

Identificación de las barreras a la logística verde en el Valle de Aburrá: caso de estudio

Identification of barriers to green logistics in the Aburrá valley: case study

Recibido: 24-03-2021 Aprobado: 05-07-2021

Mallely Alexandra Taborda Duque
Jhonny Camilo Barco Charfuelan
Juan Gabriel Vanegas-López
Diego Alejandro López-Cadavid

Resumen: este estudio tuvo como objetivo identificar las barreras intervinientes en la implementación de la logística verde en las empresas del Valle de Aburrá. Para ello, se estableció un conjunto barreras divididas en 5 categorías generales y 22 específicas. Posteriormente, se midió la importancia relativa de dichas barreras a través de la perspectiva de 10 empresas encuestadas, aplicando un modelo de análisis jerárquico de procesos para determinar los obstáculos más influyentes y se propuso 5 posibles alternativas de solución. Los resultados destacaron que las barreras asociadas con los costos e inversión de recursos fueron las más restrictivas del conjunto analizado.

Palabras clave: logística verde, medio ambiente, reciclaje, responsabilidad social.

Abstract: The aim of this study was to identify the barriers to the implementation of green logistics in companies in the Aburrá Valley. For this purpose, a set of barriers divided into 5 general and 22 specific categories was established. Subsequently, the relative importance of these barriers was measured through the perspective of 10 surveyed companies, applying a hierarchical process analysis model to determine the most influential obstacles and 5 possible solution alternatives were proposed. The results showed that the barriers associated with costs and resource investment were the most restrictive of the set analyzed.

Keywords: green logistics, environment, recycling, social responsibility

Identificação de barreiras à logística verde no vale do aburrá: estudo de caso

Resumo: O objetivo deste estudo foi identificar as barreiras para a implementação da logística verde nas empresas do Vale do Aburrá. Para este fim, foi estabelecido um conjunto de barreiras dividido em 5 categorias gerais e 22 categorias específicas. Posteriormente, a importância relativa dessas barreiras foi medida através da perspectiva de 10 empresas pesquisadas, aplicando um modelo de análise hierárquica do processo para determinar os obstáculos mais influentes e 5 alternativas possíveis de solução foram propostas. Os resultados destacaram que as barreiras associadas aos custos e ao investimento em recursos foram as mais restritivas do conjunto analisado.

Palavras-chave: logística verde, meio ambiente, reciclagem, responsabilidade social.

Introducción

La logística verde puede ser definida como todas las operaciones o actividades de producción, transporte o almacenamiento que una empresa realiza en pro de minimizar el impacto medioambiental, buscando reducir los desperdicios industriales al igual que la emisión de gases de efecto invernadero (Nava & Abreu, 2015). Ello, se suma el hecho de que, ante el deterioro ambiental, han surgido distintas estrategias de sustentabilidad como factor importante para el progreso de una empresa, pues ya no se trata de solo de cuidar el medio ambiente sino también de buscar una rentabilidad implementando la logística inversa en los procesos de las compañías. Al llevar este concepto al contexto local, se observa que para los habitantes del Valle de Aburrá no es un secreto el aumento de los índices de contaminación en su entorno, los cuales, pueden adjudicarse en un 19% a fuentes fijas y en un 81% al transporte masivo terrestre, es decir a fuentes móviles, un informe del Área Metropolitana del Valle de Aburrá las categoriza según su nivel de contaminación, siendo los camiones los mayores responsables de esta con un 38%, continuando con las volquetas en un 26%, las motos de 4 tiempos en 13%, los buses en un 10% los autos con un 8%, los taxis con 2%, tractocamiones en 1% y las motos de 2 tiempo con 1% (Área Metropolitana del Valle de Aburrá, 2019). Por otro lado, tanto empresas industriales como empresas de logística, diariamente distribuyen sus productos por la ciudad, que después de su uso son desechados en algún vertedero o incluso en lugares no permitidos, sin tener en cuenta que estas podrían ser reutilizadas por completo o algunas de sus partes, es decir, desconocen la posibilidad de reutilizar por medio de un proceso de logística inversa o logística verde.

De acuerdo con lo anterior, han surgido diferentes estudios cuantitativos y cualitativos debido a que es un problema que está presente en diferentes contextos geográficos. Por un lado, investigadores en países desarrollados han ejemplificado la forma en como esta adversidad ha afectado a sus habitantes debido a las altas cantidades de desechos que se generan diariamente, lo que hace necesaria una cultura de reciclaje en la que cuando los productos terminen su vida útil algunas de sus partes puedan ser reutilizadas para un nuevo producto lo que haría que la cantidad de desperdicios sea reducida (Arroyo *et al.*, 2014). Por otro lado, otra medida que se podría implementar para reducir la contaminación que sería imponer restricciones para los vehículos de carga, como por ejemplo restricciones al ingreso a ciertas partes de las ciudades, cobro de peajes o entregas nocturnas, que ya han sido puestas en marcha y han tenido efectos positivos (Tadić, Zečević & Krstić, 2018).

A partir del panorama mencionado líneas arriba, el objetivo general de este trabajo es identificar las barreras intervinientes en la implementación de la logística verde en las empresas del Valle de Aburrá. Para ello, a través de una revisión de la literatura sobre el tema en cuestión, considerando diferentes autores como Kannan *et al.* (2013) y Waqas *et al.* (2018), como puntos de referencia, se identificaron y contextualizaron los obstáculos que conllevan a que empresas de esta zona se les dificulte llevar a cabo este proceso. Una vez identificadas las barreras, se plantea la utilización de la técnica de análisis jerárquico de procesos (AHP), buscando determinar el grado de influencia de éstas por medio de su estructura descendente hasta las alternativas de minimización del problema.

Para dar cumplimiento a este propósito, la presente investigación se divide en 5 secciones. La primera sección, aborda la introducción al problema investigado al igual que las posturas teóricas y empíricas alrededor de la logística verde. Más adelante, en la segunda sección, se detallan todas las etapas desarrolladas para la aplicación de la metodología propuesta. Luego, en la tercera sección, se abordan los resultados obtenidos sobre las barreras más influyentes y se discuten frente a diferentes referentes teóricos. Posteriormente, en la cuarta sección, se destacan las conclusiones generales obtenidas del estudio y los avances frente a líneas futuras en esta temática. Por último, en la quinta sección, se exponen las referencias bibliográficas empleadas para el soporte y desarrollo del estudio.

