

---

## Indicadores de sostenibilidad ambiental en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos en Cuba

### *Environmental sustainability indicators in the photovoltaic panel value chain in Cuba*

Dairon Rojas Hernández<sup>1</sup>

Suselis Díaz García<sup>1</sup>

Estela Gertudis Espinosa Martínez<sup>2</sup>

Aristides Pelegrín Mesa<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Universidad de Pinar del Río, Cuba

<sup>2</sup> Universidad de La Habana

<sup>3</sup> Universidad de Guadalajara, México

E-mail: dairon920328@gmail.com

Rojas Hernández, D.; Díaz García, S.; Espinosa Martínez, E. G.; Pelegrín Mesa, A. (2022). Indicadores de sostenibilidad ambiental en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos en Cuba. Servicios ecosistémicos de la horticultura urbana en el partido de General Pueyrredón. *Revista Estudios Ambientales*, 10 (2), 79-98.

**Recibido:** 09/11/2022 - **Aceptado:** 15/12/2022 - **Publicado:** 30/12/ 2022

### RESUMEN

El uso de tecnologías altamente contaminantes por los países industrializados y la ineficiencia en el uso de los recursos brindados por la naturaleza, ha traído como consecuencia su agotamiento, que se refleja en la emisión de gases de efecto invernadero causantes del calentamiento global, la deforestación de los bosques, la sobreexplotación de suelos, la contaminación del agua, la acelerada extinción de los combustibles fósiles, imponiendo mayores retos para la formulación e implementación de las estrategias empresariales.

Cuba que no queda ajena a estos problemas ambientales, se posiciona en la urgencia de la transformación de su matriz energética, para disminuir el consumo de combustibles importados para la generación y aumentar la eficiencia en su utilización.

La presente investigación propone un procedimiento para la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos. En el cual se sistematiza el marco teórico - conceptual relacionado con la cadena de valor en las organizaciones y sus particularidades en la sostenibilidad ambiental, después se

procede a diagnosticar la situación existente en la empresa de Componentes Electrónicos, respecto a la sostenibilidad ambiental de la cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos, para finalmente diseñar el procedimiento en la empresa.

El procedimiento propuesto permite calcular y evaluar los indicadores de sostenibilidad ambiental en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos que produce la organización, para estar en condiciones de formular fuentes de ventajas competitivas.

**PALABRAS CLAVES:** cadena de valor, indicadores de sostenibilidad ambiental, procedimiento, paneles fotovoltaicos, ventajas competitivas.

#### **ABSTRACT**

*The use of highly polluting technologies by industrialized countries and the inefficient use of resources provided by nature has resulted in their depletion, which is reflected in the emission of greenhouse gases that cause global warming, deforestation, overexploitation of soils, water pollution, and the accelerated extinction of fossil fuels, all of which impose great challenges for the formulation and implementation of business strategies.*

*No unconnected to these environmental problems, Cuba is in the urgency of transforming its energy matrix so as to reduce the consumption of imported fuels for generation and to increase its use efficiency.*

*The present investigation proposes a procedure for the definition of environmental sustainability indicators in the photovoltaic panel value chain. First, the theoretical-conceptual framework related to the value chain in organizations and its particularities in environmental sustainability are systematized. Then, the existing situation regarding the environmental sustainability of the value chain in the manufacture of photovoltaic panels is diagnosed in the Electronic Components Company. Finally, a procedure for the company is designed.*

*The proposed procedure allows for the calculation and evaluation of environmental sustainability indicators in the photovoltaic panels value chain produced by the organization so that it can formulate sources of competitive advantages.*

**KEY WORDS:** value chain, environmental sustainability indicators, procedure, photovoltaic panels, competitive advantages.

## INTRODUCCIÓN

El aumento proporcional de las exigencias a nivel internacional en la materia de sostenibilidad, permitiendo la incorporación de la gestión ambiental sin dudas como una fuente de ventaja competitiva para asegurar la sostenibilidad en el mediano y largo plazo. Pues resulta imprescindible que, en el ámbito económico actual, toda empresa integre la gestión ambiental como parte de su estrategia y misión.

El término sostenibilidad ambiental es ampliamente conocido, ha surgido a partir de la necesidad de enmendar los daños provocados al entorno en el que vivimos, y se refiere al equilibrio que existe en una especie basándose en su entorno y todos los factores o recursos que tiene para hacer posible el funcionamiento de todas sus partes, sin necesidad de dañar o sacrificar las capacidades de otro entorno. Cuando hablamos de sostenibilidad ambiental, nos referimos al equilibrio social, económico y medioambiental, de manera que se garantice en la mayoría de lo posible, una continuidad en el futuro.

Es básicamente viabilidad ecológica ya que los sistemas socioeconómicos que funcionan destruyendo su base natural son insostenibles, y son las inversiones las que pueden asegurar el mejoramiento de las condiciones para el futuro logro de la viabilidad ecológica de la producción, motor impulsor de la sociedad. Es decir, los sistemas económicos - sociales han

de ser reproducibles –más allá- del corto plazo- sin deterioro de los ecosistemas sobre los que se apoyan.

Con la utilización de la cadena de valor vinculada con la fabricación de paneles fotovoltaicos se pueden definir elementos y criterios de sostenibilidad por el orden de cada uno de sus eslabones, para desarrollar el manejo de las actividades futuras en empresas del sector electrónico, ayudando a determinar las actividades y ventajas competitivas en la unidad de negocio, de ahí que el problema sea: ¿cómo determinar los indicadores de sostenibilidad ambiental a aplicar en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos en la empresa de Componentes Electrónicos?

