



EVALUACIÓN DE LA SOSTENIBILIDAD EN UNA EMPRESA DE FABRICACIÓN

Marcelino Rivas Santana^{*1}, Daniel Rivas Ramos², Ramón Quiza³, Joaquín García Dihigo⁴

¹ Centro de Estudio de Fabricación Avanzada y Sostenible (CEFAS), Universidad de Matanzas, Cuba,
Email: marcelino.rivas@umcc.cu

² Empresa Eléctrica, Matanzas, Cuba, Email: inversiones9@elecmtz.une.cu

³ Centro de Estudio de Fabricación Avanzada y Sostenible (CEFAS), Universidad de Matanzas, Cuba,
Email: ramón.quiza@umcc.cu

⁴ Vicerrectoría de investigación, Universidad de Matanzas, Cuba, Email: joaquin.garcia@umcc.cu

RESUMEN

En las últimas décadas, el rápido crecimiento en la población mundial ha causado importantes incrementos en los requerimientos de recursos naturales, lo cual ha producido, además, mayores demandas con vista a la sostenibilidad económica, ambiental y social. La evaluación de esta sostenibilidad, en industria de fabricación, juegan un papel crucial, ya que este tipo de empresas suelen consumir grandes cantidades de recursos. Este trabajo presenta una evaluación de los aspectos de la sostenibilidad en una industria mecánica cubana, enfocada a la fabricación de recipientes a presión. La evaluación estuvo basada en la metodología de la NIST. Los resultados obtenidos permitirán la comparación de la industria estudiada con otros talleres y con el funcionamiento futuro de la propia empresa.

PALABRAS CLAVES: Industria de fabricación; Sostenibilidad.

SUSTAINABILITY EVALUATION IN A MANUFACTURING ENTERPRISE

ABSTRACT

In the last decades, the fast growing in world population has caused important increases in natural resources requirements, which has also produced higher demands for economic, environmental and social sustainability. Evaluation of this sustainability, in manufacturing industries, play a key role, as these kind of enterprises use to consume big amounts of resources. This work presents an evaluation of the sustainability issues in a Cuban mechanical industry, focused on manufacturing pressurized vessels. The evaluation was based in the NIST methodology. The obtained outcomes should allow to compare the studied industry with other workshops and with its own performance, in the future.

KEY WORDS: Manufacturing industry; Sustainability.



