5,23E+00	100
283,4	7,09E-02	1,87E-02	4,99E+01	4,27E+00	3,56E+01	4,98E+00	94,847529	7,47E-02	1,97E-02	5,26E+01	4,50E+00	3,75E+01	5,25E+00	100
288,1	8,40E-02	2,85E-02	5,01E+01	4,71E+00	3,55E+01	4,96E+00	95,370619	8,80E-02	2,98E-02	5,25E+01	4,94E+00	3,73E+01	5,20E+00	100
292,7	9,12E-02	3,14E-02	5,00E+01	4,69E+00	3,55E+01	4,94E+00	95,280286	9,57E-02	3,30E-02	5,25E+01	4,93E+00	3,73E+01	5,19E+00	100
297,4	9,59E-02	3,12E-02	5,00E+01	4,23E+00	3,55E+01	4,94E+00	94,809529	1,01E-01	3,29E-02	5,27E+01	4,46E+00	3,75E+01	5,21E+00	100
302,0	9,92E-02	2,90E-02	5,01E+01	4,70E+00	3,55E+01	4,93E+00	95,405308	1,04E-01	3,04E-02	5,25E+01	4,93E+00	3,72E+01	5,16E+00	100
306,7	1,02E-01	2,69E-02	5,01E+01	4,72E+00	3,56E+01	4,93E+00	95,456858	1,07E-01	2,82E-02	5,25E+01	4,95E+00	3,72E+01	5,16E+00	100
311,3	1,04E-01	2,35E-02	5,00E+01	4,26E+00	3,56E+01	4,94E+00	94,912521	1,09E-01	2,48E-02	5,27E+01	4,49E+00	3,75E+01	5,20E+00	100
316,0	1,05E-01	2,07E-02	5,02E+01	4,72E+00	3,55E+01	4,93E+00	95,464927	1,10E-01	2,16E-02	5,26E+01	4,94E+00	3,72E+01	5,16E+00	100
320,6	1,06E-01	1,69E-02	5,01E+01	4,70E+00	3,55E+01	4,93E+00	95,297131	1,11E-01	1,77E-02	5,26E+01	4,93E+00	3,72E+01	5,17E+00	100
325,3	1,07E-01	1,68E-02	5,00E+01	4,70E+00	3,56E+01	4,94E+00	95,363736	1,12E-01	1,76E-02	5,25E+01	4,93E+00	3,73E+01	5,18E+00	100
329,9	1,08E-01	2,36E-02	5,00E+01	4,19E+00	3,55E+01	4,93E+00	94,742639	1,14E-01	2,50E-02	5,27E+01	4,42E+00	3,75E+01	5,20E+00	100
334,6	1,08E-01	2,19E-02	5,01E+01	4,22E+00	3,55E+01	4,93E+00	94,860079	1,14E-01	2,31E-02	5,28E+01	4,45E+00	3,74E+01	5,20E+00	100
339,2	1,09E-01	2,08E-02	5,01E+01	4,70E+00	3,56E+01	4,94E+00	95,449682	1,14E-01	2,18E-02	5,25E+01	4,92E+00	3,72E+01	5,17E+00	100

T(K)	Temps (min.)	Q _{CO2} (mol/min)	Q _{CO} (mol/min)	X _{CO}	Q _{H2O} (mol/min)	Q _{H2} (mol/min)	X _{H2}	S _{CO2}	S _{H2O}	Promig X _{CO}	Promig X _{H2}	Promig S _{CO2}
333	9,30	1,05687E-07	0,000286	0,037%	1,2387E-06	0,002856	0,043%	7,861%	92,139%	0,024%	0,023%	11,085%
	13,95	8,22196E-08	0,000286	0,029%	9,985E-07	0,002856	0,035%	7,608%	92,392%			
	18,60	7,80252E-08	0,000286	0,027%	7,9873E-07	0,002856	0,028%	8,899%	91,101%			
	23,23	7,31732E-08	0,000286	0,026%	5,03E-07	0,002857	0,018%	12,700%	87,300%			
	27,88	6,55359E-08	0,000286	0,023%	7,1188E-07	0,002856	0,025%	8,430%	91,570%			
	32,53	2,96061E-08	0,000286	0,010%	6,2603E-08	0,002857	0,002%	32,108%	67,892%			
	37,17	7,24628E-08	0,000286	0,025%	4,5007E-07	0,002857	0,016%	13,868%	86,132%			
	41,83	6,22129E-08	0,000286	0,022%	6,1972E-07	0,002857	0,022%	9,123%	90,877%			
	46,47	6,29619E-08	0,000286	0,022%	6,2544E-07	0,002857	0,022%	9,146%	90,854%			
	51,12	5,99587E-08	0,000286	0,021%	6,4408E-07	0,002856	0,023%	8,516%	91,484%			
	55,77	6,3673E-08	0,000286	0,022%	6,3668E-07	0,002857	0,022%	9,092%	90,908%			
	60,42	6,16511E-08	0,000286	0,022%	6,3148E-07	0,002857	0,022%	8,895%	91,105%			
	65,07	5,8894E-08	0,000286	0,021%	6,2286E-07	0,002857	0,022%	8,639%	91,361%			
69,70	7,04941E-08	0,000286	0,025%	6,1319E-07	0,002857	0,021%	10,311%	89,689%				
368	79,00	1,2986E-07	0,000286	0,045%	1,257E-06	0,002856	0,044%	9,363%	90,637%	0,139%	0,067%	15,511%
	83,65	1,53521E-07	0,000286	0,054%	1,4763E-06	0,002856	0,052%	9,419%	90,581%			
	88,32	1,60102E-07	0,000286	0,056%	1,2411E-06	0,002856	0,043%	11,426%	88,574%			
	92,95	3,59137E-06	0,000282	1,257%	5,506E-07	0,002857	0,019%	86,707%	13,293%			
	97,60	1,54817E-07	0,000286	0,054%	1,2415E-06	0,002856	0,043%	11,087%	88,913%			
	102,25	1,63937E-07	0,000286	0,057%	1,2501E-06	0,002856	0,044%	11,594%	88,406%			
	106,88	1,66687E-07	0,000286	0,058%	1,1793E-06	0,002856	0,041%	12,384%	87,616%			
	111,53	1,57214E-07	0,000286	0,055%	1,2569E-06	0,002856	0,044%	11,117%	88,883%			
	116,18	1,46503E-07	0,000286	0,051%	1,0151E-06	0,002856	0,036%	12,613%	87,387%			
	120,83	1,53288E-07	0,000286	0,054%	1,4701E-06	0,002856	0,051%	9,443%	90,557%			
	125,48	1,42669E-07	0,000286	0,050%	1,323E-06	0,002856	0,046%	9,734%	90,266%			
	130,12	1,50089E-07	0,000286	0,053%	1,2836E-06	0,002856	0,045%	10,469%	89,531%			
	134,77	1,37412E-07	0,000286	0,048%	1,1674E-06	0,002856	0,041%	10,532%	89,468%			
139,40	1,42764E-07	0,000286	0,050%	1,118E-05	0,002846	0,391%	1,261%	98,739%				
403	148,70	4,27821E-07	0,000285	0,150%	1,1969E-06	0,002856	0,042%	26,333%	73,667%	0,207%	0,057%	26,817%
	153,35	6,10459E-07	0,000285	0,214%	1,8201E-06	0,002855	0,064%	25,116%	74,884%			

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	158,00	6,96188E-07	0,000285	0,244%	2,1573E-06	0,002855	0,076%	24,398%	75,602%			
	162,63	7,34564E-07	0,000285	0,257%	2,1947E-06	0,002855	0,077%	25,077%	74,923%			
	167,28	7,25816E-07	0,000285	0,254%	2,1147E-06	0,002855	0,074%	25,552%	74,448%			
	171,92	6,8668E-07	0,000285	0,240%	1,9478E-06	0,002855	0,068%	26,065%	73,935%			
	176,57	6,44632E-07	0,000285	0,226%	1,7604E-06	0,002855	0,062%	26,803%	73,197%			
	181,22	6,0824E-07	0,000285	0,213%	1,2853E-06	0,002856	0,045%	32,123%	67,877%			
	185,85	5,74889E-07	0,000285	0,201%	1,293E-06	0,002856	0,045%	30,778%	69,222%			
	190,50	5,34838E-07	0,000285	0,187%	1,594E-06	0,002856	0,056%	25,123%	74,877%			
	195,13	5,11534E-07	0,000285	0,179%	1,4577E-06	0,002856	0,051%	25,976%	74,024%			
	199,78	4,87769E-07	0,000285	0,171%	1,279E-06	0,002856	0,045%	27,608%	72,392%			
	204,43	4,58838E-07	0,000285	0,161%	1,1997E-06	0,002856	0,042%	27,665%	72,335%			
	213,72	1,1653E-06	0,000285	0,408%	1,0508E-06	0,002856	0,037%	52,584%	47,416%			
	218,37	1,52639E-06	0,000284	0,534%	1,7029E-06	0,002855	0,060%	47,267%	52,733%			
	223,02	1,60248E-06	0,000284	0,561%	2,0332E-06	0,002855	0,071%	44,077%	55,923%			
	227,65	1,53137E-06	0,000284	0,536%	1,9977E-06	0,002855	0,070%	43,393%	56,607%			
	232,30	1,43773E-06	0,000284	0,503%	1,7718E-06	0,002855	0,062%	44,796%	55,204%			
	236,95	1,36505E-06	0,000284	0,478%	1,6458E-06	0,002855	0,058%	45,338%	54,662%			
438	241,60	1,30043E-06	0,000284	0,455%	1,3918E-06	0,002856	0,049%	48,304%	51,696%	0,466%	0,102%	43,380%
	246,25	1,24585E-06	0,000284	0,436%	1,2459E-06	0,002856	0,044%	49,999%	50,001%			
	250,88	1,22821E-06	0,000284	0,430%	6,6708E-07	0,002856	0,023%	64,803%	35,197%			
	255,53	1,22662E-06	0,000284	0,429%	1,22E-06	0,002856	0,043%	50,135%	49,865%			
	260,18	1,21598E-06	0,000284	0,426%	1,2197E-05	0,002845	0,427%	9,066%	90,934%			
	264,82	1,22563E-06	0,000284	0,429%	1,0751E-06	0,002856	0,038%	53,272%	46,728%			
	269,47	1,22374E-06	0,000284	0,428%	9,993E-06	0,002847	0,350%	10,910%	89,090%			
	283,42	4,01071E-06	0,000282	1,404%	1,0693E-06	0,002856	0,037%	78,951%	21,049%			
	288,07	4,75738E-06	0,000281	1,665%	1,6235E-06	0,002856	0,057%	74,556%	25,444%			
	292,72	5,17582E-06	0,000281	1,812%	1,7927E-06	0,002855	0,063%	74,274%	25,726%			
	297,37	5,44274E-06	0,00028	1,905%	1,7832E-06	0,002855	0,062%	75,322%	24,678%			
473	302,02	5,63818E-06	0,00028	1,973%	1,6534E-06	0,002855	0,058%	77,324%	22,676%	1,970%	0,048%	80,452%
	306,67	5,77677E-06	0,00028	2,022%	1,5351E-06	0,002856	0,054%	79,006%	20,994%			
	311,32	5,87885E-06	0,00028	2,058%	1,3424E-06	0,002856	0,047%	81,411%	18,589%			
	315,97	5,96595E-06	0,00028	2,088%	1,1763E-06	0,002856	0,041%	83,531%	16,469%			
	320,60	6,02898E-06	0,00028	2,110%	9,6131E-07	0,002856	0,034%	86,248%	13,752%			

325,27	6,05289E-06	0,00028	2,119%	9,5725E-07	0,002856	0,034%	86,345%	13,655%			
329,92	6,12062E-06	0,00028	2,142%	1,3515E-06	0,002856	0,047%	81,913%	18,087%			
334,57	6,14545E-06	0,00028	2,151%	1,2491E-06	0,002856	0,044%	83,107%	16,893%			
339,22	6,17435E-06	0,00028	2,161%	1,1859E-06	0,002856	0,042%	83,888%	16,112%			

A3. CO-MC

Normalitzat 100%										
t (min)	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %
0,00	4,20E-03	3,61E+00	8,30E+01	4,17E+00	90,82	4,62E-03	3,97E+00	9,14E+01	4,60E+00	100,00
5,00	2,36E-03	3,61E+00	8,31E+01	4,16E+00	90,91	2,59E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
10,00	1,75E-03	3,59E+00	8,32E+01	4,15E+00	90,94	1,92E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
14,00	1,38E-03	3,60E+00	8,31E+01	4,17E+00	90,85	1,52E-03	3,96E+00	9,14E+01	4,59E+00	100,00
19,00	1,14E-03	3,61E+00	8,31E+01	4,16E+00	90,84	1,25E-03	3,97E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
23,00	1,03E-03	3,61E+00	8,31E+01	4,16E+00	90,88	1,13E-03	3,98E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
28,00	8,82E-04	3,61E+00	8,31E+01	4,15E+00	90,88	9,70E-04	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
33,00	9,12E-04	3,61E+00	8,32E+01	4,15E+00	90,96	1,00E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
37,00	7,83E-04	3,63E+00	8,33E+01	4,16E+00	91,06	8,60E-04	3,99E+00	9,14E+01	4,57E+00	100,00
42,00	7,26E-04	3,62E+00	8,32E+01	4,17E+00	91,03	7,98E-04	3,98E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
47,00	6,40E-04	3,62E+00	8,32E+01	4,17E+00	90,98	7,03E-04	3,98E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
51,00	6,94E-04	3,63E+00	8,33E+01	4,18E+00	91,14	7,61E-04	3,98E+00	9,14E+01	4,59E+00	100,00
56,00	6,02E-04	3,62E+00	8,33E+01	4,18E+00	91,15	6,60E-04	3,97E+00	9,14E+01	4,59E+00	100,00
61,00	6,77E-04	3,62E+00	8,34E+01	4,17E+00	91,17	7,43E-04	3,98E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
65,00	6,37E-04	3,61E+00	8,34E+01	4,17E+00	91,16	6,99E-04	3,96E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
79,00	9,33E-04	3,63E+00	8,35E+01	4,18E+00	91,31	1,02E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
84,00	1,07E-03	3,63E+00	8,36E+01	4,18E+00	91,36	1,17E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
89,00	9,44E-04	3,63E+00	8,35E+01	4,17E+00	91,28	1,03E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
93,00	1,01E-03	3,63E+00	8,41E+01	4,19E+00	91,89	1,10E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
98,00	9,21E-04	3,63E+00	8,36E+01	4,19E+00	91,41	1,01E-03	3,97E+00	9,14E+01	4,59E+00	100,00
102,00	8,43E-04	3,64E+00	8,36E+01	4,18E+00	91,45	9,22E-04	3,98E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
107,00	8,88E-04	3,63E+00	8,37E+01	4,18E+00	91,47	9,71E-04	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

112,00	7,96E-04	3,63E+00	8,36E+01	4,19E+00	91,43	8,71E-04	3,97E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
116,00	6,58E-04	3,63E+00	8,36E+01	4,19E+00	91,43	7,20E-04	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
121,00	7,24E-04	3,63E+00	8,37E+01	4,19E+00	91,50	7,91E-04	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
126,00	6,32E-04	3,64E+00	8,36E+01	4,18E+00	91,44	6,91E-04	3,98E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
130,00	7,19E-04	3,63E+00	8,37E+01	4,19E+00	91,52	7,86E-04	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
135,00	5,72E-04	3,64E+00	8,37E+01	4,18E+00	91,55	6,25E-04	3,98E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
140,00	5,75E-04	3,63E+00	8,37E+01	4,19E+00	91,50	6,28E-04	3,97E+00	9,14E+01	4,58E+00	100,00
163,00	1,29E-03	3,64E+00	8,38E+01	4,19E+00	91,62	1,40E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
168,00	1,14E-03	3,64E+00	8,39E+01	4,19E+00	91,71	1,24E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
172,00	1,24E-03	3,63E+00	8,39E+01	4,19E+00	91,70	1,36E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
177,00	1,00E-03	3,64E+00	8,44E+01	4,20E+00	92,19	1,09E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
181,00	1,05E-03	3,64E+00	8,39E+01	4,20E+00	91,75	1,15E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
186,00	1,09E-03	3,65E+00	8,40E+01	4,20E+00	91,81	1,18E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
191,00	9,65E-04	3,64E+00	8,43E+01	4,19E+00	92,17	1,05E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
195,00	9,84E-04	3,64E+00	8,40E+01	4,20E+00	91,80	1,07E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
200,00	9,57E-04	3,65E+00	8,44E+01	4,20E+00	92,21	1,04E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
205,00	1,18E-03	3,65E+00	8,40E+01	4,19E+00	91,80	1,29E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
209,00	1,03E-03	3,64E+00	8,43E+01	4,20E+00	92,19	1,12E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
223,00	2,21E-03	3,65E+00	8,41E+01	4,20E+00	91,92	2,40E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
228,00	2,59E-03	3,65E+00	8,41E+01	4,20E+00	91,91	2,81E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
233,00	2,65E-03	3,65E+00	8,41E+01	4,20E+00	91,92	2,89E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
237,00	2,79E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,21E+00	92,37	3,02E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
242,00	2,91E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,21E+00	92,32	3,16E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
246,00	3,06E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,20E+00	92,37	3,31E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
251,00	2,94E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,19E+00	92,36	3,18E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
256,00	3,10E-03	3,64E+00	8,45E+01	4,19E+00	92,33	3,36E-03	3,94E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
260,00	3,06E-03	3,64E+00	8,41E+01	4,22E+00	91,96	3,32E-03	3,96E+00	9,14E+01	4,59E+00	100,00
265,00	2,95E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,21E+00	92,36	3,19E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
270,00	3,08E-03	3,65E+00	8,46E+01	4,20E+00	92,43	3,34E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
274,00	3,04E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,19E+00	92,34	3,30E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
279,00	2,99E-03	3,65E+00	8,46E+01	4,20E+00	92,41	3,24E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
284,00	3,12E-03	3,65E+00	8,42E+01	4,20E+00	92,02	3,38E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
288,00	2,97E-03	3,65E+00	8,45E+01	4,20E+00	92,38	3,21E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00

Annexos

293,00	2,92E-03	3,65E+00	8,42E+01	4,21E+00	92,07	3,17E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
298,00	2,95E-03	3,65E+00	8,46E+01	4,21E+00	92,45	3,19E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,56E+00	100,00
302,00	3,11E-03	3,65E+00	8,42E+01	4,21E+00	92,07	3,38E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,58E+00	100,00
307,00	5,95E-03	3,66E+00	8,47E+01	4,20E+00	92,52	6,43E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
311,00	7,41E-03	3,64E+00	8,47E+01	4,20E+00	92,53	8,01E-03	3,93E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
316,00	8,30E-03	3,65E+00	8,41E+01	4,20E+00	92,00	9,02E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,57E+00	100,00
321,00	8,84E-03	3,65E+00	8,47E+01	4,22E+00	92,61	9,55E-03	3,94E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
344,00	9,26E-03	3,66E+00	8,47E+01	4,20E+00	92,58	1,00E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
349,00	9,31E-03	3,65E+00	8,47E+01	4,20E+00	92,57	1,01E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
353,00	9,17E-03	3,66E+00	8,48E+01	4,21E+00	92,65	9,90E-03	3,95E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
358,00	9,14E-03	3,65E+00	8,48E+01	4,21E+00	92,64	9,87E-03	3,94E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00
363,00	9,07E-03	3,65E+00	8,48E+01	4,21E+00	92,66	9,79E-03	3,94E+00	9,15E+01	4,55E+00	100,00

T (K)	Temps(min.)	Q _{CO2}	Q _{CO}	X _{CO}	Promig X _{CO}
333	0,00	2,87E-07	2,85E-04	0,101%	0,029%
	5,00	1,62E-07	2,86E-04	0,057%	
	10,00	1,20E-07	2,86E-04	0,042%	
	14,00	9,44E-08	2,86E-04	0,033%	
	19,00	7,82E-08	2,86E-04	0,027%	
	23,00	7,05E-08	2,86E-04	0,025%	
	28,00	6,06E-08	2,86E-04	0,021%	
	33,00	6,27E-08	2,86E-04	0,022%	
	37,00	5,37E-08	2,86E-04	0,019%	
	42,00	4,98E-08	2,86E-04	0,017%	
	47,00	4,39E-08	2,86E-04	0,015%	
	51,00	4,74E-08	2,86E-04	0,017%	
	56,00	4,11E-08	2,86E-04	0,014%	
	61,00	4,63E-08	2,86E-04	0,016%	
65,00	4,36E-08	2,86E-04	0,015%		
368	79,00	6,38E-08	2,86E-04	0,022%	0,019%
	84,00	7,32E-08	2,86E-04	0,026%	
	89,00	6,47E-08	2,86E-04	0,023%	

