

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**



Análisis de la Gestión de Residuos Peligrosos en el sector industrial manufacturero en la  
Ciudad de Bogotá

Trabajo de Grado de Maestría

Autores

Astrid María Bracho Carrillo  
Dilia Isabel Acuña Bárcenas

Bogotá  
2020

**UNIVERSIDAD DEL ROSARIO**



Análisis de la Gestión de Residuos Peligrosos en el sector industrial manufacturero en la  
Ciudad de Bogotá

Trabajo de Grado de Maestría

Autores

Astrid María Bracho Carrillo  
Dilia Isabel Acuña Bárcenas

Tutora: Clara Inés Pardo Martínez

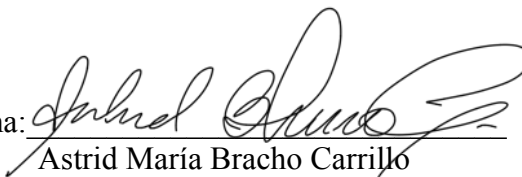
Maestría en Dirección

Bogotá  
2020

*Declaración de autonomía*

Declaramos bajo gravedad de juramento, que hemos escrito la presente tesis de maestría por nuestra propia cuenta, y que, por lo tanto, su contenido es original.

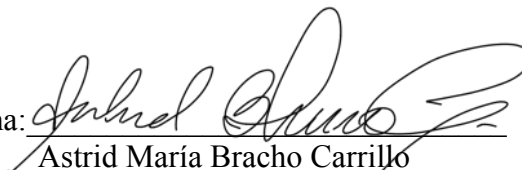
Declaramos que hemos indicado clara y precisamente todas las fuentes directas e indirectas de información, y que esta tesis de maestría no ha sido entregada a ninguna otra institución con fines de calificación o publicación.

Firma:   
Astrid María Bracho Carrillo  
19 de marzo de 2020

Firma: \_\_\_\_\_  
Dilia Isabel Acuña Bárcenas  
19 de marzo de 2020

***Declaración de exoneración de responsabilidad***

Declaramos que la responsabilidad intelectual del presente trabajo es exclusivamente de sus autores. La Universidad del Rosario no se hace responsable de contenidos, opiniones o ideologías expresadas total o parcialmente en él.

Firma:   
Astrid María Bracho Carrillo  
19 de marzo de 2020

Firma: \_\_\_\_\_  
Dilia Isabel Acuña Bárcenas  
19 de marzo de 2020

## Tabla de Contenido

Análisis de la Gestión de Residuos Peligrosos en el Sector Industrial Manufacturero en la Ciudad de Bogotá.....	1
Resumen.....	1
Introducción.....	3
Método.....	7
Generación de residuos peligrosos en la industria manufacturera en Bogotá.....	10
Conclusiones.....	24
Referencias.....	26

## Lista de Tablas

Tabla 1. Métodos de tratamiento de acuerdo con las características de peligrosidad.....	5
Tabla 2. Divisiones CIIU3 del sector Industrial Manufacturero.....	7
Tabla 3. Estadísticas descriptivas sobre Cantidad Total de Residuos o Desechos Peligrosos generada en el período de balance, por divisiones CIIU3 del sector Industrial Manufacturero.....	12
Tabla 4. Estadísticas descriptivas sobre cantidad total de Respel por corriente de residuos o desechos peligrosos en la industria manufacturera, 2017.....	19

## Lista de Figuras

Figura 1. Jerarquía en la gestión de residuos .....	4
Figura 2. Participación de las divisiones de la industria del sector manufacturero por tamaño de empresa.....	13
Figura 3. Manejo de Respel por divisiones del sector Industrial manufacturero, 2017.....	17
Figura 4. Participación de las divisiones del sector Industrial manufacturero por corriente de residuos peligrosos. ....	18

# **Análisis de la Gestión de Residuos Peligrosos en el Sector Industrial Manufacturero en la Ciudad de Bogotá**

## **Resumen**

En la actualidad, existe una gran preocupación por la generación, gestión y manejo de los residuos peligrosos, ya que éstos tienen un impacto negativo en la salud pública y en el ambiente si no son manejados correctamente. En ese sentido, este trabajo se enfoca en analizar la gestión de los residuos peligrosos – Respel- del sector manufacturero en la ciudad de Bogotá, teniendo en cuenta que dicha industria representa el 50% de la generación total de Respel. Para ello se realizó una revisión documental y se analizó el Registro de Generadores de Respel. Se destaca que el subsector de la industria manufacturera que más emite Respel es la Fabricación de otros productos minerales no metálicos. El manejo que principalmente le dan se enfoca en la disposición final por parte terceros, y solo algunos subsectores priorizan el tratamiento y el aprovechamiento. Además, la corriente de desecho peligroso que más se genera es Y12 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, y el que menos se genera es la corriente Y29 - Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio.

***Palabras clave:*** Residuos peligrosos, sector manufacturero, gestión, manejo, fabricación de maquinaria y equipo.

## **Abstract**

Currently, there is great concern about the generation, management and handling of hazardous waste, since it has a negative impact on public health and the environment if it is



not managed correctly. In this sense, this work focuses on analyzing the management of hazardous waste - Respiration of the manufacturing sector in the city of Bogotá, taking into account that said industry represents 50% of the total generation of Respel. For this, a documentary review was carried out and the Respel Generators Registry was analyzed. It is highlighted that the Subsector of the manufacturing industry that emits the most Breathing is the Manufacture of other non-metallic mineral products. The management that they mainly give focussed on the final disposal of third parties, and only some subsectors prioritize treatment and use. In addition, the most generated hazardous waste stream is Y12 - Wastes resulting from the production, preparation and use of inks, dyes, pigments, paints, lacquers or varnishes, and the list generated are the Y29 stream - Waste that has as constituents: Mercury, mercury compounds.

***Key words:*** Hazardous waste, manufacturing sector, management, handling, manufacture of machinery and equipment.

## Introducción

El desarrollo del sector industrial en las sociedades modernas se ha convertido en un problema ambiental debido al consumo y agotamiento de los recursos naturales, a las emisiones derivadas de sus procesos productivos, y a la producción de grandes y complejas cantidades de residuos industriales peligrosos (Salihoglu, 2010).

Además, la gran variedad de productos y servicios que llegan al mercado mundial, así como las tendencias en su demanda, han estimulado el uso de nuevos materiales, sustancias y productos a un ritmo cada vez más acelerado, aumentando la generación de residuos o desechos peligrosos derivados de las diferentes actividades económicas (IDEAM, 2016, pág. 11).

