

Environmental Policies and Their Impact on Green Logistics and the Benefits for Manufacturing Companies: A Structural Equation Model

Avelar-Sosa, Liliana¹ ; De la Cruz Madrigal Víctor Hugo¹ ; Hermosillo Villalobos, Fabiola¹ ; Burgos Espinoza, Ingrid Iovana¹ ; Sifuentes de la Hoya, Ernesto¹ ; Mejía Muñoz, José Manuel¹ 

¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, liliana.avelar@uacj.mx, al220736@alumnos.uacj.mx, al232734@alumnos.uacj.mx, al220839@alumnos.uacj.mx, esifuent@uacj.mx, jose.mejia@uacj.mx

Abstract- *This study presents a structural equation model to assess the effects of green logistics and environmental policies on the benefits achieved in the supply chains of companies in the manufacturing sector. The methodology used includes stages ranging from the design, validation, and administration of a questionnaire on green practices in logistics, to the recording and cleaning of the obtained data, and finally to structural equation modeling using partial least squares. A stratified random sampling method was used to collect data from companies in Ciudad Juárez, Chihuahua, Mexico, during the period January–July 2025. Upon completion of the field research, 151 completed questionnaires were obtained, corresponding to the participation of 43 companies. The model results indicate that there is a direct and positive effect of environmental policies on green logistics (0.531), highlighting their importance in the business sector and the need to improve them. Environmental policies also have a direct and positive effect on benefits (0.410), thereby proving that tangible changes can be achieved in the industry through these policies, not only in environmental terms but also in economic, social, and operational aspects.*

Keywords— *Environmental policies, green logistics, manufacturing, benefits, structural equation modeling.*

Políticas ambientales y su efecto en la logística verde y los beneficios de empresas de manufactura: un modelo de ecuaciones estructurales

Avelar-Sosa, Liliana¹ ; De la Cruz Madrigal Víctor Hugo¹ ; Hermosillo Villalobos, Fabiola¹ ; Burgos Espinoza, Ingrid Iovana¹ ; Sifuentes de la Hoya, Ernesto¹ ; Mejía Muñoz, José Manuel¹ 
¹ Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, México, liliana.avelar@uacj.mx, al220736@alumnos.uacj.mx, al232734@alumnos.uacj.mx, al220839@alumnos.uacj.mx, esifuent@uacj.mx, jose.mejia@uacj.mx

Resumen— Esta investigación presenta un modelo de ecuaciones estructurales para evaluar los efectos que tienen la logística verde y las políticas ambientales en los beneficios alcanzados en la cadena de suministro de empresas en el sector de manufactura. La metodología utilizada incluye etapas desde el diseño, validación y aplicación de un cuestionario sobre las prácticas verdes en la logística, el registro y depuración de los datos obtenidos y hasta una modelación de ecuaciones estructurales con mínimos cuadrados parciales. Se utilizó un muestreo aleatorio estratificado para la recolección de datos en empresas de Ciudad Juárez, Chih. México en el periodo Enero-Julio 2025. Al concluir la investigación de campo se lograron obtener 151 cuestionarios completos, correspondientes a la participación de 43 empresas. Los resultados del modelo indican que existe un efecto directo y positivo de las políticas ambientales en la logística verde (0.531), dejando al descubierto su importancia en el sector empresarial y la necesidad de mejorarlas. También las políticas ambientales tienen un efecto directo y positivo en los beneficios (0.410), con lo cual se prueba la de que a partir de éstas pueden lograrse cambios tangibles en la industria no solo en el aspecto ambiental, sino en el económico, el social y el operativo.

Palabras clave— Políticas ambientales, logística verde, manufactura, beneficios, ecuaciones estructurales.

I. INTRODUCCIÓN

La logística verde a través de la cadena de suministro busca mejorar el uso de los recursos en todo el proceso logístico e impulsar un desarrollo de la economía concentrada en materias primas, almacenamiento, procesos y transporte amigables con el medio ambiente. Que pueden combinarse con estrategias de clientes, empresas y Estados para formar iniciativas de implementación y que se logre un desarrollo sostenible [1], [2] Por tanto, es esencial hoy en día aplicar la logística verde en los procesos de la cadena de suministro, gestionando eficazmente los recursos en la transportación, aprovisionamiento, almacenamiento, distribución y embalaje, a fin de aportar al cuidado del planeta para las futuras generaciones. Para la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos), el crecimiento verde “significa fomentar el crecimiento y el desarrollo

económico y al mismo tiempo asegurar que los bienes naturales continúen proporcionando los recursos y los servicios ambientales sobre los que se cimienta nuestro bienestar. Para lograrlo, se debe catalizar inversión e innovación que apunten el crecimiento sostenido y abran paso a nuevas oportunidades económicas” [3, 4, 5]. El crecimiento verde presenta un enfoque basado en un crecimiento económico bajo en carbono, uso eficiente de recursos naturales, puesta en valor de bienes y servicios ambientales, e inclusión social y generación de oportunidades; a partir de la innovación, creación de nuevos mercados, reducción de riesgos ambientales, enfocado en la búsqueda de propuestas costo-efectivas para la reducción de la presión sobre el ambiente hacia nuevos patrones de crecimiento y desarrollo [6]. [7] la logística verde es una disciplina muy amplia; por lo que, constituye un gran desafío para los gobiernos y corporativos de las organizaciones pues su vasto beneficio contrapuesto a la logística utilizada actualmente. Esto puede llevar a tomar acciones como: establecer en las organizaciones lucrativas una mentalidad y comportamiento “verde”, implementar por parte del gobierno corporativo de la empresa medidas de control y evaluación en materia ambiental, efectuar la adopción sistematizada de la logística verde; ello es, área por área para ir aplicando el concepto establecido por gobierno corporativo además de que todos los miembros de la organización tendrán que involucrarse y responsabilizarse con el ambiente, finalmente influir en la población ya sea a través de estrategias que permitan el cambio de comportamiento e ideas, sobre el consumo de productos que no afecten el ambiente.

Ahora bien, [8] sustenta que para la implementación de la logística verde es necesario llevar a cabo un plan sofisticado, que permita contribuir al medio, sin poner en riesgo la satisfacción de los clientes, para lograrlo, se deben considerar todos los eslabones de la cadena de suministros y además las legislaciones y políticas públicas ambientales orientadas al sector de la industria.