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	93,00	6,88E-08	2,86E-04	0,024%	
	98,00	6,28E-08	2,86E-04	0,022%	
	102,00	5,75E-08	2,86E-04	0,020%	
	107,00	6,07E-08	2,86E-04	0,021%	
	112,00	5,43E-08	2,86E-04	0,019%	
	116,00	4,49E-08	2,86E-04	0,016%	
	121,00	4,94E-08	2,86E-04	0,017%	
	126,00	4,32E-08	2,86E-04	0,015%	
	130,00	4,90E-08	2,86E-04	0,017%	
	135,00	3,91E-08	2,86E-04	0,014%	
	140,00	3,92E-08	2,86E-04	0,014%	
403	163,00	8,78E-08	2,86E-04	0,031%	0,026%
	168,00	7,74E-08	2,86E-04	0,027%	
	172,00	8,47E-08	2,86E-04	0,030%	
	177,00	6,82E-08	2,86E-04	0,024%	
	181,00	7,15E-08	2,86E-04	0,025%	
	186,00	7,38E-08	2,86E-04	0,026%	
	191,00	6,57E-08	2,86E-04	0,023%	
	195,00	6,70E-08	2,86E-04	0,023%	
	200,00	6,51E-08	2,86E-04	0,023%	
	205,00	8,03E-08	2,86E-04	0,028%	
209,00	7,02E-08	2,86E-04	0,025%		
438	223,00	1,50E-07	2,86E-04	0,053%	0,069%
	228,00	1,76E-07	2,86E-04	0,062%	
	233,00	1,80E-07	2,86E-04	0,063%	
	237,00	1,89E-07	2,86E-04	0,066%	
	242,00	1,98E-07	2,86E-04	0,069%	
	246,00	2,08E-07	2,85E-04	0,073%	
	251,00	2,00E-07	2,85E-04	0,070%	
	256,00	2,11E-07	2,85E-04	0,074%	
	260,00	2,07E-07	2,85E-04	0,072%	
	265,00	2,00E-07	2,85E-04	0,070%	
270,00	2,10E-07	2,85E-04	0,073%		

	274,00	2,07E-07	2,85E-04	0,073%	
	279,00	2,03E-07	2,85E-04	0,071%	
	284,00	2,12E-07	2,85E-04	0,074%	
473	307,00	4,04E-07	2,85E-04	0,141%	0,201%
	311,00	5,03E-07	2,85E-04	0,176%	
	316,00	5,63E-07	2,85E-04	0,197%	
	321,00	5,98E-07	2,85E-04	0,209%	
	344,00	6,29E-07	2,85E-04	0,220%	
	349,00	6,31E-07	2,85E-04	0,221%	
	353,00	6,21E-07	2,85E-04	0,217%	
	358,00	6,18E-07	2,85E-04	0,216%	
	363,00	6,14E-07	2,85E-04	0,215%	

A4. COProx-MC

100 % Normalitzat														
t (min)	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %
0,0	1,86E-03	7,11E-03	4,97E+01	4,33E+00	3,58E+01	5,13E+00	94,95	1,96E-03	7,49E-03	5,24E+01	4,56E+00	3,77E+01	5,40E+00	100
5,0	1,25E-03	3,59E-03	4,99E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,15E+00	95,56	1,31E-03	3,76E-03	5,22E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,38E+00	100
10,0	1,10E-03	2,30E-03	5,00E+01	4,75E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,51	1,15E-03	2,40E-03	5,23E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,35E+00	100
14,0	8,26E-04	1,39E-03	4,98E+01	4,28E+00	3,58E+01	5,14E+00	94,99	8,70E-04	1,47E-03	5,24E+01	4,51E+00	3,77E+01	5,41E+00	100
19,0	7,93E-04	0,00E+00	4,99E+01	4,72E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,48	8,31E-04	0,00E+00	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,35E+00	100
23,0	7,60E-04	1,07E-03	4,99E+01	4,73E+00	3,57E+01	5,10E+00	95,51	7,96E-04	1,12E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,34E+00	100
28,0	7,53E-04	1,50E-03	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,11	7,92E-04	1,57E-03	5,24E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
33,0	7,61E-04	8,58E-04	5,00E+01	4,73E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,54	7,97E-04	8,98E-04	5,24E+01	4,96E+00	3,73E+01	5,35E+00	100
37,0	6,83E-04	1,61E-03	4,99E+01	4,75E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,52	7,15E-04	1,68E-03	5,22E+01	4,97E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
42,0	6,85E-04	1,35E-03	4,99E+01	4,30E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,05	7,21E-04	1,42E-03	5,25E+01	4,52E+00	3,75E+01	5,38E+00	100
47,0	5,38E-04	1,12E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,66	5,62E-04	1,17E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
51,0	5,99E-04	9,76E-04	4,99E+01	4,73E+00	3,57E+01	5,10E+00	95,47	6,27E-04	1,02E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,34E+00	100

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

56,0	5,71E-04	1,41E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,54	5,98E-04	1,47E-03	5,23E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
61,0	5,41E-04	0,00E+00	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,09	5,69E-04	0,00E+00	5,25E+01	4,55E+00	3,76E+01	5,38E+00	100
65,0	5,26E-04	6,23E-04	5,00E+01	4,74E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,53	5,51E-04	6,52E-04	5,23E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
70,0	7,40E-04	1,01E-03	5,00E+01	4,75E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,58	7,74E-04	1,05E-03	5,24E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,35E+00	100
75,0	8,98E-04	1,50E-03	4,99E+01	4,19E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,03	9,45E-04	1,58E-03	5,25E+01	4,41E+00	3,77E+01	5,40E+00	100
79,0	8,58E-04	1,61E-03	4,99E+01	4,30E+00	3,58E+01	5,14E+00	95,18	9,01E-04	1,69E-03	5,24E+01	4,52E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
84,0	9,72E-04	1,78E-03	5,00E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,14E+00	95,21	1,02E-03	1,87E-03	5,25E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
88,0	9,07E-04	1,64E-03	4,99E+01	4,33E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,18	9,53E-04	1,72E-03	5,25E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
93,0	9,20E-04	1,61E-03	4,99E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,14E+00	95,66	9,62E-04	1,68E-03	5,22E+01	4,95E+00	3,75E+01	5,37E+00	100
98,0	8,82E-04	1,19E-03	5,00E+01	4,29E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,07	9,28E-04	1,25E-03	5,25E+01	4,52E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
102,0	7,44E-04	1,26E-03	4,99E+01	4,31E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,07	7,83E-04	1,32E-03	5,25E+01	4,53E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
107,0	7,16E-04	1,45E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,60	7,49E-04	1,52E-03	5,23E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,37E+00	100
112,0	6,55E-04	0,00E+00	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,11	6,89E-04	0,00E+00	5,24E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
116,0	7,44E-04	1,47E-03	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,14E+00	95,13	7,82E-04	1,54E-03	5,24E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
121,0	7,14E-04	1,20E-03	4,99E+01	4,34E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,19	7,50E-04	1,26E-03	5,25E+01	4,56E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
126,0	6,82E-04	7,42E-04	4,99E+01	4,31E+00	3,58E+01	5,14E+00	95,16	7,17E-04	7,80E-04	5,24E+01	4,53E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
130,0	7,96E-04	9,95E-04	4,99E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,56	8,33E-04	1,04E-03	5,22E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,37E+00	100
135,0	9,95E-04	1,40E-03	5,00E+01	4,75E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,66	1,04E-03	1,46E-03	5,22E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
140,0	1,07E-03	1,74E-03	4,99E+01	4,26E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,06	1,12E-03	1,83E-03	5,25E+01	4,49E+00	3,76E+01	5,38E+00	100
144,0	1,05E-03	1,24E-03	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,17	1,10E-03	1,30E-03	5,25E+01	4,53E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
149,0	1,09E-03	1,13E-03	5,00E+01	4,26E+00	3,57E+01	5,14E+00	95,10	1,14E-03	1,19E-03	5,25E+01	4,48E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
153,0	1,16E-03	1,69E-03	4,99E+01	4,29E+00	3,58E+01	5,11E+00	95,12	1,22E-03	1,78E-03	5,25E+01	4,51E+00	3,76E+01	5,37E+00	100
158,0	1,17E-03	1,31E-03	4,99E+01	4,32E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,10	1,23E-03	1,38E-03	5,25E+01	4,54E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
163,0	1,04E-03	1,18E-03	5,01E+01	4,79E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,67	1,09E-03	1,23E-03	5,23E+01	5,00E+00	3,73E+01	5,35E+00	100
167,0	1,02E-03	1,23E-03	4,99E+01	4,29E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,03	1,08E-03	1,29E-03	5,25E+01	4,51E+00	3,76E+01	5,38E+00	100
172,0	1,03E-03	1,92E-03	5,00E+01	4,72E+00	3,58E+01	5,13E+00	95,66	1,08E-03	2,01E-03	5,23E+01	4,94E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
177,0	1,10E-03	1,46E-03	4,99E+01	4,31E+00	3,57E+01	5,13E+00	95,04	1,16E-03	1,54E-03	5,25E+01	4,53E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
186,0	1,53E-03	1,35E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,58	1,60E-03	1,42E-03	5,24E+01	4,96E+00	3,73E+01	5,36E+00	100

Annexos

191,0	2,32E-03	1,15E-03	4,99E+01	4,21E+00	3,57E+01	5,12E+00	94,93	2,44E-03	1,21E-03	5,25E+01	4,43E+00	3,76E+01	5,40E+00	100
195,0	2,45E-03	2,08E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,60	2,56E-03	2,17E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,35E+00	100
200,0	2,74E-03	1,18E-03	5,00E+01	4,74E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,60	2,86E-03	1,23E-03	5,23E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
205,0	2,79E-03	9,11E-04	5,00E+01	4,74E+00	3,56E+01	5,11E+00	95,49	2,92E-03	9,54E-04	5,23E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,35E+00	100
209,0	3,06E-03	2,21E-03	4,99E+01	4,74E+00	3,56E+01	5,11E+00	95,44	3,21E-03	2,32E-03	5,23E+01	4,97E+00	3,73E+01	5,36E+00	100
214,0	3,02E-03	1,14E-03	4,99E+01	4,27E+00	3,57E+01	5,11E+00	94,98	3,18E-03	1,20E-03	5,26E+01	4,50E+00	3,75E+01	5,38E+00	100
218,0	2,98E-03	9,51E-04	4,99E+01	4,75E+00	3,58E+01	5,10E+00	95,55	3,12E-03	9,95E-04	5,23E+01	4,97E+00	3,74E+01	5,34E+00	100
223,0	3,20E-03	1,82E-03	4,98E+01	4,28E+00	3,57E+01	5,11E+00	94,93	3,37E-03	1,92E-03	5,25E+01	4,51E+00	3,76E+01	5,38E+00	100
228,0	3,25E-03	1,45E-03	5,00E+01	4,73E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,57	3,40E-03	1,51E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,35E+00	100
237,0	5,09E-03	1,43E-03	4,98E+01	4,26E+00	3,57E+01	5,12E+00	94,96	5,36E-03	1,51E-03	5,25E+01	4,49E+00	3,76E+01	5,39E+00	100
242,0	7,34E-03	1,35E-03	5,00E+01	4,70E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,46	7,69E-03	1,41E-03	5,23E+01	4,93E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
246,0	8,76E-03	1,77E-03	4,99E+01	4,28E+00	3,57E+01	5,10E+00	94,96	9,22E-03	1,86E-03	5,25E+01	4,51E+00	3,76E+01	5,37E+00	100
251,0	9,57E-03	1,76E-03	4,99E+01	4,74E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,52	1,00E-02	1,84E-03	5,23E+01	4,96E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
256,0	1,00E-02	1,87E-03	4,99E+01	4,75E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,65	1,05E-02	1,95E-03	5,22E+01	4,96E+00	3,75E+01	5,36E+00	100
260,0	1,03E-02	2,01E-03	4,98E+01	4,27E+00	3,57E+01	5,10E+00	94,97	1,08E-02	2,12E-03	5,25E+01	4,50E+00	3,76E+01	5,37E+00	100
265,0	1,03E-02	1,94E-03	4,99E+01	4,72E+00	3,57E+01	5,11E+00	95,42	1,08E-02	2,03E-03	5,23E+01	4,94E+00	3,74E+01	5,35E+00	100
270,0	1,06E-02	1,58E-03	5,00E+01	4,73E+00	3,58E+01	5,11E+00	95,61	1,11E-02	1,65E-03	5,23E+01	4,94E+00	3,74E+01	5,35E+00	100
274,0	1,06E-02	2,05E-03	4,99E+01	4,73E+00	3,57E+01	5,12E+00	95,48	1,11E-02	2,15E-03	5,22E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,36E+00	100
279,0	1,06E-02	2,06E-03	5,00E+01	4,73E+00	3,58E+01	5,12E+00	95,62	1,10E-02	2,16E-03	5,23E+01	4,95E+00	3,74E+01	5,36E+00	100

T(K)	Temps(min.)	Q _{CO2} (mol/min)	Q _{CO} (mol/min)	X _{CO}	Q _{H2O} (mol/min)	Q _{H2} (mol/min)	X _{H2}	S _{CO2}	S _{H2O}	Promig X _{CO}	Promig X _{H2}	Promig S _{CO2}
333	0,0	1,03E-07	2,86E-04	3,62E-04	4,09E-07	2,86E-03	0,014%	20,197%	79,803%	0,016%	0,003%	42,449%
	5,0	6,94E-08	2,86E-04	2,43E-04	2,05E-07	2,86E-03	0,007%	25,248%	74,752%			
	10,0	6,12E-08	2,86E-04	2,14E-04	1,31E-07	2,86E-03	0,005%	31,824%	68,176%			
	14,0	4,59E-08	2,86E-04	1,61E-04	8,00E-08	2,86E-03	0,003%	36,472%	63,528%			
	19,0	4,43E-08	2,86E-04	1,55E-04	0,00E+00	2,86E-03	0,000%	100,000%	0,000%			
	23,0	4,26E-08	2,86E-04	1,49E-04	6,13E-08	2,86E-03	0,002%	40,977%	59,023%			



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	28,0	4,20E-08	2,86E-04	1,47E-04	8,57E-08	2,86E-03	0,003%	32,872%	67,128%			
	33,0	4,25E-08	2,86E-04	1,49E-04	4,90E-08	2,86E-03	0,002%	46,459%	53,541%			
	37,0	3,81E-08	2,86E-04	1,33E-04	9,19E-08	2,86E-03	0,003%	29,311%	70,689%			
	42,0	3,82E-08	2,86E-04	1,34E-04	7,72E-08	2,86E-03	0,003%	33,136%	66,864%			
	47,0	3,00E-08	2,86E-04	1,05E-04	6,41E-08	2,86E-03	0,002%	31,898%	68,102%			
	51,0	3,36E-08	2,86E-04	1,17E-04	5,58E-08	2,86E-03	0,002%	37,542%	62,458%			
	56,0	3,19E-08	2,86E-04	1,12E-04	8,06E-08	2,86E-03	0,003%	28,352%	71,648%			
	61,0	3,02E-08	2,86E-04	1,06E-04	0,00E+00	2,86E-03	0,000%	100,000%	0,000%			
368	65,0	2,94E-08	2,86E-04	1,03E-04	3,56E-08	2,86E-03	0,001%	45,176%	54,824%	0,015%	0,002%	42,222%
	70,0	4,14E-08	2,86E-04	1,45E-04	5,74E-08	2,86E-03	0,002%	41,885%	58,115%			
	75,0	5,00E-08	2,86E-04	1,75E-04	8,60E-08	2,86E-03	0,003%	36,758%	63,242%			
	79,0	4,77E-08	2,86E-04	1,67E-04	9,19E-08	2,86E-03	0,003%	34,162%	65,838%			
		5,40E-08	2,86E-04	1,89E-04	1,02E-07	2,86E-03	0,004%	34,657%	65,343%			
	88,0	5,05E-08	2,86E-04	1,77E-04	9,37E-08	2,86E-03	0,003%	35,020%	64,980%			
	93,0	5,12E-08	2,86E-04	1,79E-04	9,20E-08	2,86E-03	0,003%	35,737%	64,263%			
	98,0	4,92E-08	2,86E-04	1,72E-04	6,82E-08	2,86E-03	0,002%	41,914%	58,086%			
	102,0	4,15E-08	2,86E-04	1,45E-04	7,21E-08	2,86E-03	0,003%	36,543%	63,457%			
	107,0	3,99E-08	2,86E-04	1,40E-04	8,31E-08	2,86E-03	0,003%	32,409%	67,591%			
	112,0	3,65E-08	2,86E-04	1,28E-04	0,00E+00	2,86E-03	0,000%	100,000%	0,000%			
	116,0	4,13E-08	2,86E-04	1,45E-04	8,40E-08	2,86E-03	0,003%	32,982%	67,018%			
121,0	3,97E-08	2,86E-04	1,39E-04	6,85E-08	2,86E-03	0,002%	36,708%	63,292%				
126,0	3,79E-08	2,86E-04	1,33E-04	4,25E-08	2,86E-03	0,001%	47,149%	52,851%				
403	130,0	4,43E-08	2,86E-04	1,55E-04	5,69E-08	2,86E-03	0,002%	43,749%	56,251%	0,020%	0,003%	42,687%
	135,0	5,54E-08	2,86E-04	1,94E-04	8,00E-08	2,86E-03	0,003%	40,910%	59,090%			
	140,0	5,96E-08	2,86E-04	2,09E-04	9,96E-08	2,86E-03	0,003%	37,431%	62,569%			
	144,0	5,84E-08	2,86E-04	2,04E-04	7,09E-08	2,86E-03	0,002%	45,161%	54,839%			
	149,0	6,04E-08	2,86E-04	2,11E-04	6,47E-08	2,86E-03	0,002%	48,266%	51,734%			
	153,0	6,48E-08	2,86E-04	2,27E-04	9,69E-08	2,86E-03	0,003%	40,066%	59,934%			

Annexos

	158,0	6,49E-08	2,86E-04	2,27E-04	7,51E-08	2,86E-03	0,003%	46,374%	53,626%			
	163,0	5,79E-08	2,86E-04	2,03E-04	6,74E-08	2,86E-03	0,002%	46,217%	53,783%			
	167,0	5,72E-08	2,86E-04	2,00E-04	7,04E-08	2,86E-03	0,002%	44,822%	55,178%			
	172,0	5,75E-08	2,86E-04	2,01E-04	1,10E-07	2,86E-03	0,004%	34,380%	65,620%			
	177,0	6,11E-08	2,86E-04	2,14E-04	8,38E-08	2,86E-03	0,003%	42,180%	57,820%			
438	186,0	8,55E-08	2,86E-04	2,99E-04	7,72E-08	2,86E-03	0,003%	52,533%	47,467%	0,053%	0,003%	65,335%
	191,0	1,29E-07	2,86E-04	4,52E-04	6,60E-08	2,86E-03	0,002%	66,190%	33,810%			
	195,0	1,37E-07	2,86E-04	4,79E-04	1,19E-07	2,86E-03	0,004%	53,562%	46,438%			
	200,0	1,53E-07	2,86E-04	5,34E-04	6,72E-08	2,86E-03	0,002%	69,432%	30,568%			
	205,0	1,56E-07	2,86E-04	5,45E-04	5,21E-08	2,86E-03	0,002%	74,945%	25,055%			
	209,0	1,71E-07	2,86E-04	5,99E-04	1,27E-07	2,86E-03	0,004%	57,468%	42,532%			
	214,0	1,68E-07	2,86E-04	5,90E-04	6,53E-08	2,86E-03	0,002%	72,074%	27,926%			
	218,0	1,67E-07	2,86E-04	5,83E-04	5,44E-08	2,86E-03	0,002%	75,383%	24,617%			
	223,0	1,79E-07	2,86E-04	6,26E-04	1,05E-07	2,86E-03	0,004%	63,105%	36,895%			
	228,0	1,81E-07	2,86E-04	6,34E-04	8,27E-08	2,86E-03	0,003%	68,657%	31,343%			
473	237,0	2,84E-07	2,85E-04	9,93E-04	8,22E-08	2,86E-03	0,003%	77,532%	22,468%	0,182%	0,004%	83,314%
	242,0	4,10E-07	2,85E-04	1,43E-03	7,70E-08	2,86E-03	0,003%	84,169%	15,831%			
	246,0	4,90E-07	2,85E-04	1,71E-03	1,01E-07	2,86E-03	0,004%	82,856%	17,144%			
	251,0	5,33E-07	2,85E-04	1,87E-03	1,00E-07	2,86E-03	0,004%	84,144%	15,856%			
	256,0	5,56E-07	2,85E-04	1,95E-03	1,07E-07	2,86E-03	0,004%	83,901%	16,099%			
	260,0	5,75E-07	2,85E-04	2,01E-03	1,15E-07	2,86E-03	0,004%	83,290%	16,710%			
	265,0	5,77E-07	2,85E-04	2,02E-03	1,11E-07	2,86E-03	0,004%	83,871%	16,129%			
	270,0	5,90E-07	2,85E-04	2,06E-03	9,02E-08	2,86E-03	0,003%	86,735%	13,265%			
	274,0	5,88E-07	2,85E-04	2,06E-03	1,17E-07	2,86E-03	0,004%	83,361%	16,639%			
279,0	5,88E-07	2,85E-04	2,06E-03	1,18E-07	2,86E-03	0,004%	83,281%	16,719%				

