

Despliegue de una política de Net Zero para la reducción de emisiones en la cadena de suministro

Implementing a Net Zero Policy to reduce supply chain emissions

Juan M. Cogollo-Flórez¹, Ana C. Restrepo-Olarte², Yuliana Rueda-Montoya³

1. Doctor en Ingeniería, Profesor Titular, Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Grupo de investigación Calidad, Metrología y Producción, Medellín, Colombia. juancogollo@itm.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6101-3134>
2. Magíster en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Docente Ocasional Tiempo Completo, Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín, Colombia. anarestrepo@itm.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7635-9181>
3. Programa de Ingeniería de la Calidad, Joven Investigadora, Departamento de Calidad y Producción, Instituto Tecnológico Metropolitano – ITM, Medellín, Colombia. yulianarueda299346@correo.itm.edu.co.
ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-6725-9250>

Correspondencia: juancogollo@itm.edu.co

Cite this article as: J. Cogollo-Flórez, A. Restrepo-Olarte y Y. Rueda-Montoya
“Despliegue de una política de Net Zero para la reducción de emisiones en la cadena de suministro”,
Prospectiva, Vol. 22 N° 1 2024.

Reibido: 19/10/2023 / Aceptado: 29/01/2024

<http://doi.org/10.15665/rp.v22i1.3371>

RESUMEN

El concepto de consumo cero neto (Net Zero) ha adquirido relevancia en la gestión de la sostenibilidad y en la lucha contra el cambio climático. Su objetivo es equilibrar las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de una organización con las absorciones o eliminaciones de estas en la atmósfera. Aunque se han desarrollado iniciativas con directrices sobre la implementación de Net Zero en las organizaciones, faltan investigaciones en metodologías de despliegue de políticas de reducción de emisiones soportadas en herramientas de la calidad. Por ello, en este artículo se desarrolla una metodología para el despliegue de Net Zero en una cadena de suministro integrando Balanced Scorecard (BSC), Objetivos y Resultados Clave (Objectives and Key Results (OKRs) y la matriz Hoshin Kanri (HK). La metodología consta de cuatro pasos: (1) Formular la política de Net Zero, (2) Elaborar el mapa estratégico usando BSC, (3) Establecer objetivos y resultados clave, y (4) Definir plan de monitoreo y seguimiento usando la matriz HK. La aplicación de la metodología en una cadena de suministro de autopartes corroboró el adecuado funcionamiento e interrelación de las herramientas de calidad seleccionadas y su efectividad para desplegar políticas de Net Zero con un enfoque de resultados operacionales concretos.

Palabras clave: consumo neto cero, gestión de cadenas de suministro, gestión sostenible de la calidad, herramientas de la calidad, reducción de emisiones.

ABSTRACT

Net zero consumption has become an important issue of sustainability management and the fight against climate change. Its aim is to balance greenhouse gas (GHG) emissions with their absorption or removal in the atmosphere. Although initiatives have been developed with guidelines for implementing Net Zero in organizations, there is a lack of research on methodologies for implementing emission reduction policies supported by quality tools. Therefore, this article develops a methodology for implementing Net Zero in a supply chain by integrating the Balanced Scorecard (BSC), Objectives and Key Results (OKRs) and the Hoshin Kanri (HK) matrix. The methodology has four steps: (1) formulate the Net Zero policy, (2) Build the strategic map using the BSC, (3) Set the objectives and key results, and (4) Define the monitoring and control plan using the HK matrix. The application of the methodology in an automotive parts supply chain confirmed the proper functioning and interrelation of the selected quality tools and their effectiveness in deploying Net Zero policies with a focus on concrete operational results.

Keywords: Net Zero, Supply Chain Management, Sustainable Quality Management, Quality Tools, Emissions Reduction.

1. INTRODUCCIÓN

El consumo cero neto o “Net Zero” es un concepto de creciente relevancia en la gestión de la sostenibilidad empresarial y en la lucha contra el cambio climático. Se refiere a un estado en el cual las emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) de una organización son equilibradas por la cantidad eliminada o absorbida de la atmósfera. Así, el objetivo es lograr un balance cero neto entre las emisiones de GEI y las acciones para reducirlas [1].

La iniciativa Net Zero hace referencia a emisiones lo más cercano a cero posible [2] y requiere de cambios operacionales a lo largo de la cadena de suministro. Esto implica cambios en las operaciones de aprovisionamiento, producción y distribución, orientados a reducir las emisiones y mantener un planeta habitable, reconociendo la urgencia de abordar el cambio climático y las consecuencias adversas en el medio ambiente, la economía y la sociedad en general. El objetivo final es detener el aumento de la temperatura global total y preservar el planeta para las generaciones futuras.