La logística verde cada día toma más importancia, surge como una solución para el desarrollo sustentable y ante la preocupación sobre el impacto ambiental del sector logístico,

además en la actualidad cada vez es más común que cualquier proceso en la cadena de suministros lo implementen verde, siendo este amigable con el medio ambiente.

Existen aspectos claves que intervienen en la logística verde de la organización, fundamentándola desde todos los ámbitos: se pueden mencionar transporte verde, almacenamiento, distribución para buscar la reducción de gases contaminantes, reducción de residuos, embalaje y el uso eficaz de los recursos, entre otros, reorganizando los procesos desde la cadena de valor en la empresa hasta la cadena de suministro. Por tal razón, cuando se habla de logística verde plantea una integración global de todos los aspectos relacionados con la logística, los procesos y las redes empresariales.

En este orden, todas las estrategias que se crean tienen como propósito reducir el impacto negativo de esta actividad o acción para la naturaleza. Su meta es la elaboración de sistemas de logística para conservar el medio ambiente, utilizando los recursos de manera eficaz.

[9] menciona que la logística verde surge como respuesta a la preocupación cada día más creciente de proteger al medio ambiente, y ha ido haciendo parte del desarrollo de cada uno de los procesos de la cadena logística. En los procesos productivos, pasando por los empaques, hasta llegar a la distribución, se está en constante búsqueda para que el desarrollo de cada fase sea amigable con el ecosistema, y en este sentido, son los consumidores quienes cada día están más preocupados por el impacto social de los productos.

Por tanto la logística verde persigue principalmente objetivos de reutilización, reciclaje, rediseño, optimización de recursos en la producción, el transporte y la distribución. Sin olvidar por otro lado la generación de políticas verdes o ambientales que promuevan la prevención, la protección y la restauración de los diversos problemas ambientales en las empresas, considerar todo la red logística tradicional, medir el desempeño y definir los métricos ambientales.

A. Legislaciones y/o políticas ambientales

El contexto mundial vigente, la globalización económica, la estandarización industrial, el desarrollo en la infraestructura, los avances tecnológicos y la sostenibilidad del medioambiente han obligado a las empresas a modificar la forma de ver los negocios y a buscar nuevos enfoques para mantener y ampliar su presencia en el mercado [10]. Esto, a su vez, ha generado un consumo excesivo de los recursos naturales y una contaminación exacerbada que se deriva de actividades como el transporte, almacenamiento y distribución, que contribuyen a que el problema del deterioro ambiental aumente con el paso del tiempo [11]. Adicionalmente, los procesos productivos de las cadenas de valor y suministro, aunadas a las prácticas humanas en la naturaleza constantemente conllevan a un alto grado de impacto y de riesgos para el medioambiente [12]. Los procesos de producción causan un impacto nocivo sobre el medio ambiente y tienen efectos externos negativos sobre otros productores y/o consumidores, como lo son:

- a) Destrucción del suelo mediante deposición de residuos o alteración de la cubierta vegetal provocando su erosión.
- b) Contaminación de aguas superficiales, subterráneas y marinas por focos industriales.
- c) Contaminación atmosférica por industrias.
- d) Emisiones de ruido y vibraciones de baja frecuencia, calor o radiaciones.

Para impulsar la transición climática es necesario aplicar diferentes políticas regulatorias, fiscales, sociales y estructurales que favorezcan los cambios necesarios en el modelo productivo. Y que, por otro lado, se puedan llevar a cabo medidas de protección para los sectores sociales y económicos más expuestos a los cambios estructurales en la producción y el consumo [13].

Las políticas ambientales y las prácticas de responsabilidad ambiental deben tener el enfoque de gestionar los impactos al ambiente que las empresas ocasionan haciendo un realce en la eliminación de residuos, minimizar las emisiones de carbono, llevando a cabo iniciativas ambientales que van más allá del cumplimiento de una ley, es decir, buscan dialogar y promover la participación de la sociedad en temas ambientales [14], [15]. Hoy en día, algunos países tienen una legislación sobre el medioambiente para asegurar el cumplimiento de los objetivos y metas ambientales, según la ISO 14001:2015 un enfoque a la gestión ambiental puede generar ventajas y contribuir al desarrollo sostenible mediante prevención de impactos y efectos ambientales negativos, así como el cumplimiento a requisitos legales [16]. El gobierno solicita a las empresas la implementación de un sistema de gestión ambiental que cumpla con un proceso de planificar, desarrollar, y mejorar los procedimientos de una organización con base en sus objetivos ambientales, a fin de determinar los elementos requeridos para el cuidado ambiental. Las empresas por otra parte deben desarrollar sus actividades y operaciones logísticas considerando no solo el satisfacer las necesidades del cliente sino el transformarse en una empresa social y ambientalmente responsable.

En la literatura se reportan investigaciones que exploran el impacto de las políticas ambientales y las prácticas en la logística verde en la eficiencia financiera en empresas de logística [17], otros analizan cómo la implementación de un sistema de gestión ambiental basado en la norma ISO: 14001 permite explorar el impacto de las políticas ambientales corporativas y los resultados en las prácticas verdes en empresas de manufactura [18]. También [19] exploran el impacto de la logística verde junto con las políticas gubernamentales verdes afectan la eficiencia financiera de las empresas, concluyen que son éstas un factor clave para lograr sostenibilidad y desempeño económico [20].

B. Beneficios

En la cadena de suministro se reportan beneficios logrados cuando se realizan prácticas de logística verde, en donde se destacan cuatro tipos principales: 1) beneficios ambientales, 2) beneficios económicos y operativos, 3) beneficios organizacionales, y 4) beneficios sociales [21]. A partir de estos las empresas de manufactura pueden lograr no solo contribuir en el cuidado ambiental sino también beneficios asociados. [21], [22], [23], [24] en el primer tipo sugieren beneficios como la conservación de los recursos naturales, la disminución de residuos, y reducción de emisiones de gases. En el segundo tipo, la reducción de costos por desperdicio y energía, así como costos en las operaciones logísticas como el transporte, distribución, etc. y reducción de costos por el aumento de eficiencia y productividad [a], en el tercero mejor reputación corporativa, mayor satisfacción de clientes, reducción de riesgos y ventaja competitiva, en el cuarto tipo se sugieren como beneficios mejores condiciones laborales, fomento de tendencias sostenibles y alineación con las políticas públicas ambientales.

