

**DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EL TRATAMIENTO Y
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LAS
BOMBILLAS COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**



**TAHLER YAMIL MAHAMUD ACEVEDO
SANTIAGO MORA ARANGO**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2012**

**DISEÑO DE LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EL TRATAMIENTO Y
APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS GENERADOS POR LAS
BOMBILLAS COMERCIALIZADAS EN LA CIUDAD DE BOGOTÁ.**

**TAHLER YAMIL MAHAMUD ACEVEDO
SANTIAGO MORA ARANGO**

TRABAJO DE GRADO

**Ing. MARTHA PATRICIA CARO
Directora**

**PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA
FACULTAD DE INGENIERÍA
CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
BOGOTÁ
2012**

Bogotá, Octubre 19 de 2012

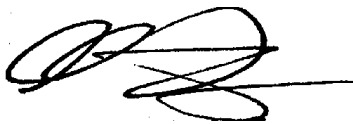
Señores
COMITÉ DE CARRERA
INGENIERÍA INDUSTRIAL
PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA

Señores Comité de Carrera:

La presente comunicación con el fin de manifestar mi conocimiento y aprobación del trabajo de grado titulado “Diseño de la cadena de suministro para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados por las bombillas comercializadas en la ciudad de Bogotá”, elaborada por los estudiantes Santiago Mora Arango, C.C. 1.136.882.396 y Tahler Yamil Mahamud, C.C. 1.020.751.813, en mi calidad de Director.

Declaro conocer y aceptar el reglamento y disposiciones de los trabajos de grado en la Carrera de Ingeniería Industrial de la Pontificia Universidad Javeriana.

Cordialmente,



Director del Trabajo de Grado

CARTA DE AUTORIZACIÓN DE LOS AUTORES

(Licencia de uso)

Bogotá, D.C., Enero 29 de 2013

Señores
Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J.
Pontificia Universidad Javeriana
Ciudad

Los suscritos:

Tahler Yamil Mahamud Acevedo, con C.C. No 1020751813
Santiago Mora Arango, con C.C. No 1136882396

En nuestra calidad de autores exclusivos de la obra titulada:
"Diseño de la cadena de suministro para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados por las bombillas comercializadas en la ciudad de Bogotá"

(por favor señale con una "x" las opciones que apliquen)
Tesis doctoral Trabajo de grado Premio o distinción: **Si** **No**

cual:
presentado y aprobado en el año 2012, por medio del presente escrito autorizamos a la Pontificia Universidad Javeriana para que, en desarrollo de la presente licencia de uso parcial, pueda ejercer sobre nuestra obra las atribuciones que se indican a continuación, teniendo en cuenta que en cualquier caso, la finalidad perseguida será facilitar, difundir y promover el aprendizaje, la enseñanza y la investigación.

En consecuencia, las atribuciones de usos temporales y parciales que por virtud de la presente licencia se autorizan a la Pontificia Universidad Javeriana, a los usuarios de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J., así como a los usuarios de las redes, bases de datos y demás sitios web con los que la Universidad tenga perfeccionado un convenio, son:

AUTORIZO (AUTORIZAMOS)	SI	NO
1. La conservación de los ejemplares necesarios en la sala de tesis y trabajos de grado de la Biblioteca.	x	
2. La consulta física o electrónica según corresponda	x	
3. La reproducción por cualquier formato conocido o por conocer	x	
4. La comunicación pública por cualquier procedimiento o medio físico o electrónico, así como su puesta a disposición en Internet	x	
5. La inclusión en bases de datos y en sitios web sean éstos onerosos o gratuitos, existiendo con ellos previo convenio perfeccionado con la Pontificia Universidad Javeriana para efectos de satisfacer los fines previstos. En este evento, tales sitios y sus usuarios tendrán las mismas facultades que las aquí concedidas con las mismas limitaciones y condiciones	x	
6. La inclusión en la Biblioteca Digital PUJ (Sólo para la totalidad de las Tesis Doctorales y de Maestría y para aquellos trabajos de grado que hayan sido laureados o tengan mención de honor.)		

De acuerdo con la naturaleza del uso concedido, la presente licencia parcial se otorga a título gratuito por el máximo tiempo legal colombiano, con el propósito de que en dicho lapso nuestra obra sea explotada en las condiciones aquí estipuladas y para los fines indicados, respetando siempre la titularidad de los derechos patrimoniales y morales correspondientes, de acuerdo con

los usos honrados, de manera proporcional y justificada a la finalidad perseguida, sin ánimo de lucro ni de comercialización.

De manera complementaria, garantizamos en nuestra calidad de estudiantes y por ende autores exclusivos, que la Tesis o Trabajo de Grado en cuestión, es producto de nuestra plena autoría, de nuestro esfuerzo personal intelectual, como consecuencia de nuestra creación original particular y, por tanto, somos los únicos titulares de la misma. Además, aseguramos que no contiene citas, ni transcripciones de otras obras protegidas, por fuera de los límites autorizados por la ley, según los usos honrados, y en proporción a los fines previstos; ni tampoco contempla declaraciones difamatorias contra terceros; respetando el derecho a la imagen, intimidad, buen nombre y demás derechos constitucionales. Adicionalmente, manifestamos que no se incluyeron expresiones contrarias al orden público ni a las buenas costumbres. En consecuencia, la responsabilidad directa en la elaboración, presentación, investigación y, en general, contenidos de la Tesis o Trabajo de Grado es de nuestra competencia exclusiva, eximiendo de toda responsabilidad a la Pontificia Universidad Javeriana por tales aspectos.

Sin perjuicio de los usos y atribuciones otorgadas en virtud de este documento, continuaremos conservando los correspondientes derechos patrimoniales sin modificación o restricción alguna, puesto que de acuerdo con la legislación colombiana aplicable, el presente es un acuerdo jurídico que en ningún caso conlleva la enajenación de los derechos patrimoniales derivados del régimen del Derecho de Autor.

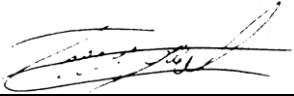

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, “*Los derechos morales sobre el trabajo son propiedad de los autores*”, los cuales son irrenunciables, imprescriptibles, inembargables e inalienables. En consecuencia, la Pontificia Universidad Javeriana está en la obligación de RESPETARLOS Y HACERLOS RESPETAR, para lo cual tomará las medidas correspondientes para garantizar su observancia.

NOTA: Información Confidencial:

Esta Tesis o Trabajo de Grado contiene información privilegiada, estratégica, secreta, confidencial y demás similar, o hace parte de una investigación que se adelanta y cuyos resultados finales no se han publicado.

Si No

En caso afirmativo expresamente indicaré (indicaremos), en carta adjunta, tal situación con el fin de que se mantenga la restricción de acceso.

NOMBRE COMPLETO	No. del documento de identidad	FIRMA
Tahler Yamil Mahamud Acevedo	1020751813	
Santiago Mora Arango	1136882396	

FACULTAD: Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO: Ingeniería Industrial

BIBLIOTECA ALFONSO BARRERO CABAL, S.J.

**DESCRIPCIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO
FORMULARIO**

TÍTULO COMPLETO DE LA TESIS O TRABAJO DE GRADO						
"Diseño de la cadena de suministro para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados por las bombillas comercializadas en la ciudad de Bogotá"						
SUBTÍTULO, SI LO TIENE						
AUTOR O AUTORES						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Mahamud Acevedo			Tahler Yamil			
Mora Arango			Santiago			
DIRECTOR (ES) TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO						
Apellidos Completos			Nombres Completos			
Caro			Martha Patricia			
FACULTAD						
Ingeniería						
PROGRAMA ACADÉMICO						
Tipo de programa (seleccione con "x")						
Pregrado	Especialización	Maestría	Doctorado			
x						
Nombre del programa académico						
Ingeniería Industrial						
Nombres y apellidos del director del programa académico						
Carlos Muñoz Rodríguez						
TRABAJO PARA OPTAR AL TÍTULO DE:						
Ingeniero Industrial						
PREMIO O DISTINCIÓN (En caso de ser LAUREADAS o tener una mención especial):						
CIUDAD		AÑO DE PRESENTACIÓN DE LA TESIS O DEL TRABAJO DE GRADO			NÚMERO DE PÁGINAS	
Bogotá		2012			155	
TIPO DE ILUSTRACIONES (seleccione con "x")						
Dibujos	Pinturas	Tablas, gráficos y diagramas	Planos	Mapas	Fotografías	Partituras
		x				
SOFTWARE REQUERIDO O ESPECIALIZADO PARA LA LECTURA DEL DOCUMENTO						
Nota: En caso de que el software (programa especializado requerido) no se encuentre licenciado por la Universidad a través de la Biblioteca (previa consulta al estudiante), el texto de la Tesis o Trabajo de Grado quedará solamente en formato PDF.						
MATERIAL ACOMPAÑANTE						
TIPO	DURACIÓN (minutos)	CANTIDAD	FORMATO			
			CD	DVD	Otro ¿Cuál?	

Vídeo					
Audio					
Multimedia					
Producción electrónica					
Otro Cuál?					
DESCRIPTORES O PALABRAS CLAVE EN ESPAÑOL E INGLÉS					
Son los términos que definen los temas que identifican el contenido. <i>(En caso de duda para designar estos descriptores, se recomienda consultar con la Sección de Desarrollo de Colecciones de la Biblioteca Alfonso Borrero Cabal S.J en el correo biblioteca@javeriana.edu.co, donde se les orientará).</i>					
ESPAÑOL			INGLÉS		
Cadena de suministro			Supply Chain		
Logística			Logistics		
Reciclaje			Recycling		
Bombillas			Lamps		
RESUMEN DEL CONTENIDO EN ESPAÑOL E INGLÉS (Máximo 250 palabras - 1530 caracteres)					
<p>El presente trabajo de grado trata la cadena de suministro para el tratamiento de residuos de bombillas en la ciudad de Bogotá con base en los gestores que se encuentran establecidos en el sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas que está desarrollando la ANDI y que comenzó su funcionamiento en junio de 2012.</p> <p>De esta manera, se realiza una propuesta en la cual se formula lo necesario para el correcto funcionamiento de la cadena según la cantidad de gestores localizados, así como los respectivos volúmenes de residuos recolectados, y los clientes encontrados para el aprovechamiento de estos residuos en la zona delimitada. Se estructuran cada uno de los eslabones de la cadena de suministro, teniendo en cuenta la oferta de materia prima y demanda de producto reciclado, determinando la maquinaria necesaria para el tratamiento de los volúmenes esperados, el tipo de planta y su localización, así como otros elementos fundamentales para poner en marcha una cadena de este tipo, como lo son mercadeo, recursos humanos, capacitación, etc.</p> <p>This paper is about the supply chain for waste treatment of bulbs in the city of Bogota. It is based on the managers who are established in the selective collection system and environmental management being developed by ANDI and began its operation in June 2012.</p> <p>Thus, a proposal is made which makes it necessary for the proper functioning of the chain according to the number of managers located as well as the respective volumes of waste collected, and found customers for the use of these residues in the defined area. Each link in the supply chain is structured, taking account of the supply of raw materials and recycled product demand, determining the necessary machinery for the treatment of the expected volumes, the kind of layout and its location as well as other key elements to launch a chain of this type, such as marketing, human resources, training, etc.</p>					

TABLA DE CONTENIDO

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	15
1.1 Antecedentes	15
1.2 Descripción del problema.	23
1.3 Formulación Del Problema	25
2. OBJETIVOS.....	26
2.1 Objetivo General	26
2.2 Objetivos Específicos	26
3. ESTUDIO DE DEMANDA Y MERCADEO PARA LA CADENA DE SUMINISTRO.....	27
METODOLOGIA	27
3.1 Residuos generados de bombillas en la ciudad de Bogotá.....	27
3.2 Estimación de unidades a recolectar en la ciudad de Bogotá.	29
3.3 Mercadeo.....	30
3.3.1 Mercadeo para sensibilizar la población.....	31
3.3.2 Mercadeo para posicionar la marca	36
4. PRODUCCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.	40
4.1 Procesos para el tratamiento de residuos a nivel mundial.	40
4.1.1 Alemania	40
4.1.2 España.....	41
4.1.3 Reino Unido.....	43
4.1.4 Japón.	44
4.1.5 Estados Unidos.	45
4.2 Maquinaria comercializada para el tratamiento de residuos en el mundo.	45
Tabla 19. Maquinaria comercializada para el tratamiento de residuos.....	46
4.3.1 Evaluación y comparación	46
4.3.2 Selección.....	48
4.3.3 Descripción detallada de la máquina seleccionada	49
4.3.4 Instalación de la máquina seleccionada	50
4.3.5 Destilador de mercurio.....	51
4.3.6 Costo e Instalación del destilador.....	51
4.3.7 Compresor de aire.....	51
4.4 Descripción del proceso de Reciclaje	52
4.5 Elementos resultantes del proceso de reciclaje.....	52
4.6 Manejo de inventarios de producto terminado.....	57
4.7 Operación de la planta.	61
4.7.1 Empleados necesarios.....	61
4.8 Organigrama.	63
5. APROVISIONAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	68

5.1 Modelo de logística inversa.....	68
5.2 Gestión de proveedores.....	69
5.2.1 Descripción de Proveedores de Materia prima.....	70
5.2.2 Selección de proveedores de materia prima.....	73
5.2.3 Comunicación entre proveedor y operador logístico.....	74
5.3 Transporte de proveedor a planta.....	74
5.3.1 Requisitos Del Vehículo.....	75
5.3.2. Definición de Responsabilidad de la materia prima.....	77
5.3.3 Informes del operador logístico.....	77
5.5.6 Criterio para realizar operaciones de transporte de proveedor a planta.....	77
5.6 Manejo Cargue y Descargue.....	78
5.6.1 Contenedores.....	78
5.6.2 Proceso de Cargue.....	83
5.6.3 Proceso de Descargue.....	86
5.6.4 En caso de rotura.....	87
5.7 Inventario de Materia Prima.....	87
5.8 Medidas de desempeño de proveedores.....	90
5. CLIENTES DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	93
5.1 Clientes potenciales para cada tipo de material obtenido.....	93
5.1.1 Clientes potenciales para Metales.....	94
5.1.2 Clientes potenciales para Plástico.....	95
5.1.3 Clientes potenciales para Vidrio.....	97
5.1.4 Clientes potenciales para Mercurio.....	98
5.2 Comunicación de la planta con el cliente.....	98
5.3 Transporte.....	98
5.3.1 Manejo de Cargue y Descargue.....	98
5.5 Evaluación desempeño de clientes.....	100
6. DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTA DE LA CADENA DE SUMINISTRO.....	102
6.1 Propuesta de planta.....	102
6.2 Localización de instalaciones.....	104
6.2.1 Método de centro de gravedad.....	106
6.3 Selección de instalaciones.....	108
6.4 Definición de Rutas.....	111
6.4.1 Ruta Noroccidente.....	114
6.4.2 Ruta Suroccidente.....	115
6.4.3 Ruta Oriente.....	117
6.5 Normatividad Ambiental.....	118
6.5.1 Licencia ambiental.....	118
6.5.1.1 Estudio de impacto ambiental.....	119

6.5.1.2 Solicitud Licencia Ambiental.....	120
6.5.2 Registro único Ambiental.....	120
6.5.3 Emisiones atmosféricas.....	121
6.6 Otras exigencias legales.....	122
6.6.1 Concepto sanitario.....	122
6.6.2 Concepto del cuerpo oficial de bomberos.....	123
6.6.3 Certificado no usuario Sayco & Acimpro.	123
6.7 Constitución como empresa.	123
7. ANALISIS FINANCIERO	125
7.1 Mano de obra.....	125
7.2 Servicios Públicos.....	126
7.3 Mercadeo.....	127
7.4 Maquinaria.....	128
7.4.1 Depreciación de maquinaria	128
7.5 Costos anuales de operación	128
7.5.1 Inversión de cada empresa miembro del consorcio ANDI.....	129
7.6 Ingresos.....	131
7.7 Evaluación del proyecto a través de VPN	131
7.7.2 Escenario con base en las cifras de la ANDI.....	133
7.7.3 Escenario para un proyecto autosostenible.....	133
CONCLUSIONES	137
RECOMENDACIONES	139
BIBLIOGRAFIA.....	140
ANEXOS.....	145

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Consumo Anual de Bombillas en Colombia	15
Tabla 2. Proyección consumo anual de bombillas en Colombia.....	16
Tabla 3. Estimación de cantidades de mercurio y plomo emitidas al ambiente.....	17
Tabla 4. Agua contaminada y habitantes afectados por cantidades de plomo y mercurio.....	18
Tabla 5. Resumen contenido resolución 1511 de 2010.....	19
Tabla 6. Resumen contenido Sistema de Recolección Colectivo.....	20
Tabla 7. Unidades puestas en el mercado por tipo de tecnología y por empresa.....	27
Tabla 8. Proyección de cantidades a recolectar en unidades y peso promedio.....	30
Tabla 9. Estrategia de producto para sensibilizar la población.....	34
Tabla 10. Estrategia de plaza para sensibilizar la población.....	34
Tabla 11. Estrategia de publicidad para sensibilizar la población.....	34
Tabla 12. Estrategia de producto para posicionar la marca.....	36
Tabla 13. Estrategia de precio para posicionar la marca.....	37
Tabla 14. Estrategia de plaza para posicionar la marca.....	38
Tabla 15. Estrategia de publicidad para posicionar la marca.....	38
Tabla 16. Estrategia de promoción para posicionar la marca.....	38
Tabla 17. Estrategia de relaciones públicas para posicionar la marca.....	39
Tabla 18. Estrategia de servicio para posicionar la marca.....	39
Tabla 19. Maquinaria comercializada para el tratamiento de residuos.....	46
Tabla 20. Capacidad de tratamiento de máquinas.....	47
Tabla 21. Factores de evaluación para selección de maquinaria.....	47
Tabla 22. Evaluación de factores y ponderación.....	48
Tabla 23. Pesos promedio de cada material resultante por bombilla.....	55
Tabla 24. Cálculo eficiencia media para obtención de mercurio.....	55
Tabla 25. Cantidad promedio (mL) de Mercurio resultante de cada bombilla.....	55
Tabla 26. Unidades a tratar.....	56
Tabla 27. Producción (Kg) anual de la Balcan MP6000 para cada tipo bombilla.....	56
Tabla 28. Producción anual (mL) del Batch Destiler de mercurio para cada tipo de bombilla.....	57
Tabla 29. Kilogramos de producto para almacenar mensualmente (para cada año).....	58
Tabla 30. Cantidad (mL) mensual a almacenar de Mercurio (para cada año).....	58
Tabla 31. Volumen mensual de producto a almacenar (para cada año).....	59
Tabla 32. Dimensiones mínimas zona de almacenaje para metal, plástico y vidrio.....	60
Tabla 33. Días de operación de la planta (por año).....	61
Tabla 34. Kilogramos de material en operación diaria.....	62
Tabla 35. Volumen de material en operación diaria.....	62
Tabla 36. Recorridos diarios en proceso productivo.....	63
Tabla 37. Tiempo estimado de los recorridos diarios.....	63
Tabla 38. Puntos de Recolección de residuos en Bogotá.....	71
Tabla 39. Dimensiones contenedor Tubos 60 cm.....	79
Tabla 40. Dimensiones contenedor Tubos 120 cm.....	79
Tabla 41. Dimensiones contenedor CFL y HID.....	80
Tabla 42. Dimensiones contenedor pequeño CFL y HID.....	82
Tabla 44. Peso máximo contenedores llenos.....	84
Tabla 45. Especificaciones carretilla manual.....	84
Tabla 47. Dimensiones de bombillas.....	89
Tabla 48. Estanterías necesarias Tubos Fluorescentes 120 y 60 cm.....	89
Tabla 49. Estanterías necesarias para CFL y HID.....	89

Tabla 50. Medidas de desempeño proveedores mensuales.	90
Tabla 51. Medidas de desempeño Transportadores mensuales.	91
Tabla 52. Materiales resultantes de aprovechamiento de bombillas.	93
Tabla 53. Evolución del precio de metales \$/Kg.	95
Tabla 54. Evolución de precios polietilenos alta y baja densidad \$/Kg.	97
Tabla 55. Evolución de precios del vidrio.	98
Tabla 56. Medidas de desempeño Clientes (mensuales).	100
Tabla 57. Dirección de proveedores.	105
Tabla 58. Coordenadas de Proveedores.	107
Tabla 59. Coordenadas de alternativas de planta.	110
Tabla 60. Factores de alternativas para arrendamiento.	111
Tabla 61. Resumen calificación alternativas localización.	111
Tabla 62. Zona 1 Noroccidente.	112
Tabla 63. Zona 2 Suroccidente.	112
Tabla 64. Zona 3 Oriente.	113
Tabla 65. Distancias puntos ruta Noroccidente.	114
Tabla 66. Secuencia de la Ruta noroccidente.	114
Tabla 67. Tiempo total ruta noroccidente.	115
Tabla 68. Distancias puntos ruta suroccidente.	115
Tabla 69. Secuencia de la ruta suroccidente.	116
Tabla 70. Tiempo total ruta suroccidente.	116
Tabla 71. Distancias puntos ruta oriente.	117
Tabla 72. Secuencia de la ruta oriente.	117
Tabla 73. Tiempo total ruta oriente.	117
Tabla 74. Documentos necesarios para constitución de una empresa.	124
Tabla 75. Datos Inflación.	125
Tabla 76. Factor prestacional Nómina.	126
Tabla 77. Costo nómina.	126
Tabla 78. Costo servicios Públicos.	127
Tabla 79. Costo mercadeo para sensibilizar a la población.	127
Tabla 80. Costo mercadeo para posicionar la marca.	128
Tabla 81. Costo Maquinaria.	128
Tabla 82. Depreciación maquinaria línea recta.	128
Tabla 83. Costos anuales de operación.	129
Tabla 84. Inversión por empresa miembro consorcio ANDI.	130
Tabla 85. Precios de venta materiales reciclados.	131
Tabla 86. Ingresos estimados.	131
Tabla 87. Tasa Efectiva Anual TES Semestre II 2012.	132
Tabla 88. VPN Escenario normal.	133
Tabla 89. VPN Escenario autosostenible.	134
Tabla 90. Ventas escenario autosostenible.	134
Tabla 91. Kilogramos de producto escenario autosostenible.	135
Tabla 92. Kg material por tipo de bombilla - Escenario Autosostenible.	135
Tabla 93. Kilogramos a bombillas a recolectar escenario autosostenible.	136
Tabla 94. Unidades a recolectar escenario autosostenible.	136

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Proyección de residuos anuales de bombillas en Colombia	24
Figura 2. Importancia de los medios de comunicación en las familias para jóvenes, adultos y adultos mayores.....	32
Figura 3. Influencia de la TV. e internet en jóvenes y adultos mayores.	33
Figura 4. Esquema del proceso Kapp, Alemania	41
Figura 5. Proceso de Reciclaje AMBILAMP	42
Figura 6. Equipo portátil de trituración o BulbEater, ENVIROLITE.	43
Figura 7. Planta de aprovechamiento de bombillas, ENVIROLITE.	43
Figura 8. Esquema del proceso de tratamiento en la Refinería Itomuka, Japón.	44
Figura 9. Diagrama de Flujo de Proceso.	54
Figura 10. Frasco para almacenamiento del mercurio líquido.	60
Figura 11. Recipiente para almacenamiento de polvo fosfórico.	60
Figura 12. Organigrama propuesto de la empresa	67
Figura 13. Modelo de Logística inversa.	69
Figura 14. Distribución Encuesta de ferreterías y tiendas iluminación.	72
Figura 15. Porcentaje de portafolio Ferreterías	72
Figura 16. Conocimiento del Plan Postconsumo.....	72
Figura 17. Aceptación del plan postconsumo.	72
Figura 18. Factores de no ubicación de un Contenedor.....	72
Figura 19. Flota de vehículos Ecoindustria Ltda	75
Figura 20. Ubicación de rótulos en camión de transporte	76
Figura 21. Elementos básicos para atención de emergencias.....	76
Figura 22. Secuencia de operación de transporte.....	78
Figura 23. Contenedores ubicados en Grandes Superficies.	79
Figura 24. Contenedor Pequeño	82
Figura 26. Carretilla manual retráctil.....	84
Figura 27. Levantamiento adecuado de carga	84
Figura 28. Levantamiento adecuado de carga (2).....	85
Figura 29. Levantamiento adecuado de carga entre dos trabajadores.	85
Figura 30. Distribución en compartimiento de vehículo.	86
Figura 31. Descargue en almacén de planta.	86
Figura 32. Almacenamiento para tubos fluorescentes.....	88
Figura 33. Almacenamiento para bombillas CFL y HID.....	89
Figura 34. Uso de los materiales resultantes de aprovechamiento de bombillas.	94
Figura 35. Carretilla con doble llanta.	98
Figura 36. Pala Multiuso.....	99
Figura 37. Cargue de vehículo clientes.....	99
Figura 38. Propuesta de diseño de planta.	103
Figura 39. Diagrama de recorrido de proceso.....	104
Figura 40. Ubicación Geográfica de Proveedores.....	106
Figura 41. Ubicación Proveedores en Plano Cartesiano	107
Figura 42. Localización de la Planta - Zona Montevideo.	108
Figura 43. Delimitación de zonas para ruteo.....	112
Figura 13. Etiqueta para gases tóxicos.....	159
Figura 14. Etiqueta para sustancias tóxicas.....	159
Figura 15. Instrucción de pegado etiquetas.	160

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Cotización MP 6000 Balcan - Roldan Logística.....	146
Anexo 2. Cotización Destilador de Mercurio - Roldan Logistica.....	150
Anexo 3. Cotización compresor de Aire - Kaeser Compresores.	154
Anexo 4. Formato de entrega de bombillas en puntos de recolección.....	157
Anexo 5. Informe de proveedor del punto de recolección	157
Anexo 6. Informe de accidente por rotura de bombillas.....	158
Anexo 7. Detalle etiquetas en el vehículo	159
Anexo 8 Formato de entrega de material en planta.....	160

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Antecedentes

El crecimiento poblacional exponencial, la tendencia al aumento en desplazamiento de zonas rurales a las urbes, además del enfoque económico actual poco amigable con el ambiente que se evidencia en el uso incontrolado de combustibles y consumo insostenible de bienes y servicios, han llevado a una rápida transformación del planeta en donde el ambiente ha tenido un impacto negativo que parece empeorarse con el pasar del tiempo.

