



Proceso de Ensamble de Paneles Solares
Fotovoltaicos Mediante la Metodologia TRIZ.

Photovoltaic solar panel assembly process
using TRIZ methodology.

Sonia Rocio Cujaban Montaña
SENA-CIMM-Grupo de investigación, innovación y conocimiento
aplicado de Boyacá (GICAB)
srcujaban@misena.edu.co

Nancy Maribel Sierra Lopez
SENA-CIMM-Grupo de investigación, innovación y conocimiento
aplicado de Boyacá (GICAB)
nmsierra@sena.edu.co

Resumen

Los paneles solares fotovoltaicos son cada vez más utilizados para generar electricidad, y sus características pueden cambiar con el tiempo, dependiendo de factores como la contaminación, el clima y la agresividad del medio ambiente en el que se instalan; el alcance del estudio está limitado a un horno laminador de vidrio, en el que se evalúan el vacío y temperatura el cual adapta el principio de la bolsa de vacío, este puede juntar vidrio con película EVA (etil Vinil Acetato) deritiéndola a través de vacío y temperatura sobre el vidrio para hacer vidrio laminado, se lleva a cabo el proceso paso a paso, donde se describe el proceso de laminación y la funcionalidad de los paneles, por medio de la metodología TRIZ, donde se implemente las nuevas tecnologías, materiales o procesos, que permitan identificar los tiempos y los costos

Palabras clave: Medición, TRIZ, adaptabilidad, paneles solares, vacío, EVA

Abstrac

Solar photovoltaic panels are increasingly being used to generate electricity, and their characteristics can change over time depending on factors such as pollution, climate, and the aggressiveness of the environment in which they are installed. The scope of the study is limited to a glass laminating oven, in which vacuum and temperature are evaluated, which adapts the principle of the vacuum bag. This can join glass with EVA (ethyl vinyl acetate) film by melting it through vacuum and temperature on the glass to

make laminated glass. The process is carried out step by step, describing the lamination process and the functionality of the panels, through the TRIZ methodology, which implements new technologies, materials, or processes that allow the identification of times and costs.

Keywords: Measurement, TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving), adaptability, solar panels, vacuum, EVA (Ethyl vinyl acetate)

Introducción

El uso de energías alternativas o renovables se ha venido implementando en todos los campos tanto industriales, desarrolló arquitectónico, vehículos eléctricos (LAZO VIRI, 2019), entre muchos más. Estas fuentes de energía renovables son aquellas que se generan continuamente o llegan a la tierra y parecen ser inagotables en el tiempo, siendo la solar fotovoltaica, eólica, geotérmica e hidroeléctrica las más utilizadas, estas son respetuosas con el medio ambiente ya que no emiten gases contaminantes, por lo que reducen el efecto invernadero y son alternativas limpias para la producción de energía.

La energía solar fotovoltaica es una fuente de energía que convierte la radiación solar en electricidad. Esto se logra aprovechando las propiedades del material semiconductor incrustado en el panel solar (silicio). Cuando la luz del sol incide sobre el panel, produce corriente y generalmente se utiliza como fuente de energía (LAZO VIRI, 2019).

En el desarrollo de la investigación se llevó a cabo la caracterización de los paneles solares fotovoltaicos, los materiales que lo componen, funcionamiento eléctrico y proceso de ensamble y laminación, esto con el fin de que una empresa de la región innovara en el uso de energías renovables, para esto se pretende hacer uso de un horno laminador con el que cuentan actualmente. Este equipo ha sido utilizado para laminar vidrio con

distintos materiales como telas, vinilos, entre otros, lo que brinda la posibilidad de laminar celdas solares y fabricar módulos fotovoltaicos (Martínez Juárez, 2021)

La teoría de la solución de problemas de inventivos (TRIZ, por sus siglas en ruso) fue desarrollada por Genrich Altshuller y sus colegas en la ex Urss a comienzos de 1946 y actualmente se desarrolla y practica en todo el mundo. (Foster, J. 1999).

Según Terninko (Terninko et al., 1998), esta metodología no está basada en psicología, pero sí en tecnología; toda invención o descubrimiento es registrado en el mundo como una patente. Altshuller estudió más de 200 mil patentes buscando cómo fueron resueltos los problemas inventivos y concluyó que solo 40 mil tenían soluciones algo inventivas; el resto solamente eran mejoras directas. Una recategorización de estas soluciones demostró que muchos de los problemas habían sido resueltos mediante la aplicación de solo cuarenta principios fundamentales de inventiva. (Córdova & Administración, 2008)

Metodología

En el presente artículo se presenta mediante la metodología TRIZ que según (Lerner, 2012) es una poderosa metodología que aprovecha el proceso de pensamiento sistemática. Está basada en el conocimiento y las experiencias de las mentes más ilustres de la historia, y nos brinda una serie de herramientas que permiten llegar a soluciones innovadoras, crear nuevos productos e incrementar nuestra habilidad creativa.