Derivándose del problema se persigue entonces el objetivo general: Proponer un procedimiento para determinar los indicadores de sostenibilidad a aplicar en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos en la empresa de Componentes Electrónicos.

Para justificar la propuesta se llevó a cabo la búsqueda de conceptos vinculados con el tema abordado el cual se muestra a continuación:

### *La gestión ambiental en las organizaciones*

La gestión ambiental abarca la conservación, mantenimiento y adelanto del medio ambiente, la importancia de la participación del hombre debido al impacto que ocasiona en éste, el papel prioritario de la nación y la dirección a

cargo, el direccionamiento fundamental hacia la protección de la calidad de vida de los seres vivos, respondiendo por ende su desarrollo razonable, así como el conjunto de instrumentos a utilizar para su puesta en marcha (Arteta *et al.*, 2015).

Salas (2015), expresa que la contabilidad medioambiental tiene variadas tesis, entonces bajo esa deducción se puede decir que esta rama de la contabilidad mide el uso de los recursos, los impactos, los costos que demanda advertir y rectificar los daños ambientales, además de manifestar información relacionada sus fines para el uso intrínseco de la gerencia.

La ISO 14001:2015 exalta que el logro del equilibrio entre el medio ambiente, la sociedad y la economía se considera esencial para reparar las necesidades del presente sin poner en riesgo la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus necesidades.

En el 2015, los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) como parte de la Agenda 2030, remplazaron a los ODM. Los ODS están diseñados para aglutinar a una amplia gama de organizaciones y reconocen el papel que las empresas pueden y deben desempeñar para lograrlos, originando la reducción de los impactos perjudiciales y sobresaliendo la importancia de posicionar la sostenibilidad en el centro de la estrategia (*Global Reporting Initiative*, Pacto Global de las Naciones Unidas y Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible, 2015).

Existen múltiples herramientas y métodos para apoyar el diseño de modelos de negocios sostenibles (Baldassarre *et al.*, 2020; Bocken *et al.*, 2013; Joyce & Paquin, 2016; Lüdeke-Freund *et al.*, 2016). Su objetivo es implementar el diseño de modelos de negocios sostenibles en la práctica (Baldassarre *et al.*, 2020; Joyce & Paquin, 2016).

La economía circular es un tema reciente en la investigación de modelos de negocios, que se refiere a una economía industrial que es restaurativa y regenerativa por intención y diseño, fomentando la sostenibilidad al convertir los desechos en un recurso (Geissdoerfer, Savaget, Bocken, & Hultink, 2017)

En consecuencia, la diversidad de conceptos, enfoques, instrumentos e indicadores, en otras palabras, la 'caja de herramientas de sostenibilidad' está aumentando rápidamente (Robèrt & Broman, 2013; Lu *et al.*, 2019 y Robèrt, Broman, & Basile, 2013)

La sustentabilidad o sostenibilidad tiene que entenderse como una disciplina articulada del conocimiento y como una nueva manera de repensar la relación de los hombres con la naturaleza, a partir de la integralidad de las dimensiones económicas, sociales, ambientales y de valores, que conlleve a una revolución global de supervivencia con el planeta [...], profundizando en la relación entre el crecimiento económico, la equidad social y la sustentabilidad ambiental para dar lugar al desarrollo sustentable, área

central del denominado triángulo de Nijkamp (Zarta Ávila, 2018)

La sostenibilidad se integra de diferente forma conforme a los distintos niveles desde el global, pasando por las organizaciones, los países, hasta sus particularidades en los procesos y proyectos, apoyados por marcos legales regulatorios, nuevas herramientas de prospección estratégica y de gestión empresarial. Las organizaciones pueden implementar el desarrollo sostenible a nivel estratégico, de procesos y operativo (Espinosa Martínez & Díaz Forte, 2020)

Rojas et al., (2022) comprobó el desconocimiento de integración de cada una de las actividades que añaden valor en el proceso de creación de paneles fotovoltaicos y el desaprovechamiento de las potencialidades de los trabajadores vinculados a esta actividad, elementos relevantes para impulsar el desarrollo de nuevas formas de gestión.

Además, se tuvieron en cuenta los Lineamientos para la actualización del modelo Económico cubano para el período 2016-2021 (Lineamientos 104, 107, 122, 125, 143, 157, 158, 162, 163, 202, 242, 254) (PCC, 2017), la Conceptualización del Modelo Económico y Social Cubano de Desarrollo Socialista y el Plan Nacional de Desarrollo Económico y Social hasta el 2030 (Eje estratégico 162 y 163) (PCC, 2017). De igual manera se reconoce el amplio potencial humano en materia educativa como acervo (CITMA, 2016).

Los objetivos de la gestión ambiental rondan en torno a lograr un

perfeccionamiento económico y social territorial, así como un adecuado beneficio de los recursos naturales, garantizando la mejora y regulación de los mismos; de emisiones contaminantes a la atmósfera; vertido de aguas, suelo y niveles de ruido; consumo responsable, etc. (Estrella y González, 2017, 148).

Cañizares (2020), define al encargo social como un instrumento que utilizan los organismos para la creación de bienes y servicios de calidad, pero sin afectar el entorno ambiental.

Maldonado & Maldonado (2020), refieren que en la actualidad es sustancial que las empresas no solo sean establecidas con fines de ganancia, sino también se conciernen por la responsabilidad social, en especial aquellas que tienen actividades de manufactura, construcción y la extracción de minerales y lo pueden hacer efectuado la eco invención para crear productos eco amigables.