Dentro de las diferentes formas en las cuales el ambiente se ve afectado por la contaminación, la disposición final de residuos peligrosos es una de las más impactantes ya que son generados como resultado de las actividades industriales, agrícolas y domésticas que presentan un constante aumento en el volumen de las mismas dado por el creciente desarrollo económico. Básicamente su problemática se asocia a causas como la presencia de impurezas en los materiales arrojados con componentes químicos tóxicos y dañinos para el ambiente y la salud humana, falta de tecnología para su correcta disposición y falta de cultura en la disposición de basuras.

Uno de los elementos pertenecientes a este grupo de residuos peligrosos, son las bombillas, las cuales en Colombia se encuentran divididas en dos grandes grupos. El primero corresponde a alumbrado interior aplicado en el sector residencial, comercial, industrial, oficial, e instituciones educativas; el segundo, al alumbrado exterior para vías públicas peatonales y vehiculares, monumentos y parques y escenarios deportivos; Es así como se hace claro el hecho que las bombillas son productos de consumo masivo, al hacerse presentes en todo tipo de espacios. De la misma forma, se habla de estos artículos como residuos peligrosos debido a que poseen componentes que afectan de manera negativa al ambiente y al ser humano, como mercurio, plomo, cromo, arsénico y níquel que varía según el tipo de bombilla.

Si se quiere evidenciar el impacto que generan estos componentes en el ambiente, primero deben observarse los volúmenes de consumo (en unidades) y por tanto de residuos generados de bombillas (en toneladas), que se manejan para cada tipo. En la tabla 1 se resume este consumo para toda clase de bombillas comercializadas en Colombia: incandescente, fluorescente compacta, fluorescente tubular, haluros, sodio y mercurio; para los sectores residencial, comercial, oficial, y alumbrado público.

Tabla 1. Consumo Anual de Bombillas en Colombia

AÑO	CONSUMO UNIDADES (MILLONES)	RESIDUOS (TON)
2003	84,3	4184,75
2004	89,3	6713,45
2005	92,8	7326,34
2006	97,2	7752,02
2007	104,8	8181,71

Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN (Realizado por los autores)

De la misma manera, el estudio realizado por la Universidad Nacional y el Ministerio de Medio Ambiente para desarrollar actividades relacionadas con la gestión de los residuos postconsumo de fuentes de iluminación, muestra la proyección de consumo hasta el año 2015 ajustado según el IPC de la construcción, el crecimiento económico de cada sector y el crecimiento de energía. La tabla 2 resume esta proyección:

Tabla 2. Proyección consumo anual de bombillas en Colombia.

AÑO	CONSUMO UNIDADES (MILLONES)	RESIDUOS (TON)
2008	112,5	8800,2
2009	118,5	9767,54
2010	124,9	11276,04
2011	131,6	12453,15
2012	138,8	14379,87
2013	146,5	15218,11
2014	154,7	16211,83
2015	162,4	17195,24

Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN (Realizado por los autores)

Se debe considerar que esta proyección fue realizada teniendo en cuenta la ley 698 para el desarrollo del Programa de Uso Racional de Energía (URE), el Decreto 2331 de junio de 2007, el cual se centra en prohibir el uso de bombillas incandescentes y la sustitución de las mismas por bombillas ahorradoras en el sector de entidades públicas; así como también el Decreto 3450 del 12 septiembre de 2008 que busca la sustitución de las fuentes de iluminación de baja eficacia lumínica (incandescentes) por otras de mayor eficacia. Para garantizar el cumplimiento de este decreto, a partir del 1 de enero del año 2011 quedó prohibida la importación, distribución, comercialización y utilización en el país de este tipo de bombillas mencionadas¹.

Teniendo en cuenta estas consideraciones de la proyección, se puede apreciar en la tabla 2 como los resultados arrojados proyectan para el 2015 un incremento cercano al 100% de las toneladas de residuos de bombillas. Esto debido a que a pesar que los decretos buscan sustituir el uso de bombillas incandescentes, lo cual da resultados efectivos en pro del ahorro de energía, se presenta un efecto contrario y negativo puesto que las toneladas de residuos aumentan en un 100%, producto del mayor peso de las bombillas no incandescentes, resultando desfavorable para el medio ambiente.

Por otro lado, es importante tener en cuenta que para la realización de las proyecciones no se considera el tipo de bombillas LED puesto que actualmente su participación en el mercado no es significativa. Sin embargo se espera que en los próximos años esta participación aumente de manera considerable. A pesar que en primera instancia se consideraba el tratamiento a los residuos que dejan este tipo de bombillas, durante el trabajo de campo y desarrollo del proyecto fueron evidenciados los siguientes aspectos por los cuales esta tecnología no se está teniendo en cuenta en el país:

¹Medida aplazada por ola invernal del 2010.

1. Costos al consumidor: el precio de una bombilla LED puede llegar a ser 900% superior al de una bombilla fluorescente.²
2. Infraestructura: los sistemas de iluminación tanto para empresas como demás instituciones se encuentran adaptados para tubos fluorescentes, aumentando los costos tanto de la tecnología como los sistemas necesarios para su funcionamiento.
3. Componentes: los materiales que componen una bombilla LED son diferentes a los de los tubos fluorescentes, HID, etc. De esta manera para su tratamiento sería necesario otro tipo de tecnología y procesos que generarían sobrecostos.
4. Peligrosidad: las bombillas LED no son consideradas residuos peligrosos al no contener mercurio ni otros metales pesados.

Como fue mencionado al hablar de residuos peligrosos, las bombillas están compuestas por metales pesados (menos las LED), en especial plomo y mercurio, materiales que son tóxicos y altamente contaminantes tanto para el ser humano como para el ambiente. Habiendo mencionado las cantidades de residuos que se proyectan al 2015, a continuación en la tabla 3 se muestran los kg de mercurio y plomo que generarían estos residuos.

Tabla 3. Estimación de cantidades de mercurio y plomo emitidas al ambiente.

AÑO	MERCURIO (Hg) en el ambiente (Kg)	PLOMO (Pb) en el ambiente (Kg)
2003	5,32	1217,93
2004	8,34	2083,02
2005	9,39	2258,26
2006	9,98	2350,94
2007	10,55	2473,24
2008	11,38	2628,9
2009	13,12	2862,98
2010	15,64	3367,69
2011	17,96	3650,85
2012	21,3	4333,29
2013	22,6	4470,07
2014	24,11	4731,26
2015	25,58	4938,24

Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN (Realizado por los autores)

Estas proyecciones se ven influenciadas por lo ya mencionado referente al cambio de bombillas de incandescentes a otras más eficaces. A pesar de que la bombilla incandescente consume más energía, contiene menos cantidades de materiales contaminantes. Es por ello que al 2015, se estima que las cantidades de mercurio y plomo emitidas por las bombillas comercializadas, vistas en la tabla 3, aumenten un 381% y 305% respectivamente, en comparación con el año 2003.

² LED: Iluminación sostenible [en línea] <<http://www.tumblr.com/tagged/harry-sabetai-beda-malca>> [Consultado en Junio de 2012]

Asimismo, a pesar de parecer poca la cantidad de mercurio que se genera, estas cantidades tienen una incidencia importante en el ambiente, sobre todo en el agua. De la misma forma el plomo afecta considerablemente el ambiente. A continuación la tabla 4 muestra como se ve afectada el agua por los niveles de mercurio y plomo mostrados en la tabla 3, y cuál sería el número estimado de personas afectadas. Esta se elaboró con base en los datos arrojados por el estudio realizado en convenio entre el Ministerio de Ambiente y la Universidad Nacional, mencionado anteriormente, a partir del cual se organizó y relacionó lo referente a consumo de bombillas con la contaminación generada por sus materiales.

Tabla 4. Agua contaminada y habitantes afectados por cantidades de plomo y mercurio.

AÑO	MERCURIO		PLOMO	
	Agua contaminada (m ³)	Equivalencia consumo diario (No de habitantes)	Agua contaminada (m ³)	Equivalencia consumo diario (No de habitantes)
2006	49908	293576,4	470188	2765811,8
2007	52733,7	310198,2	494648,2	2909695,5
2008	56904,5	334732,4	525781	3092829,4
2009	65619,7	385998,5	572596,9	3368217,1
2010	78181,7	459892,2	673538,3	3961989,8
2011	89776,1	528094,5	730169,9	4295116,9
2012	106511,2	626536,5	866658,4	5097990,5
2013	112987,4	664631,9	894013,6	5258903,8
2014	120530,4	709002,2	946251,4	5566184,7
2015	127922,9	752487,9	987648,1	5809694,8

Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN (Realizado por los autores)

Al apreciar la gráfica se evidencia un aumento del 156% en la cantidad de agua contaminada por mercurio y 110% para el caso del plomo, según las cifras del año 2006 hasta la proyección en el 2015. Esto debido a lo mencionado anteriormente relacionado con el aumento del 100% en la cantidad de residuos generados. Es así como es claro el impacto ambiental generado por los residuos de bombillas.

Ante esta situación, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo territorial de Colombia, publicó la resolución 1511 de Agosto de 2010, la cual tiene como objetivo que los productores de 3000 o más bombillas al año, desarrollen un sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas para el correcto tratamiento a estos productos, en el momento que son desechados por el consumidor, buscando así reducir el impacto ambiental causado por los componentes de las mismas. En la siguiente tabla, se encuentra resumida la resolución 1511 de 2010.

Tabla 5. Resumen contenido resolución 1511 de 2010

CAPS. Y ART.	CONTENIDO GENERAL
Previo	Justificación de la resolución con cifras de consumo de bombillas
Capítulo 1	Objetivo, alcance y definiciones
Artículo 1	Objetivo: "establecer a cargo de los productores de bombillas que se comercializan en el país, la obligación de formular, presentar e implementar los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas"
Artículo 2	Aplica para productores de más de 3000 bombillas al año y se excluyen bombillas importadas
Artículo 3	Definiciones pertinentes
Capítulo 2	De los sistemas de recolección selectiva y gestión ambiental de residuos de bombillas
Artículos 4-6	Aspectos generales de los sistemas de recolección: puede ser por empresa o colectivo, no debe generarle costos adicionales al consumidor, debe haber puntos de recolección accesibles
Artículo 7	Definición de puntos que debe tener el documento escrito que contiene el plan recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas.
Artículo 8	El plan se debe entregar en la dirección de licencias del ministerio de ambiente y vivienda a más tardar el 30 de junio de 2011
Artículo 9	Informe de avance cada año y mención de los puntos mínimos que este debe contener
Artículo 10	Asegurar la recolección mínima en 2012 del 5% de los residuos de bombillas. Debe haber un crecimiento anual mínimo del 5% hasta alcanzar un 60% de residuos de bombillas (plazo min de 12 años)
Artículo 11	Aspectos acerca de los centros de acopio
Artículo 12	El transporte deberá cumplir con los parámetros del decreto 1609 de 2002 o la norma que lo modifique o sustituya
Artículo 13	Al 2016 los componentes de las bombillas deben ser aprovechados (reciclaje)
Capítulo 3	Obligaciones
Artículo 14	Menciona las obligaciones de los productores, algunas de ellas son: asumir todos los costos del plan, alcanzar las metas mínimas, desarrollar y financiar las campañas de información pública
Artículo 15	Obligaciones de los proveedores
Artículo 16	Obligaciones de los consumidores
Artículo 17	Apoyo de las autoridades municipales y ambientales
Capítulo 4	Disposiciones finales
Artículos 18 – 22	Confidencialidad de la información, información no confidencial, prohibiciones, sanciones y vigencia

Fuente: Resolución 1511 de 2010 (Realizado por los autores)

Dada esta resolución, la ANDI (Asociación Nacional de Empresarios de Colombia) creó un colectivo con 75 empresas a nivel nacional y 39 específicamente para la ciudad de Bogotá, que son las que se encuentran dentro de la categoría a la que hace mención el artículo 2 (véase tabla 5) a nivel nacional, con el fin de presentar y desarrollar un solo sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas en todo el país. El proyecto fue presentado el 30 de Junio de 2011 al Ministerio y cubre todos los aspectos tratados en el artículo 7 de la resolución. La gestión ambiental abarca desde la localización y adecuación de los puestos de recolección para que el consumidor entregue el producto usado, hasta el tratamiento y aprovechamiento de los materiales de los

residuos, lo cual se traduce en el reciclaje de estos. En el caso de no ser tratados y aprovechados, el Sistema también contempla la disposición final de los residuos, lo que es igual a la adecuada eliminación de los mismos. Al ser residuos peligrosos, esta eliminación se da en rellenos de seguridad.

En Octubre de 2011 se hizo público y de libre acceso el proyecto, denominado “Sistema de Recolección Colectivo y Gestión Ambiental de Bombillas Postconsumo”, desarrollado en conjunto por Sodimac Colombia S.A y Havells-Sylvania Colombia S.A. Este es un documento de 18 capítulos, en el cual se presenta el sistema colectivo que busca ser pionero en el país y el continente para la recolección selectiva de los residuos generados por bombillas, con el fin de dar cumplimiento a la resolución 1511 de 2010. El documento de no más de 40 páginas da una introducción general a diferentes temas, dejando sin aclaración lo que será el sistema. A continuación se presenta un resumen de lo presentado en el texto:

Tabla 6. Resumen contenido Sistema de Recolección Colectivo.

CAP	CONTENIDO GENERAL
Previo	Justificación del sistema de recolección.
Capítulo 1	Objetivo general y específicos: se destaca el elegir un operador logístico responsables de las operaciones, identificar actores públicos y privados que intervienen y determinar las cantidades a recolectar para cumplir con las metas de la resolución.
Capítulo 2	Antecedentes: reglamentación elaborada previamente relacionada con la gestión de otros tipos de residuos peligrosos; resolución 1297 de 2010 (pilas); resolución 1512 de 2010 (computadores e impresoras).
Capítulo 3	Definiciones pertinentes.
Capítulo 4	Participantes: empresas que pertenecen al sistema colectivo, con participación activa dentro del plan y las funciones de las mismas: campañas de información, selección de actores que operarán, suministro de planillas y documentos de control y garantizar la seguridad.
Capítulo 5	Organigrama del sistema, funciones y responsabilidades de cada representante.
Capítulo 6	Cantidad de unidades puestas en el mercado por tipo de tecnología por los participantes del sistema.
Capítulo 7	Fases de funcionamiento del sistema
Capítulo 8	Selección de operadores y criterios de selección de la empresa operadora encargada de la logística
Capítulo 9	Tipos de bombillas sujetas a la resolución 1511 de 2012 y sistema logístico en el que estará basado el plan colectivo
Capítulo 10	Esquema logístico simplificado que se buscará implementar, flujos de residuo y de información. Características básicas de los centros de acopio del operador logístico.
Capítulo 11	Cantidades previstas a recolectar con el sistema
Capítulo 12	Mecanismos de comunicación con el consumidor
Capítulo 13	Contenedores para la recolección, instrucciones de manipulación y recomendaciones en caso de rotura
Capítulo 14	Identificación de puntos de recolección
Capítulo 15	Costos posibles del sistema
Capítulo 16	Logo del sistema (POR DEFINIR)
Capítulo 17	Mecanismos de seguimiento y verificación del sistema (POR DEFINIR)

Fuente: Sistema de Recolección Colectivo (Realizado por los autores)

A partir de este documento se puede concluir que se cuenta con diferentes aspectos bien estructurados dentro del sistema, como lo son cada uno de los involucrados en el proyecto y su responsabilidad, las cantidades de residuos generados por las empresas participantes para ser así de fácil determinación un estimado de unidades a recolectar y tratar en los próximos años. Sin embargo, se presentan falencias en otros temas como lo son las campañas publicitarias y de sensibilización que se realizarán para llamar la atención del consumidor e invitarlo a reciclar sus bombillas y llevarlas hasta un contenedor en punto de recolección. En cuanto a estos contenedores tampoco es claro el material usado y las dimensiones e imágenes que se muestran en el documento no corresponden a los que están funcionando actualmente. Finalmente, en cuanto a los puntos de recolección, se menciona que serán ubicados en universidades, colegios e instituciones SENA, lo cual, para Wilson Contreras, director del plan postconsumo de bombillas de la ANDI, aún no será cubierto por el plan en corto plazo. Asimismo, El plan no deja claro lo establecido en el artículo 13 de la resolución 1511 (véase tabla 5) acerca del tratamiento y aprovechamiento que se debe establecer a los componentes de las bombillas usadas a partir del año 2016, puesto que en la actualidad no se ha encontrado un gestor comprometido a tratar los residuos de bombillas.

Esta falencia presentada dentro del plan (artículo 13) se debe a que la gestión de residuos de bombillas usadas en el país se está llevando a cabo desde dos diferentes perspectivas que no contemplan el tratamiento y aprovechamiento de estos materiales. La primera consiste en la exportación de los residuos para su tratamiento y aprovechamiento en países que llevan a cabo estos procesos con residuos. Este proceso de exportación es realizado por la empresa Lito Ltda.³, la cual se encarga de separar y aprovechar aparatos eléctricos y electrónicos, así como el almacenamiento seguro de residuos peligrosos. La otra alternativa actual en el país consiste en la trituración, estabilización y disposición final de los residuos, que como se mencionó actualmente se traduce en eliminar los residuos. Estos procesos son realizados por la empresa Ecoindustria Ltda.⁴, la cual desde la puesta en marcha del sistema de gestión de bombillas (año 2012) se encarga del manejo integral de residuos peligrosos que provengan de diferentes sectores de la industria. La organización se encarga desde el diseño de un plan de recolección, y transporte hasta el manejo de los residuos, los cuales están siendo almacenados hasta la puesta en marcha de un proceso de tratamiento y almacenamiento.

Por otro lado, la situación global, a diferencia de la actualidad nacional, muestra que más allá de la disposición final, existen maneras de aprovechar los materiales de las bombillas que acaban su vida útil, por medio de procesos técnicos de trituración y de separación de vidrio y metales, así como métodos para la recuperación del mercurio.

En cuanto a normativas en el mundo que se encuentran relacionadas con la gestión de residuos de bombillas, en la Unión Europea fue establecida en el año 2003 la Directiva 2002/96/CE con la cual se da exclusiva responsabilidad a los productores acerca de los

³Lito Ltda [En línea] <www.litoltda.com> [consultado en septiembre de 2011]

⁴Ecoindustria Ltda [En línea]] <www.ecoindustrialtda.com.co> [consultado en septiembre de 2011]

costos por el manejo de los residuos así como establece los criterios que se deben tener en cuenta para realizar esta gestión. Esta directiva se incorporó a diferentes países pertenecientes a la unión:

En Alemania, fue creada el Acta de equipos eléctricos y electrónicos en el año 2005, gracias a la cual los productores de bombillas crearon una asociación, Lightcycle Retourlogistik and Service GMBH, por medio de la cual realizan el proceso logístico de recolección y transporte de aproximadamente el 90% del mercado⁵. El proceso de aprovechamiento es realizado por las empresas LARS y OLAV⁶, dependiendo de la región del país.

En España, la recolección y el aprovechamiento de residuos tanto de pilas como de bombillas, era considerado un servicio público en algunas regiones del país, contando con empresas como Pilagest⁷ y Vaersa⁸ dedicadas a esto. En el año 2005, se publica el Real Decreto 208/2005 por medio del cual se deben gestionar estos residuos, de manera que los productores crean una asociación sin ánimo de lucro llamada Ambilamp, la cual en la actualidad se ha expandido por la Unión Europea, reuniendo a 29 empresas de gestión de bombillas.

Es así como exponiendo los dos escenarios actuales en Colombia y repasando el contexto mundial, se hace claro que en el país no hay tratamiento de los residuos de bombillas para el aprovechamiento de sus materiales dado que no se cuenta con la tecnología que si está presente en los países mencionados. Además, según el Convenio de Basilea, el transporte de desechos peligrosos en el mundo, debe estar reducido al mínimo posible debido a la huella de carbono, esto es, que es mayor el daño causado y resulta más costoso para el medio ambiente el transporte de estos residuos por el gasto de combustibles que el beneficio obtenido con la cantidad de residuo tratado y recuperado.

Actualmente, los gestores planteados en los dos escenarios (disposición final y exportación de residuos) del contexto colombiano, cumplen de manera correcta y eficiente con estos procesos. A pesar de ello, se debe tener en cuenta de nuevo el artículo 13 de la Resolución 1511, ya que para el 2016 el país si debe comenzar a reciclar las bombillas usadas. A la fecha de elaboración del presente documento no se cuenta con cifras consolidadas de la proporción de residuos exportados y los que son enterrados en celdas de seguridad.

Una posible alternativa para tratar estos residuos fue planteada en un trabajo de grado de la Universidad Javeriana, bajo el énfasis de fomento al espíritu empresarial, titulado "Creación y puesta en funcionamiento de una microempresa dedicada a reciclar los componentes de bombillas fluorescentes para su aprovechamiento en la ciudad de

⁵Retourlogistik and ServiceGMBH [En línea] <www.lightcycle.de> [Consultado en Septiembre de 2011]

⁶ LARS y OLAV [En línea] <www.olav.ccr.de> [Consultado en Septiembre de 2011]

⁷Pilagest. [En línea] <www.pilagest.cat> [Consultado en Septiembre de 2011]

⁸Vaersa. [En línea] <www.vaersa.com> [Consultado en Septiembre de 2011]

Bogotá D.C". Realizado en 2011. Su objetivo principal fue poner en marcha una empresa recicladora de tubos fluorescentes. Para ello se propuso el diseño de una máquina para tratar este tipo de bombillas. Sin embargo, el alcance del proyecto se limitó tan solo a los tubos fluorescentes, dejando una incógnita respecto a la gestión de otros tipos de bombillas con contenido de mercurio y en la búsqueda por implementar tecnologías para tratar todo tipo de residuos de bombillas comercializadas en el país. Así mismo se realizó bajo una metodología que no tiene en cuenta el proyecto actual que desarrolla la ANDI, presentando así puntos opuestos en temas fundamentales como por ejemplo la ubicación de la planta, ya que no tiene en cuenta aspectos básicos para definir la localización como cercanía a clientes, proveedores etc.

Adicional a esto, aparte de ser clara la ausencia de tecnología para tratar las bombillas usadas, lo cual hace que no se puedan aprovechar los residuos sino que deban ser exportados a otros países, o enterrados, no existe un proceso logístico definido para llevar a cabo este tratamiento. Con esto se quiere decir que no se encuentra estructurada una cadena de suministro, lo cual implica unir clientes, proveedores, así como todos los eslabones que conforman la cadena para poderla caracterizar. La implementación de tecnología implica toda la logística de una cadena de suministro para responder a una necesidad en el mercado, que en este caso es tratar los residuos de bombillas.

Por último, es fundamental mencionar que en el mes de Junio de 2012 inició el sistema de gestión encabezado por la ANDI, con la puesta en marcha de 30 puntos de recolección en la ciudad de Bogotá, todos en grandes superficies (la lista completa de puntos se expone en el capítulo referente a proveedores). El gestor actual de este sistema es la empresa Ecoindustria Ltda. Responsable por los residuos que se están reuniendo en los puntos de recolección y contenedores propuestos por el sistema. Sin embargo, según palabras de Wilson Contreras, mencionado anteriormente, al menos por lo que resta del año 2012 no se pondrá en marcha ni se tendrá contemplado ningún proyecto de verdadero tratamiento de residuos de bombillas, de forma tal que los gestores actuales del sistema están comprometidos con la gestión provisional de almacenamiento de estos residuos.

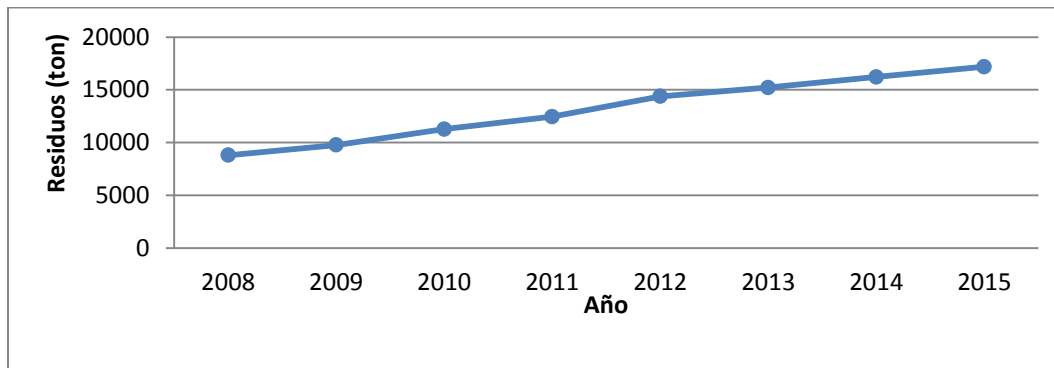
1.2 Descripción del problema.

Como fue tratado en los antecedentes, el medio ambiente está en riesgo. Este riesgo en parte, es gracias a la mala gestión realizada por el hombre de los residuos, dentro de los cual se incluyen los residuos de bombillas. Estos artículos son además considerados residuos peligrosos porque más allá del hecho de contaminar, son nocivos para la salud humana, el agua y el ambiente en general puesto que contienen metales pesados (mercurio, plomo, etc.).

Asimismo, las proyecciones indican que en Colombia el consumo de bombillas tenderá a aumentar en los próximos años (Ver Figura 1) y con ellos la cantidad de desechos generados, como se puede apreciar en la gráfica. Por este motivo, el gobierno colombiano tomó cartas en el asunto y a través del Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo

Territorial formuló la resolución 1511 de 2010 que obliga a crear un Sistema de Recolección Selectiva y gestión Ambiental. La propuesta del Sistema fue presentada por la ANDI, reuniendo a los productores de bombillas en el país involucrados en esta resolución.

Figura 1. Proyección de residuos anuales de bombillas en Colombia



Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN (Realizado por los autores)

Pese a que los puntos del artículo 7 se encuentran en desarrollo y cubiertos, hay un espacio vacío sacado a la luz por el artículo 13 de la resolución mencionada. En este se obliga a partir del 2016 que los residuos recolectados a través del sistema sean tratados para aprovechar los materiales, lo cual actualmente no se lleva a cabo. Esto debido a que las dos alternativas actuales para gestionar los residuos son exportarlos y que sean tratados en otros países o eliminarlos enterrándolos, lo que se conoce como disposición final.

Es entonces clara la necesidad que existe en Colombia de buscar una nueva alternativa para tratar de manera completa y más eficiente los diferentes tipos de bombillas desechadas. De manera que además de dar cumplimiento a las exigencias del Ministerio de Ambiente, tratadas con anterioridad, existe una clara necesidad de contribuir a mejorar la situación crítica que enfrenta el ambiente.

El país no cuenta con la tecnología necesaria para implementar proyectos de tratamiento (reciclaje) de bombillas usadas. El aprovechamiento de estos residuos implica el desarrollo de tecnologías para efectuar el desensamble, separación del vidrio, de los cabezales de aluminio, condensación del mercurio, entre otros procesos. Con esto surge la necesidad de evaluar una nueva alternativa como lo es la importación de esta tecnología para implementarla.

