



Conference: Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables -
Mantenimiento Industrial - Mecatrónica e Informática

Booklets



RENIECYT
Registro Nacional de Instituciones
y Empresas Científicas y Tecnológicas

2015-20795

CONACYT

RENIECYT - LATINDEX - Research Gate - DULCINEA - CLASE - Sudoc - HISPANA - SHERPA UNIVERSIA - E-Revistas - Google Scholar
DOI - REBID - Mendeley - DIALNET - ROAD - ORCID

Title: Análisis térmico de un reactor termoquímico para la producción de hidrogeno con energía solar

Author: Julio Valle-Hernández

Editorial label ECORFAN: 607-8324
BCIERMIMI Control Number: 2016-01
BCIERMIMI Classification(2016): 191016-0101

Pages: 22

Mail:

RNA: 03-2010-032610115700-14

ECORFAN-México, S.C.

244 – 2 Itzopan Street
La Florida, Ecatepec Municipality
Mexico State, 55120 Zipcode
Phone: +52 1 55 6159 2296
Skype: ecorfan-mexico.s.c.
E-mail: contacto@ecorfan.org
Facebook: ECORFAN-México S. C.

Twitter: @EcorfanC

www.ecorfan.org

Holdings

Bolivia	Honduras	China	Nicaragua
Cameroon	Guatemala	France	Republic of the Congo
El Salvador	Colombia	Ecuador	Dominica
Peru	Spain	Cuba	Haití
Argentina	Paraguay	Costa Rica	Venezuela
Czech Republic			

Introducción

Una alternativa para evitar la contaminación causada por la quema de combustibles fósiles es la utilización de **hidrogeno como combustible ecológico.**



Introducción

Para que sea sustentable la producción de hidrogeno, se debe obtener mediante **energías renovables** como el aprovechamiento de la **energía solar.**



Procesos para producción de hidrogeno a partir de energía solar concentrada:

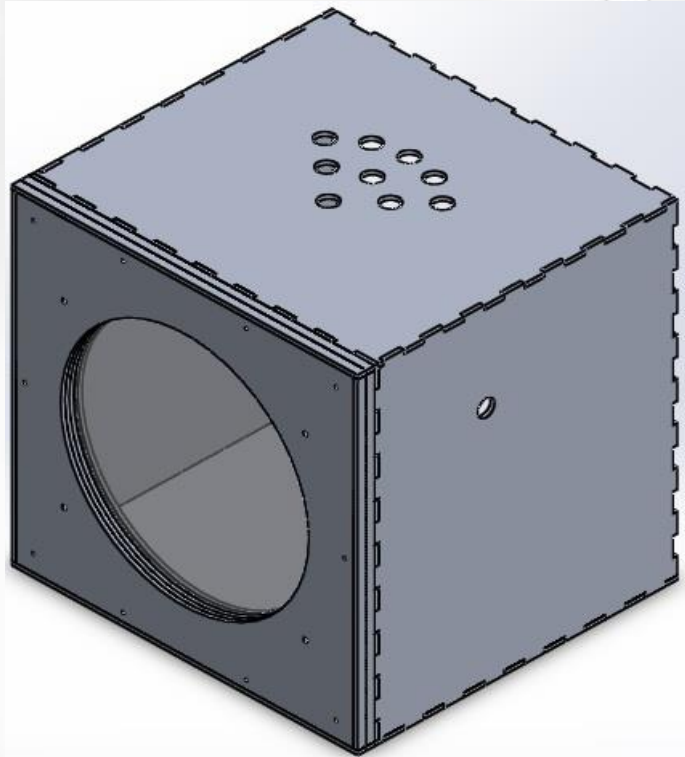
1. Termólisis
2. Cracking
3. Reformado
4. Gasificación

5. Ciclos termoquímicos

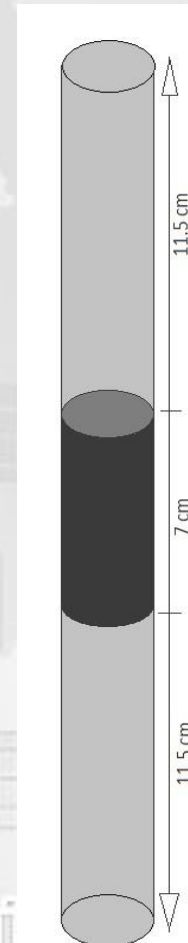
Ciclo de $\text{CeO}_2/\text{Ce}_2\text{O}_3$

- Los **reactores termoquímicos** necesitan del diseño de **buenos materiales aislantes** y **estructurales**, para evitar que se dañen en la operación.