CONVENCIÓN 2019

del 21 al 24 de mayo

INTERNACIONAL CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ

1. INTRODUCCIÓN.

Cuidar el medio ambiente es uno de los aspectos de mayor importancia en la actualidad, debido a los efectivos negativos que están provocando el continuo desarrollo de la sociedad y con ello el gran avance tecnológico está provocando importantes efectos negativos sobre el planeta. Temas como disminución de la capa de ozono, lluvia ácida y calentamiento global han pasado a formar parte de la actualidad. Por tal motivo han sido necesario la introducción de términos tales como “Desarrollo Sostenible”, el cual consta de tres aspectos: el desarrollo económico, el social y la protección del medio ambiente [1]. Una de las primeras publicaciones en la que se alude al término “sostenibilidad” fue “Ecological principles for economic development” [2] Este libro fue pionero en el campo de la ecología y su impacto en el desarrollo económico global. En 2012, la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Desarrollo Sostenible, que tuvo lugar en Río de Janeiro en 2012, veinte años después de la histórica Cumbre de la Tierra, supuso un nuevo impulso en el estudio e implementación de medidas en el ámbito de la sostenibilidad. En dicha Conferencia, los gobiernos se reafirmaron en su compromiso con el desarrollo sostenible y la implementación de acciones concretas en los ámbitos económico, social y ambiental. Las conversaciones oficiales se centraron principalmente en dos ámbitos: en la instauración de una economía ecológica (“green economy”) que permitiera la sostenibilidad y la erradicación de la pobreza, y en la mejora de la coordinación internacional sobre el desarrollo sostenible. Se define el desarrollo sostenible como “la satisfacción de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades”, el desarrollo sostenible ha emergido como el principio rector para el desarrollo mundial a largo plazo. Durante los últimos dos siglos, la industria y la economía han evolucionado bajo la premisa de que la Tierra es un "almacén de recursos" ilimitado y un ecosistema estable [3], sin embargo, a medida que la población crece y algunos países desarrollan considerablemente su industria y por lo tanto pasan a ser grandes contaminantes, la atención hacia los recursos naturales limitados también aumentan. El interés general debe ser utilizar los recursos conscientemente para satisfacer la demanda humana [4]. Un enfoque para este desafío se puede encontrar en el concepto clave de sostenibilidad. Al considerar las tres dimensiones: sociedad, medio ambiente y economía, pretende que nuestra sociedad satisfaga las necesidades presentes y futuras en todo el mundo. Siendo la fabricación un factor importante en este enfoque hacia una sociedad más sostenible [5]. En este contexto, muchas empresas de fabricación ya han empezado a reconsiderar la idea de ser "ecológicas" y cómo abordar la sostenibilidad. Las regulaciones ambientales tienen un impacto significativo, especialmente si están respaldadas por consecuencias legales. Por lo tanto, muchos fabricantes mundiales temen quedar excluidos del mercado si no cambian sus políticas hacia el concepto de sostenibilidad [6]. Además, los empresarios también están interesados en el rendimiento de sostenibilidad de las empresas de fabricación, siendo un sector que utiliza índices y herramientas para evaluar la sostenibilidad. Esta tendencia hacia una inversión socialmente responsable es otro factor importante que obligó a las empresas a adaptar su estrategia [7]. Aunque se ha trabajado mucho en la investigación de la sostenibilidad en diferentes niveles, la investigación sobre herramientas rápidas de evaluación de la sostenibilidad a nivel de las empresas de fabricación y las fábricas a nivel mundial es aún insuficiente. Ninguna de las herramientas existentes cumple los criterios de una aplicabilidad genérica y una visión holística sobre la sostenibilidad simultáneamente [8]. En nuestro país se están dando algunos pasos en lograr metodologías que recojan indicadores capaces de medir la sostenibilidad ambiental a nivel de territorio, pero sin embargo, a pesar de existir algunas indicaciones del CITMA, no existe un total cumplimiento, ni una metodología para la evaluación de sostenibilidad de las empresas de fabricación, lo que provoca que en ocasiones los niveles de contaminación por diferentes motivos sean altos. El trabajo tiene como objetivo principal realizar la evaluación de la sostenibilidad en una empresa de manufactura a partir de la metodología expuesta por NIST analizando la factibilidad del uso de la misma con la introducción de algunos cambios que permitan la evaluación de la sostenibilidad de las empresas de fabricación cubanas. La metodología utilizada permite evaluar dos o más empresas como alternativas entre sí. También posibilita evaluar a una empresa a lo largo del tiempo para observar su desarrollo sostenible. La herramienta proporciona una visión general rápida y general del desempeño de la sostenibilidad y debe respaldar la comparación de diferentes alternativas. Al mismo tiempo, los directores de las fábricas también pueden usar la herramienta para compararse con otras compañías o para identificar posibles mejoras o deterioros en términos de sostenibilidad.

2. METODOLOGÍA PARA LA EVALUACIÓN DE SOSTENIBILIDAD

La metodología propuesta por [9], consta de siete pasos:

1. Identificar el criterio.
2. Identificar y agrupar los indicadores según las tres categorías fundamentales: ambiental, social y económica.



CONVENCIÓN 2019

del 21 al 24 de mayo

INTERNACIONAL CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ

3. Evaluar los indicadores. Estos pueden ser evaluados en indicadores positivos e indicadores negativos.
4. Normalizar los indicadores. Este paso es necesario ya que existen diferentes unidades de medidas para los indicadores, siendo necesario normalizarlos entre 0 y 1 para poder trabajar con ellos.
5. Ponderar los indicadores. Este paso se realiza por expertos, los que darán peso a cada indicador usando el método de Saaty.
6. Cálculo de los sub-índices.
7. Cálculo del índice compuesto.