De igual forma, el proceso de importar la maquinaria no basta puesto que esto es solo parte de uno de los eslabones de la cadena de suministro, como es el eslabón de producción. Es necesario que esta maquinaria se ponga en funcionamiento y la única manera es a través de toda la cadena de suministro. Por ello es fundamental la

estructuración de la misma para obtener un resultado satisfactorio y útil tanto técnica como económicamente, así como para la elaboración de un proyecto no solo desde lo ambiental sino también desde la ingeniería.

Para poner un ejemplo que ilustre el tema, si se vuelve al Sistema de recolección selectiva y gestión ambiental que organizó y desarrolló la ANDI, en este se puede evidenciar como los gestores encargados de realizar la recolección de bombillas son los proveedores de materias primas que en este caso serían bombillas usadas en una cadena de suministro. Con esto se quiere decir que los proveedores existen. Ahora bien, deben ser gestionados, teniendo así en cuenta las cantidades de bombillas que vayan a recolectar para poder estimar la capacidad operacional, la maquinaria necesaria, el personal requerido, etc. Así mismo, clientes en el mercado también se encuentran para los materiales tratados tales como chatarra y vidrio, puesto que son materias que se reciclan y se utilizan para otros procesos en la industria. Sin embargo deben ser también gestionados para satisfacer la demanda. Esta gestión solo se logra a través de la cadena de suministro y de la logística.

1.3 Formulación Del Problema

El presente Trabajo de Grado dará respuesta a la pregunta: **¿CÓMO DEBE SER LA CADENA DE SUMINISTRO PARA EL TRATAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE LOS DIFERENTES TIPOS DE BOMBILLAS COMERCIALIZADAS EN COLOMBIA?**

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Diseñar la cadena de suministro para el tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados por las bombillas comercializadas en la ciudad de Bogotá.

2.2 Objetivos Específicos

- Identificar la infraestructura necesaria para tratamiento y aprovechamiento de los residuos de las bombillas, evaluando tecnología requerida y procesos de producción (tratamiento), para estructurar el eslabón de operación de la cadena.
- Determinar el proceso de aprovisionamiento de residuos, según la oferta establecida por los gestores del sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas creado por la ANDI que cubran la ciudad de Bogotá, para estructurar el eslabón de aprovisionamiento de la cadena de suministro.
- Determinar el proceso de distribución con base en la demanda de los materiales tratados, para estructurar el eslabón de distribución de la cadena de suministro
- Identificar los posibles lugares de localización de la planta de tratamiento de residuos generados de las bombillas para seleccionar el más adecuado que cumpla con los criterios pertinentes al tipo de cadena.
- Determinar las áreas de apoyo para dar soporte a la cadena de suministro.
- Evaluar económicamente la propuesta de cadena de suministro para identificar los indicadores financieros que muestren la viabilidad de la misma.

3. ESTUDIO DE DEMANDA Y MERCADEO PARA LA CADENA DE SUMINISTRO.

Para estructurar los eslabones de la cadena de suministro es necesario realizar un estudio de demanda de las bombillas en desuso (materia prima) que permita estimar el volumen de entrada de las mismas en la planta. Asimismo antes de estructurar la cadena se diseña el mercadeo asociado con el fin de tener una campaña robusta que garantice que el plan sea difundido y conocido por la población y genere movilización masiva hacia los puntos de recolección y a la planta de tratamiento propuesta.

METODOLOGIA

Con base en el estudio de demanda realizado por la universidad nacional donde se muestran las bombillas puestas por los productores y comercializadores de bombillas en la ciudad de Bogotá se realiza una proyección de estas cantidades para tener cifras estimadas y luego se consolidan las cifras por año y tipo de bombilla.

Para el mercadeo se define el objetivo básico que se quiere desarrollar y luego se diseña el plan táctico para aterrizar el objetivo que se quiere alcanzar con acciones concretas.

3.1 Residuos generados de bombillas en la ciudad de Bogotá.

A continuación se presentan las unidades puestas en el mercado desde el año 2005 a 2010, clasificados por tipo de tecnología HID, CFL y bombillas fluorescentes; y por empresa comercializadora (ubicadas en la ciudad de Bogotá). Este es el punto de partida para conocer la oferta de materia prima para la cadena de suministro y el desarrollo de eslabones tanto de aprovisionamiento y clientes, como para la tecnología a implementar.

Tabla 7. Unidades puestas en el mercado por tipo de tecnología y por empresa.

Nº	EMPRESA	TIPO TECNOLOGÍA	2005	2006	2007	2008	2009	2010
1	COSMOELECTRICOS	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	109	143	148	8.337	8.194	21.622
		Bombillas fluorescentes	-	-	459	18.317	18.061	25.035
2	COMIMPEL E.U.	HID	9.500	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	5.400	9.000	-
		Bombillas fluorescentes	2.300	5.100	2.007	3.100	9.200	10.000
3	REPRESENTACIONES EL SOL NACIENTE LTDA	HID	189.133	21.850	25.115	39.670	57.945	80.020
		CFL	-	-	-	-	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	367.800	329.800	234.900	465.290	321.350
4	JEN S.A	HID	137.356	-	-	-	-	-
		CFL	-	96.040	220.080	591.800	21.500	381.576
		Bombillas fluorescentes	-	7.340	7.380	8.300	-	-
5	COMERCIALIZADORA E.M	HID	-	300	600	500	400	300
		CFL	-	300	500	1.000	1.000	1.000
		Bombillas fluorescentes	-	300	500	1.000	1.000	1.100
6	ENERGIA ILUMINACION VANA	HID	-	-	-	26.162	3.306	8.000
		CFL	-	-	-	145.400	223.125	131.940
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	3.064	65.088

7	OCEAN ELECTRIC	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	20.000	50.800
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	28.000	36.200
8	IMCOELECTRIC EU	HID	-	-	-	-	-	900
		CFL	-	-	-	-	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	4.600
9	DISMIRA S.A.S.	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	-	18.800
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
10	C.I. LOGISTIC & SERVICES LTDA	HID	-	-	-	-	-	1.400
		CFL	-	-	-	-	-	20.000
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	1.560
11	COMERCIALIZADORA INTERNACIONAL OPEN TRADE DE COLOMBIA LTDA.	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	-	73.804
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
12	IMPORTADORA MASTER LIGHTS S.A.S.	HID	-	-	-	2.300	2.600	500
		CFL	-	-	-	-	-	47.700
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	12.000	33.000	9.000
13	DEKORLUZ ILUMINACION S.A.S.	HID	-	-	-	-	-	100
		CFL	-	-	-	-	24.400	36.200
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	2.000
14	LITE WAY	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	11.839	179.168
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	68.100	90.000
15	HAVELLS SYLVANIA COLOMBIA	HID	95.652	117.668	110.972	108.580	102.148	75.079
		CFL	730.016	1.005.348	1.670.988	1.808.400	1.565.654	1.205.554
		Bombillas fluorescentes	4.519.689	4.713.230	4.616.245	4.492.363	4.722.445	5.303.432
16	SODIMAC COLOMBIA S.A. HOMECENTER	HID	2.469	1.901	2.189	16.398	82.796	37.519
		CFL	-	12.121	14.983	31.439	187.380	600.124
		Bombillas fluorescentes	-	4.107	5.315	3.193	3.782	19.180
17	HCS IMPORTACIONES	HID	-	-	-	-	1.100	25.137
		CFL	-	-	-	-	15.030	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	12.000	-
18	CENTER LIGHT Y/O PEDRO HUERTAS	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	71.500	45.000
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
19	GRANDES SUPERFICIES DE COLOMBIA CARREFOUR	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	56.668	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
20	GREEN LIGHT S.A.	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	30.520	39.622
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
25	LMG COMUNICACIONES DE IMPORTACIONES	HID	-	10.000	7.800	-	-	600
		CFL	-	-	-	-	-	11.800
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
26	ELECTRICOS H.R. LTDA	HID	-	340.366	21.820	32.500	9.272	21.902
		CFL	-	-	-	165.640	104.090	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	177.459	140.495	82.424	132.816
27	COMERCIALIZADORA Y REPRESENTACIONES ELECTRICAS LTDA	HID	-	-	7.000	-	16.000	8.000
		CFL	-	-	-	-	30.428	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	37.000	-	98.775	153.500
28	ILUMINACIÓN Y MATERIALES ELECTRICOS LTDA	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	-	80.000
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-

29	COMERCIALIZADORA E IMPORTADORA INDUSTRIAL ELECTRICA LTDA	HID	-	46.000	11.000	2.000	-	9.000
		CFL	-	-	-	-	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
30	COAXESORIOS CI MATERIALES ELECTRICOS S.A.S.	HID	-	58.936	20.000	41.800	2.688	4.000
		CFL	-	-	-	61.208	5.000	26.110
		Bombillas fluorescentes	-	-	39.200	18.300	9.900	9.900
31	PHILIPS COLOMBIANA S.A.S.	HID	751.274	3.403.548	608.426	611.586	441.818	588.579
		CFL	-	-	3.158.842	5.214.166	4.434.175	6.763.450
		Bombillas fluorescentes	-	-	3.351.670	2.652.264	2.692.149	2.818.291
32	OSRAM DE COLOMBIA ILUMINACIONES S.A.	HID	-	6.894	180.075	181.117	187.059	172.365
		CFL	-	-	633.025	1.724.415	611.195	2.303.048
		Bombillas fluorescentes	-	-	1.262.542	1.555.779	1.038.078	410.560
33	GENERAL ELECTRIC INTL INC SUC COLOMBIA	HID	-	187.960	2.000	30.845	40.834	26.952
		CFL	-	-	-	617.820	961.818	4.186.133
		Bombillas fluorescentes	-	-	128.070	198.706	221.271	104.908
34	REDES ELECTRICAS S.A.	HID	-	200.100	42.744	76.213	27.784	5.889
		CFL	-	-	-	33.350	660	1.210
		Bombillas fluorescentes	-	-	128.015	156.032	102.604	42.660
35	HIGH LIGHTS S.A.	HID	-	587.819	4.636	4.104	4.546	10.248
		CFL	-	-	508.602	533.399	254.121	135.543
		Bombillas fluorescentes	-	-	5.000	72.265	100	320.310
36	MECANELECTRO S.A. - HOMESENTRY	HID	-	17.179	30	-	-	-
		CFL	-	-	11.910	7.417	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	3.222	40	20
37	SUPERTIENDAS Y DROGUERIAS OLIMPICA S.A.	HID	-	-	-	-	-	-
		CFL	-	-	-	-	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	21.048
38	GABARRA COMERCIALIZADORA S.A.	HID	-	9.934	31.025	7.444	4.594	8.130
		CFL	-	-	-	-	-	-
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-
39	MAKRO SUPERMAYORISTA S.A.	HID	-	38.400	-	-	-	-
		CFL	-	-	35.400	56.700	-	27.250
		Bombillas fluorescentes	-	-	-	-	-	-

Fuente: Documento sistema de recolección colectivo y gestión ambiental.

3.2 Estimación de unidades a recolectar en la ciudad de Bogotá.

A partir del año 2012 deberá ser asegurada la recolección mínima anual del 10% de los residuos generados que son puestos en el mercado por las empresas parte del sistema. En los años posteriores, deberá ser garantizada una recolección con un incremento anual mínimo del 5% hasta alcanzar el 60% como mínimo de los residuos de bombillas recolectados anualmente.

La metodología que se ha propuesto para estimar la cantidad a recolectar está basada en un promedio aritmético de las bombillas que fueron puestas en el mercado entre los años 2005 y 2010 por cada una de las empresas comercializadoras. La siguiente tabla presenta el estimado de cantidad de bombillas que se busca recolectar para el sistema colectivo.

Tabla 8. Proyección de cantidades a recolectar en unidades y peso promedio.

AÑO	% REC	TIPO TECNOLOGÍA	UNIDADES	PESO (Kg)	TOTAL UNIDADES	TOTAL PESO (TON)
2012	10%	HID	176.007,00	46.113,75	1.724.870	382,10
		CFL	735.653,00	183.913,32		
		Bombillas fluorescentes	813.210,00	152.070,29		
2013	(+) 5%	CFL	772.436,00	193.108,99	1.811.114	401,20
		Bombillas fluorescentes	853.871,00	159.673,80		
		HID	184.807,00	48.419,43		
2014	(+) 5%	CFL	811.058,00	202.764,44	1.901.669	421,26
		Bombillas fluorescentes	896.564,00	167.657,49		
		HID	194.047,00	50.840,41		
2015	(+) 5%	CFL	851.611,00	212.902,66	1.996.753	442,33
		Bombillas fluorescentes	941.392,00	176.040,36		
		HID	203.750,00	53.382,43		
2016	(+) 5%	CFL	894.191,00	223.547,79	2.096.590	464,44
		Bombillas fluorescentes	988.462,00	184.842,38		
		HID	213.937,00	56.051,55		

Fuente: Documento sistema de recolección colectivo y gestión ambiental.

Vale la pena dejar claro que en lo corrido del año 2012 no se dará inicio al proceso de tratamiento de los residuos. Sin embargo, el plan de la ANDI está actualmente en funcionamiento con la recolección de los residuos de bombillas en los puntos destinados para esto, y el gestor actual, EcoIndustria Ltda. Se encargará de la recolección y almacenamiento de todos los residuos hasta que se ponga en marcha un proceso de tratamiento. Con esto, se busca dejar claro que en el momento de dar inicio a la operación de una planta de tratamiento y aprovechamiento se contará con un inventario inicial de materia prima, basado en las cantidades recolectadas en el año 2012.

3.3 Mercadeo

A pesar de que se tiene un abastecimiento constante y el mercado genera demanda suficiente para la salida del producto terminado, es necesaria la creación de mercadeo efectivo con el fin de alcanzar dos objetivos fundamentales:

1. Sensibilizar a la población en Bogotá sobre la necesidad de llevar las bombillas usadas a los puntos de recolección (o para el caso de las empresas a la planta de tratamiento) con el fin de garantizar el aprovisionamiento, es decir, que haya llegada de materia prima. Esto hace referencia a un mercadeo B2C (Business to Customer).

2. Posicionar la planta en el mercado de metalurgia, plásticos y vidrio, como proveedor de materia prima reciclada de alta calidad. Es decir mercadeo B2B (Business to Business).

Para abordar cada objetivo se definen los productos sobre los cuales se hará el mercadeo, se define la población objetivo, se determina el plan estratégico en el cual de manera general se define el camino sobre el cual se moverá la campaña y finalmente se determina el plan táctico donde se encuentra el detalle de lo que se propone hacer.

3.3.1 Mercadeo para sensibilizar la población

Los productos base que sobre los cuales se hará el mercadeo son:

- Bombillas CFL.
- Tubos fluorescentes.
- Bombillas HID.

El mercado objetivo será todo ciudadano de Bogotá que resida en un domicilio y consuma este tipo de productos.

Plan Estratégico

Las campañas adelantadas en Bogotá sobre el manejo de basuras no han tenido la difusión y el impacto como para educar a toda la población sobre el manejo adecuado de las mismas, por esta razón es necesario generar impacto para sensibilizar con el fin de que haya una movilización masiva de la población hacia los puntos de recolección de bombillas.

Dentro de las campañas que existen actualmente se encuentra el programa “Bogotá Basura Cero” un plan de desarrollo de 2012 a 2016 que se orienta a minimizar el impacto de los escombros y los residuos sólidos, incluyendo los especiales y peligrosos, generados por la ciudad sobre el ambiente y la salud de los ciudadanos. Implica un cambio cultural, educativo y de políticas públicas sobre el manejo de residuos, que involucra al Estado, la ciudadanía y el sector productivo. Comprende acciones de estímulo a la producción de bienes de consumo reutilizables o biodegradables, construcción de una cultura de separación de residuos en la fuente, recolección separada, procesos industriales de reciclaje y aprovechamiento final y minimización de la disposición en relleno sanitario. Este programa es avalado por la Constitución Política de Colombia en los artículos 339 a 344, la Ley 152 de 1994, el artículo 12 del Decreto Ley 1421 y el Acuerdo 12 de 1994. Actualmente el programa tiene su propia página web y ha realizado 2 foros de difusión a nivel nacional.⁹

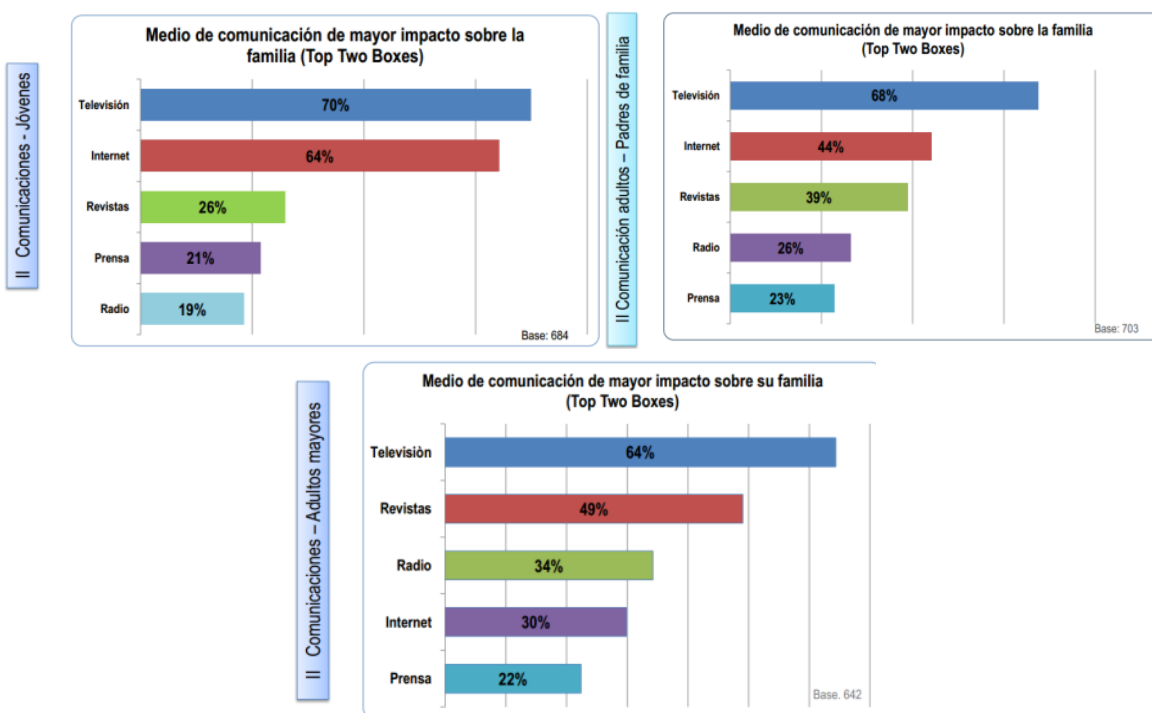
Adicionalmente existe una campaña relacionada con el postconsumo de pilas, y es la desarrollada por la ANDI conocida como “Pilas con el ambiente”, enfocado a la

⁹ Bogotá Basura Cero. Plan de Desarrollo Distrital 2012-2016: Bogotá Humana. [En Línea] <<http://www.bogotabasuracero.com/plan-desarrollo>> [consultado en Septiembre de 2012]

recolección y gestión ambiental de los residuos de las pilas. Esta campaña cuenta con puntos de recolección a nivel nacional y sus medios de difusión son página web y campaña por redes sociales como Facebook y Twitter.¹⁰

Teniendo en cuenta estas dos campañas, se propone apalancarse en estas ya que básicamente buscan el mismo objetivo de sensibilizar a la población. Sin embargo teniendo en cuenta que el plan postconsumo de Pilas está relacionado directamente con la ANDI al igual que el plan postconsumo bombillas, se aprovechará la página web www.pilascolombia.com y las campañas de Facebook y Twitter para que así como hay información sobre postconsumo de pilas haya información y links que enlacen a la campaña de plan postconsumo de bombillas. Además es fundamental tener en cuenta divulgación del mensaje por televisión ya que según un estudio realizado por la procuraduría general de la nación, el medio de comunicación de mayor impacto en jóvenes, adultos y adultos mayores es la televisión, seguida del internet (Ver figura 2) y el aporte de estos medios para facilitar la tarea educativa según los jóvenes y los adultos mayores es significativa (ver figura 3).¹¹

Figura 2. Importancia de los medios de comunicación en las familias para jóvenes, adultos y adultos mayores.

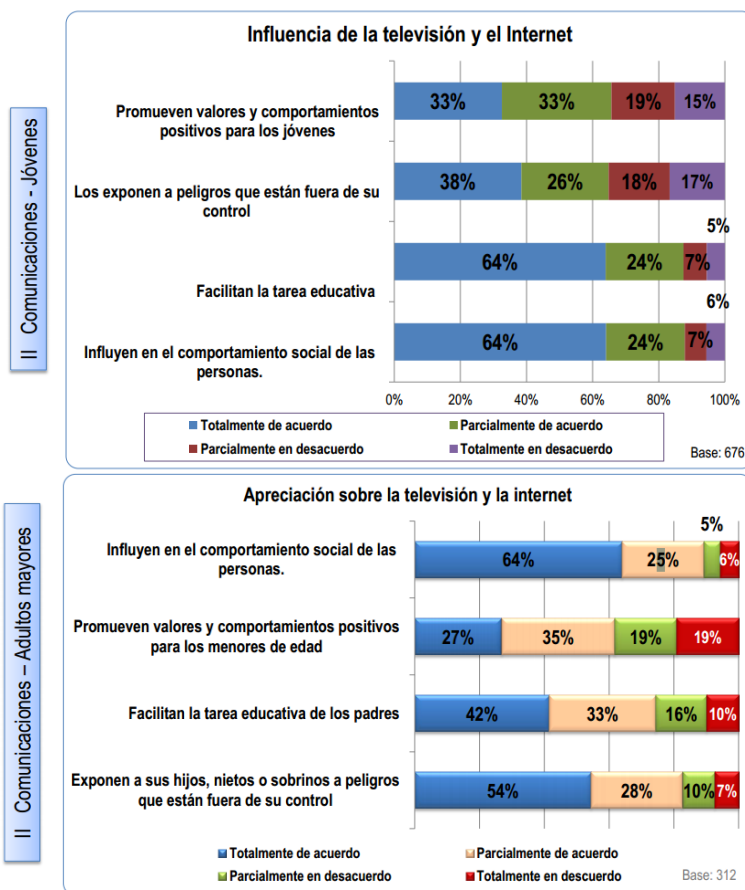


Fuente: Procuraduría General de la Nación.

¹⁰ Pilas con el ambiente. [En Línea] <<http://pilascolombia.com/?qclid=CPHx8bmJyLICFQTOaOdUUIAXw#!>> [Consultado en Septiembre de 2012]

¹¹ Procuraduría General de la Nación. Encuesta vínculos familiares en jóvenes adultos y personas mayores. [En línea]. <<http://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/INFORME%20EJECUTIVO%20PRESENTADO%20EL%2015%20DE%20MAYO%20DE%202012.pdf>>. [Consultado en Septiembre de 2012]

Figura 3. Influencia de la TV. e internet en jóvenes y adultos mayores.



Fuente: Procuraduría General de la Nación.

La campaña de sensibilización del plan postconsumo de bombillas estará enfocada a mostrar las consecuencias a la salud humana por la contaminación del agua por mercurio, esto justificara la necesidad de que las bombillas sean tratadas de tal forma que el mercurio quede neutralizado.

Plan Táctico

El plan táctico de mercadeo contiene las estrategias orientadas a cada uno de los elementos del mercadeo, identificando las actividades principales de cada estrategia y las tareas que componen cada actividad, los recursos necesarios para su ejecución y las fechas estimadas. Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan a continuación las tablas que contienen dicha información para cada una de las estrategias:

Tabla 9. Estrategia de producto para sensibilizar la población.

ESTRATEGIA DE PRODUCTO: DEFINIR TIPOS DE BOMBILLAS AHORRADORAS Y EFECTOS DEL MERCURIO							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Definir bombillas para recolección	Identificar bombillas ahorradoras con contenido de mercurio	Información	Ninguno	ene-13	ene-13	Jefe de producción	#Bombillas definidas/#bombillas ahorradoras con mercurio en el mercado
Definir comunicación sobre efectos del mercurio en la salud humana	Actualizar información sobre contaminación del mercurio en Bogotá	Estudio U. Nacional sobre efectos del mercurio	Capital	feb-13	jul-13	U. Nacional (realización) - Jefe de mercadeo (seguimiento)	Actualización del estudio
	Investigar Efectos y casos específicos de contaminación de mercurio de seres humanos	información sobre los efectos sobre el ser humano	Casos específicos no importa si no son en Colombia	feb-13	jul-13	U. Nacional (realización) - Gerente de Mercadeo (seguimiento)	Casos puntuales de contaminación

Fuente: Realizado por los Autores

Tabla 10. Estrategia de plaza para sensibilizar la población.

ESTRATEGIA DE PLAZA O DISTRIBUCIÓN: CUBRIR GEOGRÁFICAMENTE BOGOTA DE LA FORMA MAS COMPLETA POSIBLE CON PUNTOS DE RECOLECCIÓN DE BOMBILLAS							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Cubrimiento de Bogotá con puntos de recolección	Negociar puntos de recolección	Puntos en Grandes superficies	Puntos en Tiendas de iluminación y ferreterías	ene-13	jul-13	Jefe de logística	#puntos potenciales como puntos de recolección/#puntos recolección plan postconsumo
	Definir el debido almacenamiento de los consumidores en los puntos de recolección	Información	Ninguno	ene-13	ene-13	Jefe de logística	Tener la información definida en un documento escrito

Fuente: Realizado por los Autores

Tabla 11. Estrategia de publicidad para sensibilizar la población.

