

Estandarización del ensamblaje de paneles solares fotovoltaicos mediante el diseño de un manual técnico: estudio de caso en una empresa de Veracruz

Adela Morales-Vásquez ¹, Hilda Saucedo-Rivalcoba ¹, Santa Pascual-De los Santos ², Gregorio Hernández-Salinas ^{1,*}

¹ Docente-Investigador del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica. Km 4 Carretera a la Compañía S/N, Tepetitlanapa, Zongolica 95005, Veracruz, México.

² Estudiante de la Ingeniería en Gestión Empresarial del Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico Superior de Zongolica.

* Autor de correspondencia: gregorio_hs@zongolica.tecnm.mx

Artículo de divulgación científica

Recibido: 16 de abril de 2025 Aceptado: 5 de junio de 2025 Publicado: 19 de junio de 2025

DOI: <https://doi.org/10.56845/terys.v4i1.438>

Resumen: El presente estudio tuvo como objetivo la estandarización del proceso de ensamblaje de paneles solares fotovoltaicos mediante el diseño de un manual técnico en una empresa manufacturera ubicada en Río Blanco, Veracruz, México. El estudio tiene un enfoque cuantitativo, alcance descriptivo y diseño transversal. Se seleccionaron a cinco participantes involucrados directamente con el ensamble. Se empleó el cursograma analítico y las ayudas visuales, permitiendo documentar las actividades desarrolladas en las seis áreas clave del proceso productivo de la empresa, siendo: soldadura, pre-laminado, laminado, enmarcado, limpieza y prueba y empaque. La recopilación y sistematización de esta información permitió identificar 76 actividades ejecutadas en 152 minutos y 47 segundos, sirviendo como base para estandarización de los procesos y el diseño del manual técnico. Este manual busca fortalecer la capacitación del personal y la mejora continua en los procesos y eficiencia operativa en manufactura de la empresa de paneles solares fotovoltaicos.

Palabras clave: Cursograma analítico; energías renovables; sustentabilidad ambiental; manual de procedimientos.

Introducción

La generación de electricidad a partir de fuentes convencionales es uno de los principales responsables de la emisión de gases de efecto invernadero (GEI), contribuyendo significativamente al cambio climático (Vaca y Kido, 2020). En este contexto, las energías alternativas, como la solar mediante sistemas fotovoltaicos (Figura 1), representan una opción ecológicamente viable y sostenible, al generar bajas emisiones de CO₂ durante su operación. No obstante, la energía solar aún enfrenta el reto de satisfacer la demanda energética creciente (Arencibia-Carballo, 2016).

Además, la energía solar es la tercera fuente renovable más utilizada a nivel mundial y se espera que sea la principal antes de finales del siglo XXI (López-Flores *et al.*, 2024).

A pesar de los avances importantes en torno a los sistemas fotovoltaicos solares, las empresas tienen que mejorar su producto en cada proceso de la cadena de suministro para lo cual es elemental el uso de herramientas y/o diagramas como el cursograma sinóptico, cursograma analítico, diagrama bimanual y el Ishikawa "Diagrama de Espina de Pescado", entre otros, para la identificación de áreas de oportunidad en cada actividad (Franco-Austria *et al.*, 2023). El cursograma sinóptico describe las principales operaciones e inspecciones de un proceso sin tomar en cuenta la ubicación ni quién las ejecuta. El cursograma analítico muestra el desarrollo de