Criterios de los indicadores de desempeño de sostenibilidad

Los indicadores proporcionan información clave sobre una condición o estado en forma numérica sobre la base de una escala. Por lo tanto, los indicadores suelen estar un paso más allá de los datos primarios [10]. Varían dependiendo del tipo de sistema que monitorean. En términos de este estudio, los indicadores de sostenibilidad se pueden definir como "información utilizada para medir y motivar el progreso hacia metas sostenibles" [11]. El Grupo de Medidas Sostenibles [12], así como Anderson et al. y Feng et al. [13] Medible: los indicadores deben medirse cuantitativamente de manera organizativa.

- Relevante: los indicadores deben adaptarse al propósito de medir el desempeño de la sostenibilidad y proporcionar información útil al respecto.
- Entendible: los indicadores deben entenderse fácilmente por personas que no sean expertos.
- Manejable: los indicadores deben limitarse al número mínimo requerido para cumplir con el propósito de la medición.
- Confiable: los indicadores deben proporcionar información confiable.
- Datos accesibles: los indicadores deben basarse en información que esté disponible o que se pueda acceder fácilmente.
- Manera oportuna: los indicadores deben medirse de manera regular para permitir la toma de decisiones informativa y oportuna.

Estos criterios son de gran importancia, ya que nos ayudan a la correcta selección del indicador.

Identificación de los indicadores según las tres categorías.

En el estudio realizado se tomaron los tres indicadores fundamentales propuestos por [9], los cuales se muestran en la Figuras 1.

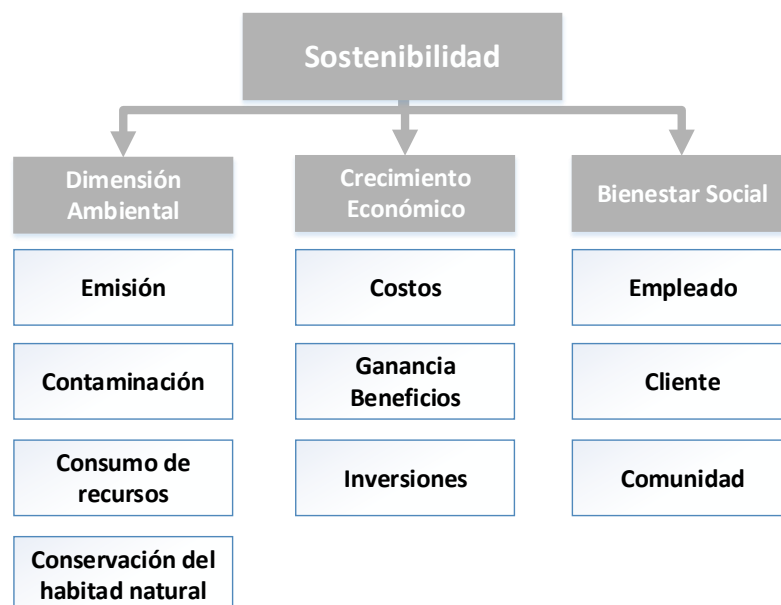


Figura 1. Indicador de sostenibilidad



Después de definir los temas para cada dimensión y los criterios generales para los indicadores, ahora se requiere definir y restringir el concepto a una serie de indicadores clave de desempeño que cumplan con todos los criterios y puedan medirse, monitorearse y registrarse de manera regular. En la literatura se puede encontrar una amplia gama de posibles indicadores de desempeño de sostenibilidad. Sin embargo, todos los indicadores no son relevantes para la industria y pueden evaluarse desde una perspectiva externa. Por lo tanto, se deben identificar los indicadores clave adecuados. En general, solo se pretende utilizar indicadores cuantitativos, ya que son más objetivos y menos sesgados que los cualitativos. También debería ser posible expresar cada indicador en términos relativos y no solo en términos absolutos, ya que las diferentes empresas deben compararse en un nivel significativo. Los indicadores sociales, por ejemplo, deben expresarse en relación con el tamaño de la fuerza laboral y los indicadores ambientales en relación con una medida adecuada de producción, como las unidades de producto producidas o una indicación del peso producido. Los indicadores claves de sostenibilidad identificados en [14], junto con sus dimensiones, temas y unidades se resumen en la Tabla 1

Tabla 1. Indicadores claves de sostenibilidad.