Pita & Montañez (2020), aseveran que los sistemas de gestión ambiental han permitido concientizar a las asociaciones acerca de la categoría de desempeñar una adecuada gestión ambiental, aprovechando los recursos y promoviendo el cuidado del medio ambiente.

#### *Sostenibilidad de la cadena de valor y sus particularidades*

La preocupación por los problemas sociales y ambientales ha incrementado la regulación y las demandas por parte de los grupos de interés, y presiona a las empresas a mitigar sus impactos y a

elevar su contribución a la sociedad mediante estrategias de sostenibilidad corporativa (Engert y Baumgartner, 2016).

Teixeira y Junior (2019) advierten que la sostenibilidad está transformando las características de los negocios del siglo XXI de tal manera que una mayoría de empresas van a necesitar integrar la sostenibilidad dentro de su estrategia de negocio, ya que la literatura de modelos de negocios sostenibles ha hecho esfuerzos por demostrar la relación entre la sostenibilidad y el desempeño del negocio.

Abdul et al., 2021, el concepto de sostenibilidad ha ganado popularidad en los últimos años por el incremento de problemáticas socio ambientales como el cambio climático, la polución de aire, y aquellas enfermedades derivadas de los mismos.

## METODOLOGIA

Para la elaboración del marco teórico se utilizaron como métodos teóricos:

- Histórico (tendencial) y lógico: Para analizar el surgimiento, desarrollo y esencia de la sostenibilidad ambiental en cadena de valor en cuanto a los diversos criterios relacionados con las distintas formas y vías para su realización.
- Análisis y síntesis: Utilizado en la valoración crítica del marco teórico y contextual, relacionado con la sostenibilidad ambiental en cadena de valor en la fabricación de

paneles fotovoltaicos, para la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental.

- Sistémico estructural: Para fundamentar la propuesta del procedimiento relacionado con la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental de la cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos, para el proceso de toma de decisiones por parte de la entidad, permitiendo un mejor desempeño de sus funciones y eficiencia de su gestión ambiental.
- Modelación: Para el diseño del procedimiento relacionado con la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental de la cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos.

Para la obtención de la información se utilizaron técnicas como:

- Análisis documental: Empleado en la evaluación y clasificación del material bibliográfico recopilado, relacionado con la sostenibilidad ambiental de la cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos, analizando estas concepciones en Cuba y en el escenario internacional, para el diagnóstico del objeto de la investigación.
- Encuestas: Técnica usada en la investigación, en función de verificar si son tomados en cuenta los componentes del procedimiento para el diseño de indicadores de

sostenibilidad ambiental de la cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos, durante el proceso de toma de decisiones por parte de los directivos de la entidad.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En los últimos años se ha hecho énfasis en acciones que reduzcan o eliminen los efectos de la contaminación a los recursos naturales (principalmente las aguas terrestres y marinas; atmósfera y suelo) y a los ecosistemas priorizados como las cuencas hidrográficas, las bahías y zonas montañosas. Adoptándose políticas para el manejo de residuos y desechos peligrosos, intensificándose las medidas que contribuyen a la protección y uso racional de la diversidad biológica y los recursos naturales. Cabe destacar, en el reciente concluido ciclo de la Estrategia Ambiental Nacional (EAN), los esfuerzos realizados en consolidar políticas que posibiliten el desarrollo del país en condiciones de un clima cambiante, considerando la reducción de las emisiones de los gases de efecto invernadero.

Al finalizar el ciclo estratégico 2016-2020, el país ha sido impactado por la pandemia de la COVID-19 lo que, refuerza la necesidad de un enfoque renovado y más estratégico en la protección y el uso racional de los recursos naturales y el medio ambiente, en función de lograr una recuperación resiliente y sostenible

### *Problemas detectados en la sostenibilidad ambiental de la cadena de valor de paneles fotovoltaicos*

La sostenibilidad ambiental se encuentra condicionada por la ecoeficiencia y la aplicación de las herramientas de gestión ambiental (GA), que puedan permitir el cumplimiento legal, entre estas se encuentran: el sistema de gestión ambiental, a través del enfoque del ciclo de vida del producto, y la implantación de prácticas de producción más limpia en los procesos.

La cadena de valor de paneles fotovoltaicos se encuentra en proceso de implementación por parte de la empresa, la cual aún no se tiene en cuenta para el desarrollo de la sostenibilidad ambiental.

Por lo que se decidió aplicar fuentes de información primarias (encuestas) a una muestra de 30 personas entre ellos directivos y personal del área de producción, por parte del autor para detectar los problemas que se presentan a continuación:

1. El 50% plantea que no se tiene en cuenta la magnitud e impactos ambientales en la cadena dentro de sus actividades.
2. El 69% describe que no es utilizada para proporcionar un marco de referencia para el establecimiento de objetivos ambientales.
3. El 90% infiere que es nula la vinculación de la cadena con los requisitos legales de mejora continua del sistema de gestión

