

# PROPUESTA DE SISTEMA DE LOGÍSTICA INVERSA PARA EL SECTOR HOSPITALARIO: UN ENFOQUE TEÓRICO Y PRÁCTICO EN COLOMBIA

**Rodrigo A. Gómez  
Montoya**

Politécnico Colombiano Jaime  
Isaza Cadavid  
[ragomez@elpoli.edu.co](mailto:ragomez@elpoli.edu.co)

**Abdul Zuluaga Mazo**  
Politécnico Colombiano Jaime  
Isaza Cadavid  
[azuluaga@elpoli.edu.co](mailto:azuluaga@elpoli.edu.co)

**Alexander A. Correa  
Espinal**

Escuela de Ingeniería de la  
Organización, Universidad  
Nacional de Colombia  
[alcorrea@elpoli.edu.co](mailto:alcorrea@elpoli.edu.co)

(Tipo de Artículo: **Investigación**. Recibido el 26/03/2014. Aprobado el 25/05/2014)

## RESUMEN

Presentación de propuesta para la construcción de un sistema de logística inversa basado en el ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar) para la gestión de residuos hospitalarios de las Instituciones Prestadoras de Salud (IPS) de Colombia. Se estudió el caso en una IPS de una universidad en la ciudad de Medellín. La Metodología utilizada fue una investigación descriptiva y estudio de casos basada en la revisión y análisis de los siguientes aspectos: conceptos de logística inversa, el decreto 2676 del 2000 y el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios del Ministerio de Protección Social. Como resultado de la investigación, se obtiene una metodología innovadora que permite diseñar sistemas de logística inversa basado en la normativa existente aplicable a cualquier IPS, ofreciendo un enfoque para su planeación, ejecución, control y actuación buscando su eficiencia, productividad y cuidado del ambiente.

## Palabras clave

Logística Inversa, Normatividad, PHVA, Planificación en salud, residuos hospitalarios.

## DESIGN OF A REVERSE LOGISTICS SYSTEM FOR HOSPITALS: A THEORETICAL AND PRACTICAL APPROACH.

## ABSTRACT

*This article deals with the presentation of a theoretical and a practical proposal of a reverse logistics system based in Plan-Do-Check-Act (PDCA) cycle for the management of hospital waste with Colombian Health Care Providers Institutions. The used methodology is based on a descriptive research and case studies focused on the review and analysis of concepts of reverse logistics, the act 2676 of year 2000 and the Manual of Procedures for Hospital Waste Management from the Ministry of Social Protection. An assessment of their impact on University Health Care Providers Institutions is also made. From this research results an innovative methodology for designing reverse logistics systems based on existing standards that could be applicable to any Colombian Health Care Providers Institutions, offering an approach for its planning, execution, control and performance searching its efficiency, productivity and environmental care.*

## Keywords

*Reverse Logistics, Hospital Waste, PDCA cycle, Reference Standards, Health and Welfare Planning.*

## PROPOSITION D'UN SYSTÈME DE LOGISTIQUE INVERSE POUR LE SECTEUR HOSPITALIER: UNE APPROCHE THÉORIQUE ET PRATIQUE

## Résumé.

*Cet article présente une proposition pour la construction d'un système de logistique inverse en se basant sur le cycle Planifier-Faire-Vérifier-Agir pour la gestion de déchets hospitaliers des institutions qui rendent des services de santé dans la Colombie. La méthodologie utilisée a été une recherche de type descriptive et les études de cas en se basant sur la révision et analyse de : concepts de logistique inverse, décret 2676 de l'année 2000 et du manuel de procédés pour la gestion intégrale des déchets hospitaliers du ministère de Protection Sociale de la Colombie. Le cas a été réalisé dans une institution hospitalière de la ville de Medellín, en obtenant comme résultat une méthodologie qui permet de concevoir systèmes de logistique inverse, d'après les normes colombiennes actuels, pour ce type d'institutions avec une approche pour planifier, faire, vérifier et agir pour obtenir de la efficacité, productivité et préservation de l'environnement.*

## Mots-clés.

*Logistique inverse, Normes, Planifier-Faire-Vérifier-Agir, Planification en santé, Déchets hospitaliers.*

## 1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, los conceptos de Cadena de Suministro y Logística han adquirido importancia en el ámbito empresarial, debido a que contribuyen generalmente al mejoramiento de la productividad, eficiencia operacional, colaboración con otros actores de la cadena y la reducción de costos. Pero últimamente, se ha venido generando una nueva tendencia denominada logística inversa, la cual tiene entre sus orientaciones la protección del medio ambiente a través de la gestión adecuada de residuos o excedentes de productos generados en los procesos productivos o prestación de servicios, en las cadenas de suministro de los diferentes sectores empresariales, dentro de los cuales, se encuentra el sector salud. Se debe indicar, que este sector es generador de residuos, que mal gestionados pueden causar daños que no solo afectan el ambiente, sino que también la integridad y salud de las personas.

Por las razones expuestas con anterioridad, el presente artículo tiene como objetivo desarrollar una propuesta para la implementación de un sistema de logística inversa en el sector hospitalario colombiano, que contribuya al cumplimiento del decreto 2676 del 2000 y el manual de procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y normativas similares que en Colombia reglamentan su manejo. Adicionalmente, con el artículo, se busca que empresarios, académicos e investigadores, observen las ventajas y potenciales de la logística inversa como medio para aumentar la productividad, cumplimiento de normas y eficiencia en el sector salud.

El valor agregado del artículo es que ofrece una metodología de diseño de logística inversa de residuos hospitalarios basado en el ciclo PHVA que permite no solo cumplir la normativa antes descrita, sino gestionar los flujos de información, productos y dinero de los procesos logísticos. Esto se identificó de una revisión exploratoria de bases de datos científicos nacionales e internacionales como: Science Direct, Taylor and Francis, Emerald, Scielo, entre otros. Además, como se indicó en el resumen la propuesta puede ser replicada a otra IPS del país.

En cuanto a la metodología utilizada en la construcción de artículo, se emplean fuentes de información secundaria y primaria, debido a que la propuesta presenta un enfoque teórico-práctico. La información secundaria, es utilizada en la construcción de la primera parte del documento, debido a que se realiza una revisión bibliográfica de conceptos teóricos y normativos, tales como cadena de suministro, logística, logística inversa, normatividad existente en residuos hospitalarios en Colombia, entre otros temas, los cuales se convierten en la sustentación teórica de la propuesta. En cuanto a la segunda parte, se emplea información primaria, debido a que se ejecuta un

diagnóstico y análisis de los beneficios potenciales y mejoramiento que puede obtener la IPS al implementar la propuesta de sistema de logística inversa basado en el ciclo PHVA que es complementario al sistema de gestión de residuos de la normativa existente.

## 2. CONTEXTUALIZACIÓN TEÓRICA

### Logística inversa empresarial como base para el sector hospitalario

Este numeral tiene objetivo realizar una revisión de la logística inversa realizando énfasis en el sector hospitalario, lo cual, permite contextualizar teóricamente los resultados de la investigación realizada. Para esto, inicialmente realiza una revisión de la relación de los conceptos de cadena de suministro, logística y logística inversa. Posteriormente, se realiza una descripción de las definiciones, objetivos, importancia, beneficios y procesos de la logística inversa realizando énfasis en el sector salud.

#### 2.1. Cadena de Suministro

En la última década, el concepto de cadena de suministro ha adquirido importancia en diferentes sectores empresariales, debido a que se compone de un conjunto de funciones, recursos, productos e información, que permiten la transformación de insumos o materias primas en productos/servicios que permiten satisfacer las necesidades de los clientes. Para comprender su concepto e importancia, a continuación, se presentan algunas de sus definiciones (ver Tabla 1), que incluyen autores tales como, Ballou [1], Mentzer [2] y Correa y Gómez [3].

Tabla 1. Definiciones de cadena de suministro

Autor	Definición
Ballou [1]	"Un conjunto de actividades funcionales que se repiten a lo largo del canal de flujo del producto, mediante los cuales la materia prima se convierte en productos terminados y se añade valor al consumidor"
Mentzer [2]	"Un conjunto de tres o más empresas conectadas o relacionadas con flujos de productos, servicios, finanzas e/o información desde el suministro hasta el cliente final"
Correa y Gómez [3]	"Un conjunto de actividades, funciones, redes de instalaciones y distribución que permiten transformar la materia prima en productos que se distribuyen a los clientes para satisfacer sus necesidades y de ser posible añadir valor"

Fuente: Elaboración propia.

De la tabla 1, se puede inferir que la cadena de suministros es un conjunto de actividades, instalaciones y redes de distribución, que comprenden tres o más empresas, que generan flujos de información, productos y finanzas, con el objetivo de transformar materias primas en productos/servicios que permitan satisfacer las necesidades de los clientes y añadirle valor. Además, debe considerarse que una cadena de suministro adecuadamente diseñada y gestionada permite el desarrollo de procesos eficientes y eficaces para las empresas [4]. Cabe aclarar, que la cadena de suministro es aplicable a múltiples sectores dentro de los cuales se encuentra el sector salud y uno de sus principales elementos es la logística.

## 2.2. Logística tradicional e inversa

La logística tradicional es un componente de la cadena de suministro, que tiene como objetivo planificar y controlar sus flujos de información, productos y dinero.

De autores como Ballou [1] y Waters [5], se identifica que la logística, es una parte de la cadena de suministro que se encarga de planificar, implementar, controlar el almacenaje y flujo directo de productos, servicios, información, dentro de la organización, pasando por sus socios comerciales hasta el consumidor. Adicionalmente, de manera introductoria, se puede indicar que la logística inversa es una parte de la logística que cubre los flujos inversos o contrarios de productos, servicios e información desde el punto de consumo al de origen. En el ámbito del sector hospitalario, la logística se desarrolla entre proveedores de servicios, medicamentos e insumos, entidades prestadores de salud y clientes buscando satisfacer las necesidades de estos últimos.

## 2.3. Logística inversa

Una vez descritos, los conceptos generales de logística, en este numeral se presentan algunas de sus definiciones, objetivos, importancia y procesos de la logística inversa, con el fin de contextualizar e introducir los conceptos de logística inversa de residuos hospitalarios.

