

## Ciencia Nicolaita 88

ISSN: 2007-7068



Universidad  
Michoacana  
de San Nicolás  
de Hidalgo

# Indicador de eco-innovación basado en puntos de referencia múltiple: Caso de estudio Clúster Saint Gobain

## Eco-innovation indicator based on multiple reference points: Cluster Saint Gobain case study

María Isabel Peregrina-Mila,\* Emmanuel Olivera-Pérez, Samira El Gibari y Francisco Ruiz de la Rúa

**Para citar este artículo:** Peregrina-Mila María Isabel, Olivera-Pérez Emmanuel, El Gibari Samira y Ruiz de la Rúa Francisco, 2023. Indicador de eco-innovación basado en puntos de referencia múltiple: Caso de estudio Clúster Saint Gobain. Ciencia Nicolaita no. 88, 128-140. DOI: <https://doi.org/10.35830/cn.vi88.643>



### Historial del artículo:

Recibido: 15 de mayo de 2022

Aceptado: 31 de octubre de 2022

Publicado en línea: agosto de 2023



**Ver material suplementario**



**Correspondencia de autor:** [mariaisabel.peregrina@upaep.edu.mx](mailto:mariaisabel.peregrina@upaep.edu.mx)



**Términos y condiciones de uso:** <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/privacy>



**Envíe su manuscrito a esta revista:** <https://www.cic.cn.umich.mx/cn/about/submissions>



# Indicador de eco-innovación basado en puntos de referencia múltiple: Caso de estudio Clúster Saint Gobain

## Eco-innovation indicator based on multiple reference points: Cluster Saint Gobain case study

María Isabel Peregrina-Mila,<sup>1\*</sup> Emmanuel Olivera-Pérez,<sup>2</sup> Samira El Gibari<sup>3</sup> y Francisco Ruiz de la Rúa<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Doctorado en Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología/ Doctoranda en Economía y Empresa, Universidad de Málaga, Málaga, España.

<sup>2</sup>Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla, Decanato de Ingeniería, Posgrados de Planeación Estratégica y Dirección de Tecnología, Puebla, México.

<sup>3</sup>Universidad de Málaga, Departamento de Economía Aplicada, Málaga, España.

### Resumen

La eco-innovación es un concepto que enfatiza el desarrollo sostenible y su medición es imprescindible para el desempeño económico y sostenible de las organizaciones. Por otro lado, el cálculo de indicadores compuestos para evaluar el progreso en diferentes ámbitos es muy útil, considerando que los tomadores de decisiones requieren de herramientas eficaces para soportar sus estrategias. En este sentido, el presente artículo propone la medición de la eco-innovación en los sitios que conforman el Clúster México-Colombia del grupo Saint-Gobain, aplicando la metodología de indicadores basados en múltiples puntos de referencia. Los principales hallazgos sugieren que la dimensión de entradas y actividades integradas a los recursos, proveen información relevante para la toma de decisiones de las partes interesadas. Se sugiere extender las líneas de investigación aplicando la misma metodología en otras empresas del grupo Saint-Gobain, así como en otras compañías.

**Palabras clave:** indicador compuesto, eco-innovación, estrategia, indicador débil-fuerte, sostenibilidad.

### Abstract

Eco-innovation is a concept that emphasizes sustainable development, and its measurement is essential for the economic and sustainable performance of organizations. On the other hand, the calculation of composite indicators to assess progress in different areas is very important, considering that decision-makers require practical tools to support their strategies. In this sense, this article proposes the measurement of eco-innovation in sites of the Saint-Gobain group that make up the Mexico-Colombia Cluster, applying the weak and strong composite indicator methodology based on

multiple reference points. The main findings suggest that the dimension of inputs and activities integrated into the resources provides relevant information for the decision-making of the interested parties. The authors suggest extending the lines of research by applying the same methodology to other companies of the Saint-Gobain group and beyond.

**Keywords:** composite indicator, eco-innovation, strategy, weak and strong indicator, multicriteria.

## Introducción

La globalización con una visión de crecimiento económico ha causado el uso excesivo e incontrolable de los recursos naturales, lo que implica daños al medio ambiente. Ante esta situación global, ha surgido el concepto de eco-innovación, como motor esencial de las empresas, con el fin de aliviar los problemas ambientales y lograr un crecimiento sostenible (Dahan y Yusof, 2019; Dhekra Ben Amara, 2020; Juntunen *et al.*, 2019). La eco-innovación se distingue de cualquier innovación ya que demuestra un desarrollo sostenible, reduce el impacto al medio ambiente y aprovecha de manera responsable los recursos naturales para satisfacer necesidades que mejoran la calidad de vida humana (Carrillo-Hermosilla *et al.*, 2010; Gil-Doménech *et al.*, 2020). Asimismo, es una estrategia que mitiga el impacto ambiental, reduciendo costos y desperdicios con el objetivo de mejorar el desempeño económico de las empresas (Gil-Doménech *et al.*, 2020). A su vez, la eco-innovación es un objetivo explícito de las principales estrategias políticas, al exigir innovación ecológica (Ghisetti *et al.*, 2017). Diversos obstáculos pueden surgir, y representan un factor crítico para prevenir o estimular las estrategias (Afshari *et al.*, 2019).

Con base en lo anterior, el objetivo del presente trabajo es desarrollar un indicador compuesto con la metodología MRP-WSCI (por sus siglas en inglés, Multiple Reference Point Weak Strong Composite Indicator), la cual permite establecer un índice de compensación diferente a partir de indicadores simples; cabe mencionar que este método se puede aplicar a cualquier sistema de indicadores simples (Ruiz *et al.*, 2020). Este documento aborda un caso de estudio de la empresa multinacional Saint Gobain, la cual tiene el interés de medir la eco-innovación en los sitios que conforman el clúster México-Colombia. El objetivo es identificar áreas de oportunidad basadas en datos que

permitan direccionar los recursos en actividades estratégicas sostenibles. Esta transnacional, con más de 350 años de historia, está comprometida con sus objetivos de negocio hacia el 2030: cero emisiones de carbono, por lo que ha planeado y ejecutado acciones a favor del medio ambiente desde hace más de 15 años.