A5. CO-M3D-Imp

Normalitzat al 100%										
t (min)	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %
0,00	3,71E-02	3,54E+00	8,16E+01	4,07E+00	89,222996	4,16E-02	3,97E+00	9,14E+01	4,57E+00	100
4,63	5,10E-02	3,56E+00	8,24E+01	4,08E+00	90,128263	5,66E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,52E+00	100
9,28	1,01E-01	3,50E+00	8,21E+01	3,98E+00	89,701791	1,13E-01	3,90E+00	9,16E+01	4,44E+00	100
13,93	1,60E-01	3,45E+00	8,19E+01	3,89E+00	89,381683	1,79E-01	3,86E+00	9,16E+01	4,36E+00	100
18,57	2,15E-01	3,42E+00	8,20E+01	3,85E+00	89,496467	2,40E-01	3,82E+00	9,16E+01	4,30E+00	100
23,20	2,61E-01	3,42E+00	8,23E+01	3,82E+00	89,807147	2,91E-01	3,80E+00	9,17E+01	4,25E+00	100
27,87	2,92E-01	3,43E+00	8,26E+01	3,81E+00	90,148119	3,24E-01	3,80E+00	9,16E+01	4,23E+00	100
32,52	3,12E-01	3,45E+00	8,36E+01	3,87E+00	91,228205	3,42E-01	3,78E+00	9,16E+01	4,24E+00	100
37,17	3,18E-01	3,45E+00	8,36E+01	3,85E+00	91,180946	3,49E-01	3,79E+00	9,16E+01	4,22E+00	100
41,82	3,21E-01	3,45E+00	8,35E+01	3,85E+00	91,078204	3,53E-01	3,79E+00	9,16E+01	4,23E+00	100
46,47	3,19E-01	3,46E+00	8,34E+01	3,86E+00	91,080214	3,50E-01	3,80E+00	9,16E+01	4,24E+00	100
51,10	3,16E-01	3,47E+00	8,39E+01	3,89E+00	91,573015	3,45E-01	3,79E+00	9,16E+01	4,25E+00	100
55,75	3,12E-01	3,48E+00	8,38E+01	3,89E+00	91,517301	3,41E-01	3,80E+00	9,16E+01	4,25E+00	100
60,40	3,07E-01	3,47E+00	8,36E+01	3,88E+00	91,273431	3,36E-01	3,80E+00	9,16E+01	4,25E+00	100
65,03	3,15E-01	3,46E+00	8,35E+01	3,88E+00	91,200081	3,46E-01	3,79E+00	9,16E+01	4,26E+00	100
69,67	5,44E-01	3,38E+00	8,41E+01	3,70E+00	91,77757	5,93E-01	3,68E+00	9,17E+01	4,03E+00	100
74,32	7,88E-01	3,26E+00	8,43E+01	3,48E+00	91,842233	8,58E-01	3,55E+00	9,18E+01	3,78E+00	100
78,97	9,87E-01	3,15E+00	8,41E+01	3,25E+00	91,494498	1,08E+00	3,44E+00	9,19E+01	3,55E+00	100
83,62	1,15E+00	3,05E+00	8,40E+01	3,11E+00	91,356372	1,26E+00	3,34E+00	9,20E+01	3,40E+00	100
88,25	1,27E+00	2,99E+00	8,40E+01	2,98E+00	91,226152	1,39E+00	3,28E+00	9,21E+01	3,26E+00	100
92,90	1,36E+00	2,95E+00	8,40E+01	2,89E+00	91,177447	1,49E+00	3,23E+00	9,21E+01	3,17E+00	100
97,53	1,44E+00	2,93E+00	8,48E+01	2,84E+00	91,971844	1,56E+00	3,19E+00	9,22E+01	3,09E+00	100
102,18	1,49E+00	2,91E+00	8,46E+01	2,79E+00	91,763098	1,62E+00	3,17E+00	9,22E+01	3,04E+00	100
106,83	1,52E+00	2,88E+00	8,45E+01	2,74E+00	91,617846	1,66E+00	3,15E+00	9,22E+01	2,99E+00	100
111,48	1,54E+00	2,86E+00	8,43E+01	2,72E+00	91,472485	1,69E+00	3,13E+00	9,22E+01	2,97E+00	100
116,12	1,57E+00	2,84E+00	8,42E+01	2,70E+00	91,350455	1,71E+00	3,11E+00	9,22E+01	2,96E+00	100

Annexos

120,77	1,57E+00	2,87E+00	8,50E+01	2,72E+00	92,11617	1,70E+00	3,12E+00	9,22E+01	2,95E+00	100
125,42	1,58E+00	2,85E+00	8,47E+01	2,71E+00	91,858193	1,72E+00	3,10E+00	9,22E+01	2,95E+00	100
130,07	1,58E+00	2,86E+00	8,46E+01	2,69E+00	91,69486	1,72E+00	3,12E+00	9,22E+01	2,94E+00	100
134,70	2,38E+00	2,48E+00	8,47E+01	1,98E+00	91,580847	2,60E+00	2,71E+00	9,25E+01	2,16E+00	100
139,35	3,26E+00	2,03E+00	8,51E+01	1,15E+00	91,541189	3,57E+00	2,22E+00	9,30E+01	1,25E+00	100
143,98	3,64E+00	1,83E+00	8,53E+01	7,57E-01	91,532395	3,98E+00	2,00E+00	9,32E+01	8,26E-01	100
148,63	3,78E+00	1,75E+00	8,53E+01	5,86E-01	91,459324	4,13E+00	1,91E+00	9,33E+01	6,41E-01	100
153,28	3,85E+00	1,73E+00	8,61E+01	5,31E-01	92,172201	4,17E+00	1,87E+00	9,34E+01	5,76E-01	100
157,90	3,88E+00	1,71E+00	8,60E+01	4,90E-01	92,055454	4,21E+00	1,86E+00	9,34E+01	5,32E-01	100
162,55	3,87E+00	1,70E+00	8,58E+01	4,79E-01	91,816206	4,21E+00	1,85E+00	9,34E+01	5,22E-01	100
167,18	3,87E+00	1,69E+00	8,56E+01	4,81E-01	91,692258	4,22E+00	1,85E+00	9,34E+01	5,24E-01	100
171,83	3,85E+00	1,70E+00	8,56E+01	4,90E-01	91,58911	4,20E+00	1,85E+00	9,34E+01	5,36E-01	100
176,47	3,84E+00	1,72E+00	8,65E+01	5,03E-01	92,563724	4,15E+00	1,86E+00	9,34E+01	5,43E-01	100
181,10	3,82E+00	1,73E+00	8,61E+01	5,22E-01	92,186919	4,14E+00	1,87E+00	9,34E+01	5,67E-01	100
185,75	3,81E+00	1,73E+00	8,59E+01	5,38E-01	91,980873	4,14E+00	1,88E+00	9,34E+01	5,84E-01	100
190,40	3,80E+00	1,74E+00	8,57E+01	5,56E-01	91,812148	4,14E+00	1,89E+00	9,34E+01	6,05E-01	100
195,03	3,78E+00	1,74E+00	8,57E+01	5,67E-01	91,815258	4,12E+00	1,90E+00	9,34E+01	6,18E-01	100
199,67	4,09E+00	1,60E+00	8,58E+01	3,05E-01	91,769029	4,46E+00	1,74E+00	9,35E+01	3,33E-01	100
204,33	4,26E+00	1,53E+00	8,68E+01	1,42E-01	92,692864	4,60E+00	1,65E+00	9,36E+01	1,53E-01	100
208,97	4,30E+00	1,48E+00	8,67E+01	7,68E-02	92,525211	4,65E+00	1,60E+00	9,37E+01	8,30E-02	100
213,62	4,31E+00	1,47E+00	8,65E+01	0,00E+00	92,317725	4,67E+00	1,59E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
218,25	4,31E+00	1,47E+00	8,64E+01	0,00E+00	92,151694	4,67E+00	1,59E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
222,92	4,31E+00	1,48E+00	8,61E+01	0,00E+00	91,888921	4,69E+00	1,61E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
227,57	4,30E+00	1,48E+00	8,65E+01	0,00E+00	92,278792	4,66E+00	1,60E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
232,18	4,30E+00	1,47E+00	8,66E+01	0,00E+00	92,371114	4,66E+00	1,59E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
236,83	4,29E+00	1,48E+00	8,66E+01	0,00E+00	92,350217	4,65E+00	1,60E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
241,48	4,29E+00	1,48E+00	8,66E+01	0,00E+00	92,401914	4,64E+00	1,60E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
246,12	4,27E+00	1,49E+00	8,66E+01	0,00E+00	92,36285	4,62E+00	1,61E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
250,77	4,26E+00	1,49E+00	8,63E+01	7,00E-02	92,106877	4,63E+00	1,61E+00	9,37E+01	7,60E-02	100
255,42	4,27E+00	1,50E+00	8,68E+01	7,93E-02	92,597872	4,61E+00	1,62E+00	9,37E+01	8,56E-02	100
260,07	4,25E+00	1,49E+00	8,63E+01	8,08E-02	92,122586	4,61E+00	1,62E+00	9,37E+01	8,77E-02	100
264,70	4,26E+00	1,51E+00	8,68E+01	8,75E-02	92,650645	4,60E+00	1,62E+00	9,37E+01	9,44E-02	100
269,35	4,38E+00	1,48E+00	8,67E+01	0,00E+00	92,604475	4,73E+00	1,60E+00	9,37E+01	0,00E+00	100



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

273,98	4,37E+00	1,46E+00	8,69E+01	0,00E+00	92,692756	4,71E+00	1,58E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
278,63	4,36E+00	1,45E+00	8,69E+01	0,00E+00	92,695391	4,70E+00	1,57E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
283,28	4,35E+00	1,45E+00	8,69E+01	0,00E+00	92,690155	4,70E+00	1,57E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
287,93	4,35E+00	1,46E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,766315	4,69E+00	1,57E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
292,58	4,35E+00	1,45E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,784723	4,68E+00	1,56E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
297,22	4,35E+00	1,45E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,777996	4,68E+00	1,57E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
301,87	4,34E+00	1,45E+00	8,69E+01	0,00E+00	92,732356	4,68E+00	1,57E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
306,52	4,34E+00	1,46E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,817834	4,68E+00	1,57E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
311,17	4,34E+00	1,45E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,756214	4,68E+00	1,57E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
315,80	4,32E+00	1,46E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,744786	4,66E+00	1,57E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
320,47	4,33E+00	1,47E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,781466	4,67E+00	1,58E+00	9,38E+01	0,00E+00	100
325,12	4,34E+00	1,46E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,772566	4,68E+00	1,58E+00	9,37E+01	0,00E+00	100
329,75	4,34E+00	1,46E+00	8,70E+01	0,00E+00	92,814168	4,68E+00	1,57E+00	9,38E+01	0,00E+00	100

T (K)	Temps(min.)	Q _{CO2}	Q _{CO}	X _{CO}	Promig X _{CO}
333	0,00	2,5794E-06	0,000283	0,903%	5,721%
	4,63	3,5344E-06	0,000282	1,237%	
	9,28	7,0928E-06	0,000279	2,483%	
	13,93	1,1281E-05	0,000274	3,948%	
	18,57	1,5119E-05	0,000271	5,292%	
	23,20	1,8316E-05	0,000267	6,411%	
	27,87	2,0321E-05	0,000265	7,113%	
	32,52	2,1301E-05	0,000264	7,456%	
	37,17	2,1821E-05	0,000264	7,638%	
	41,82	2,2012E-05	0,000264	7,705%	
	46,47	2,1802E-05	0,000264	7,631%	
	51,10	2,1458E-05	0,000264	7,511%	
55,75	2,1236E-05	0,000264	7,433%		
60,40	2,0954E-05	0,000265	7,334%	28,674%	
368	65,03	2,1453E-05	0,000264		7,509%
	69,67	3,6588E-05	0,000249		12,806%
	74,32	5,2814E-05	0,000233	18,486%	

	78,97	6,6586E-05	0,000219	23,306%	
	83,62	7,7134E-05	0,000209	26,998%	
	88,25	8,5394E-05	0,0002	29,889%	
	92,90	9,1589E-05	0,000194	32,058%	
	97,53	9,5919E-05	0,00019	33,573%	
	102,18	9,9229E-05	0,000186	34,732%	
	106,83	0,0001021	0,000184	35,736%	
	111,48	0,00010356	0,000182	36,247%	
	116,12	0,00010478	0,000181	36,677%	
	120,77	0,0001046	0,000181	36,610%	
125,42	0,00010517	0,000181	36,811%	81,099%	
130,07	0,00010559	0,00018	36,960%		
134,70	0,00015611	0,00013	54,642%		
139,35	0,00021136	7,43E-05	73,979%		
143,98	0,00023657	4,91E-05	82,805%		
148,63	0,00024729	3,84E-05	86,555%		
153,28	0,00025104	3,47E-05	87,869%		
157,90	0,00025366	3,2E-05	88,785%		
162,55	0,00025423	3,15E-05	88,985%		
167,18	0,00025413	3,16E-05	88,950%		
171,83	0,00025342	3,23E-05	88,703%	99,122%	
176,47	0,00025266	3,3E-05	88,435%		
181,10	0,00025132	3,44E-05	87,965%		
185,75	0,00025037	3,53E-05	87,635%		
190,40	0,00024929	3,64E-05	87,255%		
195,03	0,00024845	3,72E-05	86,962%		
204,33	0,00027648	9,22E-06	96,772%		
208,97	0,00028069	5,01E-06	98,247%		
213,62	0,0002857	0	100,000%		
218,25	0,0002857	0	100,000%		
222,92	0,0002857	0	100,000%		
227,57	0,0002857	0	100,000%		
232,18	0,0002857	0	100,000%		

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	236,83	0,0002857	0	100,000%	
	241,48	0,0002857	0	100,000%	
	246,12	0,0002857	0	100,000%	
	250,77	0,00028108	4,62E-06	98,384%	
	255,42	0,00028049	5,21E-06	98,178%	
	260,07	0,00028037	5,33E-06	98,135%	
	264,70	0,00027995	5,75E-06	97,988%	
473	269,35	0,0002857	0	100,000%	100,000%
	273,98	0,0002857	0	100,000%	
	278,63	0,0002857	0	100,000%	
	283,28	0,0002857	0	100,000%	
	287,93	0,0002857	0	100,000%	
	292,58	0,0002857	0	100,000%	
	297,22	0,0002857	0	100,000%	
	301,87	0,0002857	0	100,000%	
	306,52	0,0002857	0	100,000%	
	311,17	0,0002857	0	100,000%	
	315,80	0,0002857	0	100,000%	
	320,47	0,0002857	0	100,000%	
	325,12	0,0002857	0	100,000%	
	329,75	0,0002857	0	100,000%	

A6. COProx-M3D-Imp

Normalitzat 100%														
t (min)	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	∑ %
0,0	1,61E-01	4,11E-02	5,03E+01	2,06E+00	3,59E+01	4,81E+00	93,24	1,72E-01	4,40E-02	5,39E+01	2,21E+00	3,85E+01	5,16E+00	100
4,0	2,63E-01	2,24E-02	5,01E+01	2,48E+00	3,58E+01	4,74E+00	93,38	2,82E-01	2,39E-02	5,36E+01	2,66E+00	3,83E+01	5,07E+00	100
9,0	3,58E-01	1,45E-03	5,00E+01	4,52E+00	3,57E+01	4,70E+00	95,26	3,76E-01	1,53E-03	5,25E+01	4,74E+00	3,75E+01	4,93E+00	100
14,0	4,12E-01	7,14E-04	5,00E+01	3,45E+00	3,57E+01	4,67E+00	94,29	4,37E-01	7,57E-04	5,30E+01	3,66E+00	3,79E+01	4,96E+00	100
19,0	4,29E-01	1,49E-02	2,01E+03	2,41E+00	3,49E+01	4,54E+00	2047,57	2,09E-02	7,26E-04	9,79E+01	1,18E-01	1,70E+00	2,22E-01	100
23,0	4,46E-01	1,27E-02	2,01E+03	4,38E+00	3,48E+01	4,51E+00	2049,45	2,17E-02	6,21E-04	9,78E+01	2,13E-01	1,70E+00	2,20E-01	100
28,0	4,66E-01	1,08E-02	5,03E+01	2,04E+00	3,60E+01	4,66E+00	93,45	4,98E-01	1,15E-02	5,38E+01	2,18E+00	3,85E+01	4,99E+00	100
33,0	4,69E-01	9,62E-03	5,01E+01	2,45E+00	3,58E+01	4,63E+00	93,54	5,02E-01	1,03E-02	5,36E+01	2,61E+00	3,83E+01	4,95E+00	100
37,0	4,72E-01	8,79E-03	5,00E+01	4,48E+00	3,58E+01	4,63E+00	95,41	4,95E-01	9,21E-03	5,24E+01	4,70E+00	3,75E+01	4,86E+00	100
42,0	4,72E-01	8,08E-03	5,00E+01	4,48E+00	3,57E+01	4,63E+00	95,22	4,96E-01	8,49E-03	5,25E+01	4,71E+00	3,74E+01	4,86E+00	100
47,0	4,72E-01	7,82E-03	4,98E+01	2,69E+00	3,57E+01	4,63E+00	93,23	5,07E-01	8,39E-03	5,34E+01	2,89E+00	3,83E+01	4,96E+00	100
51,0	4,72E-01	6,77E-03	5,03E+01	4,51E+00	3,60E+01	4,66E+00	95,93	4,92E-01	7,05E-03	5,25E+01	4,70E+00	3,75E+01	4,86E+00	100
56,0	4,71E-01	5,90E-03	5,01E+01	2,48E+00	3,59E+01	4,65E+00	93,64	5,03E-01	6,30E-03	5,35E+01	2,64E+00	3,83E+01	4,97E+00	100
61,0	4,71E-01	5,71E-03	5,01E+01	4,50E+00	3,58E+01	4,64E+00	95,45	4,94E-01	5,99E-03	5,24E+01	4,71E+00	3,75E+01	4,86E+00	100
65,0	6,89E-01	5,70E-03	4,99E+01	1,95E+00	3,58E+01	4,46E+00	92,81	7,43E-01	6,14E-03	5,38E+01	2,10E+00	3,85E+01	4,81E+00	100
70,0	1,10E+00	5,59E-03	4,99E+01	2,54E+00	3,58E+01	4,09E+00	93,47	1,18E+00	5,98E-03	5,34E+01	2,72E+00	3,83E+01	4,37E+00	100
74,0	1,46E+00	8,84E-03	5,00E+01	3,95E+00	3,59E+01	3,77E+00	95,11	1,53E+00	9,29E-03	5,26E+01	4,15E+00	3,78E+01	3,97E+00	100
79,0	1,74E+00	3,86E-02	5,04E+01	3,82E+00	3,63E+01	3,56E+00	95,82	1,82E+00	4,03E-02	5,26E+01	3,98E+00	3,78E+01	3,72E+00	100
84,0	1,96E+00	1,07E-01	5,02E+01	3,68E+00	3,62E+01	3,35E+00	95,57	2,05E+00	1,12E-01	5,26E+01	3,85E+00	3,79E+01	3,50E+00	100
88,0	2,14E+00	1,75E-01	5,02E+01	3,57E+00	3,62E+01	3,18E+00	95,43	2,24E+00	1,84E-01	5,26E+01	3,74E+00	3,79E+01	3,33E+00	100
93,0	2,27E+00	2,38E-01	5,02E+01	3,51E+00	3,62E+01	3,05E+00	95,45	2,38E+00	2,49E-01	5,26E+01	3,67E+00	3,79E+01	3,20E+00	100
98,0	2,39E+00	2,91E-01	5,01E+01	3,43E+00	3,63E+01	2,95E+00	95,46	2,50E+00	3,05E-01	5,25E+01	3,59E+00	3,80E+01	3,09E+00	100
102,0	2,48E+00	3,36E-01	5,02E+01	3,37E+00	3,62E+01	2,86E+00	95,51	2,59E+00	3,52E-01	5,26E+01	3,53E+00	3,79E+01	3,00E+00	100
107,0	2,55E+00	3,78E-01	5,01E+01	3,34E+00	3,63E+01	2,78E+00	95,54	2,67E+00	3,95E-01	5,25E+01	3,50E+00	3,80E+01	2,91E+00	100

