Licenciatura en Ingeniería Mecánica

Diseño y evaluación de un concentrador solar parabólico para la producción de hidrógeno

Modalidad: Proyecto de investigación

Versión: Segunda

Trimestre Lectivo: 18- I

Alumno: **Nombre:** Fermín Aguilar Gil

Matricula: 209331777

Correo electrónico: fermon22@gmail.com

Firma

Datos de los asesores:

Nombre: Dr. Rubén Dorantes Rodríguez

Categoría: Profesor Titular C de tiempo completo.

Departamento de adscripción: Energía

Correo electrónico: rjdr@correo.azc.uam.mx

Teléfono: 53189539

Firma

Nombre: Dr. José Luis Contreras Larios

Categoría: Profesor Titular C de tiempo completo.

Departamento de adscripción: Energía

Correo electrónico: jlcl@correo.azc.uam.mx

Teléfono: 53189539

Firma

23/Marzo/2018

Declaratoria:

En caso de que el Comité de Estudios de la Licenciatura en Ingeniería Mecánica apruebe la realización de la presente propuesta, otorgamos nuestra autorización para su publicación en la página de la División de Ciencias Básicas e Ingeniería.

Fermín Aguilar Gil

Dr. Rubén Dorantes Rodríguez

Dr. José Luis Contreras Larios

1.- Introducción

México no sólo tiene el reto de satisfacer una demanda creciente de energía, sino de hacerlo con medios de producción y de trasformación limpios. Esto es, desarrollar tecnologías de producción de “combustibles solares” basadas en procesos totalmente independientes de la utilización de combustibles fósiles.

Los “combustibles solares” como la producción de hidrógeno utilizando un proceso químico donde la energía consumida es de origen térmico-solar, puede usarse de diferentes maneras: ‘mejorando’ los combustibles fósiles que se queman para generar calor, utilizándolos directamente en quemadores, en turbinas o motores para producir electricidad o movimiento, o usándolos para generar electricidad en pilas de combustible y baterías.

Básicamente hay tres rutas para producir hidrógeno a partir de la energía solar:

• Electroquímico: electricidad solar obtenida a partir de sistemas fotovoltaicos o termosolares de concentración seguido de un proceso electrolítico
• Fotoquímico/fotobiológico: uso directo de la energía de los fotones solares para procesos fotoquímicos y fotobiológicos.
• Termoquímico: calor solar a altas temperaturas seguido de un proceso termoquímico endotérmico.

Pueden utilizarse diversas tecnologías para concentrar y recoger la luz del sol y convertirla en calor a media o alta temperatura ver figura 1. [1]

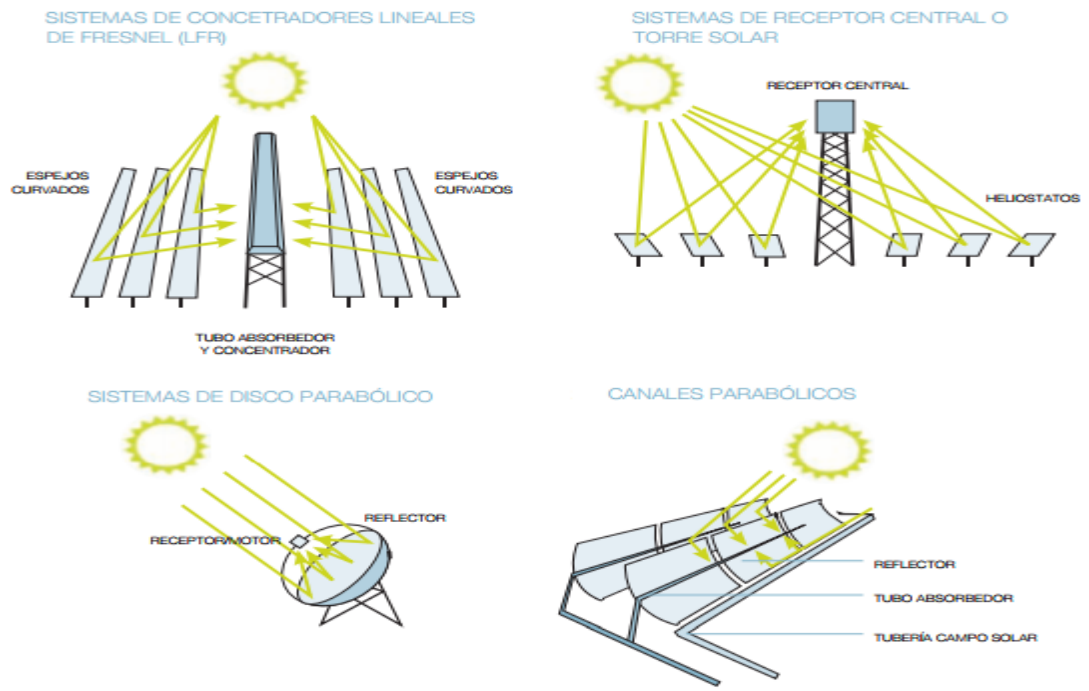

Figura 1 Sistemas de Concentradores Lineales de Fresnel (RLF), Sistemas de receptor central o torre solar, Sistemas de Disco Parabólico, Canales parabólicos.