De acuerdo con el artículo 2.2.6.1.1.3 del Título 6. Residuos Peligrosos. Capítulo 1. Sección 1. Del Decreto 1076 de 2015, Decreto Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible, un residuo o desecho peligroso (RESPEL) “es aquel residuo o desecho que por sus características corrosivas, reactivas, explosivas, tóxicas, inflamables, infecciosas o radiactivas puede causar riesgo o daño para la salud humana y el ambiente. Así mismo, se considera residuo o desecho peligroso los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos”.

Considerando que los residuos peligrosos desde su generación hasta su destino final son potencialmente generadores de impactos ambientales negativos, uno de los primeros pasos para planear y desarrollar de manera adecuada el sistema de manejo y gestión, es estudiar la cantidad, tipo y composición de los residuos industriales (Koolivan et al., 2017). Por lo tanto, en el marco del desarrollo sostenible y los principios ambientales de prevención y precaución, es necesario definir jerarquías en las estrategias de gestión, previniendo la generación de residuos en la fuente, siendo la disposición final de los mismos la última opción, como se observa en la Figura 1.

La prevención, como primer paso de la gestión de los residuos industriales, promueve la minimización en la generación de residuos y precave los riesgos inherentes a su manejo, involucrando una política de producción más limpia, orientada a la autogestión, que depende en gran parte del cambio de conducta del agente generador. En segundo orden, se debe fomentar la recuperación de materiales en un contexto de eficiencia económica y ambiental, involucrando tanto el reciclaje como cualquier valorización de residuos, incluyendo la valorización térmica (Martínez, 2005).



*Figura 1. Jerarquía en la gestión de residuos*  
Fuente: Martínez, 2005.

En tercer orden, se encuentra el tratamiento, el cual involucra procesos de transformación ambientalmente aceptables, con el propósito de reducir el volumen y la peligrosidad de los residuos. El método puede ser elegido conforme a las características de peligrosidad de éstos, tal como se muestra en la siguiente Tabla, en la que se presentan las mejores técnicas disponibles para cada una de las características. Y finalmente, la disposición final de los residuos que tiene como objetivo el confinamiento de los mismos, minimizando las liberaciones de contaminantes al ambiente.

Tabla 1. Métodos de tratamiento de acuerdo con las características de peligrosidad

Características peligrosas	Método de tratamiento				
	Físico	Químico	Biológico	Térmico	Solidificación / Estabilización
Explosivo		X	X		
Inflamable		X	X	X	
Reactivo	X	X			
Corrosiva		X			X
Tóxica	X	X	X	X	X

Fuente: Jin Choi et al., 2019.

Por lo tanto, la adecuada gestión de los residuos abarca un conjunto de medidas preventivas, que deben contemplar tanto la disminución de su generación como las características de su peligrosidad y asegurar el uso de prácticas de gestión ambientalmente adecuadas en el almacenamiento, transporte, reciclado, tratamiento y disposición final de los residuos. Para ello es esencial conocer la real dimensión y complejidad del problema, a efectos de diseñar soluciones adecuadas, sobre la base de una visión sistémica (Martínez, 2005, pág. 45).

De acuerdo con la información reportada en el Convenio de Basilea Sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación, los tres mayores generadores de residuos peligrosos a nivel mundial en el año 2016 fueron Rusia (5.441 millones de toneladas), China (53,5 millones de toneladas) y Alemania (17,2 millones de toneladas); mientras que los países con menor generación fueron Santa Lucía en el mar Caribe (1.716 toneladas), Guinea Bisáu en África (1.800 toneladas) y Andorra ubicada en el Suroeste de Europa (1.923 toneladas) (IDEAM, 2017, pág. 13).

Por su parte, en Colombia para el año 2017, según el IDEAM la generación de residuos o desechos peligrosos (RESPEL) fue de 489.058 toneladas, con un incremento del 28% respecto al 2016, dicha información fue reportada a las autoridades ambientales por 14.067 establecimientos, de estos el 18% corresponde al Registro Único Ambiental (RUA) manufacturero. Los tres departamentos donde se reportó la mayor generación de residuos peligrosos fueron: Bogotá, Antioquia y Casanare, en estos dos últimos, su mayor generación

fue atribuida al sector de hidrocarburos y a la generación de residuos de mezclas de emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua.

Particularmente, la ciudad de Bogotá en el 2017 reportó una generación de 70,000 toneladas (Ton) que representa el 14% de la generación a nivel nacional, información reportada sólo por el 38% de los inscritos en el Registro de Generadores (IDEAM, 2017). Por su parte, el “Diagnóstico de la situación actual de los residuos peligrosos en el Distrito Capital” (2010), estimó que la industria manufacturera es el sector que aporta la mayor cantidad de RESPEL a la ciudad con 87.246 Ton/año, lo que representa el 58,33% del total que se genera en la ciudad.

Si bien existen diversos estudios sobre la gestión de RESPEL, estos no se enfocan solamente en el sector industrial manufacturero, por lo tanto, el objetivo de la presente investigación es analizar la gestión de residuos peligrosos de dicho sector en la ciudad de Bogotá, haciendo revisión de literatura sobre Respel, identificando el comportamiento del sector de acuerdo a los datos del IDEAM y la Secretaría Distrital de Ambiente, y generando recomendaciones que permitan mejorar los resultados de la gestión de Respel en la industria manufacturera, dicho ejercicio permitirá tener información sectorizada para la toma de decisiones normativas, ambientales, innovadoras y empresariales. Este trabajo se divide en cuatro apartados: iniciando con esta introducción, seguido del método, posteriormente el análisis de los datos de generación de residuos peligrosos en la industria manufacturera en Bogotá y finalmente las conclusiones y recomendaciones.

## Método

Para el desarrollo del documento se aplicó una metodología cualitativa y cuantitativa. En la parte cualitativa se hizo una revisión bibliográfica de diferentes documentos teóricos y analíticos respecto a la gestión de residuos peligrosos como: convenios internacionales, políticas, informes institucionales, entre otros, desde lo global a lo local, logrando obtener información relevante para justificar el análisis y obteniendo referentes teóricos del tema. El proceso realizado se enfocó en tres pasos: recopilación, selección bajo los criterios de calidad y relevancia, y revisión.

Respecto a la metodología cuantitativa, en primer lugar, se obtuvo del IDEAM y la SDA, la base de datos del Registro de Generadores del 2017, la cual cuenta con un total de 3.138 registros, esta se alistó mediante el paquete estadístico R, acotándola únicamente a los datos del sector manufacturero de Bogotá comprendido en la Clasificación Industrial Internacional Uniforme (CIIU, Rev. 3 A.C.) a las divisiones 15 a 33 (Ver Tabla 2).