Diseño del reactor termoquímico



*Reactor de grafito aislado
térmicamente y reforzado con
cubierta de aluminio*



*Tubo de tungsteno.
En el centro se
alojara el reactivo.*

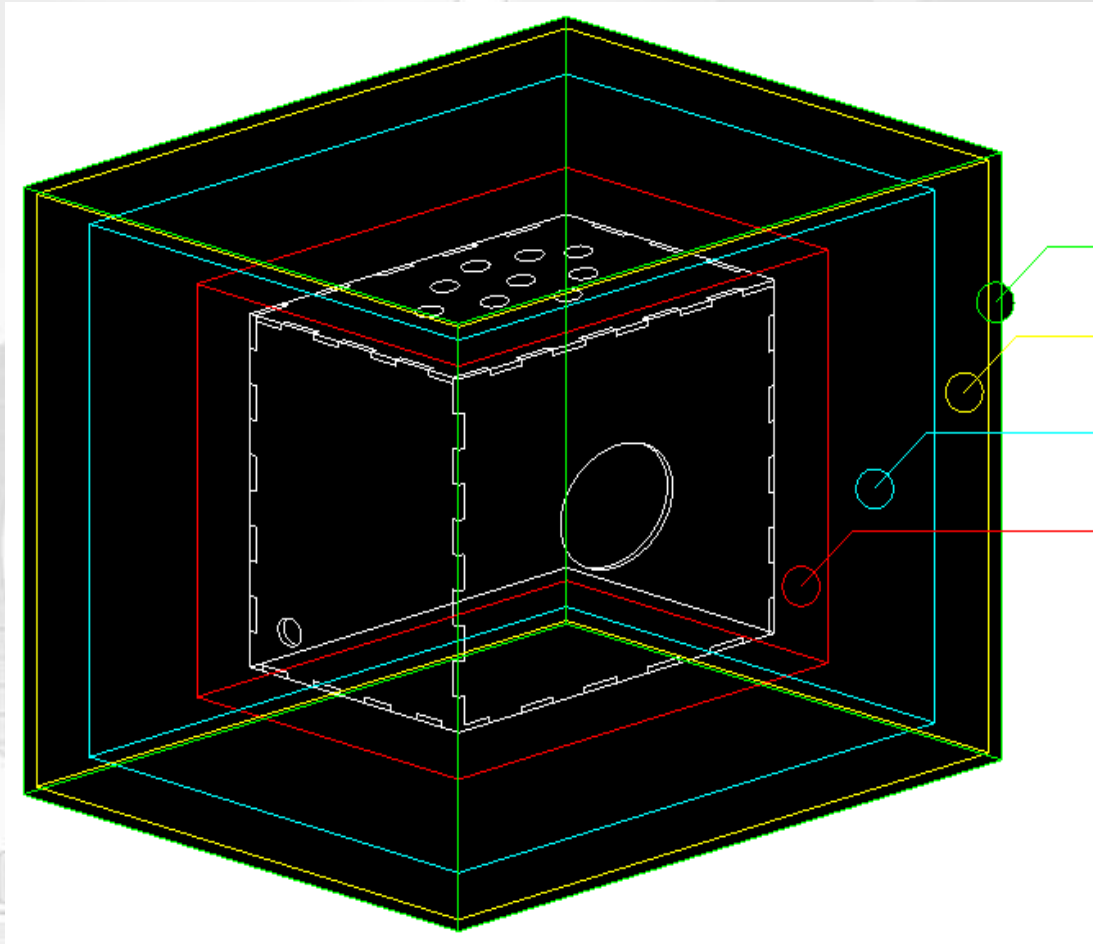
Diseño del reactor termoquímico

Características

- ❖ Atmosfera inerte de gas Argón.
- ❖ Tubos de tungsteno.
- ❖ Aislante térmico.
- ❖ Soporte de aluminio.

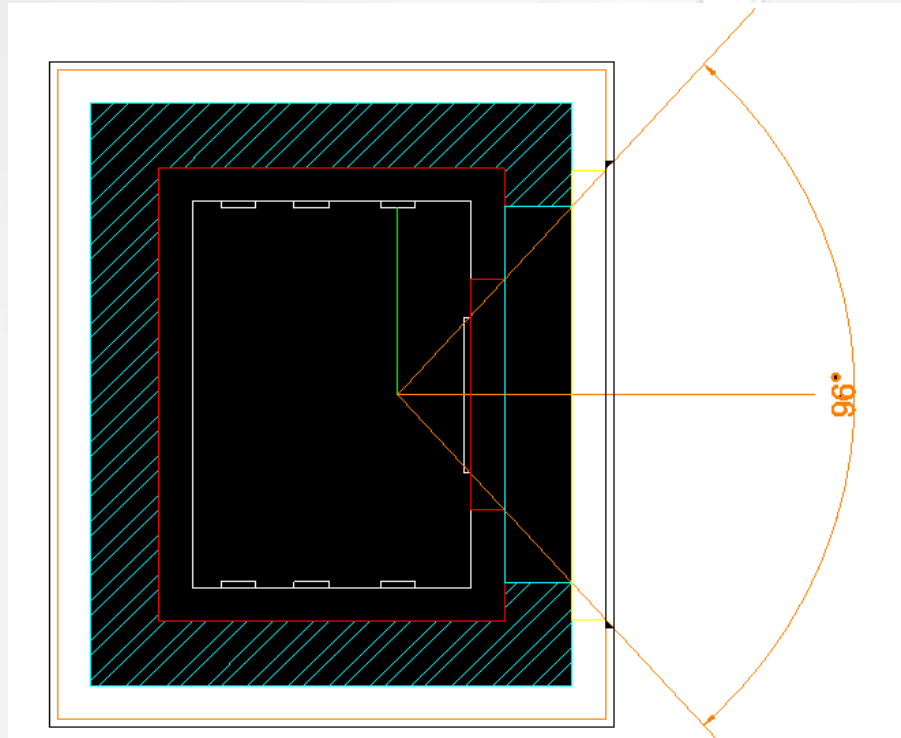
Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