[17] en su modelo analizan cómo las prácticas de logística verde y las políticas públicas impactan en la eficiencia financiera como la reducción de costos y la eficiencia energética. [25] muestran cómo el desempeño de la cadena de suministro se mejora al integrar prácticas verdes en las empresas. También se reportan investigaciones donde se han evaluado las prácticas de la logística verde en los beneficios empresariales de empresas de manufactura [25], [26] y donde se encontraron impactos positivos, otros revisan la eficiencia en Pymes del sector de alimentos [27] y otros evalúan la cadena de suministro a partir de la logística verde [28].

A partir de estas premisas se proponen las hipótesis de la figura 1, mismas que serán probadas estadísticamente con la modelación de ecuaciones estructurales para conocer los efectos (impactos) entre las variables. Este trabajo tiene la particularidad de analizar simultáneamente las tres variables en el modelo para identificar su interrelación y contribución en los beneficios percibidos por las empresas de manufactura. Ya que previos estudios sugieren que las políticas ambientales crean un factor determinante para que en el ámbito empresarial se adopten prácticas sostenibles. [29] señalan que las regulaciones ambientales, normas y estándares ejercen cierta presión que obligan a las organizaciones a mejorar sus procesos logísticos y productivos para cumplir con lo solicitado. En este contexto, las políticas ambientales influyen directamente en la implementación de la logística verde, al establecer lineamientos para la reducción de emisiones, la gestión de residuos y el uso eficiente de recursos ya sea en el transporte, en la distribución, en el empaque y embalaje o en la producción.

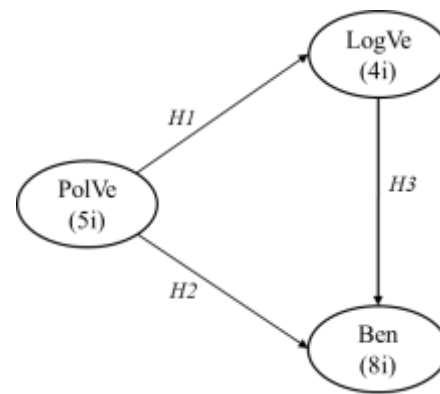


Fig. 1 Hipótesis en el modelo propuesto.

Como consecuencia de ello, se fomenta la innovación tecnológica y la adopción de prácticas sostenibles para lograr impactos positivos en el desempeño ambiental y operativo de las empresas. Además de la competitividad por la creación de una imagen corporativa comprometida con el cuidado ambiental. En la literatura se identifican escasos estudios en México sobre este tema, por ello la necesidad de abordarlo desde la perspectiva industrial y legal.

II. METODOLOGÍA

A. Diseño de la investigación

Esta investigación es de tipo cuantitativa al usar datos obtenidos de una investigación de campo en la industria de manufactura. Es también de tipo descriptiva porque pretende especificar las características dentro de esta industria respecto a las prácticas de logística verde y considerada correlacional debido a que se proponen relaciones casuales entre las 3 variables incluidas en el modelo propuesto. Finalmente transversal por evaluar la información obtenida en un momento determinado para encontrar la cuantificación de las hipótesis propuestas a través de la modelación de ecuaciones estructurales.

B. Recursos usados

Entre los recursos principalmente usados se encuentra el Cuestionario diseñado como el instrumento de medición para valorar las prácticas y percepciones sobre la logística verde y las políticas ambientales en la industria. Se utilizó la plataforma de Google Forms para compartir el cuestionario final, además de los Software SPSS 21® y WarpPLS 8.0®, el primero para realizar la descripción de la muestra y validación estadística y el segundo para modelar las relaciones causales (referidas a las hipótesis del a figura 1) y así cuantificarlas.

C. Revisión de literatura y diseño del cuestionario

Para lograr el diseño del cuestionario se realizó una revisión de literatura para identificar atributos importantes sobre logística verde, políticas ambientales y beneficios logrados en las empresas.

Se consideraron publicaciones de acceso abierto y desde el año 2019, usando palabras clave como “logística verde”, “cadena de suministro”, “cadena de suministro sostenible” y “políticas ambientales”. Con dicha estrategia se logra reducir la cantidad de publicaciones y además identificar los más relevantes, también se aplicó el método PRISMA para lograrlo. Finalmente se identificaron 36 publicaciones como principales para completar las preguntas del instrumento.

A partir de dichas contribuciones se logró un cuestionario conformado por nueve secciones y una de tipo demográfica. La primera sección relacionada con logística verde (4 ítems), la segunda referida al aprovisionamiento verde (4 ítems), la tercera es la producción verde (6 ítems), la cuarta relacionada con el almacenamiento verde (5 ítems), la quinta referida al embalaje verde (5 ítems), la sexta es la distribución verde (6 ítems), la séptima referida al transporte verde (6 ítems), la octava relacionada con las políticas y legislaciones ambientales (5 ítems) y finalmente la novena referida a los beneficios que se logran al aplicar la logística verde (12 ítems). Se revisó y mejoró donde fue requerido hasta lograr la versión final conformada por 53 ítems y usando una escala de valoración tipo Likert con cinco puntuaciones (1-5), el valor menor para describir ausencia o desacuerdo de algo, y el valor mayor para expresar presencia o fuerte acuerdo con algo.

D. Aplicación del Cuestionario

Para la recolección de datos se consideró la aplicación del cuestionario dentro del sector de la industria de manufactura principalmente por ser el sector económico más importante donde se pueden incorporar aspectos ambientales y los efectos que puedan tener en el entorno. También porque dichas empresas pertenecen a cadenas de suministro globales y las exigencias ambientales en los países participantes. Se logró aplicar el cuestionario a ingenieros, gerentes, supervisores y técnicos quienes tienen conocimientos previos sobre proveedores, compras, planeación, logística, almacén, embarques, etc. Se realizó un muestreo aleatorio y estratificado por dirigirse a cualquier empresa de manufactura activa y por el nivel jerárquico seleccionado.

Se realizó una invitación a través de redes sociales y también por e-mail, chat o Whatsapp para invitar a las personas a participar, luego se compartió la liga de enlace para contestarlo en la plataforma *Google Forms*. Esto para facilitar la visualización y contestación rápida, además por el fácil acceso ya que al estar laborando tienen un dispositivo electrónico como computadora o celular al alcance. También con dicha plataforma la información se registra en un archivo de Excel, lo cual facilita el análisis en otro software. La aplicación fue durante el primer semestre del año 2025.