*Tabla 2. Divisiones CIIU3 del sector Industrial Manufacturero*

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
15	Elaboración de productos alimenticios y bebidas
16	Elaboración de productos de tabaco
17	Fabricación de productos textiles
18	Fabricación de prendas de vestir
19	Curtido y adobo de cueros
20	Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles
21	Fabricación de papel y de productos de papel
22	Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones
23	Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear
24	Fabricación de sustancias y productos químicos
25	Fabricación de productos de caucho y plástico
26	Fabricación de otros productos minerales no metálicos
27	Fabricación de metales comunes
28	Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo
29	Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p.
30	Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática

<b>Código</b>	<b>Descripción</b>
31	Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p
32	Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones
33	Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes

Fuente: Elaboración propia.

La base de datos está constituida por la siguiente información: municipio, actividad económica código CIU, corriente o tipo de residuo, descripción del residuo, estado de la materia, cantidad almacenada al final del periodo, cantidad almacenada al inicio del periodo, cantidad total almacenada por el generador, cantidad entregada al final del periodo, cantidad entregada al inicio del periodo, cantidad total entregada por terceros, razón social del tercero, cantidad aprovechada por el generador, tipo de aprovechamiento, cantidad aprovechada por el tercero, tipo de aprovechamiento, razón social del tercero, cantidad tratada por el generador, tipo de tratamiento, cantidad tratada por terceros, tipo de aprovechamiento, razón social del tercero, cantidad dispuesta por el generador, tipo de disposición, cantidad dispuesta por terceros, tipo de disposición, razón social del tercero, generación total.

La generación de los RESPEL en Colombia está dada por los siguientes componentes (IDEAM, 2017):

Generación de RESPEL= cantidad total almacenada por el generador + cantidad total almacenada por terceros + aprovechamiento por terceros + tratamiento por el generador + tratamiento por terceros + disposición por el generador + disposición por terceros.

Para el procesamiento y análisis de datos, se implementó el método factorial de análisis de correspondencia simple ACS, el cual consiste en describir tablas de contingencia (TC), por medio de representaciones geométricas al analizar la información reportada en la fila denomina perfil fila, así como por columna denominada perfil columna. El principal objetivo del ACS es describir las principales correspondencias entre las columnas y filas. (Pardo, C. E., & Ortiz, J.,2004).

En la caracterización de las clases se utilizó la función `cluster.carac` disponible en la librería `factorclass` de R, la cual por medio de los valores `test`, que son índices descriptivos construidos para identificar las variables que caracterizan positivamente o negativamente a cada clase. Los valores `test` seleccionados son aquellos donde su porcentaje dentro de la clase es lo suficientemente superior al porcentaje global (Pardo & Del Campo, 2007).



## **Generación de residuos peligrosos en la industria manufacturera en Bogotá**

Uno de los instrumentos importantes para identificar y analizar cómo es la gestión de Respel en Colombia es el Registro de Generadores, en el cual se conoce el manejo de los residuos peligrosos del sector productivo e industrial del país, con el fin de planear y tomar decisiones tendientes a la prevención, minimización y adecuada gestión de los residuos peligrosos. La presentación del registro de Respel es de obligatorio cumplimiento para los generadores cuya producción supere los 10 kg/mes.

La información es reportada por las empresas debidamente inscritas en el Registro, vía web y según el tipo de generador pequeño (entre 10 y 100 kilos por mes), mediano (entre 100 y mil kilos por mes) y gran generador (más de 1.000 kilos por mes). Posteriormente, las autoridades ambientales correspondientes como la Corporación de Desarrollo Sostenible, las Corporación Autónoma Regional y las Autoridades Ambientales Urbanas hacen la captura de los datos y revisión de la información y la transmiten al IDEAM, esta entidad genera el Informe Nacional de Generación y Manejo de Residuos o Desechos Peligrosos y realiza el reporte de información correspondiente al Convenio de Basilea.

Al manipular la base de datos, se evidenció que el generador no tiene claridad sobre la identificación de los residuos que genera, es decir, un tipo de residuo se ajusta a diferentes opciones de clasificación, generando confusión. Esta situación se asemeja a lo expresado por Cifrian et al., (2015) actualmente la cantidad de datos de residuos son disponibles y publicados; sin embargo, hay significativas limitaciones del tipo de reportes, como son la heterogeneidad de la fuente de los datos y la variabilidad de la terminología para definir cada tipo de residuo. Al respecto, se han realizado cambios al Generador para mejorar la calidad de la información reportada, algunas acciones han sido: palabras claves para identificar el tipo de residuo peligroso, posibilidad de adjuntar documentos soporte, y recuperación de usuario y clave.

Considerando lo mencionado anteriormente, se tomó la base de los registros reportados en el 2017 por divisiones CIIU3 del sector Industrial Manufacturero y se analizó la cantidad

total de residuos peligrosos, identificando que (ver Tabla 3): la división que tiene el mayor promedio de Respel generados es la división 29- Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p. con un valor de 28627.6 superando por aproximadamente 10.000 unidades al segundo mayor promedio (19-Curtido y adobo de cueros), mientras que las divisiones que en promedio tienen una menor emisión de residuos son: 26-Fabricación de otros productos minerales no metálicos (219,64), 30-Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática (636,70) y 16-Elaboración de productos de tabaco (659,50).

La empresa con el valor máximo de Respel generados se encuentra en la división que tiene el mayor promedio y tiene un valor de 1114695.40, seguida por la división 32-Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones que tiene una empresa que genero un total de 580242.50 residuos o desechos peligrosos. Además, 13 de las 19 divisiones del sector industrial manufacturero tienen empresas que registran un total de cero residuos o desechos peligrosos emitidos, esto puede explicarse porque las empresas realizan un aprovechamiento total de sus materias primas o insumos logrando minimizar la generación de Respel, o porque los desechos generados no superan las cantidades mínimas establecidas para ser reportado (10 kg/mes).

La división con mayor volatilidad de residuos peligrosos generados en el sector Industrial Manufacturero es la numero 29 -Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p., que presenta la desviación estándar más alta del sector; los cuales deben mejorar su capacidad técnica para el manejo y tratamiento de los residuos peligrosos que necesariamente se van a producir a pesar de los esfuerzos de minimizarlos. Por el contrario, la división 26 Fabricación de otros productos minerales no metálicos tiene la menor volatilidad del sector con una desviación estándar de 545,55 unidades.