Dimensión	Tema	Indicador
Ambiental	Recursos naturales y activos	Uso de energía (MW h)
		Uso de materiales (kg)
		Consumo de agua (m ³)
		Desechos generados (kg)
	Contaminación	Potencial de calentamiento global CO ₂ equiv. (kg)
		Potencial de acidificación SO ₂ equiv. (kg)
Social	Seguridad y Salud	Accidentes de trabajo
		Capacitación en seguridad.
		Materiales peligrosos (kg)
	Desarrollo laboral y satisfacción laboral	Capacitación y educación (hr)
		Frecuencia de enfermedades.
		Tasa de deserción de empleo (%)
	Igualdad de oportunidades y trabajo decente	Proporción de mujeres en la fuerza laboral (%)
		Proporción de mujeres en puestos directivos (%)
		Salario mínimo (\$)
Económica	Finanzas	Margen de ganancia neta (%)
		Rendimiento del capital empleado (%)
	Desarrollo	Inversión en investigación y desarrollo (\$)
		Inversión en el desarrollo del personal (\$)
		Gasto en el cumplimiento de seguridad, salud y medio ambiente (\$)

Evaluación de indicadores de desempeño de sostenibilidad

Después de identificar los indicadores clave, es necesario determinar si un indicador tiene una influencia positiva o negativa en el desempeño de sostenibilidad de una empresa. Este juicio de cada indicador se vuelve importante para la normalización y la agregación en los siguientes pasos. Se considera que los indicadores positivos contribuyen a la sostenibilidad y, por lo tanto, deben maximizarse. Por otro lado, los indicadores negativos deben minimizarse para apoyar la sostenibilidad. Los resultados se resumen en la Tabla 2.

Normalización de los indicadores de rendimiento de sostenibilidad

El siguiente paso hacia el cálculo de un índice de desempeño compuesto de sostenibilidad se centra en la normalización de los indicadores. En la literatura existen varios métodos de normalización:

- Método de mínimo y máximo.
- Distancia y una referencia.
- Porcentaje sobre diferencias anuales.



Tabla 2. Evaluación de los indicadores claves de sostenibilidad.

Indicadores de sostenibilidad positivos.		Indicadores de sostenibilidad negativos.	
Capacitación en seguridad	Rendimiento del capital empleado	Uso de energía	Accidentes de trabajo
Capacitación y educación	Inversión en I+D	Uso de materiales	Frecuencia de enfermedades
Proporción de mujeres en la fuerza laboral	Inversión en el desarrollo del personal	Consumo de agua	Tasa de deserción de empleo
Proporción de mujeres en puestos directivos		Desechos generados	Materiales peligrosos
Salario mínimo		PCG	Gasto en el cumplimiento de EHS
Margen de ganancia neta		PA	

Todos los métodos descritos requieren una base de datos o un conjunto de datos de referencia para transformar los indicadores. Sin embargo, como no hay una base de datos disponible para los indicadores, la normalización no es posible para un conjunto de datos de indicadores. Sin embargo, esta herramienta intenta no solo evaluar una única fábrica sino también comparar diferentes fábricas entre sí y evaluar el desarrollo a lo largo del tiempo. Estos tres casos diferentes llevan a la siguiente conclusión:

- Evaluación de una sola fábrica → no es posible la normalización.
- Comparando diferentes fábricas → “distancia a una referencia”
- Desarrollo de una fábrica → “porcentaje sobre diferencias anuales”

Ponderación de los indicadores de rendimiento de sostenibilidad

El siguiente paso se centra en ponderar los indicadores para determinar la importancia individual de los indicadores hacia una meta general. Aunque este propósito se entiende fácilmente, sigue siendo difícil determinar los pesos con suficiente precisión [15]. “La importancia relativa de los indicadores es una fuente de controversia” [16]. Por lo tanto, una serie de diferentes técnicas de ponderación existen en la literatura. Algunos se derivan de métodos estadísticos como el análisis de la envolvente de datos y otros de métodos participativos como el proceso de jerarquía analítica.