### 2.3.1. Conceptos generales de logística inversa

La logística inversa, es una extensión de la logística tradicional, que desarrolla procesos y principios similares, pero en sentido inverso.

Según la descripción y conceptualización de esta logística, dada por autores como, Gattorna, Ogulin y Reynolds [6], Chan, Yin y Chan [7], Cheng Chung, y Chia [8] y Rogers y Tibben Lembke [9]. Se puede inferir que la logística inversa, es una extensión de la logística tradicional, que se encarga de planear, implementar y controlar eficientemente el costo de los flujos de materias primas, inventario en proceso, bienes terminados e información desde el punto de consumo, pasando por miembros de la cadena de suministro

hasta el punto de consumo, con el fin de retirar o disponer adecuadamente de los productos utilizados, sin afectar el medio ambiente.

### 2.3.2. Objetivos de la logística inversa

La logística inversa como sistema, posee un conjunto de objetivos, los cuales pueden variar según las necesidades de las empresas, el sector, la normatividad y recursos disponibles.

Por estos motivos, a continuación, se describen algunos de sus objetivos generales, los cuales se enfocan en una gestión adecuada de recursos, productividad, eficiencia y protección del medio ambiente.

- Planear, desarrollar y controlar eficientemente el flujo de materiales, productos e información desde el lugar de origen hasta el consumo, con el fin de maximizar la recuperación del producto y minimizar los impactos en el medio ambiente [10].
- Recuperar y gestionar adecuadamente los residuos, de modo que se facilite su posible reintroducción en la cadena de suministro, obteniendo un valor agregado y/o consiguiendo una adecuada eliminación del mismo [10].
- Reducir el impacto ambiental y mejorar el aprovechamiento de los recursos utilizado en los productos gestionados en los sistemas logísticos dentro de la cadena de suministro [11].
- Mejorar la productividad y eficiencia en la empresa y la cadena de suministro, a través de un sistema de logística inversa, que permita una adecuada gestión de productos en estado defectuoso, retorno de exceso de inventario, devoluciones de los clientes, productos obsoletos e inventarios [10].

### 2.3.3. Importancia en la logística inversa

En la última década, la logística inversa ha incrementado su importancia, debido a que contribuye al cumplimiento y satisfacción de requerimientos normativos, ambientales y económicos. Por esta razón, y Logozar, Radonjic y Bastic [12] y Garcia [13] describen que la logística inversa basa su importancia en cuatro categorías generales:

- a. razones económicas (directa e indirecta),
- b. ambientales
- c. legislativos y
- d. responsabilidad extendida.

En cuanto a las razones económicas, estas se justifican en el hecho que empresas de diversos sectores pueden utilizar productos reciclados como materia prima, lo cual permite reducir costos de operación y generar una ventaja competitiva, en el caso que dichos insumos sea escasos. Respecto al impacto ambiental la empresa busca reducir los efectos adversos al medio ambiente garantizando costos

mínimos de operaciones logísticas y maximización de la satisfacción de las necesidades de los clientes. En cuanto, a las razones legislativas, se basan en el hecho, que las empresas deben recuperar y gestionar adecuadamente los residuos en la cadena de suministro, para evitar sanciones económicas o inclusive, cancelaciones de licencias de operación.

Por último, la responsabilidad extendida se relaciona cuando una compañía tienen una buena imagen ambiental es preferida en muchos mercados, como en el caso de los mercados europeos; además permite estrechar vínculos con el cliente por la misma conciencia ambiental que maneja.

Por otra parte, la logística inversa ha adquirido importancia, recientemente, como consecuencia del desarrollo sostenible, en donde se ha dado la aparición de nuevas directivas, con el fin de extender la responsabilidad del productor, internacionalizar los costos medioambientales, crear objetivos de reciclaje y prohibir sustancias peligrosas, debido a que los retos medioambientales (Crisis de los vertederos, escasez de los recursos naturales, Carácter lineal del sistema industrial) se están haciendo cada vez mayores.

La importancia de la logística inversa presentada es aplicable en el sector hospitalario, debido a que este tiene un impacto en el medio ambiente y la salud de las personas principalmente en aspectos económicos, ambientales, legislativos y responsabilidad extendida antes descrito. Por estos motivos, cobra importancia el diseño de una propuesta que permita la implementación de sistemas de logística inversa en diferentes sectores, incluyendo el hospitalario como describen autores como: Chan, Yin y Chan [6], Cheng, Chung, y Chian [8], Banomyong, Veerakachen y Supatn [10]. Adicionalmente, puede considerarse la logística inversa en el sector hospitalario como un medio que permite a las empresas y la cadena de suministro, aprovechar aspectos económicos, mejorar la utilización de los recursos, satisfacción de requerimientos legislativos y fuente de generación de imagen medioambiental en el medio empresarial, que cada vez exige a las empresas ser responsables en un desarrollo sostenible y protector del medio ambiente.

#### 2.3.4. Procesos de la logística inversa

Para alcanzar los objetivos, principios y beneficios de la logística inversa, esta se basa en un conjunto de procesos generales, los cuales son aplicables y adaptables al tipo de productos, normatividad y necesidades de las empresas o cadena de suministro.

A continuación, se describen los procesos que componen la logística inversa:

### 1. Recolección

- Consiste en la recogida de los productos o residuos desde los lugares de uso (cliente) al punto de origen o recuperación [15].
- En este proceso se debe establecer el origen-destino de los productos, el tipo de material a recolectar y los medios para realizarlo, con el fin de planear, ejecutar y controlar adecuadamente este proceso, debido que es considerado como crítico para lograr un sistema de logística inversa eficiente y eficaz [9].

### 2. Inspección, selección y clasificación de productos recuperados

- Una vez los productos son recuperados por el proceso de recolección se suele realizar una inspección de los productos o materiales (empaques) con el fin de determinar la cantidad, procedencia, razones de devolución y tipo de productos [9].
- En la selección se determina la calidad del producto o material recolectado, con el fin de determinar su estado y posibles usos.
- En la clasificación se dividen los productos por características comunes tales como: tipo de material, destino y uso o disposición tentativa (reutilización, remanufactura, reciclaje, eliminación en botadero) [15].

### 3. Recuperación directa del producto

- Se realiza cuando el producto recuperado puede ser fácilmente devuelto al mercado o proceso productivo.
- Dichos productos pueden ser reusados, revendidos o retribuidos porque su calidad o causa de inconformidad del cliente, son fácilmente solucionables, tales como, pedidos entregados incompletos o con empaques dañados [15].

### 4. Transformación o tratamiento

- Este proceso se encarga de transformar o tratar los bienes o residuos recuperados en productos reusables o remanufacturados para el uso industrial o convertido a un estado amigable con el medio ambiente [16].
- Esta transformación puede comprender diferentes niveles tales como: reparación total, remanufactura, recuperación de una parte o pieza del producto, etc.) e incineración y/o envío a botadero de productos [15].
- Para desarrollar este proceso generalmente se realizan procesos de reciclaje [17].

### 5. Transporte

- Se encarga de mover los productos o residuos entre los puntos de uso y origen o transformación [16].
- Se sugiere la planeación de rutas con el fin de optimizar los costos y aprovechar

adecuadamente los medios de transporte [14].

## 6. Almacenamiento

- Es utilizado para almacenar los productos, materiales o residuos de forma temporal o por periodos de tiempo programados y controlados [16].
- Es utilizado después o antes de los procesos de recolección, transporte entre puntos de origen-destino o antes de la transformación o disposición final del producto [16].
- Suele ser considerado como un proceso transversal a la logística inversa.

Según la descripción anterior, se observa que la logística inversa, se suele componer de seis (6) procesos generales, tales como, 1) Recolección, 2) Inspección, selección y clasificación de productos recuperados, 3) Recuperación directa del producto, 4) Transformación o tratamiento, 5) Transporte y 6) Almacenamiento. Dichos procesos, son seleccionados y configurados según las necesidades productivas o estratégicas, expectativas económicas y requisitos normativos a los cuales, se encuentren sometidas las empresas o cadenas de suministro de diversos sectores empresariales.

### 2.3.5. Aplicaciones empresariales y en el sector hospitalario de la logística inversa

A través este artículo, se han venido revisando los fundamentos conceptuales de la logística inversa, tales como, sus definiciones, objetivos, importancia y procesos. Por estas razones, en este subnumeral, se busca presentar algunas aplicaciones en diferentes sectores empresariales, dentro de los cuales se incluyen, el sector industrial y el sector salud.

En el ámbito industrial, la logística inversa es utilizada como un medio para la gestión y recuperación de diferentes productos de sectores empresariales, tales como: el plástico (PET), vidrio (vidrio blanco, vidrio ámbar y vidrio verde), papeles/cartón, aluminio y metales no ferrosos (latas de conservas, bebidas, desodorantes, entre otros) productos que puede ser objeto de reciclaje o reutilización en procesos de producción [12]. Inclusive, García [13], indica que alrededor del PET y el vidrio, se han creado mercados alrededor de 700 millones de dólares a 2006, que se soportan en procesos de logística inversa, que incluye recolección, almacenamiento, selección/clasificación y transporte, que permiten que este tipo de productos, sean nuevamente reincorporados a sistemas productivos, tales como empresas productoras de gaseosas, alimentos, medicamentos, entre otros, lo cual impacta en la reducción de costos operacionales y protección del medio ambiente.

En cuanto al sector salud, la logística inversa, puede ser utilizada para contribuir al cumplimiento del

programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios, reglamentado por el Decreto 2676 de 2000 [18], el cual establece las responsabilidades para su gestión integral por parte instituciones prestadoras de salud, incluyendo sus relaciones con entidades ambientales, sanitarias y otras empresas del orden público y privado. En cuanto al aporte concreto de la logística inversa, se relaciona con la recolección, almacenamiento, transporte y disposición de dichos residuos, con el fin de garantizar que se protege el medio ambiente y la salud pública de los ciudadanos.

A partir de las aplicaciones revisadas, se infiere que la logística inversa, puede ser utilizada a nivel industrial, en sectores tales como, plástico, vidrio, papel y metales no ferrosos para reducir costos de materias primas, mientras por otra parte, se identifican usos en sectores como el hospitalario, para proteger el medio ambiente y la salud pública, debido a la peligrosidad de los residuos generados.