El alcance de este proyecto es diseñar un concentrador solar de disco parabólico capaz de proporcionar la energía térmico-solar necesaria para producir hidrógeno “limpio”, utilizando un proceso termoquímico ya desarrollado en la UAM-A [4]. El diseño del concentrador solar se hará utilizando datos meteorológicos y de irradiación solar de dos ciudades, Hermosillo y Ciudad de México.

2.- Antecedentes.

En el contexto mundial, el proyecto europeo FotoH2, coordinado por la Universidad de Alicante (España) se centra, precisamente, en el diseño y desarrollo de un dispositivo fotoelectroquímico capaz de producir la conversión directa de energía solar en energía química contenida en los enlaces de las moléculas de hidrógeno. [2]

El fabricante neerlandés de pintura y químicos AkzoNobel y el operador de redes de gas Gasunie planean construir la mayor planta “verde” de producción de hidrógeno de Europa. Usará una unidad de electrólisis de agua de 20 megavatios para convertir electricidad sustentable en hidrógeno. Esperan usar excedentes de energía eólica y solar para crear hidrógeno, que posteriormente puede ser almacenado para reconversión a energía o para uso industrial directo. [3]

En 2015, Iván Rafael Martínez Cervantes alumno de Maestría de Procesos de la UAM Azcapotzalco, realizó el Estudio de un reactor de lecho catalítico para la producción de hidrógeno a partir de bioetanol. [4]. Obtuvo como resultado la evaluación del catalizador a tres diferentes temperaturas (450°C, 500°C y 550°C).

La reacción catalítica se llevó a cabo en un reactor convencional de lecho fijo, tubular de acero inoxidable, con una longitud de 12 cm de lecho (Figura 2). El catalizador fue granulado en forma cilíndrica y se depositó una carga de 18 g. La alimentación al reactor consistió de etanol, agua y N2, en fase gas con un espacio-velocidad WHSV de 118 h-1. La mezcla de agua y etanol se alimentó con una relación molar de 4/1 en presencia de una corriente de N2 usando dos saturadores o mezcladores de acero inoxidable, como se puede observar en el diagrama de flujo, Figura 2.

La temperatura axial del reactor se midió con un termopar ubicado a la mitad del diámetro del reactor y la conversión se evalúo usando cinco puertos de muestreo soldados a lo largo de la pared del reactor.

La temperatura de activación del catalizador fue controlada a 450°C (±1°C) en un flujo de H_2 por 30 min para limpiar y activar su superficie. Después de este paso se introdujo un flujo de N_2 (30 cm3/min) a fin de eliminar todo el gas H_2 remanente dentro del reactor.

La evaluación del catalizador se realizó a tres diferentes temperaturas de reacción: 450, 500 y 550°C. Se mantuvo al catalizador a la temperatura de reacción por 30 min para poder hacer tres análisis cromatográficos.

Cada análisis de los reactivos y de los productos de reacción se hizo en línea con el cromatógrafo de gases. Con una válvula de inyección automática interior se dividió a la muestra en dos porciones que se analizaron para obtener una cuantificación completa de los productos de reacción. Se identificaron: H_2, CO, CO_2 y CH_4 usando el detector de conductividad térmica (TCD) con una columna empacada de silica gel 12 grado 60/80 (18 x 1/8 pulgadas) en un cromatógrafo Gow-Mac 550.

Etanol, acetaldehído y etileno se analizaron en un cromatógrafo Varian 3800 con detector de ionización de flama (FID), usando una columna capilar (Varian, VF-1ms, 15 m, 0.25 mm, 0.25 µm). Se determinaron la conversión, selectividad y temperatura a lo largo del reactor.