- ambiental, para la mejora del desempeño ambiental.
4. El 48% dicen que no se establecen los controles de gestión ambiental a través de la cadena de valor, para asegurarse el proceso de diseño y desarrollo del producto.
  5. El 42% plantea que la cadena de valor no es utilizada como herramienta de gestión ambiental por cada uno de sus eslabones, para así implementar los programas de monitoreo ambiental, evaluación de causa y efecto de los impactos ambientales.
  6. El 75% del personal deducen que las actividades dentro de la cadena de valor, sus procesos productivos y comerciales no son manejados bajo conceptos de sostenibilidad ambiental, lo que provoca que no se tomen correctas las decisiones por parte de los directivos.
  7. El 83% establece que no se encuentran definidos indicadores de sostenibilidad ambiental por cada una de las actividades de la cadena de valor de paneles fotovoltaicos.
  8. El 98% describe que no se utiliza la sostenibilidad ambiental a través de las estrategias competitivas que buscan que la producción se diversifique y ajuste a los requerimientos del mercado.
  9. El 66% mencionan que no se establecen canales de comunicación al interior de la empresa, para difundir ideas y metas establecidas para generar conciencia en todo el personal de la organización, para encaminar los esfuerzos de todos los miembros hacia el alcance de los objetivos propuestos.
  10. El 88% de los encuestados escriben que los informes contables y financieros tienden a presentar los logros, alcances y cifras de orden económico, sin tener en cuenta los costos ambientales en que se incurren a través de la cadena.
  11. El 92% mencionan que no existen incentivos para que el emisor y responsable de la información le comunique al entorno externo sobre las decisiones de gestión ambiental.
  12. El 96% plantea que no se refleja en los estados financieros de la empresa los costos o beneficios ambientales generados por la producción de paneles fotovoltaicos, y dejándose de incorporar a las cifras expresadas en el estado de resultados.
- A modo de resumen lo planteado anteriormente; conlleva a no detectar las áreas donde el consumo de los recursos ambientales sea mayor, con el objetivo de reducirlo o eliminarlo de manera parcial, dejándose de generar valor a los



procesos vinculados con la creación del producto, actividad o al objeto de costo.

Dejando de contribuir al proceso de toma de decisiones para la reducción del costo ambiental, como rediseño de los procesos, inversión en tecnologías de reducción de impactos. Es por ello que la utilización de la cadena ayuda a las empresas en el diseño de procesos, productos y servicios más preferibles ambientalmente y, por consiguiente, brindar una ventaja competitiva.

*Procedimiento para la definición de indicadores de la dimensión ambiental a emplear en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos*

La creciente integración de la sostenibilidad con la dimensión ambiental en las organizaciones, es de suma importancia para el diseño de indicadores para su evaluación, debido a su contribución a la dimensión ambiental y para la mejora continua en este sentido en función del Desarrollo Sostenible. Su interrelación con la cadena de valor permite el fortalecimiento de cada uno de sus eslabones, desde el sector primario hasta la comercialización, permitiendo de esta manera desarrollar la competitividad en los mercados que faciliten un equilibrio productivo y medio ambiental en sus entornos. Permitiendo el aprovechamiento de los recursos naturales, la utilización de la energía limpia renovable con el fin de cuidar los recursos naturales, donde la materia prima fundamental sea el medio ambiente.

*Procedimiento para la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental a emplear en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos*

En la presente figura 1 se muestra el procedimiento para definir indicadores de sostenibilidad ambiental a emplear en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos, en virtud del diagnóstico realizado, considerando como objetivo principal la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental a emplear en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos para el cálculo de los costos ambientales.

El procedimiento propuesto permite aumentar la participación y confianza de todos los actores implicados en la empresa o fuera de ella, permitiendo que el uso de los recursos y de la energía sea más eficiente, así como, todo el proceso productivo.

Llevando a cabo el cumplimiento con las normativas medioambientales, evitando incurrir en delitos, sanciones, multas o demandas, y estar en concordancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) e impulsar un mayor bienestar social y disminuir los costos derivados de la prestación de productos y/o servicios.

Lo cual permite concebir, planificar, proyectar y gestionar cualquier actividad, incurriendo en la sensibilidad, compromiso y criterio que caracteriza a cualquier temática ambiental

Facilitando la vinculación de la dimensión ambiental a través de la cadena de valor, para la agregación de valores y encadenamientos, orientados a impulsar

el logro de mayores niveles de competitividad como una oportunidad para la innovación o reinención de los procesos de transformación vinculados con la fabricación de paneles fotovoltaicos.

La propuesta diseñada a través del procedimiento en cuestión, permite ver la cadena de valor no simplemente como exigencias a los proveedores de materias primas y bienes, sino como un trabajo conjunto y de colaboración que permita construir una visión común a largo plazo. Consensuando objetivos comunes alineados a la estrategia del negocio empresarial, viendo a la diversidad y naturaleza como ejes fundamentales de la cadena de valor de paneles fotovoltaicos, es decir, que permitan administrar el desempeño ambiental de la entidad, para ahorrar recursos e incrementar la productividad y promover valores corporativos.

El procedimiento se estructura en cuatro etapas las que se desglosan a continuación:

- Etapa 1: Organización preliminar.
- Etapa 2: Diagnóstico de la situación ambiental en la empresa de Componentes Electrónicos de Pinar del Río.
- Etapa 3: Diagnóstico de la situación contable en la entidad.
- Etapa 4: Situación actual de la sostenibilidad ambiental de la cadena de valor de la fabricación de paneles fotovoltaicos.