ESTRATEGIA DE PUBLICIDAD: SENSIBILIZAR LA POBLACIÓN DE BOGOTA CON EL FIN DE QUE LLEVEN SUS BOMBILLAS USADAS A LOS PUNTOS DE RECOLECCIÓN							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Diseñar campaña de educación a la población sobre los	Definir nombre de la campaña	Campaña "Pilas con el ambiente"	Capital	ene-13	ene-13	Agencia de Publicidad y jefe de mercadeo	Nombre de la campaña
	Diseñar los	Campaña	Capital	ene-13	feb-13	Agencia de	Logos,

tipos de bombillas ahorradoras y efectos del mercurio	Key Visuals y Claims de la campaña	"Pilas con el ambiente"				Publicidad y jefe de mercadeo	Slogans, fonts y colores según la campaña
	Definir información para publicidad según estrategias de producto y distribución	Información definida en estrategia de producto y distribución	Ninguno	ene-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Documento escrito con la información que se incluirá
Medios de comunicación para difundir la campaña	Diseñar página web	Campaña "Pilas con el ambiente"	Capital	jul-13	ago-13	Agencia de Publicidad y Jefe de mercadeo	Diseños preliminares
	Negociar Dominio y Hosting página Web	Negociación Dominio y Hosting de "Pilas con el ambiente"	Capital	jul-13	ago-13	Jefe de mercadeo	Página Web
	Diseñar campaña en TV	Ninguno	Capital	feb-13	jul-13	Agencia de Publicidad y Jefe de mercadeo	Video de la campaña
	Definir canales	Ninguno	Tarifas	jul-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Canal(es) definido(s)
	Definir horarios de transmisión	Ninguno	Tarifas	jul-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Horarios de Transmisión
	Negociar con canales	Ninguno	Capital	jul-13	sep-13	Jefe de mercadeo	Canal(es) negociación exitosa
	Transmitir campaña en TV	Ninguno	Capital	oct-13	nov-13	Canales	Video de la campaña en canales con negociación exitosa
	Definición de material e información a publicar en Facebook	Ninguno	Ninguno	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Documento escrito con la información que se incluirá
	Diseño página en Facebook	Campaña "Pilas con el ambiente"	Capital	jul-13	ago-13	Agencia de Publicidad, Jefe de mercadeo	Página en Facebook, con publicaciones semanales
	Definición de material e información a publicar en Twitter	Ninguno	Ninguno	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Documento escrito con la información que se incluirá
	Diseño página en Twitter	Campaña "Pilas con el ambiente"	Capital	jul-13	ago-13	Agencia de Publicidad, Jefe de mercadeo	Twitter, con publicaciones semanales
Tener posición en Google ad-words	Definir cantidad de palabras	Ninguno	Tarifas	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Palabras definidas
	Establecer cantidad de	Ninguno	Tarifas	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Clicks Definidos

	clicks						
	Establecer la permanencia en Google	Ninguno	Capital	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Búsqueda en google donde aparezca la campaña

Fuente: Realizado por los Autores

NOTA: Dada la naturaleza de la campaña, la estrategia de precio no se tendrá en cuenta ya que no aplica, la estrategia de promoción no se tendrá en cuenta ya que como no se está promoviendo la venta de un producto, la estrategia de promoción sería un sobre-costeo innecesario. Como es una campaña liderada por la ANDI, la estrategia de relaciones públicas será manejada directamente por la entidad.

3.3.2 Mercadeo para posicionar la marca

Los productos base que sobre los cuales se hará el mercadeo son metales ferrosos y chatarra, plástico (Polietileno de alta densidad PEAD) y vidrio. El mercado objetivo serán las empresas definidas como clientes potenciales (Ver capítulo clientes).

Plan Estratégico

La estrategia básica estará enfocada en que los materiales que la planta ofrece estén libres de impurezas y su vez, a tener espacio en páginas amarillas y googleadd-words. Es decir, se busca posicionar la empresa como proveedor de materia prima de alta calidad y que sea fácil de contactar.

Plan Táctico

El plan táctico de mercadeo contiene las estrategias orientadas a cada uno de los elementos del mercadeo, identificando las actividades principales de cada estrategia y las tareas que componen cada actividad, los recursos necesarios para su ejecución y las fechas estimadas (se asume que para Agosto 1 de 2013 la planta está en funcionamiento). Teniendo en cuenta lo anterior, se presentan a continuación las tablas que contienen dicha información para cada una de las estrategias:

Tabla 12. Estrategia de producto para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE PRODUCTO: DEFINIR MATERIA PRIMA QUE SE VA A OFRECER							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Definir materia prima de venta	Definir ficha técnica del metal ofrecido	Información	Estudio físico y químico del material	mar-13	jul-13	U. Nacional (estudio) Jefe de producción (seguimiento)	Documento escrito con Ficha Técnica del metal

	Determinar condiciones para despacho de metal	Información y proceso definido	Ninguno	mar-13	jul-13	Jefe de producción	Documento escrito con condiciones de despacho del metal
	Definir ficha técnica del plástico ofrecido	Información	Estudio físico y químico del material	mar-13	jul-13	U. Nacional (estudio) Jefe de producción(seguimiento)	Documento escrito con Ficha Técnica del plástico
	Determinar condiciones para despacho de plástico	Información y proceso definido	Ninguno	mar-13	jul-13	Jefe de producción	Documento escrito con condiciones de despacho del plástico
	Definir ficha técnica del vidrio ofrecido	Información	Estudio físico y químico del material	mar-13	jul-13	U. Nacional (estudio) Jefe de producción(seguimiento)	Documento escrito con Ficha Técnica del vidrio
	Determinar condiciones para despacho de vidrio	Información y proceso definido	Ninguno	mar-13	jul-13	Jefe de producción	Documento escrito con condiciones de despacho del vidrio
Tener Sello ambiental	Tener el aval de producción limpia	Ninguno	Permisos	mar-13	jul-13	Jefe de producción	Conseguir sello ambiental
	Todos los materiales incluyan sello ambiental	Ninguno	Permisos	mar-13	jul-13	Jefe de producción	Materiales con sello ambiental

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 13. Estrategia de precio para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE PRECIO: ESTABLECER UN PRECIO VARIABLE QUE PERMITA LA FLEXIBILIDAD POR DESCUENTOS							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESPONSABLE	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Establecer un precio ligeramente por encima del mercado que de la sensación de calidad (10% por encima)	Identificar variación de precios de la competencia mes a mes	Precios del mercado	Informes de competencia	jul-13	dic-13	Asistente de gerencia	(Precio competencia - precio empresa)/precio competencia
	Consolidar ventas del periodo	Ninguno	Informe de ventas mensual	jul-13	dic-13	Asistente de gerencia	Total ventas mes y análisis de variación

Tabla 14. Estrategia de plaza para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE PLAZA O DISTRIBUCIÓN: PRESTAR FACILIDADES PARA RECOGER MATERIALES							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Facilitar acceso de los clientes a los productos	Facilitar el acceso a bodega para proceso de cargue	Bodega diseñada para cargue rápido	Ninguno	jun-13	jul-13	Jefe de logística	tiempo de cargue planta vs tiempo de cargue otros proveedores

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 15. Estrategia de publicidad para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE PUBLICIDAD: SER UNA EMPRESA FACIL DE CONTACTAR							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESP.	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Tener posición en google ad-words	Definir cantidad de palabras	Ninguno	Tarifas	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Palabras definidas
	Establecer cantidad de clicks	Ninguno	Tarifas	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Clicks Definidos
	Establecer la permanencia en google	Ninguno	Capital	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Búsqueda en google donde aparezca la campaña
Tener contacto en páginas amarillas	Negociar páginas	Ninguno	Capital	jun-13	jul-13	Jefe de mercadeo	Páginas definidas
	Publicar	Teléfono de contacto, página web, facebook, Twitter	Capital	jul-13	ago-13	Páginas amarillas	Contacto de la empresa publicado

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 16. Estrategia de promoción para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE PROMOCIÓN: ELIMINAR BARRERA DE COMPRA POR SER NUEVO PROVEEDOR							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESPONSABLE	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Dar a conocer a conocer Materia Prima	Definir clientes para dar muestras	Computadores, Microsoft Excel	Ninguno	jul-13	ago-13	Asistente de gerencia	Clientes seleccionados
	Entregar muestras y explicar el proceso del cual resultan	Materia Prima	NA	ago-13	sep-13	Jefe de producción	# de MP de muestrafabricada/# muestras entregadas
Dar plazos para pagos	Definir plazos	Ninguno	Ganancias	sep-13	dic-13	Asistente de gerencia	Plazos definidos

	que se pueden dar los clientes de cada material						
	Hacer efectivos los plazos	Ninguno	Ganancias	sep-13	dic-13	Asistente de gerencia	Clientes pago a entrega vs Clientes pago a plazo

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 17. Estrategia de relaciones públicas para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE RELACIONES PÚBLICAS: GENERAR IMAGEN PÚBLICA DE EMPRESA DE CONFIANZA Y RESPONSABILIDAD CON EL MEDIO AMBIENTE							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESPONSABLE	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Redactar boletines de prensa	Definir temática del boletín	Computadores, Microsoft Word	Ninguno	sep-13	dic-13	Gerente general	Haber escogido la temática dentro de varias opciones
	Redactar boletín	Computadores, Microsoft Word	Ninguno	sep-13	dic-13	Gerente general	Boletín redactado
	Revisar boletín	Computadores, Microsoft Word	Ninguno	sep-13	dic-13	Gerente general/Jefe de mercadeo	NA
	Enviar boletín a medios de prensa	Computadores, internet, Outlook	Ninguno	sep-13	dic-13	Jefe de mercadeo	# boletines publicados / # boletines enviados

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 18. Estrategia de servicio para posicionar la marca.

ESTRATEGIA DE SERVICIO: TENER UNA PERSONA SIEMPRE DISPONIBLE PARA DUDAS, QUEJAS Y RECLAMOS DE LOS CLIENTES							
ACTIVIDAD	TAREA	RECURSOS		FECHA		RESPONSABLE	INDICADOR DE CONTROL
		Se tienen	Se necesitan	Inicio	Termina		
Atención al cliente pos-venta	Establecer una línea de atención al cliente	NA	Línea telefónica	jul-13	ago-13	Asistente de gerencia	Registro de llamadas

Fuente: Realizado por los autores

4. PRODUCCIÓN DE LA CADENA DE SUMINISTRO.

A partir de lo desarrollado en el capítulo anterior, en el cual fueron expuestas las cifras relacionadas con la cantidad de bombillas puestas en el mercado de la ciudad de Bogotá en los últimos años, y con lo cual se pudo realizar una estimación sobre las cantidades a recolectar en los próximos, se considera que se cuenta con la información para tratar el tema de la tecnología necesaria para el tratamiento de los residuos de bombillas y a partir de ello el proceso que debe llevarse a cabo para el aprovechamiento de los materiales. Con el presente capítulo se tiene como objetivo evaluar y seleccionar la maquinaria adecuada para el tratamiento, basándose en la oferta del mercado y la capacidad que se tendrá. Al seleccionar la maquinaria para la planta de tratamiento se tendrán en cuenta todos los costos asociados para su instalación en el país, además de temas relacionados con la logística de su importación, fundamentales para la evaluación financiera posterior, así como otros factores importantes para la operación tales como capacidad de tratamiento, tipos de bombillas tratadas y materiales resultantes.

METODOLOGÍA

Para el desarrollo del presente capítulo se parte de una búsqueda a nivel mundial de países en los cuales se llevan a cabo procesos de tratamiento y aprovechamiento para conocer los mismos y así tener claro qué empresas realizan la gestión; cuál es la situación actual y qué materiales se obtienen tras estos tratamientos. Después de conocer los procesos llevados a cabo, se realiza una búsqueda de proveedores de maquinaria para el tratamiento de residuos de bombillas, en la cual se ilustran las especificaciones, se describe el funcionamiento de las máquinas y los materiales que se obtienen tras los procesos. Al tener un portafolio de las principales máquinas se puede realizar un comparativo entre las mismas para así seleccionar la que más se ajusta a las necesidades de la cadena, evaluando diferentes criterios.

4.1 Procesos para el tratamiento de residuos a nivel mundial.

Se describe a continuación la situación mundial en cuanto tratamiento de residuos de bombillas para así abordar de manera general los procesos productivos desarrollados para aprovechar este tipo de materiales. Se toma como referencia los países que lideran estas iniciativas según el Convenio de cooperación científica y tecnológica desarrollado entre el MAVDT y la Universidad Nacional.

4.1.1 Alemania¹²

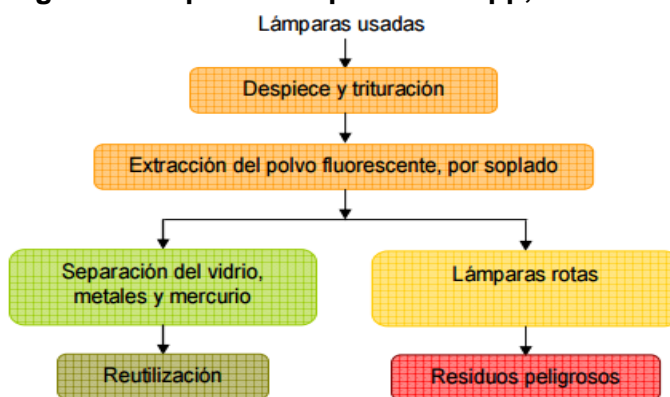
Desde el año 2005 fue fundada Lightcycle Retour logistik und Service GmbH, financiada por una asociación de las empresas Osram, Philips, SLI, GE, Radium, Auralight, Narva,

¹²Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Convenio de cooperación científica y tecnológica, Bogotá: MAVDT – UN, 2008.

BLV y Heraeus, y que tiene como objetivo el tratamiento y aprovechamiento de los residuos de bombillas el país, representando en la actualidad el 90% del mercado.

El proceso de tratamiento de estos residuos se realiza en conjunto con las empresas LARS y OLAV, cada una responsable de una región determinada del país. Lightcycle está encargada del proceso de recolección y transporte desde los puntos de recolección hasta las plantas de las dos empresas, en contenedores similares a los propuestos para el presente documento a los mostrados en la Figura 11, y el transporte de los residuos desde los puntos de recolección hasta las instalaciones de las empresas en mención. Para el aprovechamiento de los residuos, se emplea un proceso de separación llamado Kapp, aplicado a tubos fluorescentes lineales:

Figura 4. Esquema del proceso Kapp, Alemania



Fuente: www.olav.ccr.de

4.1.2 España¹³

A partir de la expedición de la Directiva Europea 2002/96/CE, las empresas productoras de bombillas en España, General Electric, Osram, Philips y Silvana, implementaron el proceso de recolección, tratamiento y aprovechamiento de estos residuos, creando una asociación privada "Ambilamp" para cumplir con lo establecido en el Real Decreto 208/2005, el cual establece la gestión RAEE. Ambilamp tiene por objetivo:

- Establecer y desarrollar un sistema de recolección efectivo.
- Facilitar a todas las compañías involucradas los servicios prestados por la asociación mediante el correspondiente contrato de adhesión.
- Realizar o promover estudios, investigaciones y/o actividades científicas y tecnológicas encaminadas a la minimización de los residuos de bombillas.
- Llevar a cabo labores de fomento, educación o divulgación que contribuyan a cumplir con objetivos de protección y mejora del medio ambiente.

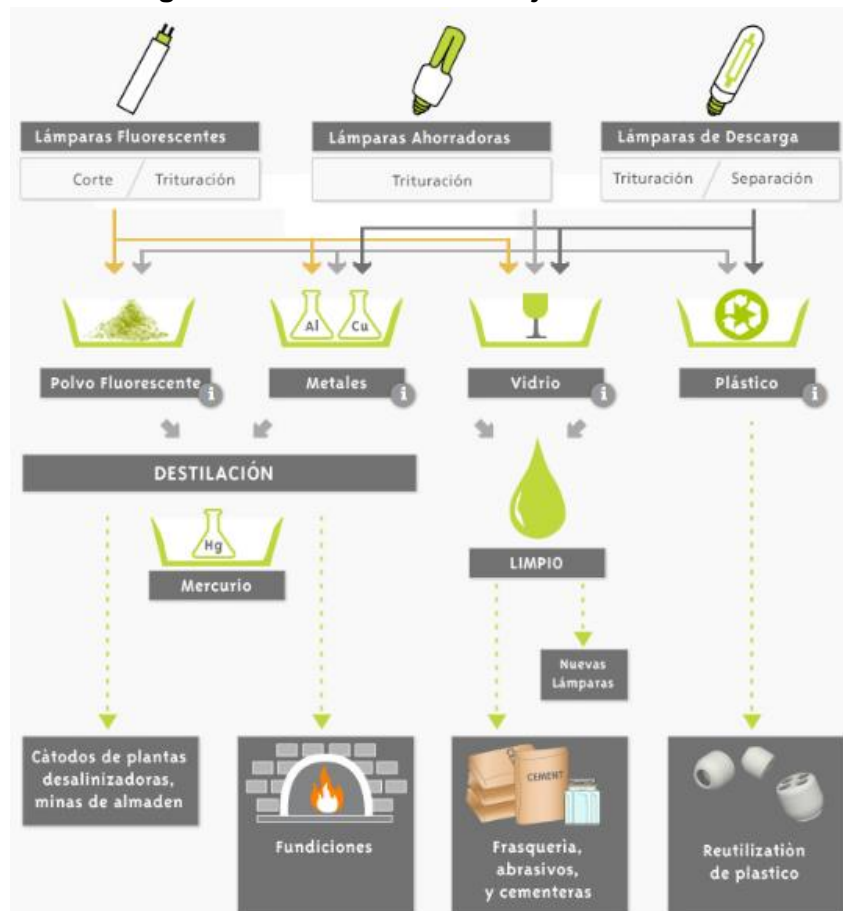
¹³AMBILAMP [En línea] <http://www.ambilamp.es/el_reciclaje/por_qu_reciclar_las_bombillas_y_fluorescentes> [Consultado en Julio de 2012]

La asociación se encuentra financiada gracias al cobro de 0,3 euros por cada bombilla vendida por las empresas afiliadas. La meta de reciclado en el año 2011 fue del 70% de las bombillas en España.

El proceso de recolección comienza con la ubicación de puntos de recolección municipales a los cuales acceda una alta concentración de usuarios finales, subcontratando la logística del transporte a gestores de residuos que los acumulan y llevan hasta las plantas de aprovechamiento.

El proceso de reciclaje de AMBILAMP se lleva a cabo teniendo en cuenta bombillas fluorescentes, ahorradoras y de descarga a partir de las cuales se obtiene como materiales resultantes polvo fluorescente, metales, vidrio y plástico, por medio de la trituration de los materiales en máquinas, seguido de la separación de los materiales. Asimismo, para obtener el polvo fluorescente libre de contaminación por mercurio, se realiza un proceso de destilación.

Figura 5. Proceso de Reciclaje AMBILAMP.



Fuente: http://www.ambilamp.es/el_reciclaje/planta_reciclaje_3d (Realizado por los autores).

4.1.3 Reino Unido¹⁴

Una de empresas dedicadas a la gestión de residuos de bombillas más reconocida es llamada “Envirolite”, la cual se dedica a la prestación de servicios de gestión de bombillas en el Reino Unido e Irlanda, incluyendo dentro de sus servicios, el suministro de contenedores adecuados para el almacenamiento, recolección y tratamiento de este tipo de residuos. Además, de ser necesario, suministra a bajo costo equipos portátiles para la trituración de las bombillas con el objetivo de reducir su volumen y de esta manera los requerimientos de espacio para su almacenamiento.

Figura 6. Equipo portátil de trituración o BulbEater, ENVIROLITE.



Fuente: www.envirolite.co.uk

El proceso de tratamiento en la planta inicia con la trituración de las bombillas en el BulbEater; posterior a ello, se limpian y se separan las diferentes fracciones de material bajo ciertas condiciones de vacío. Como resultado, se obtiene vidrio limpio, casquillos de aluminio, clips de acero y polvo contaminado con mercurio. Con este último, se realiza un proceso de destilación para obtener mercurio de alta pureza y minerales inertes ricos en arcilla; con este proceso, la empresa logra una tasa de recuperación del material de aproximadamente el 97%.

Figura 7. Planta de aprovechamiento de bombillas, ENVIROLITE.



Fuente: www.envirolite.co.uk

¹⁴Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Convenio de cooperación científica y tecnológica, Bogotá: MAVDT – UN, 2008.

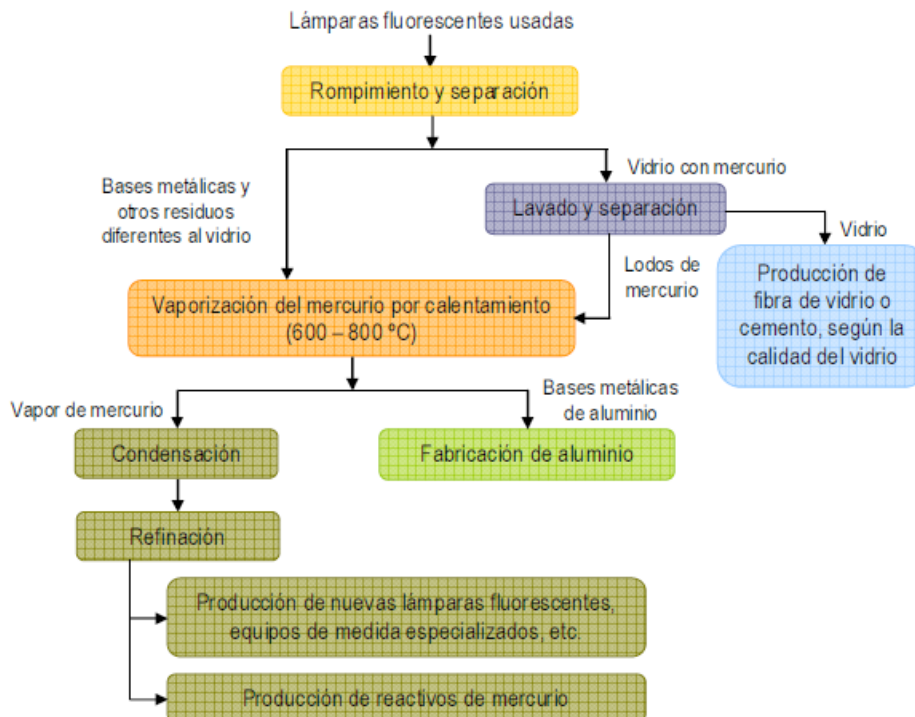
La empresa se encuentra acreditada por Sustainalite, organización reconocida por el Gobierno y creada por la industria de la iluminación de Reino Unido, en asociación con la industria de gestión de residuos para así cumplir con los requerimientos de la Directiva RAEE.

4.1.4 Japón¹⁵.

En este país no se cuenta con una regulación o normatividad que permita limitar el uso de bombillas fluorescentes. Actualmente, se trabaja con las autoridades locales y la participación voluntaria de la gente en la recolección, buscando implementar tecnologías de otros países y la introducción de tecnología LED.

Las bombillas fluorescentes son separadas de otros residuos, recogidas por organismos públicos locales y empresas a nivel nacional, para ser enviadas a la Refinería Itomuka, en Hokkaido, para su tratamiento y aprovechamiento, en la siguiente figura se ilustra y resume el proceso que se realiza en la refinería:

Figura 8. Esquema del proceso de tratamiento en la Refinería Itomuka, Japón.



Fuente: www.nomurakohsan.co.jp

¹⁵ Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Convenio de cooperación científica y tecnológica, Bogotá: MAVDT – UN, 2008.

4.1.5 Estados Unidos.

Los centros de reciclaje de bombillas realizan el proceso de tratamiento mediante un método conocido como “Proceso de reciclaje en seco”, el cual genera cuatro tipos de residuos: polvo de fósforo contaminado con mercurio, filtros contaminados con mercurio, vidrio triturado y casquillos de aluminio.

Todo el sistema se opera al vacío con el objetivo de reducir al mínimo posible las emisiones de mercurio a la atmósfera. En primer lugar, los tubos fluorescentes son triturados en una unidad en la que un sistema al vacío se encarga de recoger el aire y el material triturado para así prevenir la liberación del mercurio a través del tubo que alimenta el sistema. Posterior a ello, el material pasa a través de un ciclón que se encarga de separar el vidrio triturado y los casquillos de aluminio, además de transferir el polvo de fosforo (contaminado con mercurio) a una barrera transportadora cerrada.

El mercurio que se libera en fase de vapor es capturado por filtros de carbono que se encargan de la recuperación del gas. Tras esto, el polvo de fosforo contaminado con mercurio y los filtros de carbono se separan y son enviados a una refinería de mercurio como residuos peligrosos la recuperación tanto del fosforo como del mercurio. Para ello, los residuos se calientan por encima de 375 °C (punto de ebullición del mercurio) de 4 a 20 horas para que el mercurio se evapore y posteriormente sea condensado en un depurador y recogido en un decantador.

Por otro lado, el vidrio triturado, se envía para su posterior reutilización en diferentes aplicaciones como lo son la fabricación de fibra de vidrio, material de carretera, entre otros; En el caso de los casquillos de aluminio, estos se venden para su fundición y reventa como materia prima.

4.2 Maquinaria comercializada para el tratamiento de residuos en el mundo.

A continuación son presentadas las principales empresas encargadas de la comercialización de maquinaria para el tratamiento de residuos de bombillas, basado en la información proporcionada por fuentes primarias, como las entrevistas con Wilson Contreras y Diana Parrado de Havells Sylvania, así como la web de cada una de las empresas. Estados Unidos, Reino Unido y Suecia, son los países en los cuales se encuentran localizados los proveedores de este tipo de tecnologías y en casos como el de EEUU, incluso diferentes empresas comercializan el mismo tipo de maquinaria. La información se resume en la siguiente tabla:

Tabla 19. Maquinaria comercializada para el tratamiento de residuos.

	LSS1 ¹⁶	LH10 Mercury Retort System ¹⁷	MP 6000 ¹⁸	Crush & Sieve Plant ¹⁹	HID Pr
Proveedor	Universal Recycling Technologies	AERC	Balcan	MRT System	MRT
País	Estados Unidos	Estados Unidos	Reino Unido	Suecia	S
Dimensiones	Alto: 3,7 m; largo: 10,15 m; ancho: 6,56 m	-	Alto: 3,7 m; largo: 13,5 m; ancho: 7,5 m	Largo: 10 m; ancho: 10 m	Alto largo ancho
Bombillas tratadas	Tubos fluorescentes, HID, CFL, bombillas de presión de sodio	Tubos fluorescentes, HID, termómetros, vidrio contaminado	Tubos fluorescentes, HID, CFL	Tubos lineales, CFL	
Elementos resultantes	Cabezas metálicas, polvo fluorescente, aluminio, vidrio	Mercurio puro líquido	Metal, plástico, vidrio, polvo fluorescente, núcleos HID	Cabezas metálicas, polvo fluorescente, aluminio, vidrio	Vidrio
Proceso	1. Alimentación	1. Alimentación	1. Alimentación	1. Alimentación	1. Alim
	2. Trituración	1. Vaporización	2. Trituración	2. Trituración	2. Tritu
	3. Filtrado polvo	2. Condensación	3. Filtrado polvo y núcleos	3. Tamizado	3. Sep
			4. Separación materiales	4. Separación	

Fuente: Realizado por los autores

4.3.1 Evaluación y comparación

Para una gestión adecuada de residuos en el país y un tratamiento integral, que cumpla con lo exigido por el ministerio de Ambiente a partir del año 2016, es necesario un proceso de reciclaje total, que incluya procesos de extracción de mercurio como componente de las bombillas.