*Tabla 3. Estadísticas descriptivas sobre Cantidad Total de Residuos o Desechos Peligrosos generada en el período de balance, por divisiones CIIU3 del sector Industrial Manufacturero*

<b>División Industria Manufacturera</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
15	1854,26	66,50	3879,24	20229,20	0,00	2,09
16	659,50	261,00	1355,74	3995,00	2,00	2,06
17	7162,61	376,00	22136,66	116790,00	0,00	3,09
18	9854,16	434,00	42675,30	502153,00	0,00	4,33
19	17881,64	567,50	36821,61	127500,00	3,00	2,06
20	6503,65	138,80	40666,52	478193,00	0,00	6,25
21	4951,64	489,03	11994,68	80471,00	0,00	2,42
22	1885,10	101,60	6123,16	71990,00	0,00	3,25
23	1203,03	172,80	2547,96	16080,00	0,00	2,12
24	6861,20	178,40	19929,75	135957,00	0,00	2,90
25	2054,22	262,25	6796,03	70105,00	0,00	3,31
26	219,64	12,00	545,55	1456,50	0,00	2,48
27	2802,12	214,00	7580,63	40292,00	1,00	2,71
28	9420,58	173,00	56601,33	396820,00	0,00	6,01
29	28627,29	891,45	127805,79	1114695,40	0,10	4,46
30	636,70	940,00	546,86	964,70	5,40	0,86
31	1035,27	33,05	6279,15	50220,30	0,00	6,07
32	7941,54	154,00	53145,79	580242,50	0,00	6,69
33	10162,89	75,64	55370,63	341740,00	0,67	5,45

Fuente: Elaboración propia.

Al comparar las divisiones se observa que las que tienen una mayor variabilidad relativa son las divisiones 32-Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones y 20-Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, excepto muebles con un coeficiente de variación de 6.69 y 6.25 respectivamente, es decir, que existe una alta dispersión entre el comportamiento medio de la acumulación de los residuos entre las empresas de estos subsectores, quizá porque algunas cuentan con procedimientos específicos para recolección o tratamiento con terceros y otras no. De manera inversa, la que presenta una menor variabilidad relativa es la división 30-Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática con un coeficiente de variación de 0.86, es decir, que existe un

alto grado de homogeneidad en la cantidad de Respel generada dentro de las empresas de ese subsector.

Una adecuada gestión de Respel se garantiza en la medida en que se conecta de manera oportuna el manejo interno de estos por parte del generador, con el manejo externo de los transportadores, logrando técnica y ambientalmente un manejo final adecuado del residuo. La Ley 1252 de 2008, en concordancia con el Decreto 1076 de 2015 señala que “el generador será responsable de los residuos peligrosos que él genere. La responsabilidad se extiende a sus efluentes, emisiones, productos y subproductos, y por todos los efectos ocasionados a la salud y al ambiente” (Artículo 2.2.6.1.3.2).

En la Figura 2, se puede ver la participación por el tamaño de las empresas en el sector manufacturero, donde el tamaño depende del número de empleados, el DANE (2009) lo definen así: si la empresa tiene menos de 11 empleados es una Microempresa, menos de 51 es considerada como Pequeña y aquellas empresas constituidas por menos de 201 empleados como Medianas o Grandes.

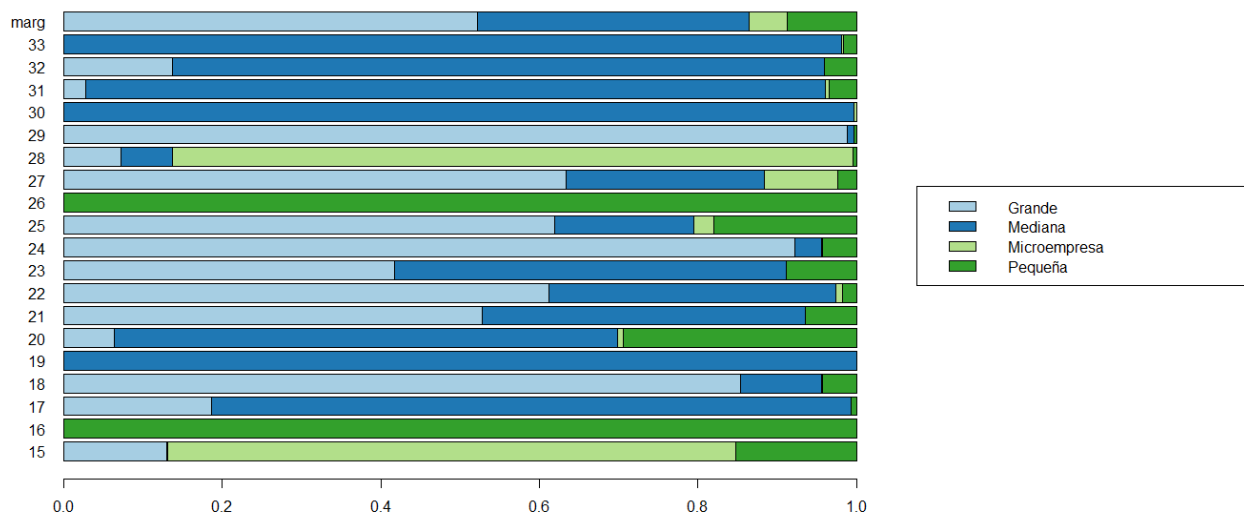


Figura 2. Participación de las divisiones de la industria del sector manufacturero por tamaño de empresa.

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Se puede ver como las microempresas solo tienen una participación visualmente considerable en las divisiones 15, 27 y 28, en donde solo en dos de las divisiones (15 y 28) su participación sobre el total de residuos es mayor al promedio de las microempresas y en el resto de las divisiones, las empresas de este tamaño tienen una participación pequeña (sector 30) o no tienen participación (como es el caso de la división 18), esto puede explicarse porque las empresas realizan un aprovechamiento total de sus materias primas o insumos logrando minimizar la generación de Respel, o porque los desechos generados no superan las cantidades mínimas establecidas para ser reportado (10 kg/mes).

Los tamaños de empresas Pequeñas, Medianas y Grandes abarcan un mayor número de divisiones, donde por su parte las Pequeñas empresas destacan por tener una participación total mayor al promedio de estas en las divisiones 16, 20, 25 y 26, donde resaltan las divisiones 16-Elaboración de productos de tabaco y 26-Fabricación de otros productos minerales no metálicos en las que la participación del total de residuos de empresas compuestas por menos de 11 personas es casi del total.

Por otro lado, las empresas Medianas cuentan con una gran concentración (mayor al promedio de empresas Medianas) del total de residuos peligrosos producidos en las divisiones 17-Fabricación de productos textiles, 19 - Curtido y adobo de cueros, 20-Producción de madera y fabricación de productos de madera y corcho, 21 - Fabricación de papel y de productos de papel, 23-Fabricación de coque, productos de la refinación del petróleo y combustible nuclear, 30-Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática, 31-Fabricación de maquinaria y aparatos eléctricos n.c.p, 32-Fabricación de equipo y aparatos de radio, televisión y comunicaciones y 33-Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes, en donde destacan por su participación en la mayoría de estas y en algunos casos toman casi el total de la división como es el caso de Curtido y adobo de cueros (19) y Fabricación de maquinaria de oficina, contabilidad e informática (30).