1.1 Referentes teóricos sobre la logística verde

Existen varias dimensiones teóricas que sustentan el tema de la logística verde. En particular, se señalan dos (ver Tabla 1). La primera tiene que ver con la capacidad de la logística, compuesta por los recursos de la planta, gestión de procesos ecológicos y la gestión de la oferta ecológica; por otra parte, está la teoría industrial basada en los recursos de contingencia, recursos institucionales y partes interesadas. A continuación, las teorías de cada dimensión presentan su aporte al este estudio.

Tabla 1.

Perspectivas teóricas sobre la logística verde.

Dimensión	Teoría	Autor	Aporte al trabajo
Capacidad de la logística	Recursos de planta	Gavr onski, Klassen, Machado	La teoría consiste en la búsqueda de conocimiento dentro de la organización. Con un enfoque en la logística verde permite comprender que el aprendizaje sobre prácticas ambientales se origina, tanto internamente por medio de la retroalimentación dentro de la misma planta de producción, como de manera externa que se da con la ayuda de plantas que pertenecen al mismo sector o que son de la misma compañía, pero están ubicadas en distintas áreas geográficas. Finalmente, la teoría permite introducir las inversiones ambientales, es decir, un capital establecido a prácticas ambientales que puede impactar positivamente.
	Gestión de procesos ecológicos		La teoría parte de la coordinación conjunta de recursos físicos, financieros, humanos, tecnológicos y organizativos dentro de un hábito diario y que este fomentado en una planta de manufactura logra mejorar las prácticas ambientales dentro de la misma.
	Gestión de la oferta ecológica		Esta teoría se basa en que las prácticas ambientales no es un compromiso que compete solo a la compañía, sino que además involucra a su entorno, pues de debe garantizar que los proveedores también ejerzan este tipo de prácticas.
Industrial	Recursos de contingencia	Zhu, Sarkis, Lai	Incertidumbre, complejidad y generosidad de la industria son tres factores en los que se basa este postulado y los cuales se pueden ver afectados si se llegase a implementar estrategias ambientales, en donde la incertidumbre de aceptación del mercado, la compleja implementación de las estrategias ambientales y la generosidad o rentabilidad de que estas puedan producir implica para un gerente asumir riesgos de un entorno desconocido.

Dimensión	Teoría	Autor	Aporte al trabajo
	Recursos institucionales		La teoría institucional argumenta que al innovar la implementación de prácticas ambientales se debe tener en cuenta las normas y estructuras regulatorias ya establecidas, que puede influir de manera positiva o negativa en el tiempo de implementación de estas prácticas.
	Partes interesadas		Cuando un gerente debe tomar decisiones tiene que tener en cuenta que sus acciones afectan a diferentes grupos de interés los cuales podrán expresar su aprobación o negación sobre las consecuencias de dichas decisiones, en base a esto la iniciativa de un gerente a la hora de proponer estrategias ambientales o un cambio de modelo ecológico en la compañía deberá estar fundamentado en los intereses de las diferentes partes involucradas (accionistas, empleados, proveedores, clientes, comunidad).

Fuente: elaboración propia con base en Zhu, Sarkis y Lai (2008) y Gavronski *et al.* (2011).

1.2 Referentes empíricos sobre logística verde

Los inicios de la acuñación conceptual del termino logística inversa a partir del siglo XXI, tienen su origen donde las empresas al recolectar sus productos ya utilizados, reutilizaban aquellas piezas que aun funcionaban y el resto era desechado adecuadamente; así generaban más ganancias en su operación, siendo esto importante en la cadena de suministros ecológicos ya que dan la opción al cliente de retornar el producto cuando termine su vida útil (Mavi, Goh, & Zarbakhshnia, 2017). Para esto, se han propuesto modelos cuantitativos que ayuden a la toma de decisiones a las fábricas a la hora de diseñar y lanzar el mercado su producto, además de la parte más importante del proceso como lo es la red de suministros para el desecho del empaque o el producto en sí (Feitó *et al.*, 2015).

En los contextos recientes, las empresas se preocupan cada vez más por los impactos negativos de sus operaciones al medio ambiente y sus partes interesadas, los proveedores de todo tipo están viendo una ventaja competitiva ofreciendo servicios ecológicos al igual que de logística verde e

inversa en sus procesos en diferentes contextos. Un claro ejemplo hace referencia al caso de los proveedores de servicios de transporte, quienes ofrecen prácticas ambientales e implementan sistemas ecológicos en la programación logística de su transporte (Martinsen & Hüge-Brodin, 2014). Otro ejemplo clave de prácticas de logística verde, hace énfasis al manejo de los desechos médicos resultantes de operación de servicios realizados en hospitales y unidades de salud, empleando un el plan de acción logístico enfocado en el tratamiento de los residuos, sistemas de recolección, tiempo, temperatura de almacenamiento, requisitos de transporte y métodos de eliminación aprobados (Rolewicz-Kalińska, 2016). Asimismo, se pueden destacar estudios que han analizado diferentes contextos, como es el caso de los equipos electrónicos, en donde Arroyo *et al.* (2014) analizan el aumento de los desechos electrónicos y una posible solución a través de la logística inversa (reciclaje), llevando a cabo una revisión de la literatura de los actores que integran la recuperación de las computadoras y desarrollando un modelo de dinámica de sistemas llegando a la conclusión de que es posible un cambio en cuanto a una disminución de este tipo de desechos a través de este modelo.

Ahora bien, al ahondar específicamente en artículos que han estudiado las barreras alrededor de la logística verde o inversa, se observa como Govindan *et al.* (2014) través de su artículo sobre el análisis de barreras para la implementación de la gestión de la cadena de suministro verde en industrias indias usando el análisis jerárquico de procesos (AHP), logra identificar por medio de su propia revisión literaria y discusión con expertos la existencia de 47 barreras que se pueden presentar a la hora de implementar una logística verde en esta industria, divididas en categorías tales como barreras financieras, de tecnología, recursos humanos y legales. Continuando con el mismo enfoque, surge el trabajo Waqas *et al.* (2018) sobre obstáculos críticos para la implementación de la logística inversa pero esta vez vista desde el punto de la industria manufacturera, basando su investigación en la identificación de las barreras por el método Delphi y el modelo de ecuaciones estructurales.