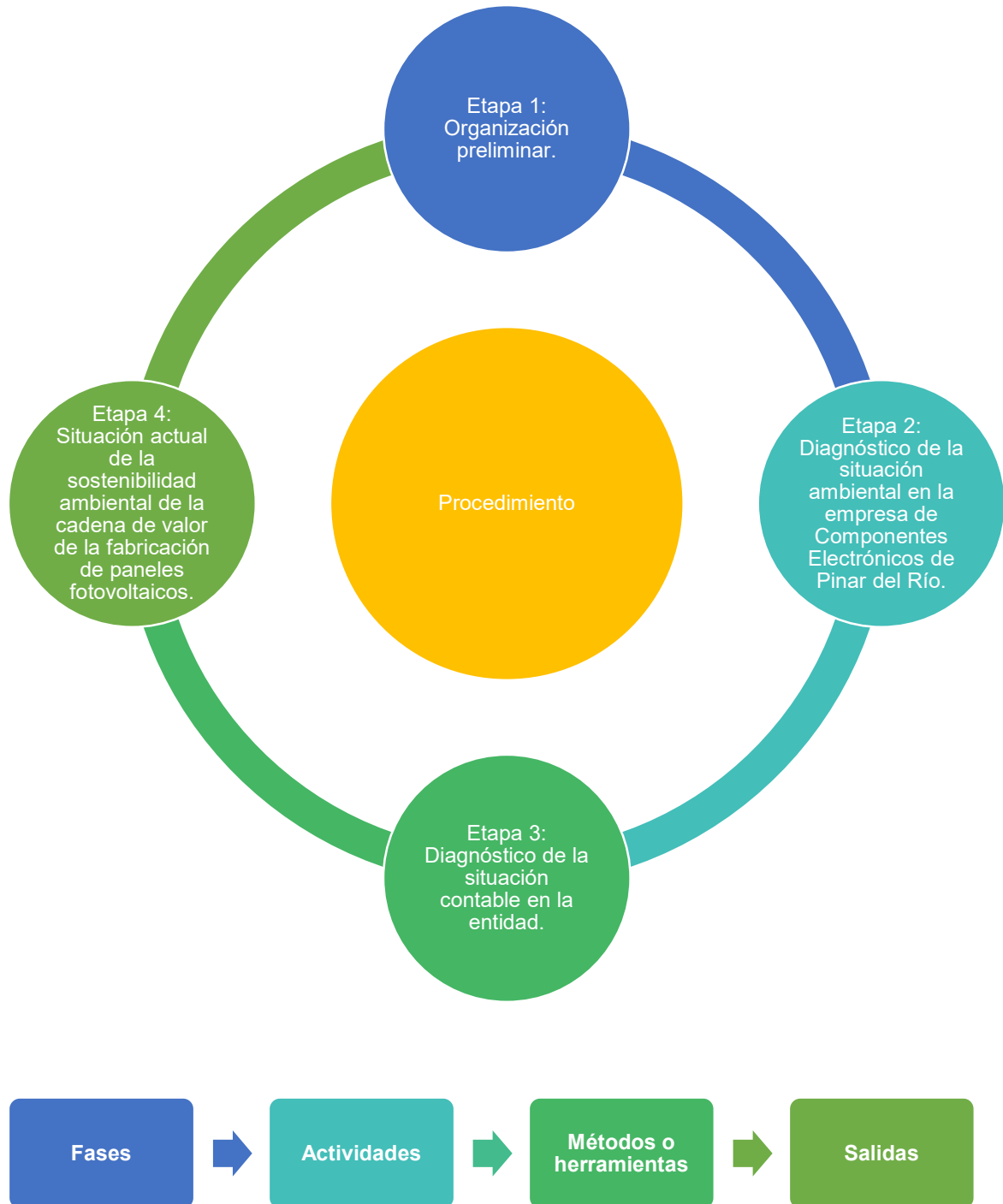
Se encuentra estructurado en fases, las que responden a las distintas actividades,

mediante los métodos y herramientas de investigación que contribuyan a generar salidas para el cumplimiento del objetivo propuesto y la solución del problema planteado.

El modelo de evaluación de sostenibilidad ambiental a aplicar en la cadena de valor de paneles fotovoltaicos, como ayuda para la toma de decisiones, se lleva a cabo mediante indicadores ambientales que permitan el análisis de los objetivos sostenibles por separado, marcar tendencias, y lograr un control y monitorización sobre dichos objetivos en el tiempo.

La metodología empleada para la elaboración de la propuesta comienza con la identificación y selección de indicadores, concediendo especial importancia a la participación de todos los agentes involucrados en la cadena, asignando a cada criterio y dimensión un peso de modo orientativo (modificables según la administración del centro), y son propuestos sistemas para la evaluación de los distintos indicadores tanto a nivel individual (criterio a criterio) como conjuntamente.

1



Fuente: Elaboración propia

Figura 1. Procedimiento para la definición de indicadores de sostenibilidad ambiental

.Tabla 1. Microindicadores de sostenibilidad y medición

Dimensiones	Macro-indicadores	Micro-indicadores	Medición
Medioambiente	Huella ecológica	-ha	cuantitativo
	Gestión medioambiental	-No de Sistemas de gestión medioambiental (SGM) -Calidad de los SGM	cualitativo/cuantitativo
	Consumo de materiales	-Cantidad de materiales por partidas	cuantitativo
	Huella hídrica	-Medidas preventivas y correctoras -Consumo de agua por nivel de actividad	cualitativo/cuantitativo
	Consumo de energía	-Consumo de electricidad por nivel de actividad -Consumo de diésel por nivel de actividad -Consumo de fuel oil por nivel de actividad	cuantitativo
	Toxicidad	-DBeq	cuantitativo
	Gestión de residuos	-% reciclados, % reutilizados, % vertedero -Cantidades de vertimientos residuales	cuantitativo
	Eutrofización	-toneladas métricas de PO <sub>4</sub> eq	cualitativo/cuantitativo
	Protección del recurso tierra	-Medidas preventivas y correctoras -% de salinización -acidificación del suelo/toneladas métricas SO <sub>2</sub> eq	cualitativo/cuantitativo
	Protección de la biodiversidad	-Medidas preventivas y correctoras	cualitativo/cuantitativo
	Huella de uso de la tierra	-ha o km <sup>2</sup> afectados -Valor fracciones afectadas	cualitativo/cuantitativo
Huella de Carbono	-toneladas métricas CO <sub>2</sub> eq	cuantitativo	