Para poder realizar una adecuada selección de la maquinaria para la cadena de suministro es necesario realizar la comparación entre diferentes alternativas con base en distintos criterios. En primer lugar, se evalúa un criterio de capacidad de tratamiento de las alternativas. Al contar con las cantidades estimadas de bombillas a tratar (Ver Tabla 8), es fundamental adecuarse a esta oferta de materia prima para evitar la importación de maquinaria sobredimensionada y con una capacidad que exceda los límites de oferta de bombillas tanto a nivel Bogotá (como lo es el alcance de este trabajo) así como una posible expansión a todo el país.

¹⁶ UNIVERSAL RECYCLING [En línea] <<http://www.universalrecyclers.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

¹⁷ AERCRECYCLINGSOLUTIONS [En línea] <<http://www.aercycling.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

¹⁸ BALCAN [En línea] <<http://www.cfl-lamprecycling.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

¹⁹ MRT SYSTEM [En línea] <<http://www.mrtsystem.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

²⁰ Ibid.

²¹ Ibid.

A continuación se plantea un escenario en el cual la planta de tratamiento funcionaría 6 horas diarias (de un turno normal de 8 horas, eliminando tiempos muertos y tiempos de alistamiento), de lunes a viernes, para un total de 260 días de trabajo, tomando en cuenta la capacidad máxima de tratamiento de unidades por hora de cada máquina:

Tabla 20. Capacidad de tratamiento de máquinas

TECNOLOGÍA	Unidades/Hora	Unidades/Día	Unidades/Año
MP6000	1500	9000	2340000
LSS1	4000	24000	6240000
MRTSystems	6000	36000	9360000

Fuente: Realizado por los autores

Adicional a esto, en la siguiente tabla se resumen otros factores fundamentales y determinantes para la elección de la maquinaria más adecuada, y se les asigna una calificación numérica para poder realizar una ponderación y evaluación completa tanto cuantitativa como cualitativa. Estos son los factores:

- País de origen: su importancia radica en los costos del flete al momento de importación, siendo menores los costos de una mercancía proveniente del mismo continente que una negociación con países de Europa o Asia. Se califica de 1 a 3 de la siguiente manera: 3, proveniente del mismo continente; 2, proveniente de Europa; 1, proveniente de Asia.
- Dimensiones: relacionado con los costos de planta, ahorros de espacio y distribución de la misma. Al tener claro que las 3 máquinas cumplen con el criterio de capacidad (ver tabla 23) se puede considerar más eficiente para el proceso una máquina de menor dimensión. Se califica de 1 a 3 de la siguiente manera: 3, menos de 50 m²; 2, entre 51 y 89 m²; 1, más de 90 m².
- Tipo de bombillas tratadas: es fundamental determinar si las máquinas tienen capacidad de tratamiento de distintos tipos de bombillas o si solo tratan un tipo en específico, siendo así necesaria la adquisición de una máquina adicional. Se califica de 1 a 3 de la siguiente manera: 3, todo tipo de bombillas; 2, dos tipos de bombillas; 1, solo un tipo de bombillas.
- Materiales resultantes: al tratarse de un proceso de reciclaje y de aprovechamiento, es importante recuperar distintos materiales que se puedan comercializar. Se califica de 1 a 3 de la siguiente manera: 3, más de tres tipos de material resultante; 2, entre 2 y 3 materiales resultantes; 1, solo un material resultante.
- Costo aproximado: referente a los costos tanto de la máquina como de su importación y puesta en marcha. Se califica de 1 a 3 de la siguiente manera: 3, menos de 300000 USD; 2, menos de 500000 USD; 1, más de 500000 USD.

Tabla 21. Factores de evaluación para selección de maquinaria

Máquina	LSS1	Balcan	MRT Crush and Sieve Plant	MRT HID Processor
País Origen	Estados Unidos	Reino Unido	Suecia	Suecia
Dimensiones (m)	10,5 x 6,5	7,5 x 13,5	10 x 10	5,1 x 2.,8
Tipo de bombillas tratadas	HID - CFL	HID - CFL - Tubos fluorescentes	Tubos fluorescentes - CFL	HID
Materiales resultantes	Cabezas Metálicas, Aluminio, vidrio, polvo de mercurio	Cabezas Metálicas, Aluminio, vidrio, plástico, polvo de mercurio	Metal, aluminio, vidrio, polvo de mercurio	Vidrio, metal
Costo Aprox. FOB (USD)	500.000	390.000	400.000	250.000

Fuente: Realizado por los autores

Al describir los factores que se califican y su sistema de calificación, se presenta la siguiente tabla en la cual se resume la calificación de los factores y su ponderación según un peso establecido. Este peso se determinó con base en un criterio subjetivo de los autores del presente documento, para quienes los factores más importantes son el de tipo de bombillas que trata, buscando así contar con una tecnología para todo tipo de bombillas, así como el costo económico de la maquinaria, asignando un peso de 30%. Continúa el factor de materiales resultantes debido a que se trata de una cadena de suministro que buscar tratar y a su vez aprovechar los residuos de bombillas, para obtener un beneficio tanto económico como ambiental con la comercialización de los mismos (peso de 20%), por último se tienen en cuenta los factores de país de origen y dimensiones (10% cada uno).

Tabla 22. Evaluación de factores y ponderación.

Máquina	LSS1	Balcan	MRT Crush and Sieve Plant	MRT HID Processor	Peso
País Origen	3	2	2	2	10%
Dimensiones (m)	2	1	2	3	10%
Tipo de bombillas	2	3	2	1	30%
Material resultante	3	3	3	2	20%
Costo Aprox.FOB (USD)	1	2	2	3	30%
TOTAL	2	2,4	2,2	2,1	

Fuente: Realizado por los autores

4.3.2 Selección

Con lo expuesto en la tabla 20, queda claro que todas las tecnologías sobrepasan la capacidad de tratamiento según la oferta de materia prima, siendo entonces que la tecnología de Balcan es la que más se aproxima a las necesidades de tratamiento en el

país, teniendo en cuenta que a partir del año 2016, la oferta estimada de residuos de bombillas será de dos millones de unidades aproximadamente (Ver tabla 8), y que además estas cantidades solo incluyen lo que comercializan las empresas radicadas en la ciudad de Bogotá. Equipos como los de Universal Recycling o MRT están sobredimensionados para las cantidades de residuos generados en la ciudad y en el país, y serían más apropiados en caso que hubiera una oferta mayor de producto.

La tabla 22 también expone que la máquina de Balcan obtiene un resultado más alto, debido a que se cuenta con capacidad de tratamiento de diferentes tipos de bombillas en una sola unidad, lo que se refleja en un costo relativamente bajo al tratarse de una planta que se puede usar para todos los tipos de residuos contemplados en el proyecto. Esta tabla muestra además como tanto MRT y Universal Recyling cuentan con plantas que procesan diferentes tipos de bombillas por separado, es decir, no se cuenta con una sola máquina capaz de realizar este proceso completo. Solo la máquina ofrecida por la empresa Balcan tiene la capacidad de procesar todo tipo de formas y tamaños de bombillas con mercurio, con lo cual no es necesaria una diversidad de equipos que dificulte la estandarización de los procesos. En cuanto a costos, a pesar que la máquina de Balcan tiene un costo alto, al ser una sola unidad la necesaria, se presenta el ahorro frente a las otras empresas en las cuales es necesaria la compra de más de una unidad para el tratamiento completo aumentando los costos de inversión con mayor número de unidades necesarias. Como ese mencionó en la tabla 21, el costo aproximado de la maquina MP 6000 es de 715 millones de pesos. (Ver Anexo 1. Cotización MP 6000 Balcan).

4.3.3 Descripción detallada de la máquina seleccionada

La planta de reciclaje de bombillas de Balcan dispone de capacidad para procesar entre 1500 y 3000 bombillas por hora (entre tubos fluorescentes, HID y CFL), suponiendo que las bombillas enteras estén preparadas cerca de la tolva de alimentación para ser introducidas en el triturador montado sobre ella. Las trituradas previamente, así como las bombillas enteras de menor tamaño, se pueden cargar directamente en la unidad secundaria, aumentando así el rendimiento. Las secciones de la máquina son las siguientes:

Triturador con unidad de separación. Los desechos triturados son conducidos de manera uniforme al separador principal, en el cual se absorbe el polvo de fósforo resultante, que contiene mercurio, por medio de la agitación y los dos filtros extractores por corriente de aire. Los residuos caen desde el extremo de la unidad de separación sobre un imán que separa el vidrio de los componentes metálicos, los cuales son transportados a bidones de recogida adecuados. Esta unidad de separación procesa tanto los tubos fluorescentes como los demás tipos de vidrio de bombillas con componentes de metal magnético en una única operación. Las bombillas que contienen plástico o elementos no magnéticos deben ser procesadas en el separador secundario.

Separador secundario. Encargado del tratamiento de todo tipo de bombillas, enteras o trituradas, a excepción de las bombillas de sodio SOX. En esta unidad, es separado el vidrio de los demás componentes. Además, la unidad actúa como limpiadora primaria de bombillas enteras y trituradas (excepto bombillas de sodio SOX). Los desechos resultantes de vidrio son transportados de vuelta a la tolva principal para alimentar el separador y ser así limpiados, mientras que la mezcla de otros materiales es desechada en un contenedor de recogida.

Cintas transportadoras.

- Entre la tolva principal y el separador principal.
- Para los desechos de vidrio hasta el contenedor de recogida.
- Para las cabezas de aluminio hasta el contenedor de recogida.
- Desde el separador secundario a la tolva principal.

Filtros extractores. Usados para recuperar el mercurio que es transportado por el polvo y el vapor de fósforo contenido en los residuos, por medio de corriente de aire. Con esto se garantiza que la planta funcione a presión negativa. Estos vapores son conducidos al conducto principal de filtrado. Este conducto contiene 2 metros cúbicos de carbón activado con base de azufre, el cual reacciona con el mercurio para permitir de esta manera que el aire extraído sea purificado (limpio de mercurio) y pueda salir a la atmósfera.

Caja de control eléctrico. Encargada de garantizar el funcionamiento en secuencia de la máquina y de que todo el equipo se encienda y apague en el orden correcto, o se detenga por completo en caso de alguna emergencia. En caso de alguna falla, los componentes cuentan con interruptores de sobrecarga y de proximidad que permiten realizar paradas controladas, con lo cual se evite que el equipo funcione de forma no segura.

Puntos de recogida. Cubiertos y canalizados para recoger los residuos de vidrio, metal y plástico.

4.3.4 Instalación de la máquina seleccionada

La empresa Balcan, proveedora de la máquina, ofrece el servicio personalizado de instalación del equipo con la compra del mismo. Este servicio incluye la realización a medida del diseño de la máquina con el objetivo de ajustarla al espacio en que será instalada. Tras realizar el pedido, la empresa se contacta con el cliente para solicitar un esquema de la planta con el cual se pueda realizar el diseño de la máquina. Este diseño proporciona las medidas y cantidades necesaria de canalización para el suministro de aire.

Posterior a ello, se realiza el envío de la unidad por parte del proveedor, el cual proporciona asistencia para desembalar los contenedores y montar la máquina. Cuando el sistema se encuentra en condiciones de funcionamiento, la empresa se encarga de realizar las pruebas necesarias para ponerlo en marcha. De igual manera, los técnicos

permanecerán durante los primeros días en las instalaciones para capacitar a los operarios en cómo utilizar el equipo y cómo realizar tareas de mantenimiento preventivas, reparaciones y búsqueda de fallas.

4.3.5 Destilador de mercurio

A pesar de contar con una máquina con capacidad de procesamiento de todo tipo de bombillas, el proceso no estaría completo sin el tratamiento del mercurio. Como ya fue mencionado, la máquina MP6000 se encarga de la extracción del polvo fosfórico con contenido de mercurio. Por ello es necesario el tratamiento de este polvo, por lo cual se ha cotizado y propuesto la instalación de una máquina adicional para llevar a cabo el proceso de recuperación del mismo.

Según la empresa MRT (Mercury Recovery Technology) System²², la destilación es el proceso más adecuado para la recuperación de mercurio que proviene de polvo fluorescente, extremos de los tubos de los tubos fluorescentes y tubos de arco de las bombillas de alta presión de vapor de mercurio. Es así como la empresa propone un proceso de destilación que permite la desorción térmica del metal adsorbido por los materiales; en este caso el polvo fluorescente de los residuos de bombillas. El porcentaje de recuperación del mercurio es de 99,999% y además permite el reciclaje de polvo fluorescente para que sean aprovechados algunos de los componentes en la elaboración de nuevas bombillas. Este proceso es llevado a cabo gracias a la máquina Batch Destiller que se encarga del tratamiento del material para la recuperación del mismo mediante un proceso térmico en el que el material se calienta a temperaturas por encima del punto de ebullición del mercurio (375°C) para luego condensar y recoger el material vaporizado por este proceso en receptores especiales o decantadores.

4.3.6 Costo e Instalación del destilador

El costo del destilador es de aproximadamente 580 millones de pesos (Ver Anexo 2. Cotización destilador de mercurio). La instalación, puesta en marcha y capacitación del personal se llevará a cabo durante una semana tras la llegada de la máquina. Si estas requieren más tiempo, y esto es debido a razones fuera del control de la empresa proveedora, se le cobrará el tiempo extra.

4.3.7 Compresor de aire

Además del uso de la máquina MP 6000 de Balcan y el destilador de MRT System para el proceso productivo de reciclaje, es necesario contar con una tercera máquina, siendo esta un compresor de aire para el funcionamiento de la máquina MP 6000. Las especificaciones del compresor necesario son las siguientes: presión: 6 Bar (87 PSI) y aire comprimido: 7.2 Nm³/H (4.5CFM o 127L/min).

²²Soluciones de reciclaje de bombillas [En línea] <<http://www.mrtsystem.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

Junto con el compresor, es necesario contar con los debidos accesorios para su correcto funcionamiento:

- Regulador: utilizado para que el motor no trabaje de forma continuada cuando no lo es requerido
- Refrigerador: necesario para la refrigeración del aire de admisión para la reducción del trabajo de compresión.
- Acumulador: destinado a almacenar el aire comprimido situado a la salida del compresor y regular su salida.
- Filtro: su importancia radica en evitar que se introduzcan impurezas en el compresor.

El costo aproximado del compresor necesario es de 13 millones de pesos (ver Anexo 3. Cotización compresor de Aire).

4.4 Descripción del proceso de Reciclaje

En el diagrama de flujo de de la figura 9 representa una propuesta para el proceso de tratamiento de los residuos de bombillas que llegarían a la planta de reciclaje para ser transformados. Este diagrama se realiza con base en la descripción de la máquina, así como videos descriptivos del proceso desarrollados por el proveedor de la máquina, con lo cual se permite realizar una estimación a las distancias en el mismo. Para el caso del mercurio y polvo fluorescente provenientes de los tratamientos en la máquina MP 6000, estos son separados físicamente del proceso y transportados a la máquina destiladora mediante el uso de tamices, los cuales retienen el polvo y trazas de vidrio, para así recuperar el material mediante el proceso de destilación.

4.5 Elementos resultantes del proceso de reciclaje

Los elementos resultantes del tratamiento de residuos de bombillas son:

- Mercurio (producto de destilación del polvo fosfórico de CFL y tubos fluorescente y núcleo de bombillas HID).
- Metal (chatarra metálica como aluminio, cobre, latón).
- Plástico (polietileno de alta densidad PEAD).
- Vidrio.

Las cifras de producción de la planta se obtienen tras realizar un cruce de información entre la Tabla 8 (sin tener en cuenta el año 2012), el peso promedio de una unidad de cada tipo de bombilla (HID: 262 gr, Tubos fluorescentes: 187 gr y CFL 250 gr), y la siguiente información:

- Composición de polvo fosfórico de los tubos fluorescentes y bombillas CFL es de 0,7%²³.
- 1'000.000 bombillas entre CFL y Tubos fluorescentes producen 15 Kg de Mercurio Puro²⁴.
- La densidad del mercurio Hg es 13,6 g/mL²⁵.
- Escenarios planeados a partir del estimado de unidades a recolectar en cada año.

²³ PARRADO MUÑOZ, Diana Milena. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento del programa de manejo integral y disposición final de bombillas fluorescentes en Havells Sylvania Colombia S.A. Bogotá, 2011, 115p. Trabajo de Grado (Ingeniera Química). Universidad América. Facultad de Ingeniería.

²⁴ GEYMONAT, Estefanía. Proyecto para el Manejo Racional de Productos con Mercurio en Uruguay. [En línea] <<http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/Tratamiento-t%C3%A9rmico-para-la-recuperaci%C3%B3n-de-mercurio-Diciembre-2011.pdf>> [Consultado en Agosto de 2012]

²⁵ INACAP. Manual de Mecánica de Fluidos. [En línea]. <<http://es.scribd.com/doc/55138755/13/Tabla-3-Densidad-del-Mercurio>> [Consultado en Agosto de 2012]

Figura 9. Diagrama de Flujo de Proceso.

Diagrama de Flujo de Proceso		ACTUAL		PROPUESTO		DIFERENCIA		
		No.	Dist	No.	Dist	No.	Dist	
Proceso: Reciclaje de bombillas CFL, HID y tubos fluorescentes Desde: Recepción de Materia Prima Hasta: Almacenamiento Diagramó: Santiago Mora Fecha: Julio de 2012 Reviso y Aprobó: Fecha: Método: Actual: <input checked="" type="checkbox"/> Propuesto: <input type="checkbox"/> Hombre: <input type="checkbox"/> Material: <input checked="" type="checkbox"/>			12					
			0	32				
			7					
			2					
TOTAL		20						
Observaciones: No se expresan tiempos puesto que estos varían según la cantidad de material tratado. La Distancia se expresa en metros								

No.	ACTIVIDAD						Dist.	OBSERVACIONES
1	Recepción de materia prima	●	□	⇒	▽	D		
2	Descargue de materia prima	●	□	⇒	▽	D		
1	Transporte a bodega de materia prima	○	□	⇒	▽	D	8	
1	Almacenamiento de materia prima	○	□	⇒	▽	D		
2	Transporte a tolvas de alimentación	○	□	⇒	▽	D	12	
3	Descarga de material en tolvas	●	□	⇒	▽	D		Tolva principal para bombillas pre trituradas y tubos fluorescentes completos; tolva secundaria para otros tipos de bombillas
4	Reducción del material por vibración	●	□	⇒	▽	D		En unidad de separación principal
5	Separación del vidrio y del metal	●	□	⇒	▽	D		Por medio de imanes ubicados en la parte superior que hacen elevar el metal hacia la banda transportadora
6	Extracción del polvo fosfórico	●	□	⇒	▽	D		A través de corriente de aire en el filtro extractor
3	Transporte del polvo fosfórico	○	□	⇒	▽	D	1.5	Hacia el destilador de mercurio
7	Recuperación del vapor de mercurio	●	□	⇒	▽	D		En el destilador
4	Transporte del metal separado	○	□	⇒	▽	D	1.5	Por medio de banda transportadora con imanes
8	Recolección del metal	●	□	⇒	▽	D		En canecas ubicadas en punto de recogida del material
5	Transporte del vidrio y plástico	○	□	⇒	▽	D	1.5	Hacia unidad de separación secundaria
9	Separación del vidrio y el plástico	●	□	⇒	▽	D		Por medio de vibración de la unidad secundaria
10	Recolección del plástico	●	□	⇒	▽	D		Al caer de la unidad de separación secundaria en caneca ubicada debajo de la misma.
6	Transporte del vidrio	○	□	⇒	▽	D	1.5	
11	Recolección del vidrio	●	□	⇒	▽	D		En canecas ubicadas en punto de recogida del material
12	Sellado de bolsas plásticas	●	□	⇒	▽	D		Con material obtenido en punto de recogida
7	Transporte a bodega de producto terminado	○	□	⇒	▽	D	6	En bolsas plásticas
2	Almacenamiento de producto	○	□	⇒	▽	D		
TOTAL		12	0	7	2	0	32	

En la tabla 23, se calcula el peso en gr de cada material para una unidad de cada tipo de bombilla multiplicando los porcentajes de composición por el peso total de la bombilla. Esta tabla se obtiene con base en la información de porcentajes de composición, excluyendo la información de bombillas incandescentes (como se explicó en los antecedentes, son prohibidas en Colombia). Asimismo, para bombillas HID no se tiene en cuenta el cemento ya que es un material no aprovechable.

Tabla 23. Pesos promedio de cada material resultante por bombilla.

TIPO	MATERIAL	%	PESO (gr)
CFL (250 gr)	Metal	4,00%	10
	Plástico	10,30%	26
	Polvo Fluorescente	0,70%	2
	Vidrio	85,00%	213
FLUORESCENTE TUBULAR(187 gr)	Metal	4,30%	8
	Polvo Fluorescente	0,70%	1
	Vidrio	95,00%	178
HID (262 gr)	Vidrio	66,05%	173
	Núcleo	8,62%	23
	Metal	16,77%	44

Fuente: Convenio de cooperación científica y tecnológica MAVDT-UN (Realizado por los autores)

La siguiente tabla muestra la eficiencia media para la obtención de mercurio. La columna “gr mercurio por bombilla” se calculó teniendo en cuenta la proporción de producción de las CFL y tubos fluorescentes (15.000 gr/1'000.0000 unds). La siguiente columna, “mL de mercurio”, se obtiene dividiendo gr de mercurio sobre la densidad del mercurio (0,015 gr /13,6 gr/mL) Finalmente, la eficiencia resulta de la división del “peso gr” por los “mL de mercurio” y la “eficiencia media” es el promedio de las 2 eficiencias obtenidas:

Tabla 24. Cálculo eficiencia media para obtención de mercurio.

Bombilla	Peso gr	gr mercurio por bombilla	mL de mercurio	Eficiencia
CFL	250	0,015	0,001102941	0,00044%
TF	187	0,015	0,001102941	0,00059%
Eficiencia media				0,00052%

Fuente: Realizado por los autores

A continuación, se multiplica el peso unitario por cada tipo de bombilla por la eficiencia media para obtener los mililitros de mercurio resultantes por bombilla:

Tabla 25. Cantidad promedio (mL) de Mercurio resultante de cada bombilla.

TIPO	Peso Unitario (gr)	Mercurio (mL)
CFL	250	0,0013
TUBOS FLUORESCENTES	187	0,001
HID	262	0,0014

Fuente: Realizado por los autores

Teniendo los porcentajes de composición de los materiales se realiza el cálculo de la producción anual de cada material. En la siguiente tabla se exponen las unidades a tratar. Se debe aclarar que no se toman en cuenta las unidades del año 2012 puesto que a la fecha de elaboración del documento los residuos que se están recolectando son almacenados hasta la puesta en funcionamiento de un proceso de tratamiento.

Tabla 26. Unidades a tratar.

AÑO	TIPO TECNOLOGÍA	UNIDADES A TRATAR	
		UNIDADES	PESO (Kg)
2013	CFL	772.436	193.108,99
	Bombillas fluorescentes	853.871	159.673,80
	HID	184.807	48.419,43
2014	CFL	811.058	202.764,44
	Bombillas fluorescentes	896.564	167.657,49
	HID	194.047	50.840,41
2015	CFL	851.611	212.902,66
	Bombillas fluorescentes	941.392	176.040,36
	HID	203.750	53.382,43
2016	CFL	894.191	223.547,79
	Bombillas fluorescentes	988.462	184.842,38
	HID	213.937	56.051,55

Fuente: Realizado por los autores

En la siguiente tabla se presenta la producción anual esperada de cada tipo de material. Cada dato en la tabla 27 resulta de la multiplicación del peso en Kg para cada año y tipo de bombilla dado por la tabla 26, y porcentaje de composición para cada material según la tabla 23.

Tabla 27. Producción (Kg) anual de la Balcan MP6000 para cada tipo bombilla.

AÑO	TIPO DE BOMBILLA	MATERIAL	PESO (Kg)
2013	CFL	metal	6.952
		plástico	17.901
		Polvo Fluorescente	1.217
		vidrio	147.728
	TUBO FLUORESCENTE	metal	6.179
		Polvo Fluorescente	1.006
		vidrio	136.521
	HID	vidrio	28.783
		Núcleo	3.756
metal		7.308	
2014	CFL	metal	7.300
		plástico	18.796
		Polvo Fluorescente	1.277
		vidrio	155.115
	TUBO FLUORESCENTE	metal	6.488
		Polvo Fluorescente	1.056
		vidrio	143.347
	HID	vidrio	30.222
		Núcleo	3.944

2015	CFL	metal	7.673
		metal	7.664
		plástico	19.736
		Polvo Fluorescente	1.341
		vidrio	162.871
	TUBO FLUORESCENTE	metal	6.813
		Polvo Fluorescente	1.109
		vidrio	150.515
	HID	vidrio	31.733
		Núcleo	4.141
metal		8.057	
2016	CFL	metal	8.048
		plástico	20.723
		Polvo Fluorescente	1.408
		vidrio	171.014
	TUBO FLUORESCENTE	metal	7.153
		Polvo Fluorescente	1.165
		vidrio	158.040
	HID	vidrio	33.320
		Núcleo	4.348
metal		8.460	

Fuente: Realizado por los autores

Asimismo, en la tabla 28 se observa la producción anual de mercurio, realizando la siguiente multiplicación: peso en Kg para cada año y tipo de bombilla dado por la tabla 8 por 1000 (para convertir los Kg a gr), por la eficiencia media del mercurio obtenida en la tabla 24.

Tabla 28. Producción anual (mL) del Batch Destiler de mercurio para cada tipo de bombilla.

AÑO	TIPO	ml
2013	CFL	995
	TUBO FLUORESCENTE	823
	HID	250
2014	CFL	1045
	TUBO FLUORESCENTE	864
	HID	262
2015	CFL	1097
	TUBO FLUORESCENTE	907
	HID	275
2016	CFL	1152
	TUBO FLUORESCENTE	953
	HID	289

Fuente: Realizado por los autores

4.6 Manejo de inventarios de producto terminado

Una vez se cuenta con la producción de la planta, se define su respectivo almacenamiento partiendo de que el manejo de inventarios se desarrolla bajo dos

filosofías fundamentales. En primer lugar, el método de demanda “pull” en donde se tienen en cuenta los pedidos del cliente bien sea por pronósticos o pedidos reales para abastecerse de materia prima. El segundo, que es el método de demanda “push” en donde las decisiones de inventario se toman independientemente de los pedidos. Para el caso de esta cadena de suministro el inventario estará basado en el método de demanda “push”, es decir, que siempre habrá tratamiento de residuos mientras haya stock de materia prima, sin tener en cuenta pedido del cliente. Por esta razón se tendrá siempre un inventario de producto terminado dado por la cantidad mensual de materia prima estimada de llegada.