Con el precedente de los artículos anteriores, se logra exponer el contexto bajo el cual se desarrolla el presente estudio, pues las barreras identificadas por estos autores trazan la línea de inicio para desarrollar este trabajo, teniendo en cuenta que a pesar de que la logística verde o inversa ha estado presente en la industria y que no es un tema que se ignora, la implementación

de ésta es un desafío contundente que interpone incertidumbre sobre si las empresas están en capacidad de sobrepasar tales barreras. Así pues, la investigación alrededor de este campo no solo se debe enfocar en la identificación de las barreras, sino también, en la proposición de posibles soluciones que ayuden a contrarrestarlas. Tal como lo exponen autores como Prakash y Barua (2015), quienes en su trabajo resaltan la integración del método AHP-TOPSIS para priorizar las soluciones para superar las barreras de logística inversa en la industria electrónica de la India, no solo dando a conocer las barreras sino tratando de abordar soluciones desde distintos criterios.

Metodología

El presente estudio se planteó una metodología de corte mixto, entendiendo que, por un lado, abarcó un método cuantitativo para evaluar las barreras que obstaculizan la logística verde, mientras que, el enfoque cualitativo fue dado a raíz de la recolección de la percepción empresarial a partir de la aplicación de múltiples estudios de caso en empresas del Valle de Aburrá. De manera similar, cabe señalar que esta investigación se planteó de manera explicativa, dado que el propósito de ésta, partiendo del concepto de Hernández, Fernández y Baptista (2006), es brindar razones del porqué o de las causas que generan los obstáculos, dar a entender en qué condiciones se ocasionan las barreras en la logística verde y además proponer estrategias de minimización para atacar éstas. Así pues, la presente metodología se divide en 4 fases. La primera fase, aborda el tipo de metodología empleada para el desarrollo del estudio. Luego, en la segunda fase, se destaca la estructuración del conjunto de barreras a medir y del instrumento de recolección de datos. Posteriormente, en la tercera, se describe a detalle el método de selección de las empresas candidatas del análisis. Finalmente, en la cuarta fase, son descritos los pasos metodológicos de la aplicación del modelo AHP.

2.1 Establecimiento de barreras y creación de cuestionario

Con el conocimiento suficiente sobre las barreras halladas en la revisión literaria, se procede a la creación de un esquema general en donde, de forma gráfica y escrita, se plantean los criterios en pro de seleccionar las barreras que más se ajusten a las condiciones del presente trabajo. El esquema terminado, tuvo la función de ser la guía para crear un mapa jerárquico (ver Anexo 1)

que representa las barreras generales y específicas seleccionadas de la revisión literaria, según lo postulado por los ya mencionados Govindana *et al.* (2014) y Waqas *et al.* (2018). A partir entonces de dichas barreras, se creó un cuestionario (ver Anexo 2) que buscara medir el grado de incidencia del conjunto de barreras planteadas frente a la adopción de procesos de logística verde en las organizaciones, empleando para ello, la escala de 9 puntos propuesta por Saaty (2008), donde las calificaciones serían 1 (para barreras igualmente incidentes), 3 (moderadamente más incidente), 5 (notablemente más incidente), 7 (fuertemente más incidente), 9 (totalmente más incidente) y valores pares (2, 4, 6 y 8) para las barreras con nivel de incidencia intermedia. Asimismo, en el cuestionario se contempla una segunda fase donde se aplica la escala de 3 puntos propuesta por Liberatore (1987), compuesta por calificaciones sobre el nivel de aplicabilidad de las posibles soluciones propuestas siendo: alta aplicabilidad (AA), media aplicabilidad (MA) y baja aplicabilidad (BA).

2.2 Selección muestral

Una vez diseñado el cuestionario se procede a la recolección de datos utilizando un muestreo no aleatorio intencional, ya que la población de estudio tiene una gran variabilidad, pues los tipos de empresas que existen son bastante amplios dando referencia al tamaño, el tipo de actividad económica, su origen de capital, su función social, entre otros. Con base a lo anterior, se tomaron aquellas empresas del Valle de Aburrá que estuvieran registradas Índice de Sostenibilidad Dow Jones (2020) y en el informe del Centro nacional de Producción más Limpia (2010) “Buenas prácticas ambientales aplicables a pequeñas y medianas empresas”, conformando un listado final de 21 empresas. Ello permitió contar con un público experto que realmente aplicaran en sus procesos productivos prácticas amigables con el medioambiente. Finalmente, se contó con una muestra de 10 empresas del Valle de Aburrá, a las cuales, se emplearon las entrevistas telefónicas y cuestionarios digitales dirigidos específicamente a los supervisores, coordinadores o encargados de la logística o del área de medio ambiente en éstas, con el fin de obtener juicios especializados sobre el rol de dichas barreras.

2.3 Aplicación del modelo AHP

Al finalizar el trabajo de campo y con la información necesaria reunida se tabula los datos a través del modelo AHP (ver anexo 3), el cual es un modelo matemático de procesos de jerarquía

analítica creado para evaluar alternativas en una situación en donde se presentan varias opciones y que mediante unos criterios impuestos se llega a tomar la mejor decisión (Osorio & Orejuela, 2008). Este modelo creado por Saaty (1980), fue seleccionado porque presenta ventajas como analizar efectos de los cambios en un nivel superior sobre un nivel inferior, además de dar una visión general de los actores, objetivos y propósitos. En este sentido, el modelo AHP hace uso de comparaciones entre un par de elementos lo que hace que se cree matrices a partir de estas mismas y gracias al uso del álgebra matricial se establecen prioridades, es decir, que alternativa seleccionar sobre otra. Consecuentemente, cuando en cada nivel de jerarquía se establece una prioridad, éstas son reagrupadas para obtener una prioridad global lo que lleva a tomar la mejor decisión. Así pues, el modelo AHP se empleó a partir de las siguientes tres etapas:

La primera etapa del modelo se constituyó en la tabulación de cada uno de los juicios sobre las barreras y sub barreras comparadas por cada una de las empresas que participaron en la elaboración de las encuestas. Dichas calificaciones, fueron ingresadas en un sistema de matrices de acuerdo con el tamaño de cada categoría de barreras y resueltas según el sistema de valores y vectores propios propuesto por Saaty y Kearns (1985), como lo exponen las Ecuaciones 1 y 2. Posteriormente, en la segunda etapa, se midió el nivel de confiabilidad de los resultados obtenidos, empleando para ello tres índices propuestos por Saaty (1997): Índice de Consistencia (IC), Índice de Aleatoriedad (IA) y Ratio de Consistencia (RC). Por último, en la tercera etapa, los juicios obtenidos de los expertos de cada empresa encuestada son agrupados a través de la media geométrica como herramienta de asociación ante poblaciones o conglomerados con opiniones potencialmente heterogéneas, tal como lo proponen Forman y Peniwati (1998) y como se expresa en la Ecuación 3.