Diseño del reactor termoquímico



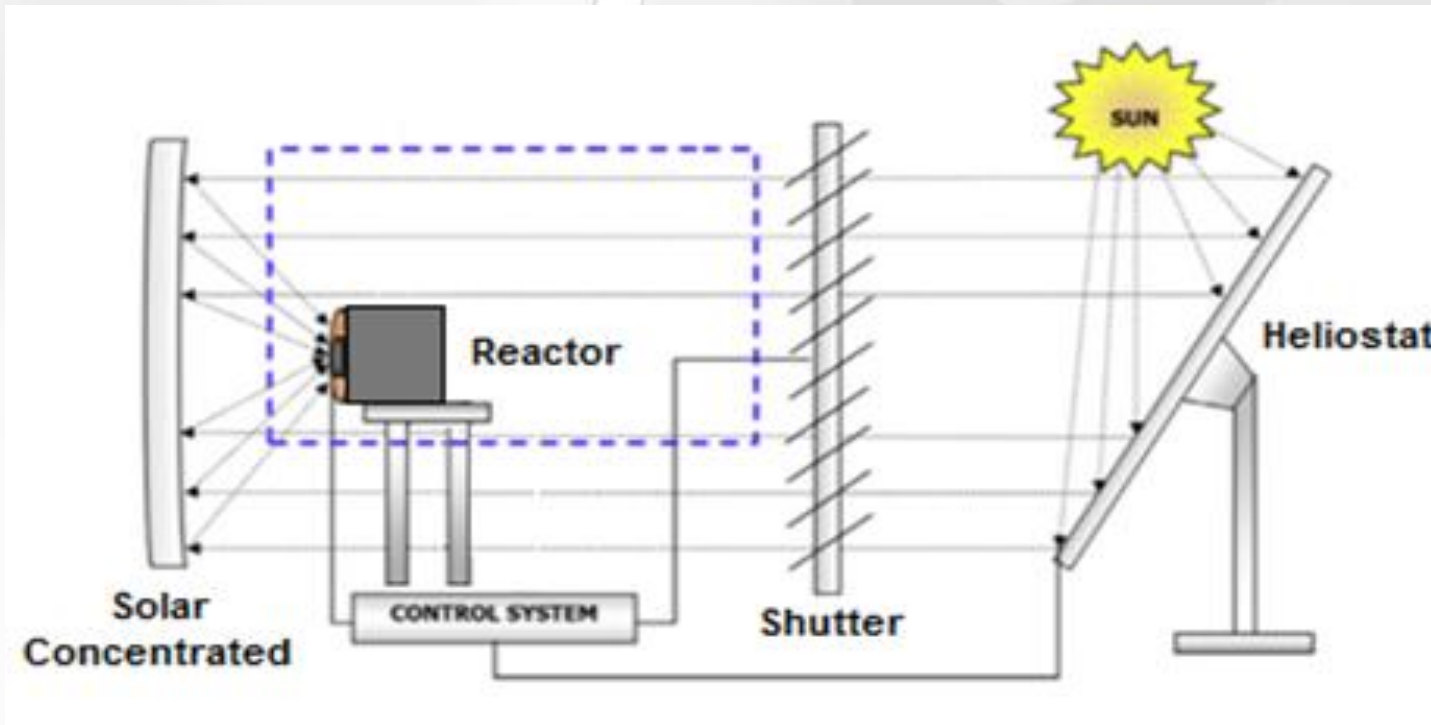
Diseño del reactor termoquímico

Corte de vista lateral, se muestra el ángulo por el cual entra el haz de luz concentrada.



Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

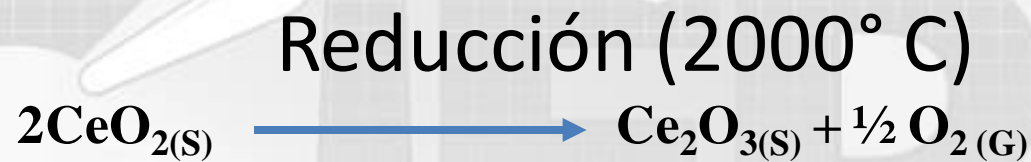
Estructura del sistema de concentración



*Esquema general del sistema para
la producción de hidrógeno.*

Análisis térmico

Para el análisis térmico se consideró la reacción termoquímica para **óxidos metálicos**, en específico el **CeO₂** (óxido de cerio).



Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

Modelo matemático

Para el calculo de la conducción de calor

$$\nabla * (-k\nabla T) = Q + q_s T$$

Donde:

k= Conductividad térmica.

T= Temperatura.

Q= Fuente de calor.

q_s = Coeficiente de producción/absorción.

Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

Modelo matemático

Considerando la convección

$$\nabla * (-k\nabla T) = Q + q_s T - \rho C_p \mathbf{u} * \nabla T$$

Donde:

ρ = densidad

C_p = Capacidad térmica a presión constante.

\mathbf{u} = Campo de velocidades.

Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

Análisis térmico

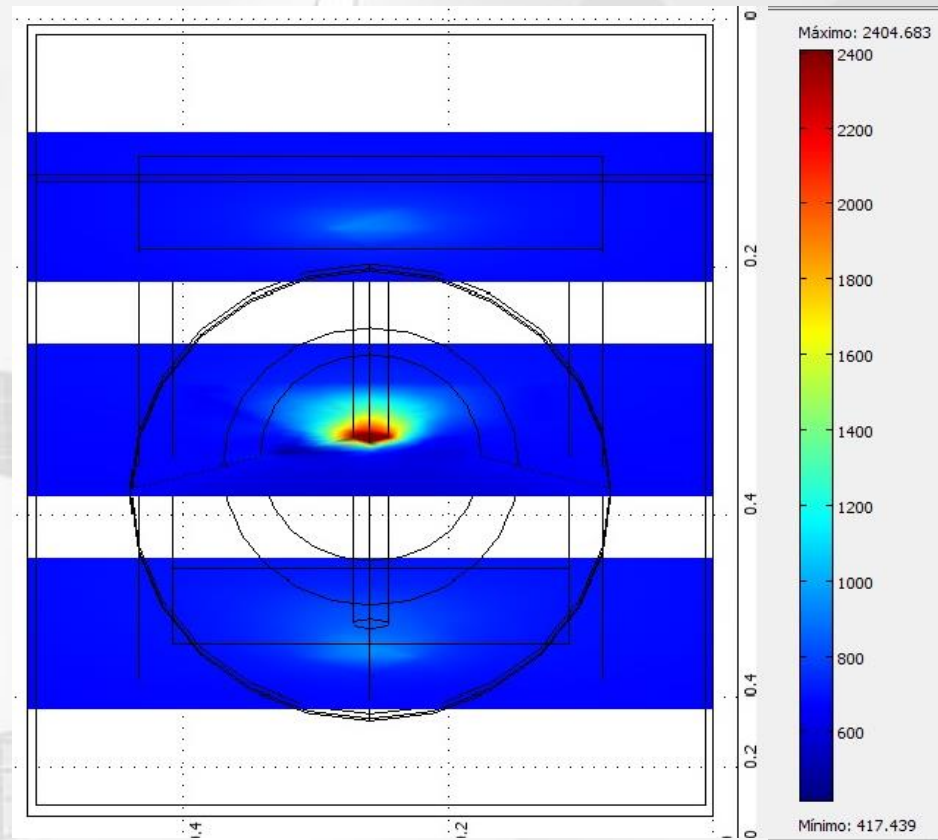
Consideraciones para la transferencia de calor en la simulación CFD

La fuente de energía es el tubo de tungsteno, con la temperatura de 2300 °C.

La cantidad de energía emitida es igual a la cantidad de energía total menos la consumida por la reacción.

