

# SISTEMA DE TRANSPORTE PARA LA DEPOSICIÓN DE PELÍCULAS DE MATERIALES IÓNICOS POR INMERSIÓN Y MÉTODO DE OPERACIÓN.

Mónica Gabriela Gil Martínez (1), Axel José Hernández Azpeitia (2), Dr. Josué del Valle Hernández (3).

1 Instituto Tecnológico de León | Dirección de correo electrónico: mgabriela.gilm@hotmail.com

2 Instituto Tecnológico de León | Dirección de correo electrónico: axe.hernandez.azp.1029@gmail.com

3 Departamento de metal-mecánica, ingeniería en mecatrónica, Campus Alonso de Torres, Instituto tecnológico de León | Dirección de correo electrónico: josue.delvalle@itleon.edu.mx

## Resumen

Hoy en día la búsqueda de fuentes de energías limpias y el crecimiento de la nanotecnología ha llevado a numerosos grupos de investigación al desarrollo de una nueva generación de celdas fotovoltaicas híbridas. Uno de los métodos de creación de celdas solares es la técnica de síntesis SILAR, actualmente la tecnología para desarrollar esta metodología, es limitada y escasa. El objetivo de este trabajo es crear un sistema mecatrónico para implementar y eficientar el proceso de fabricación y generación de celdas solares donde se tenga un control en las variables de diseño. A su vez, este sistema Mecatrónico será una herramienta poderosa para los investigadores, con el cual se facilitará el trabajo de investigación y experimentación.

## Abstract

Un método ampliamente usado para la ceración de elementos de celdas solares por un gran número de centros de investigación es el método de síntesis SILAR. Este método requiere de una estandarización y automatización para ahorrar tiempo y trabajo a la hora de implementar esta técnica, así como la seguridad de los propios investigadores. Al entrevistar a expertos en la materia y método SILAR, se sigue una metodología de diseño basada en la descripción detallada del problema y las posibles soluciones, seguido de una evaluación de costos de producción y materiales, terminando con un análisis matemático de cada uno de los requerimientos siguiendo protocolos y normas de seguridad para equipos de investigación y experimentación. Es importante destacar que el dispositivo fue creado y es actualmente utilizado en trabajos de investigación y experimentación.

## Palabras Clave

Herramienta; Mecatrónica; Investigación; Celdas Fotovoltaicas;

## INTRODUCCIÓN

Las fuentes de energía limpia y renovable se han convertido en un eje crucial de investigación mundial y una de las prioridades en la ciencia y tecnología. Esto se debe a la gran demanda energética mundial y a la urgente necesidad de desprendimiento de energías no renovables. La mayor parte de la inversión en energías limpias es dirigida a la energía solar y la última a geotérmica, siendo su inversión anual cero (Figura 1) [1]. Y Gracias al crecimiento de la nanotecnología se ha creado una nueva generación de celdas fotovoltaicas híbridas diseñadas en arreglos que combinan nano-materiales y películas delgadas de materiales orgánicos e inorgánicos.

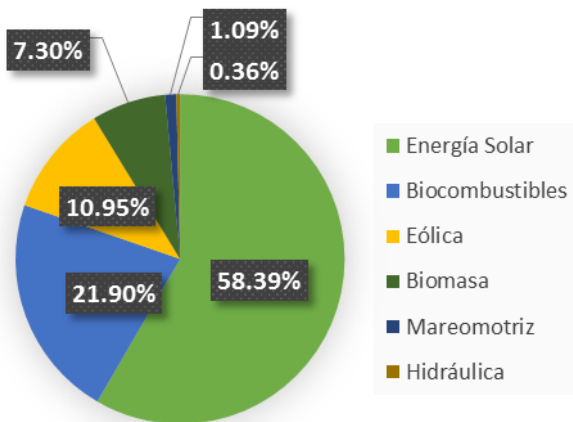


Figura 1. Inversión en energías renovables en el mundo, durante el 2014

Existe una gran variedad de métodos para desarrollar celdas fotovoltaicas, sin embargo estos métodos están basados en la exploración de las diversas combinaciones y variantes con las que se pueden configurar estos arreglos, el proceso de éstas técnicas se realizan de manera manual.

De toda esta gama de métodos, se ha puesto atención en el proceso de síntesis SILAR, acrónimo de Successive Ionic Layer Adsorption & Reaction, que se traduce como Capas Iónicas por Adsorción y Reacción Sucesivas. A pesar de que fue desarrollado en 1985 [2][3][4], ha recobrado su importancia debido a los excelentes resultados que se han obtenido en la elaboración de películas delgadas para celdas fotovoltaicas [5][6][7].

El método SILAR consiste en introducir una placa de vidrio, a una serie de diferentes reactivos, la inmersión en las diferentes soluciones crean capas de revestimientos de espesor micrométrico que es controlado con el tiempo de inmersión. El objetivo de aplicar esta técnica durante la experimentación en celdas solares es sensibilizar una muestra para aumentar la capacidad de captación de energía proveniente de luz visible. A diferencia de otras técnicas, esta se caracteriza por no requerir tecnología sofisticada, y por sus resultados altamente reproducibles.