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

112,0	2,62E+00	4,15E-01	5,01E+01	3,32E+00	3,64E+01	2,75E+00	95,58	2,74E+00	4,34E-01	5,24E+01	3,48E+00	3,80E+01	2,87E+00	100
116,0	2,66E+00	4,46E-01	5,02E+01	3,28E+00	3,64E+01	2,71E+00	95,63	2,78E+00	4,66E-01	5,24E+01	3,43E+00	3,80E+01	2,83E+00	100
121,0	2,70E+00	4,64E-01	5,07E+01	3,30E+00	3,68E+01	2,70E+00	96,71	2,79E+00	4,80E-01	5,25E+01	3,42E+00	3,81E+01	2,79E+00	100
126,0	2,73E+00	4,90E-01	4,99E+01	3,19E+00	3,62E+01	2,63E+00	95,17	2,87E+00	5,15E-01	5,24E+01	3,35E+00	3,81E+01	2,76E+00	100
135,0	4,31E+00	9,01E-01	5,02E+01	2,19E+00	3,68E+01	1,32E+00	95,70	4,51E+00	9,41E-01	5,24E+01	2,29E+00	3,84E+01	1,38E+00	100
139,0	5,10E+00	1,52E+00	4,98E+01	1,45E+00	3,70E+01	6,29E-01	95,53	5,34E+00	1,59E+00	5,21E+01	1,52E+00	3,88E+01	6,59E-01	100
144,0	5,41E+00	2,11E+00	5,01E+01	9,87E-01	3,78E+01	3,85E-01	96,79	5,59E+00	2,18E+00	5,18E+01	1,02E+00	3,90E+01	3,97E-01	100
149,0	5,53E+00	2,52E+00	4,95E+01	6,69E-01	3,77E+01	2,71E-01	96,19	5,75E+00	2,62E+00	5,14E+01	6,96E-01	3,92E+01	2,82E-01	100
153,0	5,56E+00	2,78E+00	4,93E+01	5,08E-01	3,77E+01	2,28E-01	96,08	5,79E+00	2,89E+00	5,13E+01	5,29E-01	3,92E+01	2,37E-01	100
158,0	5,59E+00	2,93E+00	4,92E+01	3,59E-01	3,77E+01	1,96E-01	95,97	5,83E+00	3,05E+00	5,12E+01	3,74E-01	3,93E+01	2,04E-01	100
163,0	5,59E+00	3,03E+00	4,90E+01	3,05E-01	3,76E+01	1,94E-01	95,76	5,84E+00	3,16E+00	5,12E+01	3,19E-01	3,93E+01	2,03E-01	100
167,0	5,60E+00	3,10E+00	4,89E+01	7,07E-02	3,76E+01	1,89E-01	95,52	5,87E+00	3,25E+00	5,12E+01	7,40E-02	3,94E+01	1,98E-01	100
172,0	5,61E+00	3,19E+00	4,92E+01	6,44E-02	3,80E+01	1,89E-01	96,28	5,83E+00	3,31E+00	5,11E+01	6,69E-02	3,95E+01	1,96E-01	100
177,0	5,60E+00	3,21E+00	4,91E+01	5,26E-02	3,79E+01	1,77E-01	96,04	5,84E+00	3,34E+00	5,11E+01	5,48E-02	3,95E+01	1,84E-01	100
181,0	5,61E+00	3,23E+00	4,90E+01	4,77E-02	3,78E+01	1,81E-01	95,89	5,85E+00	3,37E+00	5,11E+01	4,98E-02	3,95E+01	1,89E-01	100
186,0	5,59E+00	3,29E+00	4,91E+01	3,17E-02	3,77E+01	1,82E-01	95,95	5,83E+00	3,43E+00	5,12E+01	3,30E-02	3,93E+01	1,89E-01	100
191,0	5,60E+00	3,32E+00	4,89E+01	4,03E-02	3,77E+01	1,85E-01	95,71	5,85E+00	3,47E+00	5,11E+01	4,21E-02	3,93E+01	1,93E-01	100
195,0	5,60E+00	3,34E+00	4,94E+01	3,71E-02	3,80E+01	1,87E-01	96,58	5,80E+00	3,46E+00	5,11E+01	3,84E-02	3,94E+01	1,94E-01	100
200,0	5,67E+00	3,37E+00	4,91E+01	0,00E+00	3,79E+01	1,96E-01	96,29	5,89E+00	3,50E+00	5,10E+01	0,00E+00	3,94E+01	2,04E-01	100
205,0	5,55E+00	3,39E+00	4,89E+01	0,00E+00	3,80E+01	2,57E-01	96,15	5,77E+00	3,53E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	2,67E-01	100
209,0	5,49E+00	3,39E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,80E+01	2,85E-01	95,97	5,72E+00	3,53E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,96E+01	2,97E-01	100
214,0	5,46E+00	3,38E+00	4,90E+01	0,00E+00	3,80E+01	3,03E-01	96,15	5,67E+00	3,52E+00	5,10E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,15E-01	100
218,0	5,43E+00	3,41E+00	4,89E+01	0,00E+00	3,79E+01	3,18E-01	96,00	5,66E+00	3,56E+00	5,10E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,31E-01	100
223,0	5,43E+00	3,45E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,79E+01	3,18E-01	95,88	5,67E+00	3,60E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,32E-01	100
228,0	5,43E+00	3,47E+00	4,93E+01	0,00E+00	3,83E+01	3,34E-01	96,82	5,61E+00	3,58E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,96E+01	3,44E-01	100
232,0	5,42E+00	3,47E+00	4,91E+01	0,00E+00	3,81E+01	3,33E-01	96,40	5,62E+00	3,60E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,45E-01	100
237,0	5,40E+00	3,48E+00	4,90E+01	0,00E+00	3,80E+01	3,37E-01	96,22	5,61E+00	3,62E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,50E-01	100
242,0	5,41E+00	3,49E+00	4,89E+01	0,00E+00	3,79E+01	3,34E-01	96,00	5,64E+00	3,63E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,48E-01	100

Annexos

246,0	5,42E+00	3,49E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,78E+01	3,36E-01	95,88	5,65E+00	3,64E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,50E-01	100
251,0	5,43E+00	3,50E+00	4,94E+01	0,00E+00	3,83E+01	3,48E-01	97,03	5,60E+00	3,61E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,59E-01	100
256,0	5,42E+00	3,50E+00	4,92E+01	0,00E+00	3,81E+01	3,38E-01	96,52	5,61E+00	3,63E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,50E-01	100
260,0	5,41E+00	3,52E+00	4,90E+01	0,00E+00	3,80E+01	3,35E-01	96,26	5,62E+00	3,65E+00	5,09E+01	0,00E+00	3,95E+01	3,48E-01	100
274,0	5,30E+00	3,52E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,79E+01	4,87E-01	96,02	5,52E+00	3,66E+00	5,08E+01	0,00E+00	3,95E+01	5,07E-01	100
279,0	5,21E+00	3,52E+00	4,86E+01	0,00E+00	3,81E+01	5,25E-01	95,96	5,43E+00	3,67E+00	5,06E+01	0,00E+00	3,97E+01	5,47E-01	100
283,0	5,18E+00	3,56E+00	4,90E+01	0,00E+00	3,82E+01	5,50E-01	96,47	5,37E+00	3,69E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	5,70E-01	100
288,0	5,16E+00	3,55E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,82E+01	5,58E-01	96,22	5,36E+00	3,69E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,97E+01	5,80E-01	100
293,0	5,17E+00	3,51E+00	4,89E+01	0,00E+00	3,80E+01	5,73E-01	96,12	5,37E+00	3,66E+00	5,08E+01	0,00E+00	3,95E+01	5,96E-01	100
297,0	5,15E+00	3,55E+00	4,86E+01	0,00E+00	3,80E+01	5,77E-01	95,85	5,37E+00	3,70E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,02E-01	100
302,0	5,16E+00	3,53E+00	4,92E+01	0,00E+00	3,84E+01	5,84E-01	96,89	5,33E+00	3,65E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,97E+01	6,02E-01	100
307,0	5,15E+00	3,56E+00	4,89E+01	0,00E+00	3,83E+01	5,92E-01	96,51	5,33E+00	3,69E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,14E-01	100
311,0	5,15E+00	3,54E+00	4,87E+01	0,00E+00	3,82E+01	5,80E-01	96,17	5,35E+00	3,68E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,97E+01	6,03E-01	100
316,0	5,14E+00	3,54E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,80E+01	5,91E-01	96,14	5,35E+00	3,69E+00	5,08E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,15E-01	100
321,0	5,14E+00	3,54E+00	4,86E+01	0,00E+00	3,79E+01	5,90E-01	95,84	5,36E+00	3,70E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,16E-01	100
325,0	5,14E+00	3,53E+00	4,86E+01	0,00E+00	3,80E+01	5,87E-01	95,81	5,37E+00	3,69E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,13E-01	100
330,0	5,14E+00	3,53E+00	4,90E+01	0,00E+00	3,82E+01	5,98E-01	96,50	5,33E+00	3,66E+00	5,08E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,19E-01	100
335,0	5,14E+00	3,55E+00	4,88E+01	0,00E+00	3,81E+01	5,91E-01	96,26	5,34E+00	3,69E+00	5,07E+01	0,00E+00	3,96E+01	6,14E-01	100

T(K)	Temps (min.)	Q _{CO2} (mol/min)	Q _{CO} (mol/min)	X _{CO}	Q _{H2O} (mol/min)	Q _{H2} (mol/min)	X _{H2}	S _{CO2}	S _{H2O}	Promig X _{CO}	Promig X _{H2}	Promig S _{CO2}
333	0,0	9,2368E-06	0,00027646	3,233%	2,3328E-06	2,85E-03	0,082%	79,837%	20,163%	8,213%	0,018%	96,983%
	4,0	1,5022E-05	0,00027068	5,258%	1,2749E-06	2,86E-03	0,045%	92,177%	7,823%			
	9,0	2,0251E-05	0,00026545	7,088%	8,3116E-08	2,86E-03	0,003%	99,591%	0,409%			
	14,0	2,3162E-05	0,00026254	8,107%	4,0783E-08	2,86E-03	0,001%	99,824%	0,176%			
	19,0	2,4678E-05	0,00026102	8,638%	2,1181E-08	2,86E-03	0,001%	99,914%	0,086%			
	23,0	2,5683E-05	0,00026002	8,990%	1,8119E-08	2,86E-03	0,001%	99,930%	0,070%			
	28,0	2,5969E-05	0,00025973	9,090%	6,1077E-07	2,86E-03	0,021%	97,702%	2,298%			
	33,0	2,6264E-05	0,00025944	9,193%	5,4776E-07	2,86E-03	0,019%	97,957%	2,043%			
	37,0	2,6416E-05	0,00025928	9,246%	5,0222E-07	2,86E-03	0,018%	98,134%	1,866%			
	42,0	2,6459E-05	0,00025924	9,261%	4,6197E-07	2,86E-03	0,016%	98,284%	1,716%			
	47,0	2,6471E-05	0,00025923	9,265%	4,4888E-07	2,86E-03	0,016%	98,333%	1,667%			
	51,0	2,6265E-05	0,00025944	9,193%	3,8411E-07	2,86E-03	0,013%	98,559%	1,441%			
	56,0	2,6293E-05	0,00025941	9,203%	3,3598E-07	2,86E-03	0,012%	98,738%	1,262%			
	61,0	2,6332E-05	0,00025937	9,217%	3,2609E-07	2,86E-03	0,011%	98,777%	1,223%			
368	65,0	3,8227E-05	0,00024747	13,380%	3,2622E-07	2,86E-03	0,011%	99,154%	0,846%	39,528%	0,480%	90,999%
	70,0	6,0714E-05	0,00022499	21,251%	3,1953E-07	2,86E-03	0,011%	99,476%	0,524%			
	74,0	7,9493E-05	0,00020621	27,824%	5,0497E-07	2,86E-03	0,018%	99,369%	0,631%			
	79,0	9,375E-05	0,00019195	32,814%	2,1849E-06	2,85E-03	0,076%	97,723%	2,277%			
	84,0	0,00010557	0,00018013	36,951%	6,0755E-06	2,85E-03	0,213%	94,558%	5,442%			
	88,0	0,0001149	0,0001708	40,217%	9,9556E-06	2,85E-03	0,348%	92,026%	7,974%			
	93,0	0,00012197	0,00016373	42,690%	1,3488E-05	2,84E-03	0,472%	90,042%	9,958%			
	98,0	0,0001279	0,0001578	44,769%	1,6499E-05	2,84E-03	0,577%	88,574%	11,426%			
	102,0	0,00013254	0,00015316	46,390%	1,8976E-05	2,84E-03	0,664%	87,476%	12,524%			
	107,0	0,00013671	0,00014899	47,850%	2,137E-05	2,84E-03	0,748%	86,481%	13,519%			
112,0	0,00013937	0,00014633	48,781%	2,3458E-05	2,83E-03	0,821%	85,593%	14,407%				

Annexos

	116,0	0,00014159	0,00014411	49,560%	2,5173E-05	2,83E-03	0,881%	84,905%	15,095%			
	121,0	0,0001428	0,0001429	49,982%	2,5922E-05	2,83E-03	0,907%	84,636%	15,364%			
	126,0	0,00014551	0,00014019	50,930%	2,7766E-05	2,83E-03	0,972%	83,975%	16,025%			
403	135,0	0,00021867	6,7031E-05	76,538%	5,0382E-05	2,81E-03	1,763%	81,274%	18,726%	94,377%	5,267%	64,947%
	139,0	0,00025433	3,1369E-05	89,020%	8,4532E-05	2,77E-03	2,959%	75,054%	24,946%			
	144,0	0,00026674	1,8957E-05	93,365%	0,00011564	2,74E-03	4,047%	69,758%	30,242%			
	149,0	0,00027233	1,3367E-05	95,321%	0,0001387	2,72E-03	4,855%	66,255%	33,745%			
	153,0	0,00027445	1,1253E-05	96,061%	0,00015227	2,70E-03	5,329%	64,316%	35,684%			
	158,0	2,76E-04	9,684E-06	96,610%	0,00016059	2,70E-03	5,621%	63,219%	36,781%			
	163,0	0,00027612	9,5805E-06	96,647%	0,0001661	2,69E-03	5,813%	62,440%	37,560%			
	167,0	0,00027639	9,3113E-06	96,741%	0,00017024	2,69E-03	5,959%	61,883%	38,117%			
	172,0	0,00027639	9,3076E-06	96,742%	0,00017368	2,68E-03	6,079%	61,411%	38,589%			
	177,0	0,00027695	8,7463E-06	96,939%	0,00017524	2,68E-03	6,133%	61,246%	38,754%			
	181,0	0,00027675	8,9453E-06	96,869%	0,00017668	2,68E-03	6,184%	61,035%	38,965%			
	186,0	0,00027672	8,9789E-06	96,857%	0,00017965	2,68E-03	6,288%	60,635%	39,365%			
	191,0	0,00027657	9,1342E-06	96,803%	0,00018184	2,68E-03	6,364%	60,332%	39,668%			
	195,0	0,00027644	9,257E-06	96,760%	0,00018122	2,68E-03	6,343%	60,403%	39,597%			
	438	200,0	0,00027613	9,5658E-06	96,652%	0,00018361	2,67E-03	6,426%	60,063%			
205,0		0,00027308	1,2622E-05	95,582%	0,0001851	2,67E-03	6,478%	59,601%	40,399%			
209,0		0,00027158	1,412E-05	95,058%	0,00018542	2,67E-03	6,490%	59,427%	40,573%			
214,0		0,00027068	1,5015E-05	94,744%	0,0001845	2,67E-03	6,458%	59,467%	40,533%			
218,0		0,00026991	1,5794E-05	94,472%	0,00018639	2,67E-03	6,524%	59,152%	40,848%			
223,0		0,00026989	1,5808E-05	94,467%	0,00018865	2,67E-03	6,603%	58,858%	41,142%			
228,0		0,00026916	1,6541E-05	94,210%	0,00018797	2,67E-03	6,579%	58,881%	41,119%			
232,0		0,00026918	1,6522E-05	94,217%	0,00018891	2,67E-03	6,612%	58,761%	41,239%			
237,0		0,00026892	1,6778E-05	94,127%	0,00018937	2,67E-03	6,628%	58,680%	41,320%			
242,0		0,00026908	1,6621E-05	94,182%	0,00019023	2,67E-03	6,658%	58,584%	41,416%			
246,0		0,00026904	1,666E-05	94,169%	0,0001907	2,67E-03	6,674%	58,520%	41,480%			



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	251,0	0,00026848	1,7224E-05	93,971%	0,00018914	2,67E-03	6,620%	58,668%	41,332%			
	256,0	0,00026892	1,6776E-05	94,128%	0,00018993	2,67E-03	6,648%	58,608%	41,392%			
	260,0	0,00026904	1,6655E-05	94,170%	0,00019132	2,67E-03	6,696%	58,442%	41,558%			
473	274,0	0,00026168	2,4025E-05	91,591%	0,00019216	2,66E-03	6,726%	57,659%	42,341%	90,061%	6,761%	57,118%
	279,0	0,00025955	2,6146E-05	90,848%	0,0001928	2,66E-03	6,748%	57,379%	42,621%			
	283,0	0,0002583	2,7403E-05	90,408%	0,00019356	2,66E-03	6,775%	57,164%	42,836%			
	288,0	0,00025783	2,7872E-05	90,244%	0,00019372	2,66E-03	6,780%	57,098%	42,902%			
	293,0	0,00025719	2,8512E-05	90,020%	0,00019176	2,67E-03	6,712%	57,287%	42,713%			
	297,0	0,00025692	2,8784E-05	89,925%	0,00019458	2,66E-03	6,810%	56,903%	43,097%			
	302,0	0,00025669	2,9006E-05	89,847%	0,00019155	2,67E-03	6,704%	57,267%	42,733%			
	307,0	0,00025621	2,9493E-05	89,677%	0,00019388	2,66E-03	6,786%	56,923%	43,077%			
	311,0	0,00025676	2,8935E-05	89,872%	0,00019359	2,66E-03	6,776%	57,013%	42,987%			
	316,0	0,00025623	2,9466E-05	89,686%	0,00019338	2,66E-03	6,768%	56,990%	43,010%			
	321,0	0,00025627	2,9434E-05	89,698%	0,00019407	2,66E-03	6,792%	56,906%	43,094%			
	325,0	0,00025641	2,9287E-05	89,749%	0,00019368	2,66E-03	6,779%	56,968%	43,032%			
	330,0	0,00025595	2,9752E-05	89,586%	0,00019204	2,67E-03	6,721%	57,133%	42,867%			
	335,0	0,00025626	2,9442E-05	89,695%	0,00019363	2,66E-03	6,777%	56,961%	43,039%			

A7. CO-MC-Imp

Normalitzat al 100%										
t (min)	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %	% CO ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %
0,00	8,96E-03	3,66E+00	8,41E+01	4,17E+00	91,975522	9,74E-03	3,98E+00	9,15E+01	4,53E+00	100,00
4,72	6,66E-03	3,64E+00	8,40E+01	4,15E+00	91,784135	7,26E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,53E+00	100,00
9,28	7,04E-03	3,63E+00	8,38E+01	4,15E+00	91,615684	7,69E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,53E+00	100,00
13,93	7,58E-03	3,62E+00	8,37E+01	4,15E+00	91,463661	8,29E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,54E+00	100,00
18,57	7,62E-03	3,61E+00	8,35E+01	4,13E+00	91,253551	8,35E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
23,22	7,67E-03	3,62E+00	8,34E+01	4,12E+00	91,186482	8,41E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
27,87	7,54E-03	3,65E+00	8,42E+01	4,16E+00	91,98563	8,20E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,53E+00	100,00
32,50	7,42E-03	3,64E+00	8,40E+01	4,15E+00	91,777647	8,08E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
37,15	7,39E-03	3,64E+00	8,38E+01	4,14E+00	91,614144	8,07E-03	3,98E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
41,78	7,25E-03	3,62E+00	8,36E+01	4,13E+00	91,393329	7,93E-03	3,96E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
46,43	7,23E-03	3,63E+00	8,36E+01	4,13E+00	91,361485	7,91E-03	3,97E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
51,07	7,04E-03	3,66E+00	8,42E+01	4,16E+00	92,070575	7,64E-03	3,98E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
55,72	6,66E-03	3,66E+00	8,41E+01	4,15E+00	91,912531	7,25E-03	3,98E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
60,35	6,82E-03	3,65E+00	8,39E+01	4,14E+00	91,709474	7,43E-03	3,98E+00	9,15E+01	4,52E+00	100,00
64,98	1,26E-02	3,64E+00	8,38E+01	4,13E+00	91,584029	1,37E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,51E+00	100,00
69,63	2,01E-02	3,61E+00	8,37E+01	4,12E+00	91,414753	2,20E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,51E+00	100,00
74,28	2,40E-02	3,67E+00	8,46E+01	4,16E+00	92,428988	2,60E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
78,93	2,63E-02	3,63E+00	8,38E+01	4,12E+00	91,613219	2,87E-02	3,97E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
83,58	2,75E-02	3,63E+00	8,38E+01	4,13E+00	91,534793	3,01E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,51E+00	100,00
88,22	2,81E-02	3,65E+00	8,45E+01	4,16E+00	92,343555	3,04E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,51E+00	100,00
92,87	2,88E-02	3,65E+00	8,43E+01	4,13E+00	92,078682	3,13E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,49E+00	100,00
97,48	2,98E-02	3,64E+00	8,40E+01	4,13E+00	91,838749	3,24E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,49E+00	100,00
102,13	3,04E-02	3,63E+00	8,40E+01	4,11E+00	91,780963	3,31E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,48E+00	100,00
106,78	3,14E-02	3,63E+00	8,39E+01	4,12E+00	91,638833	3,43E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
111,43	3,20E-02	3,61E+00	8,39E+01	4,12E+00	91,679151	3,49E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
116,07	3,27E-02	3,66E+00	8,45E+01	4,16E+00	92,319438	3,54E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
120,70	3,36E-02	3,64E+00	8,43E+01	4,15E+00	92,075653	3,65E-02	3,95E+00	9,15E+01	4,50E+00	100,00
125,35	3,47E-02	3,64E+00	8,41E+01	4,11E+00	91,884935	3,78E-02	3,96E+00	9,15E+01	4,48E+00	100,00
130,00	6,02E-02	3,61E+00	8,39E+01	4,10E+00	91,692298	6,56E-02	3,94E+00	9,15E+01	4,47E+00	100,00