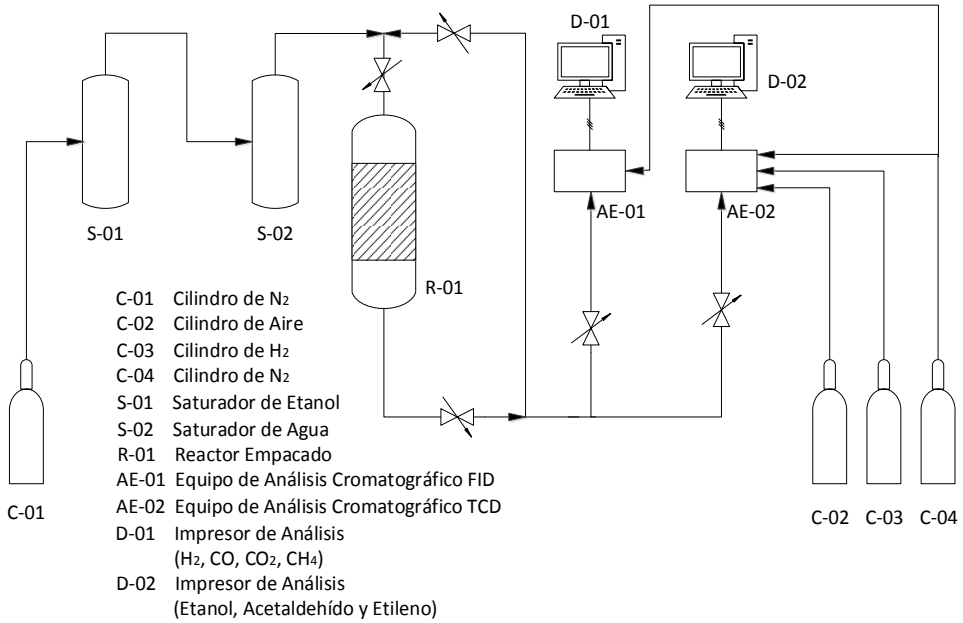

Figura 2. Diagrama de flujo de la instalación para la producción de H_2 a partir de bioetanol.

En 2015 Ángela M. Jaramillo Granada y Nathaly Daza Ramírez, realizaron el diseño de una estufa solar con forma de un paraboloide de revolución, además de su análisis óptico, energético y térmico. Experimentalmente y utilizando aceite térmico, se alcanzó una temperatura de 180°C en el receptor [5]. Este trabajo servirá de base para el diseño del paraboloide y del receptor (reactor) que se utilizará para llevar a cabo la reacción termoquímica para la producción del hidrógeno.

3.Justificación.

“El problema del incremento en el precio de la gasolina en México se superpone al alza del petróleo a nivel mundial, por ello el costo de nuestros combustibles está sujeto al mercado internacional.” Dr. Claudio Estrada Gasca [6].

No obstante, aun si produjéramos combustibles similares a la gasolina, en el futuro el vector hidrógeno será importante y su producción a partir de energía solar concentrada cobrará mucha importancia. El ser humano ya no dependerá tanto de los hidrocarburos para quemarlos sino para aprovecharlos en productos de mayor valor agregado.

El sol es una fuente que está disponible todos los días, y por lo tanto la producción del hidrógeno dependerá de fuentes como el bioetanol o la glicerina.
El empleo masivo de energéticos sostenibles beneficiaría la economía del país, dándole seguridad a los precios de los energéticos y garantizando su abasto.

Una de las problemáticas que tienen las fuentes renovables de energía es su baja densidad y su almacenamiento. Esto en contraste con los hidrocarburos y la energía nuclear que son de alta densidad y cuyo almacenamiento es intrínseco a la fuente. Por ello, una de las tecnologías de energías renovables más promisorias es la tecnología de concentración solar para la producción de electricidad y de “combustibles solares”. [6]

4. Objetivos.

Objetivo general.

Diseñar y evaluar energéticamente un concentrador solar de tipo parabólico para la producción termoquímica de hidrógeno.

Objetivos específicos.

Definir los parámetros de diseño para la construcción de un concentrador solar (geometría, tamaño, materiales de construcción y temperaturas de operación).

Evaluar dos modelos físicos de simulación de un concentrador solar: un modelo óptico para el diseño del plato paraboidal y un modelo térmico para calcular la temperatura del absorbedor termoquímico.

Desarrollar el programa de cálculo óptico y térmico, así como calcular la variación temporal de temperatura del absorbedor termoquímico, usando datos meteorológicos reales.

Determinar la producción de hidrógeno y el costo, por el proceso de reformado catalítico de etanol calentado por el concentrador solar. Compararlo contra el costo de suministro de electricidad con pecios de la CFE o utilizando un combustible fósil.

5. Metodología.

a) Desarrollar un algoritmo para calcular las características ópticas y dimensionales del plato parabólico.

b) Desarrollar un balance de energía (primera ley de la termodinámica) para diseñar y calcular la evolución temporal de la temperatura del absorbedor (reactor termoquímico).

c) Realizar simulaciones del sistema completo usando una hoja de cálculo y bases de datos meteorológicos de Hermosillo, Sonora y la Ciudad de México.

d) Hacer una estimación de costos, comparando el sistema propuesto contra un sistema que consume combustibles fósiles o que consume electricidad comercial.