Métodos de ponderación

1. Proceso de asignación de presupuesto (BAP). [16; 17]. Las principales ventajas de BAP son su aplicación transparente y simple, así como su corta duración. Por otro lado, también tiene varias desventajas: las ponderaciones son bastante subjetivas y podrían reflejar condiciones específicas que no son transferibles de una fábrica a otra [18].
2. Proceso de Jerarquía Analítica (AHP) Este método es mucho más complejo que el anterior y consiste en un enfoque matemático. Como primer paso, es necesario traducir un problema complejo en una jerarquía. El segundo paso requiere una comparación por pares entre cada par de indicadores. Los expertos tienen que juzgar “qué tan importante es el indicador j en relación con el indicador i ”. Los valores en una escala del 1 al 9 se asignan para mostrar la intensidad de preferencia [19]. En el siguiente paso, los resultados se presentan en una matriz para obtener las ponderaciones relativas de cada indicador [20]. Finalmente, se requiere encontrar el vector propio con el mayor valor propio de la matriz. El vector propio presenta los pesos, y el valor propio evalúa si el juicio es consistente o no [19; 21]. Aparte del problema de la posible inconsistencia, la subjetividad del juicio es otra característica negativa del método. Cada experto juzga los indicadores basándose en sus propios conocimientos y experiencias. Por lo tanto, la posible inconsistencia también está relacionada con la subjetividad [22]. A pesar de estas desventajas, AHP es una técnica integral y popular, y la información de expertos bien seleccionados es valiosa para los indicadores de ponderación. En contraste con la mayoría de los otros métodos, AHP permite que se ingresen en el modelo criterios tanto cuantitativos como cualitativos y evalúa diferentes niveles de criterios.
3. Análisis de la envolvente de datos (DEA). El análisis de la envolvente de datos, desarrollado por Charnes, Cooper y Rhodes (CCR) en 1978, es un método de programación lineal que se puede utilizar



CONVENCIÓN 2019

del 21 al 24 de mayo

INTERNACIONAL CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ

para calcular la eficiencia relativa de las unidades de toma de decisiones (DMU). Este método ya se ha utilizado para varios índices, como el índice de rendimiento tecnológico [23]. La fuerza del método radica en el hecho de que los pesos óptimos se derivan directamente de los datos y que no se necesita una normalización.

- 5 Beneficio de la duda (BOD). Evalúa el desempeño relativo de las fábricas y no la eficiencia [23]. Sin embargo, se basa en el mismo modelo y sigue el mismo proceso. El Índice Compuesto CI en este caso se calcula como la relación entre el rendimiento real de la fábrica y el índice de referencia externo.
- 6 Igualdad de peso (EW). Se asigna el mismo peso a cada indicador. Esto implica que todos los indicadores tienen la misma importancia y que no se utiliza un enfoque estadístico o participativo para determinar las ponderaciones. Aunque este método parece demasiado simple desde un punto de vista científico, varios indicadores compuestos, como el índice de sostenibilidad ambiental o el Cuadro de indicadores de innovación europeo, se construyen con la misma ponderación [22].

Selección de un método de ponderación para la sostenibilidad de fábrica.

Para seleccionar el método se deben tener en cuenta criterios específicos que deben cumplirse, tales como: tipo de datos, objetividad, información sobre la importancia de los indicadores, transferencia y que no requiera una gran base de datos. No se puede identificar un método que cumpla con todos los criterios. Sin embargo, de todos los métodos de ponderación revisados, el AHP da los mejores resultados. Por lo tanto, se utiliza para ponderar los diferentes indicadores dentro de este estudio.

Cálculo de los subíndices.

Después de ponderar y normalizar cada indicador, el siguiente paso requiere agruparlos en subíndices para cada grupo de indicadores de sostenibilidad. En el contexto de este estudio, hay tres grupos de indicadores (ambiental, económico y social) y, por lo tanto, también tres subíndices, respectivamente. Cuando se trata del desarrollo de una fábrica, el índice se calcula por el porcentaje de diferencias anuales, como se muestra en la ecuación:

$$\bar{I}_t = \frac{\bar{I}_t - \bar{I}_{t-1}}{\bar{I}_{t-1}} \cdot 100\% ; \quad (1)$$

donde \bar{I}_t es el valor del indicador, normalizado, para el año en curso; I_t es el valor del indicador para el año en curso e I_{t-1} es el valor del indicador para el año anterior.