$$A = \begin{bmatrix} a_{11} & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ a_{21} & a_{22} & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{n1} & a_{n2} & \cdots & a_{nn} \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$A_1 = \begin{bmatrix} a'_{11} & a'_{12} & \cdots & a'_{1n} \\ a'_{21} & a'_{22} & \cdots & a'_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ a'_{n1} & a'_{n2} & \cdots & a'_{nn} \end{bmatrix}, a'_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}}, i, j = 1, 2, 3, \dots, n \quad (2)$$

$$a_{ij}^{TOTAL} = \prod_{k=1}^m (a_{ij}^k)^{a_k} \quad (3)$$

Descripción y análisis de los resultados

En primer lugar, los resultados evidencian que la categoría general más relevante es la barrera financiera con un 36% de selección entre los encuestados, continuando con la categoría de mercado que obtuvo un 17%, siguiendo con las categorías legislativa y políticas que comparten un mismo porcentaje de 16% y terminando con la categoría de tecnología que obtuvo un 15%, tal como lo expresa la Figura 1. Al analizar estos resultados primarios sobre las categorías de barreras, se observa que las barreras financieras son las que toman mayor relevancia, esto se puede haber dado por el hecho de que para las empresas es de suma importancia contar con recursos financieros para efectuar cualquier proyecto o plan. Con base a esta barrera, se mira la posibilidad de derribar cualquier otra de las categorías que impiden a una empresa implementar una logística verde.

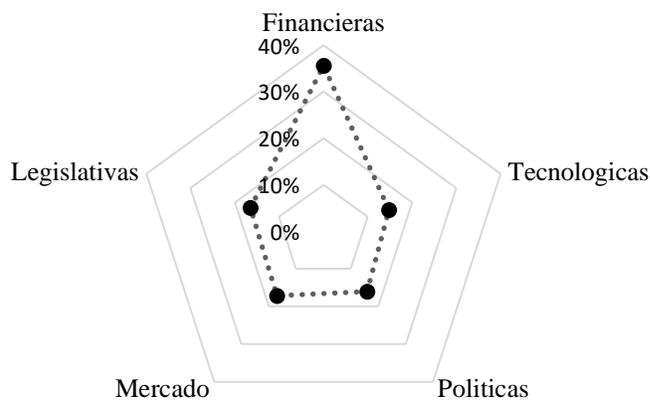


Figura 1: Categorías de barreras a la logística verde.

Fuente: Elaboración propia

Continuando con los resultados de las sub barreras, dentro de la categoría de barreras financieras se observa que la que más sobresale es la sub barrera de “altas inversiones, pero poco retorno” que, dentro del 36% que representa las barreras financieras, ésta representa un 13,97% y la sub barrera menos representativa es la de “Reclutamiento de recursos extrahumanos” con un 3,78%, como lo destaca la Figura 2. Dichas preferencias son resultado de que las empresas al realizar un nuevo proyecto esperan que de éste queden ganancias, al ser la logística verde un modelo relativamente nuevo las compañías consideran arriesgado su implementación, debido a que la perspectiva de las empresas se basa en los tangibles y no en la existencia de una rentabilidad en los intangibles.

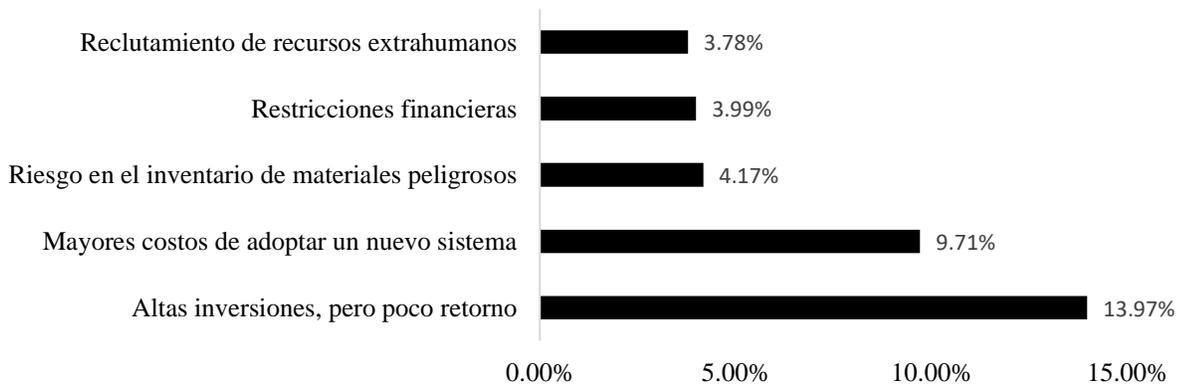


Figura 2: Barreras financieras.

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con los resultados de la categoría de barreras de mercado, en la Figura 3 se observa que la que más sobresale es la sub barrera de “asociación ambiental con proveedores y terceros” que dentro del 17% que representa las barreras de mercado ésta representa un 7.70% y la sub barrera menos representativa es la de “Falta de presión comunitaria” con un 2,48%. Ello, puede ser resultado de que la conciencia en las organizaciones frente a la importancia del medio ambiente no sea uniforme, por lo que sus proveedores pueden solo estar interesados en vender o no tener productos que sean amigables con el medio ambiente para realizar asociaciones o alianzas entre sí.



Figura 3 Barreras de mercado.

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, dentro de la categoría de barreras legislativas, se observa que la que más sobresale es la sub barrera de “falta de normas y leyes ambientales” que dentro del 16% que representa las barreras legislativas ésta representa un 6.64% y la sub barrera menos representativa es la de “Falta de compromiso político” con un 4.63%, como se señala en la Figura 4. Este resultado, permite inferir que los encuestados concuerdan que el gobierno no le da mayor importancia al cuidado ambiental.



Figura 4 Barreras legislativas.

Fuente: Elaboración propia

Siguiendo con los datos hallados a nivel específico, dentro de la categoría de barreras políticas, se observa en la Figura 5 que la que más sobresale es la sub barrera de “políticas resistentes al cambio” que dentro del 16% que representa las barreras políticas ésta representa un 6,33% y la sub barrera menos representativa es la de “miedo al fracaso” con un 1,44%. Esto, puede estar directamente relacionado con el hecho de que ciertamente el problema para la implementación de una logística verde proviene de la parte interna de una compañía, haciendo referencia a la sub barrera “políticas resistentes al cambio” pues existen culturas organizacionales muy tradicionales, que no permiten la adaptación a un modelo nuevo.