El contenido de este documento se integra por las siguientes secciones: 1) desarrollo del marco teórico de eco-innovación y casos de estudios; 2) desglose de la metodología de múltiples puntos de referencia para la construcción del indicador débil y fuerte (Ruiz *et al.*, 2019); 3) resultados cuantificables de la metodología; y 4) conclusiones y propuesta de líneas de investigación futuras.

## Marco teórico

### *Eco-innovación como estrategia*

Los proyectos de eco-innovación están relacionados con el desarrollo y la introducción de nuevos productos, procesos y servicios que comprueban la reducción del impacto negativo en el medio ambiente, uniendo el negocio y la innovación, para crear soluciones sostenibles. Es uno de los desafíos clave para las economías nacionales, al ser planteada por la Comisión Europea como una estrategia con mecanismos eficaces para mejorar la sostenibilidad de los productos, procesos y sistemas (Braungardt *et al.*, 2016). Como resultado, la eco-innovación es crucial para las organizaciones y las empresas, independientemente del sector productivo o de servicio (Gauthier y Woolridge, 2012; Triguero *et al.*, 2013).

La interrelación de la eco-innovación con la naturaleza es inevitable, considerando su conceptualización (PNUMA, 2007; Shahin *et al.*, 2020; Vieira de Souza *et al.*, 2018) como una innovación con un impacto favorable en el medio ambiente, independientemente de su aplicación, es decir, respetando la sostenibilidad social, económica y ambiental (Jänicke y



Lindemann, 2010; Juntunen *et al.*, 2019; Küçükoğlu y Pinar, 2015). Por otra parte, aunque en los últimos años se ha incrementado la investigación de eco-innovación (Lopes y Franco, 2019), aún existe la necesidad de aumentar los esfuerzos por comprenderla, puesto que la competitividad se genera a partir del conocimiento y las habilidades de innovar (Rennings, 1998). Además, la eco-innovación es adaptable a cualquier tipo de organización empresarial y social, lo cual amplía el beneficio hacia una dirección sostenible (Albort-Morant *et al.*, 2017); y es considerada un habilitador ante la puesta en marcha de políticas en favor de la innovación verde (Beretta, 2018).

### **Indicadores compuestos**

Los indicadores simples (Murias *et al.*, 2008) se integran en diferentes ámbitos para el seguimiento de métricas aisladas; sin embargo, para un análisis detallado y más complejo, el uso de los indicadores compuestos es una herramienta que se ha identificado como eficaz en diferentes contextos, como políticos, sociales, ambientales, económicos, entre otros (El Gibari *et al.*, 2019a). De la misma manera, Munda y Nardo (2009) reconocen la proliferación de los indicadores compuestos para la métrica en diferentes rubros como el desarrollo sostenible, la innovación y la competitividad. En cambio, Gan *et al.* (2017) discuten las ventajas y los beneficios de las tapas de ponderación y agregación, al mismo tiempo que examinan las características de los métodos más frecuentes, identificando sus fortalezas. Por su parte, Freudenberg (2003) estudia el procedimiento para la construcción de indicadores compuestos, identificando sus debilidades. Los autores concluyen que la selección de métodos apropiados es una tarea vital, considerando sus propiedades (Blancas *et al.*, 2010).

En la literatura se sugiere una gran cantidad de métodos de decisiones multicriterio para la evaluación de la sostenibilidad (Cabello *et al.*, 2014; Krajnc y Glavič, 2005; Singh *et al.*, 2012); sin embargo, no se identifica la aplicación de estos métodos para medir el desempeño de la eco-innovación en una empresa. Dentro de las metodologías más novedosas para la construcción de indicadores compuestos, el método basado en múltiples puntos de referencia multicriterio (Ruiz *et al.*, 2019), propone que los tomadores de decisiones definan los niveles de referencia para cada indicador, considerando que el proceso de agregación permite

interpretar los datos de manera accesible, generando un indicador débil y un indicador fuerte.

Esta metodología integra el enfoque que otras metodologías pasan por alto, ya que describe el proceso de construcción de un indicador compuesto: la primera etapa es la normalización de los datos, puesto que el origen de estos difiere; la siguiente fase es la ponderación, esta es significativa cuando se construyen indicadores compuestos, ya que en esta se asignan las ponderaciones a las variables. Los autores concluyen que la construcción de los indicadores compuestos exige tomar elecciones para unificar criterios de diferente naturaleza (El Gibari *et al.*, 2019b).

### **Casos de estudio**

Existen diferentes perspectivas en la literatura sobre la metodología de estudios de casos (McLeod *et al.*, 2011; Montes-Rodríguez *et al.*, n.d.; Sneed *et al.*, 2020; Snyder, 2012); sin embargo, en lo que coinciden los autores, es en que su ejecución debe ser sistemática, evidenciando la integración de conocimientos y permitiendo al lector sacar sus propias conclusiones (Jónasdóttir *et al.*, 2018; Pearson *et al.*, 2015). Los casos de estudio se relacionan con otras metodologías de investigación, como la recolección de información por encuestas, los experimentos controlados, los cuasiexperimentos y la investigación en acción (Robson, 1993; Runeson y Höst, 2009). Algunos autores han definido el estudio de casos como un método empírico, aplicado a fenómenos contextuales contemporáneos (Lai y Roccu, 2019; Yin, 2008). Se pueden generalizar cinco pasos en el estudio de casos: diseño, preparación para la recolección de datos, recolección de datos y evidencias, análisis de datos y reporte del caso estudio (Conradi y Inge Wang, n.d.; Hopwood, 2004).