Las empresas Grandes tienen un comportamiento parecido a las medianas empresas, estas cuentan con gran participación en varias divisiones del sector manufacturero, como se da en

las divisiones 22-Actividades de edición e impresión y de reproducción de grabaciones, 18-Fabricación de prendas de vestir, 24-Fabricación de sustancias y productos químicos y 29-Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p, tomando en estas tres últimas divisiones una participación casi del total de residuos peligrosos producidos en la división.

Tener en cuenta el tamaño de la empresa que genera Respel, permitirá enfocar acciones empresariales y de política pública de acuerdo a las dificultades o limitaciones principalmente de las medianas, pequeñas y microempresas, dentro de las cuales se pueden encontrar: la capacidad limitada para implementar tecnologías que generen una producción más limpia y disminuir así la generación de Respel; contratación del servicio de almacenamiento, tratamiento y disposición final con gestores no autorizados y/o falta de seguimiento a los mismos; ver el componente ambiental como una carga y no como una ventaja competitiva; e incluso la entrega de información incompleta, irregular o nula en el registro de generación de Respel.

Un sistema típico de manejo de residuos peligrosos consta de los componentes de recolección, transporte, tratamiento y disposición final de los residuos. (Misra y Pandey, 2005). A continuación, se detalla el manejo dado a los Respel en la industria manufacturera específicamente en las etapas de almacenamiento, aprovechamiento, tratamiento y disposición final.

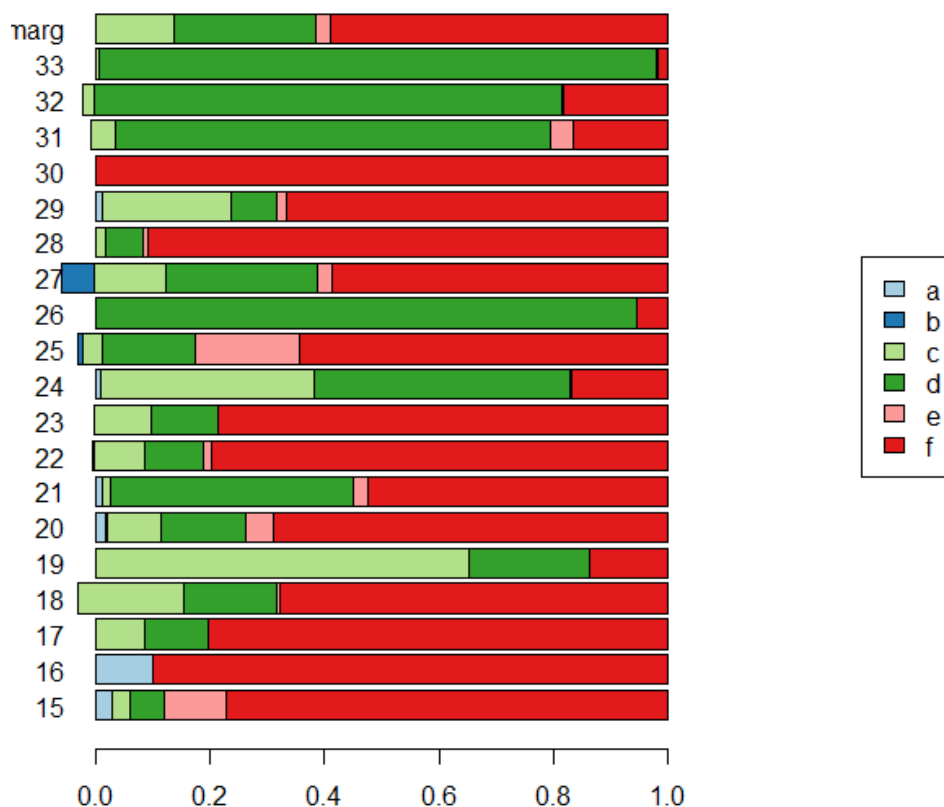
La Figura 3 muestra el manejo de los residuos peligrosos considerando las cantidades almacenadas, aprovechadas, tratadas y dispuestas. En ese sentido, la cantidad dispuesta por terceros durante el período de balance tiene una mayor participación en el sector a diferencia de los otros manejos, seguido por la cantidad tratada por terceros durante el período de balance y la cantidad valorizada y/o aprovechada por terceros durante el período de balance.

El resto de los tipos tienen una participación mínima que se logra ver en la barra “marg” la cual representa el promedio de residuos según cada manejo, la barra que solo está constituida visualmente por 4 de los 6 tipos. Es de resaltar que la división 27 tiene un comportamiento promedio ya que las participaciones se asemejan a la “marg”.

El manejo F tiene una participación mayor al promedio en 11 de las 19 divisiones del sector (participando en cada una de ellas), resaltando la división 30 en donde tiene una participación del total, por el contrario, la división en donde su participación es baja o mucho menor que el promedio es en la 33. Otro manejo que participa en la mayoría de las divisiones del sector es tipo D representado por el color verde oscuro, este tipo destaca en las divisiones 33 (donde toma su mayor participación), 32, 31, 26, 24 y 21, en el resto toma valores menores a su promedio.

En este orden, el tercer manejo es el tipo C, donde se valoriza o se aprovecha los materiales que componen el residuo peligroso con actividades como la recuperación, el reciclado o la regeneración, este se destaca en las divisiones 19-Curtido y adobo de cueros, 24-Fabricación de sustancias y productos químicos y 29-Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p, aunque solo tiene una participación mayor al resto de tipos de manejo en la 19, este manejo encuentra su menor participación en la división 21-Fabricación de papel y de productos de papel.

El resto del manejo de residuos tienen una baja participación, aunque teniendo como referencia la barra “marg” puede decirse que el tipo de residuo E o Cantidad dispuesta por el generador durante el período de balance tiene una participación mayor a su promedio en 4 de las divisiones, resaltando 25-Fabricación de productos de caucho y plástico donde tiene una participación parecida al tipo D y superior al tipo C. En efecto, no todas las empresas cuentan con la capacidad de disponer de los Respel que generan, para lo cual la mayoría (como lo muestra la Figura 3) lo hacen a través de terceros, teniendo en cuenta lo que señala el IDEAM (2017) respecto a la disposición “la cual debe hacerse en lugares especialmente seleccionados, diseñados y debidamente autorizados, para evitar la contaminación y los daños o riesgos a la salud humana y el ambiente” (Pág. 53).