La temperatura global actual ha aumentado en más de 1°C en comparación con los niveles que existían antes de la primera Revolución Industrial y es necesario controlar el calentamiento global para asegurar que no supere temporalmente 1.5°C [3]. Para lograr esto, es esencial que las emisiones netas globales de dióxido de carbono (CO₂) lleguen a cero antes del año 2050 [4]. Para estabilizar la temperatura media global no solo se debe enfocar en los servicios energéticos y de producción industrial, sino también en la agricultura y el uso de la tierra [5].

El CO₂ ha sido un factor dominante de las emisiones acumuladas y determinante del calentamiento global y se ha incrementado el interés por su utilización en las operaciones empresariales [6]. En respuesta a ello, actualmente se han propuesto diferentes iniciativas de Net Zero (ISO/IWA 42:2022), cuyo principal propósito es reducir la fragmentación de emisiones cero netas, unificando las directrices e iniciativas existentes mediante estándares comunes [4]. Para alcanzar el consumo cero neto es fundamental tomar medidas que reduzcan drásticamente las emisiones de carbono, metano y otros GEI que aportan al calentamiento global [1]. Estas acciones pueden incluir la adopción y aceptación de fuentes de energía renovable (solar y eólica, por ejemplo), la mejora de la eficiencia energética y la promoción de la movilidad a través de medios más sostenibles.

El enfoque de Net Zero involucra una serie de pasos que ayudan a las organizaciones en la reducción de emisiones de GEI: (1) Mejoras sostenibles aplicadas a la cadena de suministro para reducir las emisiones tanto como sea posible, (2) Uso de energía renovable en las operaciones internas de la organización, (3) Uso de electricidad 100% renovable, (4) Reducción de carbono en la cadena de suministro en un tiempo determinado, y, (5) Implementación de prácticas de compensación de carbono. En la revisión de trabajos previos realizada, se destaca la propuesta de una política económica para abordar los problemas ambientales y, a su vez, promover el desarrollo económico de alta calidad en productos de exportación con el fin de dar respuesta a las variaciones en la calidad con respecto al comercio y las emisiones de carbono [7]. En lo referente a la economía Net Zero, hay una conexión significativa y positiva entre la digitalización, la economía circular y las prácticas de optimización de recursos para la reducción de emisiones en la cadena de suministro usando el enfoque de análisis del ciclo de vida [8].

En ese orden de ideas, se han propuesto modelos de transición circular en la industria automotriz para migrar a automóviles eléctricos para 2050 usando dinámica de sistemas para evaluar los efectos del consumo cero neto e incorporando principios de economía circular [9]. También, se han aplicado modelos energéticos de la cadena de suministro para analizar estrategias de mitigación en cada operación, integrando técnicas como simulación Monte Carlo, análisis de sensibilidad, análisis del ciclo de vida, teoría de juegos y programación lineal entera mixta [10]. En el despliegue de iniciativas de reducción de emisiones en cadenas de suministro del sector de la construcción vial, se propone la integración de métodos de análisis cuantitativo de escenarios y modelos estilizados para involucrar a las partes interesadas pertinentes [11]. La aplicación de modelos de optimización lineal facilita investigar la facti-

bilidad de operar una cadena de suministro de consumo cero neto con operaciones sostenibles usando sistemas de generación de energía eólica y solar [12]. Por último, existen modelos conceptuales de implementación de consumo cero neto en cadenas de suministro usando tecnologías de la industria 4.0 como computación en la nube, realidad aumentada, manufactura aditiva, internet de servicios, entre otras [13].

Los trabajos arriba mencionados se diferencian en las técnicas utilizadas para el análisis y modelado de la reducción de emisiones de carbono desde un enfoque determinista y estocástico. Sin embargo, tienen similitud en el hecho de considerar la cadena de suministro y sus operaciones como el objeto de estudio de las iniciativas de consumo cero neto y el enfoque multidisciplinario para la gestión de la reducción de emisiones usando tecnologías emergentes.

Por otra parte, dado que la gestión de la calidad es una filosofía que incluye principios o valores como el enfoque al cliente y el mejoramiento continuo, que los requerimientos de sostenibilidad ambiental se pueden considerar como un requisito de los clientes y que la sociedad es una parte interesada de las empresas, la gestión de la sostenibilidad debe integrarse en las operaciones ya existentes antes que desarrollar otras nuevas. Se establece así la conexión entre gestión de la calidad y gestión de la sostenibilidad, a través del concepto “gestión sostenible de la calidad”, con el fin de aplicar las prácticas de gestión de la calidad para identificar y garantizar el cumplimiento de los requisitos medioambientales de los clientes [14]. Así, se requiere un enfoque estratégico de la función de calidad orientado a garantizar la excelencia en la cadena de suministro y, simultáneamente, disminuir el impacto negativo en el medioambiente a corto y largo plazo. Esto implica la definición de principios rectores y el uso de herramientas y técnicas de calidad para abordar las cuestiones del medioambiente, energía, impacto y consumo de recursos en las actividades de la organización y sus partes interesadas [15].