Fuente: Elaborado por el autor

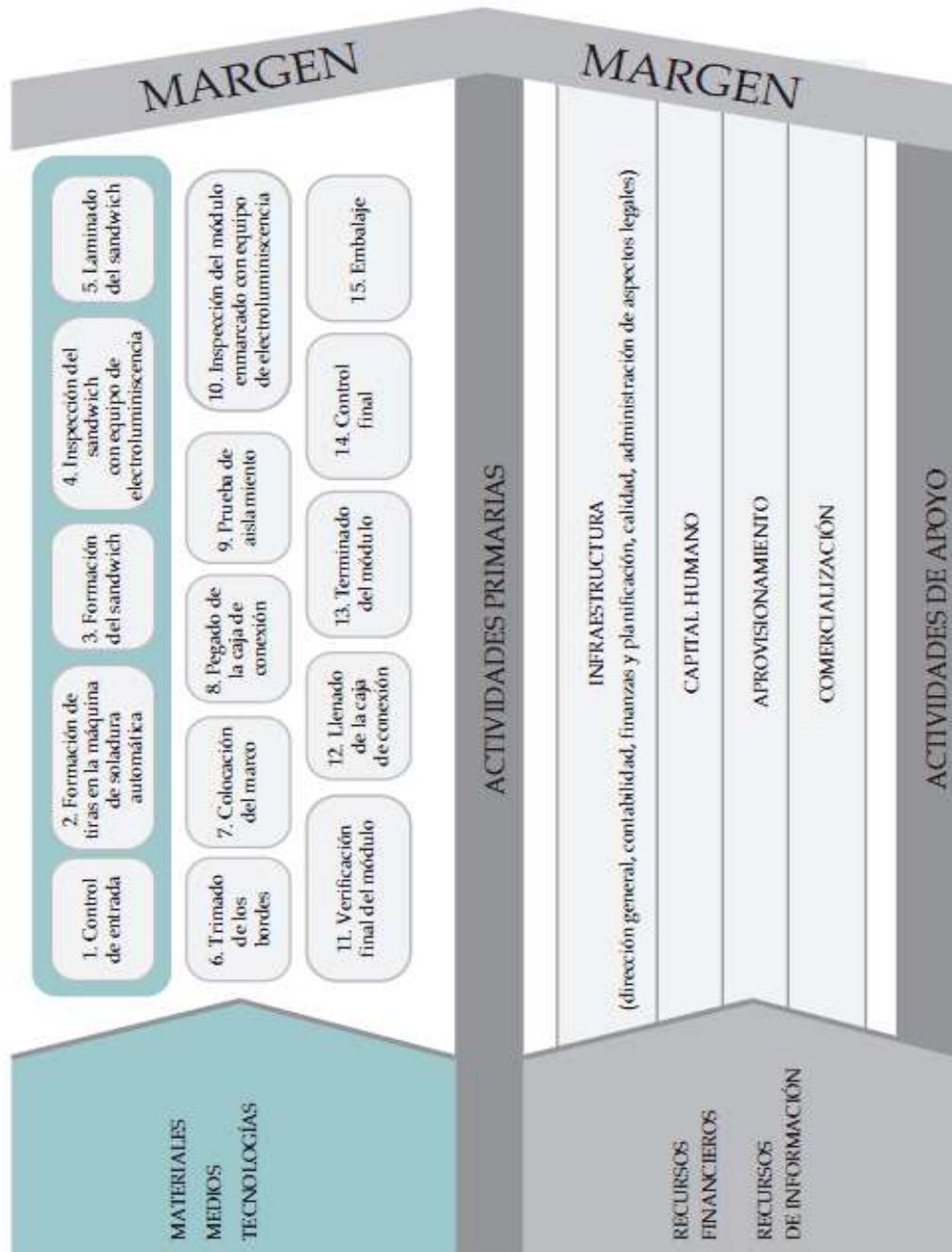
Este estudio está basado, teniendo en cuenta que un indicador es una expresión cualitativa o cuantitativa observable, que permite describir características, comportamientos o fenómenos de la realidad a través de la evolución de una variable o el establecimiento de una relación entre variables la que, comparada con períodos anteriores, productos similares o una meta o compromiso, permite evaluar el desempeño y su evolución en el tiempo (DANE, 2014), como se muestra en la tabla La cadena de valor de paneles fotovoltaicos como se muestra en la figura 2, elaborada por Rojas et al., (2021) en la cual se definen las actividades generadoras de valor, está estructurada por las actividades primarias (vinculadas a la creación del producto) y las actividades de apoyo (las que coordinan las anteriores para que se logre el ciclo productivo). Para ello se le harán corresponder cada uno de los indicadores de sostenibilidad ambiental por cada una de sus actividades primarias, para calcular los costos ambientales por cada uno de sus eslabones.