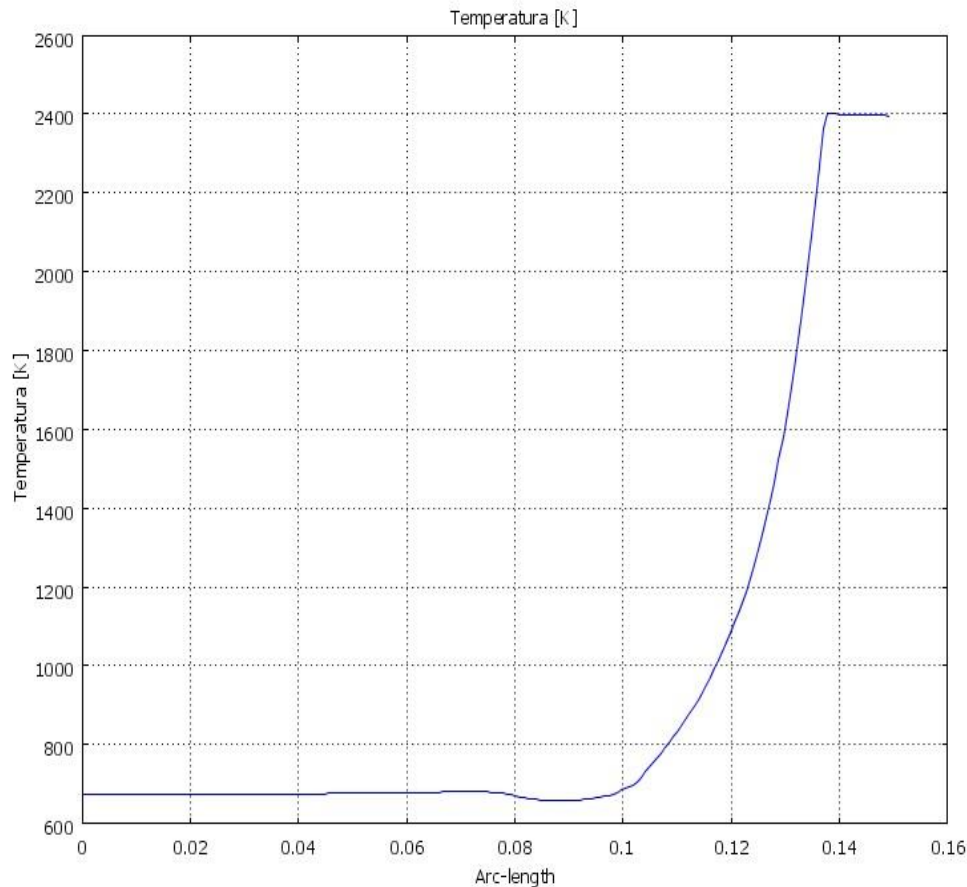
Colegio de Ingenieros en Energías Renovables

Resultados de la Simulación en CFD.



Colegio de Ingenieros en Energías Renovables

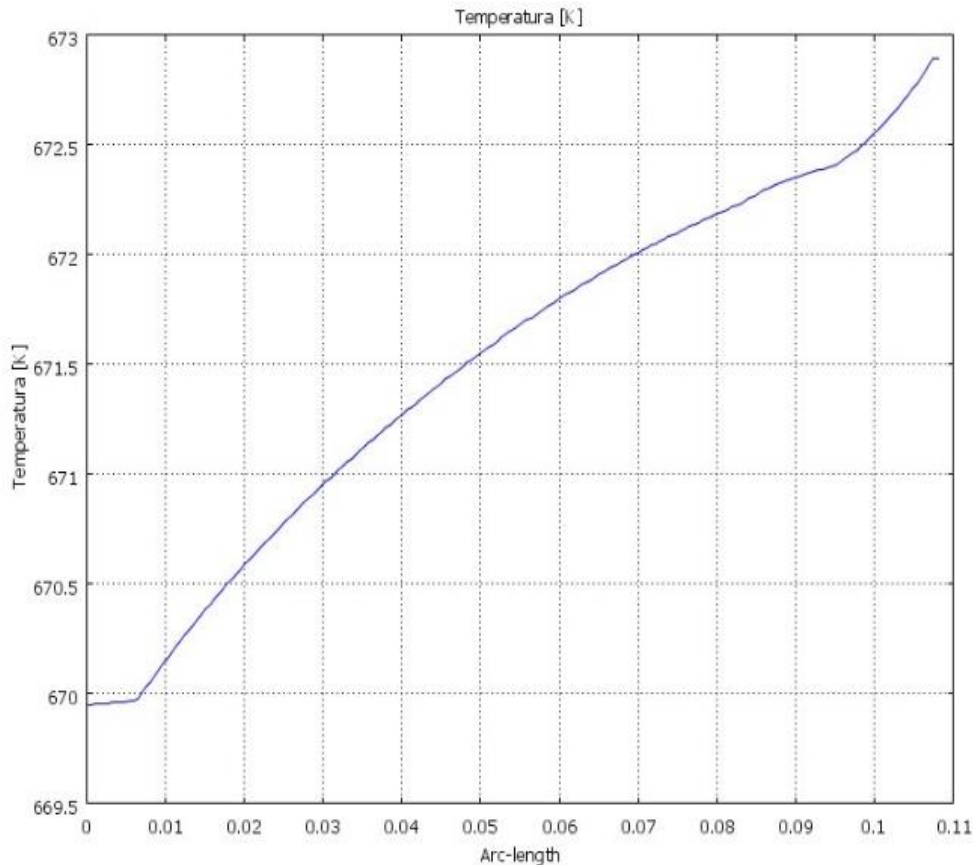
Resultados de la Simulación en CFD.



Incremento de temperatura de la pared lateral de grafito al centro del tubo de tungsteno.