6. Cronograma de actividades Trimestre 18-P

Actividad		Semana											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	Definir los parámetros de diseño para la construcción de un concentrador solar (geometría, tamaño, materiales de construcción y temperaturas de operación).	x	x										
2	Desarrollar un balance de energía (primera ley de la termodinámica) para calcular la evolución temporal de la temperatura del absorbedor (reactor termoquímico).	x	x	x									
3	Evaluar dos modelos físicos de simulación de un concentrador solar: un modelo óptico para el diseño del plato paraboidal y un modelo térmico.		x	x	x								
4	Realizar simulaciones del sistema completo usando una hoja de cálculo y bases de datos meteorológicos de Hermosillo, Sonora y Ciudad de México.				x	x	x						
5	Hacer una estimación de costos, comparando el sistema propuesto contra un sistema que consume combustibles fósiles.						x	x	x	x			
6	Redactar el reporte final del proyecto de integración.						x	x	x	x	x	x	x

7. Entregables

Se entregará un reporte final del proyecto de integración que incluya dos programas de cómputo, uno para el diseño del paraboloide y otro para el análisis térmico del absorbedor, utilizando los datos meteorológicos para dos ciudades (Ciudad de México y Hermosillo, Sonora).

8. Referencias Bibliográficas

[1] Energía Solar Térmica de concentración

Visto en: http://www.aperca.org/temppdf/concentracion_2009.pdf

Consultado el 20 febrero de 2018.

[2] La UA lidera un proyecto europeo para generar hidrógeno a partir de energía solar.

Visto en: https://www.energynews.es/proyecto-europeo-generar-hidrogeno-energia-solar/

Consultado el 22 febrero de 2018.

[3] Países Bajos tendrá la mayor planta de hidrógeno de Europa.

Visto en: https://www.forbes.com.mx/paises-bajos-tendra-la-mayor-planta-de hidrogeno-de-europa/

Consultado el 23 febrero de 2018.

[4] Iván Rafael Martínez Cervantes, 2015, "Estudio de un reactor de lecho catalítico para la producción de hidrógeno a partir de bioetanol". Tesis para obtener la Maestría en Ingeniería de Procesos. Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Azcapotzalco.

[5] Ángela M. Jaramillo Granada, Nathaly Daza Ramírez, 2015, "Diseño, construcción y evaluación de una estufa solar para la cocción de alimentos". tesis para obtener el título de ingeniero Físico. Universidad Tecnológica de Pereira, Colombia.

[6] México logra niveles de concentración solar únicos en el mundo gracias al LACYQS.

Visto en: http://www.conacytprensa.mx/index.php/tecnologia/energia/15287-concentracion-solar-lacyqs

Consultado el 23 febrero de 2018.

9. Apéndices

Ninguno

10. Terminología

Ninguna

11. Infraestructura

No aplica

12. Estimación de costos

Partida			Subtotal ($)
$\left(\frac{Sueldo\ base\ semanal}{40\ horas}\right)$	Tiempo dedicado al proyecto (horas)	Estimación de la partida ($/hora de trabajo)	Subtotal ($)
Asesor	48	143.41	6883.68
Asesor	48	143.41	6883.68
Asesorías adicionales	0	0	0
Otro personal de la UAM	0	0	0
Equipo específico (Renta de máquinas, herramientas, etc.)			0
Software específico (Licencias de Software)			1849
Equipo de uso general (Cómputo, Impresora, etc.)			9500
Material de consumo			0
Documentación y publicaciones			0
Otros (especificar)			0
Total ($)			25116.36

13. Asesoría complementaria

Ninguna

14. Patrocinio externo

Ninguno

15. Publicación o difusión de los resultados

Se enviará una propuesta de artículo de congreso a la 41 Semana Nacional de Energía Solar 2018.

Resumen de comentarios recibidos y acciones realizadas del proyecto:

COMENTARIO DEL CEIM		ACCIÓN REALIZADA EN LA PPI	
Pagina	Copiar íntegro el comentario recibido en el archivo PDF.	Pagina	Breve descripción del cambio realizado o justificación del cambio realizado
*	Faltas de ortografía.	*	Se corrigió todas las faltas indicadas.
4	El objetivo	4	Se modificó la redacción: El alcance
5	Corrección de la redacción	5	Se eliminó el termino duplicado: utilizando aceite térmico

6	Si	6	Se cambió la redacción si por aún si.
6	Esto ya se debió haber realizado ahora en la preparación de la PPI, de forma que se tenga una idea clara del trabajo a desarrollar.	6	Se eliminó el objetivo específico. Y se plantea como una parte introductoria del proyecto de integración y no un objetivo a cumplir.
6	¿Cuál es la producción esperada estimada?	6	La producción esperada estimada es de 23.2gH/min.
7	La	7	Corrección de redacción La ciudad de México.
7	Consultar el comentario anterior.	7	Se ajustó el Cronograma de actividades.
8	Costo del programa de computo. Considerar el costo del equipo de cómputo a utilizar.	8	Corrección del cuadro estimación de costos.