## **Metodología**

Con base en la revisión de la literatura, este caso de estudio se realizó en cinco fases (Runeson y Höst, 2009), las cuales describimos a continuación. En la fase uno, se realizó el diseño del caso aplicado a la industria en México, mismo que se propuso a los responsables de sostenibilidad de la compañía Saint-Gobain para su desarrollo, visualizando las ventajas y la interrelación de los objetivos del caso de estudio con sus objetivos estratégicos; al finalizar esta fase, se

acordaron los sitios que participarían, los responsables, así como los recursos necesarios. En la fase dos, se ejecutaron instrumentos de investigación con los directivos y los especialistas de los sitios participantes del clúster México-Colombia, tales como entrevistas y cuestionarios. Cabe mencionar que esta fase requirió mayor tiempo, ya que en primera instancia se seleccionaron los indicadores a estudiar en conjunto con los directivos, teniendo como referencia el observatorio de eco-innovación (Europea, s.f.); los indicadores simples seleccionados se integraron en cinco dimensiones: entradas, salidas, eficiencia de los recursos y resultados socioeconómicos. Estas dimensiones se agrupan en dos áreas: recursos y resultados; las dimensiones de entradas y actividades se encuentran en la primera área, mientras que el resto de las dimensiones se ubican en el área de resultados. Para cada uno de los indicadores simples se generó una ficha descriptiva, la cual incluye nombre, descripción, unidad de medida, proveedor de los datos, año más reciente de medición y frecuencia de actualización.

Posteriormente, en la fase tres, se elaboró un cuestionario genérico para obtener datos del periodo 2017 a 2020; previamente se ejecutaron pruebas piloto para corroborar el instrumento. Por medio de reuniones virtuales con los responsables de cada sitio, se dio a conocer el cuestionario, explicando cada una de las preguntas, así como la información requerida. La recolección de datos inició en mayo de 2021 y finalizó en diciembre de 2021; durante este lapso se realizaron revisiones periódicas con cada uno de los responsables para validar los datos proporcionados. Cabe mencionar que los datos solicitados provenían de diferentes áreas de las unidades de negocio, por lo que la recolección fue extensa. Al mismo tiempo, se ejecutó otro cuestionario con escala Likert, el cual fue aplicado a los especialistas internos y externos, con el fin de obtener datos que nos ayudarán a ponderar cada uno de los indicadores y dimensiones previamente definidas. Finalmente, se obtuvo una base de datos general que integra todos los datos proporcionados.

La fase cuatro, que corresponde al tratamiento de los datos, incluyó la aplicación del método de puntos de referencia múltiple, método innovador aplicado en la medición de la eco-innovación y el cual considera la ponderación de los decisores, por lo que crea de manera particular el valor al indicador y, al mismo

tiempo, puede escalar sus funciones de logro. Finalmente, en la fase cinco, y como resultado del método utilizado, se obtuvieron dos tipos de indicador compuesto: el indicador débil que permite compensar los indicadores individuales, es decir, que si existen valores desfavorables se compensan con los que no lo son, resultando un rendimiento generalizado; en cambio, el indicador fuerte no permite compensación, por lo que un mal desempeño se refleja en el resultado.

A continuación, se describen los pasos de la metodología de puntos de referencia múltiple para el cálculo del indicador de eco-innovación de nuestro caso de estudio.

### **Niveles de referencia**

En la primera fase, el decisor puede otorgar  $n$  niveles de referencia a los indicadores individuales, considerando dos posibilidades (Ruiz *et al.*, 2019); pueden ser dados por especialistas o decisores asignados, o bien se puede calcular estadísticamente. Para el caso de este estudio se consideró la primera opción, es decir, los directivos y especialistas internos definieron cuatro niveles de referencia (Tabla 1).

Con base en los niveles de referencia definidos y con el semáforo de colores aplicado, se pretende facilitar la interpretación del indicador y la formulación de las acciones necesarias en cada uno de los sitios, permitiendo su monitoreo y control.

### **Unificación de la escala**

En este paso se clasificaron los sitios con base en su presupuesto en pequeñas, medianas y grandes empresas. Al contar con una diversidad de sitios, los indicadores se trasladaron a una escala común en porcentaje a partir del número de empleados en cada sitio. Para ilustrar estos dos primeros pasos, podemos denotar para el conjunto  $J$  de indicadores  $i$ , un nivel de referencia  $n$  asignado por los decisores. Por lo tanto, el máximo o mínimo valor que puede tomar es  $q_i^0$  y  $q_i^{n+1}$ , sucesivamente. Posterior a la definición de niveles de referencia, todos los indicadores se reducen a una escala en común. Asumiendo que un conjunto de  $n + 2$  valores reales  $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_n, \alpha_{n+1}$  están dados por las dos opciones mencionadas (Ruiz *et al.*, 2019).



**Tabla 1**  
Niveles de referencia proporcionados por los decisores.

Nivel 1	0-25	<b>Fase 1:</b> El requerimiento está implementado parcialmente, pero requiere formalización y plan de acción global.
Nivel 2	25-50	<b>Fase 2:</b> El requerimiento está implementado pero los procedimientos no son apropiados y no son expandibles. Requiere un plan de acción local.
Nivel 3	50-75	<b>Fase 3:</b> El requerimiento está implementado formalmente y puede ser replicado en otras áreas.
Nivel 4	75-100	<b>Fase 4:</b> El requerimiento relacionado a la pregunta está implementado y replicado en todas las áreas del sitio. Se controla, monitorea, comunica y actualiza.

Fuente: Elaboración propia.

### **Funciones de logro, normalización**

Para convertir los indicadores en una escala definida, se debe precisar la función de logro, la cual permite al mismo tiempo su normalización, siendo esta una función lineal (Ruiz *et al.*, 2020). A continuación, se integran los valores obtenidos del cuestionario con Likert, el cual fue evaluado por los especialistas externos e internos. Estos valores son normalizados para asignar un peso a cada indicador individual, así como a las dimensiones. Este paso es calculado y programado en una hoja de cálculo de Excel.

### **Indicador compuesto débil (WCI por sus siglas en inglés: Weak Composite Indicator), compensación total**

En el caso del indicador compuesto débil (WCI) se emplea una agregación aditiva para su cálculo, generando una compensación entre los indicadores individuales. Por lo tanto, los malos desempeños de cada uno de los indicadores individuales se compensan con los buenos desempeños. Los pesos y las funciones de logro son requeridos para realizar una agregación aditiva que compense el desempeño de los indicadores, considerando que son mutuamente independientes. Consecuentemente, el rendimiento puede interpretarse como un desempeño global.