Finalmente, se puede concluir del numeral 2, que la logística inversa es una extensión del concepto de logística tradicional, que busca planear, ejecutar y controlar adecuadamente los flujos de información y productos desde el punto de uso hasta su punto de origen o deposición final, garantizando una protección al medio ambiente y salud pública, a través de procesos ,tales como: 1) Recolección, 2) Inspección, selección y clasificación de productos recuperados, 3) Recuperación directa del producto, 4) Transformación o tratamiento, 5) Transporte y 6) Almacenamiento; los cuales son configurables según las necesidades y normatividad de la empresa y su cadena de suministro. Por último, se identificó que la logística inversa, es un medio para que empresas de los sectores industriales y salud, cumplan con las normatividades establecidas para proteger el medio ambiente y la salud, e inclusive reduzcan costos de operación.

## 3. METODOLOGÍA

Para desarrollar la propuesta de un sistema logística inversa para el sector hospitalario en Colombia se utilizan los tipos de investigación descriptiva y estudios de casos. La descriptiva se emplea para identificar y presentar las características de la logística inversa en el sector hospitalario en Colombia considerando algunos aspectos relacionados con las entidades prestadoras de servicio de salud, residuos generados, la legislación y procesos.

Posteriormente, se realiza la propuesta de diseño de sistema de logística inversa hospitalario basado en el uso de la herramienta de gestión de procesos PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), los principios de la logística inversa, la normativa colombiana establecida en el decreto 2676 del 2000 y la norma de gestión de residuos hospitalarios MPGIRH [21]. Para desarrollar el sistema de logística inversa, se utiliza el

modelo de gestión de procesos partiendo de un mapa de procesos, caracterización y adaptación de cada una de las etapas del ciclo PVHA considerando los aspectos de la normativa colombiana respecto al tema descritos con anterior. Cabe resaltar que este enfoque metodológico puede considerarse como una innovación y un aporte a la logística inversa, y transferible al sector hospitalario colombiano, desde el punto de vista del desarrollo de un proceso de mejoramiento continuo. Esto se justifica a partir de la revisión de artículos relacionados con el tema de bases de datos como: Science Direct, Taylor and Francys, Emerald, Scielo, entre otros.

De otro modo, el enfoque metodológico utilizado en el estudio de caso en una IPS (Institución Prestadora de Salud) de una universidad de la ciudad de Medellín, consistió en realizar un diagnóstico y analizar el impacto de implementación del sistema de logística inverso propuesto. El diagnóstico se ejecuta en seis etapas, tales, como planeación, ejecución, procesamiento, análisis, conclusiones y presentación de resultados. En la etapa de planeación se definieron y validaron sus objetivos, herramientas de recolección y metodología para llevar a cabo las otras etapas. Por su parte, en la ejecución, se recolecta información primaria, tales como: entrevistas a personal médico y administrativo de la IPS, y revisión de información secundaria como: procedimientos y normas relacionados con gestión de residuos hospitalarios.

#### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados de la descripción del sistema de logística inversa en el sector hospitalario en Colombia, el desarrollo de la propuesta de diseño del sistema logístico basado en PHVA y el estudio de aplicación de este último en una IPS de una universidad ubicada en la ciudad de Medellín buscando de esta manera evaluar de manera exploratoria como transferir la propuesta científica al sector real buscando impactar en la productividad, reducir los impactos en el medio ambiente y garantizar el cumplimiento de la normativa para las IPS respecto a logística inversa.

##### 4.1. Logística inversa en el sector hospitalario colombiano.

Este numeral, tiene como objetivo presentar una propuesta de sistema de logística inversa que permita contribuir a una adecuada gestión de los residuos hospitalarios, reglamentado en el Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia [21] y el decreto 2676 de 2000 [18]. Para alcanzar, dicho objetivo, a continuación, se revisa y describen las características del sector hospitalario en Colombia, se identifican los principales aspectos del decreto 2676 de 2000 y se documenta y desarrolla la propuesta de un sistema de logística inversa en la gestión de residuos hospitalarios, que incluye el análisis de su impacto potencial para una IPS de una universidad de la ciudad de Medellín.

##### 4.1.1. Características del sector hospitalario en Colombia.

En Colombia, el sector salud suele estar compuesto por 5 actores, dentro de los cuales se consideran las IPS-Instituciones Prestadoras de Salud (nivel I, II y III, siendo la tercera las clínicas y hospitales), cadena de suministro de industrias y servicios, sistema de educación y formación profesional, sistema de investigación científica y sistemas de financiación [19]. Adicionalmente, se deben considerar las instituciones del gobierno, tales como, el Ministerio de Protección Social, que se encarga del establecimiento y control de normas relacionadas con el sector a nivel nacional.

Por otra parte, el Ministerio de Protección Social [18], indica que en el país existen 1.253 Instituciones Prestadoras de Servicios de Salud de nivel de atención I, II o III, de las cuales más de la mitad (697) prestan servicios solo de primer nivel, 378 prestan servicios de segundo nivel y 178 están calificadas como de tercer nivel (Hospitales o Clínicas) [19], [20].

Finalmente, de la información revisada, se puede inferir que el Sector Salud en Colombia, se suele componer de cinco actores, de los cuales, las IPS, suelen ser consideradas las más importantes, ya que activan los otros cuatro actores, en especial a las cadenas de suministro. Adicionalmente, se puede indicar que la propuesta de sistema logístico a desarrollar tiene como alcance potencial todas las IPS a nivel nacional, ya que la gestión de residuos hospitalarios se basa en una normatividad de legal cumplimiento.

##### 4.1.2. Importancia del manejo de los residuos hospitalarios, el Decreto 2676 de diciembre del 2000 y su relación con la logística inversa.

Los residuos hospitalarios, mal gestionados pueden provocar daños físicos serios e infecciones graves al personal que labora en los hospitales y a la comunidad en general, además pueden causar infecciones intrahospitalarias, aumentando el número de días de hospitalización, costos de tratamiento e incremento de niveles de mortalidad.

En el caso de Colombia, los hospitales de primer, segundo y tercer nivel, sin contar las instituciones privadas, generan aproximadamente 8.500 toneladas por año de residuos hospitalarios y similares, los cuales, cuando se manejan inadecuadamente, se convierten en agentes causantes de enfermedades vírales como hepatitis B o C, entre otras, generan riesgo para los trabajadores de la salud y para quienes manejan los residuos dentro y fuera del establecimiento del generador. Por estos motivos, su adecuada gestión se ha convertido en un tema crítico para la protección del ambiente y la salud humana [21].

Debido a la importancia de la gestión de residuos hospitalarios, el Ministerio del Ambiente y Ministerio de Salud hoy Ministerio de Protección Social [21], diseñaron el “Programa Nacional para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios”, el cual se fundamenta en tres componentes esenciales:

- Decreto 2676 de 2000, el cual es un instrumento reglamentario para la gestión integral de los residuos hospitalarios, que establece responsabilidades claras para la gestión integral de los residuos hospitalarios al sector de la salud y generador de residuos similares.
- Desarrollo de un permanente proceso de divulgación y capacitación de un plan dirigido al sector salud y a las autoridades ambientales y sanitarias competentes de todas las regiones del país.
- Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia – MPGIRH, el cual tiene como por objeto facilitar la aplicación del reglamento (Decreto 2676 de 2000) y la ejecución de las actividades relacionadas con todas las fases del manejo de residuos.

De la información presentada, se observa que el Ministerio de Protección Social y el de Ambiente, tienen regulada y documenta la gestión de los residuos hospitalarios y similares, lo cual, se convierte en una base importante para garantizar que dichos residuos no afectan la salud pública y el ambiente. Por otra parte, los artículos y lineamientos del Manual Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia – MPGIRH, facilitan el análisis y elaboración de la propuesta de logística inversa para el sector hospitalario.

Por los motivos expuestos, a continuación, se revisan los conceptos y artículos del “Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia” [21], que se relacionen o que puedan ser impactados con un sistema logística inversa.

Se debe aclarar que en ningún momento, la información presentada reemplaza o modifica el contenido del Manual-MPGIRH [21]. Es decir, en caso de requerirse información de la normativa, se debe revisar el documento original, debido a que la información a presentar es una revisión interpretativa, lo cual excluye de cualquier responsabilidad a los presentes autores.

De la figura 1, se observa que los procesos que comprenden MPGIRH, parten de la descripción de los componentes internos/externos de la gestión de residuos hospitalarios, identificación de tipos de desechos, generación y separación de residuos, almacenamiento y movimiento interno, tratamiento, disposición final y transporte, los cuales son la base de

un sistema de logística inversa, tal y como se describió en los numerales 2 y 3 del presente artículo.

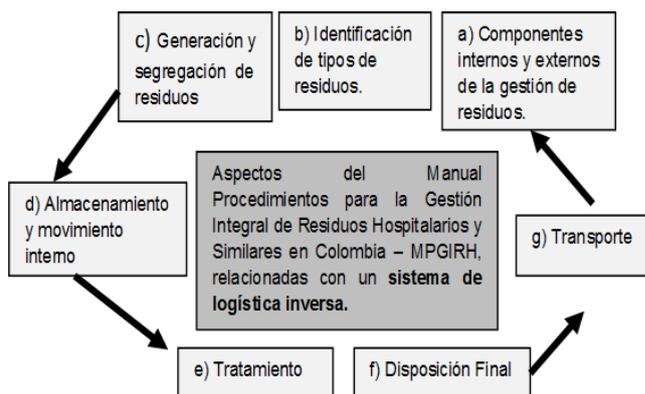


Fig. 1. Instituciones prestadoras de Salud en Antioquia. Fuente: Ministerio de Protección Social y Ambiente [21]

Por otra parte, para identificar el objetivo de cada uno de dichos procesos, a continuación, se describen de forma general.