En el proceso de establecen las siguientes fases:

Análisis: donde se realiza la investigación de trabajos relacionados con la construcción de paneles solares e identificar los procesos y materiales utilizados en cada etapa y resaltar cuales están relacionados con la construcción.

Elaboración de pruebas: en esta etapa los participantes del proyecto conocen los pasos para fabricar paneles solares utilizando un horno de laminación de vidrio, determinan los materiales, disponen al inicio del proceso de corte para vidrio cada uno a su tamaño, y conductores de celdas.

Caracterización: prototipo implementando la metodología TRIZ donde se puede apoyar de otras herramientas que se utilizan con frecuencia como idealidad/IFR, matriz de contradicciones, patrones de evolución técnica, análisis de funciones y análisis de campos (LLevbare et al., 2013). En este estudio se un análisis sistémico del problema, que a su vez es un insumo para el uso de la matriz de contradicciones, donde se mida las propiedades que caracterizan a los paneles solares, así como su adaptabilidad a diferentes condiciones de operación, como producto se estandariza el proceso de elaboración de paneles solares, así como sus posibles usos en ambientes reales, pudiéndose integrar como cubiertas principalmente o incluso como ventanales. Por otra parte, se realiza un análisis de costos para determinar la viabilidad comercial del panel, como se observa en la **figura 1**

Figura 1

Fases del proceso TRIZ.



Nota: Metodología para paneles solares. Elaboración propia.

Proceso de Laminación

En el proceso para el ensamble manual y laminación de los módulos fotovoltaicos, se hace uso de celdas solares monocristalinas y policristalinas, se inicia con la verificación de estas para comprobar que no tengan fracturas o manchas, que la línea de conexión no se encuentre oxidada o desgastadas, para realizar este procedimiento se necesario la utilización de guantes tipo látex para no dejar manchas de

huellas en estas, además del manejo ya que estas son frágiles. El proceso de soldadura **Figura 2** se realiza con cautín, este tiene una temperatura ente los 410°C y 420°C siendo la más óptima para que el estaño con el que está recubierto el conector eléctrico se funda y se soldé con facilidad a la celda, además de la utilización de flux pensil el cual se aplica sobre la celda antes de soldar el conector. Se inicia soldando las celdas por una de las caras para después realizar la conexión en serie la cual se realiza soldando la cara negativa (color azul) con la cara positiva (color gris). Ver **figura 3**

Figura 2

Proceso de soldadura por una de las caras de la celda.



Nota: Elaboración propia.

Figura 3

Proceso de soldadura para interconectarlas.

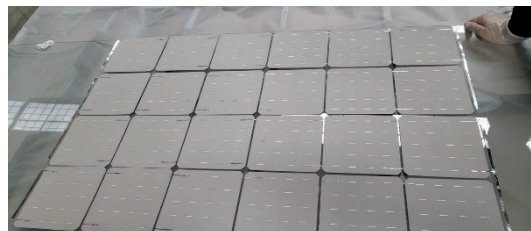


Nota: Elaboración propia.

Se debe tener en cuenta que la soldadura tiene que ser uniforme, ya que si presenta grumos esto podría ocasionar que las celdas se rompan. Una vez se soldaron las celdas se forma el módulo con el número de celdas requeridas, según **figuras 4 a 7**

Figura 4

Módulo de 12 V



Nota: Elaboración propia.

Una vez listo se procede a realizar el proceso de laminación el cual es fundamental y donde se evalúa si el horno a utilizar es el adecuado puesto que se debe tener en cuenta el perfecto laminado el cual se evalúa según pruebas de curado y adherencia las cuales determinan su garantía al momento de comercializarlos, además de que no queden burbujas

Figura 5

Ensamble del panel

(colocación de la segunda capa de EVA)



Nota: Elaboración propia.

Figura 6

Ensamble del panel

(colocación de la primera capa de EVA + vidrio)



Nota: Elaboración propia.

Figura 7

Panel ensamblado para laminación.



Nota: Elaboración propia.

Figura 8

Horno laminador BJ-168.

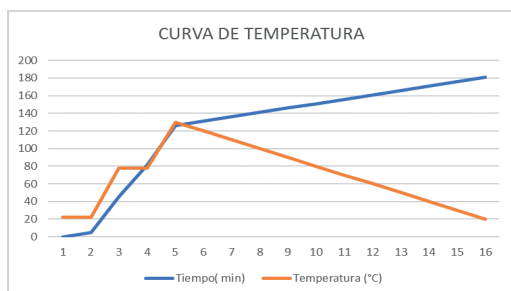


Nota: Elaboración propia.