### **Indicador compuesto fuerte (SCI por sus siglas en inglés: Strong Composite Indicator)**

Para el cálculo del indicador SCI, no se genera ninguna compensación, por lo que el peor desempeño de los indicadores está influenciado por el peso designado por los decisores. Cabe mencionar que el cálculo refleja el peor valor para el de mayor peso (Ruiz *et al.*, 2020). Al igual que el indicador débil, este indicador se formula y se ejecuta en una hoja de cálculo de Excel.

### **Indicador compuesto (MCI por sus siglas en inglés: Mixed Composite Indicator)**

El indicador compuesto es útil para la categorización de un número diferente de compensación, es decir, si se asigna un valor de compensación cero, obtendremos un valor del indicador fuerte; en cambio, si ese valor es uno, obtendremos el valor de un indicador débil. Empero, se pueden asignar valores intermedios para obtener diferentes grados de compensación (Ruiz *et al.*, 2020). Consecuentemente, debemos considerar que la función del indicador es resumir información para el soporte de los tomadores de decisiones estratégicas. En el presente trabajo se persigue medir la eco-innovación con la metodología descrita.

## **Resultados**

En las dos primeras fases se planteó el diseño y el análisis del caso de estudio con los especialistas responsables, con el objetivo de identificar las necesidades requeridas. Asimismo, en estas fases se definieron los indicadores individuales con base en la estructura de la organización y la información actual, por lo que requirió del mayor tiempo de nuestro estudio. La tercera fase fue la ejecución de los cuestionarios para la obtención de la información. En la cuarta fase, se realizó la programación y aplicación de la metodología; considerar el criterio de los especialistas es crucial para el método, por lo que se realizaron cálculos preliminares integrando la metodología y los datos proporcionados por los sitios. Finalmente, en la quinta fase se presentaron los resultados a los directivos y especialistas involucrados en el caso de estudio, explicando su significado para el monitoreo y control de estos, así como su influencia en la toma de decisiones estratégicas.



Como se comentó en la sección de metodología, la integración de los indicadores en cada una de las dimensiones y los niveles de referencia, fue elección de los decisores principales. En cambio, para la asignación de pesos se realizó una encuesta con escala Likert del 1 al 5 por cada indicador individual y dimensión, donde la calificación de 1 corresponde a muy poco importante y el valor de 5 como extremadamente importante; esta encuesta fue aplicada tanto a especialistas del grupo Saint-Gobain como a especialistas externos. El resultado de la ponderación de los pesos para indicadores individuales se resume en la Tabla 2.

A continuación, se integra el cálculo de las funciones de logro y la normalización del conjunto de datos obtenidos. En la Figura 1 se resume el cálculo de las funciones de logro, identificadas con el código de colores del semáforo de niveles de referencia, así como los pesos cálculos para cada indicador. Para cada sitio se calculan los valores de sus indicadores individuales, agrupados en las cinco dimensiones. Se observa que existen áreas de oportunidad en cada sitio, por ejemplo, el sitio 2 tiene en el nivel 1 los indicadores de horas hombre ambientales, descarga de agua y toneladas de CO<sub>2</sub>; el nivel 2 tiene los indicadores correspondientes a proyectos verdes y empleados EHS; los indicadores de certificaciones ambientales en la empresa

y participación en campañas se encuentra en nivel 3; y en nivel 4 se encuentran los indicadores referentes a proveedores con certificaciones ambientales, productos susceptibles a EPD/LCA, economía circular y horas de protección ambiental. Este sitio debe priorizar los indicadores ubicados en los niveles 1 y 2.

Debemos remarcar que los pesos son valores atribuidos de manera directa por los expertos, considerando sus objetivos y estrategias; estos valores impactan en todo el cálculo de los índices fuertes y débiles para cada sitio. A continuación, se presenta el análisis dinámico con el software Tableau, el cual es un software para BI (por sus siglas en inglés, *Business Intelligence*). Los gráficos generados ilustran la composición del indicador de eco-innovación en el clúster estudiado. En la Figura 2 se visualiza el comportamiento de los sitios: en **a** se identifican los valores de los indicadores individuales en los cuatro niveles de referencia, observándose que diez sitios tienen indicadores en nivel 4, y el resto de los valores se ubican mayormente entre los niveles 1 y 2. En **b** se observan los valores obtenidos en cada una de las dimensiones por cada sitio; en este gráfico el mayor número de valores se encuentran en el nivel 1 y 2.

**Tabla 2**  
Cálculo de pesos asignados por expertos

Dimensiones		Peso	Indicadores individuales	Pesos
1. Entradas	R e c u r s o s	0.567	1.1 % Proyectos verdes	0.525
			1.2 % Empleados EHS	0.475
			2.1 % Horas hombre ambientales	0.400
2. Actividades		0.433	2.2 % Proveedores con certificaciones ambientales	0.600
			3.1 % Productos susceptibles de EPD/LCA	0.567
3. Salidas	R e s u l t a d o s	0.225	3.2 % Certificaciones ambientales empresa	0.433
			4.1 % Descarga de agua	0.560
4. Resultado de eficiencia de recursos		0.276	4.2 % Toneladas de CO <sub>2</sub>	0.440
			5.1 % Economía Circular	0.391
5. Resultados socioeconómicos		0.474	5.2 % Horas protección ambiental	0.330
			5.3 % Participación campañas	0.279

Fuente: Elaboración propia.