E. Depuración de datos y validación estadística

Al finalizar la aplicación del cuestionario, se logró descargar un archivo de Excel con los datos, y que partir de éste se transformaron en una base de datos en el software SPSS 21®, las columnas representan los ítems de cada

variable incluida, y los renglones representan a cada persona o cuestionario contestado. Cuando se realiza este tipo de investigación de campo en ocasiones se identifican preguntas sin respuesta, o valores dados de manera extrema, por lo que se debe realizar una depuración de la información, a fin de facilitar el análisis posterior. Es una forma de pre procesar o preparar los datos para la modelación de ecuaciones estructurales. En tal caso se consideran tres fases:

Identificar la desviación estándar de cada cuestionario contestado para identificar si las personas respondieron con poca objetividad, es decir, cuando la desviación es menor a 0.5, el cuestionario debe descartarse porque toda la información obtenida puede afectar el estudio y las conclusiones. Enseguida se identifican los valores perdidos, es decir ausencia de respuesta, tomando en cuenta que cuando la cantidad de éstos es mayor al 10% del total de valores que componen los ítems en cada variable, el cuestionario correspondiente deberá también descartarse del análisis. Cuando no se descartan, y solamente hay algún valor perdido, entonces éste se reemplaza por la media, debido al uso de escala ordinal. Finalmente, los valores extremos identificados también se reemplazan también por la mediana. La validación por otra parte consiste en realizar primero un análisis de fiabilidad de los datos a partir de los resultados en el punto anterior. Para lo cual se utiliza el índice alfa de Cronbach (AC), el cual es una manera de observar la correlación de los ítems que componen cada variable y la información que aportan para describirla [17], [26], [30]. Posteriormente se evalúa la validez predictiva y discriminante, y la colinealidad a través del software WarpPLS 8.0®, esto para determinar el grado en el cual las variables y los ítems se relacionan entre sí y conocer la ubicación correcta de éstos en el constructo o variable correcta [31]. La Tabla I muestra los índices usados.

TABLA I
ÍNDICES DE VALIDACIÓN PARA EL CUESTIONARIO

Índice	Descripción	Valor
R ²	Validez predictiva paramétrica	≥ 0.02
Adjusted R ²	Validez predictiva paramétrica	≥ 0.02
Composite Reliability	Consistencia interna	≥ 0.70
Cronbach's Alpha	Consistencia interna	≥ 0.70
Average Variance Extracted	Validez discriminante	≥ 0.50
Full Collin. VIF	Colinealidad	≤ 3.30
Q ²	Validez predictiva no paramétrica	≥ 0.00 y similar a R

F. Modelación de ecuaciones estructurales

Posterior a la validación se continúa con la modelación de ecuaciones estructurales, esto para cuantificar las relaciones, en tal caso las hipótesis. Al realizar esta modelación se logra validar el modelo teórico propuesto probando la teoría de si las políticas ambientales influyen en el logro de la logística verde y de los beneficios alcanzados, con el fin de conocer las relaciones entre las tres variables y los efectos entre ellas de

manera simultánea [32]. El método usado es mínimos cuadrados parciales (PLS, por sus siglas en inglés) mediante WarpPLS 8.0 y que permite modelación con tamaños de muestra pequeños como sugiere [33].

Los índices usados para revisar si el ajuste del modelo, con respecto de la teoría y su calidad, es bueno son presentados en la Tabla II.

TABLA II
ÍNDICES DE CALIDAD DE AJUSTE DEL MODELO DE ECUACIONES ESTRUCTURALES

Índice	Valor
Average path coefficient (APC)	$P < 0.05$
Average R-squared (ARS) and Average adjusted R-squared (AARS)	$P < 0.05$
Average block VIF (AVIF)	Aceptable si ≤ 5 , ideal ≤ 3.3
Average full collinearity VIF (AFVIF)	Aceptable si ≤ 5 , ideal ≤ 3.3
Tenenhaus GoF (GoF)	≥ 0.36 alto

En este contexto también se revisan los efectos encontrados en el modelo, directos, indirectos y totales. Los efectos directos son los que se indican por las flechas para cada hipótesis mostrada en la Fig. 1, y al cual se le asocia una β para indicar el coeficiente de regresión logrado en la relación e las variables (independiente y dependiente), así como un valor P para indicar la significancia estadística en dicho efecto. Determinada como: hipótesis nula $H_0: \beta = 0$ contra la alternativa $H_1: \beta \neq 0$ con un 95% de nivel de confianza. Esto para descartar la presencia de información trivial entre ambas variables analizadas. Los efectos indirectos son calculados a partir de la relación o efecto que tiene una variable a través de otra. Los efectos totales se logran al sumar los directos e indirectos. Para cada uno de ellos se indica un porcentaje de varianza indicado como tamaño del efecto (TE) y por la R^2 .

III. RESULTADOS

En este apartado se presentan los resultados para la descripción de la muestra, la validación estadística del cuestionario, y el modelo de ecuaciones estructurales.

A. Descripción de la muestra

Después de terminar con la recolección de datos en las empresas de manufactura en Ciudad Juárez, Chih. México, se lograron obtener 151 cuestionario completos, y que corresponden a la participación de aproximadamente 43 empresas. En la Tabla III se muestran los sectores industriales identificados, principalmente el 35.76% corresponde al automotriz, el 35.1% al electrónico y el 7.95% el médico, quienes representan 119 del total de encuestas. También se revisó el área o departamento al que pertenece el encuestado y el puesto que desempeña dentro de la empresa, estos resultados se muestran en la Tabla IV, donde se detalla principalmente la participación de 44 ingenieros, 16 gerentes y 53 administrativos. Los puestos de trabajo más sobresalientes son 23 personas en Compras, 22 en Logística, 16 en Planeación, 27 en Producción y 52 en Ingeniería. Esto indica

que la percepción de la logística verde y políticas ambientales fue valorada desde diversos enfoques, y no solamente con los que tienen experiencia en este ámbito.

