

**Título del Reporte**

Subtitulo del reporte

**No de Reporte:** LACYQS 150126/001

**Fecha:** Enero 26, 2015

**Elaborado por:**

**Autor 1:** Dr. Claudio A. Estrada Gasca

**Autor 2:** Dr. Claudio A. Estrada Gasca

**Revisado por:**

Nombre:

Cargo en el proyecto

…

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| escudounam_azul_m2008_jpg | escudo-gde-trans |  |  | conacyt_g |

**Resumen** (máximo 200 palabras)**:**

Se reporta el avance de los tres subproyectos del LACYQS II durante los trimestres 3 al 6 del mismo. Se tuvo un avance adecuado de acuerdo a los objetivos y plazos establecidos, aunque con reajustes con respecto al proyecto original. También se llevaron a cabo actividades no previstas para mejorar el desempeño de las instalaciones prexistentes, el Horno Solar de Alto Flujo Radiativo y el Campo de Experimental de Torre Central, para que cumplan mejor su función en esta segunda etapa. Estas tareas adicionales han generado resultados de investigación interesantes. Se ha involucrado a un número importante de estudiantes en las tareas del proyecto y se han llevado a cabo una serie de esfuerzos de vinculación. Se considera que el ritmo actual de desarrollo del proyecto permitirá concluirlo exitosamente.

Tabla de contenido

[1 Introducción 3](#_Toc369023871)

[2 Actividades propuestas 4](#_Toc369023872)

[3 Actividades desarrolladas 9](#_Toc369023873)

[3.1 Laboratorio de Termoquímica Solar 9](#_Toc369023874)

[3.1.1 Caracterización del HoSIER 9](#_Toc369023875)

[3.1.2 Mejoramiento del HoSIER 11](#_Toc369023876)

[3.1.3 Selección del proceso a ser desarrollado 13](#_Toc369023877)

[3.1.4 Selección, adquisición e instalación de equipos analíticos 16](#_Toc369023878)

[3.1.5 Evaluación de los materiales y reacciones involucradas en el proceso 17](#_Toc369023879)

[3.1.6 Diseño y construcción de reactores solares 18](#_Toc369023880)

[3.2 Campo Experimental de Torre Central 23](#_Toc369023881)

[3.2.1 Construcción del laboratorio anexo 23](#_Toc369023882)

[3.2.2 Desarrollo de prototipos mejorados de helióstatos 24](#_Toc369023883)

[3.2.3 Implementación de infraestructura y metodologías para evaluación de helióstatos 26](#_Toc369023884)

[3.2.4 Pruebas del prototipo desarrollado e identificación de puntos de mejora 27](#_Toc369023885)

[3.2.5 Mejora del diseño y construcción de 2300 m2 de helióstatos 29](#_Toc369023886)

[3.2.6 Diseño de comunicación inalámbrica para control de helióstatos. 30](#_Toc369023887)

[3.2.7 Revisión literaria y estudio de transferencia de calor en receptores térmicos 31](#_Toc369023888)

[3.2.8 Elección del tipo de intercambiador a desarrollar y diseño del mismo 33](#_Toc369023889)

3.3 Laboratorio de sistemas fotovoltaicos con concentración 37

[3.3.1 Diseño de CPV 37](#_Toc369023891)

[3.3.2 Construcción de prototipos 38](#_Toc369023892)

[3.3.3 Evaluación y caracterización de prototipos de CPV 39](#_Toc369023893)

[3.3.4 Mejoramiento y optimización de los prototipos 40](#_Toc369023894)

[3.4 Actividades de difusión y vinculación 41](#_Toc369023895)

[3.4.1 Difusión 41](#_Toc369023896)

[3.4.2 Vinculación 45](#_Toc369023897)

[4 Conclusiones 46](#_Toc369023898)

[Anexos 47](#_Toc369023899)

[A1. Publicaciones 47](#_Toc369023900)

[A2. Formación de Recursos Humanos 49](#_Toc369023901)

[A3. Lista de Participantes 52](#_Toc369023902)

[A3.1 Universidad Nacional Autónoma de México 52](#_Toc369023903)

[A3.2 Universidad de Sonora 52](#_Toc369023904)