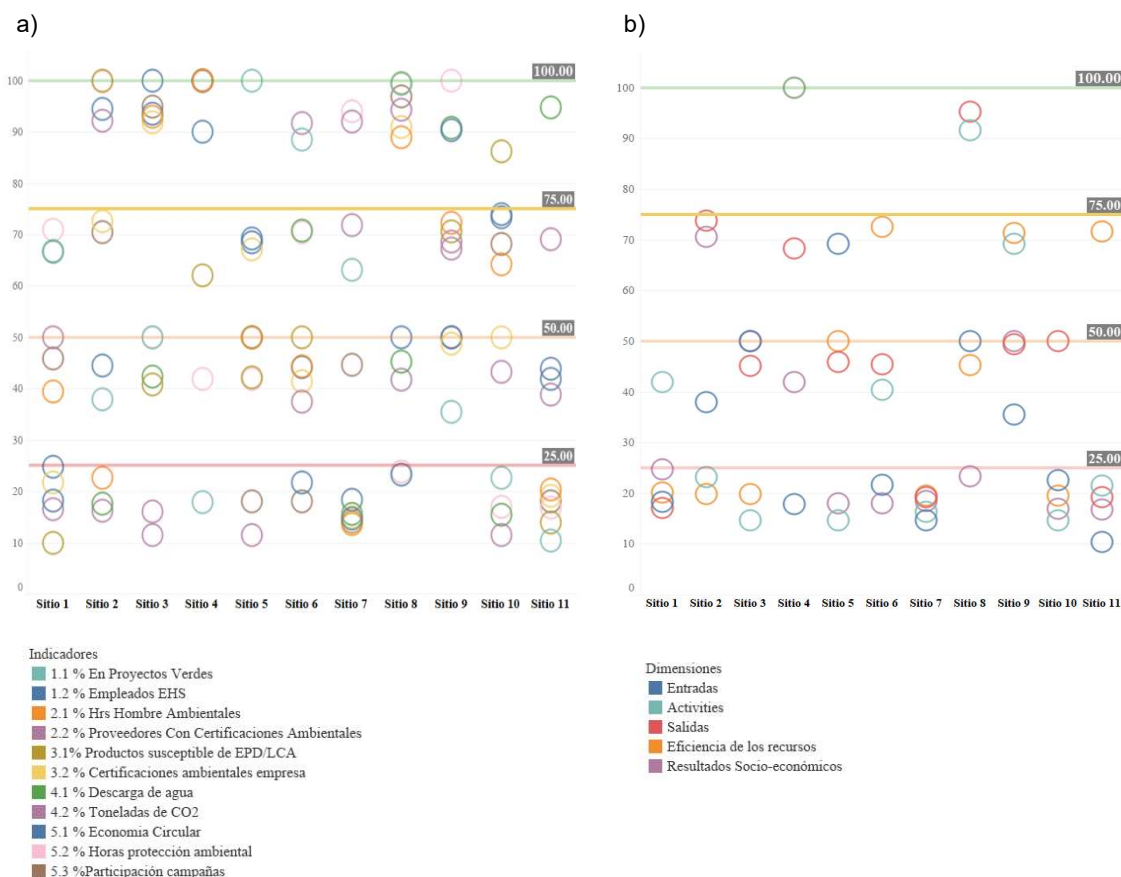


	Funciones de logro individuales											
Dimensiones	Inputs		Activities		Ouputs		Resource efficiency		Socio-economic outcomes			
Indicadores individuales	1.1 % en proyectos verdes	1.2 % empleados EHS	2.1 %hrs hombre ambientales	2.2 % proveedores con certificaciones ambientales	3.1% Productos susceptible de EPD/LCA	3.2 % Certificaciones ambientales empresa	4.1 % Descarga de agua	4.2 % Toneladas de CO2	5.1 % Economía Circular	5.2 % Horas protección ambiental	5.3 %Participación campañas	
	Sitio 1	66.84	18.24	39.38	50.00	10.00	21.77	66.71	16.55	24.70	70.87	45.80
	Sitio 2	37.96	44.46	22.66	92.09	100.00	72.63	17.63	16.21	94.43	99.74	70.51
	Sitio 3	50.00	100.00	92.91	11.47	40.75	91.86	42.40	16.09	93.56	50.00	94.89
	Sitio 4	17.82	90.06	100.00	100.00	62.12	100.00	100.00	100.00	100.00	41.88	100.00
	Sitio 5	100.00	69.24	50.00	11.47	42.18	67.03	50.00	50.00	68.47	41.82	18.03
	Sitio 6	88.47	21.68	44.29	37.49	50.00	41.39	70.82	91.76	44.20	70.46	18.03
	Sitio 7	63.08	14.63	13.53	71.90	14.11	15.00	15.59	91.96	18.40	94.03	44.59
	Sitio 8	99.31	50.00	88.96	94.35	99.43	90.96	45.30	41.80	23.28	23.80	96.88
	Sitio 9	35.49	90.29	72.27	67.29	70.61	48.80	90.72	68.57	50.00	100.00	50.00
	Sitio 10	22.60	73.96	64.12	11.47	86.19	50.00	15.50	43.28	73.34	16.89	68.16
	Sitio 11	10.37	41.84	20.37	38.76	13.98	19.08	94.78	69.08	43.83	16.75	18.03

**Figura 1.** Funciones de logro y normalización de los indicadores individuales. Fuente: Elaboración propia.

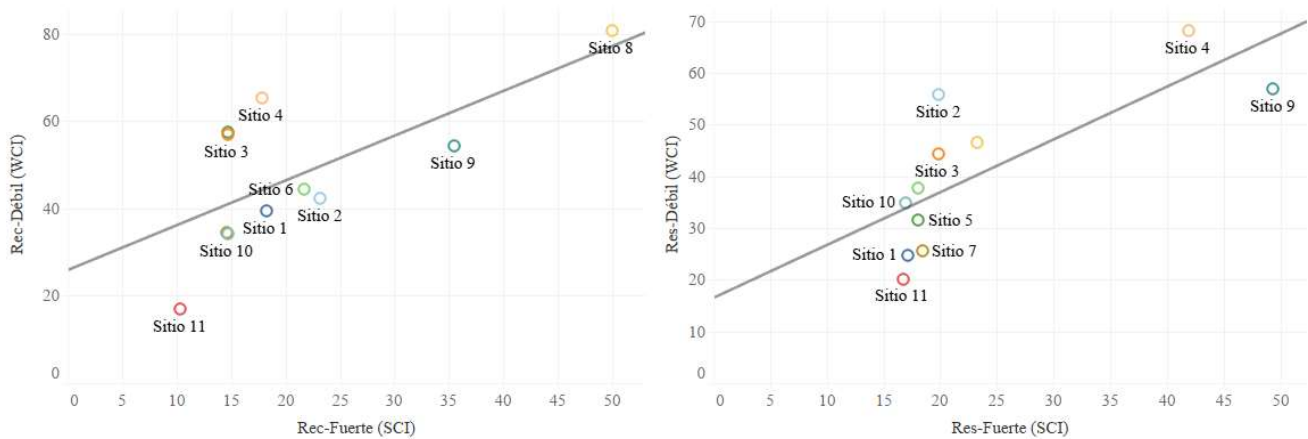
El resultado de la segunda agregación es el indicador fuerte y el débil, el cual agrupa las dimensiones en las áreas de recursos y resultados. Conforme a la metodología, el indicador débil compensa los malos desempeños en indicadores con los de mejor desempeño; por otra parte, el indicador fuerte no permite