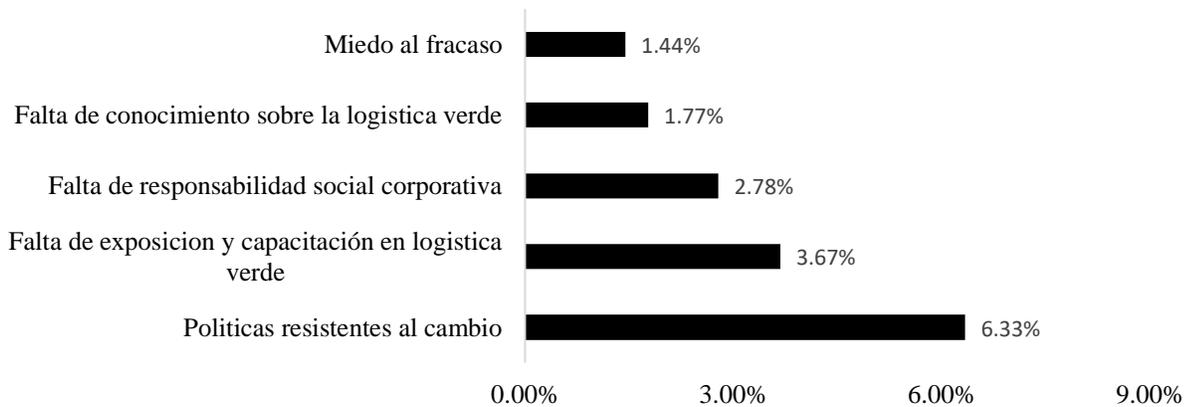


Figura 5 Barreras politicas.

Fuente: Elaboración propia

Por último, dentro de la categoría de barreras tecnológicas destacadas en la Figura 6, se observa que la que más sobresale es la sub barrera de “falta de infraestructura política” que dentro del 15% que representa las barreras tecnológicas ésta representa un 5,71% y la sub barrera menos representativa es la de “complejidad en diseño de métodos eco-logísticos” con un 1,84%. En este sentido, se puede evidenciar que la falta de innovaciones tecnológicas trae como consecuencia la “falta de una infraestructura logística”, siendo éstas las sub barreras más representativa dentro de la categoría tecnológicas.

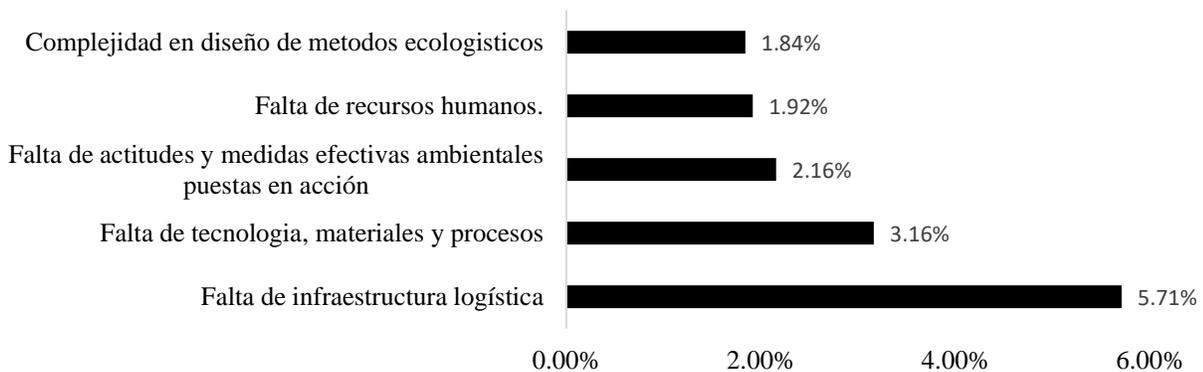


Figura 6 Barreras tecnológicas.

Fuente: Elaboración propia

Desde un plano más general, la Figura 7 expone las 22 sub barreras que fueron objeto de estudio en esta investigación proporcionando los resultados según el orden de importancia para los encuestados de menor a mayor, en donde se destaca la sub barrera “altas inversiones, pero poco retorno” que representa un 13,97%.