TABLA III
SECTOR INDUSTRIAL IDENTIFICADO

Sector	Cantidad	Porcentaje
Automotriz	54	35.76 %
Electrónico	53	35.1 %
Médico	12	7.95 %
Empaque	7	4.64 %
Aeroespacial	5	3.31 %
Plásticos	3	1.99 %
Otros	17	11.25 %
Total	151	100 %

TABLA IV
ÁREA Y PUESTO DE TRABAJO QUE DESEMPEÑA EL ENCUESTADO

Área	Puesto Trabajo					Total	%
	Opera-dor	Super-visor	Ing.	Ge-rente	Adminis-trativo		
Almacén	2	1	1	1	2	7	4.63%
Compras	1	1	1	4	16	23	15.23%
Embarques	1	0	0	0	3	4	2.65%
Ingeniería	0	4	38	3	7	52	34.44%
Logística	1	6	2	3	10	22	14.57%
Planeación	0	3	0	3	10	16	10.6%
Producción	10	8	2	2	5	27	17.88%
Total	15	23	44	16	53	151	
Porcentaje	9.93 %	15.23 %	29.14 %	10.6 %	35.1 %		100%

B. Validación del cuestionario

La validación del cuestionario se logró como validación de contenido al usar revisión de literatura para encontrar la información relevante y crear los ítems; también se logró al mejorar la redacción y organización de las secciones incluidas con observaciones y los ajustes sugeridos por dos expertos. Finalmente, la validación estadística se hizo mediante el software SPSS 21.0® y el WarpPLS 8.0®, esto para encontrar la consistencia interna entre ítems, los valores de validez predictiva y validez discriminante. En tal caso, los resultados se muestran con detalle en la Tabla V. Se observa que los valores de consistencia a través del uso del índice Alfa de Cronbach son mayores a 0.7 para las tres variables usadas. Con respecto a la validez predictiva se lograron valores ≥ 0.02 en R^2 y Adjusted R^2 , tal como se sugiere en la Tabla I. Para la validez discriminante se observan valores ≥ 0.50 , y para la colinealidad valores menores a 3.3 [343]. Por tanto, el cuestionario referido a estas tres variables es válido para ser aplicado en este contexto y fiable para obtener información sobre logística verde, políticas verdes o ambientales y beneficios en la industria en el contexto usado. Es importante comentar que la validación se realizó para todas las seccioens

contenidas en el cuestionario, pero por la cantidad de variables en el modelo propuesto en esta investigación, se muestran únicamente tres de las nueve que lo componen, en todas ellas se cumplió el valor del índice Alfa de Cronbach mayor a 0.70.

TABLA V
ÍNDICES DE VALIDACIÓN PARA LAS VARIABLES

Índice	PolVe	LogVe	Ben
R ²		0.282	0.258
Adjusted R ²		0.277	0.248
Composite Reliability	0.865	0.941	0.934
Cronbach's Alpha	0.804	0.916	0.919
Average Variance Extracted	0.564	0.799	0.639
Full Collin. VIF	1.473	1.429	1.199
Q ²		0.283	0.263

Para lograr estos valores en la validación se fueron descartando algunos ítems que no aportaban información a la variable correspondiente o por describir a otra, así se logró también una validez convergente, y es la razón por la cual en la Tabla V el ítem 10.2, 10.3, 10.9 y 10.11 no se encuentran. Continuando con esta tabla en donde se indican las cargas combinadas y cruzadas se observa la forma en que cada ítem carga (explica con varianza) en su variable correspondiente, por ejemplo, en la primer columna *PolVe* (políticas verdes) los primeros cinco ítems tienen valores mayores a 0.70 que en el resto de las columnas (indicados en *italica*). Así se observa en el resto de ítems, cada uno se encontrará cargando más en la variable a la que pretende explicar. Con ello se complementa la validez convergente y discriminante mencionada.

TABLA VI
CARGAS COMBINADAS Y CRUZADAS NORMALIZADAS

Ítem	Variables		
	PolVe	LogVe	Ben
9.1	0.701	0.548	0.457
9.2	0.711	0.568	0.415
9.3	0.866	0.416	0.278
9.4	0.925	0.283	0.252
9.5	0.927	0.347	0.145
2.1	0.433	0.833	0.345
2.2	0.440	0.858	0.266
2.3	0.457	0.843	0.282
2.4	0.454	0.855	0.252
10.1	0.398	0.303	0.866
10.4	0.299	0.386	0.894
10.5	0.289	0.268	0.919
10.6	0.371	0.354	0.859
10.7	0.311	0.288	0.906
10.8	0.341	0.326	0.882
10.10	0.328	0.244	0.913
10.12	0.244	0.244	0.894

C. Modelo de ecuaciones estructurales MEE

Al realizar la modelación de ecuaciones estructurales con la técnica de mínimos cuadrados parciales en WarpPLS 8.0® se obtuvo el modelo de la figura 2, donde se indican los efectos directos (β), el nivel de significancia estadística (*P*-valor) y la cantidad de varianza explicada (*R*²). La validación del MEE se muestra en la Tabla VII donde se muestran los índices de calidad de ajuste del modelo; el APC con valor de 0.375, el *AVIF* con valor de 1.197 y el *GoF* con valor de 0.424, en todos los casos se cumple lo recomendado para considerarse un modelo de calidad.

TABLA VII
ÍNDICES DE CALIDAD DE AJUSTE DEL MEE OBTENIDO

Índice	Valor
Average path coefficient (APC)	0.375, <i>P</i> < 0.001
Average R-squared (ARS) and Average adjusted R-squared (AARS)	0.270, <i>P</i> < 0.001; 0.262, <i>P</i> < 0.001
Average block VIF (AVIF)	1.197
Average full collinearity VIF (AFVIF)	1.367
Tenenhaus GoF (GoF)	0.424

Especialmente el índice *GoF* indica un ajuste alto al ser mayor a 0.36, lo cual significa que la teoría sugerida a partir de las hipótesis propuestas en el modelo de la figura 1 se valida en la práctica con la información proporcionada por los encuestados, y así es como el modelo explica un porcentaje de la teoría acerca de ello. Es decir, el modelo de ecuaciones estructurales cuando tiene valores de *GoF* en un nivel alto se considera que las relaciones planteadas sobre las variables son explicadas a través de la información proporcionada por los encuestados. Por eso este enfoque con mínimos cuadrados parciales se basa en explicar o predecir la teoría de una cantidad de varianza que se extrae a partir las variables incluidas y de los ítems que las conforman.

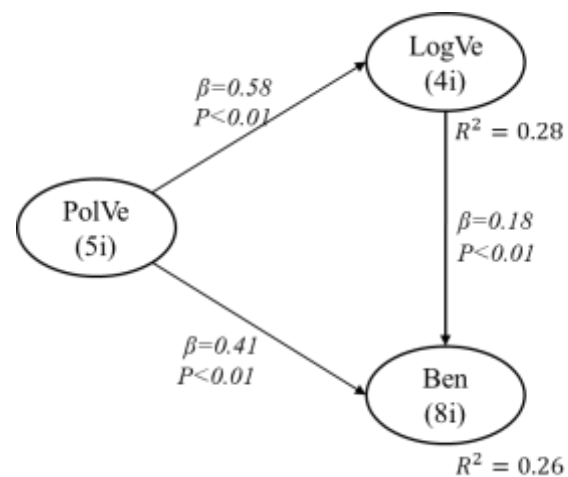


Fig. 2. Efectos encontrados en el modelo de ecuaciones estructurales.