La gestión sostenible de la calidad está asociada con la toma de decisiones sobre variables que promueven el cambio y conducen al éxito a través del cumplimiento de los objetivos estratégicos de sostenibilidad y transformación a diversos problemas sociales y ambientales [16]. Requiere de un enfoque estratégico del liderazgo con un proceso analítico de despliegue en toda la organización para lograr transformar iniciativas en acciones de mejora concretas y medibles [17]. Por ejemplo, el desarrollo de una política ambiental relacionada con la energía renovable y la innovación reduce significativamente la huella ecológica al tener un impacto favorable en la reducción de emisiones [18].

Además de esto, la gestión sostenible de la calidad puede generar valor industrial y apoyar la producción sostenible en fábricas eficientes con un impacto positivo en la reducción de pérdidas en procesos [19]. También, se han implementado instalaciones de energía cero neta en plantas productivas o administrativas con edificios climáticamente neutros o energéticamente eficientes, combinados con un suministro de red casi neutro en carbono [20].

Los trabajos descritos previamente dan cuenta de la relevancia del área de estudio de despliegue de iniciativas de Net Zero usando el enfoque de gestión sostenible de la calidad, integrando herramientas de calidad como Balanced Scorecard (BSC), Objetivos y Resultados Clave (Objectives and Key Results, OKRs) y la Matriz Hoshin Kanri (HK) en un proceso tipo catchball para promover el análisis de los recursos, tiempos, métricas y controles de la organización [21].

BSC permite establecer los objetivos vitales estratégicos a largo plazo y la matriz HK permite visualizar su interrelación con objetivos a mediano y corto plazo, así como los indicadores del sistema de medición del desempeño [22]. BSC es un método de formulación y medición de la estrategia basado en indicadores interrelacionados y agrupados en áreas de desempeño integral (aprendizaje y crecimiento, procesos internos, clientes y finanzas). Así, BSC permite mostrar los resultados que pretende lograr la organización, basado en las relaciones causa-efecto de las iniciativas estratégicas y cómo lograr los resultados [25]. BSC sirve como guía para medir los esfuerzos de la organización en general o en áreas específicas [26].

Por otro lado, los OKRs facilitan el desglose de cada objetivo de largo plazo en varios resultados clave en el corto plazo, con una visión holística y de victorias tempranas para el logro de Net Zero [23]. El enfoque de OKRs se basa en formular un objetivo principal claro, enfocado y medible y desprender una serie de resultados clave, que deben estar bajo control de la empresa y ser medibles en el corto plazo [24].

Por ello, en este trabajo se propone una metodología para el despliegue de una política de Net Zero en una cadena de suministro de ensamblaje de autopartes, integrando Balanced Scorecard (BSC), Objetivos y Resultados Clave (OKRs) y la Matriz Hoshin Kanri (HK). El propósito principal es facilitar la implementación de la cooperación en reducción de emisiones en la cadena de suministro, usando la matriz HK para vincular las estrategias con las iniciativas y objetivos a largo, mediano y corto plazo [27]. Bajo el enfoque de gestión sostenible de la calidad, se parte de la formulación de la política de Net Zero hasta llegar al establecimiento de indicadores de desempeño en las operaciones rutinarias de la cadena de suministro [28].

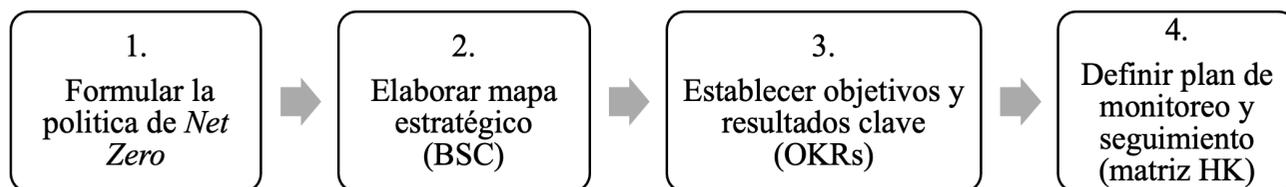
El resto del artículo está organizado de la siguiente manera: en la sección dos se describen las etapas de la metodología utilizada; en la sección tres se presentan los resultados y discusión del despliegue de la política de Net Zero en la cadena de suministro objeto de estudio y, finalmente, en la sección cuatro se presentan las conclusiones, limitaciones y trabajos futuros.