*Figura 3. Manejo de Respel por divisiones del sector Industrial manufacturero, 2017.*

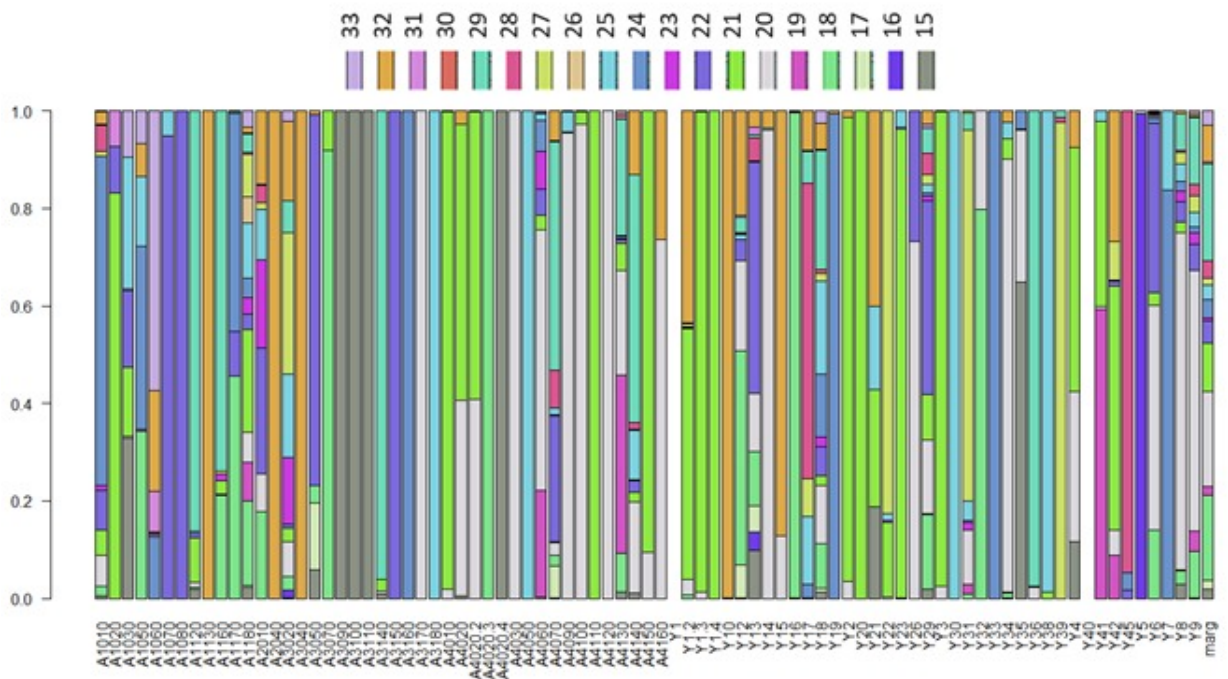
Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente.

Nota: A. Cantidad almacenada por el generador al final del período de balance menos la Cantidad almacenada por el generador al inicio del período de balance.; B. Cantidad almacenada por Terceros al final del período de balance menos la Cantidad almacenada por Terceros al inicio del período de balance.; C. Cantidad valorizada y/o aprovechada por terceros durante el período de balance.; D. Cantidad tratada por terceros durante el período de balance.; E. Cantidad dispuesta por el generador durante el período de balance.; F. Cantidad dispuesta por terceros durante el período de balance.

Aquellos subsectores en los cuales la mayor proporción de Respel se llevan a disposición por un tercero, deben reducir la cantidad de residuos peligrosos que van a sitios de disposición final, mediante el aprovechamiento máximo cuando sea factible y económicamente aceptable, fortaleciendo los programas de gestión integral al interior de las empresas, interviniendo principalmente en las primeras etapas de la gestión, a saber, minimización, aprovechamiento y tratamiento.



La Figura 4 analiza la participación de las divisiones del sector industrial manufacturero por corriente de desechos peligrosos, observando que ninguna división tiene participación en las corrientes Y1 y Y40, y que las corrientes A1070, A1080, A1130, A2040, A3090, A3100, A3110, A3150, A3160, A3170, A3180, A4020.3, A4020.4, A4030, A4050, A4120, Y1-4, Y10, Y16, Y20, Y30 y Y33 están en una sola división, la cual concentra el total de residuos emitidos, además se aprecia que son pocos los niveles de riesgo que albergan todas las divisiones del sector.



*Figura 4. Participación de las divisiones del sector Industrial manufacturero por corriente de residuos peligrosos.*

Fuente: Elaboración propia a partir de datos de la Secretaría Distrital de Ambiente.

A partir de la barra “marg” que muestra el comportamiento promedio de un nivel de riesgo se logran identificar las siguientes características:

La división 21-Fabricación de papel y de productos de papel tiene varios niveles de riesgo con participaciones mayor al promedio y en algunos casos como en los niveles A4010, Y13, Y14, Y23 y Y3 llega a representar el total del nivel de riesgo, caso similar a la división 15-

Elaboración de productos alimenticios y bebidas para los niveles A3090, A3100, A3110 y A4020, estos comportamientos podrían generar que a un nivel de riesgo se le asocie con una sola división, lo que quiere decir que estas empresas manufactureras en sus procesos productivos generan diferentes tipos de residuos peligrosos.

Existen divisiones que tienen participación en escasos niveles de riesgo, como el caso de la numero 33 o Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes donde solo se destaca considerablemente en el nivel de riesgo A1060, comportamiento similar al de la división 28-Fabricación de productos elaborados de metal, excepto maquinaria y equipo que tiene solo dos participaciones muy influyentes visualmente (Y17 y Y45), debido a que estas industrias manufactureras en sus procesos productivos, solo generan esos tipos de residuos peligrosos.

Además, existen casos como los niveles de riesgo Y8 y Y9 que tienen una tendencia promedio (es decir similar a la barra “marg”), o a su vez casos como los niveles A4020 y A40240.2 los cuales tienen participaciones similares de las mismas divisiones.

En la Tabla 4, se analiza la cantidad total de Respel generado en el 2017, por corriente de desechos peligrosos, teniendo como resultado que: la corriente de residuo que presenta la mayor emisión es la Y12 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices- con un total de 580243, seguida por Y16 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos con un total de 502153 residuos emitidos.

*Tabla 4. Estadísticas descriptivas sobre cantidad total de Respel por corriente de residuos o desechos peligrosos en la industria manufacturera, 2017*

<b>Corriente de residuo peligroso</b>	<b>Promedio</b>	<b>Mediana</b>	<b>Desviación</b>	<b>Max</b>	<b>Min</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
Y8	4416,94265	199	37614,3244	467378	0	8,515918674
Y12	8969,62658	311	47523,2834	580243	0	5,298245472

Corriente de residuo peligroso	Promedio	Mediana	Desviación	Max	Min	Coefficiente de Variación
A4130	3134,1918	78	14794,8072	127500	0	4,720453662
Y9	6996,3598	567	32765,6004	361300	0	4,683235473
Y17	12142,2175	298,085	54515,4348	396820	0	4,489743073
A4070	2083,55299	68	8379,30973	648500	0	4,021644655
Y31	868,552857	56,765	3477,00935	185000	0	4,00322136
Y29	91,1320725	17	359,950058	46780	0	3,949762663
Y16	29430,7533	629	108932,543	502153	44	3,701316848
A4090	9355,17533	200	34222,0379	133000	0	3,658086208

Fuente: Elaboración propia.