Teniendo en cuenta lo anterior, a continuación se determina cuánto se debe almacenar mensualmente de cada material (tablas 29 y 30). Estas tablas se obtienen a partir de las tablas 27 y 28, totalizando los materiales por año sin discriminación por tipo de bombilla y dividiendo los valores obtenidos entre 12 (meses del año). Se trata además el núcleo de las bombillas HID como vidrio.

Tabla 29. Kilogramos de producto para almacenar mensualmente (para cada año).

AÑO	MATERIAL	Kg
2013	metal	1.703
	plástico	1.492
	Polvo Fluorescente	185
	vidrio	26.399
2014	metal	1.788
	plástico	1.566
	Polvo Fluorescente	194
	vidrio	27.719
2015	metal	1.878
	plástico	1.645
	Polvo Fluorescente	204
	vidrio	29.105
2016	metal	1.972
	plástico	1.727
	Polvo Fluorescente	214
	vidrio	30.560

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 30. Cantidad (mL) mensual a almacenar de Mercurio (para cada año).

AÑO	ml
2013	172
2014	181
2015	190
2016	200

Fuente: Realizado por los autores

El almacenamiento para el vidrio, el metal y el plástico se propone por acumulación en montículos en áreas delimitadas. Para obtener el volumen aproximado ocupado por estos materiales se utiliza la siguiente información:

- Los montículos estarán delimitados por láminas de madera resistentes con altura de 50 cm.
- Densidad aproximada del plástico (polietileno de alta densidad) 950 Kg/m³²⁶.
- Densidad del vidrio 2500 Kg/m³²⁷.
- Densidad del metal (asumiendo que todo el metal fuera aluminio) 2700 Kg/m³²⁸.

En la tabla que se presenta a continuación (tabla 31) es expuesto el volumen mensual ocupado por el vidrio, el metal y el plástico tomando como base la tabla 29. Cada dato de volumen en la tabla 31 se obtiene a partir de la división entre el peso y la densidad correspondiente del material.

Tabla 31. Volumen mensual de producto a almacenar (para cada año).

AÑO	MATERIAL	Volumen en m³
2013	metal	0,63
	plástico	1,57
	vidrio	10,56
2014	metal	0,66
	plástico	1,65
	vidrio	11,09
2015	metal	0,70
	plástico	1,73
	vidrio	11,64
2016	metal	0,73
	plástico	1,82
	vidrio	12,22

Fuente: Realizado por los autores

Con base en lo anterior y tomando como referencia el año 2016 (donde mayor volumen se necesitaría para almacenar), en la tabla 32 se calculan las dimensiones mínimas que deberá tener la zona de almacenamiento de producto terminado. Esto se realiza usando la función buscar objetivo de Excel, la cual solicita dos parámetros: el primero es la definición de la celda con el valor que se busca obtener y el segundo, la celda que se modifica para obtener ese valor. A partir de lo mencionado, los parámetros son: celda de volumen (obtenida multiplicando área por alto, definido por las láminas de madera) definida según los valores de los volúmenes del año 2016 de la tabla 31, y cambiando la celda de largo y ancho (este dato elevado al cuadrado da el área en m²).

²⁶Plastic badges Industrial, S.L. Polietileno. [En Línea]. <<http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolietileno.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

²⁷Cristalizando. Ingeniería en Vidrios. [En Línea]. <<http://www.cristalizandosa.com.ar/item.php?idi=60529&ids=60518>> [Consultado en Agosto de 2012]

²⁸CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. [En Línea]. <<http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=4>> [Consultado en Agosto de 2012]

Tabla 32. Dimensiones mínimas zona de almacenaje para metal, plástico y vidrio.

Dimensión	Metal	Plástico	Vidrio
largo y ancho (m)	1,2	1,9	4,9
Área (m2)	1,5	3,6	24,4
Alto (m)	0,5	0,5	0,5
Volumen (m3)	0,7	1,8	12,2

Fuente: Realizado por los autores

Ahora bien, con base en el escenario del volumen de mercurio del año 2016, es decir, 200 ml, se propone que el mercurio sea almacenado en frascos de vidrio (el vidrio es el material con el que están hechos los termómetros dada su capacidad de contener el mercurio sin que haya filtración del material o emisión de gases) de 30 mL, para lo cual se necesitarían 7 frascos de vidrio mensuales como el que se observa en la figura 10.

Figura 10. Frasco para almacenamiento del mercurio líquido.



Fuente: <http://ciudadmadrid.campusanuncios.com/mineral-liquido-mercurio-2-kilos-iid-178015036>

Finalmente, para el polvo fosfórico y los núcleos de las bombillas HID se propone su almacenamiento en recipientes de polietileno de alta densidad (debido a que este material no permite filtración de gases o fuga de material), con ruedas para facilitar el desplazamiento para el tratamiento en el Batch Destiler. Cada recipiente debe tener tapa para evitar humedad y gases contaminantes. El color del recipiente de polvo debe ser diferente al de los núcleos para la distinción de los materiales.

Figura 11. Recipiente para almacenamiento de polvo fosfórico.



Fuente: <http://www.logismarket.com.ar/gelhorn/contenedor-para-residuos/1694797955-1179609959-p.html>

Especificaciones del recipiente: reforzado, posee manija de traslado metálica, tapa rebatible, 4 ruedas, varios colores disponibles, dimensiones: 1370 x 1050 x 1300 mm, capacidad de 1000 L.

4.7 Operación de la planta.

Para tratar el tema de operarios y empleados para la planta, se debe aclarar el horario de funcionamiento de la misma.

En primer lugar, se parte de las unidades que se esperan tratar anualmente según la tabla 26 y se divide esta cifra por la capacidad de la máquina seleccionada Balcan MP 6000, la cual según la tabla 26, es de 1500 unidades procesadas por hora al máximo de su capacidad, para obtener así un aproximado del número de horas necesarias anuales de funcionamiento. A partir de esto, se toma el supuesto que de un turno diario normal de 8 horas, la máquina estará en trabajo continuo durante 6 horas (quitando tiempo de alistamientos, alimentación, transporte de material). De esta manera, se realiza una división del total horas anuales de producción entre seis, lo cual da como resultado el número de días de operación de la planta.

Tabla 33. Días de operación de la planta (por año).

Año	Meta (unidades / año)	Horas / año	Días / año
2013	1.898.678	1.226	211
2014	1.901.669	1.268	211
2015	1.996.753	1.331	222
2016	2.096.590	1.398	233

Con estos resultados se puede evidenciar como para alcanzar los niveles de producción son necesarios cinco días de trabajo semanales (52 semanas por 4 días da 208 días con lo cual no se alcanza el mínimo). De esta manera se puede justificar la operación de la planta bajo un horario de lunes a viernes, con una jornada de 8 horas de trabajo, garantizando que con estos días se alcanza a cubrir el nivel de producción esperado.

4.7.1 Empleados necesarios

La máquina MP 6000 de Balcan opera bajo un sistema completamente automatizado. Es necesario un operario para el manejo de la caja de control eléctrico por medio de la cual se coordina todo el funcionamiento secuencia de la máquina, así como para realizar las operaciones de cargue de residuos a la unidad de alimentación y la recolección de los materiales tratados.

Asimismo es necesario personal responsable por la recepción de la materia prima y coordinar el transporte hacia la bodega de almacenamiento, así como organización de las bodegas de producto terminado y coordinar la entrega del mismo a los proveedores. Para esto, se deben tener en cuenta las cantidades tanto de materia prima como de producto terminado que se estima se tendrá diariamente gracias a la operación de la planta. Para

obtener estas cifras, se realiza un cruce de información entre la tabla 8 que brinda la información sobre las unidades a recolectar anualmente, y la tabla 29, que expone las cantidades en kilogramos que se tienen por objetivo producir, también cada año. De esta manera, si se dividen estos datos entre los días de operación de la planta (Ver tabla 33) da como resultado un estimado de los kilogramos diarios que se cargarán y descargarán en la operación diaria de la planta (tomando como supuesto que todos los días se manejarán los mismos niveles de producción).

Tabla 34. Kilogramos de material en operación diaria.

AÑO	Kg Materia prima / año	Kg Producto terminado / año	Días operación	Kg diarios MP	Kg diarios PT	Total diario Kg
2013	401.200	393.086	211	1.901	1.863	3.764
2014	421.260	412.741	211	1.996	1.956	3.953
2015	442.330	433.380	222	1.992	1.952	3.945
2016	464.440	455.046	233	1.993	1.953	3.946

Fuente: Realizado por los Autores

Con los datos de esta tabla se puede evidenciar como diariamente en operación se manejan cifras aproximadas a los 3900 kilogramos, de manera proporcional en cada uno de los años, puesto que a medida que aumentan los kilogramos de material a tratar, aumentan de igual forma los días de operación. Teniendo en cuenta que para la materia prima se contará con carretillas manuales retráctiles para el transporte del material (200 kg de capacidad, Ver Figura 26) y para el caso del producto terminado se tienen destinadas carretillas con 175 Lt de capacidad, se puede calcular un estimado del número de recorridos que se deberán realizar diariamente para transportar, cargar y descargar producto en las bodegas y así determinar cuántas personas serán necesarias para llevar a cabo estas operaciones. Para ello, en primera instancia se debe determinar el volumen de producto terminado a transportar y almacenar diariamente (medido en litros) a partir de los datos de la tabla 31 donde se cuenta con los datos del volumen mensual en metros cúbicos.

Tabla 35. Volumen de material en operación diaria.

AÑO	MATERIAL	Volumen en m3 / año	Volumen en m3 / día	Volumen en Lt / día	Volumen en Lt Total / día
2013	metal	8,28	0,04	39,06	794,72
	plástico	20,76	0,1	97,92	
	vidrio	139,44	0,6	657,74	
2014	metal	8,76	0,04	39,46	796,76
	plástico	21,72	0,1	97,84	
	vidrio	146,4	0,6	659,46	
2015	metal	9,24	0,04	39,49	793,85
	plástico	22,8	0,1	97,44	

	vidrio	153,72	0,6	656,92	
2016	metal	9,6	0,04	39,18	795,92
	plástico	24	0,1	97,96	
	vidrio	161,4	0,6	658,78	

Fuente: Realizado por los Autores

Al contar con los datos sobre kilogramos diarios de materia prima en proceso y de los litros de producto terminado obtenidos, se toman los datos de la capacidad de las carretillas, tanto en peso (para MP) como en volumen (para PT) y así determinar el número de recorridos necesarios contando con las carretillas.

Tabla 36. Recorridos diarios en proceso productivo.

Kg MP / día	Número recorridos	Lt PT / día	Número recorridos
1.892	10	795	5
1.898	10	796	5
1.890	10	794	5
1.896	10	796	5

Fuente: Realizado por los Autores

Por último, con las distancias de los transportes que debe realizar un operario (ver figura 9), las cuales son aproximadamente 20 metros para transportar materia prima y 12 para producto terminado, y que la velocidad promedio al caminar de una persona es de 3 km/h²⁹, se obtiene la distancia total diaria aproximada que tiene que recorrer un operario y el tiempo que esto conlleva multiplicando el número de recorridos determinado por la distancia de los mismos.

Tabla 37. Tiempo estimado de los recorridos diarios.

Año	Número recorridos MP	Distancia (m)	Número recorridos PT	Distancia (m)	Distancia total (m)	Tiempo (min)
2013	10	20	5	12	260	5,2
2014	10	20	5	12	260	5,2
2015	10	20	5	12	260	5,2
2016	10	20	5	12	260	5,2

Fuente: Realizado por los Autores

De esta forma se puede concluir que un solo operario se puede responsabilizar por el transporte, del material tratado en la planta al haberse determinado un tiempo tan corto para esta operación, así como del cargue y descargue y organización de las bodegas.

4.8 Organigrama.

²⁹Velocidad al caminar [En línea] <<http://www.uv.mx/cienciahumana/revistae/vol19num1/articulos/velocidad/index.htm>> Volumen 19, número 1 [Consultado en Septiembre de 2012]

La siguiente es la propuesta de organigrama para la empresa. Se propone cinco empleados para el comienzo de operación de la planta, encabezado por el gerente general. Se presenta el resumen de cada uno de los cargos:

Gerente general:

Nivel de educación mínimo: profesional en administración de empresas, ingeniería industrial, economía, derecho o carreras afines homologables con 5 años de experiencia en cargo gerencial

Experiencia mínima requerida: 3 años de experiencia en cargos gerenciales, como gerente de marketing, gerente financiero y cargos afines

Conocimientos específicos requeridos: legislación ambiental, gestión ambiental, certificación ambiental

Funciones:

- Directamente responsable de planear, organizar, controlar, orientar, representar y dirigir las actividades administrativas y operativas de la Empresa
- Negociar, firmar, y gestionar acuerdos comerciales, ambientales y estratégicos con agentes externos a la empresa
- Nombrar y remover los servidores del organismo.
- Ordenar los gastos, velar por la correcta utilización, conservación de los fondos y bienes en general
- Dirigir, coordinar, vigilar y controlar el personal de la Empresa

Asistente administrativo

Nivel de educación mínimo: técnico en contabilidad, finanzas o tecnologías administrativas afines, homologables con 4 años de experiencia en cargos técnicos en el área de finanzas o contabilidad

Experiencia mínima requerida: 2 años de experiencia en cargos técnicos en el área de finanzas o contabilidad como auxiliar contable, auxiliar financiero y cargos afines.

Conocimientos específicos requeridos: legislación ambiental, construcción de estados financieros, impuestos

Funciones:

- Servir de apoyo al gerente en el proceso de toma de decisiones a fin de que se obtengan los resultados esperados.

- Coordinar y controlar las operaciones relacionadas con el registro contable de los boletines diarios de caja (facturas), comprobantes de ingreso / egreso y demás documentos que soportan la contabilidad de la Empresa.
Elaborar y preparar mensualmente estados financieros, la declaración de Retención en la fuente y declaración de impuestos.
- Liquidar las nóminas y los desprendibles de pago de los empleados de la empresa, por concepto de nómina, bonificación de los servicios prestados, vacaciones, prima de vacaciones, viáticos, cesantías y primas.

Jefe de logística

Nivel de educación mínimo: técnico en logística o producción homologable con 3 años de experiencia en cargos medios referentes al área de logística y cargos de nivel alto en producción.

Experiencia mínima requerida: 4 años de experiencia en cargos técnicos en el área de logística como jefe de logística, jefe de bodega, programador de vehículos, y demás cargos afines

Conocimientos específicos requeridos: conocimiento de vehículos y normas asociadas al tránsito de los mismos especialmente las referidas al tránsito de residuos peligrosos, manejo de bodega e inventarios, conocimientos en sistemas de producción e ingeniería de procesos.

Funciones:

- Coordinar la logística de la llegada de materia prima desde los puntos de recolección, empresas e instituciones así como de la programación de entrega de producto terminado a los clientes
- Gestionar y supervisar a los operarios de producción y bodega.
- Mantener una comunicación constante con el operador logístico para realizar la programación de las rutas en conjunto, teniendo en cuenta el ruteo propuesto.
- Optimizar y controlar inventario en bodega de materia prima y producto terminado.
- Planear, y alinear con el gerente la compra de insumos necesarios para el funcionamiento normal de la empresa
- Optimizar, sistematizar y programar la producción mensual de la planta con base en la llegada de materia prima

Jefe de mercadeo

Nivel de educación mínimo: técnico en logística, mercadeo, publicidad, homologable con 3 años de experiencia en cargos del área de mercadeo como mercadeo de marca, auxiliar de mercadeo, y demás afines

Experiencia mínima requerida: 4 años de experiencia en cargos en el área de mercadeo

Conocimientos específicos requeridos: normatividad ambiental, planeación estratégica, estrategias de marketing (publicidad, precio, relaciones públicas, distribución, etc.)

Funciones:

- Establecer, planear y dirigir los planes tácticos de mercadeo para la posición de la marca y sensibilización de la población (ver plan de mercadeo) garantizando los recursos para su operación
- Analizar la competencia y ajustar los planes tácticos de acuerdo a los resultados obtenidos sobre la marcha, teniendo en cuenta la variación en los niveles de llegada de materia prima y ventas de producto terminado
- Analizar la competencia y hacer investigaciones comerciales de los productos existentes o nuevos, realizando el estudio de las debilidades, amenazas, fortalezas y oportunidades de los mismos en el mercado.

Operario de logística

Nivel de educación mínimo: bachiller

Experiencia mínima requerida: 1 año como operario en planta de manufactura

Conocimientos específicos requeridos: conocimientos básicos de producción

Funciones:

- Operar de manera optima la planta
- Velar por el flujo de materia a lo largo de línea de producción desde la materia prima hasta el producto terminado, realizando los transportes necesarios
- Colaborar con otras áreas de la empresa en todos los trabajos inherentes al cargo y las demás funciones que le asigne el jefe de logística

Nivel de educación mínimo: bachiller

Experiencia mínima requerida: 1 año como operario en bodega

Conocimientos específicos requeridos: conocimientos básicos de almacén

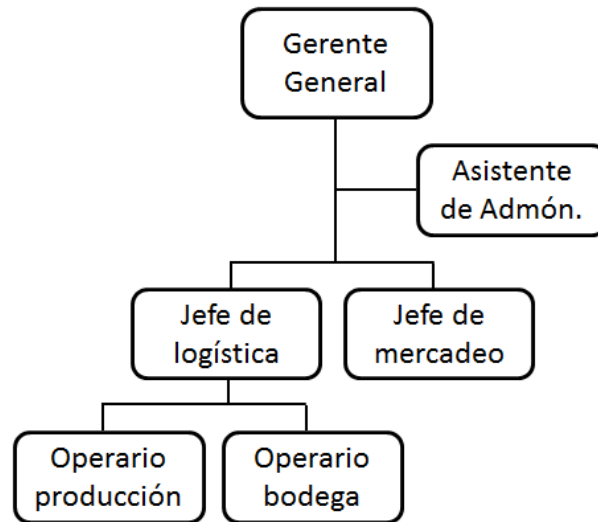
Funciones:

- Organizar y optimizar el espacio en bodega para el almacenamiento de materia prima y el almacenamiento de producto terminado
- Velar por el flujo de materia a lo largo de línea de producción desde la materia prima hasta el producto terminado, realizando los transportes necesarios

- Colaborar con otras áreas de la empresa en todos los trabajos inherentes al cargo y las demás funciones que le asigne el jefe de logística

NOTA: tanto el operario de producción como de bodega deben estar capacitados para realizar las mismas funciones, en caso se presente la necesidad de apoyo en alguna de las dos operaciones. Asimismo, ambos empleados se pueden encargar del transporte de material a lo largo del proceso ya sea hacia la producción o a bodegas.

Figura 12. Organigrama propuesto de la empresa



Fuente: Realizado por los Autores

5. APROVISIONAMIENTO DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Este capítulo estructura el eslabón de aprovisionamiento de la cadena de suministro propuesta, según la oferta establecida por los proveedores del sistema de recolección selectiva y gestión ambiental de bombillas creado por la ANDI que cubren la ciudad de Bogotá. Específicamente se incluye la definición del modelo de logística inversa, gestión de proveedores, definición del transporte y sus condiciones, manejo de inventarios, procesos de cargue y descargue y finalmente la forma de evaluar los elementos de este eslabón.

El ingeniero industrial debe estar en la capacidad de gestionar toda la cadena de suministro de cualquier tipo de organización. El eslabón de aprovisionamiento hace parte fundamental de la cadena, ya que marca el inicio de la operación y proporciona la materia prima necesaria para poder producir. Por esta razón es fundamental una buena definición y gestión de este eslabón en donde el ingeniero industrial juega un papel fundamental.

METODOLOGÍA

El capítulo se aborda realizando un análisis al documento del plan postconsumo de bombillas de la ANDI, el cual describe de manera general algunos elementos de este eslabón, como lo es el modelo de logística, los contenedores y recomendaciones sobre la manipulación de residuos se parte del modelo de logística inversa para realizar una descripción detallada de aspectos fundamentales referentes al tema de aprovisionamiento como lo son: gestión de proveedores, descripción del transporte de proveedor a planta, manejo de carga y descarga de la materia prima, manejo de inventarios y por último indicadores de gestión.

Para el desarrollo del capítulo se toma información de fuentes primarias a partir de reuniones con Wilson Contreras y Claudia Moesker, quien es gestora ambiental para Sodimac Colombia (Homecenter) y representante para grandes superficies del plan postconsumo. Además se tienen en cuenta fuentes secundarias de artículos encontrados en la web.

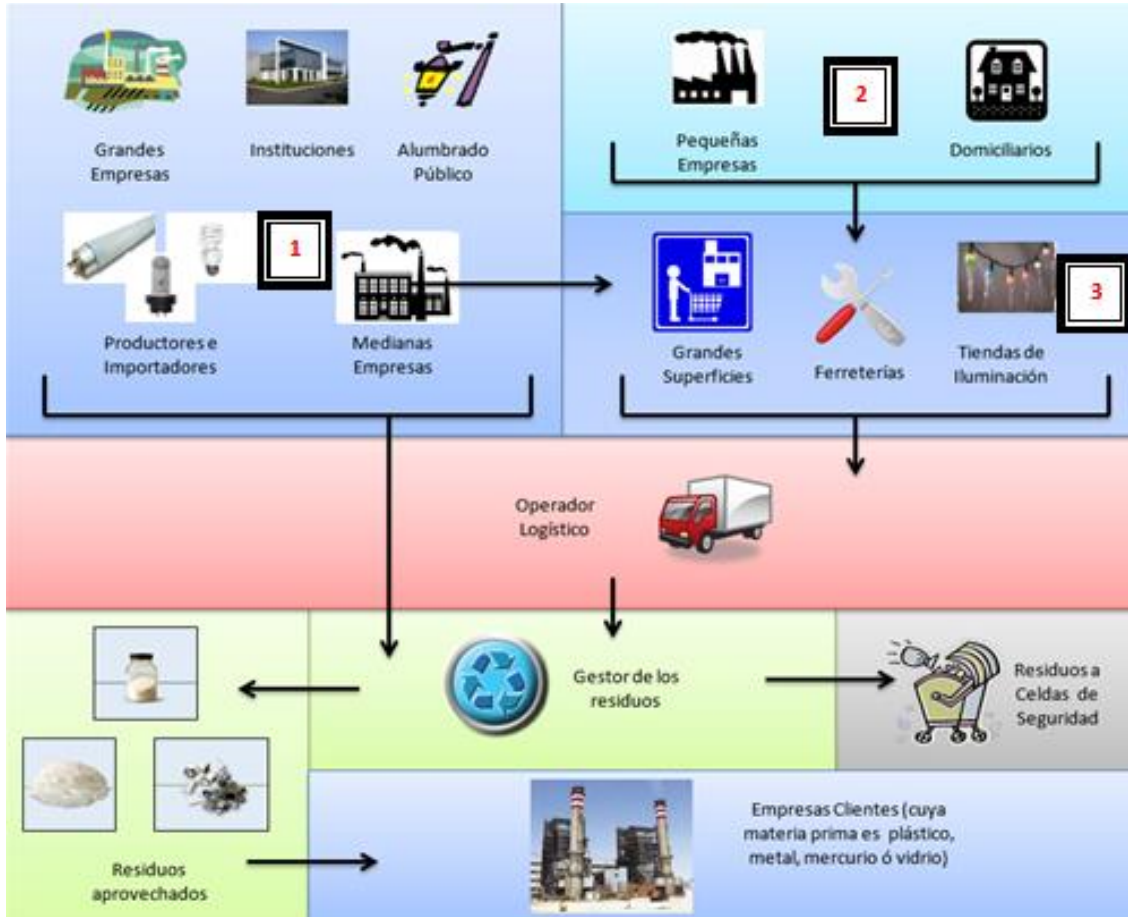
5.1 Modelo de logística inversa.

El modelo logístico mostrado en la figura 13, está compuesto por elementos que actualmente existen por la implementación del plan postconsumo de bombillas liderado por la ANDI y otros elementos agregados por los autores del presente.

Este diagrama representa el modelo integral de logística inversa para esta cadena de suministro. Los elementos ubicados en la parte superior de color azul son los proveedores de la cadena, es decir, quienes proveen la materia prima (bombillas) para procesar en planta. Luego se encuentra el operador logístico quien se encarga del transporte desde los puntos de recolección hacia la planta. De la planta son obtenidos los materiales

aprovechados y finalmente se llega a las empresas clientes de los materiales obtenidos después del aprovechamiento. Los numerales de la figura son explicados en la sección 5.2.1 del presente documento (descripción de Proveedores de Materia prima).

Figura 13. Modelo de Logística inversa.



Fuente: Documento Sistema de Recolección Colectiva y Gestión Ambiental de Bombillas Postconsumo – Modificado por Autores

5.2 Gestión de proveedores

Para empezar con la descripción de los proveedores para el modelo de logística inversa se debe tener en consideración el decreto 4741 de 2005, el cual en el artículo 3 define generador de residuos peligrosos de la siguiente manera:

“Generador. Cualquier persona cuya actividad produzca residuos o desechos peligrosos. Si la persona es desconocida será la persona que está en posesión de estos residuos. El fabricante o importador de un producto o sustancia química con propiedad peligrosa, para los efectos del presente decreto se equipara a un generador, en cuanto a la responsabilidad por el manejo de los embalajes y residuos del producto o sustancia.”

Es decir, que el generador de residuos peligrosos no solo aplica para los fabricantes e importadores sino también para aquellos quienes en el desarrollo de su actividad produzcan residuos peligrosos, como es el caso de las bombillas de tipo CFL, tubos fluorescentes y HID, excluyendo las bombillas incandescentes³⁰ que son utilizadas en todas las empresas de manufactura, servicios y entidades en general en Colombia.

Adicionalmente es importante resaltar los siguientes aspectos de la resolución 1511³¹:

- Artículo 6 numeral b: el sistema de recolección no genera costos para el consumidor (grupo 2 en modelo de logística inversa) al momento de la entrega de los residuos de bombillas, ni la obligación de comprar una bombilla nueva
- Artículo 14 numeral g: los productores (grupo 1 en modelo de logística inversa) de bombillas deben asumir los costos de la recolección selectiva y la gestión ambiental de los residuos
- Artículo 15 numeral d: los proveedores (grupo 3 en modelo de logística inversa) deben disponer sin costo alguno para los productores (grupo 1 en modelo de logística inversa) un espacio para la ubicación del contenedor o recipiente que disponga el productor para la entrega y recolección de los residuos de bombillas por parte de los consumidores
- Artículo 16 numeral a: los consumidores (grupo 2 en modelo de logística inversa) deben retornar o entregar los residuos de bombillas a través de los puntos de recolección o los mecanismos equivalentes establecidos por los productores

Con esto es importante resaltar que la materia prima no tendrá ningún costo para la planta, debido a que los productores (grupo 1 en modelo de logística inversa) cubren los costos del plan y para aquellos que no están dentro del consorcio de la ANDI por lo menos deben garantizar que las bombillas en desuso que generen lleguen a la planta sin costo, los proveedores (grupo 3 en modelo de logística inversa) deben disponer sus instalaciones sin costo y los consumidores (grupo 2 en modelo de logística inversa) deben retornar las bombillas según el mecanismo definido por los productores que para este caso sería el plan postconsumo.