Ya se han desarrollado dispositivos que realizan el proceso de manera automatizada, pero su diseño tiene características únicas de acuerdo a las necesidades y carecen de un diseño industrial y comercial. Por otra parte, los pocos modelos comerciales son de reciente creación y son de un precio elevado.

En consecuencia, surge la necesidad de un sistema mecatrónico para implementar y eficientar el proceso de fabricación y generación de celdas solares mediante un control de las variables de diseño principales. A su vez, este sistema mecatrónico será una herramienta poderosa y de gran utilidad para los investigadores, con el cual se facilitará el trabajo de investigación y experimentación al variar las condiciones de diseño de manera rápida y versátil, además de eso, se logrará eficientar el proceso de fabricación implementando un sistema automatizado que sustituye el proceso manual de elaboración de elementos de celdas solares.

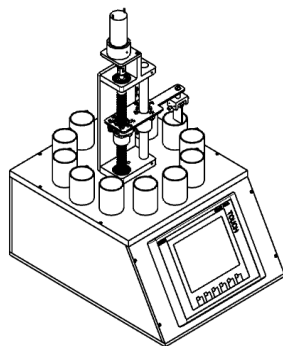
## MATERIALES Y MÉTODOS

Para la creación del sistema mecatrónico se siguió la metodología basada en la identificación de las necesidades principales por parte del usuario. Y así garantizar que el sistema se desenvuelva de la manera correcta en la práctica.

La metodología se basa en reconocer la necesidad real y describirla con lujo de detalle, identificar la tecnología y modelos necesarios para resolver la problemática así como las opciones que nos ofrece el mercado, analizar cada posible solución con respecto a su realización, tamaño, valor y seguridad, seguido por descartar y seleccionar la tecnología que dé solución a la problemática. Por

ultimo analizar y optimizar los modelos abstractos del sistema con los elementos seleccionados, mediante un análisis matemático de los requerimientos para cumplir con las condiciones de operación preestablecidas por la problemática inicial [8].

Mediante entrevistas a expertos de la técnica SILAR, y analizar entre diversas propuestas de diseño se llegó al diseño del sistema mecatrónico. Figura 2.

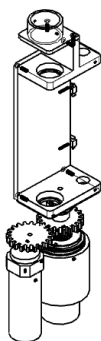


**Figura 2. Sistema mecatrónico de automatización de la técnica SILAR**

Este sistema mecatrónico está compuesto por tres subsistemas principales, el subsistema mecánico motriz, el subsistema de potencia y el subsistema de control.

### Subsistema mecánico motriz.

El subsistema mecánico motriz se compone de dos movimientos para colocar la probeta en la solución.

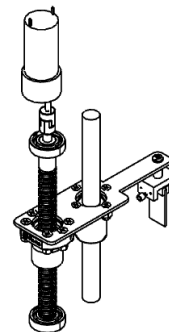


**Figura 3. Sistema de rotación**

Uno de ellos es un movimiento rotacional encargado de colocar la probeta en el vaso de

precipitado programado. Al contar con sensores de posición rotacional, el sistema puede saber con exactitud la ubicación de la probeta en todo momento. Figura 3.

El segundo movimiento es el que permite introducir la probeta en las distintas soluciones mediante el ascenso y descenso de la misma. Figura 4.

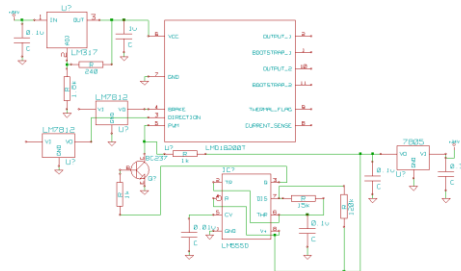


**Figura 4. Sistema de ascenso.**

### Subsistema de potencia.

El subsistema de potencia está encargado de controlar los motores y regular la velocidad de los mismos. Se debe tener presente los principales factores que pueden afectar la selección de elementos electrónicos, como su funcionalidad, el costo que implica desarrollarla, el tamaño de los componentes, las características de comunicación y alimentación, para finalmente determinar si satisfacen las necesidades presentes.

En la Figura 5 se muestra el circuito electrónico utilizado para controlar la velocidad y dirección de los motores.



**Figura 5. Circuito electrónico para el control del motor DC del movimiento rotacional.**

Este diseño necesita de una alimentación constante de corrientes continua y a voltaje regulado de 24 volts, 12, volts, 5 volts y una voltaje especial de 13.9 volts, para los diferentes componentes electrónicos, y se logra mediante el uso de reguladores de voltaje calibrados y una fuente de alimentación a 24 volts.