3. CASO DE ESTUDIO

Como caso de estudio se presenta la evaluación de la sostenibilidad una empresa manufacturera, la cual se dedica a la producción de recipientes a presión como cilindro de gas y extintores. Para poder realizar la evaluación se tuvieron que hacer algunas pequeñas modificaciones en los indicadores, ya que la empresa no posee las estadísticas de algunos de ellos. En estos casos se procedió a la sustitución por indicadores semejantes. El método de normalización utilizado fue el de porcentaje sobre diferencias anuales. La ponderación no fue realizada, ya que solo se podrá realizar un análisis comparativo por indicador que muestre el avance de un año a otro.

Los datos necesarios se muestran en la Tabla 3. Los valores negativos muestran un decrecimiento en el indicador, lo cual puede significar un paso de avance si el indicador es negativo y lo contrario en caso de que el indicador sea positivo (ver Tabla 2). Con el objetivo de una fácil interpretación se realizan los gráficos de malla, para lo cual se toma la información de la tabla 3 y se le da valor uno al mayor valor y se determina el valor relativo del otro año. Los gráficos muestran, por año, los valores de cada sub-indicador, ver Figuras 4, 5 y 6.

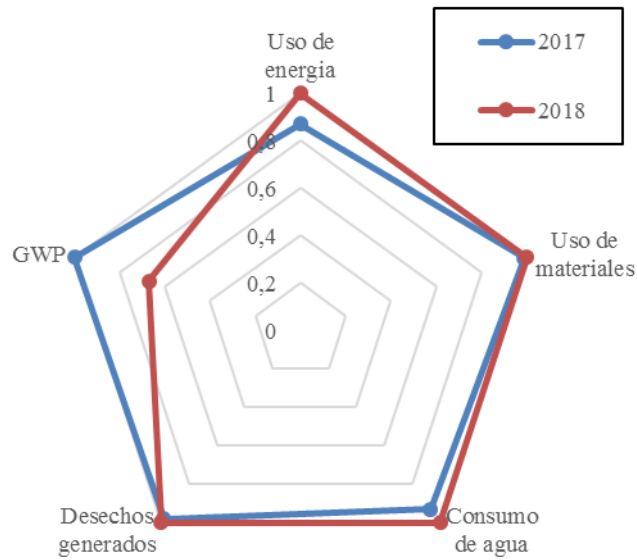


Figura 4. Dimensión ambiental.