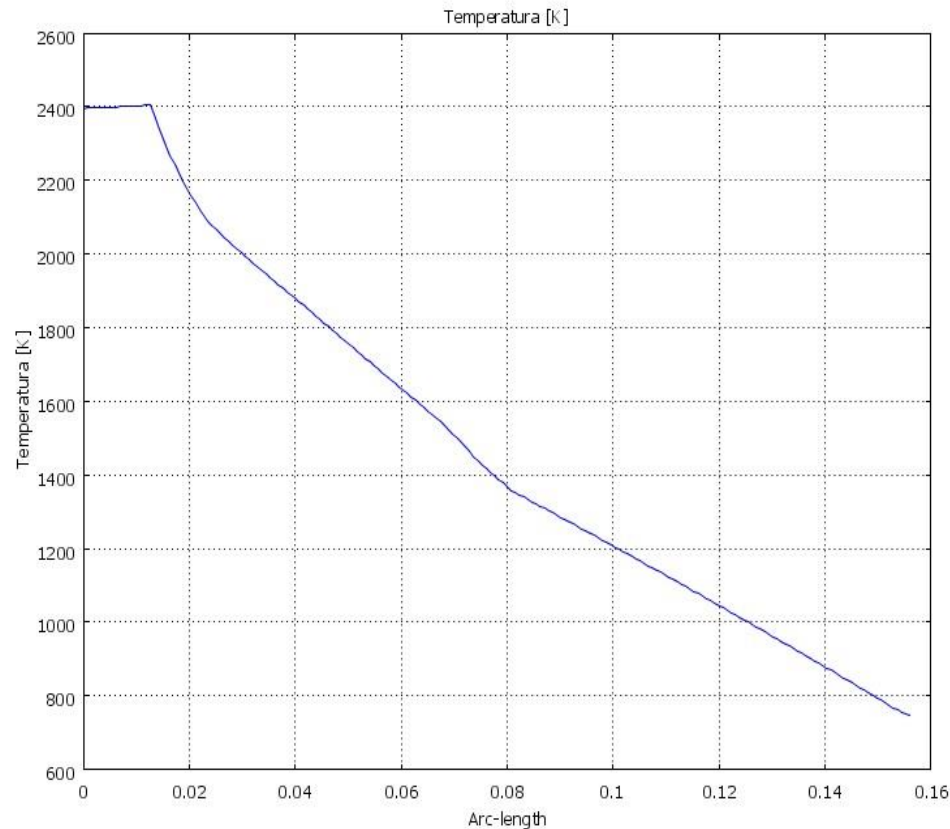
Energías Renovables

Resultados de la Simulación en CFD.



Gradiente de temperaturas de la pared del reactor a la estructura de grafito.

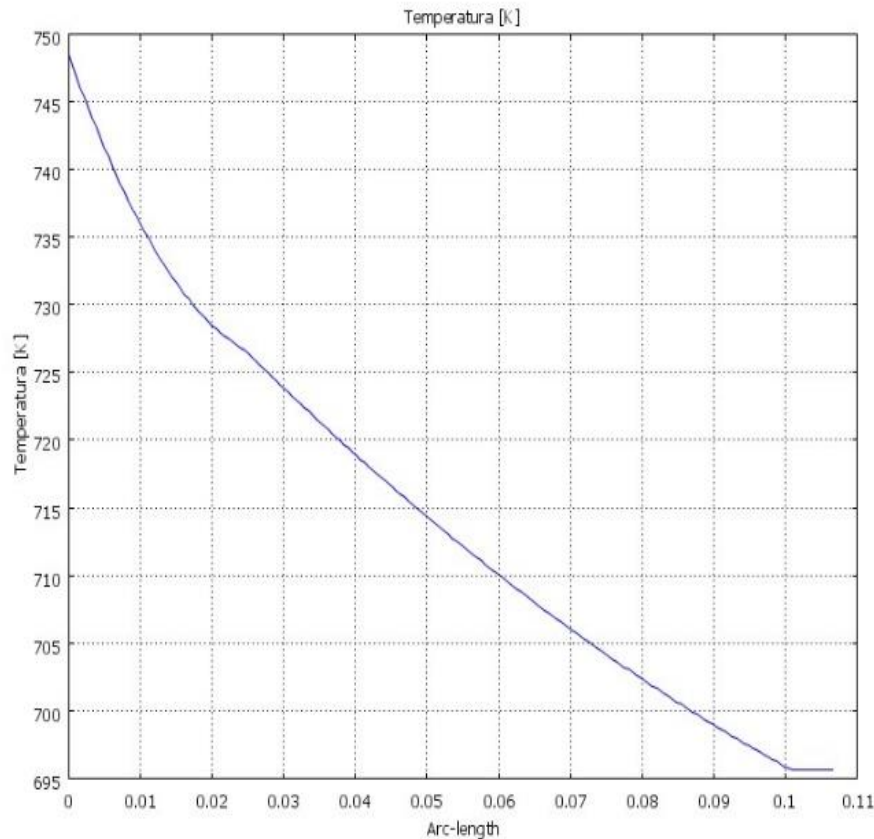
Resultados de la Simulación en CFD.