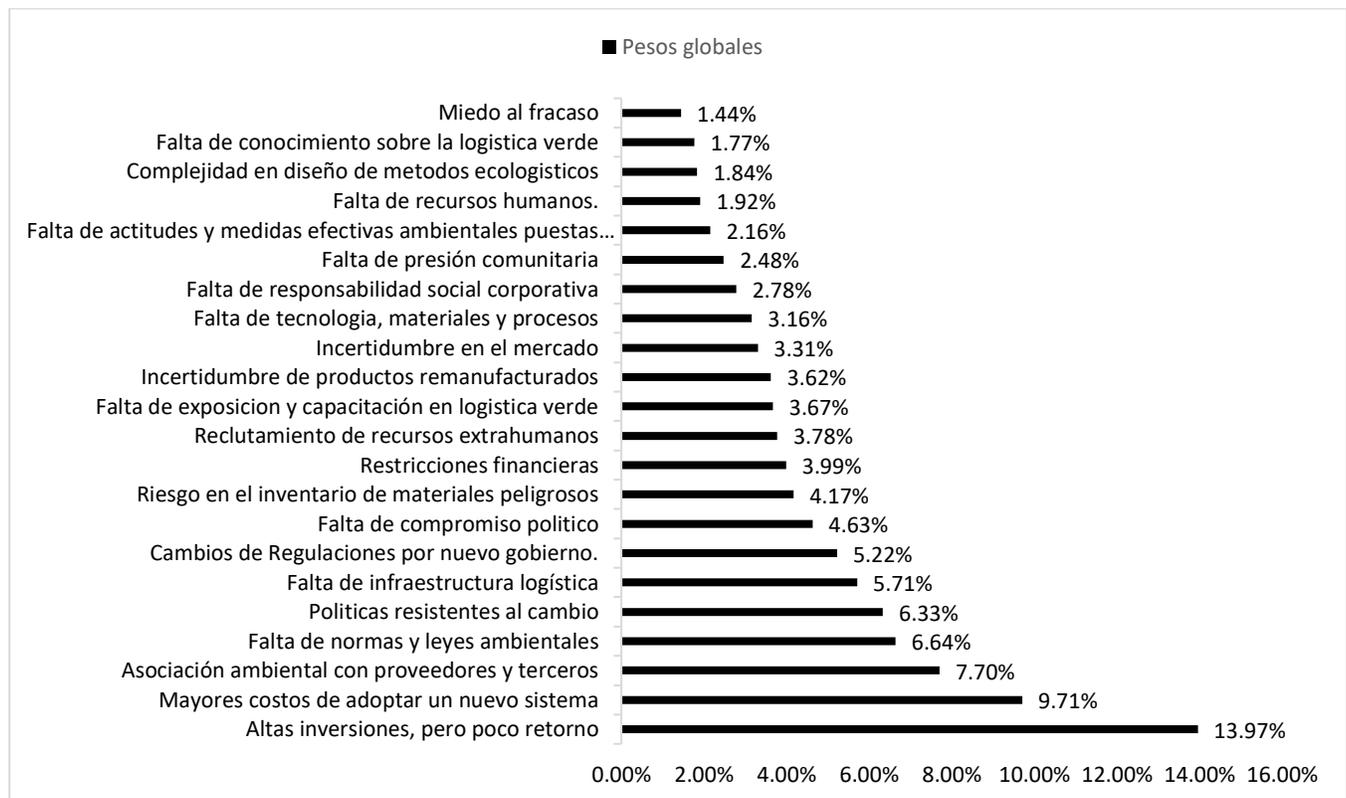


Figura 7 Jerarquización global

Fuente: Elaboración propia

En necesidad de encontrar soluciones a las distintas categorías de barreras, se identificaron cinco posibles alternativas, que fueron socializadas a los encuestados para determinar cuál de ellas era más factible para la situación actual de cada empresa, la solución con mayor aplicabilidad es la

de “planeación directiva y estratégica” con un porcentaje de 25,57%, seguida de “gestión financiera y fuentes alternativas” con un 25,17%, continuando con “infraestructura y distribución” con un 20,81%, posteriormente “alianza y apoyo con terceros” con un 20,11 y finalizando con “proyectos de ley” que obtuvo un 8.34%, como se logra apreciar en la Figura 8.

- Gestión Financiera y Fuenes Alternativas
- Planeación Directiva y Estratégica
- Infraestructura y Distribución
- Alianzas y Apoyo con Terceros
- Proyectos de Ley

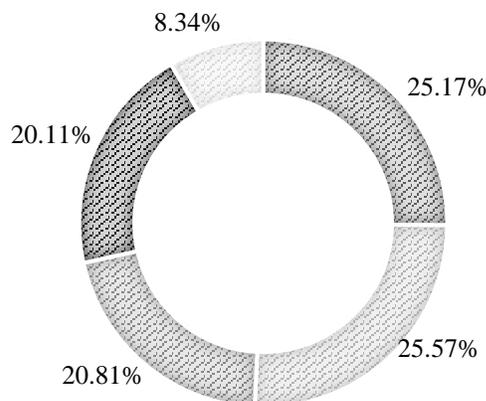


Figura 8 Posibles soluciones para la disminución de barreras a la logística verde

Fuente: Elaboración propia

Discusión de los resultados

Al crear un paralelo de los resultados encontrados líneas arriba versus la revisión literaria de los artículos más relevantes de esta investigación, se alcanza a observar que para Prakash y Barua (2015), en su investigación de logística verde en la industria electrónica de la India, la categoría de barreras que más sobresale son las legales. Mientras tanto, en el artículo de Govindan *et al.* (2014), los resultados que arrojan a la hora de implementar una logística verde son la categoría de barreras tecnológicas. Por último y como referente más destacable, los resultados tanto de categoría como de sub barrera coinciden con los resultados encontrados en la investigación desarrollada por Waqas *et al.* (2018), hecha en Pakistán sobre la industria manufacturera de este país, concluyendo que las barreras financieras son las más representativas dentro de las

categorías, y que además dentro de éstas la alta inversión y el poco retorno es catalogada como la sub barrera más relevante. Cabe destacar que la diferencia de resultados entre los artículos mencionados y la investigación actual pueden darse debido a dos importantes factores, como lo son el lugar de estudio y el tamaño de la muestra.

Finalmente y teniendo en cuenta que para la implementación de la logística verde existen diversas barreras, se evidenció la necesidad de buscar posibles soluciones a éstas, donde como resultado se obtuvo que la “gestión financiera y fuentes alternativas” son una solución viable a la hora de implementar el modelo en las empresas, pues al buscar fuentes de ingresos alternativas como por ejemplo al utilizar los desechos o residuos de algunos de sus productos que ya han sido utilizados pueden obtener ganancias y optimizar algunos costos, lo cual ayuda a equilibrar la barrera financiera que es la que más preocupa a las empresas del Valle de Aburrá.

Conclusiones

Después de una revisión literaria y un trabajo de campo en donde se obtuvo datos primarios, se logró observar que la implementación de una logística verde en el Valle de Aburrá contempla una variedad de barreras, en donde se destacan las barreras financieras, puesto que el dinero representa la columna principal de una compañía y aunque cada categoría está representada por una sub barrera que resaltaba entre las otras, los resultados locales conlleva a que el dinero se convierte en la principal herramienta para derribar los diferentes obstáculos que pueda tener una implementación de logística verde en esta zona.

La investigación en gran medida logro su cometido pues se alcanzó el objetivo de identificar las barreras que impiden una implementación de logística verde por medio de un modelo matemático AHP. Adicionalmente, como valor agregado se había planeado proponer posibles soluciones a las barreras ya encontradas en donde se debe destacar la gran relación que tiene la barrera más importante de todas, es decir, “las altas inversiones y el poco retorno” con la solución que según los encuestados tiene mayor aplicabilidad la cual fue la gestión financiera y fuentes alternativas, deduciendo así que la optimización de este tipo de recursos conlleva a que exista una mayor posibilidad de que una empresa en el Valle de Aburrá implemente un modelo de logística verde o inversa.