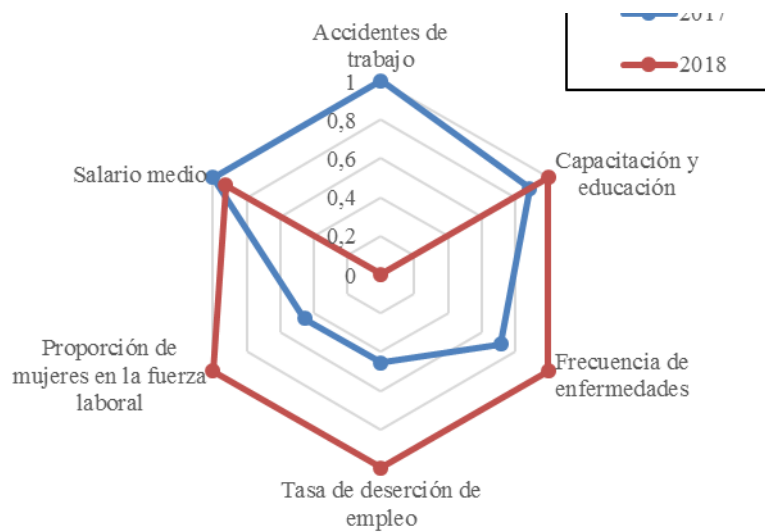


Figura 5. Dimensión Social

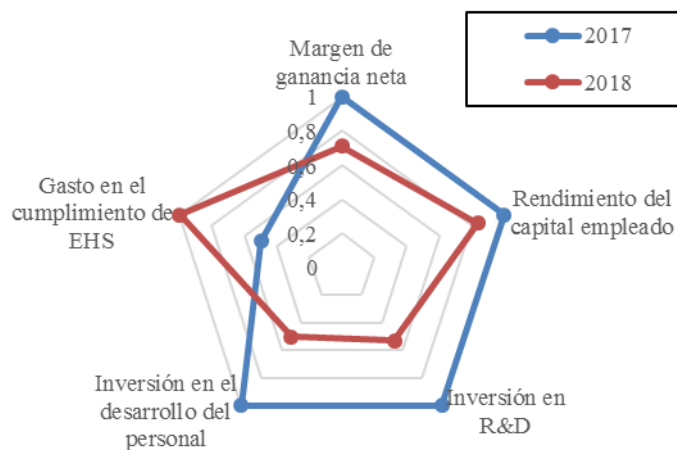


Figura 6. Dimensión económica.



CONVENCIÓN 2019

del 21 al 24 de mayo

INTERNACIONAL CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ

Tabla 3. Indicadores clave de sostenibilidad para la industria de fabricación.

Dimensión	Tema	Indicador	2017	2018	I ₂₀₁₈	N ₂₀₁₇	N ₂₀₁₈
Ambiental	Recursos naturales y activos	Uso de energía (MW h)	1737,04	1990,58	14,60	0,87	1
		Uso de materiales (kg)	1972368	198684,7	0,73	0,99	1
		Consumo de agua (m ³)	20004	21530	7,63	0,93	1
		Desechos generados (kg)	2221,3	2267,3	2,07	0,98	1
	Contaminación	Potencial de calentamiento global CO ₂ equiv. (kg)	9773	6538	-33,10	1	0,67
		Potencial de acidificación SO ₂ equiv. (kg)	-	-	-	-	-
Social	Seguridad y Salud	Accidentes de trabajo	1	0	-100	1	0
		Cantidad de cursos de capacitación.	5	5	0	-	-
		Materiales peligrosos (kg)	0	0	0	-	-
	Desarrollo laboral y satisfacción laboral	Capacitación y educación (hr)	2225	2509	12,76	0,89	1
		Cantidad de certificados médicos	203	283	39,41	0,72	1
		Tasa de deserción de empleo (%)	22.3	49	119,73	0,46	1
	Igualdad de oportunidades y trabajo decente	Proporción de mujeres en la fuerza laboral (%)	17.7	38.9	119,77	0,45	1
		Proporción de mujeres en puestos directivos (%)	11	11	0	-	-
		Salario medio (\$)	592	548	-7,43	1	0,93
		Utilidad (%)	99.7	71	28,79	1	0,71
Económica	Finanzas	Productividad (%)	117.36	98.3	-16,24	1	0,84
		Inversión en investigación y desarrollo (\$)	80300	42347.34	-47,26	1	0,53
	Desarrollo	Capacitación (inversión en cursos de pos grados, maestrías, etc.) (\$)	5800	2920	-49,66	1	0,50
		Gasto en el cumplimiento de seguridad. (\$)	9700	19517	101,21	0,50	1

Los resultados demuestran que la empresa en el año 2018 mejoró los indicadores de potencial de calentamiento global, accidentes de trabajo y la proporción de mujeres en la fuerza laboral. Por otro lado, aumento la cantidad de certificados médicos, la tasa de deserción, disminuyó el salario medio y las utilidades.



4. CONCLUSIONES

Con la aplicación de la metodología se puede evaluar el desarrollo de las empresas de fabricación cubanas.

Es necesario establecer, a nivel nacional, los modelos para recolectar la información de la forma adecuada, de forma que se facilite el trabajo y que permita la comparación entre empresas, lo cual posibilitaría conocer a nivel nacional cual es la empresa de mejores resultados de sostenibilidad.

La metodología permite tomar decisiones que mejoren los indicadores sociales, ambientales y económico, de forma que la producción sea sostenible.