ninguna compensación y está directamente afectado por la asignación de pesos dada. En la Figura 3 se presentan los valores del indicador débil y fuerte de estas áreas: en **a** se grafican los valores obtenidos por cada sitio en el área de recursos; en esta observamos que el mejor desempeño lo obtiene el sitio 8, seguido del



**Figura 2.** Áreas y dimensiones dentro de los niveles de referencia. Fuente: Elaboración propia en software Tableau.





**Figura 3.** Indicador fuerte y débil recursos-resultados por sitio. Fuente: Elaboración propia.

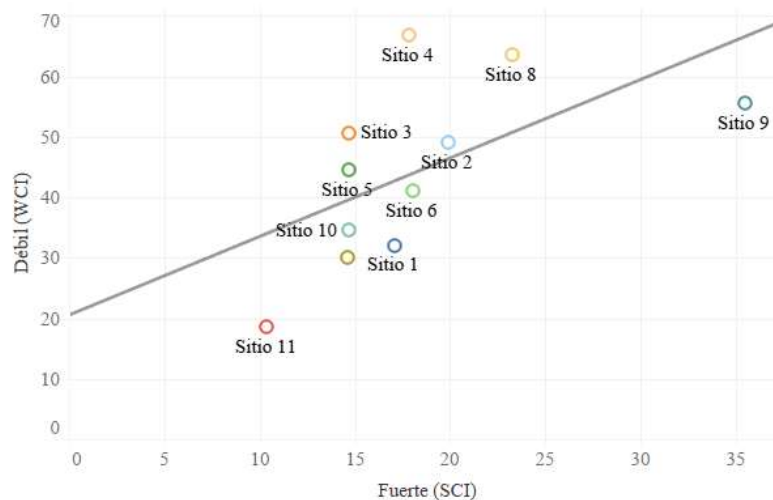
sitio 9. En **b** se encuentra el desempeño del indicador débil y fuerte del área de resultados; el sitio 4 y 9 son los de mejor desempeño. Esta clasificación proporciona a los decisores mayor claridad en la interpretación de los resultados, así como el seguimiento de cada sitio en particular y su influencia en el cálculo del indicador compuesto de eco-innovación. Asimismo, en ambos gráficos se traza la línea de tendencia en la medición de la eco-innovación para visualizar su comportamiento y su interrelación.

Por otra parte, los valores del área de recursos obtuvieron mejores valores que los ubicados en el área de resultados, estos últimos se encuentran en mayor proporción en nivel 2 y 3; en cambio, los recursos se encuentran mayormente en nivel 1. Posteriormente,

se obtiene el indicador compuesto para cada uno de los sitios, el cual fue compartido con los directivos y especialistas. En la Figura 4 se grafica el indicador compuesto de eco-innovación del Clúster México-Colombia, con base en la metodología de puntos de referencia aplicada en los sitios. Podemos observar que la línea de tendencia es creciente y de manera clara los decisores pueden identificar el desempeño de los sitios para la ejecución de proyectos asignados a los objetivos estratégicos de la compañía Saint Gobain.

## Discusión y conclusiones

La eco-innovación funge como estrategia, puesto que genera un desempeño organizacional positivo y es una ventaja competitiva (Fernández Sastre, 2015;



**Figura 4.** Indicador compuesto fuerte y débil de eco-innovación. Fuente: Elaboración propia.



Pham *et al.*, 2019); la eco-innovación destaca una relación con el consumidor hacia una mejor calidad de vida para los usuarios y, por otro lado, mejora la económica y el medio ambiente de manera global (Hart, 2012). Empero, el grado de eco-innovación está influenciado por las características sectoriales y regionales de las empresas u organizaciones (Short *et al.*, 2014). Con base en el caso de estudio realizado, se destaca que el papel de los decisores es muy relevante para la aplicación de cualquier metodología aplicada y su juicio debe de ser guiado al cumplimiento de los objetivos y de las estrategias de la compañía. Consideramos que la aplicación de la eco-innovación está en desarrollo y compañías como Saint Gobain están dando pasos adelantados para lograr su inserción a la cultura laboral, alineado a sus estrategias de sostenibilidad hacia el 2050. Las acciones pertinentes para mejorar los resultados en cada sitio, dependerá del nivel de madurez que tenga con base en los niveles de referencia definidos y estandarizados por los directivos.

De acuerdo con Iñigo y Albareda (2016), un determinante para la eco-innovación son la creación de prácticas y de conocimientos que permitan gestionarla. Sin embargo, la disponibilidad de recursos de la empresa y el crecimiento tecnológico complementario, son determinantes en la capacidad de innovación estratégica. Es así como la innovación sostenible ha ganado valor en la gestión empresarial, como una estrategia clave para la transformación corporativa de tercera generación (Del Río *et al.*, 2016). La innovación en los modelos de negocio para la sostenibilidad es una ventaja competitiva (Cainelli *et al.*, 2012), basada en múltiples fuentes de conocimiento y en prácticas como la eco-innovación (Ghisetti y Rennings, 2014). En consecuencia, la eco-innovación como cualquier otra innovación, debe aportar a los objetivos lucrativos y administrativos de cualquier organización o empresa (Carrillo-Hermosilla *et al.*, 2010) y se sugiere ser incluida como una estrategia que ayuda al logro de los objetivos mediante el beneficio mutuo (Powell y Snellman, 2004).

La limitante del presente estudio, fue la participación solo de los sitios que se encuentran dentro del territorio, por lo que se recomienda extender esta investigación a otras compañías multinacionales para ejercer un punto de referencia hacia la implementación y seguimiento del indicador de eco-innovación.