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

134,63	9,01E-02	3,60E+00	8,39E+01	4,05E+00	91,66643	9,83E-02	3,93E+00	9,15E+01	4,42E+00	100,00
139,28	1,18E-01	3,61E+00	8,46E+01	4,06E+00	92,356069	1,28E-01	3,91E+00	9,16E+01	4,40E+00	100,00
143,92	1,44E-01	3,59E+00	8,43E+01	4,02E+00	92,041995	1,57E-01	3,90E+00	9,16E+01	4,37E+00	100,00
148,57	1,68E-01	3,56E+00	8,42E+01	3,98E+00	91,877834	1,83E-01	3,88E+00	9,16E+01	4,34E+00	100,00
153,20	1,91E-01	3,56E+00	8,40E+01	3,97E+00	91,762061	2,08E-01	3,87E+00	9,16E+01	4,33E+00	100,00
157,83	2,09E-01	3,54E+00	8,39E+01	3,96E+00	91,657446	2,29E-01	3,86E+00	9,16E+01	4,32E+00	100,00
162,48	2,26E-01	3,55E+00	8,46E+01	3,95E+00	92,30389	2,45E-01	3,85E+00	9,16E+01	4,28E+00	100,00
167,13	2,40E-01	3,53E+00	8,41E+01	3,92E+00	91,753483	2,61E-01	3,85E+00	9,16E+01	4,27E+00	100,00
171,77	2,53E-01	3,53E+00	8,43E+01	3,92E+00	92,022901	2,75E-01	3,83E+00	9,16E+01	4,26E+00	100,00
176,42	2,65E-01	3,51E+00	8,42E+01	3,90E+00	91,849217	2,89E-01	3,82E+00	9,16E+01	4,24E+00	100,00
181,07	2,75E-01	3,50E+00	8,41E+01	3,89E+00	91,729161	3,00E-01	3,82E+00	9,16E+01	4,24E+00	100,00
185,70	2,85E-01	3,54E+00	8,49E+01	3,93E+00	92,691831	3,08E-01	3,82E+00	9,16E+01	4,24E+00	100,00
190,33	2,94E-01	3,52E+00	8,47E+01	3,90E+00	92,371821	3,18E-01	3,81E+00	9,16E+01	4,22E+00	100,00
195,00	3,92E-01	3,45E+00	8,45E+01	3,79E+00	92,131697	4,26E-01	3,75E+00	9,17E+01	4,11E+00	100,00
199,63	5,53E-01	3,38E+00	8,44E+01	3,61E+00	91,991062	6,02E-01	3,67E+00	9,18E+01	3,93E+00	100,00
204,28	6,78E-01	3,31E+00	8,44E+01	3,49E+00	91,927069	7,37E-01	3,60E+00	9,19E+01	3,80E+00	100,00
208,93	7,69E-01	3,25E+00	8,44E+01	3,41E+00	91,806809	8,38E-01	3,54E+00	9,19E+01	3,71E+00	100,00
213,58	8,38E-01	3,23E+00	8,50E+01	3,35E+00	92,373737	9,07E-01	3,50E+00	9,20E+01	3,63E+00	100,00
218,22	8,91E-01	3,21E+00	8,48E+01	3,30E+00	92,200216	9,66E-01	3,48E+00	9,20E+01	3,58E+00	100,00
222,87	9,26E-01	3,18E+00	8,47E+01	3,26E+00	92,029967	1,01E+00	3,45E+00	9,20E+01	3,54E+00	100,00
227,52	9,57E-01	3,16E+00	8,49E+01	3,23E+00	92,279022	1,04E+00	3,43E+00	9,20E+01	3,50E+00	100,00
232,17	9,79E-01	3,15E+00	8,45E+01	3,21E+00	91,853172	1,07E+00	3,43E+00	9,20E+01	3,49E+00	100,00
236,80	9,97E-01	3,16E+00	8,51E+01	3,20E+00	92,444169	1,08E+00	3,41E+00	9,20E+01	3,46E+00	100,00
241,45	1,01E+00	3,15E+00	8,49E+01	3,19E+00	92,210063	1,09E+00	3,42E+00	9,20E+01	3,46E+00	100,00
246,08	1,02E+00	3,13E+00	8,46E+01	3,16E+00	91,960006	1,11E+00	3,41E+00	9,21E+01	3,43E+00	100,00
250,73	1,03E+00	3,13E+00	8,46E+01	3,15E+00	91,884988	1,12E+00	3,40E+00	9,20E+01	3,43E+00	100,00
255,37	1,04E+00	3,11E+00	8,44E+01	3,14E+00	91,701421	1,13E+00	3,39E+00	9,21E+01	3,42E+00	100,00
260,02	1,20E+00	3,06E+00	8,52E+01	3,01E+00	92,516819	1,29E+00	3,31E+00	9,21E+01	3,26E+00	100,00
264,67	1,41E+00	2,93E+00	8,48E+01	2,78E+00	91,885779	1,54E+00	3,19E+00	9,22E+01	3,03E+00	100,00
269,32	1,55E+00	2,85E+00	8,49E+01	2,64E+00	91,900614	1,69E+00	3,11E+00	9,23E+01	2,87E+00	100,00
273,95	1,65E+00	2,81E+00	8,50E+01	2,55E+00	91,98073	1,79E+00	3,05E+00	9,24E+01	2,77E+00	100,00
278,58	1,71E+00	2,79E+00	8,50E+01	2,51E+00	92,00126	1,85E+00	3,03E+00	9,24E+01	2,72E+00	100,00
283,25	1,73E+00	2,77E+00	8,50E+01	2,46E+00	91,93091	1,88E+00	3,01E+00	9,24E+01	2,68E+00	100,00

Annexos

287,90	1,75E+00	2,76E+00	8,50E+01	2,45E+00	91,94583	1,90E+00	3,00E+00	9,24E+01	2,66E+00	100,00
292,53	1,76E+00	2,76E+00	8,50E+01	2,44E+00	91,980685	1,91E+00	3,00E+00	9,24E+01	2,65E+00	100,00
297,18	1,76E+00	2,75E+00	8,50E+01	2,43E+00	91,987574	1,92E+00	2,99E+00	9,24E+01	2,65E+00	100,00
301,82	1,77E+00	2,75E+00	8,51E+01	2,43E+00	92,054087	1,92E+00	2,99E+00	9,24E+01	2,64E+00	100,00
306,48	1,77E+00	2,75E+00	8,55E+01	2,43E+00	92,403109	1,91E+00	2,98E+00	9,25E+01	2,63E+00	100,00
311,12	1,77E+00	2,75E+00	8,51E+01	2,43E+00	92,010301	1,92E+00	2,99E+00	9,24E+01	2,65E+00	100,00
315,77	1,76E+00	2,76E+00	8,50E+01	2,44E+00	91,934713	1,92E+00	3,00E+00	9,24E+01	2,66E+00	100,00
320,42	1,76E+00	2,76E+00	8,50E+01	2,45E+00	92,017927	1,92E+00	3,00E+00	9,24E+01	2,66E+00	100,00

T (K)	Temps(min.)	Q _{CO2}	Q _{CO}	X _{CO}	Promig X _{CO}
333	0,00	6,12765E-07	0,000285	0,214%	0,177%
	4,72	4,57303E-07	0,000285	0,160%	
	9,28	4,83891E-07	0,000285	0,169%	
	13,93	5,20701E-07	0,000285	0,182%	
	18,57	5,26556E-07	0,000285	0,184%	
	23,22	5,30382E-07	0,000285	0,186%	
	27,87	5,16761E-07	0,000285	0,181%	
	32,50	5,10011E-07	0,000285	0,179%	
	37,15	5,08873E-07	0,000285	0,178%	
	41,78	5,00098E-07	0,000285	0,175%	
	46,43	4,99558E-07	0,000285	0,175%	
	51,07	4,8253E-07	0,000285	0,169%	
55,72	4,57866E-07	0,000285	0,160%		
60,35	4,69255E-07	0,000285	0,164%	0,660%	
368	64,98	8,66768E-07	0,000285		0,303%
	69,63	1,38538E-06	0,000284		0,485%
	74,28	1,63826E-06	0,000284		0,573%
	78,93	1,81242E-06	0,000284		0,634%
	83,58	1,89294E-06	0,000284		0,663%
	88,22	1,91326E-06	0,000284		0,670%
	92,87	1,9793E-06	0,000284		0,693%
	97,48	2,04647E-06	0,000284	0,716%	

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

	102,13	2,09274E-06	0,000284	0,732%	
	106,78	2,16048E-06	0,000284	0,756%	
	111,43	2,19672E-06	0,000284	0,769%	
	116,07	2,22677E-06	0,000283	0,779%	
	120,70	2,29424E-06	0,000283	0,803%	
403	130,00	4,13638E-06	0,000282	1,448%	4,826%
	134,63	6,21144E-06	0,000279	2,174%	
	139,28	8,06283E-06	0,000278	2,822%	
	143,92	9,9081E-06	0,000276	3,468%	
	148,57	1,15832E-05	0,000274	4,054%	
	153,20	1,30959E-05	0,000273	4,584%	
	157,83	1,43619E-05	0,000271	5,027%	
	162,48	1,54731E-05	0,00027	5,416%	
	167,13	1,64844E-05	0,000269	5,770%	
	171,77	1,73171E-05	0,000268	6,061%	
	176,42	1,81987E-05	0,000268	6,370%	
	181,07	1,88837E-05	0,000267	6,610%	
	185,70	1,93405E-05	0,000266	6,770%	
190,33	1,99921E-05	0,000266	6,998%		
438	195,00	2,68203E-05	0,000259	9,388%	20,621%
	199,63	3,7952E-05	0,000248	13,284%	
	204,28	4,64129E-05	0,000239	16,245%	
	208,93	5,25726E-05	0,000233	18,401%	
	213,58	5,71565E-05	0,000229	20,006%	
	218,22	6,07498E-05	0,000225	21,263%	
	222,87	6,32414E-05	0,000222	22,136%	
	227,52	6,52364E-05	0,00022	22,834%	
	232,17	6,67939E-05	0,000219	23,379%	
	236,80	6,78615E-05	0,000218	23,753%	
	241,45	6,86476E-05	0,000217	24,028%	
	246,08	6,99E-05	0,000216	24,466%	
	250,73	7,04352E-05	0,000215	24,654%	
255,37	7,10247E-05	0,000215	24,860%		



473	260,02	8,12263E-05	0,000204	28,431%	39,707%
	264,67	9,61485E-05	0,00019	33,654%	
	269,32	0,000105911	0,00018	37,071%	
	273,95	0,000112249	0,000173	39,289%	
	278,58	0,000115663	0,00017	40,484%	
	283,25	0,00011794	0,000168	41,281%	
	287,90	0,000119075	0,000167	41,678%	
	292,53	0,000119748	0,000166	41,914%	
	297,18	0,000119995	0,000166	42,000%	
	301,82	0,000120451	0,000165	42,160%	
	306,48	0,000120239	0,000165	42,086%	
	311,12	0,000120159	0,000166	42,058%	
	315,77	0,000119762	0,000166	41,919%	
	320,42	0,000119625	0,000166	41,871%	

A8. COProx-MC-Imp

Normalitzat al 100%														
t (min)	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %	% CO ₂	% H ₂ O	% H ₂	% O ₂	% N ₂	% CO	Σ %
0,00	1,88E-02	4,23E-02	4,99E+01	2,94E+00	3,51E+01	5,05E+00	93,05	2,02E-02	4,55E-02	5,37E+01	3,16E+00	3,77E+01	5,43E+00	100
5,00	1,75E-02	2,61E-02	5,06E+01	2,21E+00	3,55E+01	5,11E+00	93,40	1,87E-02	2,79E-02	5,41E+01	2,37E+00	3,80E+01	5,47E+00	100
9,00	1,73E-02	2,49E-02	5,04E+01	2,17E+00	3,53E+01	5,08E+00	93,04	1,86E-02	2,68E-02	5,42E+01	2,33E+00	3,79E+01	5,47E+00	100
14,00	1,73E-02	1,91E-02	5,03E+01	2,89E+00	3,53E+01	5,07E+00	93,53	1,85E-02	2,05E-02	5,37E+01	3,09E+00	3,77E+01	5,43E+00	100
19,00	1,73E-02	1,30E-02	5,01E+01	2,20E+00	3,52E+01	5,07E+00	92,62	1,87E-02	1,40E-02	5,41E+01	2,37E+00	3,80E+01	5,48E+00	100
23,00	1,69E-02	1,02E-02	5,01E+01	2,33E+00	3,51E+01	5,08E+00	92,72	1,82E-02	1,10E-02	5,41E+01	2,52E+00	3,79E+01	5,47E+00	100
28,00	1,67E-02	1,19E-02	5,02E+01	2,34E+00	3,51E+01	5,05E+00	92,69	1,80E-02	1,29E-02	5,41E+01	2,52E+00	3,79E+01	5,45E+00	100
33,00	1,67E-02	1,10E-02	5,07E+01	2,82E+00	3,55E+01	5,10E+00	94,15	1,77E-02	1,17E-02	5,39E+01	2,99E+00	3,77E+01	5,42E+00	100
37,00	1,64E-02	9,60E-03	5,05E+01	2,56E+00	3,52E+01	5,09E+00	93,42	1,75E-02	1,03E-02	5,41E+01	2,74E+00	3,77E+01	5,45E+00	100
42,00	1,63E-02	9,55E-03	5,05E+01	3,05E+00	3,54E+01	5,10E+00	94,08	1,74E-02	1,02E-02	5,37E+01	3,24E+00	3,76E+01	5,42E+00	100
46,00	1,60E-02	5,74E-03	5,03E+01	2,61E+00	3,52E+01	5,07E+00	93,20	1,71E-02	6,15E-03	5,40E+01	2,80E+00	3,77E+01	5,44E+00	100
51,00	1,60E-02	6,98E-03	5,01E+01	2,38E+00	3,52E+01	5,07E+00	92,79	1,72E-02	7,52E-03	5,40E+01	2,57E+00	3,79E+01	5,47E+00	100
56,00	1,58E-02	4,88E-03	5,01E+01	2,28E+00	3,52E+01	5,07E+00	92,64	1,71E-02	5,26E-03	5,41E+01	2,46E+00	3,80E+01	5,48E+00	100
60,00	1,55E-02	6,15E-03	5,03E+01	2,81E+00	3,52E+01	5,06E+00	93,36	1,66E-02	6,59E-03	5,38E+01	3,01E+00	3,77E+01	5,42E+00	100
65,00	2,54E-02	5,99E-03	5,06E+01	4,48E+00	3,54E+01	5,10E+00	95,64	2,65E-02	6,27E-03	5,29E+01	4,69E+00	3,71E+01	5,33E+00	100
70,00	4,03E-02	7,05E-03	5,04E+01	2,37E+00	3,54E+01	5,07E+00	93,26	4,32E-02	7,56E-03	5,41E+01	2,54E+00	3,79E+01	5,44E+00	100
74,00	5,32E-02	8,84E-03	5,04E+01	2,28E+00	3,53E+01	5,05E+00	93,01	5,72E-02	9,50E-03	5,41E+01	2,46E+00	3,79E+01	5,43E+00	100
79,00	6,37E-02	9,52E-03	5,04E+01	2,55E+00	3,52E+01	5,04E+00	93,24	6,83E-02	1,02E-02	5,40E+01	2,73E+00	3,78E+01	5,40E+00	100
84,00	7,20E-02	1,01E-02	5,02E+01	2,31E+00	3,52E+01	5,02E+00	92,80	7,76E-02	1,09E-02	5,41E+01	2,49E+00	3,79E+01	5,41E+00	100
88,00	7,82E-02	1,03E-02	5,06E+01	2,14E+00	3,55E+01	5,05E+00	93,44	8,36E-02	1,10E-02	5,42E+01	2,29E+00	3,80E+01	5,41E+00	100
93,00	8,24E-02	1,04E-02	5,05E+01	4,45E+00	3,54E+01	5,04E+00	95,45	8,64E-02	1,09E-02	5,29E+01	4,66E+00	3,71E+01	5,28E+00	100
98,00	8,57E-02	1,12E-02	5,03E+01	4,39E+00	3,54E+01	5,02E+00	95,22	9,00E-02	1,17E-02	5,28E+01	4,61E+00	3,72E+01	5,27E+00	100
102,00	8,81E-02	1,22E-02	5,04E+01	2,48E+00	3,53E+01	5,01E+00	93,20	9,45E-02	1,31E-02	5,40E+01	2,66E+00	3,78E+01	5,37E+00	100
107,00	8,95E-02	1,18E-02	5,01E+01	2,40E+00	3,53E+01	5,01E+00	92,92	9,64E-02	1,27E-02	5,40E+01	2,59E+00	3,79E+01	5,39E+00	100
111,00	9,11E-02	1,17E-02	5,07E+01	2,47E+00	3,58E+01	5,07E+00	94,07	9,69E-02	1,24E-02	5,39E+01	2,63E+00	3,80E+01	5,38E+00	100
116,00	9,15E-02	1,16E-02	5,04E+01	4,40E+00	3,56E+01	5,05E+00	95,60	9,58E-02	1,21E-02	5,27E+01	4,60E+00	3,73E+01	5,28E+00	100
121,00	9,17E-02	1,10E-02	5,03E+01	4,48E+00	3,55E+01	5,03E+00	95,36	9,62E-02	1,16E-02	5,27E+01	4,70E+00	3,72E+01	5,27E+00	100
130,00	1,53E-01	1,57E-02	5,02E+01	4,47E+00	3,54E+01	4,96E+00	95,13	1,61E-01	1,65E-02	5,27E+01	4,69E+00	3,72E+01	5,21E+00	100
135,00	2,23E-01	1,82E-02	5,01E+01	4,43E+00	3,54E+01	4,88E+00	95,07	2,35E-01	1,92E-02	5,28E+01	4,66E+00	3,72E+01	5,14E+00	100