REFERENCIAS

1. Capdevila, J. S. «Análisis e identificación de los impactos ambientales de un equipo electrónico durante su ciclo de aplicación a un coche de juguete teledirigido.» 2014,
2. DASMAN, R.[et al.]. «Ecological principles for economic development» *Londres: John Wiley & Sons Inc, 1973. 262 p.*, 1973,
3. Graedel, TE and Allenby, BR *Industrial ecology and sustainable engineering.: International ed. Pearson, Boston* 2010.
4. Davidson, CI[et al.]. «Preparing future engineers for challenges of the 21st century: sustainable engineering. In: *Going beyond the rhetoric: system-wide changes in universities for sustainable societies.*» 2010, vol 18, pp 698–701
5. Gutowski, TG[et al.]. «A global assessment of manufacturing: economic development, energy use, carbon emissions, and the potential for energy efficiency and materials recycling.» *Annu Rev Environ Resour* 38:81–106, 2013,
6. Srinivasan, V «An Engineer grapples with sustainable manufacturing» *Clean Technol Environ Policy* 13:217–219, 2011,
7. DJSI. *Dow Jones Sustainability Index.* . [en línea], 2013, [consulta: Disponible en: <<http://www.sustainabilityindex.com/dow-jones-sustainability-indexes/index.jsp>>
8. Chen, D[et al.]. *A state of the art review and evaluation of tools for factory sustainability assessment.* Procedia, 2013.
9. Joung, Che. B[et al.]. «Categorization of indicators for sustainable manufacturing» *Ecological Indicators*, 2012, 24, 148-157,
10. Veleva V and M, Ellenbecker. «Indicators of sustainable production: framework and methodology.» *J Clean Prod*, 2001, 9, 519–549,
11. Sustainability rulers: measuring corporate environmental and social performance. 1988, [fecha de consulta: Accessed 2 June 2018]. Disponible en: http://pdf.wri.org/sustainability_rulers.pdf
12. Characteristics of effective indicators: sustainable measures. 2010, [fecha de consulta: Disponible en: <http://www.sustainablemeasures.com/node/92>
13. Development overview of sustainable manufacturing metrics. In: *Proceedings of the 17th CIRP international conference on life cycle engineering, Hefei, China Global Reporting Initiative (2011) Sustainability reporting guidelines, Netherlands.*, 2010b, [fecha de consulta: Accessed 17 Apr 2018]. Disponible en: <https://www.globalreporting.org/resource/library/G3.1-Guidelines-Incl-Technical-Protocol.pdf>
14. Madanchi, Nadine[et al.]. *Development of a Sustainability Assessment tool for manufacturing Companies en Sebastian Thiede And Cristoph Herrmann. Eco- Factories of the future*, pag 198, ISBN 978-3-319-93729-8, 2019.
15. Krajnc, D and Glavič, P «How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. » *Ecol Econ* 55:551–563, 2005,
16. OECD. *Handbook on constructing composite indicators.: Methodology and user guide.* Publications, Paris 2008.
17. Hermans, E[et al.]. «Combining road safety information in a performance index.» *Accid Anal Prev* 40:1337–1344, 2008,
18. Zhou, L[et al.]. «Sustainability performance evaluation in industry by composite sustainability index.» *Clean Technol Environ Policy* 14:789–803, 2012,
19. TL, Saaty. «The analytic hierarchy process. Planning, priority setting, resource allocation. McGraw-Hill, New York» 1980,
20. OECD. «Handbook on constructing composite indicators. Methodology and user guide. OECD Publications, Paris» 2008,



CONVENCIÓN 2019

del 21 al 24 de mayo

INTERNACIONAL

CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA DE LA

UNIVERSIDAD DE CAMAGÜEY IGNACIO AGRAMONTE LOYNAZ

21. Singh RK[et al.]. «Development of composite sustainability performance index for steel industry» *Ecol Ind*, 2007, 7, 565–588,
22. Hermans E[et al.]. « Combining road safety information in a performance index» *Accid Anal Prev*, 2008, 40, 1337–1344,
23. Cherchye L[et al.]. «Legitimately diverse, yet comparable: on synthesizing social inclusion performance in the EU» *JCMS: J Common Mark Stud*, 2004, 42, 919–955,