**a) Plan de Gestión Interno y Externo de residuos Hospitalarios:**

Este componente del manual, se enfoca en el establecimiento de los planes que permiten integrar y coordinar los procesos de gestión de residuos a nivel interno y externo de las instituciones prestadoras de salud. En cuanto al componente interno, este consiste en la planeación e implementación articulada de todos y cada uno de los procesos (identificación de residuos, separación, almacenamiento, movimiento interno, tratamiento, disposición) realizados al interior de la entidad de salud generadora de los residuos. Por su parte, el externo, se enfoca generalmente, a empresas públicas especiales de aseo o generadores que gestionen residuos, por fuera de la entidad generadora para garantizar su adecuada disposición. Adicionalmente, se debe indicar, que la estructura de este componente, es similar al interno, sino que incluye aspectos adicionales, tales como, conformación de grupo administrativo y compromiso institucional.

**b) Clasificación de tipo de residuos:**

En este proceso, los residuos producidos en los establecimientos de salud son clasificados de acuerdo a su riesgo en:

- Residuos generales o comunes, que representan el 80% del total de residuos hospitalarios y se caracterizan por no representar un riesgo adicional para la salud humana, el ambiente y no requieren de un manejo especial. Dentro de esta categoría, se consideran cajas de cartón, botellas y residuos de procedimientos médicos no contaminantes como yesos, vendas, etc.
- Residuos peligrosos, que pueden representar riesgos para la salud y el ambiente, siendo clasificados en infecciosos y especiales.
- Residuos infecciosos: son aquellos que contienen

gérmenes patógenos y, por tanto son peligrosos para la salud humana. Representan del 10 al 15% de los residuos, incluyendo algunos tales como, residuos de laboratorio, residuos anatómo-patológicos (órganos, tejidos, partes corporales que han sido extraídas mediante cirugía u otro procedimiento médico), residuos de sangre, etc.

- Residuos especiales: Generados en los servicios de diagnóstico y tratamiento, que por sus características físico-químicas son peligrosos. Constituyen el 4% de todos los residuos, incluyendo a los residuos químicos.

**c) Generación y segregación de residuos:**

Los establecimientos de salud producen residuos sólidos en volúmenes variables. La cantidad depende de varios factores, tales como capacidad y nivel de complejidad de la unidad, especialidades existentes, tecnología empleada, número de pacientes atendidos con consulta externa y uso de material desechable. Los servicios de laboratorio, cirugía y cuidados intensivos son los que más residuos peligrosos producen, por las características de sus procedimientos.

Por otra parte, dentro del manual MPGIRH, indica que en la generación y separación de residuos, se presentan tres acciones básicas que se describen a continuación.

**1. Reducción y Reciclaje**

- Se debe intentar la reducir la generación de residuos a través de reutilización y reciclaje.
- Algunos objetos como tubos, guantes y sondas pueden ser reutilizados, siempre y cuando se garantice su esterilización.
- El reciclaje permite recuperar algunos insumos para la industria como el papel, vidrio y plástico.
- Otros residuos orgánicos generados en hospitales como residuo de alimentos, pueden usarse en abonos para mejora de jardines.

**2. Indicadores**

- Se establecen indicadores de generación de residuos sólidos por Kg en Hospitales, con el fin de medir volúmenes y facilitar actividades de monitoreo y control posterior.

**3. Separación**

- Los residuos deben ser clasificados y separados inmediatamente después de su generación, es decir, en el mismo lugar en el que se originan.
- En cada uno de los servicios, son responsables de la clasificación y separación, los médicos, enfermeras, odontólogos, tecnólogos, auxiliares de enfermería, de farmacia y de dietética, los cuales los deben depositar en recipientes de almacenamiento, tales como, bolsas, canecas, etc.
- La separación tiene la siguiente ventaja de aislar los residuos peligrosos tanto infecciosos como

especiales, que constituyen apenas entre el 10% y 20% de toda la basura.

- Esta actividad de separación permite reducir los riesgos de contagio de enfermedades y generación de contaminación.

De lo anterior, se observa que las acciones básicas de la generación de residuos, son la reducción/reciclaje, los indicadores y la separación, los cuales son la base de una adecuada gestión de residuos hospitalarios.

**d) Almacenamiento y movimiento interno de residuos:**

Una vez los residuos son separados y depositados en recipientes específicos, estos deben estar localizados en los sitios de generación para evitar su movilización excesiva y la consecuente dispersión de los gérmenes contaminantes. Adicionalmente, debe existir por lo menos tres recipientes en cada área, claramente identificados: para los residuos generales, para los infecciosos y para los elementos cortos punzantes. Por ningún motivo, los residuos deben ser arrojados al piso. Durante las actividades de almacenamiento, se generan movimientos internos de residuos, los cuales deben realizarse de forma planeada y controlada para evitar contaminaciones [21].

Cómo se observa de las características de los residuos generados y separados, estos presentan diferentes tipos de almacenamiento intrahospitalarios, los cuales se describen a continuación (ver Tabla 2).

**Tabla 2. Tipos de almacenamiento intrahospitalarios**

Almacenamiento	Descripción
Inicial o primario	Es aquel que se efectúa en el lugar de origen o generación de los residuos: habitaciones, laboratorios, consultorios, quirófanos, etc.
Temporal o secundario	Se realiza en pequeños centros de acopio, distribuidos estratégicamente en los pisos o unidades de servicio.
Almacenamiento final o terciario	Se efectúa en una bodega adecuada para recopilar todos los residuos de la institución y en la que permanecen hasta ser conducidos al sistema de tratamiento intrahospitalario o hasta ser transportados por el servicio de recolección de la ciudad.

**Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 2, se puede inferir que el almacenamiento de residuos en las instituciones de salud, pueden variar según, las características de dichos residuos y los

recursos de las empresa para gestionarlos. Por ejemplo, en la tabla, se observa que existen almacenamientos que varían desde primarios, pasando por secundario hasta terciarios, que implican operaciones de almacenamiento de mayor escala y complejidad.

**e) Tratamiento:**

El tratamiento de los residuos infecciosos y especiales deberá ejecutarse en cada establecimiento de salud, con el objetivo de disminuir el riesgo de exposición tanto a gérmenes patógenos como a productos químicos tóxicos y cancerígenos. Por estos motivos, el tratamiento suele consistir en la desinfección o inactivación de los residuos infecciosos y en la neutralización del riesgo químico de los residuos especiales. Adicionalmente, existe la posibilidad de reducir el volumen, hacer que su aspecto sea menos desagradable e impedir la reutilización de agujas, jeringas y medicamentos.

Por otra parte, el tratamiento suele clasificarse en:

- Tratamiento inmediato/primario
- Tratamiento centralizado/secundario

A continuación, se describen las generalidades de cada uno (ver Tabla 3).

**Tabla 3. Tipos de tratamiento de residuos hospitalarios**

Tratamiento inmediato o primario	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Este tratamiento se lo realiza inmediatamente luego de la generación de residuos, es decir en la misma área en que han sido producidos.</li> <li>• Un ejemplo de este tratamiento puede presentarse en los laboratorios ya que cuentan con equipos de autoclave para la esterilización.</li> <li>• En algunos casos puede usarse la desinfección química, por ejemplo en las salas de aislamiento con los residuos líquidos, secreciones, heces de pacientes y material desechable</li> </ul>	
Tratamiento centralizado o secundario	Interno
	Es aquel que se ejecuta dentro de la institución de salud, cuando ésta posee un sistema de tratamiento que cumple con las especificaciones técnicas
	Externo
	Se realiza fuera de la institución de salud.

**Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 3, se observa que los tipos de tratamiento existentes, intentan minimizar los impactos de los residuos en la salud y el medio ambiente. Por ejemplo,

el tratamiento inmediato se enfoca en tratar los residuos de forma inmediata en el sitio de uso, mientras que el secundario es más especializado, pudiendo ser interno o externo.

**f) Disposición final y transporte:**

Este es el último proceso del programa de manejo de residuos hospitalarios y tiene como objetivo definir la disposición final de los residuos, de tal manera que se cumplan los lineamientos de la norma que se enfocan en maximizar la seguridad del personal, minimizar los riesgos al medio ambiente y optimizar sus costos de gestión.

A continuación, se presentan los diferentes componentes del proceso de disposición final de residuos hospitalarios, los cuales comprenden actividades, tales como, rellenos sanitarios, rellenos sanitarios manuales, cementerio, reciclaje y transporte.

**1. Rellenos Sanitarios**

- Los residuos generales o comunes pueden ser depositados sin ningún riesgo en los rellenos sanitarios.
- Los residuos infecciosos que ya han sido tratados, también pueden ser llevados a este tipo de rellenos, pero se debe tomar la precaución de aislarlos en almacenamiento terciario para evitar recontaminación.
- Los residuos peligrosos: infecciosos y especiales, no tratados, requieren de una celda especial en los rellenos y deben controlarse, debido a que puede causar contaminación a través de microorganismos.
- Los residuos generados en el proceso de incineración contienen metales y sustancias que se consideran como residuos peligrosos y, por tanto, también deber ir a las celdas.
- La recolección externa es realizada por el personal municipal en caso de que los residuos hayan sido tratados. Si no existe tratamiento intrahospitalario, el personal de salud será el responsable de depositar las fundas rojas en los vehículos de recolección respectivos.

**2. El relleno sanitario manual**

- En centros de salud que cuenten con un área periférica suficientemente amplia, dentro de sus límites se podrá construir rellenos sanitarios manuales.
- Esto se debe realizar, en casos en que la recolección y la disposición final de residuos domésticos de la ciudad no reúnan condiciones de seguridad.
- Este relleno se construirá cumpliendo las condiciones dispuestas por ley por tanto, por lo cual, requieren estudios previos de caracterización del suelo, producción de residuos infecciosos y especiales, levantamiento topográfico y evaluación de impacto ambiental.

### 3. Cementerio

- Los restos anátomo-patológicos, como partes del cuerpo humano, pueden ser enterrados en el cementerio local.
- Dichos restos antes de ser llevados al cementerio deben ser sometidos previamente a un tratamiento de desinfección química, utilizando formol. Se requiere coordinar con las autoridades para obtener los permisos.

### 4. Reciclaje

- Las instituciones de salud pueden establecer una norma para recolectar materiales potencialmente reciclables, siempre y cuando se garantice que esta práctica no represente riesgo alguno para las personas que los manipulen ni para las que los convierten en productos útiles.