En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos a partir del cálculo de los indicadores de sostenibilidad ambiental por cada uno de los eslabones de la cadena de valor, evidenciándose su utilización para la gestión ambiental como herramienta analítica para la

obtención de los costos ambientales, en los cuales según la opinión de los expertos en el área no procede la aplicación de la: huella ecológica, huella hidráulica, eutrofización, protección del recurso tierra, protección de la biodiversidad y huella de uso de la tierra.

La gestión medio ambiental recorre todos los eslabones de la cadena con un total de 0.05 unidad mínima territorial, se establece un 20% de consumo de materiales distribuido en los eslabones de formación de tiras en la máquina de soldadura automática, formación del sándwich, inspección del sándwich con equipo de electroluminiscencia, laminado del sándwich, trimado de los bordes, colocación del marco, pegado de la caja de conexión, llenado de la caja de conexión, limpieza y embalaje.

El indicador consumo de energía abarca los eslabones de la cadena en toda su totalidad con un total de 30kw/h, la toxicidad abarca solo dos eslabones, el control de entradas y el laminado del sándwich con un total de 8%. La gestión de residuos se establece en 3 eslabones, control de entradas, formación de tiras en la máquina de soldadura automática, limpieza y embalaje con una totalidad de 45% y la huella de carbono abarca los eslabones de formación del sándwich y el pegado de la caja de conexión con un total de 8 unidades de área.



Fuente: Rojas et al., (2021)

Figura 2. Cadena de valor de paneles fotovoltaicos

Tabla 2. Cálculo de los indicadores de sostenibilidad ambiental por cada uno de los eslabones de la cadena de valor de paneles fotovoltaicos.

Eslabones de la cadena de valor	Indicadores de sostenibilidad ambiental					
	Gestión medioambiental	Consumo de materiales	Consumo de energía	Toxicidad	Gestión de residuos	Huella de Carbono
Control de entrada	0.003	-	2kw/h	3%	20%	-
Formación de Tiras en la Máquina de Soldadura Automática	0.002	2%	3kw/h	-	15%	-
Formación del sándwich	0.005	3%	3kw/h	-	-	5 unidades de área
Inspección del sándwich con equipo de electroluminiscencia	0.003	2%	2kw/h	-	-	-
Laminado del sándwich	0.002	2%	3kw/h	5%	-	-
Trimado de los bordes	0.003	2%	3kw/h	-	-	-
Colocación del marco	0.003	2%	2kw/h	-	-	-
Pegado de la caja de conexión	0.003	2%	1kw/h	-	-	3 unidades de área
Prueba de aislamiento	0.004	-	2kw/h	-	-	-
Inspección del módulo enmarcado con equipo de electroluminiscencia	0.003	-	2kw/h	-	-	-
Verificación final del módulo	0.004	-	1kw/h	-	-	-
Llenado de la caja de conexión	0.004	3%	2kw/h	-	-	-
Terminado del Módulo	0.003	-	1kw/h	-	-	-
Control final	0.005	-	1kw/h	-	-	-
Limpieza y embalaje	0.003	2%	2kw/h	-	10%	-
<b>Total</b>	<b>0.05 unidad mínima territorial</b>	<b>20%</b>	<b>30kw/h</b>	<b>8%</b>	<b>45%</b>	<b>8 unidades de área</b>

Fuente: Elaborado por el autor

## CONCLUSIONES

En el contexto internacional la dimensión ambiental de la sostenibilidad cuenta con retos sumamente importantes a resolver, como es el caso del calentamiento global y utilización de las fuentes de energía renovables, en la cual Cuba se encuentra en la urgencia de transformar su matriz energética, para disminuir el consumo de combustibles fósiles para la generación de electricidad y aumentar la eficiencia en su utilización.

El diagnóstico llevado a cabo en la empresa de Componentes Electrónicos, puso en evidencia que la cadena de valor de paneles fotovoltaicos no se encuentra relacionada con los indicadores de la dimensión ambiental, para su evaluación por cada una de sus actividades y eslabones en aras de calcular los costos ambientales, destacando la presencia de insuficiencias en el conocimiento referente a la gestión de la dimensión ambiental en la entidad objeto de estudio.

La entidad no utiliza la cadena de valor de paneles fotovoltaicos como herramienta de análisis y de gestión, en la búsqueda de estrategias de ventajas competitivas en función de la gestión ambiental para establecer el producto en el mercado, dificultando la revelación de las inversiones, incorporaciones de los ingresos, costos y gastos del ámbito económico en un período determinado comprometidos con el medio ambiente.

Por lo que, se convierte en un componente estratégico para la organización y estar en condiciones de enlazar la capacidad individual y colectiva de los empleados, que permita generar valores a los procesos de trabajo afines con la producción de paneles fotovoltaicos, estableciendo una nueva alternativa de mejora al rendimiento económico- ambiental y fomentar el establecimiento del Sistema de Gestión Ambiental y el desempeño de la organización en general.

El procedimiento propuesto está en función del objetivo general planteado en la investigación permitiendo:

- Calcular cada uno de los indicadores ambientales propuestos por cada actividad de la cadena de valor, para la toma de decisiones por parte de los directivos de la empresa.
- Incorporar en términos monetarios al estado de resultado de la empresa aquellos costos ambientales generados en la producción de paneles fotovoltaicos identificados en la cadena de valor.
- Integrar el término de sostenibilidad ambiental al desarrollo de las estructuras conformadas en cadenas de valor.