2. METODOLOGÍA

El despliegue de la iniciativa de Net Zero se realizó siguiendo cuatro etapas (Figura 1). Se parte de formular una política de consumo cero neto considerando acciones en la cadena de suministro y teniendo en cuenta los objetivos y las directrices que determinan el consumo cero neto. Luego, se elabora el correspondiente mapa estratégico derivado de la política, configurando los objetivos estratégicos en las cuatro perspectivas del BSC, con el fin de visualizar su interrelación en el proceso de despliegue de la política de Net Zero. Después, se establecen los OKRs de cada uno de los objetivos estratégicos, teniendo en cuenta el análisis del tipo de cadena de suministro y los controles que se deben implementar para medir el desempeño en la reducción de emisiones y, finalmente, se diseña el plan de monitoreo y seguimiento del despliegue de la reducción de emisiones en la cadena de suministro usando la matriz HK. La metodología se aplicó en una cadena de suministro ensambladora de autopartes y los resultados del despliegue de la política de Net Zero se muestran en la siguiente sección.

Figura 1. Etapas de la metodología. Elaboración propia.

Figure 1. Stages of the methodology. Own work.



3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1 Formulación de la política de Net Zero

Se formuló la política de Net Zero de la cadena de suministro con un enfoque en la gestión sostenible para la mejora de la calidad y la reducción de emisiones en las operaciones de ensamblaje de autopartes. La política se formuló en términos de: “Contribuimos a la reducción de los impactos del cambio climático usando un enfoque de gestión sostenible de la cadena de suministro. Nos comprometemos a transformar la forma en que adquirimos, producimos y distribuimos para lograr reducir las emisiones lo más cercano a cero posible en cada una de las etapas de la cadena de suministro de autopartes”.

3.2 Elaboración del mapa estratégico usando BSC

La primera etapa en el despliegue de la política de Net Zero previamente formulada es la elaboración del mapa estratégico usando el enfoque de BSC (Figura 2), detallando las relaciones causa-efecto de los objetivos estratégicos derivados de la política y clasificados en las cuatro perspectivas de aprendizaje y crecimiento, procesos internos, clientes y finanzas.

La lectura de las relaciones causales del mapa estratégico se hace en forma ascendente, esto es, los resultados de los objetivos de la perspectiva aprendizaje y crecimiento tienen un impacto en los procesos internos, estos impactan los resultados en clientes y estos últimos en las finanzas. Así, por ejemplo, implementar estrategias de apoyo organizacional contribuye a disminuir los tiempos de fabricación y esto contribuye a aumentar las entregas perfectas, las cuales, a su vez, aumentan la rentabilidad de los subprocesos. Otro aspecto destacable del mapa estratégico es que los resultados en finanzas deben utilizarse para aumentar la inversión en investigación y desarrollo y esta debe reinvertirse en la capacitación y retención de talentos claves.

3.3 Establecimiento de objetivos y resultados clave (OKRs)

Para cada uno de los objetivos del mapa estratégico se establecieron los resultados clave correspondiente hasta lograr una estructura de OKRs. Debido a restricciones de espacio en la publicación, en la Figura 3 se muestran los OKRs de la perspectiva clientes. Los OKRs de las tres perspectivas restantes del BSC se establecieron de forma similar y siguiendo el mismo esquema y sistema de codificación.

Figura 2. Mapa estratégico de la política de Net Zero usando BSC. Elaboración propia.

Figure 2. Strategic map of the Net Zero policy using BSC. Own work.