Decremento de la temperatura del centro del tubo de tungsteno a la pared de atrás de grafito.

Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

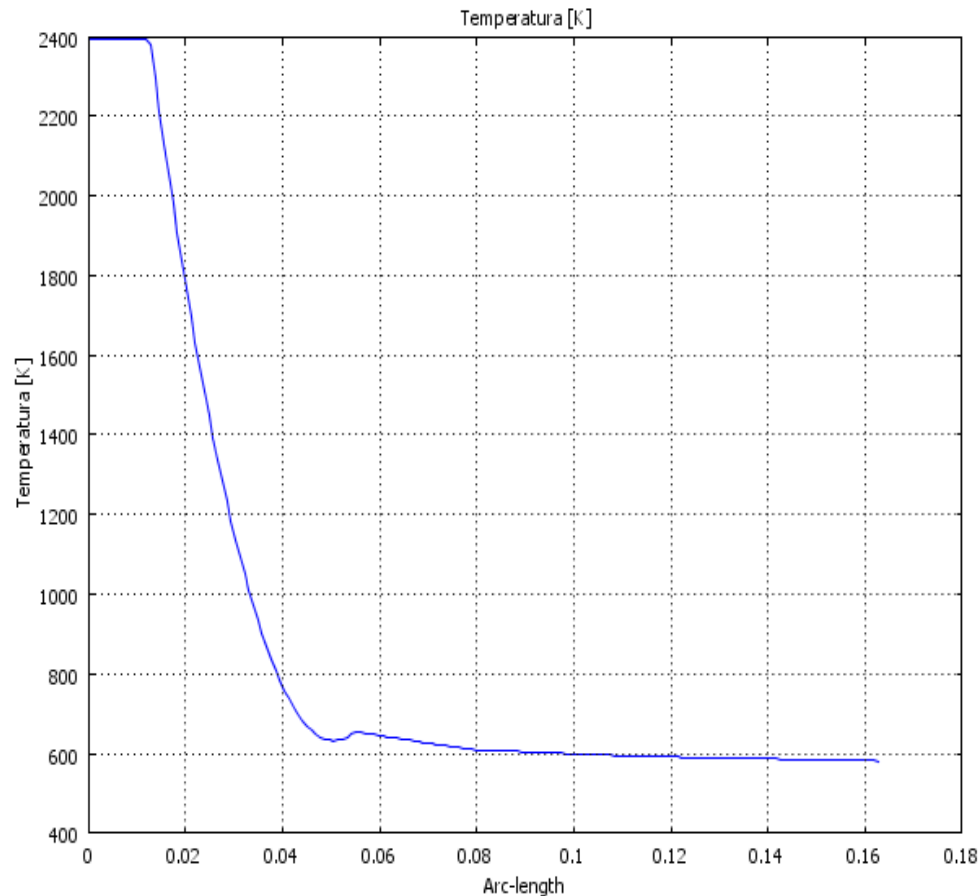
Resultados de la Simulación en CFD.



Decremento de la temperatura de la pared de grafito a la pared externa posterior de la estructura de aluminio.

Colegio de Ingenieros en Energías Renovables

Resultados de la Simulación en CFD.



Decremento de la temperatura del centro del tubo de tungsteno al vidrio de cuarzo.

Energías Renovables

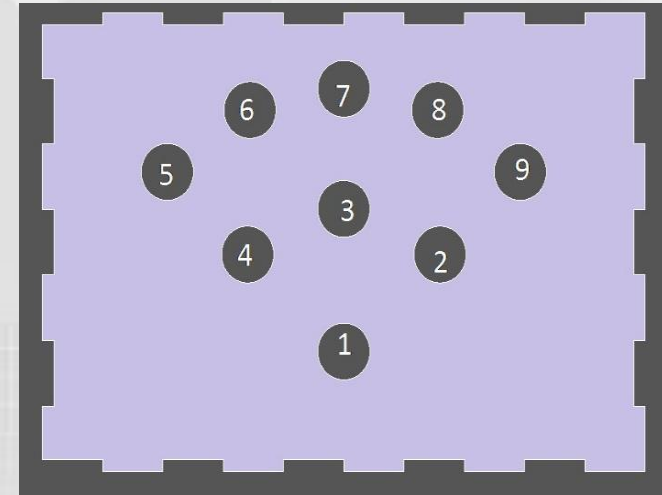
Conclusiones

- A partir de los resultados de la simulación del modelo térmico se puede afirmar que la distribución de temperaturas permite llevar a cabo las reacciones de reducción y oxidación del óxido de cerio.
- El ciclo del óxido de cerio es uno de los ciclos térmicos que mayor temperatura requiere para llevarse a cabo (2000° C), por lo que reacciones de menor temperatura también pueden realizarse en este reactor.
- Con base a los datos de temperatura podemos concluir que la selección de materiales ha sido adecuada garantizando la resistencia del sistema bajo las condiciones experimentalmente de operación.