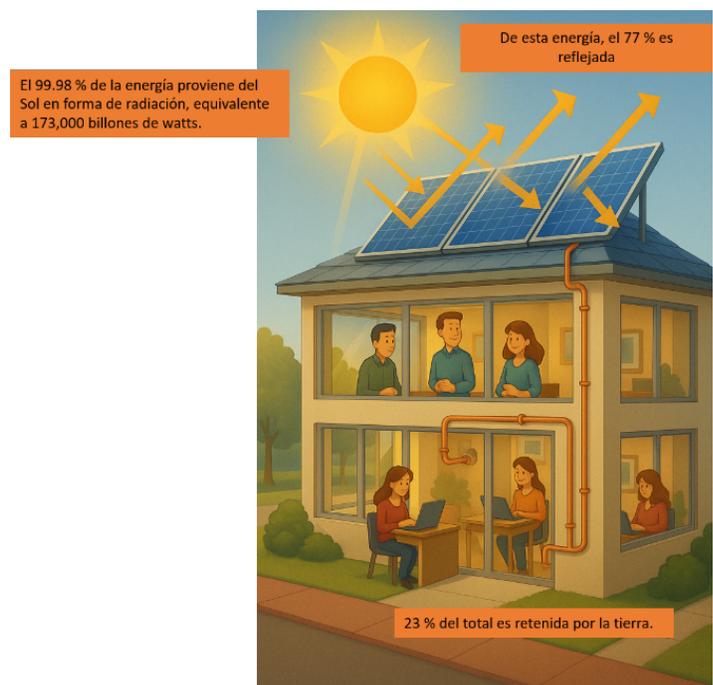


Figura 1. Representación del funcionamiento de un sistema solar fotovoltaico que ilustra la captación, reflexión y conversión en electricidad en un edificio. Elaboración con datos de Arencibia-Carballo (2016).

un proceso o producto que mediante un símbolo expresa todos los hechos sujetos a escrutinio; se considera una herramienta para perfeccionar las técnicas. El diagrama bianual es un gráfico que muestra el movimiento de algunas partes del cuerpo de un empleado y cómo el movimiento se asocia con la culminación de una actividad (Quispe, 2019). El Ishikawa también conocido como de causa-efecto se elabora con el método de las 6 M (material, método, maquinaria, mano de obra, medición y medio ambiente) (Franco-Austria *et al.*, 2023).

En ese tenor, en el presente estudio se usó el cursograma analítico para la elaboración del manual técnico que se presenta como una herramienta fundamental para garantizar la replicabilidad y mejora continua de los procedimientos operativos. El objetivo fue analizar el proceso de ensamblaje de los paneles solares, para el diseño de un manual técnico que sirva como herramienta de capacitación, estandarización de actividades y fortalecimiento de la productividad en seis áreas clave del proceso: soldadura, pre-laminado, laminado, enmarcado, limpieza y prueba y empaque.

Desarrollo

El presente estudio tiene un enfoque cuantitativo con alcance descriptivo y transversal; se realizó en una empresa manufacturera en el municipio de Río Blanco, Veracruz, México. El proyecto se desarrolló específicamente en el área de ensamble, donde participaron cinco operarios, quienes son los responsables en las operaciones clave y que constituyen la totalidad del personal del departamento. Con base en ello, se utilizó la técnica de muestreo por censo al tratarse de una población finita y accesible. La población estuvo compuesta por tres mujeres y dos hombres, con edades promedio de 38.5 y 28.7 años, respectivamente.

El estudio comprendió dos momentos: en el primero se utilizó la técnica de observación y se aplicó la herramienta de cursograma analítico para determinar las actividades y tiempo (Tabla 1).

Tabla 1. Simbología del cursograma analítico.

| Símbolo | Significado | Descripción |
|---|----------------|--|
|  | Operación | Indica las principales etapas del procedimiento. |
|  | Inspección | Señala la verificación de la calidad o la cantidad del producto. |
|  | Transporte | Indica los movimientos de los empleados, material y herramientas de trabajo. |
|  | Demora | Es el tiempo que se desarrolla los procedimientos. |
|  | Almacenamiento | Es el depósito de documentos o información en un archivo, así como de un objeto en un almacén. |

Se evaluaron las seis áreas en la empresa manufacturera: soldadura, pre-laminado, laminado, enmarcado, limpieza, prueba y empaque (Figura 2).

En el segundo momento, se emplearon las ayudas visuales en cada etapa del área respectiva que permitió la validación para la estandarización en el ensamble de la elaboración de paneles solares fotovoltaicos, tomando como referencia las NOM-019-STPS-2011 (DOF, 2011) y NMX-CC-9001-IMNC-2015 (DOF, 2016).

Con la información recabada del cursograma analítico, se generó el número de actividades realizadas en el departamento de ensamble para cada área: soldadura (seis), pre-laminado (19), laminado (16), enmarcado (27), limpieza (cuatro), prueba y empaque (cuatro) con un tiempo estándar en el proceso de 9.31 minutos, 14.0 minutos, 50.12 minutos, 29.3 minutos, 10 minutos y 40 minutos, respectivamente. Las ayudas visuales a través de fotografías e

instrucciones de cada fase del ensamblaje permitieron la ubicación de componentes, el uso de herramientas y las acciones a realizar en cada paso de las seis áreas del departamento (Figura 3).