Asimismo, se recomienda el estudio de otros indicadores simples que pudieran integrarse en su medición, así como la aplicación de otras metodologías multicriterio.

Agradecemos la amplia colaboración de las universidades participantes en este proyecto, como la Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla y la Universidad de Málaga, en acuerdo con el grupo Saint Gobain.

## Referencias

- Afshari, H., Searcy, C., and Jaber, M.Y., 2019, The role of eco-innovation drivers in promoting additive manufacturing in supply chains. *International Journal of Production Economics*, 223, 107538.  
<https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2019.107538>.
- Albort-Morant, G., Henseler, J., Leal-Millán, A., and Cepeda-Carrión, G., 2017, Mapping the field: A bibliometric analysis of green innovation. *Sustainability*, 9, 1-15. <https://doi.org/10.3390/su9061011>.
- Ben-Amara, D., and Chen, H., 2020, A mediation-moderation model of environmental and eco-innovation orientation for sustainable business growth. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 16916-16928.  
<https://doi.org/10.1007/s11356-020-08206-4>.
- Beretta, I., 2018, The social effects of eco-innovations in Italian smart cities. *Cities*, 72, 115-121.  
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2017.07.010>.
- Blancas, F.J., Caballero, R., González, M., Lozano-Oyola, M., and Pérez, F., 2010, Goal programming synthetic indicators: An application for sustainable tourism in Andalusian coastal counties. *Ecological Economics*, 69, 2158-2172.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2010.06.016>.
- Braungardt, S., Elsland, R., and Eichhammer, W., 2016, The environmental impact of eco-innovations: the case of EU residential electricity use. *Environmental Economics and Policy Studies*, 18, 2, 213-228.  
<https://doi.org/10.1007/s10018-015-0129-y>.
- Cabello, J.M., Navarro, E., Prieto, F., Rodríguez, B., and Ruiz, F., 2014, Multicriteria development of synthetic indicators of the environmental profile of the Spanish regions. *Ecological Indicators*, 39, 10-23.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2013.11.013>.

- Cainelli, G., Mazzanti, M., and Montresor, S., 2012, Environmental innovations, local networks and internationalization. *Industry and Innovation*, 19, 8, 697-734. <https://doi.org/10.1080/13662716.2012.739782>.
- Carrillo-Hermosilla, J., Del Río, P., and Könnölä, T., 2010, Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1073-1083. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.014>.
- Carrillo-Hermosilla, J., Del Río, P., y Könnölä, T., 2010, Diversity of eco-innovations: Reflections from selected case studies. *Journal of Cleaner Production*, 18, 1073-1083. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.02.014>.
- Conradi, R., and Inge-Wang, A., 2003, LNCS 2765 - Empirical methods and studies in software engineering. Germany, Springer-Verlag. ISBN 3-540-40672-7.
- Dahan, S.M., and Yusof, S.M., 2019, Eco-process innovation performance: Production waste investigation through discrete event simulation. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 697. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/697/1/012001>.
- Del Río, P., Peñasco, C., and Romero-Jordán, D., 2016, What drives eco-innovators? A critical review of the empirical literature based on econometric methods. *Journal of Cleaner Production*, 112, 2158-2170. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.09.009>.
- El Gibari, S., Gómez, T., and Ruiz, F., 2019a, Building composite indicators using multicriteria methods: a review. *Journal of Business Economics*, 89, 1-24. <https://doi.org/10.1007/s11573-018-0902-z>.
- Fernández-Sastre, J., 2015, Economía neo-schumpeteriana, innovación y política tecnológica. *Cuadernos de Economía*, 38, 107, 79-89. <https://doi.org/10.1016/j.cesjef.2015.03.001>.
- Freudenberg, M., 2003, Composite indicators of country performance: a critical assessment. *OECD Science, Technology and Industry Working Papers*, 16, 35. <http://dx.doi.org/10.1787/405566708255>.
- Gan, X., Fernandez, I.C., Guo, J., Wilson, M., Zhao, Y., Zhou, B., and Wu, J., 2017, When to use what: Methods for weighting and aggregating sustainability indicators. *Ecological Indicators*, 81, 491-502. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.05.068>.
- Gauthier, J., and Wooldridge, B., 2012, Influences on sustainable innovation adoption: Evidence from leadership in energy and environmental design: *Business Strategy and the Environment*, 21, 2, 98-110. <https://doi.org/10.1002/bse.716>.
- Ghisetti, C., Mancinelli, S., Mazzanti, M., and Zoli, M., 2017, Financial barriers and environmental innovations: evidence from EU manufacturing firms. *Climate Policy*, 17, suppl. 1, 131-147. <https://doi.org/10.1080/14693062.2016.1242057>.
- Ghisetti, C., and Rennings, K., 2014, Environmental innovations and profitability: How does it pay to be green? An empirical analysis on the German innovation survey. *Journal of Cleaner Production*, 75, 106-117. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.03.097>.
- Gil-Doménech, D., Berbegal-Mirabent, J., and Merigó, J.M., 2020, Methods to Analyze Eco-innovation Implementation: A Theoretical Review. *Advances in Intelligent Systems and Computing*, 894, 193-205. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-15413-4>.
- Hart, S.L., 2012, "The Third-Generation Corporation", Bansal, P., and Hoffman, A.J. (eds), *The Oxford Handbook of Business and the Natural Environment*, Oxford Academic, 647-656. <https://doi.org/10.1093/oxfordhb/9780199584451.003.0037>.
- Hopwood, N., 2004, Research design and methods of data collection and analysis: Researching students' conceptions in a multiple-method case study. *Journal of Geography in Higher Education*, 28, 347-353. <https://doi.org/10.1080/0309826042000242558>.
- Iñigo, E.A., and Albareda, L., 2016, Understanding sustainable innovation as a complex adaptive system: A systemic approach to the firm. *Journal of Cleaner Production*, 126, 1-20. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.03.036>.
- Jänicke, M., and Lindemann, S., 2010, Governing environmental innovations. *Environmental Politics*, 19, 1, 127-141. <https://doi.org/10.1080/09644010903396150>.
- Jónasdóttir, S.K., Hand, C., Misener, L., and Polgar, J., 2018, Applying case study methodology to occupational science research. *Journal of Occupational Science*, 25, 393-407. <https://doi.org/10.1080/14427591.2018.1480409>.
- Juntunen, J.K., Halme, M., Korsunova, A., and Rajala, R., 2019, Strategies for integrating stakeholders into sustainability innovation: A configurational perspective. *Journal of Product Innovation Management*, 36, 331-355. <https://doi.org/10.1111/jpim.12481>.
- Krajnc, D., and Glavič, P., 2005, How to compare companies on relevant dimensions of sustainability. *Ecological Economics*, 55, 551-563. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.011>.