Referencias bibliográficas

- Área Metropolitana del Valle de Aburrá. (13 de febrero de 2019). Área Metropolitana del Valle de Aburrá. Obtenido de <https://www.metropol.gov.co/Paginas/Noticias/conoce-lo-que-debes-saber-sobre-la-calidad-del-aire-del-valle-de-aburra.aspx>
- Arroyo, P., Villanueva, M., Gaytán, J., y García, M. (2014). Simulación de la tasa de reciclaje de productos electrónicos Un modelo de dinámica de sistemas para la red de logística inversa.
- Centro nacional de Producción más Limpia (2010). Buenas prácticas ambientales aplicables a pequeñas y medianas empresas. Recuperado de: <http://www.cnplm.org/archivospublicaciones/buenaspracticass/BuenasPracticass.pdf>
- Feitó Cespón, M., Cespón Castro, R., Martínez Curbelo, G., y Covas Varela, D. (2015). Diagnóstico ecológico y económico de la cadena de suministros para el reciclaje de plásticos en el contexto empresarial cubano. *Estudios Gerenciales*, 31(136), 347–358.
- Forman, E., & Peniwati, K. (1998). Aggregating individual judgments and priorities with the analytic hierarchy process. *European journal of operational research*, 108(1), 165-169.
- Gavronski, I., Klassen, R. D., Vachon, S., y Nascimento, L. F. M. do. (2011). A resource-based view of green supply management. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 47(6), 872–885.
- Govindan, K., Kaliyan, M., Kannan, D., & Haq, A. N. (2014). Barriers analysis for green supply chain management implementation in Indian industries using analytic hierarchy process. *International Journal of Production Economics*, 147, 555-568.
- Hernández, R., Fernández, C. & Baptista, P. (2006). *Metodología de la investigación (Cuarta Edición)*. México: McGraw-hill.
- Índice de Sostenibilidad Dow Jones (2020). Dow Jones Sustainability MILA Pacific Alliance Index. Recuperado: https://portal.csa.spglobal.com/survey/documents/DJSIComponentsMILA_2020_.pdf
- Juan C. Osorio G., y Juan P. Orejuela C. (2008). El proceso de Análisis Jerárquico (Ahp) y la toma de Decisiones Multicriterio. Ejemplo de Aplicación. *Scientia Et Technica*, XIV(39), 247-252.

- Liberatore, M. J. (1987). An extension of the analytic hierarchy process for industrial R&D project selection and resource allocation. *IEEE Transactions on Engineering Management*, (1), 12-18.
- Martinsen, U., & Høge-Brodin, M. (2014). Environmental practices as offerings and requirements on the logistics market. *Logistics Research*, 7(1).
- Mavi, R. K., Goh, M., y Zarbakhshnia, N. (2017). Sustainable third-party reverse logistic provider selection with fuzzy SWARA and fuzzy MOORA in plastic industry. *International Journal of Advanced Manufacturing Technology*, 91(5–8), 2401–2418.
- Nava, J., & Abreu, Y. (2015). Logística Verde y Economía Circular Green Logistics and Circular Economics. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(3), 80–91.
- Prakash, C., y Barua, M. K. (2015). Integration of AHP-TOPSIS method for prioritizing the solutions of reverse logistics adoption to overcome its barriers under fuzzy environment. *Journal of Manufacturing Systems*, 37, 599–615.
- Rolewicz-Kalińska, A. (2016). Logistic Constraints as a Part of a Sustainable Medical Waste Management System. *Transportation Research Procedia*, 16(March), 473–482.
- Saaty, T. (1980). *The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation*. New York: McGraw-Hill International Book Company.
- Saaty, T. (1997). That is not the analytic hierarchy process: what the AHP is and what it is not. *Journal of Multi-Criteria Decision Analysis*, 6(6), 324-335.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International Journal of Services Sciences*, 1(1), 83-98.
- Saaty, T.L.; Kearns, K. P. (1985): *Analytical Planning*. Pergamon Press, New York.
- Tadić, S., Zečević, S., y Krstić, M. (2018). Assessment of the political city logistics initiatives sustainability. *Transportation Research Procedia*, 30, 285–294.
- Waqas, M., Dong, Q., Ahmad, N., Zhu, Y., y Nadeem, M. (2018). Critical Barriers to Implementation of Reverse Logistics in the Manufacturing Industry: A Case Study of a Developing Country. *Sustainability*, 10(11), 4202.
- Zhu, Q., Sarkis, J., y Lai, K. Hhung. (2008). Green supply chain management implications for

“closing the loop.” Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review,
44(1), 1–18.

Anexo 1



Fuente: elaboración propia con base en los estudios de Govindana *et al.* (2014) y Waqas *et al.* (2018).

Anexo 2

CUESTIONARIO DE BARRERAS EN LA IMPLEMENTACIÓN DE LA LOGISTICA VERDE

Identificación de las barreras de la logística verde en el Valle de Aburrá
Tecnológico de Antioquia Institución Universitaria TDEA
Administración Financiera

Cargo:
Correo:
Fecha:

CRITERIO	CAUFICACIÓN
IGUALMENTE IMPORTANTE	1
ENTRE 1 Y 3	2
APENAS MAS IMPORTANTE	3
ENTRE 3 Y 5	4
BASTANTE IMPORTANTE	5
ENTRE 5 Y 7	6
MUCHO MAS IMPORTANTE	7
ENTRE 7 Y 9	8
ABSOLUTAMENTE IMPORTANTE	9

El siguiente cuestionario tiene la finalidad de clasificar las barreras de la logística verde en empresas y así poder determinar porcentualmente cual representa mayor obstaculo a la hora de implementarla en el Valle de Aburrá.

EJEMPLO: Cuál de las siguientes barreras legislativas cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9, según el criterio impuesto en el cuadro que esta hacia su izquierda.

BARRERAS LEGISLATIVAS			
BARRERA A		BARRERA B	VALORACIÓN
Falta de compromiso político	X	Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno.	4
Falta de compromiso político		X Falta de normas y leyes ambientales	6
Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno.		X Falta de normas y leyes ambientales	9

1. Cuál de las siguientes barreras financieras cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.

BARRERAS FINANCIERAS			
BARRERA A		BARRERA B	VALORACIÓN
Restricciones financieras		Mayores costos de adoptar un nuevo sistema	
Restricciones financieras		Reclutamiento de recursos extrahumanos	
Restricciones financieras		Altas inversiones, pero poco retorno	
Restricciones financieras		Riesgo en el inventario de materiales peligrosos	
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema		Reclutamiento de recursos extrahumanos	
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema		Altas inversiones, pero poco retorno	
Mayores costos de adoptar un nuevo sistema		Riesgo en el inventario de materiales peligrosos	
Reclutamiento de recursos extrahumanos		Altas inversiones, pero poco retorno	
Reclutamiento de recursos extrahumanos		Riesgo en el inventario de materiales peligrosos	
Altas inversiones, pero poco retorno		Riesgo en el inventario de materiales peligrosos	

2. Cuál de las siguientes barreras De Políticas, de apoyo, conocimiento y gestión cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.