Colegio de Ingenieros en Energias Renovables

Conclusiones

- Al conocer la distribución temperatura de los tubos dentro del reactor, podemos elegir en que tubos se realiza la reducción térmica del oxido de cerio y en cuales la hidrólisis. Lo anterior nos permitirá optimizar el proceso experimental en base a un acomodo de reactivos.
- Este trabajo contribuye al estudio de la tecnología de concentración solar, promoviendo la producción de hidrogeno mediante energía limpia, que mediante ciclos termoquímicos sea viable, lo cual favorecería al desarrollo sustentable.



Agradecimiento



Los autores agradecen el apoyo económico recibido a través del Centro Mexicano de Innovación en Energía Solar (CeMIE-Sol), en el marco de la Convocatoria 2013-02, del Fondo SECTORIAL CONACYT-SENER-SUSTENTABILIDAD ENERGÉTICA, dentro del Proyecto Estratégico No. 10, con título: “COMBUSTIBLES SOLARES Y PROCESOS INDUSTRIALES”, por medio del cual fue posible desarrollar la investigación y apoyar la formación de recursos humanos a nivel posgrado.

Colegio de Ingenieros en Energías Renovables



**Congreso Interdisciplinario de Energías Renovables,
Mantenimiento Industrial, Mecatrónica e Informática** 2016

Referencias



- J PÉREZ ENCISO R. A., 2015. CARACTERIZACIÓN ÓPTICA Y TERMICA DEL HORNO SOLAR DEL IER. PARA OPTAR POR EL GRADO DE: DOCTOR EN INGENIERÍA. UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO. MÉXICO, D. F.
- Stéphane Abanades, Gilles Flamant. 7 February 2006. Thermochemical hydrogen production from a two-step solar-driven water-splitting cycle based on cerium oxides. 2016, de Associate Editor S.A. Sherif Sitio web: www.elsevier.com/locate/solener.
- Aldo Steinfeld, 15 January 2004. Solar thermochemical production of hydrogen—a review. 2016, de Associate Editor A.T. Raissi Abstract. Sitio web: www.elsevier.com/locate/solener
- I. Al-Shankiti • F. Al-Otaibi • Y. Al-Salik, 2013. Solar Thermal Hydrogen Production from Water over Modified CeO₂ Materials. Springer Science+Business Media New York.
- C. H. APORTA, P. E. MARTÍNEZ, D. M. PASQUEVICH, 2011. Estudio de los ciclos termoquímicos para la producción de hidrógeno nuclear, Comisión Nacional de Energía Atómica.
- Stéphane Abanades, Patrice Charvin, Gilles Flamant, Pierre Neveu, 22 April 2005. Screening of water-splitting thermochemical cycles potentially attractive for hydrogen production by concentrated solar energy.
- A. KOGAN, 1998. DIRECT SOLAR THERMAL SPLITTING OF WATER AND ON-SITE SEPARATION OF THE PRODUCTS-II. EXPERIMENTAL FEASIBILITY STUDY de International Association for Hydrogen Energy.
- Nobuyuki Gokona, Toshinori Sudab, Tatsuya Kodamac, 2015. Thermochemical reactivity of 5–15 mol% Fe, Co, Ni, Mn-doped cerium oxides in two-step water-splitting cycle for solar hydrogen production. 2016 de Elsevier B.V. Sitio web: www.elsevier.com/locate/tca
- J. Plou, P. Durán, J.A. Peña, 2014. Perspectiva sobre la producción de hidrógeno por métodos emergentes basados en energía solar y de alta temperatura.
- Saúl Luyo Alvarado, Edgar Méndez Lango, 2008. Sistema de Medición de Emisividad de Cuerpos Negros y Materiales Vía Reflectancia Modulada.
- Patrice Charvin, Stéphane Abanades, Gilles Flamant, Florent Lemort, 2006. Two-step water splitting thermochemical cycle based on iron oxide redox pair for solar hydrogen production, de Elsevier. Sitio web: www.elsevier.com/locate/energy.





ECORFAN®

© ECORFAN-Mexico, S.C.

No part of this document covered by the Federal Copyright Law may be reproduced, transmitted or used in any form or medium, whether graphic, electronic or mechanical, including but not limited to the following: Citations in articles and comments Bibliographical, compilation of radio or electronic journalistic data. For the effects of articles 13, 162,163 fraction I, 164 fraction I, 168, 169,209 fraction III and other relative of the Federal Law of Copyright. Violations: Be forced to prosecute under Mexican copyright law. The use of general descriptive names, registered names, trademarks, in this publication do not imply, uniformly in the absence of a specific statement, that such names are exempt from the relevant protector in laws and regulations of Mexico and therefore free for General use of the international scientific community. BCIERMIMI is part of the media of ECORFAN-Mexico, S.C., E: 94-443.F: 008- (www.ecorfan.org/ booklets)