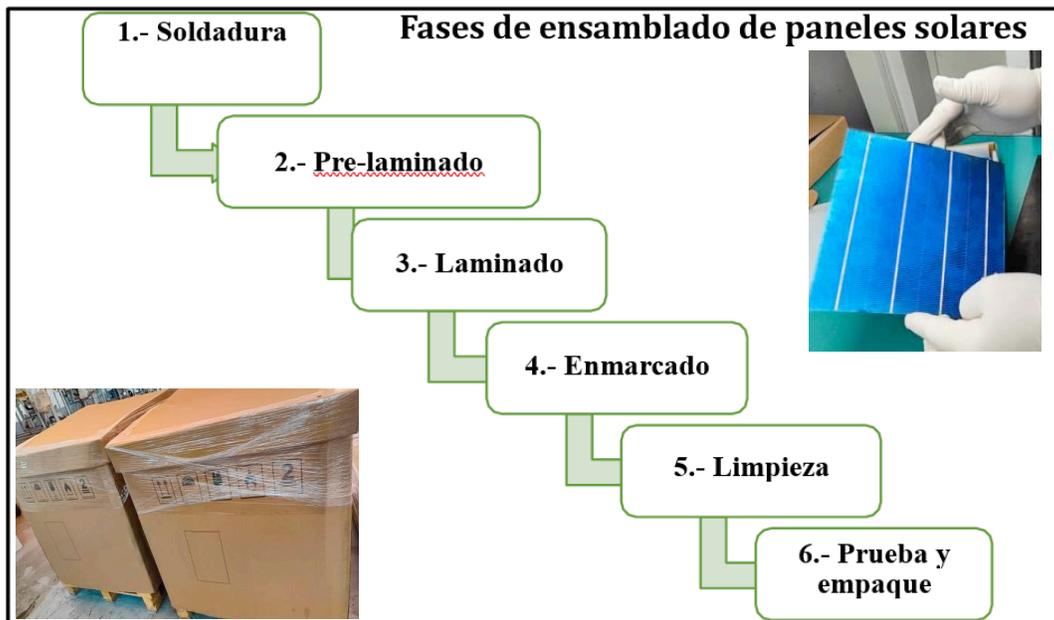


Figura 2. Esquema representativo desde la soldadura hasta el empaque de los paneles solares fotovoltaicos.

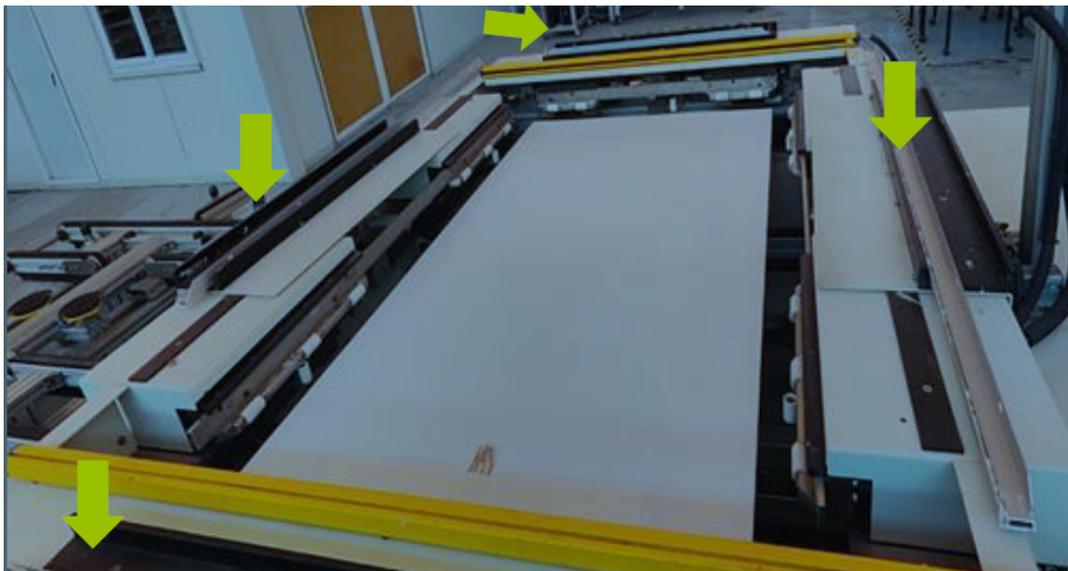


Figura 3. Imagen representativa de las ayudas visuales para los operarios.