Se inició probando con la misma curva de temperatura de acuerdo con la **figura 9** con la que se laminan dos vidrios. En este proceso las celdas se fracturaron, esto pudo ser por que la soldadura no quedo homogénea, por el peso que le aplicaba el vidrio a las celdas o por la presión de vacío.

Figura 9

Curva de temperatura.

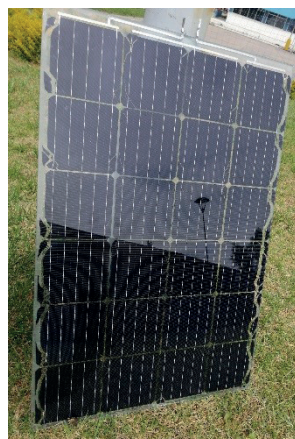


Nota: Elaboración propia

Con esta curva de temperatura, se pudo ver en la **figura 10** que el panel presentó fallas como la rotura de las celdas y el desplazamiento de estas hacia los lados, por tal razón que hicieron varias pruebas con una curva y materiales diferentes. Se utilizó materiales como con tedlar y acetato o ETFE (Etileno Tetrafluoroetileno), los cuales se laminaron perfectamente con el EVA la cual era una de las interrogantes en el uso de otros materiales y como sería su comportamiento en la laminación.

Figura 10

Primera prueba.



Nota: Elaboración propia.

Estas pruebas se hicieron a una escala menor para evaluar su comportamiento, las pruebas más exitosas fueron las que se hicieron con vidrio-tedlar (**figura 11**) y ETFE- tedlar (panel semiflexible) ver **figura 12**

Figura 11

Panel de cuatro celdas monocristalino con vidrio- tedlar.



Nota: Elaboración propia,

En esta prueba el resultado fue un panel en perfecto estado, sin burbujas ni celdas rotas y una funcionalidad ideal. Al realizarle pruebas de voltaje y corriente sus valores fueron de 2,32V y 4,52A, teniendo en cuenta que cada celda tiene un voltaje nominal de 0.5V.

Figura 12

Panel de dieciséis celdas monocristalino con ETFE y tedlar (semi flexible)



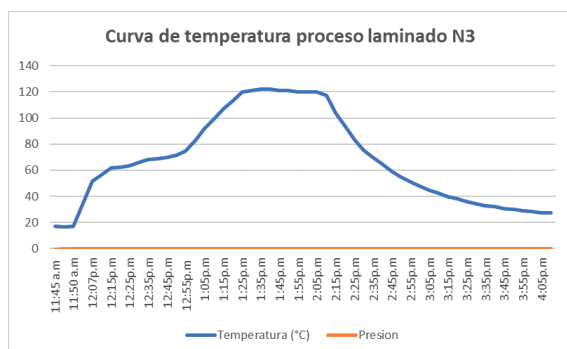
Nota: Elaboración propia.

En esta prueba al igual que la anterior su resultado fue muy bueno puesto que no quedaron burbujas y solo se fracturo una celda. En la medición de voltaje y corriente sus valores fueron de 9,42V y 7,8A.

Estas pruebas se laminaron con una curva de temperatura diferente y con una presión de 0.076 Mb.

Figura 13

Curva de temperatura y con una presión de 0.076 Mb.



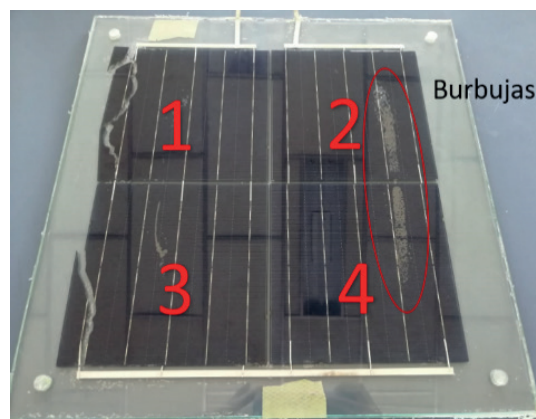
Nota: Elaboración propia.

El resto de pruebas que se realizaron fueron con vidrio-vidrio, las cuales en algunos casos las celdas se fracturaron y en otras el panel quedo con presencia de burbujas.

Para este tipo de panel (**figura 14**) aún hay variables como las mencionadas en la primera prueba que se realizó donde el peso del vidrio ejerce cierta presión sobre las celdas el cual influye significativamente en que las celdas se fracturen y la presencia de burbujas en algunos casos es porque el vacío no se está realizando correctamente.

Figura 14

Prueba con vidrio-vidrio con celdas rotas y burbujas.