Annexos

139,00	2,80E-01	2,85E-02	5,06E+01	2,21E+00	3,56E+01	4,85E+00	93,55	3,00E-01	3,04E-02	5,41E+01	2,36E+00	3,81E+01	5,19E+00	100
144,00	3,23E-01	3,75E-02	5,02E+01	2,28E+00	3,53E+01	4,80E+00	93,00	3,47E-01	4,04E-02	5,40E+01	2,46E+00	3,80E+01	5,16E+00	100
149,00	3,52E-01	4,70E-02	5,08E+01	2,86E+00	3,56E+01	4,81E+00	94,48	3,72E-01	4,97E-02	5,38E+01	3,03E+00	3,77E+01	5,09E+00	100
153,00	3,78E-01	5,32E-02	5,06E+01	2,56E+00	3,56E+01	4,79E+00	93,99	4,02E-01	5,66E-02	5,39E+01	2,72E+00	3,79E+01	5,09E+00	100
158,00	3,95E-01	5,95E-02	5,05E+01	2,53E+00	3,54E+01	4,75E+00	93,62	4,22E-01	6,35E-02	5,39E+01	2,71E+00	3,78E+01	5,08E+00	100
163,00	4,06E-01	6,24E-02	5,03E+01	4,02E+00	3,54E+01	4,74E+00	94,97	4,28E-01	6,57E-02	5,30E+01	4,23E+00	3,73E+01	4,99E+00	100
167,00	4,13E-01	6,56E-02	5,03E+01	4,25E+00	3,54E+01	4,73E+00	95,15	4,34E-01	6,89E-02	5,29E+01	4,47E+00	3,72E+01	4,97E+00	100
172,00	4,14E-01	6,76E-02	5,03E+01	2,30E+00	3,52E+01	4,72E+00	93,08	4,45E-01	7,27E-02	5,41E+01	2,47E+00	3,79E+01	5,07E+00	100
177,00	4,20E-01	6,87E-02	5,07E+01	3,00E+00	3,56E+01	4,74E+00	94,56	4,44E-01	7,27E-02	5,36E+01	3,18E+00	3,77E+01	5,02E+00	100
181,00	4,22E-01	6,93E-02	5,05E+01	3,98E+00	3,55E+01	4,74E+00	95,23	4,43E-01	7,28E-02	5,30E+01	4,18E+00	3,73E+01	4,98E+00	100
186,00	4,23E-01	7,05E-02	5,05E+01	2,54E+00	3,54E+01	4,72E+00	93,60	4,52E-01	7,54E-02	5,39E+01	2,71E+00	3,78E+01	5,04E+00	100
195,00	6,37E-01	1,04E-01	5,03E+01	4,13E+00	3,54E+01	4,52E+00	95,09	6,70E-01	1,09E-01	5,29E+01	4,34E+00	3,72E+01	4,75E+00	100
200,00	8,57E-01	1,64E-01	5,07E+01	4,04E+00	3,58E+01	4,39E+00	96,02	8,92E-01	1,70E-01	5,28E+01	4,21E+00	3,73E+01	4,57E+00	100
204,00	1,00E+00	2,21E-01	5,07E+01	2,21E+00	3,57E+01	4,21E+00	93,99	1,07E+00	2,35E-01	5,39E+01	2,35E+00	3,79E+01	4,48E+00	100
209,00	1,10E+00	2,70E-01	5,05E+01	3,63E+00	3,56E+01	4,12E+00	95,28	1,15E+00	2,83E-01	5,30E+01	3,81E+00	3,74E+01	4,33E+00	100
214,00	1,15E+00	3,04E-01	5,05E+01	2,03E+00	3,56E+01	4,07E+00	93,62	1,23E+00	3,24E-01	5,39E+01	2,17E+00	3,80E+01	4,35E+00	100
218,00	1,18E+00	3,26E-01	5,05E+01	1,87E+00	3,55E+01	4,04E+00	93,38	1,27E+00	3,49E-01	5,41E+01	2,00E+00	3,80E+01	4,33E+00	100
223,00	1,21E+00	3,34E-01	5,08E+01	4,13E+00	3,59E+01	4,07E+00	96,53	1,25E+00	3,46E-01	5,27E+01	4,28E+00	3,72E+01	4,21E+00	100
228,00	1,21E+00	3,45E-01	5,07E+01	3,69E+00	3,58E+01	4,03E+00	95,79	1,27E+00	3,60E-01	5,29E+01	3,85E+00	3,74E+01	4,21E+00	100
232,00	1,22E+00	3,49E-01	5,05E+01	1,84E+00	3,56E+01	4,01E+00	93,49	1,30E+00	3,73E-01	5,40E+01	1,97E+00	3,81E+01	4,28E+00	100
237,00	1,22E+00	3,50E-01	5,04E+01	3,48E+00	3,56E+01	4,00E+00	95,03	1,28E+00	3,68E-01	5,30E+01	3,66E+00	3,74E+01	4,21E+00	100
242,00	1,22E+00	3,50E-01	5,05E+01	3,49E+00	3,55E+01	4,01E+00	95,12	1,28E+00	3,68E-01	5,31E+01	3,67E+00	3,74E+01	4,22E+00	100
246,00	1,22E+00	3,49E-01	5,05E+01	2,04E+00	3,56E+01	4,00E+00	93,69	1,30E+00	3,72E-01	5,39E+01	2,17E+00	3,80E+01	4,27E+00	100
251,00	1,22E+00	3,45E-01	5,04E+01	3,66E+00	3,55E+01	4,00E+00	95,17	1,28E+00	3,62E-01	5,30E+01	3,84E+00	3,73E+01	4,20E+00	100
256,00	1,21E+00	3,46E-01	5,05E+01	1,90E+00	3,56E+01	4,01E+00	93,51	1,30E+00	3,70E-01	5,40E+01	2,04E+00	3,80E+01	4,28E+00	100
265,00	1,60E+00	4,76E-01	5,04E+01	3,77E+00	3,57E+01	3,66E+00	95,54	1,68E+00	4,99E-01	5,27E+01	3,95E+00	3,73E+01	3,83E+00	100
270,00	2,11E+00	7,76E-01	5,03E+01	3,40E+00	3,57E+01	3,21E+00	95,58	2,21E+00	8,12E-01	5,27E+01	3,56E+00	3,74E+01	3,36E+00	100
274,00	2,43E+00	1,05E+00	5,03E+01	3,15E+00	3,59E+01	2,94E+00	95,79	2,54E+00	1,10E+00	5,25E+01	3,29E+00	3,75E+01	3,07E+00	100
279,00	2,60E+00	1,24E+00	5,02E+01	2,99E+00	3,60E+01	2,77E+00	95,82	2,72E+00	1,30E+00	5,24E+01	3,12E+00	3,75E+01	2,89E+00	100
283,00	2,69E+00	1,36E+00	5,02E+01	2,93E+00	3,60E+01	2,69E+00	95,85	2,81E+00	1,42E+00	5,24E+01	3,05E+00	3,76E+01	2,81E+00	100
288,00	2,72E+00	1,42E+00	5,01E+01	2,91E+00	3,60E+01	2,67E+00	95,86	2,84E+00	1,48E+00	5,23E+01	3,03E+00	3,76E+01	2,78E+00	100
293,00	2,72E+00	1,43E+00	5,01E+01	2,89E+00	3,60E+01	2,66E+00	95,82	2,84E+00	1,50E+00	5,23E+01	3,01E+00	3,75E+01	2,78E+00	100
297,00	2,71E+00	1,43E+00	5,01E+01	2,89E+00	3,59E+01	2,66E+00	95,73	2,83E+00	1,50E+00	5,24E+01	3,02E+00	3,75E+01	2,78E+00	100



IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

302,00	2,71E+00	1,42E+00	5,01E+01	2,90E+00	3,60E+01	2,68E+00	95,82	2,82E+00	1,49E+00	5,23E+01	3,02E+00	3,75E+01	2,80E+00	100
307,00	2,68E+00	1,41E+00	5,01E+01	2,92E+00	3,59E+01	2,69E+00	95,78	2,80E+00	1,47E+00	5,24E+01	3,05E+00	3,75E+01	2,81E+00	100
311,00	2,66E+00	1,41E+00	5,01E+01	2,93E+00	3,60E+01	2,71E+00	95,80	2,78E+00	1,47E+00	5,23E+01	3,06E+00	3,75E+01	2,83E+00	100
316,00	2,65E+00	1,39E+00	5,01E+01	2,96E+00	3,59E+01	2,73E+00	95,80	2,77E+00	1,45E+00	5,23E+01	3,09E+00	3,75E+01	2,85E+00	100
321,00	2,63E+00	1,37E+00	5,02E+01	2,96E+00	3,60E+01	2,74E+00	95,84	2,75E+00	1,43E+00	5,24E+01	3,09E+00	3,75E+01	2,85E+00	100
325,00	2,62E+00	1,36E+00	5,01E+01	2,96E+00	3,59E+01	2,75E+00	95,73	2,74E+00	1,42E+00	5,23E+01	3,10E+00	3,75E+01	2,87E+00	100

T(K)	Temps (min.)	Q _{CO2} (mol/min)	Q _{CO} (mol/min)	X _{CO}	Q _{H2O} (mol/min)	Q _{H2} (mol/min)	X _{H2}	S _{CO2}	S _{H2O}	Promig X _{CO}	Promig X _{H2}	Promig S _{CO2}
333	0,00	1,06E-06	0,000285	0,371%	2,42E-06	0,002855	0,085%	30,434%	69,566%	0,330%	0,030%	56,875%
	5,00	9,76E-07	0,000285	0,342%	1,47E-06	0,002856	0,052%	39,853%	60,147%			
	9,00	9,68E-07	0,000285	0,339%	1,41E-06	0,002856	0,049%	40,711%	59,289%			
	14,00	9,71E-07	0,000285	0,340%	1,09E-06	0,002856	0,038%	47,169%	52,831%			
	19,00	9,70E-07	0,000285	0,339%	7,39E-07	0,002856	0,026%	56,766%	43,234%			
	23,00	9,49E-07	0,000285	0,332%	5,81E-07	0,002857	0,020%	62,035%	37,965%			
	28,00	9,41E-07	0,000285	0,329%	6,80E-07	0,002856	0,024%	58,074%	41,926%			
	33,00	9,29E-07	0,000285	0,325%	6,20E-07	0,002856	0,022%	59,996%	40,004%			
	37,00	9,16E-07	0,000285	0,320%	5,43E-07	0,002857	0,019%	62,770%	37,230%			
	42,00	9,12E-07	0,000285	0,319%	5,40E-07	0,002857	0,019%	62,801%	37,199%			
	46,00	8,96E-07	0,000285	0,314%	3,26E-07	0,002857	0,011%	73,339%	26,661%			
51,00	8,96E-07	0,000285	0,314%	3,98E-07	0,002857	0,014%	69,250%	30,750%				
56,00	8,89E-07	0,000285	0,311%	2,78E-07	0,002857	0,010%	76,181%	23,819%				
368	60,00	8,72E-07	0,000285	0,305%	3,50E-07	0,002857	0,012%	71,371%	28,629%	1,352%	0,020%	86,016%
	65,00	1,41E-06	0,000284	0,495%	3,39E-07	0,002857	0,012%	80,685%	19,315%			
	70,00	2,25E-06	0,000283	0,787%	3,99E-07	0,002857	0,014%	84,917%	15,083%			
	74,00	2,98E-06	0,000283	1,042%	5,01E-07	0,002857	0,018%	85,592%	14,408%			
	79,00	3,57E-06	0,000282	1,249%	5,40E-07	0,002857	0,019%	86,865%	13,135%			
	84,00	4,04E-06	0,000282	1,413%	5,74E-07	0,002857	0,020%	87,555%	12,445%			
	88,00	4,35E-06	0,000281	1,523%	5,82E-07	0,002857	0,020%	88,209%	11,791%			
	93,00	4,60E-06	0,000281	1,611%	5,90E-07	0,002857	0,021%	88,639%	11,361%			
98,00	4,79E-06	0,000281	1,678%	6,34E-07	0,002856	0,022%	88,318%	11,682%				
102,00	4,94E-06	0,000281	1,728%	6,94E-07	0,002856	0,024%	87,680%	12,320%				

Annexos

	107,00	5,02E-06	0,000281	1,757%	6,70E-07	0,002856	0,023%	88,219%	11,781%							
	111,00	5,05E-06	0,000281	1,767%	6,57E-07	0,002856	0,023%	88,483%	11,517%							
	116,00	5,09E-06	0,000281	1,781%	6,56E-07	0,002856	0,023%	88,586%	11,414%							
	121,00	5,12E-06	0,000281	1,792%	6,26E-07	0,002856	0,022%	89,103%	10,897%							
403	130,00	8,55E-06	0,000277	2,992%	8,93E-07	0,002856	0,031%	90,541%	9,459%	6,881%	0,101%	87,710%				
	135,00	1,25E-05	0,000273	4,367%	1,04E-06	0,002856	0,036%	92,319%	7,681%							
	139,00	1,56E-05	0,00027	5,460%	1,61E-06	0,002855	0,056%	90,657%	9,343%							
	144,00	1,80E-05	0,000268	6,295%	2,13E-06	0,002855	0,075%	89,394%	10,606%							
	149,00	1,95E-05	0,000266	6,812%	2,64E-06	0,002854	0,092%	88,051%	11,949%							
	153,00	2,09E-05	0,000265	7,325%	3,00E-06	0,002854	0,105%	87,468%	12,532%							
	158,00	2,19E-05	0,000264	7,670%	3,36E-06	0,002854	0,118%	86,691%	13,309%							
	163,00	2,26E-05	0,000263	7,894%	3,54E-06	0,002854	0,124%	86,442%	13,558%							
	167,00	2,29E-05	0,000263	8,032%	3,72E-06	0,002853	0,130%	86,052%	13,948%							
	172,00	2,31E-05	0,000263	8,071%	3,83E-06	0,002853	0,134%	85,743%	14,257%							
	177,00	2,32E-05	0,000262	8,138%	3,87E-06	0,002853	0,135%	85,736%	14,264%							
	181,00	2,34E-05	0,000262	8,179%	3,92E-06	0,002853	0,137%	85,643%	14,357%							
	186,00	2,35E-05	0,000262	8,225%	3,99E-06	0,002853	0,140%	85,490%	14,510%							
	438	195,00	3,53E-05	0,00025	12,357%	5,88E-06	0,002851	0,206%	85,715%				14,285%	21,392%	0,584%	79,015%
		200,00	4,67E-05	0,000239	16,342%	9,19E-06	0,002848	0,322%	83,550%				16,450%			
204,00		5,49E-05	0,000231	19,216%	1,24E-05	0,002845	0,433%	81,598%	18,402%							
209,00		6,00E-05	0,000226	20,990%	1,52E-05	0,002842	0,530%	79,825%	20,175%							
214,00		6,31E-05	0,000223	22,071%	1,71E-05	0,00284	0,598%	78,681%	21,319%							
218,00		6,48E-05	0,000221	22,667%	1,83E-05	0,002839	0,641%	77,962%	22,038%							
223,00		6,54E-05	0,00022	22,879%	1,86E-05	0,002838	0,653%	77,808%	22,192%							
228,00		6,60E-05	0,00022	23,113%	1,93E-05	0,002838	0,676%	77,369%	22,631%							
232,00		6,66E-05	0,000219	23,322%	1,96E-05	0,002837	0,687%	77,241%	22,759%							
237,00		6,67E-05	0,000219	23,343%	1,97E-05	0,002837	0,689%	77,212%	22,788%							
242,00		6,66E-05	0,000219	23,324%	1,97E-05	0,002837	0,689%	77,206%	22,794%							
246,00		6,66E-05	0,000219	23,305%	1,96E-05	0,002838	0,686%	77,262%	22,738%							
251,00		6,66E-05	0,000219	23,307%	1,94E-05	0,002838	0,680%	77,426%	22,574%							
256,00		6,64E-05	0,000219	23,249%	1,95E-05	0,002838	0,681%	77,348%	22,652%							
473	265,00	8,70E-05	0,000199	30,465%	2,68E-05	0,00283	0,937%	76,474%	23,526%	47,303%	2,435%	66,543%				
	270,00	1,13E-04	0,000172	39,666%	4,34E-05	0,002814	1,519%	72,310%	27,690%							

IMPRESSIÓ 3D D'ESTRUCTURES CATALÍTIQUES AMB CeO₂

274,00	1,29E-04	0,000156	45,300%	5,86E-05	0,002798	2,052%	68,825%	31,175%			
279,00	1,38E-04	0,000147	48,436%	6,89E-05	0,002788	2,411%	66,766%	33,234%			
283,00	1,43E-04	0,000143	49,985%	7,54E-05	0,002782	2,638%	65,450%	34,550%			
288,00	1,44E-04	0,000142	50,472%	7,87E-05	0,002778	2,754%	64,700%	35,300%			
293,00	1,44E-04	0,000141	50,550%	7,95E-05	0,002778	2,781%	64,505%	35,495%			
297,00	1,44E-04	0,000141	50,494%	7,95E-05	0,002778	2,782%	64,479%	35,521%			
302,00	1,43E-04	0,000142	50,225%	7,89E-05	0,002778	2,761%	64,529%	35,471%			
307,00	1,43E-04	0,000143	49,972%	7,82E-05	0,002779	2,736%	64,619%	35,381%			
311,00	1,42E-04	0,000144	49,538%	7,79E-05	0,002779	2,727%	64,492%	35,508%			
316,00	1,41E-04	0,000145	49,319%	7,70E-05	0,00278	2,695%	64,666%	35,334%			
321,00	1,40E-04	0,000146	49,028%	7,59E-05	0,002781	2,655%	64,871%	35,129%			
325,00	1,39E-04	0,000146	48,799%	7,53E-05	0,002782	2,637%	64,918%	35,082%			

Annex B: Fitxes de Seguretat

A les pàgines següents es presenten les fitxes de seguretat dels reactius que s'han fet servir.

ÁCIDO ACÉTICO

ICSC: 0363

Mayo 2010

CAS: 64-19-7
 RTECS: AF1225000
 NU: 2789
 CE Índice Anexo I: 607-002-00-6
 CE / EINECS: 200-580-7

Ácido acético glacial
 Ácido etanoico
 Ácido etílico
 Ácido metanocarboxílico
 $C_2H_4O_2 / CH_3COOH$
 Masa molecular: 60.1



TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, espuma resistente al alcohol, agua pulverizada o dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Por encima de 39°C pueden formarse mezclas explosivas vapor/aire. Riesgo de incendio y explosión en contacto con oxidantes fuertes.	Por encima de 39°C, sistema cerrado, ventilación y equipo eléctrico a prueba de explosión.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICIÓN		¡EVITAR TODO CONTACTO!	¡CONSULTAR AL MÉDICO EN TODOS LOS CASOS!
Inhalación	Dolor de garganta. Tos. Sensación de quemazón. Dolor de cabeza. Vértigo. Jadeo. Dificultad respiratoria.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Posición de semiincorporado. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Dolor. Enrojecimiento. Quemaduras cutáneas. Ampollas.	Guantes de protección. Traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar la piel con agua abundante o ducharse durante 15 minutos como mínimo. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor. Quemaduras graves. Pérdida de visión.	Pantalla facial o protección ocular combinada con protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad). Proporcionar asistencia médica inmediatamente.
Ingestión	Dolor de garganta. Sensación de quemazón. Dolor abdominal. Vómitos. Shock o colapso.	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Dar a beber un vaso pequeño de agua, pocos minutos después de la ingestión. Proporcionar asistencia médica inmediatamente.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
<p>Eliminar toda fuente de ignición. Protección personal: traje de protección química, incluyendo equipo autónomo de respiración. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Neutralizar con precaución el líquido derramado con carbonato sódico, solo bajo la responsabilidad de un experto. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente.</p>	<p>No transportar con alimentos y piensos. Clasificación UE Símbolo: C R: 10-35 S: (1/2-)23-26-45 Nota: B Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 8 Riesgos Subsidiarios de las NU: 3 Grupo de Envasado NU: II Clasificación GHS Peligro Líquidos y vapores inflamables. Nocivo si se inhala el vapor. Nocivo en contacto con la piel. Puede ser nocivo en caso de ingestión. Provoca graves quemaduras en la piel y lesiones oculares. Puede provocar irritación respiratoria. Provoca daños en el sistema respiratorio tras exposiciones prolongadas o repetidas si se inhala. Nocivo para los organismos acuáticos.</p>
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Código NFPA: H3; F2; R0	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes, ácidos fuertes, bases fuertes, alimentos y piensos. Mantener en lugar bien ventilado. Bien cerrado. Almacenar en el recipiente original. Almacenar en un área sin acceso a desagües o alcantarillas.

Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © CE, IPCS, 2010



ÁCIDO ACÉTICO

ICSC: 0363

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO

Líquido incoloro de olor acre.

PELIGROS QUÍMICOS

La sustancia es un ácido débil. Reacciona violentamente con oxidantes fuertes originando peligro de incendio y explosión. Reacciona violentamente con bases fuertes, ácidos fuertes y muchos otros compuestos. Ataca a algunos tipos de plásticos, caucho y revestimientos.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN

TLV: 10 ppm como TWA; 15 ppm como STEL (ACGIH 2010).
LEP UE: 10 ppm; 25 mg/m³ como TWA (EU 1991).

VÍAS DE EXPOSICIÓN

Efectos locales graves

RIESGO DE INHALACIÓN

Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN

La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosivo por ingestión. La inhalación puede causar edema pulmonar, pero sólo tras producirse los efectos corrosivos iniciales en los ojos o las vías respiratorias.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA

El contacto prolongado o repetido con la piel puede producir dermatitis. Los pulmones pueden resultar afectados tras exposiciones prolongadas o repetidas a un aerosol de esta sustancia. Riesgo de erosión de los dientes tras exposiciones prolongadas o repetidas al aerosol de esta sustancia.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 118°C
Punto de fusión: 16.7°C
Densidad relativa (agua = 1): 1.05
Solubilidad en agua: miscible.
Presión de vapor, kPa a 20°C: 1.5
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 2.1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20°C (aire = 1): 1.02
Punto de inflamación: 39°C c.c.
Temperatura de autoignición: 485°C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 6.0-17
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: -0.17

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es nociva para los organismos acuáticos.

NOTAS

El n° NU 2789 corresponde al ácido acético, ácido acético glacial o un disolución de ácido acético con más del 80 % de ácido en peso. Otro n° NU: NU 2790 disolución de ácido acético (entre el 10 y el 80% de ácido acético en peso); clasificación de peligro NU 8, grupo de envasado II-III.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2011):

VLA-ED: 10 ppm; 25 mg/m³

VLA-EC: 15 ppm, 37 mg/m³

NOTA LEGAL

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.

HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)

ICSC: 0215



HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)

Hidrato amónico (disolución 10-35%)

Agua amoniaca (disolución 10-35%)

NH₄OH

Masa molecular: 35.1

Nº CAS 1336-21-6

Nº RTECS BQ9625000

Nº ICSC 0215

Nº NU 2672

Nº CE 007-001-01-2



TIPOS DE PELIGRO/ EXPOSICION	PELIGROS/ SINTOMAS AGUDOS	PREVENCION	PRIMEROS AUXILIOS/ LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	No combustible.		En caso de incendio en el entorno: están permitidos todos los agentes extintores.
EXPLOSION	(Véanse Notas).		En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.
EXPOSICION		¡HIGIENE ESTRICTA!	¡CONSULTAR AL MEDICO EN TODOS LOS CASOS!
• INHALACION	Sensación de quemazón, tos, dificultad respiratoria, jadeo, dolor de garganta.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria. Mantener los recipientes bien cerrados.	Aire limpio, reposo, respiración artificial si estuviera indicada y proporcionar asistencia médica.
• PIEL	Corrosivo, enrojecimiento, quemaduras cutáneas graves, dolor, ampollas.	Guantes protectores y traje de protección.	Quitar las ropas contaminadas, aclarar la piel con agua abundante o ducharse y proporcionar asistencia médica.
• OJOS	Corrosivo, enrojecimiento, dolor, visión borrosa, quemaduras profundas graves.	Pantalla facial o protección ocular combinada con la protección respiratoria.	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad) y proporcionar asistencia médica.
• INGESTION	corrosivo, calambres abdominales, dolor abdominal, dolor de garganta, vómitos (para mayor información, véase Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca, NO provocar el vómito, dar a beber agua abundante y proporcionar asistencia médica.

DERRAMAS Y FUGAS	ALMACENAMIENTO	ENVASADO Y ETIQUETADO
Evacuar la zona de peligro. Consultar a un experto en caso de un derrame grande. Ventilar. Neutralizar con precaución el líquido derramado con un ácido diluido, tal como ácido sulfúrico diluido, eliminar el residuo con agua abundante. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. (Protección personal adicional: traje de protección completo incluyendo equipo autónomo de respiración).	Separado de alimentos y piensos (véanse Peligros químicos). Mantener en lugar fresco, bien cerrado y bien ventilado (véanse Notas).	Envase irrompible; colocar el envase frágil dentro de un recipiente irrompible cerrado. símbolo C símbolo N R: 34-50 S: (1/2-)26-36/37/39-45-61 Nota B Clasificación de Peligros NU: 8 Grupo de Envasado NU: III CE:

VEASE AL DORSO INFORMACION IMPORTANTE

HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)

ICSC: 0215

D A T O S I M P O R T A N T E S	<p>ESTADO FISICO; ASPECTO Disolución incolora de amoníaco en agua muy volátil, de olor acre.</p> <p>PELIGROS FISICOS</p> <p>PELIGROS QUIMICOS Reacciona con muchos metales y sus sales dando lugar a la formación de compuestos explosivos. Ataca a muchos metales formando gas inflamable de hidrógeno. La disolución en agua es una base fuerte y reacciona violentamente con ácidos.</p> <p>LIMITES DE EXPOSICION TLV: (como NH₃) 25 ppm como TWA; 40 ppm como STEL (ACGIH 2004) MAK: 20 ppm, 14 mg/m³; Categoría de limitación de pico: I(2), Riesgo para el embarazo: grupo C (DFG 2004)</p>	<p>VIAS DE EXPOSICION La sustancia se puede absorber por inhalación del vapor o aerosol y por ingestión.</p> <p>RIESGO DE INHALACION Por evaporación de esta sustancia a 20°C se puede alcanzar muy rápidamente una concentración nociva en el aire.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION DE CORTA DURACION La sustancia es corrosiva para los ojos, la piel y el tracto respiratorio. Corrosiva por ingestión. La inhalación de altas concentraciones del vapor puede originar edema laríngeal, inflamación del tracto respiratorio y neumonía. Los efectos pueden aparecer de forma no inmediata.</p> <p>EFFECTOS DE EXPOSICION PROLONGADA O REPETIDA Los pulmones pueden resultar afectados por la exposición prolongada o repetida al vapor o aerosol.</p>
PROPIEDADES FISICAS	<p>Punto de ebullición: (25%) 38°C Punto de fusión: (25%) -58°C Densidad relativa (agua = 1): (25%) 0.9 Solubilidad en agua: Miscible</p>	<p>Presión de vapor, kPa a 20°C: (25%) 48 Densidad relativa de vapor (aire = 1): 0.6-1.2</p>
DATOS AMBIENTALES	<p>La sustancia es muy tóxica para los organismos acuáticos.</p>	
NOTAS		
<p>El vapor de amoníaco es inflamable y explosivo bajo ciertas condiciones. Tener en cuenta que se puede desprender amoníaco a partir de dicho producto. Está indicado examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. NO llenar completamente las botellas con la sustancia. Las disoluciones de hidróxido amónico pueden generar presión, quitar los tapones de las botellas con cuidado. Otros números NU: NU 1005 Amoníaco anhidro licuado o amoníaco en disolución acuosa de densidad relativa inferior a 0.880 a 15 °C, con más del 50% de amoníaco; NU 2073: Amoníaco en disoluciones acuosas 35-50%. También consultar ICSC 0414 Amoníaco.</p> <p style="text-align: right;">Ficha de emergencia de transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-80S2672 Código NFPA: H 3; F 1; R 0;</p>		
INFORMACION ADICIONAL		
<p>FISQ: 4-134 HIDROXIDO AMONICO (disolución 10%-35%)</p>	<p>Los valores LEP pueden consultarse en línea en la siguiente dirección: http://www.insht.es/</p>	
ICSC: 0215	HIDROXIDO AMONICO (disolución 10-35%)	
<p>© CCE, IPCS, 2005</p>		



NOTA LEGAL IMPORTANTE:

Ni la CCE ni la IPCS ni sus representantes son responsables del posible uso de esta información. Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Fecha de revisión 27.02.2017

Versión 3.5

SECCIÓN 1. Identificación de la sustancia o la mezcla y de la sociedad o la empresa**1.1 Identificador del producto**

Artículo número 102271

Denominación Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Número de registro REACH No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

No. CAS 10294-41-4

1.2 Usos pertinentes identificados de la sustancia o de la mezcla y usos desaconsejados

Usos identificados Materiales para el uso en aplicaciones técnicas
Para informaciones adicionales a usos refiérase al portal Merck Chemicals (www.merckgroup.com; for USA/Canada www.emdgroup.com).

1.3 Datos del proveedor de la ficha de datos de seguridad

Compañía Merck KGaA * 64271 Darmstadt * Alemania * Tel: +49 6151 72-0

Departamento Responsable LS-QHC * e-mail: prodsafe@merckgroup.com**1.4 Teléfono de emergencia Instituto Nacional de Toxicología * Madrid * Tel: 91 562 04 20****SECCIÓN 2. Identificación de los peligros****2.1 Clasificación de la sustancia o de la mezcla****Clasificación (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)**

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Sólido comburente, Categoría 2, H272

Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318

Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400

Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

2.2 Elementos de la etiqueta

Etiquetado (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H318 Provoca lesiones oculares graves.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P221 Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles, compuestos de metales pesados, ácidos y alcalis.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar gafas de protección.

Intervención

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P313 Consultar a un médico.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Etiquetado reducido (≤ 125 ml)

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H318 Provoca lesiones oculares graves.

Consejos de prudencia

P280 Llevar gafas de protección.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.

P313 Consultar a un médico.

Contiene: cerium(III) nitrate hexahydrate

No. CAS 10294-41-4

2.3 Otros peligros

Ninguno conocido.

SECCIÓN 3. Composición/información sobre los componentes

3.1 Sustancia

Formula	$\text{Ce}(\text{NO}_3)_3 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$	$\text{CeN}_3\text{O}_9 \cdot 6 \text{H}_2\text{O}$ (Hill)
No. CE	233-297-2	
Masa molar	434,23 g/mol	

Componentes peligrosos (REGLAMENTO (CE) No 1272/2008)

Nombre químico (Concentración)

No. CAS	Número de registro	Clasificación
cerium(III) nitrate hexahydrate (≤ 100 %)		
10294-41-4	*)	

Sólido comburente, Categoría 2, H272

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Lesiones oculares graves, Categoría 1, H318
Toxicidad acuática aguda, Categoría 1, H400
Toxicidad acuática crónica, Categoría 1, H410
Factor-M: 1

*) No hay disponible un número de registro para esta sustancia, ya que la sustancia o su uso están exentos del registro; según el artículo 2 del Reglamento REACH (CE) núm. 1097/2006, el tonelaje anual no requiere registro o dicho registro está previsto para una fecha posterior.

Para el texto integro de las Declaraciones-H mencionadas en esta sección, véase la Sección 16.

3.2 Mezcla

No aplicable

SECCIÓN 4. Primeros auxilios

4.1 Descripción de los primeros auxilios

Tras inhalación: aire fresco.

En caso de contacto con la piel: Quitar inmediatamente todas las prendas contaminadas.

Aclararse la piel con agua/ducharse.

Tras contacto con los ojos: aclarar con abundante agua. Llamar inmediatamente al oftalmólogo.

Retirar las lentillas.

Tras ingestión: hacer beber agua inmediatamente (máximo 2 vasos). Consultar a un médico.

4.2 Principales síntomas y efectos, agudos y retardados

Irritación y corrosión

Riesgo de lesiones oculares graves.

Para nitritos/nitratos en general: methemoglobinemia tras absorción de grandes cantidades.

4.3 Indicación de toda atención médica y de los tratamientos especiales que deban dispensarse inmediatamente

No hay información disponible.

SECCIÓN 5. Medidas de lucha contra incendios

5.1 Medios de extinción

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Medios de extinción apropiados

Usar medidas de extinción que sean apropiadas a las circunstancias del local y a sus alrededores.

Medios de extinción no apropiados

No existen limitaciones de agentes extinguidores para esta sustancia/mezcla.

5.2 Peligros específicos derivados de la sustancia o la mezcla

No combustible.

Favorece la formación de incendios por desprendimiento de oxígeno.

Posibilidad de formación de vapores peligrosos por incendio en el entorno.

El fuego puede provocar emanaciones de:

óxidos de nitrógeno

5.3 Recomendaciones para el personal de lucha contra incendios

Equipo de protección especial para el personal de lucha contra incendios

En caso de fuego, protéjase con un equipo respiratorio autónomo.

Otros datos

Reprimir los gases/vapores/neblinas con agua pulverizada. Impedir la contaminación de las aguas superficiales o subterráneas por el agua que ha servido a la extinción de incendios.

SECCIÓN 6. Medidas en caso de vertido accidental

6.1 Precauciones personales, equipo de protección y procedimientos de emergencia

Indicaciones para el personal que no forma parte de los servicios de emergencia: Evitar la inhalación de polvo. Evitar el contacto con la sustancia. Asegúrese una ventilación apropiada. Evacúe el área de peligro, respete los procedimientos de emergencia, consulte con expertos.

Consejos para el personal de emergencia:

Equipo protector véase sección 8.

6.2 Precauciones relativas al medio ambiente

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

6.3 Métodos y material de contención y de limpieza

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102271
Nombre del producto	Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Cubra las alcantarillas. Recoja, una y aspire los derrames. Observe posibles restricciones de materiales (véanse indicaciones en las secciones 7 o 10). Recoger en seco y proceder a la eliminación de residuos. Aclarar. Evitar la formación de polvo.

6.4 Referencia a otras secciones

Para indicaciones sobre el tratamiento de residuos, véase sección 13.

SECCIÓN 7. Manipulación y almacenamiento

7.1 Precauciones para una manipulación segura

Consejos para una manipulación segura

Observar las indicaciones de la etiqueta.

Medidas de higiene

Sustituir la ropa contaminada. Lavar manos al término del trabajo.

7.2 Condiciones de almacenamiento seguro, incluidas posibles incompatibilidades

Condiciones de almacenamiento

Bien cerrado. No almacenar cerca de materiales combustibles.

Temperatura de almacenaje recomendada indicada en la etiqueta del producto.

7.3 Usos específicos finales

Fuera de los usos indicados en la sección 1.2 no se previenen aplicaciones finales adicionales.

SECCIÓN 8. Controles de exposición/protección individual

8.1 Parámetros de control

No contiene sustancias con valores límites de exposición profesional.

8.2 Controles de la exposición

Medidas de ingeniería

Medidas técnicas y observación de métodos adecuados de trabajo tienen prioridad ante el uso de equipos de protección personal.

Véase sección 7.1.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Medidas de protección individual

Los tipos de auxiliares para protección del cuerpo deben elegirse específicamente según el puesto de trabajo en función de la concentración y cantidad de la sustancia peligrosa. Debería aclararse con el suministrador la estabilidad de los medios protectores frente a los productos químicos.

Protección de los ojos / la cara

Gafas de seguridad ajustadas al contorno del rostro

Protección de las manos

Sumerción:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
tiempo de penetración: > 480 min

Salpicaduras:

Material del guante: Caucho nitrilo
Espesor del guante: 0,11 mm
tiempo de penetración: > 480 min

Los guantes de protección indicados deben cumplir con las especificaciones de la Directiva 89/686/EEC y con su norma resultante EN374, por ejemplo KCL 741 Dermatril® L (Sumerción), KCL 741 Dermatril® L (Salpicaduras).

Los tiempos de ruptura mencionados anteriormente han sido determinados con muestras de material de los tipos de guantes recomendados en mediciones de laboratorio de KCL según EN374.

Esta recomendación solo es válida para el producto mencionado en la ficha de datos de seguridad, suministrado por nosotros y para el fin indicado. Al disolver o mezclar en otras sustancias y cuando las condiciones difieran de las indicadas en EN374, debe dirigirse al suministrador de guantes con distintivo CE (por ejem. KCL GmbH, D-36124 Eichenzell, Internet: www.kcl.de)

Otras medidas de protección

prendas de protección

Protección respiratoria

necesaria en presencia de polvo.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Tipo de Filtro recomendado: Filtro P 2

El empresario debe garantizar que el mantenimiento, la limpieza y la prueba técnica de los protectores respiratorios se hagan según las instrucciones del productor de las mismas. Éstas medidas deben ser documentadas debidamente.

Controles de exposición medioambiental

No dejar que el producto entre en el sistema de alcantarillado.

SECCIÓN 9. Propiedades físicas y químicas

9.1 Información sobre propiedades físicas y químicas básicas

Forma	sólido
Color	incolore
Olor	débil
Umbral olfativo	No hay información disponible.
pH	aprox. 3,7 a 100 g/l 25 °C
Punto de fusión	No hay información disponible.
Punto de ebullición	No hay información disponible.
Punto de inflamación	No hay información disponible.
Tasa de evaporación	No hay información disponible.
Inflamabilidad (sólido, gas)	No hay información disponible.
Límite de explosión, inferior	No hay información disponible.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Límite superior de explosividad	No hay información disponible.
Presión de vapor	No hay información disponible.
Densidad relativa del vapor	No hay información disponible.
Densidad	No hay información disponible.
Densidad relativa	No hay información disponible.
Solubilidad en agua	1.754 g/l a 25 °C
Coefficiente de reparto n-octanol/agua	No hay información disponible.
Temperatura de auto-inflamación	No hay información disponible.
Temperatura de descomposición	> 200 °C
Viscosidad, dinámica	No hay información disponible.
Propiedades explosivas	No clasificado/a como explosivo/a.
Propiedades comburentes	La sustancia o mezcla se clasifica como oxidante con la categoría 2.

9.2 Otros datos

Densidad aparente 1.050 kg/m³

SECCIÓN 10. Estabilidad y reactividad

10.1 Reactividad

Véase sección 10.3

10.2 Estabilidad química

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en www.merckgroup.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

El producto es químicamente estable bajo condiciones normales (a tempera tura ambiental).

10.3 Posibilidad de reacciones peligrosas

Posibles reacciones violentas con:

reductores fuertes, Ácidos fuertes, Cianuros

10.4 Condiciones que deben evitarse

información no disponible

10.5 Materiales incompatibles

información no disponible

10.6 Productos de descomposición peligrosos

en caso de incendio: véase sección 5.

SECCIÓN 11. Información toxicológica

11.1 Información sobre los efectos toxicológicos

Toxicidad oral aguda

DL50 Rata: 4.200 mg/kg

Directrices de ensayo 401 del OECD

Toxicidad aguda por inhalación

Síntomas: Consecuencias posibles:, irritación de las mucosas

Toxicidad cutánea aguda

DL50 Rata: > 2.000 mg/kg

Directrices de ensayo 402 del OECD

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Irritación de la piel

Conejo

Resultado: No irrita la piel

Prueba de Draize

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

Irritación ocular

Conejo

Resultado: Efectos irreversibles en los ojos

Prueba de Draize

Provoca lesiones oculares graves.

Sensibilización

Test de sensibilización: Ratón

Resultado: No provoca sensibilización a la piel.

Método: Directrices de ensayo 429 del OECD

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

Mutagenicidad en células germinales

Genotoxicidad in vitro

Prueba de Ames

Salmonella typhimurium

Resultado: negativo

Método: OECD TG 471

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

Mutagenicidad (ensayo de células de mamífero): ensayo de aberración cromosómica.

Linfócitos humanos

Resultado: negativo

Método: OECD TG 473

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

Ensayo de mutación genética de células de mamífero in vitro

Resultado: negativo

Método: OECD TG 476

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Carcinogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad para la reproducción

Esta información no está disponible.

Teratogenicidad

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposición única

Esta información no está disponible.

Toxicidad específica en determinados órganos - exposiciones repetidas

Esta información no está disponible.

Peligro de aspiración

Esta información no está disponible.

11.2 Otros datos

Para nitritos/nitratos en general: methemoglobinemia tras absorción de grandes cantidades.

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

Manipular con las precauciones de higiene industrial adecuadas, y respetar las prácticas de seguridad.

Las otras propiedades peligrosas no pueden ser excluidas.

SECCIÓN 12. Información ecológica

12.1 Toxicidad

Toxicidad para los peces

Ensayo semiestático CL50 *Oncorhynchus mykiss* (Trucha irisada): 0,3 mg/l; 96 h

Controlo analítico: si

Directrices de ensayo 203 del OECD

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

Toxicidad para las dafnias y otros invertebrados acuáticos

Ensayo semiestático CE50 *Daphnia magna* (Pulga de mar grande): 16 mg/l; 48 h

Controlo analítico: si

OECD TG 202

El valor viene dado por analogía con las siguientes sustancias: Cerium trinitrate

12.2 Persistencia y degradabilidad

Las Fichas de Datos de Seguridad para artículos del catálogo también se obtienen en www.merckgroup.com

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102271
Nombre del producto	Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

Biodegradabilidad

Los métodos para la determinación de la degradabilidad biológica no son aplicables para las sustancias inorgánicas.

12.3 Potencial de bioacumulación

No hay información disponible.

12.4 Movilidad en el suelo

No hay información disponible.

12.5 Resultados de la valoración PBT y mPmB

Una valoración PBT y MPMB no se hizo, debido al hecho de que una evaluación de peligro químico no es necesaria o no existe.

12.6 Otros efectos adversos

Información ecológica complementaria

La descarga en el ambiente debe ser evitada.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

SECCIÓN 13. Consideraciones relativas a la eliminación

Métodos para el tratamiento de residuos

Los residuos deben eliminarse de acuerdo con normativas locales y nacionales. Deje los productos químicos en sus recipientes originales. No los mezcle con otros residuos. Maneje los recipientes sucios como el propio producto.

Consulte en www.retrologistik.com sobre procesos relativos a la devolución de productos químicos o recipientes, o contáctenos si tiene más preguntas.

Directiva sobre residuos 2008/98 nota / CE.

SECCIÓN 14. Información relativa al transporte

Transporte por carretera (ADR/RID)

14.1 Número ONU	UN 1477
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas	Nitratos inorgánicos, n.e.p.
14.3 Clase	5.1
14.4 Grupo de embalaje	II
14.5 Peligrosas ambientalmente	--
14.6 Precauciones particulares para los usuarios	si
Código de restricciones en túneles	E

Transporte fluvial (ADN)

No relevante

Transporte aéreo (IATA)

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

14.1 Número ONU UN 1477
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas NITRATES, INORGANIC, N.O.S.
14.3 Clase 5.1
14.4 Grupo de embalaje II
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios no

Transporte marítimo (IMDG)

14.1 Número ONU UN 1477
14.2 Designación oficial de transporte de las Naciones Unidas NITRATES, INORGANIC, N.O.S.
14.3 Clase 5.1
14.4 Grupo de embalaje II
14.5 Peligrosas ambientalmente --
14.6 Precauciones particulares para los usuarios si

EmS F-A S-Q

14.7 Transporte a granel con arreglo al anexo II del Convenio Marpol 73/78 y del Código IBC
No relevante

SECCIÓN 15. Información reglamentaria

15.1 Reglamentación y legislación en materia de seguridad, salud y medio ambiente específicas para la sustancia o la mezcla

Disposiciones legales de la CE

Legislación de Peligro de SEVESO III
Accidente Importante LÍQUIDOS Y SÓLIDOS COMBURENTES
Aleman P8
Cantidad 1: 50 t
Cantidad 2: 200 t

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

SEVESO III
PELIGROS PARA EL MEDIOAMBIENTE
E1
Cantidad 1: 100 t
Cantidad 2: 200 t

Restricciones profesionales Tomar nota de la Directiva 94/33/CEE sobre la protección laboral de los jóvenes.