- Küçükoğlu, M.T., and Pinar, R.İ., 2015, Positive influences of green innovation on company performance. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 195, 1232-1237. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.261>.
- Lai, D., and Roccu, R., 2019, Case study research and critical IR: the case for the extended case methodology. *International Relations*, 33, 67-87. <https://doi.org/10.1177/0047117818818243>.
- Lopes, J., and Franco, M., 2019, Review about regional development networks: an ecosystem model proposal. *Journal of the Knowledge Economy*, 10, 275-297. <https://doi.org/10.1007/s13132-017-0464-2>.
- McLeod, L., MacDonell, S.G., and Doolin, B., 2011, Qualitative research on software development: a longitudinal case study methodology. *Empirical Software Engineering*, 16, 4, 430-459. <https://doi.org/10.1007/s10664-010-9153-5>.
- Montes-Rodríguez, R., Martínez-Rodríguez, B.J., and Ocaña-Fernández, A. Case study as a research method for analyzing MOOCs: Presence and characteristics of those case studies in the main scientific databases: *International Review of Research in Open and Distributed Learning*, 20, 3, 59-79.
- Munda, G., and Nardo, M., 2009, Noncompensatory/non-linear composite indicators for ranking countries: A defensible setting. *Applied Economics*, 41, 1513-1523. <https://doi.org/10.1080/00036840601019364>.
- Murias, P., De Miguel, J.C., and Rodríguez, D., 2008, A composite indicator for university quality assessment: The case of Spanish higher education system. *Social Indicators Research*, 89, 129-146. <https://doi.org/10.1007/s11205-007-9226-z>.
- Pearson, M.L., Albon, S.P., and Hubball, H., 2015, Case study methodology: Flexibility, rigour, and ethical considerations for the scholarship of teaching and learning. *Canadian Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 6, 3. <https://doi.org/10.5206/cjsotl-rca-cea.2015.3.12>.
- Pham, D.D.T., Paillé, P., and Halilem, N., 2019, Systematic review on environmental innovativeness: A knowledge-based resource view. *Journal of Cleaner Production*, 211, 1088-1099. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.11.221>.
- PNUMA (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente), 2007, Perspectivas del medio ambiente mundial: GEO4 medio ambiente para el desarrollo. *Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente*. ISBN 978-92-807-2838-5.
- Powell, W.W., and Snellman, K., 2004, The knowledge economy. *Annual Review of Sociology*, 30, 199-220. <https://doi.org/10.1146/annurev.soc.29.010202.100037>.
- Rennings, K., 1998, Towards a theory and policy of eco-innovation - Neoclassical and evolutionary perspectives. *ZEW Discussion Paper* 98-24.
- Robson, C., 1993, Real world research : a resource for social scientists and practitioner-researchers. 510.
- Ruiz, F., El Gibari, S., Cabello, J.M., and Gómez, T., 2019, MRP-WSCI: Multiple reference point based weak and strong composite indicators. *Omega*, 95, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.04.003>.
- Ruiz, F., El Gibari, S., Cabello, J.M., and Gomez, T., 2020, MRP-WSCI: Multiple reference point based weak and strong composite indicators. *Omega-International Journal of Management Science*, 95, 102060. <https://doi.org/10.1016/j.omega.2019.04.003>.
- Runeson, P., and Höst, M., 2009, Guidelines for conducting and reporting case study research in software engineering. *Empirical Software Engineering*, 14, 131-164. <https://doi.org/10.1007/s10664-008-9102-8>.
- Shahin, A., Imanipour, N., Shahin, A., and Wood, L.C., 2020, An integrative approach for structuring and prioritising eco-innovation determinants with a survey in knowledge-based companies. *Journal of Manufacturing Technology Management*, 31, 4, 799-824. <https://doi.org/10.1108/JMTM-03-2019-0110>.
- Short, S.W., Bocken, N.M.P., Barlow, C.Y., and Chertow, M.R., 2014, From refining sugar to growing tomatoes: Industrial ecology and business model evolution. *Journal of Industrial Ecology*, 18, 5, 603-618. <https://doi.org/10.1111/jiec.12171>.
- Singh, R.K., Murty, H.R., Gupta, S.K., and Dikshit, A.K., 2014, An overview of sustainability assessment methodologies. *Ecological Indicators*, 15, 281-299. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2011.01.007>.
- Sneed, S., Nguyen, C.H.P., and Eubank, C.L., 2020, An introduction to case study methodology: Single case and multiple case approaches. *International Journal of Adult Education and Technology-Ijaet*, 11, 1-11. <https://doi.org/10.4018/IJAET.2020100101>.
- Snyder, C., 2012, A case study of a case study: Analysis of a robust qualitative research methodology. *The Qualitative Report*, 17, 13, 1-21. <http://www.nova.edu/ssss/QR/QR17/snyder.pdf>.

- Triguero, A., Moreno-Mondéjar, L., and Davia, M.A., 2013, Drivers of different types of eco-innovation in European SMEs. *Ecological Economics*, 92, 25-33. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2013.04.009>.
- Vieira de Souza, W.J., Scur, G., and Hilsdorf, W. de C., 2018, Eco-innovation practices in the brazilian ceramic tile industry: The case of the Santa Gertrudes and Criciúma clusters. *Journal of Cleaner Production*, 199, 1007-1019. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.06.098>
- Yin, R.K., 2008, Case study research. Design and methods. 240.