### 5. Transporte

- Consiste en la recolección y el traslado de los residuos desde los sitios de generación hasta el almacenamiento temporal y final.
- Cada establecimiento de salud debe elaborar un horario de recolección y transporte, que incluya rutas y frecuencias para evitar interferencias con el resto de actividades de la unidad.
- La recolección se efectuará de acuerdo al volumen de generación de residuos y al nivel de complejidad de la unidad de salud; y será realizada 2 o 3 veces al día y con mayor frecuencia en áreas críticas.

De lo mencionado anteriormente, se puede observar que el proceso de disposición final de residuos hospitalarios, dependen de su tipo y disponibilidad de recursos y ubicación de las entidades prestadoras de salud. Por otra parte, el tipo de residuos y condición final después de su uso, determinan si debe ser llevado a rellenos sanitarios tradicionales, locales, si puede ser reciclado o ser llevado a un cementerio, por ser una parte, del ser humano. Por último, se debe considerar que el transporte desde la institución generadora de residuos al sitio de disposición final, es crítica en el programa debido a que su mala gestión puede conllevar a contaminación del ambiente y afectación de la salud pública.

Finalmente, de la revisión del Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia – MPGIRH [21], se observa que este posee una estructura integral, que coordina los componentes internos y externos relacionados con los actores involucrados en la gestión de residuos hospitalarios, de tal manera que se minimice su impacto ambiental y protección de la salud pública, basándose en el desarrollo de un plan de gestión de residuos. Por otra parte, se identificó que algunos de sus directrices, se ajustan a los procesos de logística inversa, debido a que incluyen actividades de identificación y tipificación de residuos, segregación,

almacenamiento, transporte interno, tratamiento, disposición final y transporte.

### 4.2. Propuesta de diseño de sistema de logística inversa en el sector hospitalario.

Una vez revisado y analizado el plan del Manual de Procedimientos para la Gestión de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia – MPGIRH [21], en el presente numeral, se desarrolla una propuesta de diseño de sistema de logística inversa basado en la metodología de PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar), que contribuya y ofrezca una alternativa complementaria para la implementación de un plan de residuos hospitalarios, que cumplan con algunos de los lineamientos del MPGIRH [21]. Además, se realiza un diagnóstico y análisis de implementación de una IPS de Universidad en la ciudad de Medellín.

Respecto a la selección del PHVA como herramienta base para el sistema de logística inversa hospitalaria. Se debe indicar que a partir de una revisión exploratoria del estado del arte del tema en base de datos como: Science Direct, Emerald, Taylor and Francis, Scielo, entre otras, no se identificaron propuestas de sistemas de logística inversa con este enfoque, lo que se observó fueron aplicaciones del PHVA como técnica de gestión, diseño y mejoramiento de procesos empresariales en general y aplicaciones en el sector hospitalario relacionado con: dietas de personas, control de enfermedades y mantenimiento de infraestructura en el ámbito de entidades prestadoras de salud [22], [23], [24].

#### 4.2.1. Ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar)

El ciclo PHVA o Ciclo de Deming, es una metodología que permite el diseño o mejoramiento de procesos a nivel empresarial a través de la organización de los empleados y procesos para maximizar el valor y la satisfacción de los clientes [17]. Adicionalmente, se debe indicar que el PHVA, permite el fortalecimiento de procesos a partir de tres principios, tales como, i) Optimización de los recursos, ii) participación activa del operario o encargado del proceso en cada una de sus etapas y iii) orientación al diseño o mejoramiento de procesos de producción, logística y servicios [24], [25]. Por otra parte, la norma ISO 9001:2009 [26], describe que el ciclo PHVA, se compone de cuatro elementos, que incluyen planear, hacer, verificar y actuar, los cuales se describen a continuación:

- *Planear*: Se traduce de la palabra inglesa Plan y se trata de establecer los objetivos y procesos necesarios para conseguir resultados de acuerdo con los requisitos del cliente y las políticas de la organización.
- *Hacer*: Se traduce de la palabra inglesa DO y es la etapa de la implementación de los procesos.

- *Verificar*: Se traduce de la palabra inglesa (Check) y se trata de realizar el seguimiento y medición de los procesos y productos, respecto a las políticas y objetivos del sistema.
- *Actuar*: Se traduce de la palabra inglesa (Action) y es el paso en el cual se toman acciones para mejorar y corregir continuamente el desempeño de los procesos.

Finalmente, la metodología PHVA, es seleccionada como herramienta para el diseño del sistema de logística inversa, debido a que ofrece un enfoque integral basado en procesos, que se fundamenta en la planeación, ejecución, verificación y seguimiento, que bien gestionado garantiza el cumplimiento de los objetivos, requisitos y estrategias del sistema logístico inverso en el tiempo, el aprovechamiento de sus recursos, el mejoramiento continuo, el seguimiento y control de las metas de dicho sistema.

#### 4.2.2. Desarrollo de modelo de sistema de logística inversa para residuos hospitalarios.

A continuación, se desarrolla la propuesta teórica y metodológica del sistema de logística inversa el sector hospitalario, la cual, se compone, de la descripción de los contenidos de cada uno de los sus elementos (PHVA). Se debe indicar, que dichos contenidos, se basan en el lineamiento de MPGIRH [21] los procesos de la logística inversa descritos en el numeral 2.3.4 y 4.1.2 del presente artículo. Además, se consideran los principios y característicos de sistemas logísticos descritos por Chan et al. [6], Gattorna et al. [7], Rogers y Tibben-lembeke [9], Cheng et al. [8], Logozar et al. [12].

- *Planear*: Esta etapa tiene como objetivo establecer el direccionamiento, principios y estrategias que permiten al sistema de logística inversa de residuos hospitalarios generar ventaja competitiva, cumplir con los requisitos normativos, aprovechar sus recursos y alinear este sistema a la logística tradicional, a la cadena de suministro y a la operación general de la institución hospitalaria. En cuanto, a la configuración de esta etapa, se propone que se soporte en cuatro (4) elementos, tales como, i) diagnosticar el sistema de manejo de residuos hospitalario actual, ii) establecer los objetivos (generales y específicos), la estrategia y el alcance del sistema de logística inversa de residuos hospitalarios, iii) definición de los procesos de los procesos de logística inversa y iv) elaboración y aprobación del plan de logística inversa. A continuación, se presenta una breve descripción de cada uno de dichos elementos (ver Tabla 4).

**Tabla 4. Etapas de planeación del sistema de logística inversa de residuos hospitalarios**

1	Diagnosticar el actual manejo de residuos hospitalarios
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En este diagnóstico se deben identificar y evaluar las brechas internas y las necesidades entre el sistema actual de manejo de residuos hospitalarios, respecto a un sistema de logística inversa.</li> <li>• La construcción de dicho diagnóstico debe basarse en los requisitos de la normativa tales como; el decreto 2676 del 2000 y la MPGIRH. [16].</li> <li>• El diagnóstico se basa en actividades de planeación, ejecución, análisis y presentación de resultados, los cuales deben evidenciar brechas y fortalezas.</li> </ul>

2	Establecer los objetivos y el alcance del sistema de logística inversa.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• A partir de los resultados del diagnóstico se recomienda a la institución de salud fijar el objetivo general, específicos, estrategias y alcance del sistema de logística inversa de residuos hospitalarios.</li> <li>• Los objetivos (generales y específicos), se suelen enfocar en aspectos estratégicos, económicos, ambientales y normativos (Ver Fig.2).</li> <li>• La estrategia define la forma como deben gestionarse los residuos, de tal manera que se alinee a la estrategia de la organización y aporte a su productividad.</li> <li>• El alcance determina los procesos y límites del sistema de logística inversa hospitalaria.</li> </ul>

3	Definición de los procesos de logística inversa
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez establecidos los objetivos, estrategias y alcance del sistema de logística inversa hospitalaria, se deben identificar y definir las interacciones de los procesos necesarios para cumplir lo establecido en la etapa de planeación.</li> <li>• Los procesos del sistema de logística inversa pueden variar según la complejidad y características de los residuos gestionados y la normatividad que los cubren.</li> <li>• Se debe recordar, que dentro de los procesos de logística inversa, se considera la identificación de residuos, segregación, almacenamiento, tratamiento, entre otros (ver numeral 2.3.4).</li> </ul>

4	Elaboración y aprobación del plan de logística inversa.
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Con los objetivos, estrategias, alcances y procesos, se debe elaborar un plan de logística inversa hospitalaria el cual, integra los elementos descritos.</li> <li>• El plan de logística inversa hospitalaria, a parte de los elementos listados, debe contener sus responsables, recursos, cronogramas, riesgos e indicadores gerenciales para su control.</li> <li>• El plan diseñado debe ser considerado el principal medio para la adecuada puesta en marcha del sistema de logística inversa, considerando aspectos de implementación, control, mejoramiento y seguimiento en el tiempo.</li> </ul>

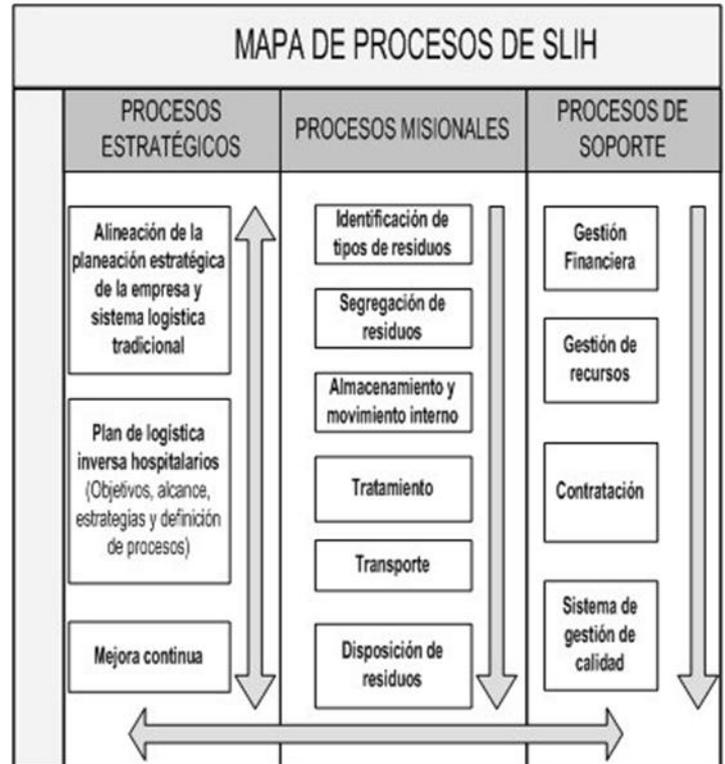
**Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 4, se identifica que el proceso de planeación dentro del ciclo PHVA, es el encargado del diagnóstico del sistema actual de gestión de residuos hospitalarios, el cual se convierte, en la base para definir sus objetivos, estrategias, alcance y procesos, los cuales deben enfocarse en la productividad, cuidado del ambiente, cumplimiento de la normatividad, satisfacción del cliente y generación del valor en la entidad de salud [24], [25]. Por otra, se debe indicar que un componente central del sistema, es el plan de logística inversa de residuos, debido a que integra los elementos descritos con anterioridad y se convierte en la base de las fases de hacer, verificar y actuar [25].