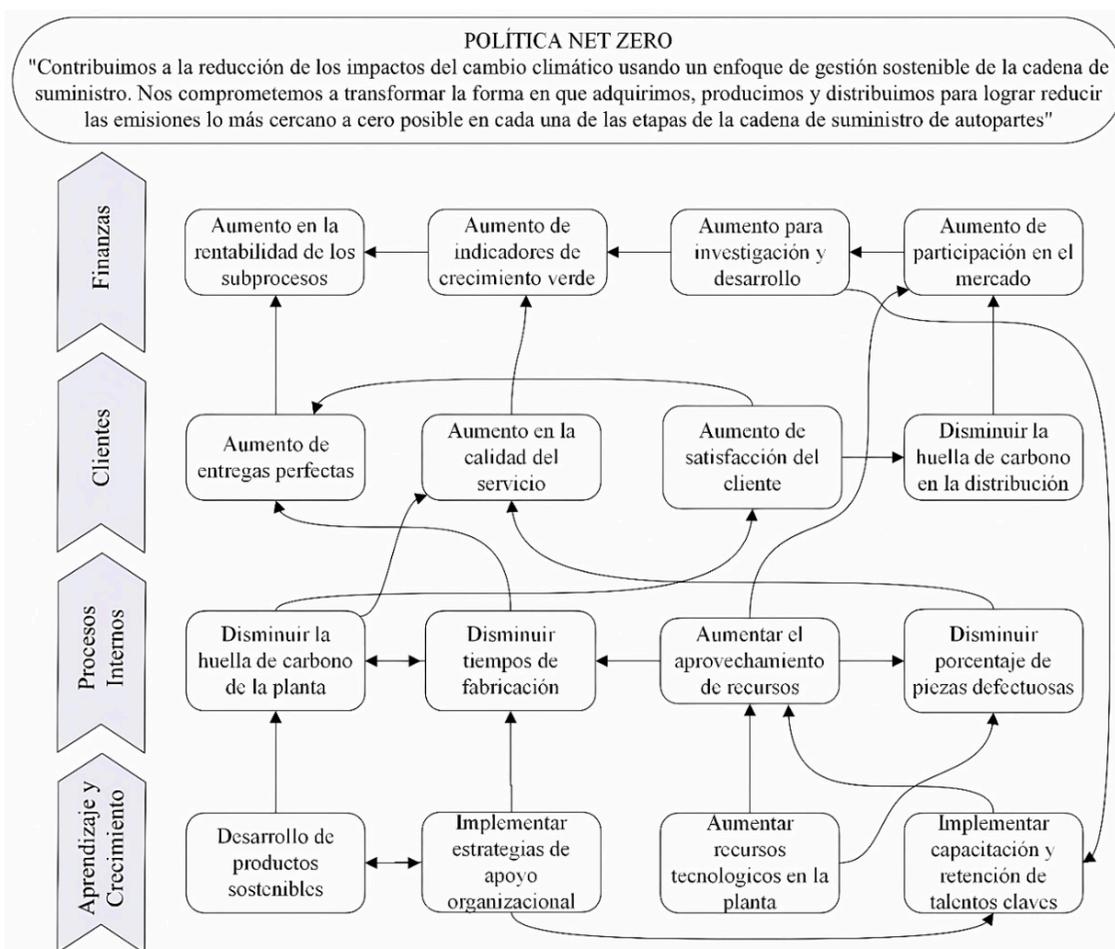


Figura 3. OKRs de la perspectiva clientes para la reducción de emisiones. Elaboración propia.

Figure 3. OKRs from the customer perspective for emissions reduction. Own work.

OE1: Aumento de entregas perfectas	OE2: Aumento en la calidad del servicio	OE3: Aumento de satisfacción del cliente	OE4: Disminuir la huella de carbono en la distribución
<ul style="list-style-type: none"> • RC-OE1-1: Disminuir las devoluciones hasta el 2%. • RC-OE1-2: Aumentar el indicador de Fill Rate hasta el 95%. • RC-OE1-3: Aumentar la ejecución de fichas técnicas hasta el 98%. 	<ul style="list-style-type: none"> • RC-OE2-1: Aumentar 50% el uso de tecnología avanzada. • RC-OE2-2: Analisis de causa raíz de acuerdo al porcentaje valorado en la calidad del servicio. • RC-OE2-3: Aumentar en 70% el Índice de mejoras continuas realizadas a cada línea. 	<ul style="list-style-type: none"> • RC-OE3-1: Aumentar la medición de la satisfacción del cliente a una frecuencia trimestral. • RC-OE3-2: Implementar medición del desempeño del Índice de recomendación por parte de los clientes. • RC-OE3-3: Aumentar el nivel de lealtad al menos al 20%. 	<ul style="list-style-type: none"> • RC-OE4-1: Aumentar la flota de vehículos eléctricos en distribución hasta el 60%. • RC-OE4-2: Aumentar la utilización de la flota hasta el 95%. • RC-OE4-3: Aumentar el cumplimiento de la programación de rutas hasta el 95%.

3.4. Plan de monitoreo y seguimiento (matriz HK)

Finalmente, se diseñó el plan de monitoreo y seguimiento de la política de Net Zero usando la matriz HK, con el fin de alinear las iniciativas a largo, mediano y corto plazo con los indicadores de desempeño respectivos, permitiendo a la cadena de suministro mejorar la comunicación y el monitoreo y control. En la Figura 4 se muestra un ejemplo de la matriz HK desarrollada para el monitoreo y seguimiento en la perspectiva clientes. La lectura adecuada de la matriz HK empieza desde la parte inferior con los objetivos estratégicos a largo plazo, siguiendo en el sentido de las manecillas del reloj hacia los objetivos de mediano plazo y corto plazo.

La fortaleza de las relaciones (fuerte o débil) se visualiza en la celda de intersección entre los elementos consecutivos. Adicionalmente, se identifica en la parte derecha de la matriz HK el responsable principal de cada resultado con el símbolo de relación fuerte. Por ejemplo, el objetivo a largo plazo de disminuir la huella de carbono de la flota de vehículos eléctricos en la distribución se materializa en el mediano plazo al incrementar gradualmente el uso de vehículos eléctricos en distribución, cuyo principal resultado clave es aumentar en un 60% la flota de vehículos eléctricos y el responsable de lograrlo es el líder de abastecimiento estratégico.