Nota: Y8 Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados. Y12 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices. A4130 Envases y contenedores de desechos. Y9 Mezclas y emulsiones de desechos de aceite y agua o de hidrocarburos y agua. Y17 Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos. A4070 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices, con exclusión de los desechos. Y31 Desechos que tengan como constituyentes: Plomo, compuestos de plomo. Y29 Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio. Y16 Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos. A4090 Desechos de soluciones ácidas o básicas.

En promedio las dos corrientes con mayor cantidad total emitida es Y16 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos y Y17 - Desechos resultantes del tratamiento de superficie de metales y plásticos que toman valores promedio de 29430.75 y 12142.21 respectivamente, así mismo, los de menor cantidad promedio emitida son Y29 - Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio (91.13) y Y31 - Desechos que tengan como constituyentes: Plomo, compuestos de plomo (868.55), es probable que esto suceda porque la mayoría de empresas que generan este tipo de residuos están exentas de reportar en el Registro de Generadores, debido a que producen cantidades inferiores a 10 Kilos al mes.

En cuanto a volatilidad sobre la cantidad total emitida, las corrientes Y29 - Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio y Y16 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de productos químicos y materiales para fines fotográficos presentan las volatilidades más bajas y altas de la industria respectivamente. Dentro del sector, también se observa que la corriente Y8 - Desechos de aceites minerales no aptos para el uso al que estaban destinados presenta la mayor variabilidad relativa, caso contrario de la corriente A4090 - Desechos de soluciones ácidas o básicas, que presenta el menor valor en esta medición.

A partir de la base de datos de generadores de 2017, se logró identificar el comportamiento de Respel en los subsectores de la industria manufacturera, la gestión realizada según el tamaño de la empresa, el manejo que se le da a los Respel y las corrientes de residuos peligrosos que genera el sector. Teniendo en cuenta lo anterior, a modo de recomendación se señala:

- Concentrar los esfuerzos de minimización de Respel en el subsector y las empresas que reportan la mayor generación de residuos peligrosos en la industria manufacturera, a saber, en la división 29- Fabricación de maquinaria y equipo n.c.p., a través de planes de gestión específicos para estos subsectores que establezcan metas de reducción gradual y acompañamiento por parte de las autoridades ambientales.
- Incentivar e identificar las buenas prácticas de las empresas del sector que reportan principalmente aprovechamiento y tratamiento de Respel, para lo cual se propone crear programas distritales que permitan difundir esas experiencias y se otorguen reconocimientos a dicha gestión, incluso exención de impuestos distritales.
- En el sector manufacturero, en la división 19- Curtido y adobo de cueros, es uno de los grandes aportantes de residuos peligrosos en el Distrito Capital, sin embargo, es uno de los sectores con alta informalidad, el contrabando de pieles de China impacta de manera negativa en la gestión de estos Respel, de allí su baja capacidad de gestión,

por lo que se recomienda la identificación de cluster productivos de esta división, para realizar acompañamientos de formalización y aprovechamiento del Respel, que pueda articular los empresarios y la cámara de comercio de Bogotá.

- Fomentar el aprovechamiento total de los insumos o materias primas de la industria, mejorando los procedimientos internos sobre Respel a través de la incorporación de tecnología de punta financiada desde el gobierno distrital, nacional y las empresas privadas.
- Todos los generadores de Respel deberán inscribirse en el Registro de Generadores independientemente de la cantidad que generen, lo que permitirá tener claridad con respecto a la gestión de estas empresas en materia de residuos peligrosos y su verdadero impacto ambiental.
- Implementar pilotos en el Distrito Capital para abordar la gestión de los residuos peligrosos desde la óptica de la economía circular, que permitan buscar alternativas a través de las cuales se minimice la disposición final de estos residuos.
- Crear incentivos económicos en dinero o especie que reconozcan la gestión de los residuos peligrosos mediante la celebración de acuerdos voluntarios y fuentes de financiación con créditos blandos que permitan ayudar a financiar la gestión de los residuos peligrosos de las empresas del sector manufacturero industrial, dando prioridad a las que mayor participación tienen en Respel en el país.
- Fortalecer la capacidad técnica y tecnológica de seguimiento y control de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá hacia las empresas que generan residuos peligrosos, para minimizar los riesgos de una disposición inadecuada, de tratamientos inadecuados y la potencialidad de generar sitios contaminados o pasivos ambientales.

- Realizar capacitaciones a las empresas generadoras de Respel a través de las universidades y el SENA, con el fin de que éstas identifiquen y clasifiquen de manera correcta los residuos peligrosos para un adecuado reporte en el Registro de Generadores.
- Generar campañas educativas que sean difundidas a través de medios de comunicación (radio y televisión) sobre los impactos ambientales que traen como consecuencia una disposición inadecuada de los residuos peligrosos para el ambiente y la salud de las personas.
- Actualmente, la evaluación y seguimiento a los Respel en Bogotá, le corresponde a la Subdirección de Recurso Hídrico y del Suelo de la Secretaría Distrital de Ambiente, para lo cual dicha Subdirección en el año 2017 solo le hizo seguimiento aproximadamente al 30% de las actividades que generaban Respel, por ello se sugiere que se planteen metas que permitan la evaluación total del impacto que estos Respel generan.
- En la recolección de la información se evidenció igualmente que no existe un grupo especial en la Secretaría de Ambiente dedicado exclusivamente al seguimiento y evaluación de los Respel generados, y teniendo en cuenta la importancia de esta labor se recomienda la creación de un grupo especial dedicado exclusivamente a esta labor.
- Se sugiere actualizar las normas que tienen que ver con la gestión integral de los residuos peligrosos, ya que las normas que regulan la materia datan de hace quince (15) años y a la fecha las mejoras tecnológicas de ciertos productos ponen de presente nuevos efectos y riesgos de los residuos peligrosos que deben ser contemplados en la normatividad.

## Conclusiones

La gestión de los residuos peligrosos es de vital importancia ya que permite preservar el medio ambiente y evitar riesgos en la salud, razón por la cual se debe realizar un plan adecuado para el manejo de estos de lo local hasta lo global.

La plataforma de Registro de Generadores es una herramienta útil para identificar la generación de Respel en los diferentes sectores y evaluar su manejo, sin embargo, es importante garantizar que esta sea confiable y reportada por todos los obligados.

La generación de RESPEL por la Industria manufacturera fue de 34.762 Ton, que representan aproximadamente el 50%, con respecto a la generación total en Bogotá (SDA, 2017). Específicamente el subsector que tuvo el mayor promedio de Respel generado fue la Fabricación de maquinaria y equipo, y el que menos fue el de Fabricación de otros productos minerales no metálicos.