Las tendencias actuales en el área de gestión de procesos productivos destacan el uso continuo y renovado de herramientas como el cursograma sinóptico, el cursograma analítico, el diagrama bimanual y los diagramas de sucesión, las cuales siguen siendo ampliamente utilizadas en sectores como imprentas y forestal, entre otros. Diversos estudios reportan que su implementación ha contribuido a la optimización de tiempos, la mejora en la calidad de productos y el fortalecimiento de la eficiencia en la cadena de suministro (Franco-Austria *et al.*, 2023; Guzmán *et al.*, 2020).

En paralelo, una línea de tendencia emergente está relacionada con la gestión de los residuos generados por los paneles solares, los cuales, al llegar al final de su vida útil, pueden clasificarse como residuos peligrosos por los materiales que los componen. Esto ha generado un creciente interés en el diseño de políticas de reciclaje y normativas de disposición adecuada (López-Flores *et al.*, 2024). Asimismo, se enfatiza la urgente necesidad de establecer regulaciones nacionales

y sistemas de medición que promuevan el desarrollo sustentable de tecnologías limpias en México, considerando su impacto tanto ambiental como social (Ramos *et al.*, 2021).

Conclusiones

El cursograma analítico y las ayudas visuales permitieron diseñar el manual técnico para la estandarización de los procesos en el ensamble de paneles solares fotovoltaicos, reportando 76 actividades ejecutadas en un tiempo estándar de 152 minutos y 47 segundos. El enfoque metodológico adoptado en el presente estudio puede ser replicado en otras empresas del sector con procesos similares.

Bibliografía

- Arencibia-Carballo, G. (2016). La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica. *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, 17(9), 1-4. <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n090916/091602.pdf>
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2011). Norma Oficial Mexicana NOM-019-STPS-2011, Constitución, integración, organización y funcionamiento de las comisiones de seguridad e higiene. <https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/680129/NOM-019-STPS-2011.pdf>
- DOF (Diario Oficial de la Federación) (2016). Norma Mexicana NMX-CC-9001-IMNC-2015, Sistemas de Gestión de Calidad-Requisitos. https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5435775&fecha=03/05/2016#gsc.tab=0
- Franco-Austria, E., Benítez-Barrón, E., Jiménez-Del-Angel, S., & González-Santos, M. M. (2023). Herramientas de ingeniería industrial para mejorar la eficiencia del área de corte de una imprenta. *Revista Digital*, 25, 303-311. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10413037>
- Guzmán, A. R. C., Jiménez García, J. A., Figueroa Fernández, V., & Hernández González, S. (2020). Aplicación de la herramienta CONWIP para mejorar el proceso en la empresa Productos Forestales Floviesa. *Pistas Educativas*, 42(136), 438-452. <http://itcelaya.edu.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/383>
- López-Flores, F. J., Ramírez-Márquez, C., Rubio-Castro, E., & Ponce-Ortega, J. M. (2024). Solar photovoltaic panel production in Mexico: A novel machine learning approach. *Environmental Research*, 246, 118047. doi: <https://doi.org/10.1016/j.envres.2023.118047>
- Quispe, L. J. A. (2019). Plan de mejora para aumentar la productividad en la compañía COFACE. Tesis para obtener el título de Licenciado en Administración de Empresas. *Universidad Nacional Tecnológica de Lima Sur. Villa El Salvador*.
- Ramos, S. J. R., Chávez Rivera, R., & Alcaraz Vera, J. V. (2021). La sostenibilidad energética con paneles solares y su relación económico-social en la incertidumbre para el desarrollo regional de México. *Inquietud Empresarial*, 21(2), 97-110. <https://doi.org/10.19053/01211048.12182>
- Vaca, S. J. M. E., & Kido C. A. (2021). Estrategia de eficiencia en el consumo de energía eléctrica y mitigación en la estructura productiva de México. *Contaduría y Administración*, 66(2), 1-22. <https://doi.org/10.22201/fca.24488410e.2021.2487>