Los resultados de la aplicación de la metodología son acordes con las directrices de la IWA 42:2022 [4] para la reducción de emisiones, proporcionando un enfoque global hacia el Net Zero y su despliegue en la cadena de suministro. Los resultados son congruentes con trabajos previos que modelan la implementación de Net Zero con un enfoque cuantitativo [12], los que desarrollan marcos generales para la implementación de políticas de sostenibilidad en la cadena de suministro [29] y los que integran un enfoque sistémico para el logro de Net Zero considerando las partes interesadas e integrando diferentes prácticas de gestión de operaciones, productos y procesos [9].

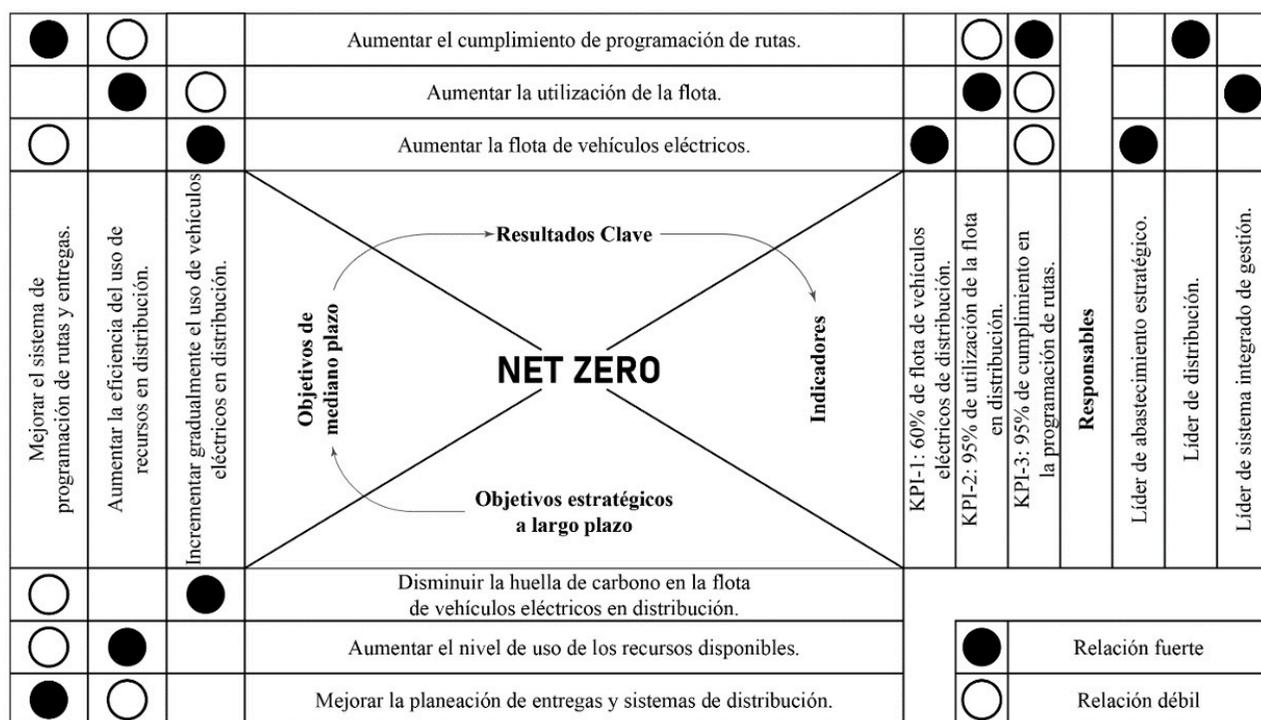


Figura 4. Matriz HK para monitoreo de la perspectiva clientes para la reducción de emisiones. Elaboración propia.

Figure 4. HK matrix for monitoring customer perspective for emissions reduction. Own work.

4. CONCLUSIONES

El concepto de Net Zero se refiere al logro de un equilibrio entre las emisiones de GEI producidas por una organización y las acciones tomadas para reducirlas. Para alcanzar este estado, las organizaciones deben implementar cambios en su cadena de suministro, procesos de producción y distribución. El objetivo de Net Zero es limitar el aumento de la temperatura global y mantenerla en niveles tolerables para las generaciones futuras. Esto implica la adopción de fuentes de energía renovable, la mejora de la eficiencia energética, la promoción de la movilidad sostenible y la implementación de prácticas más sostenibles en todas las operaciones de una organización.