Estos voltajes son imprescindibles para el correcto funcionamiento debido a que producen la velocidad de giro y avance apropiada. El movimiento de giro es apoyado por un puente H con entrada de un pulso en PWM, producida por un circuito electrónico vibrador estable.

### Subsistema de control.

El subsistema se compone principalmente por un CPU PLC el cual transforma las instrucciones transmitidas por el usuario a señales eléctricas que controla la activación de cada movimiento, posición, tiempo y número de inmersiones a realizar. El PLC hace uso de un sensor de posición absoluto que le indica la posición de cada sustancia y la contrasta con la posición de la probeta permitiendo tomar decisiones de dirección de giro, paro y avance.



**Figura 6. Diagrama de comunicación del subsistema de control.**

Las instrucciones son dadas por el usuario haciendo uso de una pantalla táctil con una interfaz creada para este fin.

Este subsistema se programa haciendo uso de un computadora con el software indicado, pero una vez programado el CPU, este opera por sí solo, siguiendo el programa previamente descargado.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Al evaluar los sistemas existentes en el mercado que automatizan la técnica SILAR, y gracias a las entrevistas con expertos, se decidió crear el sistema en aluminio que le permite ser ligero (Figura 7), por ende de gran movilidad, y de un tamaño cómodo para diferentes ambientes de trabajo y laboratorios donde se usara.

Este aluminio es de tres diferentes tipos, siendo aluminio 6061-T6, aluminio H14-C10 y aluminio 6061-T651. Usados a lo largo de sistema dependiendo de las propiedades físicas necesarias para operar correctamente. Las diferentes partes del sistema fueron hechas haciendo uso de máquinas CNC, y tornos y fresas convencionales.



**Figura 7. Dispositivo mecatrónico fabricado para automatizar la técnica SILAR.**

La tarjeta electrónica se realizó mediante la eliminación del cobre por medio de una solución química, en tarjetas fenólicas donde previamente se imprimió el diagrama de pistas eléctricas del circuito.



**Figura 8. Conexiones internas del sistema mecatrónico.**

Para la etapa de control se seleccionó el PLC 1214 de la familia Siemens S7-1200, una pantalla táctil KTP-600 mono y un sensor tipo encoder 6FX2001, cada uno de los elementos se comunica el protocolo profinet.

Al PLC se adapta un módulo de comunicación profinet, que permite comunicar al PLC, con la pantalla táctil, el encoder y la computadora para programación y solución de errores. (Figura 9).

Se utilizó el software STEP 7 TIA PORTAL v11, de la empresa siemens, compatible con la familia de PLC S7-1200 y la pantalla táctil KTP-600, para la programación de los mismos.



**Figura 9. Módulos de subsistema de control, de izquierda a derecha, PLC siemens S7-1200, Modulo de comunicacion, fuente de alimentacion.**

Así mismo se conectó un módulo de alimentación de 24 volts a 2.5 amperes. Para energizar la etapa de potencia.

Como mejora a trabajo futuro se planea crear un sistema de mamparas que protejan y aislen las soluciones del ambiente y del investigador. Como también el adaptar una campana de ventilación de gases nocivos, previniendo inconvenientes y mejorando la seguridad.

## CONCLUSIONES

El sistema mecatrónico fue construido en tiempo y forma, siguiendo los estándares de manufactura y diseño, junto con las normas de seguridad necesarias para equipos de laboratorio, así como los requerimientos dados por los investigadores.

Es importante destacar que el dispositivo ya se encuentra en estado de operación y es utilizado en

trabajos de investigación y experimentación en el Centro de Investigación den Óptica de León.

## AGRADECIMIENTOS

Se agradece el apoyo del Instituto Tecnológico de León, por permitir hacer uso de las instalaciones y laboratorios de electrónica y metal-mecánica.

Y al Centro de Investigación en Óptica de León por apoyar con el financiamiento del dispositivo y facilitar la manufactura y pruebas del mismo en laboratorios especializados.

## REFERENCIAS

- [1] Frankfurt School-UNEP Centre, (2015), global trends in renewable energy investment, 1(1), 17-19. Recuperado de <http://fs-uneep-centre.org/publications/global-trends-renewable-energy-investment-2015>
- [2] Nicolau Y. F. 1985 Appl. Surf. Sci. 22/23 1061.
- [3] Nicolau Y. F., Dupuy M & Brunel M. 1988 J. Electrochem. Soc. 128 1347.
- [4] Ristov M., Sinadinovski G. & J. Grozdanov I. 1985 Thin Solid Films 123 63-64.
- [5] Pathan C. D. & Lokhande C. D. (2004), Bull. Mater Sci. 27(2), 85-111.
- [6] Kale S. S., (2006) Applied Surface Science 253 421-424
- [7] Jiménez - González & Nair P. K., (1995), Semicond. Sci. Technol. 10 1277-1281.
- [8] Cross N., (1997), Engineering design methods: strategies for product design (2nd ed.) John Wiley & Sons, Ltd.