- 1) *Efectos directos*: en un modelo de ecuaciones estructurales se revisan los efectos directos para

concluir sobre la teoría explica y más allá de eso se detallan las cantidades.

En la figura 2 se muestra el modelo MEE obtenido, donde se observan tres efectos directos indicados por la β , el efecto mayor es el efecto que tienen las políticas ambientales (*PolVe*) en la logística verde (*LogVe*) con un valor positivo de 0.53 y siendo significativo al 99%. Este valor indica que cuando las *PolVe* cambian una desviación estándar de manera positiva, en una proporción del 0.531 cambiará positivamente la *LogVe*. Lo mismo ocurre cuando *PolVe* cambia, también los beneficios (*Ben*) percibidos en las empresas cambiarán positivamente en una proporción de 0.410. Similarmente, la *LogVe* tiene efectos positivos en los beneficios *Ben* que se pueden lograr en las empresas gracias a las prácticas verdes donde la proporción de cambio es de 0.177. Todos los efectos directos en el modelo son significativos al 99%, por tanto son relevantes al evaluar la interrelación y dependencia de las tres variables y de forma simultánea. Por su parte R^2 es el valor de varianza extraída de una variable a través del efecto de otra, es decir, en variables dependientes.

En este modelo solamente se identifican dos, en *LogVe* con valor en R^2 de 0.28, lo cual significa que el 28% de su varianza se explica únicamente por *PolVe*; y en *Ben* con valor en R^2 de 0.26, lo cual significa que el 26% de su varianza se explica por las políticas verdes o ambientales *PolVe* y por la logística verde *LogVe*. Si bien el coeficiente de determinación (R^2) obtenido refleja un nivel moderado de varianza explicada en la variable dependiente, el resultado se considera relevante al evidenciar la contribución significativa de las *PolVe* hacia los beneficios *Ben* analizados. No obstante, este valor podría incrementarse mediante la incorporación de variables exógenas adicionales con capacidad explicativa, así como a través de la depuración y ampliación de los ítems que integran los constructos, esto permitiría mejorar tanto la validez como el poder predictivo del modelo.

- 2) *Efectos indirectos*: hablar de estos efectos implica distinguir las rutas que pueden estar en un modelo, y específicamente referirse al efecto que tiene una variable en otro a través de otras. En el MEE de la figura 2 se identifica únicamente un efecto indirecto dado desde las políticas verdes *PolVe* hasta los beneficios *Ben* a través de la logística verde *LogVe* con un valor de 0.094 y $P=0.049$. Este efecto se obtiene multiplicando ambos efectos directos ($0.521 \cdot 0.177 = 0.094$).
- 3) *Efectos totales*: los efectos totales se logran al sumar los efectos directos e indirectos para cada variable.

En este modelo los efectos totales son los mismos que los directos a excepción del efecto total dado a partir del efecto directo entre *PolVe* y *Ben* (0.410) y del efecto indirecto entre *PolVe* y *Ben* proporcionado a través de *LogVe* (0.094), el resultado es 0.503 ($0.094 + 0.410$) que además tiene un $P < 0.001$ y un TE de 0.242.

Finalmente, el resumen de los resultados para los efectos y su correspondiente nivel de significancia y tamaño del efecto se muestran en la Tabla VIII donde se concentra las variables y los resultados para las tres hipótesis. Se observa que existe mayor contribución de cambio de las políticas verdes *PolVe* hacia la logística verde *LogVe*, siendo además el mayor tamaño del efecto. En segundo término se encuentra el efecto de las políticas verdes en los beneficios *Ben* también con buen tamaño del efecto y significativos en ambos casos.

TABLA VIII
RESULTADOS GENERALES EN EL MEE

Hipótesis	Efecto directo β , P-valor	Tamaño efecto (TE)	Efecto indirecto β , P-valor	Tamaño efecto (TE)
<i>PolVe</i> → <i>LogVe</i>	0.531, $P < 0.001$	0.282		
<i>PolVe</i> → <i>Ben</i>	0.410, $P < 0.001$	0.197	0.094, $P = 0.049$	0.045
<i>LogVe</i> → <i>Ben</i>	0.177, $P = 0.013$	0.060		

Con esta información también se puede concluir sobre las decisiones estadísticas con respecto a las hipótesis presentadas en el modelo, donde las tres son aceptadas por encontrar evidencia estadística que las valida a través de la información proporcionada por las personas cuando respondieron el cuestionario. Cuando esto sucede se dice que existe evidencia estadística que prueba la teoría sobre la relación entre las variables dada por el P valor, y por tanto se logra una explicación en el modelo. En caso contrario, cuando no existe evidencia estadística que valida la relación y por tanto un P valor no significativo, la hipótesis se rechaza al considerarse trivial y que no aporta información relevante cierto grado de varianza para explicar dicha teoría en el modelo. En este modelo existe evidencia estadística de que cuando las políticas ambientales se consideran en la industria, se pueden lograr beneficios para las empresas.

A partir de estos valores se pueden hacer inferencias de que en conjunto en las 43 empresas se identifica un cierto grado de interés en las prácticas verdes en la logística, ya que por un lado tienen certificaciones ISO 14001, gestionan sus residuos con la certificación mexicana PROFEPA y aplican la filosofía Lean internamente para reducir desperdicios o recursos en sus procesos y operaciones.

IV. CONCLUSIONES Y FUTURAS INVESTIGACIONES

En el contexto la cadena de suministro con enfoque ambiental o verde se replantea con esta investigación, primero el conocer de manera general las prácticas de la logística realizadas en las empresas de manufactura del caso analizado. Esto porque la importancia de contar con un marco de referencia para futuras investigaciones. Y, segundo, el identificar si las políticas y las normas ambientales influyen en el fomento de dichas prácticas dentro de la industria.