[A3.3 Otras Instituciones Nacionales 53](#_Toc369023905)

[A3.4 Instituciones Extranjeras 53](#_Toc369023906)

[A4. Referencias 54](#_Toc369023907)

[A4.1 Procesos termoquímicos solares 54](#_Toc369023908)

[A4.2 Receptores de cavidad 56](#_Toc369023909)

[A4.3 Receptores volumétricos 56](#_Toc369023910)

[A4.4 Sistemas CPV 57](#_Toc369023911)

# Introducción

El objetivo general del *Laboratorio Nacional de Sistemas de Concentración Solar y Química Solar, Segunda Etapa* (LACYQS II) es avanzar en el conocimiento de las tecnologías para el aprovechamiento de la energía solar, poniendo a prueba sistemas de concentración solar con conceptos novedosos. Esto incluye repotenciar la infraestructura previamente desarrollada en la primera etapa (proyecto CONACYT 56918) y consolidar la red de grupos de investigación que se ha logrado integrar en el área, gracias a este proyecto. También se pretende formar recursos humanos de alto nivel y especialización e impulsar el desarrollo de una industria nacional de tecnologías de concentración solar.

En particular, en el proyecto se propuso escalar y transformar el Campo de Prueba de Heliostatos (Fig. 1.1) a un Campo Experimental de Tecnología de Torre Central (CETOC), con capacidad de 2 MW térmicos, implementar un laboratorio para la producción de hidrógeno usando el Horno Solar de Alto Flujo Radiativo del IER (HOSIER, Fig. 1.2.) y hacer una instalación piloto de fotovoltaicos con concentración.

|  |
| --- |
| CPH |
| Figura 1.1. Instalaciones actuales del CETOC, en terrenos de la UNISON, en Hermosillo, Sonora. |

Es necesario señalar que los objetivos del proyecto se plantearon considerando un presupuesto cercano a los 40 millones de pesos. El presupuesto real aprobado es un poco superior a 24 millones, lo que implica una reducción de alrededor de 40%. Es claro que una disminución de esta magnitud debe impactar en los alcances del proyecto; en particular, se reducirá a la mitad la meta de potencia total propuesta para el CETOC (1 MW) y se reducirá el proyecto LASIFOV a un mínimo. Estas reducciones se detallan más adelante.

Cada uno de los subproyectos cuenta con su propio cronograma de actividades, los cuales se estructuraron por trimestres, como se muestra a continuación. El primer reporte, correspondiente a agosto de 2012, abarcó los dos primeros trimestres del proyecto. Este segundo informe corresponde a los trimestres del 3 al 6; es decir, de septiembre de 2012 a septiembre de 2013.

# Actividades propuestas

De acuerdo al proyecto original sometido, las actividades de los diferentes subproyectos se muestran a continuación en las Tablas 2.1, 2.3 y 2.5. En cada una de ellas se señala con líneas rojas verticales el momento hasta donde cubre este reporte; a saber, el sexto trimestre de actividades. Por otro lado, las Tablas 2.2, 2.4 y 2.6, presentan cronogramas actualizados que reflejan mejor el estado actual de los subproyectos y lo que se espera de su subsecuente ejecución.

En la Tabla 2.1 aparece el cronograma original para el Laboratorio de Termoquímica Solar. Hay dos tareas muy importantes que se han venido realizando y que no están reflejadas en esta tabla, pero que se incluyen en la Tabla 2.2: la caracterización y el mejoramiento del HoSIER. Respecto a la primera, es necesario

Tabla 2.2. Cronograma actualizado de actividades para el Laboratorio de Termoquímica Solar. En verde se señalan actividades originalmente no programadas y en naranja las que han tomado más tiempo del programado.