BARRERAS POLÍTICAS, DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN			
BARRERA A		BARRERA B	VALORACIÓN
Falta de exposición y capacitación en logística verde		Falta de conocimiento sobre la logística verde	
Falta de exposición y capacitación en logística verde		Falta de responsabilidad social corporativa	
Falta de exposición y capacitación en logística verde		Políticas resistentes al cambio	
Falta de exposición y capacitación en logística verde		Miedo al fracaso	
Falta de conocimiento sobre la logística verde		Falta de responsabilidad social corporativa	
Falta de conocimiento sobre la logística verde		Políticas resistentes al cambio	
Falta de conocimiento sobre la logística verde		Miedo al fracaso	
Falta de responsabilidad social corporativa		Políticas resistentes al cambio	
Falta de responsabilidad social corporativa		Miedo al fracaso	
Políticas resistentes al cambio		Miedo al fracaso	

3.Cuál de las siguientes barreras de la tecnología cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.

BARRERAS TECNOLÓGICAS				
BARRERA A		BARRERA B		VALORACIÓN
Falta de tecnología, materiales y procesos		Complejidad en diseño de metodos ecologísticos		
Falta de tecnología, materiales y procesos		Falta de recursos humanos.		
Falta de tecnología, materiales y procesos		Falta de actitudes y medidas efectivas ambientales		
Falta de tecnología, materiales y procesos		Falta de infraestructura logística		
Complejidad en diseño de metodos ecologísticos		Falta de recursos humanos.		
Complejidad en diseño de metodos ecologísticos		Falta de infraestructura logística		
Complejidad en diseño de metodos ecologísticos		Falta de actitudes y medidas efectivas ambientales		
Falta de recursos humanos.		Falta de infraestructura logística		
Falta de recursos humanos.		Falta de actitudes y medidas efectivas ambientales		
Falta de actitudes y medidas efectivas ambientales		Falta de infraestructura logística		

4.Cuál de las siguientes barreras de mercado cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.

BARRERAS DE MERCADO				
BARRERA A		BARRERA B		VALORACIÓN
Incertidumbre de productos remanufacturados		Falta de presión comunitaria.		
Incertidumbre de productos remanufacturados		Asociación ambiental con proveedores y terceros		
Incertidumbre de productos remanufacturados		Incertidumbre en el mercado		
Falta de presión comunitaria.		Asociación ambiental con proveedores y terceros		
Falta de presión comunitaria.		Incertidumbre en el mercado		
Asociación ambiental con proveedores y terceros		Incertidumbre en el mercado		

5.Cuál de las siguientes barreras legislativas cree usted que es más importante a la hora de implementar una logística verde. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9.

BARRERAS LEGISLATIVAS				
BARRERA A		BARRERA B		VALORACIÓN
Falta de compromiso politico		Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno.		
Falta de compromiso politico		Falta de normas y leyes ambientales		
Cambios de Regulaciones por nuevo gobierno.		Falta de normas y leyes ambientales		

6.Cuál de las siguientes barreras de la logística verde cree usted que representa un mayor obstáculo a la hora de implementarla. Marque con una X una de las dos opciones (Barrera A o Barrera B), luego valore su importancia en una escala del 1 al 9

BARRERAS PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LOGISTICA VERDE				
BARRERA A		BARRERA B		VALORACIÓN
TECNOLOGÍA		POLÍTICA DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN		
TECNOLOGÍA		FINANCIERO		
TECNOLOGÍA		MERCADO		
TECNOLOGÍA		LEGISLATIVO		
POLÍTICA DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN		FINANCIERO		
POLÍTICA DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN		MERCADO		
POLÍTICA DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN		LEGISLATIVO		
FINANCIERO		MERCADO		
FINANCIERO		LEGISLATIVO		
MERCADO		LEGISLATIVO		

7. Cuál de las siguientes soluciones alternativas cree usted que tienen mayor aplicabilidad a las diferentes tipos de barreras de la logística verde. De acuerdo a la importancia califique de la siguiente manera: Alta aplicabilidad (A), Media Aplicabilidad (M), Poca aplicabilidad (P).

BARREAS / SOLUCIONES	GESTIÓN FINANCIERA Y FUENTES	PLANEACIÓN DIRECTIVA Y ESTRATÉGICA	INFRAESTRUCTURA Y DISTRIBUCIÓN	ALIANZAS Y APOYO CON TERCEROS	PROYECTOS DE LEY
TECNOLOGÍA					
POLÍTICA DE CONOCIMIENTO, APOYO Y GESTIÓN					
FINANCIERO					
MERCADEO					
LEGISLATIVA					

MUCHAS GRACIAS POR SU TIEMPO!

Anexo 3

Global Matrix (Arithmetic Mean)							
	TECNOLOGICAS	POLITICAS	FINANCIERAS	MERCADO	LEGISLATIVAS	W	Rank
TECNOLOGICAS	1	2 1/5	1/5	2/3	7/9	0.1478	5
POLITICAS	0.453437642	1	1/2	3/4	2	0.1601	4
FINANCIERAS	4 6/7	2 1/6	1	2	1 3/8	0.3561	1
MERCADO	1 1/2	1 1/3	1/2	1	1	0.1711	2
LEGISLATIVAS	1 2/7	1/2	5/7	1	1	0.1649	3
	9.06	7.24	2.88	5.53	6.01		

$\lambda_{max} = 5.43$

CR 0.096

EMPRESA 1						W	Rank
1	6	1/8	1/7	1/5		0.0782	4
1/6	1	1/8	1/7	1/4		0.0327	5
8	8	1	7	5		0.5150	1
7	7	1/7	1	5		0.2488	2
5	4	1/5	1/5	1		0.1253	3
21.17	26.00	1.59	8.49	11.45			

$\lambda_{max} = 6.23$

CR 0.277

EMPRESA 2						W	Rank
1	8	8	1/9	6		0.2481	2
1/8	1	3	1/8	3		0.0851	4
1/8	1/3	1	1/8	1/8		0.0915	5
9	8	8	1	8		0.5434	1
1/6	1/3	8	1/8	1		0.0920	3
10.42	17.67	28.00	1.49	18.13			

$\lambda_{max} = 6.51$

CR 0.341

EMPRESA 3						W	Rank
1	1/5	1/5	1/5	1/3		0.0478	5
5	1	1/3	4	4		0.2898	2
5	3	1	3	3		0.3945	1
5	1/4	1/3	1	3		0.1700	3
3	1/4	1/3	1/3	1		0.0980	4
19.00	4.70	2.20	8.53	11.33			

$\lambda_{max} = 5.51$

CR 0.114