Los resultados indican que al implementar la logística verde dentro de los diversos procesos en las empresas se obtienen beneficios de tipo económicos, como reducir gastos por ahorros en energía, en materiales, en transporte, etc.; beneficios sociales cuando la empresa se certifica como empresa socialmente responsable y se adquiere su compromiso con el entorno donde opera, con ello atrae más clientes y se le reconoce su compromiso; y beneficios ambientales como la disminución de contaminantes, incorporación de procesos de reciclaje o reutilización, así como la optimización de recursos, entre otros. Se concluye que las políticas ambientales son un factor clave en cualquier negocio debido a la importancia que se otorga en cada país al cuidado del medio ambiente y sobre todo por el cambio climático y el aporte que desde cada rincón del mundo, debe lograrse para cuidar los recursos disponibles y asegurar su uso para las futuras generaciones.

Por otro lado, no solo están influyendo de manera directa en los beneficios de las empresas sino en la implementación de las prácticas verdes en las cadenas de suministro, siendo aún más crítico el hecho de que no se conozcan o se ignoren.

Entre las implicaciones industriales se destaca que a partir de la información proporcionada por los ingenieros, gerentes y administradores de las empresas actualmente dentro del sector de manufactura se realizan prácticas verdes de manera limitada en la logística, dejando en entre ver que las certificaciones como la ISO: 14001 son insuficientes para lograr cambios positivos en el cuidado ambiental, o están mal ejecutadas. Además, del poco compromiso de la industria por cumplir y hacer cumplir las normas ambientales exigidas por los gobiernos. Por otro lado, se identifica poco conocimiento de esta temática en el ámbito industrial, si bien se conocen las ISO, pero no se relacionan o conceptualizan como una concepción en toda la cadena de suministro, se manejan de forma aislada.

Recordar que de las 325 empresas de manufactura en Ciudad Juárez, se logró la participación de 43 empresas, pero si se amplía el periodo de recolección de datos se podrá obtener más información para sustentar el modelo.

Se recomienda continuar con la aplicación del cuestionario y la inclusión de ítems complementarios a fin de descubrir otras opiniones específicas que puedan complementar esta investigación. Además, realizar las entrevistas de manera personal también pudiera proporcionar mayor información sobre las prácticas verdes en la logística de este tipo de empresas.

Si bien una limitante en este trabajo fue el tamaño de la muestra, su fortaleza es que puede adaptarse a otras regiones de México y de otros países puesto que el cuestionario fue creado a partir de investigaciones previas de diversos autores y países, y por ello su réplica. De este modo se exploraría en mayor medida el compromiso ambiental que se tiene en el sector industrial en otras regiones o países.

Por tanto, con lo encontrado en este modelo se pueden continuar investigaciones haciendo de éste una referencia para aplicar el cuestionario y replicar el modelo en otras regiones y empresas similares. Se podría enriquecer realizando una comparativa de este modelo entre Ciudad Juárez, y otra Ciudad Fronteriza de México como Tijuana, B.C.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece especialmente a las personas que contestaron el cuestionario, ya que con ello se logró evaluar el modelo propuesto y encontrar algunas inferencias sobre las prácticas en la logística verde y las percepciones de las normativas ambientales al interior de las empresas de manufactura. También se agradece a los estudiantes que participaron como soporte para concertar citas con el sector industrial y compartir la liga del cuestionario en redes sociales; asimismo a la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, particularmente al Instituto de Ingeniería y Tecnología por todo su apoyo.

REFERENCIAS

- [1] M. D. P. Madero y S. T. López, "Comportamientos pro-sostenibilidad ambiental de los adolescentes: Su relación con la autorregulación del aprendizaje," *Revista Educación Ambiental y Sostenibilidad (REAYS)*, vol. 4, no. 2, art. 2301, 2022, doi: 10.25267/REV_EDUC_AMBIENT_SOSTENIBILIDAD.2022.V4.I2.2301.
- [2] L. Salguero-Puerta, J. C. Leyva-Díaz, F. J. Cortés-García y V. Molina-Moreno, "Sustainability indicators concerning waste management for implementation of the circular economy model on the University of Lome (Togo) campus," *International Journal of Environmental Research and Public Health*, vol. 16, no. 12, art. 2234, 2019, doi: 10.3390/ijerph16122234.
- [3] M. Škare, D. Tomić y S. Stjepanović, "Green business cycle: An analysis on China and France," *Acta Montanistica Slovaca*, vol. 25, pp. 563–576, 2020.
- [4] M. Y. Koçak, E. Ulucak y F. Kassouri, "Green growth in the OECD countries: A multivariate analytical approach," *Energies*, vol. 14, no. 20, art. 6719, Oct. 2021, doi: 10.3390/en14206719.
- [5] M. Çağlar, "Examining green growth conditions and achievements of the OECD countries: A descriptive analytical approach," *Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi*, Sustainability and Green Economics Special Issue, pp. 1–17, Jun. 2024, doi: 10.14780/muiibd.1462334.
- [6] Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD), *Towards Green Growth*. Paris, France: OECD Publishing, 2011, doi: 10.1787/9789264111318-en.
- [7] R. Chirino García, "Logística verde y gestión ambiental: desafío para el gobierno corporativo en las organizaciones lucrativas," *IJRDO – Journal of Social Science and Humanities Research*, vol. 3, no. 5, pp. 1–13, May 2018, doi: 10.53555/sshr.v3i5.1966.
- [8] K. Moreno, G. Freire, D. Caisa y A. Moreno, "Cadena de suministros verde: análisis estratégico de la gestión de residuos sólidos en Pelileo-