La gestión sostenible de la calidad debe abordar Net Zero desde un enfoque integral y estratégico que garantice la excelencia en la cadena de suministro, al mismo tiempo que minimice el impacto ambiental. El uso conjunto de herramientas de calidad como OKRs, Balanced Scorecard y la Matriz Hoshin Kanri permite planificar y desplegar iniciativas de Net Zero en las empresas y sus cadenas de suministro. El despliegue de una política de reducción de emisiones en el ensamblaje de autopartes depende del liderazgo empresarial en aspectos como el compromiso ambiental y el desarrollo de una cultura organizacional fuerte para interiorizar los objetivos e indicadores de desempeño en Net Zero en todos los niveles organizacionales. La eficiencia operativa y la innovación tecnológica son inductores permanentes en la reducción de emisiones. En última instancia, Net Zero representa un paso crucial en la dirección de un futuro más sostenible, en el que las organizaciones asumen la responsabilidad de sus emisiones y trabajan activamente para reducir su impacto en el medioambiente.

El despliegue exitoso de políticas de Net Zero usando el enfoque propuesto en este trabajo puede enfrentar dificultades cuando la cadena suministro no ha implementado prácticas de coordinación, colaboración o integración. Por ello, es deseable que se implemente previamente, por ejemplo, modelos de tomas de decisiones conjuntas, intercambio de información y uso de herramientas colaborativas de gestión del ciclo de vida del producto o servicio. Esto depende en gran medida del liderazgo de la empresa focal para generar conciencia de la responsabilidad ambiental

en las operaciones de todos los eslabones de la cadena de suministro. Otro aspecto por considerar es el desarrollo de un sistema de monitoreo y control conjunto de las emisiones que garantice la confiabilidad de los datos con criterios de análisis unificados.

Este artículo es producto de una investigación en curso cuyas próximas etapas se centrarán en la aplicación de la metodología en cadenas de suministro de otros sectores industriales y de servicios. También es de interés integrar el enfoque de modelos de equilibrio general para representar el efecto agregado de las prácticas individuales de compensación y/o mitigación de emisiones de los agentes de la cadena de suministro. Finalmente, se evaluará el impacto del diseño de tolerancias de productos y procesos en el logro del consumo cero neto.

5. REFERENCIAS

- [1] W. D. Fletcher, C. B. Smith, *Reaching Net Zero: What it takes to solve the global climate crisis*. Cambridge, MA, USA: Elsevier, 2020, pp. 9-17.
- [2] United Nations (2023). For a livable climate: Net-zero commitments must be backed by credible action [Internet]. Disponible desde: <https://www.un.org/es/climatechange/net-zero-coalition> [acceso 30 de enero de 2024].
- [3] J. Rogelj, “Net zero targets in science and policy”, *Environmental Research Letters*, 18 (2), 021003, 2023. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/acb4ae>
- [4] ISO, *Directrices para el cero neto: Acelerar la transición al cero neto - IWA 42:2022*. Ginebra, Suiza: ISO, 2022, pp. 5-35.
- [5] S. J. Davis, N.S. Lewis, M. Shaner, S. Aggarwal, D. Arent, I.L. Azevedo, S.M. Benson, T. Bradley, J. Brouwer, Y.M. Chiang, C.T.M. Clack, “Net-zero emissions energy systems”, *Science*, 360, eaas9793, 2018. <https://doi.org/10.1126/science.aas9793>
- [6] G. Leonzio, P. U. Foscolo, E. Zondervan, “Sustainable utilization and storage of carbon dioxide: Analysis and design of an innovative supply chain”, *Computers & Chemical Engineering*, 131, 106569, 2019. <https://doi.org/10.1016/j.compchemeng.2019.106569>
- [7] D. Zhang, Q. Kong, Y. Wang, S.A. Vigne, “Exquisite workmanship through net-zero emissions? The effects of carbon emission trading policy on firms export product quality”, *Energy Economics*, 123, 106701, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.eneco.2023.106701>
- [8] R. Mishra, R. Singh, K. Govindan, “Net-zero economy research in the field of supply chain management: a systematic literature review and future research agenda”, *International Journal of Logistics Management*, 34 (5), 1352–1397, 2022. <https://doi.org/10.1108/IJLM-01-2022-0016/FULL/XML>
- [9] M. Demartini, M. Ferrari, K. Govindan, F. Tonelli, “The transition to electric vehicles and a net zero economy: A model based on circular economy, stakeholder theory, and system thinking approach”, *Journal of Cleaner Production*, 410, 137031, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.137031>
- [10] M. I. Malliaroudaki, N. J. Watson, R. Ferrari, L. N. Nchari, R. L. Gomes, “Energy Management for a Net Zero Dairy Supply Chain under Climate Change”, *Trends in Food Science & Technology*, 126, 153-167, 2022. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2022.01.015>