## BIBLIOGRAFÍA

- Abdul, S., Khan, R., Fellow, P., Yu, Z., Golpira, H., Sharif, A., & Mardani, A. (2021). A state-of-the-art review and meta-analysis on sustainable supply chain management: Future research directions. *Journal of Cleaner Production*, 278, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.123357>
- Arteta, Y., Moreno, M., y Steffanell, I. (2015). La gestión ambiental de la Cuenca del Río Magdalena desde un enfoque socialmente responsable. *Revista Amauta*, 26, 193-218. <http://investigaciones.uniatlantico.edu.co/revistas/index.php/Amauta/article/view/1331>
- Baldassarre, B., Konietzko, J., Brown, P., Calabretta, G., Bocken, N., Karpen, I., & Hultink, E. J. (2020). Addressing the design-implementation gap of sustainable business models by prototyping: A tool for planning and executing small-scale pilots. *Journal of Cleaner Production*, 255, 120295. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120295>
- Bocken, N., Short, S., Rana, P., & Evans, S. (2013). A value mapping tool for sustainable business modelling. *Corporate Governance (Bingley)*, 13(5), 482-497. <https://doi.org/10.1108/CG-06-2013-0078>
- Cañizares, J. (2020). El rol de la responsabilidad social empresarial para las microempresas ¿Qué tanto se cumple las buenas prácticas? *Revista de investigación administración e ingeniería*, 8(1), 107- 115. <https://revistas.udes.edu.co/aibi/article/view/1651>
- Comisión Económica para América Latina y el Caribe. (2015). *Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/40155/24/S1801141_es.pdf)
- DANE. (2014). *Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores*. Bogotá: Cundinamarca.
- Estrella, M. V. & González, A. (2017). *Desarrollo sustentable: un nuevo mañana (2a edición)*. Grupo Editorial Patria: México.
- Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2017). The Circular Economy – A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner(143)*, 757-768. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.12.048>
- International Organization for Standardization. (2019). *ISO 14001:2015 Cambios y novedades*. <https://www.isotools.org/2019/02/14/conoce-los-principios-de-la-norma-iso-14001/>
- Joyce, A., & Paquin, R. (2016). The triple layered business model canvas: A tool to design more sustainable business models. *Journal of Cleaner Production*, 135, 1474-1486. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.067>
- Lu, Z., Osvaldo A, B., Michael E, C., Yan, J., Xu, M., Derrible, S., . . . Crittenden, J. (2019). Seven Approaches to Manage Complex Coupled Human and Natural Systems: A Sustainability Toolbox. *Environ Sci Technol(16)*, 9341-9351. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.est.9b01982>
- Lüdeke-Freund, F., Massa, L., Bocken, N., Brent, A., & Musango, J. (2016). *Business models for shared value-Main Report*.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medioambiente (CITMA). (2016). *Programa Nacional de Educación Ambiental para el Desarrollo Sostenible 2016-2020*, La Habana. ONU (1987): «Informe Nuestro Futuro Común», [http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE\\_Lecture\\_1/CM\\_MAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo](http://www.ecominga.uqam.ca/PDF/BIBLIOGRAPHIE/GUIDE_Lecture_1/CM_MAD-Informe-Comision-Brundtland-sobre-Medio-Ambiente-Desarrollo)
- Partido Comunista de Cuba (PCC). (2016). *Lineamientos de la Política Económica y Social del Partido y la Revolución*, VII Congreso, Editora Política: La Habana
- Pita, M., & Montañez, N. (2020). Propuesta metodológica para la integración de un sistema de gestión ambiental según la norma ISO 14001:2015 en el sistema de gestión de calidad de una universidad con modalidad abierta y a distancia en Colombia. *Signos*, 12(1), 151- 168. <https://revistas.usantotomas.edu.co/index.php/signos/article/view/5426>

---

Robèrt, K. H., & Broman, G. I. (2013). A framework for strategic sustainable development. *Journal of Cleaner Production*, 140, 17-31. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.10.121>

Robèrt, K. H., Broman, G., & Basile, G. (2013). Analyzing the Concept of Planetary Boundaries from a Strategic Sustainability Perspective: How Does Humanity Avoid Tipping the Planet? *Ecology and Society*, 18(2), 5. <http://dx.doi.org/10.5751/ES-05336-180205>

Rojas, D., Espinosa, EG., y Pelegrín, A. (2021). Propuesta de cadena de valor en la fabricación de paneles fotovoltaicos. *Escritos Contables y de Administración*, 12(2), 68-98. <https://doi.org/10.52292/j.eca.2021.2654>

Rojas, D., Pavón, I., Pelegrín, A., y Menoya, S. (2022). Procedimiento de costos basados en actividades para la fabricación de paneles fotovoltaicos. *Expresión Económica*, (49), 79-95. <https://doi.org/10.32870/eera.vi49.1077>

Salas, H. (2015). Integración de la dimensión ambiental al sistema de información financiero de empresas ubicadas en ecosistemas frágiles. *Revista Universidad y Sociedad*, 7(1), 102-109.

Teixeira, G. F. G., & Junior, O. C. (2019). How to make Strategic Planning for Corporate Sustainability? *Journal of Cleaner Production*, 230, 1421-1431. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.05.063>

Zarta Ávila, P. (2018). La sustentabilidad o sostenibilidad: Un concepto poderoso para la humanidad. *Tabula Rasa*(28), 409-423. <https://www.redalyc.org/journal/396/39656104017/html/>