- Ecuador,” *Revista de Ciencias Sociales*, vol. 27, pp. 293–308, 2021, doi: 10.31876/rcs.v27i.36512.
- [9] W. E. Ortigón Riveros y J. J. Echeverri Arango, “La influencia de la logística verde en el mundo de los negocios internacionales,” *Fronteira: Journal of Social, Technological and Environmental Science*, vol. 9, no. 3, pp. 99–112, 2020, doi: 10.21664/2238-8869.2020v9i3.p99-112.
- [10] R. M. Yupanqui Piña, *La logística inversa y la logística ambiental en el centro de distribución de Química Suiza, Santa Anita*, tesis de maestría, Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2017.
- [11] L. S. Cortés Romero, *Actualización del estado del arte sobre logística verde: aplicación en la industria colombiana*, tesis, Universidad Católica de Colombia, Bogotá, Colombia, 2019.
- [12] A. M. Manjarres-Mejía y R. C. Chirino-García, “Logística verde: reto gerencial para el manejo de la gestión ambiental sostenible,” *CIENCIAMATRIA: Revista Interdisciplinaria de Humanidades, Educación, Ciencia y Tecnología*, vol. 6, no. 11, pp. 4–21, 2020, doi: 10.35381/cm.v6i11.309.
- [13] L. Dormido, I. Garrido, P. L’Hottellerie-Fallois y J. Santillán, *El cambio climático y la sostenibilidad del crecimiento: iniciativas internacionales y políticas europeas*, Documento Ocasional no. 2213, Banco de España, Madrid, España, Jun. 2022.
- [14] J. C. Nava Chacín y Y. J. Abreu Quintero, “Green logistics and circular economics,” *Daena: International Journal of Good Conscience*, vol. 10, no. 3, pp. 80–91, Dec. 2015.
- [15] K. A. Monk, “Enhancing environmental policy through evidence synthesis: A review of the Environmental Evidence for the Future (EEF) Initiative,” *Environmental Evidence*, vol. 13, art. 7, 2024, doi: 10.1186/s13750-024-00329-2.
- [16] A. Vidal y C. Asuaga, “Gestión ambiental en las organizaciones: una revisión de la literatura,” *Revista del Instituto Internacional de Costos*, no. 18, pp. 84–122, 2021.
- [17] D. Kim, J. Na y H.-K. Ha, “Exploring the impact of green logistics practices and relevant government policy on the financial efficiency of logistics companies,” *Heliyon*, vol. 10, no. 10, art. e30916, May 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e30916.
- [18] J. Šebo, J. Prester y M. Šebová, “The role of environmental management systems and energy management systems in the adoption of energy recuperation technologies in Central European manufacturing companies,” *Sustainability*, vol. 15, no. 24, art. 16913, 2023, doi: 10.3390/su152416913.
- [19] W. Zhang, M. Zhang, W. Zhang, Q. Zhou y X. Zhang, “What influences the effectiveness of green logistics policies? A grounded theory analysis,” *Science of the Total Environment*, vol. 714, art. 136731, Apr. 2020, doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.136731.
- [20] S. Nazir, L. Zhaolei, S. Mehmood y Z. Nazir, “Impact of Green Supply Chain Management Practices on the Environmental Performance of Manufacturing Firms Considering Institutional Pressure as a Moderator,” *Sustainability*, vol. 16, no. 6, p. 2278, 2024, doi:10.3390/su16062278.
- [21] A. J. Banaszyk, M. Jedliński y P. Kaczmarczyk, “Green logistics concept and the impact of its implementation in the organisation: A systematic literature review and meta-analysis,” *Engineering Management in Production and Services*, vol. 17, no. 1, pp. 7–22, Mar. 2025, doi: 10.2478/emj-2025-0004.
- [22] M. A. Khan, S. Ali, A. Khan y Y. Zhang, “Exploration of the impact of green supply chain management practices on manufacturing firms’ performance,” *Frontiers in Environmental Science*, vol. 11, 2023, Art. no. 1291688, doi: 10.3389/fenvs.2023.1291688.
- [23] S. A. Diabat y K. Govindan, “An analysis of the drivers affecting the implementation of green supply chain management,” *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 55, no. 6, pp. 659–667, Apr. 2011, doi: 10.1016/j.resconrec.2010.12.002.
- [24] Q. Zhu, J. Sarkis y K.-H. Lai, “Green supply chain management: Pressures, practices and performance within the Chinese automobile industry,” *Journal of Cleaner Production*, vol. 15, no. 11–12, pp. 1041–1052, Aug. 2007, doi: 10.1016/j.jclepro.2006.05.021.
- [25] M. M. Hasan y T. Khan, “Exploring the mediating role of green logistics in enhancing green supply chain performance: Evidence from Bangladesh,” *Journal of Environmental Research*, vol. 5, Art. no. 100003, 2025, doi: 10.1016/j.jer.2025.100003.
- [26] S. O. Odock, J. M. Kihoro y L. W. Mwangi, “Green logistics practices and firm performance: The mediating effect of environmental performance among logistics firms in Kenya,” *International Journal of Professional Business Review*, vol. 9, no. 11, pp. 1–28, 2024, doi: 10.26668/businessreview/2024.v9i11.4521.
- [27] N. T. Nguyen, T. H. Pham y M. T. Tran, “Impact of green logistics practices on sustainable performance: A comprehensive analysis,” *International Journal of Operations Research*, vol. 5, no. 11, pp. 1–15, 2024.
- [28] G. K. Akubia, V. Gaffar, M. A. Sultan y D. Andriana, “The impact of green logistics management practices on manufacturing firms’ sustainability performance in Ghana and Indonesia,” *International Journal of Supply and Operations Management*, vol. 12, no. 2, pp. 215–235, 2025.
- [29] J. P. Collantes Reyes, M. A. Riojas Cieza, A. Barrenechea Romero, C. H. Chávez Calderón, C. A. Anardo Figueroa, and F. Hinojosa Mitma, “Políticas ambientales y aplicación de buenas prácticas en manufactura de alimentos procesados,” *Sapiens Management Journal*, vol. 2, no. 6, pp. 1–29, Jun. 2025, doi: 10.71068/gm5xw478.
- [30] L. J. Cronbach, “Coefficient alpha and the internal structure of tests,” *Psychometrika*, vol. 16, no. 3, pp. 297–334, Sep. 1951, doi: 10.1007/BF02310555.
- [31] J. Barbera, N. Naibert, R. Komperda, y T. C. Pentecost, “Clarity on Cronbach’s Alpha use,” *Journal of Chemical Education*, vol. 98, no. 2, pp. 257–258, 2021, doi: 10.1021/acs.jchemed.0c00183.
- [32] A. Kiraz, O. Canpolat, C. Özkurt y H. Taşkın, “Analysis of the factors affecting the Industry 4.0 tendency with the structural equation model and an application,” *Computers and Industrial Engineering*, vol. 150, p. 106911, 2020, doi: 10.1016/j.cie.2020.106911.
- [33] J. F. Hair Jr., G. T. M. Hult, C. M. Ringle y M. Sarstedt, *A Primer on Partial Least Squares Structural Equation Modeling (PLS-SEM)*, 2ª ed. Thousand Oaks, CA, USA: Sage Publications, 2016.
- [34] I. A. Chagalima y M. P. Chuwa, “Partial least squares structural equation modeling (PLS-SEM) in business research: A simple guide for novice researchers,” *International Journal of Research in Business and Social Science*, vol. 14, no. 9, pp. 497–506, 2026.