Reglamento 1005/2009/CE relativo a sustancias que agotan la capa de ozono no regulado

Reglamento (CE) nº 850/2004 del Parlamento Europeo y del Consejo de 29 de abril de 2004 sobre contaminantes orgánicos persistentes que modifica la Directiva 79/117/CEE no regulado

Sustancias extremadamente preocupantes (SVHC) Este producto no contiene sustancias extremadamente preocupantes por encima del límite legal de concentración correspondiente ($\geq 0,1$ % p/p) según la normativa CE n.º 1907/2006 (REACH), artículo 57.

Legislación nacional

Clase de almacenamiento 5.1B

15.2 Evaluación de la seguridad química

Para este producto no se realizó una valoración de la seguridad química.

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número 102271
Nombre del producto Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

SECCIÓN 16. Otra información

Texto íntegro de las Declaraciones-H referidas en las secciones 2 y 3.

H272	Puede agravar un incendio; comburente.
H318	Provoca lesiones oculares graves.
H400	Muy tóxico para los organismos acuáticos.
H410	Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos relativos a la formación

Debe disponer a los trabajadores la información y la formación práctica suficientes.

Etiquetado

Pictogramas de peligro



Palabra de advertencia

Peligro

Indicaciones de peligro

H272 Puede agravar un incendio; comburente.

H318 Provoca lesiones oculares graves.

H410 Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.

Consejos de prudencia

Prevención

P221 Tomar todas las precauciones necesarias para no mezclar con materias combustibles, compuestos de metales pesados, ácidos y alcalis.

P273 Evitar su liberación al medio ambiente.

P280 Llevar gafas de protección.

Intervención

FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

de acuerdo al Reglamento (CE) No. 1907/2006

Artículo número	102271
Nombre del producto	Cerio(III) nitrato hexahidrato purís.

P305 + P351 + P338 EN CASO DE CONTACTO CON LOS OJOS: Aclarar cuidadosamente con agua durante varios minutos. Quitar las lentes de contacto, si lleva y resulta fácil. Seguir aclarando.
P313 Consultar a un médico.

Contiene: cerium(III) nitrate hexahydrate

Una explicación de las abreviaturas y los acrónimos utilizados en la ficha de datos de seguridad

Puede consultar las abreviaturas y acrónimos utilizados en www.wikipedia.org.

Representante regional

Merck Chemical and Life Science, S.A. |

C/ María de Molina, 40 | 28006 Madrid - España |

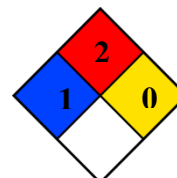
Tel: +34 935655500 | Fax: +34 935440000 | email: SCM.Chemicals.ES@merckgroup.com |

www.merck.es

Los datos suministrados en ésta ficha de seguridad se basan a nuestro actual conocimiento. Describen tan sólo las medidas de seguridad en el manejo de éste producto y no representan una garantía sobre las propiedades descritas del mismo.

HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

Nombre del Producto: **ALCOHOL POLIVINILICO**
 Fecha de Revisión: Agosto 2014. Revisión N°3



NFPA

SECCION 1 : IDENTIFICACION DEL PRODUCTO Y DE LA COMPAÑÍA

PRODUCTO

Nombre Químico: ALCOHOL POLIVINILICO – (CH₂CHOH)_n
Número CAS: 9002-89-5
Sinónimos: Etenol; Homopolímero; PVA; PVOH

COMPAÑÍA: GTM

Teléfonos de Emergencia

México : +55 5831 7905 – SETIQ 01 800 00 214 00
 Guatemala: +502 66285858
 El Salvador: +503 22517700
 Honduras: +504 2540 2520
 Nicaragua: +505 2269 0361 – Toxicología MINSA: +505 22897395
 Costa Rica: +506 25370010 – Emergencias 9-1-1. Centro Intoxicaciones +506 2223-1028
 Panamá: +507 5126182 – Emergencias 9-1-1
 Colombia: +018000 916012 Cisproquim / (571) 2 88 60 12 (Bogotá)
 Perú: +511614 65 00
 Ecuador: +593 2382 6250 – Emergencias (ECU) 9-1-1
 Argentina +54 115031 1774

SECCION 2 : COMPOSICION / INFORMACION SOBRE LOS INGREDIENTES

ALCOHOL POLIVINILICO

CAS: 9002-89-5

100%

SECCION 3 : IDENTIFICACION DE PELIGROS

Clasificación ONU: No regulado

Clasificación NFPA: Salud: 1 Inflamabilidad: 2 Reactividad: 0

EFFECTOS ADVERSOS POTENCIALES PARA LA SALUD:

Visión general sobre las emergencias: Apariencia: blanco a crema. Puede ocasionar irritación a la piel, ojos, tracto respiratorio y digestivo. Estudios en animales han demostrado efecto inhibitor de la coagulación de la sangre. La formación de polvo, no tiene mayores repercusiones; sin embargo por encima de 200 °C se generan humos irritantes a la nariz y garganta. Los síntomas asociados son: sensación de quemadura dolorosa, inflamación y enrojecimiento.

Inhalación:	Puede generar algunas alteraciones en el tracto digestivo.
Ingestión:	Puede producir irritación en la piel.
Piel:	Puede causar irritación mecánica.
Ojos:	Puede causar irritación mecánica.
Efectos crónicos:	No hay información disponible sobre estudios en humanos. Estudios en animales han mostrado un descenso en el número de eritrocitos y hemoglobina, dando como resultado la completa inhibición de la coagulación.

SECCION 4: MEDIDAS DE PRIMEROS AUXILIOS

Inhalación:	Si se presenta malestar, trasladar a la víctima al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. Si respira con dificultad suministrar oxígeno. Mantener a la víctima abrigada y en reposo. Buscar atención médica inmediatamente.
Ingestión:	Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. Buscar atención médica si la irritación o síntomas se desarrollan.
Piel:	Retirar la ropa y calzado contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica si la irritación se desarrolla o persiste.
Ojos:	Lavar con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. Si la irritación persiste repetir el lavado. Buscar atención médica.

Nota para los médicos: Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, con base en su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

SECCION 5: MEDIDAS PARA EXTINCION DE INCENDIOS

Punto de inflamación (°C): 79 c.a.

Limites de inflamabilidad (%V/V): N.A.

Temperatura de autoignición (°C): 426

Peligros de incendio y/o explosión: Sólido Combustible. Su potencial de fuego es moderado cuando está expuesto al calor o llama abierta. Las partículas de polvo finamente dispersas en suficiente concentración y en presencia de fuentes de ignición representan un peligro potencial de explosión.

Medios de extinción: Espuma tipo alcohol, dióxido de carbono y polvo químico seco.

Productos de la combustión: Monóxido de carbono, dióxido de carbono, agua, ácidos orgánicos y alcohol.

Precauciones para evitar incendio y/o explosión: Mantener alejado de toda fuente de ignición y calor. Mantener retirado de materiales incompatibles. Evitar la acumulación de polvos y mantener ventilación adecuada.

Instrucciones para combatir el fuego: Evacuar o aislar el área de peligro. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Retirar los contenedores que están expuestos si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, enfriarlos aplicando agua en forma de rocío desde una distancia segura. Si las válvulas o tanques se decoloran, alejarse de inmediato del área afectada porque existe un riesgo inminente de explosión.

Información Especial: En el caso de un fuego, usar vestidos protectores completos y aprobados por NIOSH y equipo autónomo de respiración con mascarilla completa operando en la demanda de presión u otro modo de presión positiva.

SECCION 6: MEDIDAS PARA FUGAS ACCIDENTALES

Evacuar o aislar el área de peligro. Retirar y alejar cualquier fuente de ignición o calor. Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. Ubicarse a favor del viento. Usar equipo de protección personal. Ventilar el área. Recoger y depositar en recipientes herméticos para su posterior disposición.

SECCION 7: MANEJO Y ALMACENAMIENTO

Manejo:

Usar siempre protección personal así sea corta la exposición o la actividad que realice con el producto. Mantener estrictas normas de higiene, no fumar, ni comer en el sitio de trabajo. Usar las menores cantidades posibles. Conocer en donde está el equipo para la atención de emergencias. Leer las instrucciones de la etiqueta antes de usar el producto. Rotular los recipientes adecuadamente. Mantener retirado de materiales incompatibles.

Almacenamiento: Lugares ventilados, frescos y secos. Lejos de fuentes de calor e ignición. Mantener alejado de materiales incompatibles. Evitar la formación de polvos. Guardar en contenedores cerrados. Rotular los recipientes adecuadamente.

SECCION 8: CONTROLES DE EXPOSICION Y PROTECCION PERSONAL

Controles de ingeniería: Utilizar recintos de proceso, ventilación local u otros controles para mantener los niveles de aire por debajo de los límites de exposición recomendados. Si la operación genera polvo, humos o niebla, utilizar la ventilación para mantener la exposición a los contaminantes en el aire por debajo del límite de exposición.

Protección personal: Usar gafas de seguridad. Bata de laboratorio. Un respirador. Asegúrese de utilizar un respirador certificado / aprobado o equivalente. Guantes.

Protección personal en caso de un derrame importante: Usar lentes anti-salpicaduras. Traje completo. Un respirador. Botas. Guantes. Un aparato respiratorio autónomo debe utilizarse para evitar la inhalación del producto. La ropa de protección sugerida podría no ser suficiente; consultar a un especialista antes de manipular este producto.

SECCION 9: PROPIEDADES FISICAS Y QUIMICAS

Estado físico: Sólido

Color: Claro

Olor: Característico a alcohol (semejante al de una mezcla de etanol y acetona)

SECCION 10: ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD

Estabilidad: Estable bajo condiciones normales de uso y almacenamiento.

Productos de descomposición peligrosos: La combustión completa emite dióxido de carbono y agua cuando se calienta hasta la descomposición. La combustión incompleta genera, además del monóxido de carbono y productos de oxidación, ácidos orgánicos, aldehídos y alcohol.

Polimerización peligrosa: No ocurrirá.

Incompatibilidades: Oxidantes fuertes.

Condiciones a evitar: De calor, llamas, fuentes de ignición, polvo e incompatibles.

SECCION 11: INFORMACION TOXICOLOGICA

DL50 oral en ratas:> 20 gm / kg. Ha sido investigado como tumorigeno.

Rutas de entrada: Inhalación. Ingestión.

Toxicidad en los animales:

Toxicidad oral aguda (DL50): 14700 mg / kg [Ratón].
Toxicidad oral aguda (DL50):> 20000 mg / kg [Rata].

Efectos crónicos en los seres humanos:

Efectos cancerígenos: 3 No clasificable para los humanos por la IARC.

Otros efectos tóxicos en seres humanos: Ligeramente peligroso en caso de contacto cutáneo (irritante), de ingestión e inhalación.

Observaciones especiales sobre los efectos crónicos en los seres humanos: Puede causar cáncer (oncogénico), basado en estudios con animales. No hay datos en seres humanos actualmente.

Observaciones especiales sobre otros efectos tóxicos en el hombre

Aguda potenciales para la salud:

De la piel: Puede causar irritación de la piel.

Ojos: Puede causar irritación ocular.

Ingestión: Puede causar problemas gastrointestinales (digestivos) irritación de las vías. Pueden afectar el comportamiento del sistema nervioso central (los síntomas

pueden incluir la actividad deprimida en general, el tiempo de sueño alterado, debilidad muscular). También puede afectar a la sangre y el metabolismo.

Inhalación: Puede causar irritación de las vías respiratorias.

SECCION 12: INFORMACION ECOLOGICA

Ecotoxicidad:

Ecotoxicidad en agua (LC50): 10000 mg / l 96 horas [Pez sol]. > 40000 mg / l 96 horas [Fathead Minnow].

Productos de Biodegradación: Productos de degradación peligrosos a corto plazo no son probables. Sin embargo, los productos de degradación a largo plazo pueden surgir.

Toxicidad de los productos de biodegradación: El producto en sí y sus productos de degradación no son tóxicos.

SECCION 13 :CONSIDERACIONES SOBRE DISPOSICION

Tratamientos de residuos:

Tratar según legislación vigente

Eliminación de envases:

Lavar y descartar según legislación vigente

SECCION 14 :INFORMACION SOBRE TRANSPORTE

No regulado.

SECCION 15 :INFORMACION REGLAMENTARIA

Esta hoja de seguridad cumple con la normativa legal de:

México: NOM-018-ST5-2000

Guatemala: Código de Trabajo, decreto 1441

Honduras: Acuerdo Ejecutivo No. STSS-053-04

Costa Rica: Decreto Nº 28113-S

Panamá: Resolución #124, 20 de marzo de 2001

Colombia: NTC 445 22 de Julio de 1998

Ecuador: NTE INEN 2 266:200


SECCION 16 :INFORMACION ADICIONAL

La información indicada en ésta Hoja de Seguridad fue recopilada y respaldada con la información suministrada en las Hojas de Seguridad de los proveedores. La información relacionada con este producto puede ser no válida si éste es usado en combinación con otros materiales o en otros procesos. Es responsabilidad del usuario la interpretación y aplicación de esta información para su uso particular. La información contenida aquí se ofrece solamente como guía para la manipulación de este material específico y ha sido elaborada de buena fe por personal técnico. Esta no es intencionada como completa, incluso la manera y condiciones de uso y de manipulación pueden implicar otras consideraciones adicionales.

CONTROL DE REVISIONES Y CAMBIOS DE VERSIÓN:

Agosto 2014. Se actualizan las secciones 1, 15 y 16.

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO		ICSC: 0078
		Octubre 2002
Metilbenceno Fenilmetano	Toluol	
CAS: 108-88-3	C₆H₅CH₃ / C₇H₈	
RTECS: XS5250000	Masa molecular: 92,1	
NU: 1294		
CE Índice Anexo I: 601-021-00-3		
CE / EINECS: 203-625-9		

TIPO DE PELIGRO / EXPOSICIÓN	PELIGROS AGUDOS / SÍNTOMAS	PREVENCIÓN	PRIMEROS AUXILIOS / LUCHA CONTRA INCENDIOS
INCENDIO	Altamente inflamable.	Evitar las llamas, NO producir chispas y NO fumar.	Polvo, AFFF, espuma, dióxido de carbono.
EXPLOSIÓN	Las mezclas vapor/aire son explosivas.	Sistema cerrado, ventilación, equipo eléctrico y de alumbrado a prueba de explosión. Evitar la generación de cargas electrostáticas (p. ej., mediante conexión a tierra). NO utilizar aire comprimido para llenar, vaciar o manipular. Utilícense herramientas manuales no generadoras de chispas.	En caso de incendio: mantener fríos los bidones y demás instalaciones rociando con agua.

EXPOSICIÓN		¡HIGIENE ESTRICTA! ¡EVITAR LA EXPOSICIÓN DE MUJERES (EMBARAZADAS)!	
Inhalación	Tos. Dolor de garganta. Vértigo. Somnolencia. Dolor de cabeza. Náuseas. Pérdida del conocimiento.	Ventilación, extracción localizada o protección respiratoria.	Aire limpio, reposo. Proporcionar asistencia médica.
Piel	Piel seca. Enrojecimiento.	Guantes de protección.	Quitar las ropas contaminadas. Aclarar y lavar la piel con agua y jabón. Proporcionar asistencia médica.
Ojos	Enrojecimiento. Dolor.	Gafas ajustadas de seguridad	Enjuagar con agua abundante durante varios minutos (quitar las lentes de contacto si puede hacerse con facilidad), después proporcionar asistencia médica.
Ingestión	Sensación de quemazón. Dolor abdominal. (Ver Inhalación).	No comer, ni beber, ni fumar durante el trabajo.	Enjuagar la boca. NO provocar el vómito. Proporcionar asistencia médica.

DERRAMES Y FUGAS	ENVASADO Y ETIQUETADO
¡Evacuar la zona de peligro en caso de grandes derrames! Consultar a un experto en caso de grandes derrames. Eliminar toda fuente de ignición. Ventilar. Recoger el líquido procedente de la fuga en recipientes precintables. Absorber el líquido residual en arena o absorbente inerte y trasladarlo a un lugar seguro. NO verterlo en el alcantarillado. NO permitir que este producto químico se incorpore al ambiente. Protección personal: equipo autónomo de respiración en caso de grandes derrames.	Clasificación UE Símbolo: F, Xn R: 11-38-48/20-63-65-67 S: (2-)36/37-46-62 Clasificación NU Clasificación de Peligros NU: 3 Grupo de Envasado NU: II
RESPUESTA DE EMERGENCIA	ALMACENAMIENTO
Ficha de Emergencia de Transporte (Transport Emergency Card): TEC (R)-30S1294. Código NFPA: H2; F3; R0;	A prueba de incendio. Separado de oxidantes fuertes.

IPCS
International
Programme on
Chemical Safety



Preparada en el Contexto de Cooperación entre el IPCS y la Comisión Europea © IPCS, CE 2003

VÉASE INFORMACIÓN IMPORTANTE AL DORSO

Fichas Internacionales de Seguridad Química

TOLUENO

ICSC: 0078

DATOS IMPORTANTES

ESTADO FÍSICO; ASPECTO:

Líquido incoloro, de olor característico.

PELIGROS FÍSICOS:

El vapor se mezcla bien con el aire, formándose fácilmente mezclas explosivas. Como resultado del flujo, agitación, etc., se pueden generar cargas electrostáticas.

PELIGROS QUÍMICOS:

Reacciona violentamente con oxidantes fuertes, originando peligro de incendio y explosión.

LÍMITES DE EXPOSICIÓN:

TLV: 50 ppm como TWA; (piel); A4 (no clasificable como cancerígeno humano); BEI establecido; (ACGIH 2004).
MAK: Riesgo para el embarazo: grupo C; (DFG 2004).
LEP UE: 192 mg/m³, 50 ppm como TWA; 384 mg/m³, 100 ppm como STEL (piel) (EU 2006).

VÍAS DE EXPOSICIÓN:

La sustancia se puede absorber por inhalación, a través de la piel y por ingestión.

RIESGO DE INHALACIÓN:

Por evaporación de esta sustancia a 20 °C se puede alcanzar bastante rápidamente una concentración nociva en el aire.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN DE CORTA DURACIÓN:

La sustancia irrita los ojos y el tracto respiratorio. La sustancia puede afectar al sistema nervioso central. La ingestión del líquido puede dar lugar a la aspiración del mismo por los pulmones y a la consiguiente neumonitis química. La exposición a altas concentraciones puede producir arritmia cardíaca y pérdida del conocimiento.

EFFECTOS DE EXPOSICIÓN PROLONGADA O REPETIDA:

El líquido desengrasa la piel. La sustancia puede afectar a sistema nervioso central. La exposición a esta sustancia puede potenciar el daño auditivo causado por la exposición a ruido. La experimentación animal muestra que esta sustancia posiblemente cause efectos tóxicos en la reproducción humana.

PROPIEDADES FÍSICAS

Punto de ebullición: 111 °C
Punto de fusión: -95 °C
Densidad relativa (agua = 1): 0,87
Solubilidad en agua: ninguna
Presión de vapor, kPa a 25 °C: 3,8
Densidad relativa de vapor (aire = 1): 3,1

Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 20 °C (aire = 1): 1,01
Punto de inflamación: 4 °C c.c.
Temperatura de autoignición: 480 °C
Límites de explosividad, % en volumen en el aire: 1,1-7,1
Coeficiente de reparto octanol/agua como log Pow: 2,69

DATOS AMBIENTALES

La sustancia es tóxica para los organismos acuáticos.

NOTAS

Está indicado un examen médico periódico dependiendo del grado de exposición. El consumo de bebidas alcohólicas aumenta el efecto nocivo.
Esta ficha ha sido parcialmente actualizada en octubre de 2004: ver Clasificación UE, Respuesta de Emergencia, y en octubre de 2006: ver Límites de exposición.

INFORMACIÓN ADICIONAL

Límites de exposición profesional (INSHT 2016):

VLA-ED: 50 ppm; 192 mg/m³

VLA-EC: 100 ppm, 384 mg/m³

VLB: 0,5 mg/L en orina de o-cresol; 1,6 g/g creatinina en orina de ácido hipúrico; 0,05 mg/L en sangre; 0,08 mg/L en orina.

Notas: vía dérmica. Esta sustancia tiene establecidas restricciones a la fabricación, comercialización o al uso especificadas en el Reglamento REACH.

Nota legal

Esta ficha contiene la opinión colectiva del Comité Internacional de Expertos del IPCS y es independiente de requisitos legales. Su posible uso no es responsabilidad de la CE, el IPCS, sus representantes o el INSHT, autor de la versión española.