El sector manufacturero se compone principalmente de empresas medianas y grandes, esto es importante al momento de enfocar los esfuerzos e incentivos que permitan eliminar barreras para el manejo adecuado del Respel, logrando ventajas competitivas a través de la implementación de nuevas tecnologías y mejorando los procesos tanto internos como externos.

Respecto a manejo de los Respel se evidenció principalmente el sector se evoca a la disposición final por parte de terceros, seguido por la cantidad tratada por terceros, es decir, que hay una oportunidad de mejora en la medida en que las empresas implementen planes de gestión enfocados principalmente a la prevención, minimización y aprovechamiento del Respel, teniendo solo como última medida la disposición final.

Valdría la pena identificar las prácticas de las empresas del subsector 19 Curtido y adobo de cueros, 26 Fabricación de otros productos minerales no metálicos y 33 Fabricación de instrumentos médicos, ópticos y de precisión y fabricación de relojes quienes se han enfocado principalmente en el aprovechamiento y tratamiento del Respel.

Respecto a la corriente de desecho peligroso el sector genera principalmente Y12 - Desechos resultantes de la producción, preparación y utilización de tintas, colorantes, pigmentos, pinturas, lacas o barnices y la menor corriente es Y29 - Desechos que tengan como constituyentes: Mercurio, compuestos de mercurio.

Durante la investigación, en lo que respecta con la información reportada por el IDEAM, así como, la suministrada por la Secretaría de Ambiente se evidenció que la misma no arroja datos en tiempo real que se puedan utilizar para la toma de decisiones de manera oportuna.

Se considera que no hay una correcta coordinación entre la secretaría Distrital de Ambiente que se encarga de recopilar la información de los Respel, el IDEAM que se encarga de analizar y de difundir la información a través de la generación de informes, y el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible que se encarga de formular la política de los Respel, lo que debilita la evaluación, seguimiento y control de los residuos peligrosos, ya que el trabajo conjunto entre diferentes actores permitirá mejorar la gestión de los residuos peligrosos avanzando cada vez más en la prevención, aumentando el aprovechamiento de los mismos y disminuyendo al máximo su disposición final, todo ello, en el marco del desarrollo sostenible y de los principios ambientales de prevención y precaución.



## Referencias

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). Diagnóstico de la situación actual de los residuos peligrosos en el Distrito Capital.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2010). Guía para la gestión y manejo integral de residuos industria textil y Tintorería.

Alcaldía Mayor de Bogotá, D.C., Secretaria Distrital de Ambiente. (2007). Determinar los residuos peligrosos de manejo prioritario generados en Bogotá, identificar los generadores prioritarios y elaborar el diseño del plan de implementación correspondiente.

Cifrian. E., Andrés. A., Viguri. J. (2015). Developing a regional environmental information system based on macro-level waste indicators. *Ecological Indicators*. 53, p. 258-270

Cubillo. Y., González. Y., Ruiz. A., Vélez. M., Paredes. D., (2015). Estrategias de Producción más limpia para el adecuado manejo y reducción en el origen de residuos peligrosos: Caso de estudio Industrias Litográficas y Tintorerías. *Scientia et Technica*. 20, p. 396-404.

DANE. (2009). *Encuesta de Calidad de la Gestión Estatal para el Desarrollo Empresarial*. Bogotá: Dirección de Regulación, Planeación, Estandarización y Normalización .

Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (Rev. 4 A.C.). Clasificación Industrial Internacional Uniforme de todas las actividades económicas. Revisión 4 adaptada para Colombia.

IDEAM. (2016). *Informe nacional de residuos o desechos peligrosos en Colombia*. Bogotá D.C.

IDEAM. (2017). *Informe Nacional de Residuos o Desechos Peligrosos en Colombia*. Bogotá D.C.

Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. (2017). *Informe Nacional de Residuos o Desechos peligrosos en Colombia*

Jin Choi. H., Choi. Y., Whee Rhee. S. (2019). A new concept of advance management of hazardous waste in the Republic of Korea. *Waste Management Research*. 37, p 1153-1160.

Kikuchi, R., Gerardo, R., (2009). More than a decade of conflict between hazardous waste management and public resistance: a case study of NIMBY syndrome in Souselas (Portugal). *J. Hazardous. Materials*. 172, p. 1681–1685

Koolivand, A., Mazandaranizadeh, H., Binavapoor, M., Mohammadtaheri, A., Saeedi, R., (2017). Hazardous and industrial waste composition and associated management activities in Caspian industrial park, Iran. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 7, p. 9-14

Martínez, J. (2005). *Guía para la Gestión Integral de Residuos Peligrosos - Fundamentos*. Montevideo, Uruguay: Centro coordinador del Convenio de Basilea para América Latina y el Caribe.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2007). Resolución 1362: Por la cual se establece los requisitos y el procedimiento para el Registro de Generadores de Residuos o Desechos Peligrosos, a que hacen referencia los artículos 27 y 28 del Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2014). Manual técnico para el manejo de aceites lubricantes usados de origen automotor e industrial.

Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Decreto 4741 del 30 de diciembre de 2005, Por el cual se reglamenta parcialmente la prevención y manejo de los residuos o desechos peligrosos generados en el marco de la gestión integral

Ministerio de Protección Social. (30 de diciembre de 2005). <http://www.alcaldiabogota.gov.co>. Obtenido de <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>

Misra, V., Pandey, S.D. (2005). Residuos peligrosos, impacto en la salud y el medio ambiente para el desarrollo de mejores estrategias de gestión de residuos en el futuro en India. *Environmental International*. 31, p. 417- 431.

Presidencia de la República. (26 de mayo de 2015). Decreto 1076 Único Reglamentario del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=78153>.

Salihoglu, G., (2010). Industrial hazardous waste management in Turkey: current state of the field and primary challenges. *J. Hazardous. Materials*. 177, p. 42–56.

Pardo, C. E., & Ortiz, J. (2004). Análisis multivariado de datos en R. In XIV Simposio Colombiano de Estadística. Bogotá DC: memorias del simposio (pp. 0-0).

Vargas, J., González, Y, Sánchez, A., Vélez, M., Cuervo, D,. (2015). Estrategias de Producción más limpia para el adecuado manejo y reducción en el origen de Residuos Peligrosos: Caso de estudio industrias litográficas y tintorerías. *Scientia et Technica*. 20, p. 396- 405.

Universidad Nacional de Colombia, UNAL. (2007). Actualización del Inventario de Residuos peligrosos, RESPEL, para los sectores industriales manufactureros de Bogotá D.C.

Universidad Pontificia Bolivariana. (2016). Plan de residuos peligrosos para el Área metropolitana del Valle de Aburrá.

Zaman, A., Lehmann, S. (2011). Urban growth and waste management optimization towards sero waste city. *City, Culture and Society*. 17, p. 177-187