5.2.1 Descripción de Proveedores de Materia prima

Una vez aclarado el hecho de que para toda entidad en Colombia que genere residuos de bombillas será obligatoria la presentación de un plan de gestión ambiental, a continuación se describen los proveedores de las bombillas desechadas que se observan en la figura

³⁰ Decreto 2331 de 2007 (Sustitución de Bombillas Incandescentes por LFC de alta eficiencia en Entidades Oficiales), Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2007.

³¹ Superintendencia de industria y comercio. Resolución 1511 de 2010. [En línea].

<http://www.sic.gov.co/siyc/memoria/resolucion/minambientevd/resolucion_minambientevd_1511_2010.html>
[Consultado en Noviembre de 2010]

12, los cuales por su naturaleza de generador se verán involucrados dentro del plan; se tendrá en cuenta el tamaño de una empresa según la ley 1450 de 2011³²:

Grupo 1: en primer lugar se encuentran empresas de manufactura grandes (número de empleados mayor a 200), iluminación pública, instituciones que hacen referencia a universidades, empresas de servicios, entidades públicas, etc., Luego se encuentran productores e importadores de bombillas y finalmente algunas empresas medianas (número de empleados entre 51 y 200). Aquellas empresas que formen parte de este grupo deberán encargarse del transporte directo a la planta de tratamiento con las condiciones enunciadas en el decreto 1609 de 2002 para transporte de mercancía peligrosa.

Grupo 2: se encuentran las empresas pequeñas (número de empleados entre 11 y 50), algunas medianas empresas y los domiciliarios (toda persona que dentro de su domicilio posea algún tipo de bombilla dentro de las incluidas en el plan), quienes a pesar de ser generadores de residuos de bombillas por su bajo volumen de consumo llevan los residuos a puntos de recolección.

Grupo 3: son los puntos de recolección que se alimentan del grupo 2. Estos incluyen grandes superficies, ferreterías y tiendas de iluminación. El operador logístico se encargará de recoger los contenedores que allí se ubican para posteriormente transportar hacia la planta de tratamiento. Adicionalmente la persona encargada del punto deberá enviar mensualmente un informe sobre ese punto (ver anexo 4). A la fecha de elaboración del presente documento, la ciudad de Bogotá cuenta con 30 puntos de recolección ubicados en grandes superficies, siendo estos los siguientes:

Tabla 38. Puntos de Recolección de residuos en Bogotá.

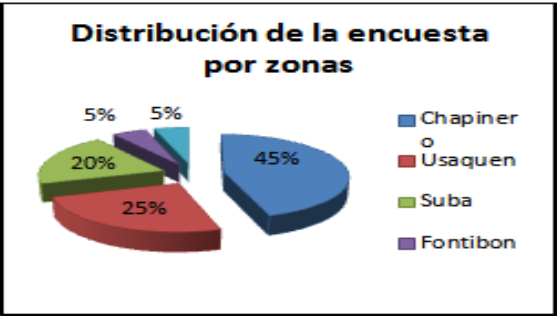
Ítem	Gran Superficie	Nombre	Ítem	Gran Superficie	Nombre
1	Éxito	Éxito Américas	16	Carrefour	Bosa
2	Éxito	Éxito Country	17	Carrefour	Banderas
3	Éxito	Éxito Centro Mayor	18	Carrefour	San Cayetano
4	Éxito	Éxito Chapinero	19	Carrefour	Alquería
5	Éxito	Éxito Ciudad Montes	20	Home Center	Homecenter Calle 80
6	Éxito	Éxito Zarzamora	21	Home Center	Calle 170
7	Éxito	Éxito 20 de julio	22	Home Center	Homecenter Calima
8	Éxito	Carulla Calle 85	23	Home Center	Homecenter Dorado
9	Carrefour	Calle 170	24	Home Center	Homecenter Suba
10	Carrefour	Calle 80	25	Home Center	Homecenter Sur
11	Carrefour	Carrera 30	26	Home Center	Homecenter Cedritos
12	Carrefour	Floresta	27	Alkosto	Avenida 68
13	Carrefour	Hayuelos	28	Alkosto	Calle 170
14	Carrefour	Autopista Sur	29	Makro	Makro norte
15	Carrefour	Fontibón	30	Makro	Villa del rio

Fuente: ANDI

³² Congreso de La Republica: Ley 1450 de 2011 [En Línea].
<http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2011/ley_1450_2011.html> [Citado en julio de 2012]

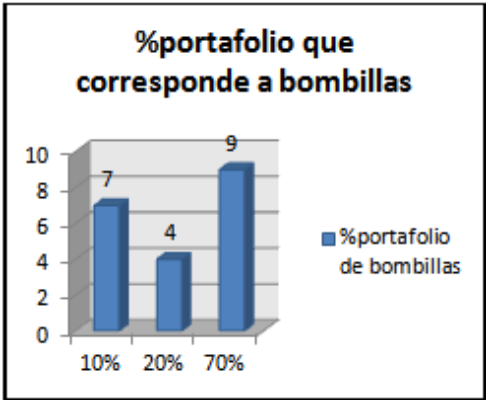
Adicionalmente, se propone tener puntos de recolección en las ferreterías y tiendas de iluminación. Dado que aún no se tienen contenedores en estos lugares, los autores del presente documento realizaron un sondeo vía telefónica con el fin de saber si se conoce el plan postconsumo de bombillas de la ANDI y en general otras preguntas relacionadas con el tema. El sondeo se realizó a veinte ferreterías. La figura 14 expone la distribución de estas 20 tiendas de iluminación en la ciudad de Bogotá y la figura 15 muestra el porcentaje de su portafolio de productos que corresponde a bombillas.

Figura 14. Distribución Encuesta de ferreterías y tiendas iluminación.



Fuente: Realizado por los autores.

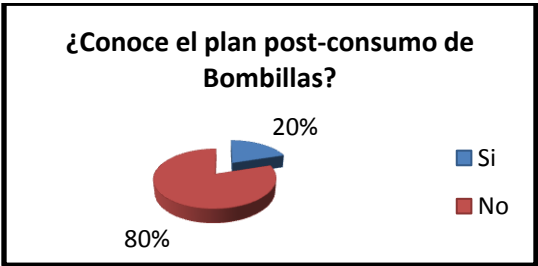
Figura 15. Porcentaje de portafolio Ferreterías



Fuente: Realizado por los autores.

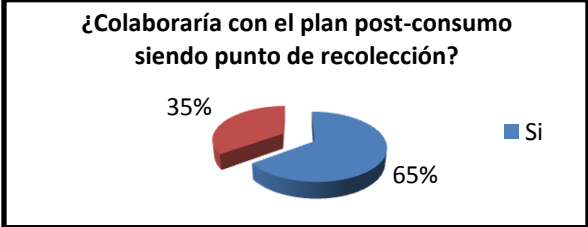
Los resultados obtenidos fueron:

Figura 16. Conocimiento del Plan Postconsumo



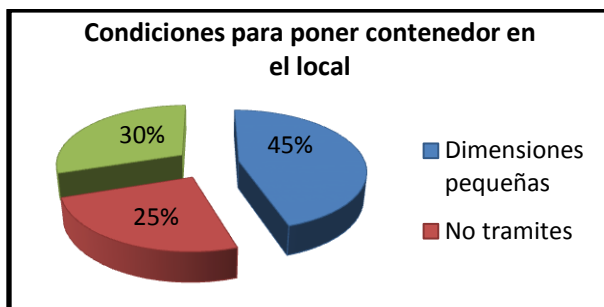
Fuente: Realizado por los autores.

Figura 17. Aceptación del plan postconsumo.



Fuente: Realizado por los autores.

Figura 18. Factores de no ubicación de un Contenedor



Fuente: Realizado por los autores.

De lo obtenido en este sondeo, surge un elemento contundente y es que falta difundir el mensaje del plan por medios de comunicación efectivos, más aún si los proveedores (ferreterías) no cuentan con información sobre la existencia del plan y aquellos que afirmaron tener conocimiento del mismo, fue debido a los contenedores ubicados en puntos de recolección de grandes superficies, más no por otro medio.

Adicionalmente, a la falta de conocimiento se debe agregar el escepticismo frente al plan de la ANDI puesto que quienes afirmaron que no estaban dispuestos a colaborar, argumentaron que preferían esperar a que el plan se ejecutara para ver cómo funcionaba ya que no tienen confianza en el mismo por su desconocimiento. También se deben eliminar barreras sobre trámites y mostrar a los dueños del negocio que es tan sencillo como autorizar la ubicación de un contenedor en su local y que la persona se encargue de su cuidado y uso adecuado. Finalmente, se puede inferir que el problema más importante es el hecho de que los locales de este tipo de negocios no poseen mucho espacio, lo que hace que se deban diseñar contenedores más pequeños para tiendas de iluminación y ferreterías, que los utilizados para grandes superficies.

5.2.2 Selección de proveedores de materia prima

Para la cadena de suministro propuesta no se realiza una selección de proveedores de materia prima puesto que esta materia son desechos generados por el uso de bombillas y por lo tanto todos los entes incluidos serán tenidos en cuenta como proveedores. Al estar definidos los proveedores, los autores proponen que los mismos velen por los siguientes aspectos:

- Ninguna de las bombillas recolectadas puede estar rota o con fisuras.
- Las bombillas deben ser depositadas sin sus embalajes ni ningún tipo de elemento aparte de la misma.
- Los contenedores deben estar ubicados en sitios visibles al público.
- El proveedor debe promover el uso de estos contenedores dentro de su establecimiento.
- Se debe tener definida una persona a cargo del control del nivel de bombillas al interior de los contenedores. En el momento que los niveles superen un 70%, el empleado deberá comunicarse vía telefónica con el operador logístico para

informar el estado. Además de esto, la persona debe encargarse de la revisión periódica del estado del contenedor y la resolución de dudas que tengan los usuarios que se acerquen al punto.

- Mensualmente se deberá generar un informe de las bombillas recogidas, la frecuencia de los depósitos por cada tipo de bombilla, además de cualquier comentario adicional que ayude a la mejor continua del sistema. Ver Anexo 1: informe proveedores.

5.2.3 Comunicación entre proveedor y operador logístico

Se propone establecer la comunicación entre los proveedores y el operador vía telefónica y vía correo electrónico debido a que actualmente por las facilidades para su acceso y manejo son ideales para su uso. Asimismo el medio electrónico será utilizado para dejar constancia escrita y formal de cualquier comunicación realizada.

5.3 Transporte de proveedor a planta

Dentro de la definición de una cadena de suministro siempre surge el interrogante sobre tener su propio transporte o subcontratar el servicio. Un estudio realizado en México reveló lo siguiente:

“La mayoría de las compañías, a excepción de las farmacéuticas, que consideran varios aspectos básicos de cultura y buena presentación en los operadores logísticos de la empresa que contratarán (dado que también son los vendedores del producto), utilizan como único factor de elección: el costo.”³³

Teniendo en cuenta esto, lo primero es que cuando se subcontrata se da la posibilidad de que el transporte deje de ser un costo fijo en el caso de tener flota propia, por temas de mantenimiento, salarios y demás, a ser un costo variable, lo cual para el caso de esta cadena de suministro es ideal dada la variabilidad de la oferta de los proveedores y dado que los volúmenes más grandes de bombillas son transportados directamente a la planta por las empresas responsables. Adicionalmente con una flota propia no se puede ajustar el tamaño del camión así que cuando se dé un caso en el que solo se deba hacer ruta de transporte para recoger contenedores en un solo punto, tendrá como resultado costos muy altos, mientras que el transporte subcontratado por especializarse en este negocio cuenta con flotas flexibles según el caso que se presente. Además subcontratar el transporte, permite a la planta dedicarse a su corebusiness, que es aprovechar los residuos y neutralizar el mercurio.³⁴

Adicionalmente como Ecoindustria Ltda es la empresa que hace el outsourcing de transporte para el plan postconsumo de la ANDI encargándose de recoger en puntos de

³³ ISLAS V., JIMENEZ J. Tercerización del transporte en el contexto de la cadena de suministro [En Línea] <<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt223.pdf>> [Consultado en Julio de 2012]

³⁴ SALAZAR B. Medios Y Gestión Del Transporte [En Línea] <<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/medios-y-gesti%C3%B3n-del-transporte/>> [Consultado en Julio de 2012]

recolección y dejar bombillas en centros de acopio para su almacenamiento. Esta empresa posee su propia flota de camiones (ver figura 18) que cumplen con el decreto 1609, por lo cual para esta cadena de suministros se propone dar continuidad a este outsourcing.

Figura 19. Flota de vehículos Ecoindustria Ltda



♥ Contamos con transporte propio que cumple el decreto 1609 del ministerio de transporte de 2002.

Fuente: <http://www.ecoindustrialltda.com>

Por estas razones, para efectos de la cadena de suministro propuesta, el transporte será subcontratado. Asimismo, el operador debe cumplir con los criterios del decreto 1609 de 2002 para el transporte de residuos peligrosos y seguir las recomendaciones del ministerio de transporte que garantizan la seguridad en el transporte de residuos peligrosos. Esto debido a que las bombillas son materiales peligrosos según la definición de la NTC 1692 (la cual es la base del decreto 1609)

2.1.7 Mercancía peligrosa: materiales perjudiciales que durante la fabricación, manejo, transporte, almacenamiento o uso, pueden generar o desprender polvos, humos, gases, líquidos, vapores o fibras infecciosas, irritantes, inflamables, explosivos, corrosivos, asfixiantes, tóxicos o de otra naturaleza peligrosa, o radiaciones ionizantes en cantidades que puedan afectar la salud de las personas que entren en contacto con estas, o causen³⁵

Además el artículo 12 de la resolución 1511 menciona que: *El transporte de los residuos de bombillas desde los centros de acopio hasta las instalaciones de almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, valorización y/o disposición final, deberá cumplir con lo establecido en el Decreto 1609 de 2002 o la norma que lo modifique o sustituya.³⁶*

5.3.1 Requisitos Del Vehículo³⁷

³⁵ NTC. Transporte de mercancías peligrosas. Clasificación, etiquetado y rotulado. [En línea]. <<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fweb.mintransporte.gov.co%2Fconsultas%2Fmercapieli%2FReglamento%2FAnexos%2FNTC1692.pdf>>. [Consultado en Noviembre de 2012]

³⁶ Superintendencia de industria y comercio. Resolución 1511 de 2010. [En línea]. <http://www.sic.gov.co/siyc/memoria/resolucion/minambientevd/resolucion_minambientevd_1511_2010.html> [Consultado en Noviembre de 2010]

³⁷ Ministerio De Transporte: Decreto 1609 de 2002 [En Línea]

<<http://www.recursofisicos.unal.edu.co/pdfs/decreto16092002.pdf>> [Consultado en Julio de 2012]

5.3.1.1 Rótulos del vehículo.

- Rótulos de identificación de acuerdo con lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana 1692 para cada clase de material peligroso.
- Los rótulos deben estar ubicados a dos (2) metros de distancia en la parte lateral de la unidad de transporte, a una altura media que permita su lectura.
- Los rótulos deben estar fijos.
- Sus dimensiones deberán ser mayores a 250 mm x 250 mm.
- Identificar en una placa el número de las Naciones Unidas (UN) para cada material que se transporte, en todas las caras visibles de la unidad de transporte y la parte delantera de la cabina del vehículo de transporte de carga. El color de fondo de esta placa debe ser naranja y los bordes y el número UN negros. Las dimensiones deben ser de 30 cm. x 12 cm. Por seguridad y facilidad estas placas podrán ser removibles.

Figura 20. Ubicación de rótulos en camión de transporte

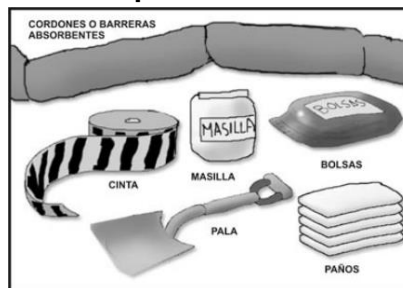


Fuente: <http://www.minambiente.gov.co/documentos/T-cap3.pdf>

5.3.1.2 Elementos básicos para atención de emergencias

Se debe contar con los siguientes elementos como mínimo para atender algún tipo de emergencia: extintor de incendios, ropa protectora, linterna, botiquín de primeros auxilios, equipo para recolección y limpieza y material absorbente.

Figura 21. Elementos básicos para atención de emergencias.



Fuente: Ministerio de transporte <http://www.minambiente.gov.co/documentos/T-cap3.pdf>

5.3.1.3 Requisitos técnicos

- Contar con un dispositivo sonoro o pito que se active en el momento en el cual el vehículo se encuentre en movimiento de reversa.
- Ningún vehículo que transporte mercancías peligrosas podrá transitar por las vías públicas con carga que sobresalga por su extremo delantero.
- Los contenedores al interior del camión deberán estar fijos para que no se muevan durante el transporte.
- En la bodega de carga debe haber una rampa, que permita subir los contenedores en un montacargas manual, ya que los contenedores exceden el peso límite para evitar riesgo ergonómico (Ver 5.6.2 Proceso de cargue).

5.3.2. Definición de Responsabilidad de la materia prima

Se debe dejar constancia en un documento escrito quien asumirá la responsabilidad de la mercancía en caso de tener algún tipo de accidente, bien sea con el vehículo, la carga o el conductor. Siendo operador logístico un outsourcing, su responsabilidad empieza desde el momento que se hace el proceso carga al vehículo hasta descargar los contenedores en la planta de tratamiento.

5.3.3 Informes del operador logístico.

Se propone realizar 2 informes mensuales:

- Informe de recogida que contendrá: número de puntos a los cuales se hizo recolección, cantidad de recogida en cada punto (estimado en porcentaje), estado del contenedor. Ver Anexo 5: Formato de entrega de bombillas en puntos de recolección.
- En caso de que se haya presentado un accidente, mostrar las causas por las cuales ocurrió el accidente, presentar las acciones correctivas que se realizaron y uno o varios planes para evitar nuevos accidentes, (Ver Anexo 6: Informe de accidente por rotura de bombillas). Dentro del formato se debe definir si el accidente fue leve, en el cual no se presentan daños totales, ni heridas, ni contaminaciones; medio, en donde se compromete porcentualmente más del 50% de la carga y hay daños con repercusión económica de más de \$ 10'000.000 (COP); y grave en donde además de verse comprometerse la carga hay alguna lesión en alguna persona (se considera grave por la naturaleza contaminante de las bombillas)

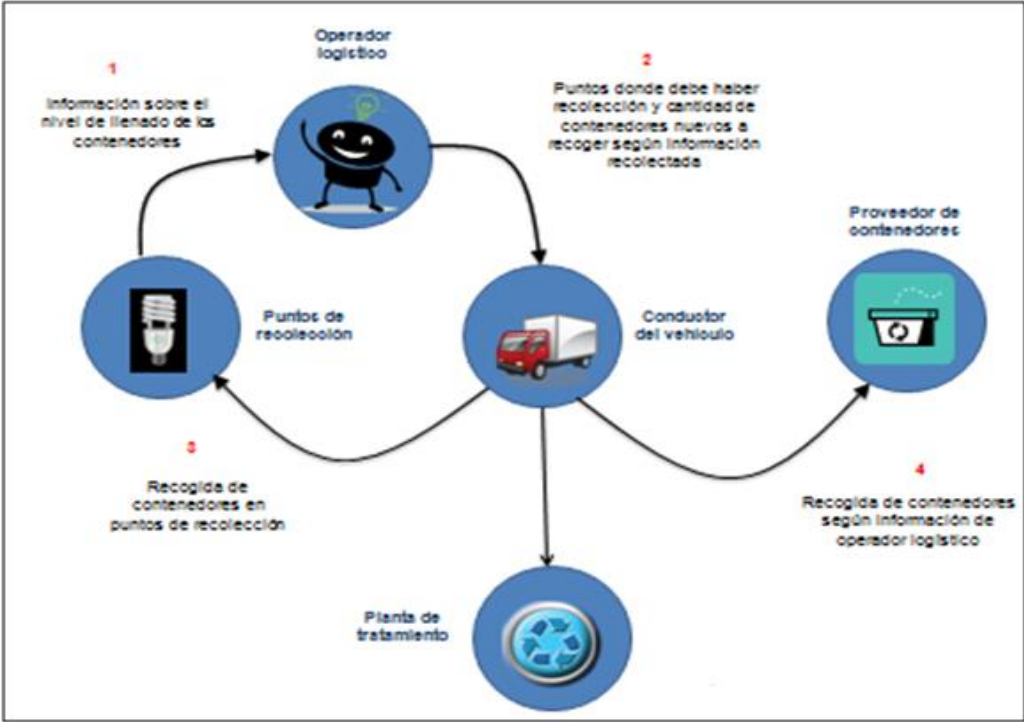
5.5.6 Criterio para realizar operaciones de transporte de proveedor a planta

Se propone realizar el transporte recogiendo los puntos en donde mínimo haya 70% de la capacidad del contenedor ocupada (numeral 1, figura 22). Para ello, el proveedor debe informar al operador logístico cuando alguno de los contenedores llegue a esta condición.

El operador deberá compilar toda la información que reciba sobre el estado de los contenedores y decidirá cuándo debe ser enviado el vehículo a hacer ruta por los puntos de recolección (numeral 2, figura 22). Por efecto de costos se debe tener en cuenta enviar a ruta cuando haya la mayor cantidad posible de puntos con la condición de 70%; el operador logístico tendrá una base de datos actualizada con las direcciones de los puntos de recolección y le entregará al conductor únicamente la lista con las direcciones específicas hacia donde se debe dirigir; simultaneo a esto, el operador se debe contactar con el proveedor de los contenedores para el alistamiento de unos nuevos contenedores vacíos con el fin de remplazar los que ya están llenos (numeral 3, figura 22); Adicional a esto, cualquier proveedor está en la libertad de pedir dos juegos de contenedores si considera que un solo juego no es suficiente (numeral 4, figura 22). Se debe tener en cuenta para este proceso que si en alguno de los puntos el contenedor llega al 95%, se deberá contactar de nuevo el operador, el cual deberá dirigirse al punto sin importar si el recorrido solo incluye este punto.

A continuación se presenta la secuencia gráfica del proceso de transporte de punto de recolección a planta propuesta descrita anteriormente:

Figura 22. Secuencia de operación de transporte.



Fuente: Realizado por los autores

5.6 Manejo Cargue y Descargue

5.6.1 Contenedores

Contenedores grandes superficies e instituciones.

A Julio de 2012, el kit de contenedores ubicados en los puntos de recolección se compone por 3 contenedores; uno para tubos fluorescentes de máximo 60 cm, otro para tubos fluorescentes más grandes, de 120 cm, y finalmente un contenedor destinado para las bombillas fluorescentes compactas CFL y de alta de descarga HID. El proveedor de estos contenedores es Colempaques Ltda., su material es de polipropileno ya que al ser contenedor de residuos peligrosos, debe garantizar capacidad de apilamiento sin ruptura, brindar soporte de humedad sin comprometer el contenido y además no ser degradable. Contrastando estas características con un material como el cartón, este último podría humedecerse y comprometer el contenido, además de tener una capacidad de apilamiento inferior a la del polipropileno.

Figura 23. Contenedores ubicados en Grandes Superficies.



Fuente: ANDI

Especificaciones técnicas:

Tabla 39. Dimensiones contenedor Tubos 60 cm.

Dimensiones y capacidad de contenedor para tubos FL de máx. 60 cm	
Altura	25 cm
Ancho	40 cm
Longitud	60 cm
Volumen	0,06 m ³
Peso vacío	500 gr aprox.
Peso lleno	32 kg aprox.
Material	Polipropileno
Capacidad	188 tubos fluorescentes T8 60 cm aprox.

Fuente: Realizado por los autores.

Tabla 40. Dimensiones contenedor Tubos 120 cm.

Dimensiones y capacidad de contenedor para tubos FL de máx. 120 cm	
Altura	25 cm
Ancho	40 cm
Longitud	120 cm
Volumen	0,12 m ³
Peso vacío	500 gr aprox.
Peso lleno	39 kg aprox.
Material	Polipropileno

Capacidad	188 tubos fluorescentes T8 120 cm aprox.
------------------	------------------------------------------

Fuente: Realizado por los autores.

Tabla 41. Dimensiones contenedor CFL y HID.

Dimensiones y capacidad de contenedor para bombillas CFL y HID	
Altura	80 cm
Ancho	30 cm
Longitud	30 cm
Volumen	0,072 m ³
Peso vacío	400 gr aprox.
Peso lleno	54 kg aprox.
Material	Polipropileno
Capacidad	215 bombillas aprox. (CFL con diámetro 5cm y largo 17 cm)

Fuente: Realizado por los autores.

Diseño Interior

Contenedor para tubos de 60cm y 120cm: estos contenedores como se pueden apreciar en la figura 22 en las imágenes 1 y 2 están dispuestos en una mesa de manera horizontal por lo cual la caída dentro del contenedor no es lo suficientemente alta para que haya rotura por el impacto. Actualmente estos contenedores son utilizados por el gestor del plan Post-consumo de la ANDI. Jaime Orlando Ordesco, director de logística de Ecoindustria Ltda (gestor) comenta que en el tiempo a la fecha que lleva funcionando el sistema con estos contenedores no se han presentado problemas por rotura en el punto de recolección por lo cual son suficientes tal cual como están sin ningún tipo de diseño interior.

Adicionalmente un factor relevante es el hecho de que los contenedores se cargan una vez que estos estén llenos con el fin de que la presión entre ellos garantice que no haya movimientos bruscos dentro del contenedor lo cual evita el riesgo de rotura. Dada el caso de que haya algún tipo de rotura los contenedores poseen una tapa hermética que evita cualquier tipo de emisión.

Contenedor para bombillas CFL y HID: a diferencia de los dos contenedores para tubos fluorescentes este contenedor está dispuesto de forma vertical así que la altura generaría rotura por el impacto, por tal razón este contenedor posee en el interior un sistema de rampas que amortigua la caída disminuyendo el riesgo de rotura.