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Laboratorio de termoquímica solar** | **Trimestre** | | | | | | | | | | | |
| **Actividad** | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** | **9** | **10** | **11** | **12** |
| 0. Caracterización del HoSIER |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 00. Mejoramiento del HoSIER |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 1. Selección del proceso a ser desarrollado |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2. Selección y adquisición e instalación de equipos analíticos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3. Evaluación de los materiales y reacciones involucradas en el proceso termoquímico seleccionado: propiedades termodinámicas, reactividad, cinética química, propiedades ópticas y térmicas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4. Diseño y construcción de reactores solares. |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5. Desarrollo de la ingeniería de procesos (análisis exergético, simulación dinámica, evaluación tecno-económica). |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6. Implementación y puesta en marcha de los procesos |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7. Elaboración de informes y publicaciones |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

En cuanto a la segunda actividad, el mejoramiento del HoSIER, es necesario puntualizar que en la medida que comenzó su caracterización detallada se fueron encontrando necesidades de mejora y se fueron ideando mejores soluciones para algunos de los subsistemas del mismo.

# Actividades desarrolladas

Consideramos que las actividades del LACYQS II llevan a la fecha un avance adecuado. El cronograma ha sido cumplido en términos generales, aunque en algunos casos se han adelantado o retrasado actividades con respecto a lo programado. También se han llevado a cabo actividades adicionales no programadas, por considerarse importantes para el mejor desarrollo del proyecto. Las actividades realizadas en el presente período se describen a continuación clasificándolas por subproyecto y con referencia a las tareas específicas comprometidas en los cronogramas anteriores.

## Laboratorio de Termoquímica Solar

Dentro de este subproyecto se requiere instalar en el HoSIER los equipos necesarios para poder llevar a cabo experimentación sobre procesos termoquímicos con energía solar concentrada, particularmente la producción de combustibles solares. Entre los equipos a instalar se encuentran los reactores químicos solares necesarios para llevar a cabo estos procesos. El desarrollo de los reactores debe ser específico para el HoSIER y su diseño requiere tener una caracterización precisa del horno. Por lo tanto, ha sido necesario caracterizar el HoSIER, lo cual es una tarea adicional a las comprometidas en el proyecto y que ha planteado sus propios problemas tecnológicos. Esta tarea se describe a continuación, junto con las otras comprometidas inicialmente.

### Caracterización del HoSIER

Durante este período se continuó con la tarea de caracterización del HoSIER. Como se señaló en el pasado reporte, para poder medir con precisión la potencia concentrada por el horno se diseñó y construyó un calorímetro de cavidad cónica (Fig. 3.1.1). El diseño de cavidad y la selección de los materiales del dispositivo permiten reducir las pérdidas térmicas, para medir con mucha mayor precisión que lo que permite los radiómetros convencionales. El dispositivo funciona basado en la técnica de calorimetría de agua fría. Los parámetros que se miden son las temperaturas de entrada y salida y flujo másico del agua que circula por el calorímetro, la distribución de temperaturas en la pared de la cavidad (con 11 termopares, Fig. 3.1.1 derecha) y la irradiancia solar directa. Una primera evaluación mediante el calorímetro arriba descrito dio como resultado una potencia de 20.0 ±0.83 kW para el horno solar en condiciones reales de irradiancia solar directa de 950 W/m2.

|  |  |
| --- | --- |
| D:\FotosHS\2012-09-30\IMG_1505.JPG |  |
| Figura 3.1.1 Calorímetro de cavidad cónica en operación (derecha) en el horno e instrumentación de la cavidad del mismo mediante termopares (izquierda). | |

Otro resultado útil que se ha podido obtener con el calorímetro es la caracterización del atenuador (persiana) del horno. En principio el diseño requiere que la potencia concentrada sea directamente proporcional al porcentaje de apertura del atenuador. Esta potencia se midió con el calorímetro variando el porcentaje de apertura y se encontró, en efecto, una relación lineal muy bien definida entre ambos parámetros (Fig. 3.1.2.).

|  |
| --- |
|  |
| Figura 3.1.2. Comportamiento del calorímetro y del atenuador a diferentes porcentajes de apertura. |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Figura 3.1.3. Arreglo experimental para la evaluación de superficies de flujo constante (izquierda) y esquema de la simulación (derecha). | |

|  |  |
| --- | --- |
|  |  |
| Figura 3.1.4. Superficies de flujo constante teóricas (izquierda) y experimentales (derecha), en la zona focal del HoSIER. | |

|  |
| --- |
|  |
| Figura 3.1.5. Comparación de la distribución de flujo concentrado a lo largo del eje vertical, teórica y experimental. |