- *Hacer:* Esta etapa busca poner en acción lo planeado, es decir ejecutar el plan de logística inversa (objetivos, estrategias, procesos y recursos), poner en marcha los cronogramas y realizar la recolección de los datos necesarios del sistema para llevar a cabo etapas posteriores de verificar y actuar, las cuales son la base del mejoramiento continuo del sistema de logística inversa [26].

Dentro de esta etapa de hacer, los procesos del sistema de logística inversa hospitalaria, que fueron identificados e interrelacionados, deben ser representados en un mapa de procesos y caracterizados, con el fin de comprender su papel en la cadena de suministro y definir sus objetivos, actividades, alcances, recursos y normatividad a nivel individual y dentro del sistema de logística inversa, con el fin, que estos contribuyan al cumplimiento del plan lo cual permite cumplir la normativa y ser eficiente [7]. Por otra parte, estos procesos son críticos dentro del sistema, debido a que permiten tomar decisiones relacionadas con la identificación de las fuentes externas e internas de residuos, su almacenamiento, movimiento interno, tratamiento y disposición, con el fin de cumplir la normativa, proteger el medio ambiente y generar ventaja competitiva a la institución.

A continuación, se presenta un ejemplo del mapa de procesos (ver figura 2) y caracterización de procesos (ver figura 3) para un sistema de logística inversa de residuos hospitalarios, basado en los requisitos del MPGIRH [21].



**Fig. 2. Mapa de procesos de sistema de logística inversa hospitalario. Fuente: Elaboración propia**

De la figura 2, se hace referencia a procesos estratégicos cuando son procesos relacionados con la planeación, objetivos, estrategias y alcance dentro del sistema de logística inversa hospitalaria, incluyendo aspectos de mejoramiento continuo; procesos misionales, a los procesos que ejecutan las actividades que permiten cumplir los objetivos directos de la logística inversa y los procesos de apoyo a los procesos que apoyan y soportan los procesos estratégicos y misionales.

Se puede inferir que el mapa de procesos, es una herramienta que permite a las empresas prestadoras de salud, identificar y definir las interacciones de los procesos que componen su sistema de logística inversa, estratégicos y soporte, que permitan cumplir con la normatividad vigente, tales como, decreto 2676 del 2000 [18] y el MPGIRH [21].

Por su parte, de la figura 3, se observa, que el modelo de caracterización, permite gestionar los procesos de la logística inversa, basándose en la interacción del mapa de procesos, debido a que, identifican y describen los objetivos, alcance, proveedores y clientes del proceso, actividades, responsables, indicadores, normativas y recursos. Bajo esta orientación, se logra para el sector hospitalario un enfoque de logística inversa basada en procesos [24].

Finalmente, se puede concluir, que el hacer, es la etapa del PHVA, que se encarga de implementar el plan de logística inversa, basándose en la identificación y descripción de procesos a través de mapas y caracterización de cada uno de dichos procesos. Por último, se debe considerar que el hacer, genera los datos de los procesos, los cuales permiten las fases de verificar y actuar sobre los resultados.

- Verificar:** Esta fase busca comprobar o examinar que los resultados obtenidos por los procesos correspondan con lo planeado buscando de esta manera lograr los objetivos respecto a la logística inversa [12], [26]. En cuanto a la verificación en un sistema de logística inversa de residuos hospitalarios, se puede realizar a través de indicadores, los cuales se definen según los objetivos generales del sistema y los procesos específicos (identificación, segregación, separación, almacenamiento, movimiento interno, transporte, disposición, entre otros). Se debe decir, que dichos indicadores no son más que índices de monitoreo, que permiten mantener el rumbo de los procesos empresariales, además deben servir para plantear nuevas estrategias que mejoren el funcionamiento de un proceso empresarial, de ahí que sean útiles para medir el SLIH para lo cual, se debe establecer un costeo basado en actividades para medir el desempeño de la logística inversa.

A continuación, se describen algunos ejemplos de indicadores para realizar verificación en un sistema de logística de residuos hospitalarios (Ver Tabla 5).

**Tabla 5. Indicadores para verificación en un sistema de logística inversa de residuos hospitalarios.**

NOMBRE DEL INDICADOR	
1	Nº de empleados incapacitados/mes incapacitados por enfermedad relacionados con residuos hospitalarios.
2	Cantidad de residuos almacenados, tratados y transportados (kg/mes)
3	Cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios y cementerios (kg/mes).
4	Beneficios económicos por aprovechamiento de la gestión de residuos en la logística inversa (\$/mes).
5	Costos de gestión de residuos (kg/mes)
6	Cantidad de residuos reciclados y recuperados (kg/mes).

Fuente: Elaboración propia

Modelo de caracterización de procesos en la logística inversa				
<b>Objetivo del proceso:</b> Identificar y gestionar adecuadamente los residuos hospitalarios, con el fin de reducir su impacto ambiental, generar ventaja competitiva, aumentar la productividad.				
<b>Alcance:</b> Identificación, segregación, almacenamiento y movimiento de residuos hospitalarios.				
Proveedores	Entradas	Actividades	Salidas	Cientes
* Oficinas	Residuos generales o comunes, desechos generales e infecciosos, desechos infecciosos y desechos especiales.	*Identificación y tipificación de residuos. *Separación y segregación en el sitio de generación de residuos *Almacenamiento y movimiento de residuos.	Canecas o bolsas dispuestas en el sitio de generación en donde se almacenan desechos según el tipo de riesgo.	*Tratamiento. *Transporte. *Disposición final.
* Aulas de esterilización				
* Corredores				
* Hospitalización				
* Oncología				
* Medicina general				
Responsable	Indicadores	Normativas	Recursos	
Se debe escribir el responsable del proceso registrado en el plan de logística inversa.	Se deben registrar los indicadores relacionados con el proceso de logística inversa, con el fin de controlarlo y seguirlo.	Se listan las normas y decretos relacionados con el proceso, tales como, el decreto 2676 del 2000 y el MPGIRH [21].	Se establecen los recursos físicos y humanos que soportan el proceso.	

**Fig. 3. Caracterización de los procesos logísticos inversos hospitalarios. Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 5, se debe describir, que los indicadores presentados pueden variar de una institución a otra, dependiendo de su estrategia de control y verificación del sistema de logística inversa, tipo de residuos que se gestiona, normativa a cumplir y compromiso con el medio ambiente e impacto estratégico para la productividad. En cuanto, al uso de los indicadores consiste en diseñarlos, establecerlos, medirlos y seguirlos para garantizar niveles adecuados de operación. Por último, se debe considerar que a partir de los niveles de los indicadores, se pueden tomar acciones preventivas y correctivas, que se establecen en la etapa de actuar.

- Actuar:** Esta etapa es la última del ciclo PHVA y tiene como objetivo evaluar y analizar los resultados de verificación, con el fin de que se establezcan acciones preventivas y correctivas, que garanticen que el sistema de logística inversa de residuos hospitalarios cumpla con planeación del sistema. Por otra parte, se debe indicar que las

acciones preventivas/correctivas deben realizarse bajo procedimientos documentados y con responsables definidos, para garantizar su adecuada implementación y seguimiento en el tiempo [12], [26].

Finalmente, se puede concluir de este numeral, que el ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar), es un enfoque que puede ser utilizado como metodología para contribuir a la implementación de un sistema de logística inversa de residuos hospitalarios, basados en el decreto 2676 del 2000 y el manual MPGIRH [21]. Por otra parte, el PHVA, se justifica como metodología, debido a que se fundamenta en un ciclo integral basado en la planeación y el enfoque de procesos, que permite identificar y establecer interacciones de los procesos de logística inversa, incluyendo fichas de caracterización, que constan de la definición de los objetivos, alcance, proveedor-cliente, actividades, recursos, responsable y normatividad para cada proceso del sistema.

**4.3. Caso práctico: diagnóstico y análisis de implementación de un sistema de logística inversa en una IPS de una universidad de la ciudad de Medellín**

Este numeral tiene como objetivo presentar los resultados de un diagnóstico para identificar las características de una IPS de una universidad de la ciudad de Medellín, respecto a los requisitos del decreto 2676 del 2000 [18] y MPGIRH [21], y las brechas o diferencias para implementar el sistema de logística inversa de residuos hospitalarios (ver numeral 4.2). Adicionalmente, revisar de manera general el impacto y oportunidades de mejora que puede generar el uso de la propuesta.

**4.4. Características de IPS de una Universidad en la ciudad de Medellín y el análisis de su sistema de gestión de residuos hospitalarios.**

La IPS diagnosticada, tienen como objetivo brindar servicios a la comunidad estudiantil, docente y administrativa de la Universidad, enfocándose en un sistema de salud integral que opera bajo los requisitos de la Ley 100 de 1993 y demás reglamentaciones legales establecidas para las IPS de su tipo. Por otra parte, se debe indicar que esta entidad ofrece a sus usuarios medicina general, odontología y una serie de programas específicos para la infancia, la mujer, la pareja, la familia, la tercera edad y el individuo.