Nota: Elaboración propia.

Resultados

El proceso de producción de los paneles fotovoltaicos que se está realizando en el proyecto de investigación se lleva a cabo manualmente, a través de un proceso no automatizado de ensamblaje de materiales, agregando valor a un producto para su entrega al mercado.

La medida estándar que se realizó en los paneles solares fueron, corriente de cortocircuito, la conexión entre los terminales del panel se realiza a través de un relé, la corriente se mide a través de un sensor ACS 712, el segundo parámetro corresponde a la tensión de circuito abierto, otro relé interrumpe el conexión a los terminales del panel, dejando solo por debajo del voltímetro,

este último corresponde al circuito del divisor de tensión y el amplificador de instrumentación, el cual proporciona una medida de la tensión de referencia aislada para evitar cortocircuitos o falsas alarmas.

Como resultado principalmente del proceso de ensamble de paneles solares se realizaron 5 pruebas donde se evidencia que al realizar el proceso se debe hacer una verificación de cada uno de los materiales propuesto al realizar el ensamble, se identifican varias pruebas fallidas, pero también se identificaron pruebas con excelentes resultados. Se puede concluir que el proceso de construcción de paneles solares fotovoltaicos por laminación de vidrio requiere probar diferentes materiales para garantizar la óptima adherencia e integridad de las celdas después de la instalación y determinar la normativa a la que están sujetas.

Conclusiones

El proyecto ofrece la posibilidad de construir paneles solares por una empresa de la región, lo que impactará positivamente el proceso de otorgamiento enfocándose en tecnologías que produzcan energía solar fotovoltaica de manera sustentable, eliminando factores negativos como: tiempos de importación y fallas para reemplazar. Además, ofrece la posibilidad de diversificar las actividades económicas de una empresa, ofrece alternativas para expandir sus actividades comerciales y permite el uso de infraestructura actualmente subutilizada.

Con este proyecto se caracterizó los materiales que componen un panel solar fotovoltaico y la importancia de cada uno de ellos en el módulo, además de su funcionamiento eléctrico. También se realizó el proceso desde cero respecto al ensamble puesto que al no tener información de cómo se elaboraban los paneles solares fue una etapa de aprendizaje e identificación de las herramientas y equipos apropiadas para cada proceso que se realiza, al ser completamente

manual se debe tener cuidado en cada etapa puesto que si se hace de manera errónea se tendría que iniciar de cero o corregir los errores y eso conlleva a más tiempo de ejecución.

La empresa ya podría validar la posibilidad de implementar una nueva línea de mercado enfocada a la comercialización de paneles solares, utilizando el enfoque TRIZ, el cual tiene un protocolo de prueba, donde se realiza el análisis funcional el cual está basado en la función donde se describen los objetivos y las metas del sistema, se pueden implementar nuevas tecnologías, materiales o procesos que reduzcan costos o tiempos y hagan que la fabricación de paneles solares sea más rentable para las empresas.

Con la elaboración del panel solar monocristalino se identificó proceso de ensamble y laminación el cual al ser ejecutado de manera manual tiende a ser más tedioso, pero así mismo ver la posibilidad de automatizar el proceso.

Referencias Bibliográficas

- Córdova, W., & Administración, A. (2008).** *TRIZ, la herramienta del pensamiento e innovación sistemática. Contabilidad y Negocios*, 3(6), 38–46. <https://doi.org/10.18800/CONTABILIDAD.200802.004>
- LAZO VIRI, N. D. (2019).** *CONSTRUCCIÓN DE UN MÓDULO DE ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA CON PANELES DE SILICIO DE AMORFO (CAPA FINA) [INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR VIDA NUEVA]*. <http://dspace.istvidanueva.edu.ec/bitstream/123456789/93/1/43.1350-LAZO-VIRI-NESTOR-DARIO.pdf>
- Lerner, L. (2012).** *Genrich Altshuller : Father of TRIZ. TQM Journal* ; 3.
- LLevbare, I. M., Probet, D., & Phaal, R. (2013).** *A review of TRIZ, and its*

benefits and challenges in practice.
Technovation, February-March(2-3),
30-37. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.technovation.2012.11.003>

Martínez Juárez, M. X. (2021). Propuesta de reducción de impacto ambiental en una empresa de ensamble de paneles solares [UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO]. <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/RepoFi/17665/5/Tesis.pdf>

Terninko, J., Zusman, A., & Zlotin, B. (1998). Systematic Innovation: An Introduction to TRIZ (Theory of Inventive Problem Solving) (S. L. Press (ed.); CRC Press). ST Lucie Press. https://books.google.com/books/about/Systematic_Innovation.html?id=QqPCvdo23dgC