- [11] I. Karlsson, J. Rootzén, F. Johnsson, “Reaching Net-Zero Carbon Emissions in Construction Supply Chains: Analysis of a Swedish Road Construction Project”, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 120, 109651, 2020. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2019.109651>
- [12] T. Jin, A. Pham, C. Novoa, C. Temponi, “A Zero-Carbon Supply Chain Model: Minimising Levelised Cost of Onsite Renewable Generation”, *Supply Chain Forum: An International Journal*, 18 (2), 49-59, 2017. <https://doi.org/10.1080/16258312.2017.1340071>
- [13] J. Arif, A. Samadhiya, A. Kumar, “Net zero supply chain performance and industry 4.0 technologies: Past review and present introspective analysis for future research directions”, *Heliyon*, 9 (11), e21525, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e21525>
- [14] V. Siva, I. Gremyr, B. Bergquist, R. Garvare, T. Zobel, R. Isaksson, “The Support of Quality Management to Sustainable Development: A Literature Review”, *Journal of Cleaner Production*, 138, 148-157, 2016. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.01.020>
- [15] G. Svensson, “Sustainable quality management: a strategic perspective”, *The TQM Magazine*, 18 (1), 22–29, 2006. <https://doi.org/10.1108/09544780610637668>
- [16] C. S. Silva, J. Magano, A. Matos, T. Nogueira, “Sustainable Quality Management Systems in the Current Paradigm: The Role of Leadership”, *Sustainability*, 13 (4), 2056, 2021. <https://doi.org/10.3390/su13042056>
- [17] T. J. Andersen, “Strategic planning, autonomous actions and corporate performance”, *Long Range Planning*, 33 (2), 184–200, 2000. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(00\)00028-5](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(00)00028-5)
- [18] M. Appiah, M. Li, M.A. Naeem, S. Karim, “Greening the globe: Uncovering the impact of environmental policy, renewable energy, and innovation on ecological footprint”, *Technological Forecasting and Social Change*, 192, 122561, 2023. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122561>
- [19] M. Schutzbach, A. Kögel, S. Kiemel, R. Mieke, A. Sauer, “Principles of Management Systems for Positive Impact Factories”, *Sustainability*, 14 (24), 16709, 2022. <https://doi.org/10.3390/su142416709>
- [20] I. Sartori, A. Napolitano, K. Voss, “Net zero energy buildings: A consistent definition framework”, *Energy and Buildings*, 48, 220–232, 2012. <https://doi.org/10.1016/J.ENBUILD.2012.01.032>
- [21] C. Tennant, P. Roberts, “Hoshin Kanri: Implementing the Catchball Process”, *Long Range Planning*, 34 (3), 287–308, 2001. [https://doi.org/10.1016/S0024-6301\(01\)00039-0](https://doi.org/10.1016/S0024-6301(01)00039-0)
- [22] R. M. F. Dias, A. Tenera, “Integrating Balanced Scorecard and Hoshin Kanri: A review of approaches”, *Independent Journal of Management & Production*, 11 (7), 2899–2924, 2020. <https://doi.org/10.14807/ijmp.v11i7.1137>
- [23] J. M. Cogollo-Flórez, “Despliegue de la política de la calidad en Instituciones de Educación Superior públicas usando los principios del Balanced Scorecard”, *Trilogía. Ciencia, Tecnología y Sociedad*, 6 (10), 103–117, 2014.
- [24] R. Kaplan, D. Norton, “Poniendo el Balanced Scorecard en acción”, *Harvard Business Review*, 89 (11), 52-65, 2011.

- [25] T. A. Troian, R.S.L. Gori, J.R. Weber, D.P. Lacerda, & L. Gauss. (2022). OKRs as a results-focused management model: a systematic literature review. En 28th International Joint Conference on Industrial Engineering and Operations Management, Mexico City, Mexico, 2022, p. 37589. [En línea]. Disponible: https://doi.org/10.14488/ijcieom2022_full_0020_37589
- [26] J. Doerr, *Mide lo que importa*. Bogotá: Penguin Random House, 2019, pp. 10-21.
- [27] H. C. Ho, K. E. N. Soebandrija. (2021). Hoshin Kanri's Strategic Planning Methodology through Dijkstra Algorithm within Industrial Engineering and Stakeholder Perspectives. En IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Java Occidental, Indonesia, p. 012038. [En línea]. Disponible: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1115/1/012038>
- [28] C. Tennant, P. Roberts, "Using Hoshin Kanri for strategy deployment". *International Journal of Manufacturing Technology and Management*, 2 (7), 517-531, 2000. <https://doi.org/10.1504/IJMTM.2000.001362>
- [29] J. M. Cogollo Flórez, C. Ruiz Vásquez, "Prácticas de responsabilidad sostenible de cadenas de suministro: Revisión y propuesta", *Revista Venezolana de Gerencia*, 24 (87), 668–683, 2019.