Las características del sistema de residuos hospitalarios y similares basado en el decreto 2676 del 2000 [18] y MPGIRH [21], se identificó a través de un diagnóstico que incluyó información primaria y secundaria, y que se ejecutó como se describió en la metodología.

Una vez ejecutado el diagnóstico, se obtuvo que el sistema de residuos hospitalarios de la IPS Universitaria, se compone de diferentes procesos, que se describen a continuación: (ver Tabla 6).

**Tabla 6. Análisis de los procesos de gestión de residuos de una IPS de una Universidad.**

(1) Segregación en la fuente	(2) Transporte interno
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La segregación en la fuente es la base fundamental de la adecuada gestión de residuos. En la IPS consiste en la separación selectiva inicial de los residuos procedentes de cada una de las fuentes determinadas, consultorios y unidades administrativas.</li> <li>• Ubicación de los recipientes en cada una de las áreas y servicios de los consultorios.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Una vez los residuos son segregados, la IPS realiza su movimiento interno, que incluye el manejo dado por la auxiliar ó el operario por procedimientos predeterminados.</li> <li>• En el caso de los residuos peligrosos, la IPS tiene como política que estos sean evacuados del consultorio una vez haya terminado la jornada de prestación de servicios (consultas odontológicas), por la auxiliar quien lleva los residuos al sitio de disposición-almacenamiento.</li> </ul>

(3) Almacenamiento	(4) Disposición final y/o tratamiento de residuos
<ul style="list-style-type: none"> <li>• La IPS cuenta con un sitio de almacenamiento de residuos que se encuentra localizado en la parte posterior de sus instalaciones y que es compartido por las demás dependencias de la Universidad que generan residuos hospitalarios y/o patológicos.</li> <li>• Se debe indicar que la IPS cuenta con un responsable y procedimientos documentados para el manejo de dicho sitio.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• En la IPS, se tienen clasificados los residuos en tres categorías, con base en estos se determina su tratamiento y/o disposición final.</li> <li>• Los residuos no peligrosos biodegradables son llevados al relleno sanitario.</li> <li>• Los residuos no peligrosos son reciclados.</li> <li>• Los residuos peligrosos, guardianes y biosanitarios, son incinerados y llevados a celdas de seguridad.</li> </ul>

**(5) Transición a una gestión externa**

- Una vez desarrolladas las actividades al interior de la IPS son ejecutadas, se realiza la entrega de los residuos hospitalarios y similares a los operarios, de transporte y disposición final.

**Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 6, los resultados del diagnóstico realizado muestran que el programa de residuos hospitalarios de la IPS, tiene implementadas las actividades y requisitos del decreto 2676 del 2000 [18] y el manual MPGIRH [21]. Por otra parte, se debe indicar que esta IPS, genera residuos peligrosos y no peligrosos de actividades de los consultorios de medicina general, odontológicos y áreas administrativas. Adicionalmente, tiene definidos los procedimientos y responsables de cada uno de sus procesos, tales como, segregación en la fuente, transporte interno, almacenamiento, tratamiento o disposición final de los residuos y entrega a una entidad externa.

Aparte de la identificación de las características y procesos del sistema de gestión de residuos hospitalarios en la IPS universitaria, se conoció acerca de debilidades, oportunidades, fortalezas y amenazas (DOFA) de su operación. A continuación, se describen los hallazgos identificadas durante la reunión con el coordinador de residuos.

**4.4.1. Debilidades**

- El planteamiento del plan se encuentra enfocado más hacia la necesidad de cumplir una norma más no de obtener un beneficio para la institución, como venta de residuos no peligrosos.
- Los objetivos del plan de gestión de residuos, se enfocan en el cuidado de la salud y no considera aspectos estratégicos, económicos y ambientales que generen un beneficio extra a la institución.
- En el plan se tienen definidos los procesos para el manejo de gestión de residuos (ver Tabla 6), pero su debilidad es que sus actividades y alcances, no se encuentran bien establecidos, caracterizados y documentados.
- No se realizó el diagnóstico ambiental y sanitario adecuado al comenzar el plan.

**4.4.2. Oportunidades**

- Se tiene clara la necesidad del manejo de indicadores para la gestión de residuos, aunque no se tenga un sistema de estos adecuadamente implementado, que permita medir los costos y tiempos de sus procesos.

- Es un sistema que maneja tipos de residuos fáciles de reciclar o reutilizar a pesar de ser un ente hospitalario, y podría entonces llegar a recibir un beneficio de alguno de estos residuos para el sostenimiento del mismo sistema.
- El equipo de gestión de recursos puede trabajar en la búsqueda y el análisis de nuevas tecnologías que permitan la mejor utilización de los recursos físicos y humanos.

**4.4.3. Fortalezas**

- Se cuenta con un grupo disciplinar encargado de planear, coordinar y ejecutar actividades y medidas preventivas y correctivas de acuerdo con políticas instauradas y normatividad relacionada.
- La identificación adecuada de los procesos necesarios para la gestión de residuos, aunque se debe indicar que su descripción y caracterización no es la más adecuada.
- Cada proceso tiene un responsable

**4.4.4. Amenazas**

- La falta de concientización de las demás dependencias de la universidad hace que el sistema fallé a la hora de almacenar residuos.
- Se ha identificado ineficiencia y ausencia de seguridad en la empresa recolectora de residuos para su manejo, debido a que se le entregan los residuos separados y estos los ingresan al camión transportador de cualquier forma, generando la duda de su correcta disposición final.

Con los resultados, se observa que la IPS, presenta debilidades en su sistema de gestión de residuos hospitalarios, debido a que se limita al cumplimiento del decreto 2676 del 2000, y no considera otros beneficios que puede traer la gestión de residuos, tales como, su aprovechamiento económico a través del reciclaje y la reutilización de algunos residuos, y la posibilidad de aumentar su eficiencia operacional, a través de una adecuada caracterización de sus procesos asociados. Por otra parte, se observa que la IPS, tiene fortalezas relacionadas con la integración del grupo de gestión de residuos y asignación de responsables a las actividades del plan. Por último, se observan amenazas respecto a la gestión y eficiencia del operador de recogida de residuos.

**Tabla 7. Comparación de estado actual de gestión de residuos hospitalarios vs sistema de logística inversa de residuos hospitalarios basado en PHVA.**

Sistema de logística inversa de residuos hospitalarios	Pasos seguidos en la implementación de la propuesta	Oportunidades de mejora a través de la propuesta propia y el estado actual de la IPS
<b>PLANEAR:</b>		
1) Diagnosticar el manejo de residuos hospitalarios actual, basándose en aspectos normativos, económicos, ambientales y estratégicos.	Se realiza un diagnóstico considerando aspectos ambientales e identificación de fuentes generadoras de residuos.	Este diagnóstico se limita a identificar aspectos normativos del decreto 2676 del 2000 y MPGIRH [16], lo cual no considera aspectos económicos y estratégicos.
2) Establecer los objetivos (generales y específicos) y el alcance del sistema de logística inversa.	Tienen como objetivo la implementación de procesos de manejo de residuos para el cuidado de la comunidad y cumplimiento de normativa, sin enfocarse en objetivos que generan beneficios a la institución.	Se debe establecer un objetivo general, objetivos específicos y alcance basándose en los resultados del diagnóstico, que permitan a una IPS enfocarse en la generación de beneficios económicos, ambientales y cumplimiento normativo.
3) Identificación y mapeo de los procesos de la logística inversa de gestión de residuos hospitalarios, con el fin de definir sus interrelaciones.	Se tiene un grupo coordinador de residuos, el cual define los procesos para la gestión de residuos basándose estrictamente en la normativa y no considera sus interrelaciones.	Se identifican los procesos, pero no se consideran sus interrelaciones e impactos en la productividad y aprovechamiento de la IPS.
4) Plan de logística inversa de residuos hospitalarios, que integra los numerales 1),2) y 3). Además, considera recursos, cronogramas, riesgos, plan de implementación del sistema de logística inversa.	Plan de gestión de residuos hospitalarios determinados en el decreto 2676 del 2000 y MPGIRH [21].	Se recomienda incorporar los elementos sugeridos en los ítems 1) ,2) y 3). Adicionalmente, considerar riesgos, cronogramas y planes de implementación basados en las características de la IPS.

<b>HACER:</b>		
5) Realizar la ejecución del plan de logística de inversa de residuos, basándose en cronogramas que buscan desplegar los objetivos, estrategias y procesos.	Se Planean programas de capacitación, se realizan rutas de transporte, se tiene plan de contingencia en caso de alguna emergencia con los residuos.	El plan de contingencia no está claramente definido debido se basa en el de la Universidad. Por otra parte, estos deberían realizar el despliegue del sistema basándose en los objetivos, procesos y recursos.
6) Realizar mapa y caracterización de procesos de logística inversa de residuos hospitalarios.	No se realiza.	Se deber realizar el mapa y caracterización de procesos, debido a que este permite a la IPS gestionar adecuadamente sus procesos.
<b>VERIFICAR:</b>		
7) Establecer indicadores de desempeño para verificar el desempeño de logística inversa respecto a sus objetivos	Se establecen algunos indicadores que solamente miden la cantidad total de residuos generados y características de los mismos	La IPS debería establecer un sistema de indicadores de desempeño en la gestión de residuos, que no solo mida cantidades, sino que también verifiquen costos y tiempos de sus procesos
<b>ACTUAR:</b>		
8) Realizar acciones correctivas y preventivas como función de actuar para garantizar el cumplimiento del sistema de logística inversa.	Se tienen contempladas dentro del plan.	La falencia que puede presentar la IPS, viene desde la fase de verificación debido a que el sistema de indicadores no cubre todos los aspectos y no se enfocan en sus objetivos adecuadamente. Por otra parte, falta mejorar la descripción de los procedimientos de gestión acciones correctivas y preventivas.

**Fuente: Elaboración propia**

De la Tabla 7, se puede concluir que el sistema de logística inversa para residuos hospitalarios basado en PHVA complementa y fortalece el sistema de gestión de residuos actual de la IPS de una Universidad analizada, debido a que aumenta el alcance que ofrece la normativa basado en el decreto 2676 de 2000 [18] y MPGIRH [21], tales como consideración de un diagnóstico que considera aspectos estratégicos, económicos, ambientales y sanitarios; la implementación de un plan estratégico de logístico, el diseño de mapa y caracterización de procesos; y un sistema de verificación y control basado en indicadores de desempeño y auditorias. Finalmente, se debe

indicar que la propuesta de sistema de logística inversa hospitalaria, no busca reemplazar los decretos 2676 del 2000 [18] y el MPGIRH [21], que son de obligatorio cumplimiento de la IPS en Colombia, sino que ofrecer una alternativa para que esta aumente el aprovechamiento de sus ventajas y los beneficios que pueden ofrecer una adecuada gestión de residuos.

## 6. CONCLUSIONES

Del artículo, se puede inferir que la logística inversa es una extensión del concepto de logística tradicional, que busca planear, ejecutar y controlar adecuadamente los flujos de información y productos desde el punto de uso hasta su punto de origen o deposición final, garantizando una protección al medio ambiente y salud pública, a través de procesos tales como:

- 1) Recolección.
  - 2) Inspección, selección y clasificación de productos recuperados.
  - 3) Recuperación directa del producto.
  - 4) Transformación o tratamiento.
  - 5) Transporte.
  - 6) Almacenamiento. Los cuales son configurables según las necesidades y normatividad de la empresa y su cadena de suministro.
- A nivel de Colombia se identificó, que la gestión de residuos hospitalarios, se encuentra reglamentado a través del Manual de Procedimientos para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia – MPGIRH y el decreto 2676 de 2000, los cuales poseen una estructura integral, son de obligatoria implementación en las IPS y se encarga de coordinar los componentes internos y externos relacionados con los actores involucrados en la gestión de residuos hospitalarios, de tal manera que se minimice su impacto ambiental y protección de la salud pública, basándose en el desarrollo de un plan de gestión de residuos.
  - Del artículo, se observó que las directrices del MPGIRH, se ajustan a los procesos de logística inversa, debido a que incluyen actividades de identificación y tipificación de residuos, segregación, almacenamiento, transporte interno, tratamiento de residuos, disposición final y transporte. Por último, se puede indicar que la selección y configuración de los procesos de la logística inversa o contenidos en el MPGIRH, son de obligatorio cumplimiento en las entidades prestadoras de salud a nivel nacional, lo que si varía de una institución a otra es la complejidad, planeación y su nivel de detalle de implementación.
  - Uno de los principales resultados del artículo, fue la construcción de una propuesta de sistema de logística inversa de residuos hospitalarios basado en ciclo PHVA (Planear, hacer, verificar y actuar),

el cual es una metodología con enfoque integral que se fundamenta en la planeación y enfoque en la identificación, mapeo, mejoramiento continuo y caracterización de procesos, lo cual, la convierten en una herramienta para contribuir y complementar los requisitos de las IPS a nivel nacional, que basan su gestión en el decreto 2676 del 2000 [18] y el manual MPGIRH [21].

- Del análisis y diagnóstico al sistema de gestión de residuos hospitalarios de una IPS universitario, se observó que esta presenta debilidades en su sistema debido a que se limita al cumplimiento del decreto 2676 del 2000, y no considera otros beneficios que puede traer la gestión de residuos, tales como, su aprovechamiento económico a través del reciclaje y la reutilización de algunos residuos, y la posibilidad de aumentar su eficiencia operacional, a través de una adecuada caracterización de sus procesos asociados. Por otra parte, se observa que la IPS, tiene fortalezas relacionadas con la integración del grupo de gestión de residuos y asignación de responsables a las actividades del plan. Por último, se observan amenazas respecto a la gestión y eficiencia del operador de recogida de residuos.
- De la comparación del sistemas de logística inversa de residuos hospitalarios basado en PHVA en la IPS analizada, se identificó que este complementa y fortalece el sistema de gestión de residuos actual, debido a que aumenta el alcance que ofrece la normativa basado en el decreto 2676 de 2000 y MPGIRH [16], tales como:

Consideración de un diagnóstico, la implementación de un plan estratégico, el diseño de mapa y caracterización de procesos; y un sistema de verificación y control basado en indicadores de desempeño y auditorias para actuar sobre posibles desviaciones al sistema de logística inversa hospitalaria.

- Se debe indicar que la propuesta de sistema de logística inversa hospitalaria basado en PHVA, no busca reemplazar los decretos 2676 del 2000 [18] y el MPGIRH [21], que son de obligatorio cumplimiento de la IPS en Colombia, sino que ofrecer una alternativa para que esta aumente el aprovechamiento de sus ventajas y los beneficios que pueden ofrecer una adecuada gestión de residuos.
- El ciclo PHVA, permite desarrollar un mejoramiento continuo, ya que permite identificar las oportunidades de mejora, reducir costos, realizar seguimiento al proceso, definir e implementar acciones correctivas y preventivas, optimizar la productividad e incrementar la rentabilidad de cualquier organización.

- Finalmente, como trabajo futuro se busca mejorar la propuesta de sistema de logística inversa basado en PHVA con técnicas cuantitativas como la simulación discreta, dinámica de sistemas, y estadística que permita que las empresas aumenten la productividad y disminuyan el impacto en el medio ambiente de manera eficiente y eficaz respecto al uso de recursos.

## REFERENCIAS

- [1] R. Ballou. "Logística: Administración de la cadena de suministro". Ciudad de México: Prentice Hall; 2004.
- [2] J. Mentzer. "Fundamentals of Supply Chain Management: Twelve Drivers of Competitive Advantage". The United States: SAGE Publications, Inc.; 2004.
- [3] A. Correa, M. Gómez. "Cadena de suministro en el sector minero como estrategia para su productividad". Revista Boletín Ciencias de la Tierra; 2008, Medellín, 25(1):93-102.
- [4] F. Chan, H. Chan. "The future trend on system-wide modelling in supply chain studies". En: The International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2005, vol 25, n° 7, p 820-832.
- [5] D. Waters. "Global Logistics: New Directions in supply chain management". The United Kingdom: Kogan Page Publishers; 2007.
- [6] H. Chan, S. Yin, H. Chan. "Implementing just-in-time philosophy to reverse logistics systems: A review". International Journal of Production Research, 2010, vol. 48, n° 21, pp. 62-93.
- [7] J- Gattorna, R. Ogulin, M. Reynolds. "Gower Handbook of Supply Chain Management", the United States: Gower Publishing; 2003.
- [8] J. Cheng, Y. Chung, W. Chia. "Trust and knowledge sharing in green supply chains". En: Supply Chain Management. An International Journal, 2008, vol. 13, no 4, pp. 283-295.
- [9] D. Rogers, B. Tibben-lembeke. "Going Backwards: Reverse Logistics trends and practices". The United States: Reverse Logistics Executive Council; 1998 (8).
- [10] R. Banomyong, V. Veerakachen, N. Supatn. "Implementing legality in reverse logistics channels". International Journal of Logistics Research and Applications: A Leading Journal of Supply Chain Management, 2008, vol 11, n° 1, p 31-47 (11).
- [11] L. Vellojín, J. Meza, R. Maya. "Logística Inversa: una herramienta de apoyo a la competitividad de las organizaciones". Ingeniería & Desarrollo. Universidad del Norte, 2006, vol. 20, pp. 184-202.
- [12] K. Logozar, G. Radonjic, M. Bastic. "Incorporation of reverse logistics model into in-plant recycling process: a case of aluminum industry". Resources, Conservation and Recycling, 2006, vol. 49, No 1, pp. 49-67.
- [13] A. García. "Recomendaciones táctico-operativas para implementar un programa Logística Inversa: Estudio de caso en la Industria del reciclaje de plásticos". Ciudad de México: Publicado por Juan Carlos Martínez; 2006.
- [14] R. Gleen, H. Chen, P. Daugherty, S. Genchev. "Developing effective reverse logistics programs". En: Industrial Marketing Management, 2005 Nov 25, vol. 34, no 1, pp. 830– 840.
- [15] R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, L. Wassenhove. "Reverse Logistics: Quantitative Models for Closed-loop Supply Chains". The United States: Springer; 2003.
- [16] H. Dyckhoff, R. Lackes, J. Reese, "Supply Chain Management and Reverse Logistics". The United States: Springer; 2003.
- [17] V. Ravi, R. Shankar, M. Tiwari. "Selection of a reverse logistics project for end-of-life computers: ANP - and goal programming approach". International Journal of Production Research, 2008, vol. 46, n° 17, p 1-22.
- [18] Ministerio de la Protección Social y Ministerio de Ambiente. "Decreto 2676 del 2000". Bogotá: Ministerio de Salud y Ministerio de Ambiente; 2000.
- [19] M. Vázquez. "Clúster de medicina en Medellín: de una medicina con liderazgo a un sistema integrado de creación de valor, con visión de futuro". Antioquia: Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia; 2003.
- [20] Vitalmed. "Informativo Clúster Servicios Médicos de Medellín". Centro de Ciencia y Tecnología de Antioquia. 2007 enero. 1(4): 1-2.
- [21] Ministerio de la Salud (Protección Social) y Ministerio de Ambiente. "Manual de Procedimiento para la Gestión Integral de Residuos Hospitalarios y Similares en Colombia". Online [mayo, 2009].
- [22] A. Adel, SHA 28. "Hematoma post cardiac catheterization: Focus PDCA quality management project". Journal of the Saudi Heart Association, 2010, vol. 22, No 2, pp. 92.
- [23] M. Tye, W. Wheeler. "Applying FOCUS-PDCA Methodology to Improve Patient Meal Service Practices". Journal of the American Dietetic Association, 2007, vol. 107, pp. 1-10.
- [24] J. Wideman. "Utilizing PDCA for dust control in health-care maintenance, renovation and construction activities". American Journal of Infection Control, 1999, vol. 27, n° 2, p. 225.
- [25] Miebach Logística: consultores ingenieros. "Aplicación del Kaizen a la logística". [Monograph on internet]: Aragón: programa de Innovación para la logística; 2006. Online [marzo, 2009].
- [26] ISO. "Norma ISO 9001:2008". Ginebra: ISO; 2008.