Diseño interior de contenedor de CFL y HID



Fuente: Ecoindustria, ajustado por Autores

Al igual que con los contenedores de tubos fluorescentes estos contenedores se cargan una vez están llenos y también posee una tapa hermética para evitar el riesgo de emisión de gases de mercurio en caso de una rotura interna.

Modo de uso.

- Depositar las bombillas sin sus embalajes de compra en los contenedores correspondiente por los orificios.
- Depositar bombillas HID y CFL en el compartimento dispuesto de forma vertical.
- Depositar tubos fluorescentes en los compartimentos dispuestos de forma horizontal.

No deben ingresarse en los contenedores bombillas rotas, dada la peligrosidad de este material en este estado, ya que puede generar lesiones en la persona, al momento de realizar el descargue, puede romper las otras bombillas y la emisión de gases pone en peligro tanto al usuario que deposita la bombilla como a la personas que está encargada del punto de recolección

Contenedores pequeños.

Además de los contenedores que existen a la fecha, dispuestos en grandes superficies, los autores proponen la ubicación de contenedores pequeños destinados para ferreterías y tiendas de iluminación. La razón por la cual no se instala el kit de 3 contenedores es básicamente por el espacio disponible (Ver figura 24) para ubicarlos al interior de un local.

Se trata de un contenedor con dos depósitos diferenciados por colores, unos para los fluorescentes y otro para las bombillas de bajo consumo. El espacio destinado a las bombillas de bajo consumo lleva un dispositivo en la parte superior para que se depositen las bombillas de una en una, y un sistema de frenos en el interior para evitar la ruptura de las bombillas y su correcto almacenamiento. El contenedor debe contar con un diseño

llamativo para así ser fácilmente reconocible por los usuarios. La parte exterior del recipiente debe contener información sobre el reciclaje de bombillas que sea útil para los ciudadanos.

Al igual que en los contenedores para grandes superficies estos contenedores deben garantizar que al depositarse las bombillas se evite al máximo el riesgo de rotura, por lo cual el espacio para CFL y HID tendrá el mismo sistema de rampas que el que actualmente está en grandes superficies. Para el caso de los tubos la tapa superior se podrá abrir con el fin de depositar los tubos con cuidado sin dejarlos caer.

Figura 24. Contenedor Pequeño



Fuente: Ambilamp

Tabla 42. Dimensiones contenedor pequeño CFL y HID.

Dimensiones y capacidad de compartimento de bombillas CFL y HID	
Altura	120 cm
Ancho	40 cm
Longitud	40 cm
Volumen	0,192 m ³
Peso vacío	600 gr aprox.
Peso lleno	86 kg aprox.
Material	Cartón de alta densidad 600 g/m ² o polipropileno
Capacidad	Aprox. 120 tubos fluorescentes y 287 CFL

Fuente: Realizado por los autores.

NOTA: Tanto los contenedores para grandes superficies como los diseñados para ferreterías y tiendas de iluminación deberán poseer las mismas etiquetas que el vehículo que las transporta, excluyendo la placa de las Naciones Unidas.

5.6.1.3 Etiquetas

Las etiquetas se deben ubicar sobre los contenedores y el vehículo que los transporte (ver numeral 5.5). Estas deben cumplir con la NTC 1692, numeral 3, y se debe clasificar la clase de etiqueta según el contenido del bulto (embalaje + contenido) o contenedor lleno. Para el caso de bombillas aplican las siguientes clases:

- Clase 2 (gases), división 2.3 (gases tóxicos), ya que en caso de rotura de alguna bombilla lo primero que se desprende es el gas de mercurio.
- Clase 6 (sustancias tóxicas e infecciosas), división 6.1 (sustancias tóxicas), puesto que todo el material que se rompa estaría contaminado con mercurio.

Para ver detalle ver Anexo 7.

5.6.2 Proceso de Cargue

Antes de cargar el vehículo:

- Comprobar la documentación de la carga, que el punto de recolección sea el indicado, y tener el formato para entrega de las bombillas.
- Tener todas las herramientas necesarias a la mano. Esto incluye: elementos de protección en caso de rotura (ver 5.6.4 En caso de rotura), así como los elementos exigidos por el decreto 1609.
- Estacionar el camión en la zona definida por el cargador.
- Las zonas de carga deberán estar señalizadas para facilitar el posicionamiento del camión³⁸.

Elementos a tener en cuenta para cargue del vehículo

Según la confederación regional de organizaciones empresariales de Murcia (CROEM), junto con el instituto de seguridad y salud laboral³⁹, el peso recomendable para evitar riesgo ergonómico en la carga y descarga de objetos es el siguiente:

Tabla 43. Peso Máximo para levantar cargas.

Trabajador	Peso
Trabajadores en general	25 kg
Trabajadores con características especiales (mujeres, jóvenes y mayores)	15 kg
Posición sentados	5 kg
Trabajadores entrenados	40 kg
Trabajo entre dos personas	16,6 kg

Fuente: CROEM

Si se cruza esta información con lo descrito sobre los contenedores (tabla 43), se puede afirmar que un trabajador entrenado puede levantar únicamente los contenedores 1 y 2, por lo que se hace necesario el uso de una carretilla manual, como la que se muestra en la figura 26. Las razones por las cuales se elige esta carretilla son las siguientes:

- La capacidad de la carretilla es suficiente inclusive si se quisieran cargar los 3 contenedores
- La posibilidad de tenerla en posición vertical y horizontal facilita el cargue según la disposición de los contenedores. Es decir, los contenedores de tubos están dispuestos de forma horizontal por lo cual se puede usar la carretilla en este modo; y los contenedores para CFL y HID y el contenedor propuesto para ferreterías pueden ser cargados en la carretilla en modo vertical

³⁸ AECOC. Proceso de carga y descarga. [En Línea].

<[http://sede.aecoc.es/web/logistica.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/e0db549f83fec45bc1256cb6003e15d3/\\$FILE/RAL%20Carga%20Descarga%20Def%20041002.pdf](http://sede.aecoc.es/web/logistica.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/e0db549f83fec45bc1256cb6003e15d3/$FILE/RAL%20Carga%20Descarga%20Def%20041002.pdf)> [Consultado en Julio de 2012]

³⁹ CROEM. Prevención de Riesgos Ergonómicos. [En línea]. <<http://www.croem.es/prevergo/formativo/3.pdf>> [Consultado den Julio de 2012]

- Es fácil guardarla en el vehículo sin que esta ocupe espacio gracias a que ofrece la posibilidad de ser plegada.

Tabla 44. Peso máximo contenedores llenos.

Contenedor	Peso máximo
Tubos 60 cm max.	32 kg
Tubos 120 cm max.	39 kg
CFL y HID	54 kg
Mixto para ferreterías y tiendas de iluminación	86 kg

Fuente: Realizado por los Autores

Figura 25. Carretilla manual retráctil.



Fuente: <http://www.sobreruedas.com.co/lineaindu1.htm#>

Tabla 45. Especificaciones carretilla manual.

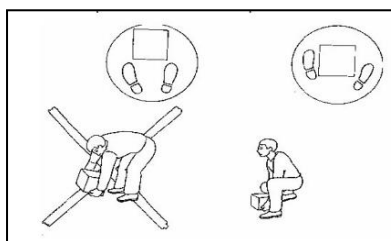
Item	Descripción
Alto	120 cm
Ancho	40 cm
Base	25 x 55 cm
Capacidad	200 kg
Descripción	Carretilla convertible a plataforma, retráctil y base abatible para ahorro de espacio. Ruedas de 6" y giratorias de 3"

Fuente: <http://www.sobreruedas.com.co/lineaindu1.htm#>

A pesar de contar con una carretilla, los trabajadores tendrán que alzar los contenedores, razón por lo cual se describe la forma correcta de cómo realizar este proceso:

1. Tomar la carga: para ello, el operario debe ubicarse en frente de la misma con un pie más adelante que el otro y agachándose sin doblar la columna para hacer la fuerza con las piernas. Esto se describe en la figura a continuación:

Figura 26. Levantamiento adecuado de carga.

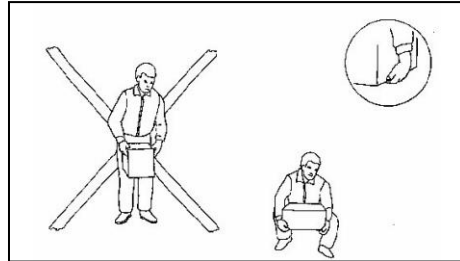


Fuente: ergonomía asociada a cargas.

http://www.conaii.org.mx/Documentos/Ergonom%EDA_asociada_a_cargas_f%EDsicas_LCH.pdf

2. Levantar la carga: ubicar las manos con el agarre más cómodo posible (en la figura 28 se muestra el agarre ideal). Luego, levantarse realizando la fuerza con las piernas.

Figura 27. Levantamiento adecuado de carga (2).

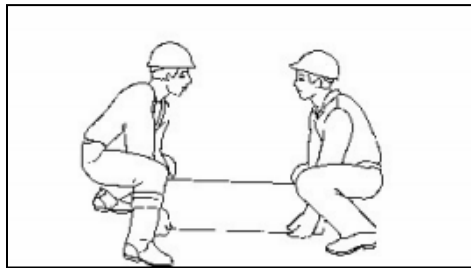


Fuente: ergonomía asociada a cargas

http://www.conaaii.org.mx/Documentos/Ergonom%EDa_asociada_a_cargas_f%EDsicas_LCH.pdf

En caso tal de que se levante la carga entre dos personas, estas se deben ubicar frente a frente y hacer el mismo procedimiento anterior, como se ilustra en la figura 29.

Figura 28. Levantamiento adecuado de carga entre dos trabajadores.



Fuente: ergonomía asociada a cargas

http://www.conaaii.org.mx/Documentos/Ergonom%EDa_asociada_a_cargas_f%EDsicas_LCH.pdf

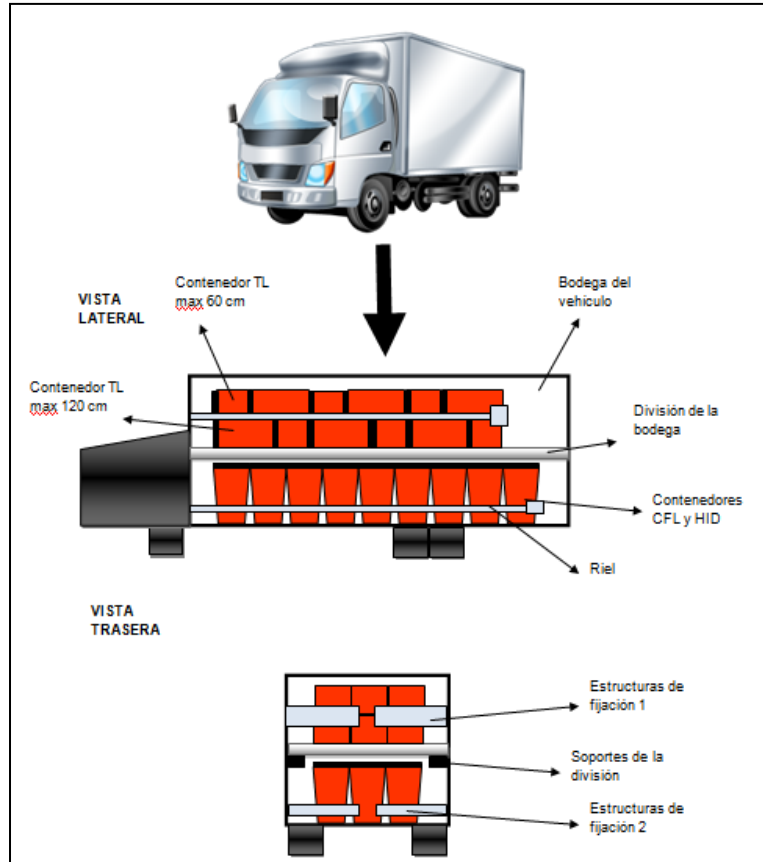
Distribución en la bodega del vehículo:

Teniendo en cuenta los elementos mencionados anteriormente se debe realizar el cargue del vehículo. Posterior a ello, la figura 30 muestra como se debe distribuir la bodega. Se debe tener en cuenta que la disposición presentada en los gráficos es adaptable para el tamaño y tipo de vehículo.

Los autores del presente documento proponen que la bodega del vehículo esté equipada con dos elementos que pueden ser removibles: en primer lugar, una división horizontal que pueda ser puesta por partes, es decir, si solo se tiene la mitad de la bodega ocupada, la división solo llegará hasta este punto. Esta división se sostendrá por soportes fijos a la bodega. Segundo, dos rieles ubicados en la parte superior e inferior que permitan mover un soporte para las estructuras de fijación que se encargará de ajustar los contenedores entre si y contra la pared de la bodega con el fin de garantizar estabilidad a la hora de movilizar los contenedores.

Este diseño dentro de la bodega permite ajustar los contenedores de tal forma que sea mínimo el riesgo de transporte ya que se ajustan de manera tal que sin importar si la cantidad es de pocos o muchos el ajuste será el mismo

Figura 29. Distribución en compartimiento de vehículo.

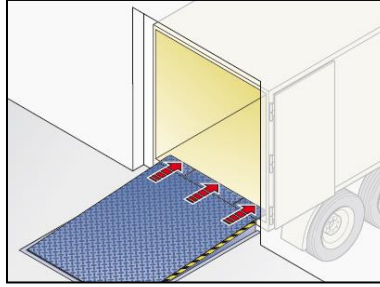


Fuente: Realizado por los autores

5.6.3 Proceso de Descargue

Se propone realizar el proceso de descargue con la carretilla ya mencionada (Ver figura 31). En el momento que sea necesario levantar algún contenedor se tendrán en cuenta los aspectos mencionados anteriormente para tomar y levantar carga. El vehículo se ubicará en reversa en las zonas de cargue y descargue tanto de materia prima como de producto terminado y se tendrá una rampa que permita bajar los contenedores evitando riesgo de caída.

Figura 30. Descargue en almacén de planta.



Fuente: Equipamientos de carga y descarga Soluciones completas para más eficiencia (HORMANN)

5.6.4 En caso de rotura

Las bombillas deben ser puestas en los contenedores con especial cuidado para evitar su rotura, así como cortaduras para quien está tratando el material, y bajo ninguna circunstancia pueden ubicarse en el interior bombillas que se encuentren rotas. En caso de alguna rotura del material a causa de la manipulación del mismo o su transporte, se deben seguir las siguientes acciones según sea la situación:

Cantidad de bombillas rotas pequeña (menos de 10 unidades): La persona encargada y provista de dotación para su protección, tal como prenda de plástico protectora, tapabocas y guantes de goma debe proceder a recoger los residuos de forma manual, con un cepillo (escoba) y recogedor, y nunca se debe realizar utensilios mecánicos o aspiradoras. Posterior a ello, se deben depositar los residuos recogidos en una bolsa plástica de cierre fácil, junto con los guantes y tapabocas, bolsa que se colocará dentro del contenedor.

Rotura masiva (contenedor semilleno-lleno): Si se produce en un lugar cerrado, deben abrirse de inmediato puertas y ventanas para tener una buena y constante ventilación. De la misma manera se debe evitar que se aproximen personas al lugar, solo debe estar el personal capacitado y protegido debidamente con guantes, plástico protector y tapabocas, procediendo de igual manera que en el primer caso, de forma manual.

Para aquellos contenedores que poseen por lo menos 1 bombilla rota (por alguna eventualidad en el transporte), luego de seguido el procedimiento definido anteriormente estas bombillas al llegar a la planta pasan directamente a zona de producción con el fin de que sean tratadas en la Balcan MP6000. Estas bombillas rotas son prioridad para ser usadas como materia prima por encima de la que ya se tiene almacenada en las estanterías (ver inventario de materia prima)

5.7 Inventario de Materia Prima

Ya que la materia prima irá llegando a la planta según el transporte vaya recogiendo los contenedores de los puntos de recolección y la capacidad mensual estará dada por el volumen de recolección estimado por año dividido en los 12 meses del año.

Teniendo en cuenta la tabla 8 (Proyección de cantidades a recolectar en unidades y peso promedio), las cantidades y pesos de bombillas a almacenar mensualmente, en cada año serán las siguientes:

Tabla 46. Cantidades y pesos a almacenar mensualmente.

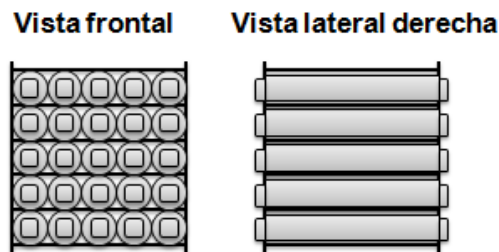
AÑO	TIPO TECNOLOGÍA	UNIDADES	PESO Kg	TOTAL UNIDADES	TOTAL PESO Kg
2013	CFL	64.370	16.092	150.926	33.434
	Lámparas fluorescentes	71.156	13.306		
	HID	15.401	4.035		
2014	CFL	67.588	16.897	158.472	35.105
	Lámparas fluorescentes	74.714	13.971		
	HID	16.171	4.237		
2015	CFL	70.968	17.742	166.396	36.860
	Lámparas fluorescentes	78.449	14.670		
	HID	16.979	4.449		
2016	CFL	74.516	18.629	174.716	38.703
	Bombillas fluorescentes	82.372	15.404		
	HID	17.828	4.671		

Fuente: Realizado por los autores

El almacenamiento de los tubos fluorescentes se propone en secciones separadas que forman un estante, lo que permitirá que ningún tubo se pueda ubicar encima de otro. Asimismo, se debe contar con 2 tipos de estante, uno para tubos menores o iguales a 60 cm y otro para tubos entre 60 y 120 cm.

Adicionalmente los tubos en esta estantería no deben estar rotos ni tener fisuras, ya que como se definió anteriormente las bombillas con esa condición pasan a producción inmediatamente. Esto para evitar riesgos por el contacto con el mercurio.

Figura 31. Almacenamiento para tubos fluorescentes.



Fuente: Realizado por los autores

Teniendo en cuenta la siguiente información, relacionada con pesos y dimensiones de tubos fluorescentes (Ver tabla 47), así como tomando el supuesto que la capacidad de almacenamiento para el año 2016 para tubos de 60cm y 120cm debe ser dividida en 50/50, se puede obtener el número de estantes necesarios de manera aproximada para el almacenamiento de los tubos. El volumen en la tabla 47 fue calculado con la fórmula para un cilindro: $L * \pi * r^2$.

Tabla 47. Dimensiones de bombillas.

Bombillas	Peso (gr)	Longitud m	Radio m	Volumen (m3)
Tubo fluo. 120 cm T8	207	1,2	0,013	0,00064
Tubo fluo. 60 cm T8	167	0,6	0,013	0,00032
CFL	250	0,17	0,025	0,00033

Fuente: ANDI

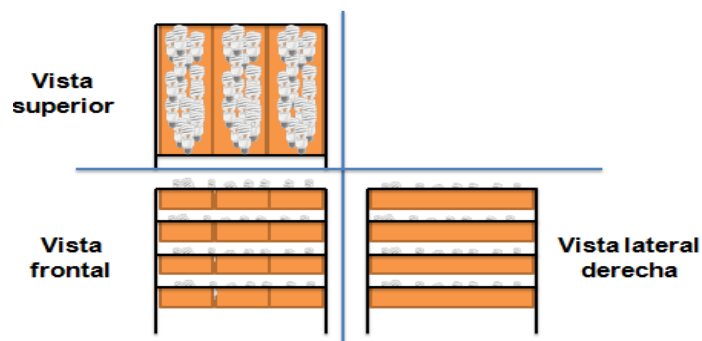
Tabla 48. Estanterías necesarias Tubos Fluorescentes 120 y 60 cm.

dimensiones del estante 1 TL 120 cm(m)		dimensiones del estante 2 TL 60 cm(m)	
ancho	1,2	ancho	0,6
largo	1,2	largo	0,6
alto	1,8	alto	1,8
Volumen estante	2,592	Volumen estante	0,648
Capacidad máxima por estante (unidades)	4050	Capacidad máxima por estante (unidades)	2025
Estantes necesarios (un)	11	Estantes necesarios (un)	21

Fuente: Realizado por los autores.

El concepto para el almacenamiento de bombillas CFL y HID estará también basado en estantes, en los cuales se deben ubicar cajas de cartón de igual tamaño, en las cuales serán almacenadas las bombillas. La razón por la cual se diseña de esta manera es para evitar rupturas por arrume excesivo de bombillas, haciendo solo distinción entre CFL y HID, las cuales serán separadas.

Figura 32. Almacenamiento para bombillas CFL y HID.



Fuente: Realizado por los autores

Sumando las cantidades de bombillas HID y CFL que se tiene como objetivo recolectar para el año 2016, se obtiene lo siguiente:

Tabla 49. Estanterías necesarias para CFL y HID.

ESTANTERÍA PARA CFL Y HID

ancho caja	0,3
largo caja	0,8
alto caja	0,3
Volumen una caja	0,072
Capacidad máx. caja (unidades)	216
Capacidad máx. estante 12 cajas (unidades)	2592
Estantes necesarios (un)	36

Fuente: Realizado por los autores

5.8 Medidas de desempeño de proveedores

Algunas de las medidas de desempeño estarán basadas en los formatos anexos referentes a este capítulo. A continuación se presentan

Tabla 50. Medidas de desempeño proveedores mensuales.

Objetivo del indicador	Determinar el rigor con el cual se hacen las llamadas para informar nivel de llenado contenedores
Nombre	Nivel de llenado de contenedor en punto de recolección
Fórmula	$(\# \text{ llamadas informe contenedor } < 80\% \text{ lleno} / \# \text{ llamadas totales proveedor}) \times 100$
Descripción	El indicador mide si en los puntos de recolección están informando una vez el contenedor llega al 80% de llenado, al operador logístico
Método de medición	El operador logístico según el criterio establecido, anota los puntos en los cuales se cumple el criterio y en los que no
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	> 90%
Fuente de información	Operador logístico

Objetivo del indicador	Medir la precisión con la cual se llenan los informes en los puntos de recolección y en los demás proveedores
Nombre	Precisión de informes presentados
Fórmula	$(\# \text{ de bombillas en informe} / \# \text{ bombillas en físico}) \times 100$
Descripción	Compara la razón que existe en el número de bombillas en el informe del proveedor sobre lo que se recibe en planta de ese proveedor
Método de medición	se compara el valor del informe enviado por el proveedor vs el que se obtiene al contar las bombillas que llegan a la planta
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	>90%, <110%
Fuente de información	Proveedor (punto de recolección, empresa o institución) y Jefe de bodega en la planta

Objetivo del indicador	Determinar los defectos de los contenedores entregados en planta
Nombre	Estado de los contenedores
Fórmula	$(\# \text{ contenedores entregados con defectos} / \# \text{ contenedores totales}) \times 100$
Descripción	El indicador determina el porcentaje de llegada a planta de contenedores con defectos
Método de medición	Se hace una inspección de los contenedores que llegan en planta por parte del jefe de bodega
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	<5%

Fuente de información

Jefe de Bodega de la planta

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 51. Medidas de desempeño Transportadores mensuales.

Objetivo del indicador	Determinar el tiempo de cumplimiento del transportista según la hora de recogida acordada en los puntos de recolección
Nombre	Cumplimiento hora acordada de recogida en punto de recolección
Fórmula	$\frac{\text{Hora acordada}}{\text{Hora real}} \times 100$
Descripción	Mide el porcentaje del tiempo que está por encima o por debajo de hora acordada vs hora real
Método de medición	Informe de hora de recogida en punto de recolección e informe de horas acordadas de entrega por el operador logístico
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	>90%, <110%
Fuente de información	Encargado en punto de recolección, operador logístico y Jefe de logística planta

Objetivo del indicador	Determinar el tiempo de cumplimiento del transportista según la hora de recogida acordada en planta
Nombre	Cumplimiento hora acordada de entrega en planta
Fórmula	$\frac{\text{Hora acordada}}{\text{Hora real}} \times 100$
Descripción	Mide el porcentaje del tiempo que está por encima o por debajo de hora acordada vs hora real
Método de medición	Informe de hora de entrega en planta acordada por operador logístico e informe de horas tomadas por jefe de bodega
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	>90%, <110%
Fuente de información	Operador logístico y Jefe de Bodega planta

Objetivo del indicador	Determinar el nivel de accidentalidad con las bombillas recogidas por el transportador
Nombre	Nivel de accidentalidad del transportador
Fórmula	$\frac{(\# \text{ accidentes actuales} - \# \text{ accidentes mes anterior})}{\# \text{ accidentes mes anterior}}$
Descripción	Mide variación porcentual de los accidentes registrados mes a mes por el transportador
Método de medición	Informe de accidentes
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	<5%, o negativo
Fuente de información	Operador logístico y Jefe de Logística planta

Objetivo del indicador	Medir la tasa de aumento o decrecimiento en el número de puntos de recolección atendidos
Nombre	Nivel de puntos de recolección donde ha habido recolección
Fórmula	$\frac{(\# \text{ puntos de recolección atendidos actualmente} - \# \text{ puntos de recolección atendidos mes anterior})}{\# \text{ puntos de recolección atendidos anterior}}$

Descripción	Mide variación porcentual de los puntos de recolección atendidos mes a mes
Método de medición	informe del operador logístico con puntos de recolección donde hubo recogida de contenedores
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	>5%
Fuente de información	Operador logístico y Jefe de Logística planta

Fuente: Realizado por los autores

5. CLIENTES DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Una vez definidos los eslabones de producción y abastecimiento, se procede a definir el de clientes. Se propone un mercado objetivo con base en los productos resultantes en el capítulo de producción y considerando cuáles serían los clientes potenciales para cada uno de los materiales producidos en la ciudad de Bogotá. La definición de los clientes incluye descripción del mercado, volumen de compra, precio de compra, estrategia de distribución y medición del desempeño de los clientes

METODOLOGIA

Partiendo de información general de cada uno de los sectores a los cuales pertenecen los materiales producidos, con información de producción nacional de bienes cuyo insumo sean los materiales producidos por la planta y de acuerdo a la participación del mercado de Bogotá, se obtienen los volúmenes demandados con el fin de determinar si el volumen de producción ofertado por la planta hace parte de las necesidades de materia prima de los clientes objetivo en Bogotá. La obtención de información de los clientes se realiza a través de fuentes como la cámara de comercio de Bogotá, informe de tendencias del mercado del reciclaje vía web y llamadas a clientes específicos para entender cómo operan las empresas cuya materia prima está compuesta en alguna medida por material reciclado.

Teniendo los volúmenes de producto terminado y la forma como se van a almacenar los materiales, se define el transporte, el manejo de carga y descarga y la distribución.

5.1 Clientes potenciales para cada tipo de material obtenido

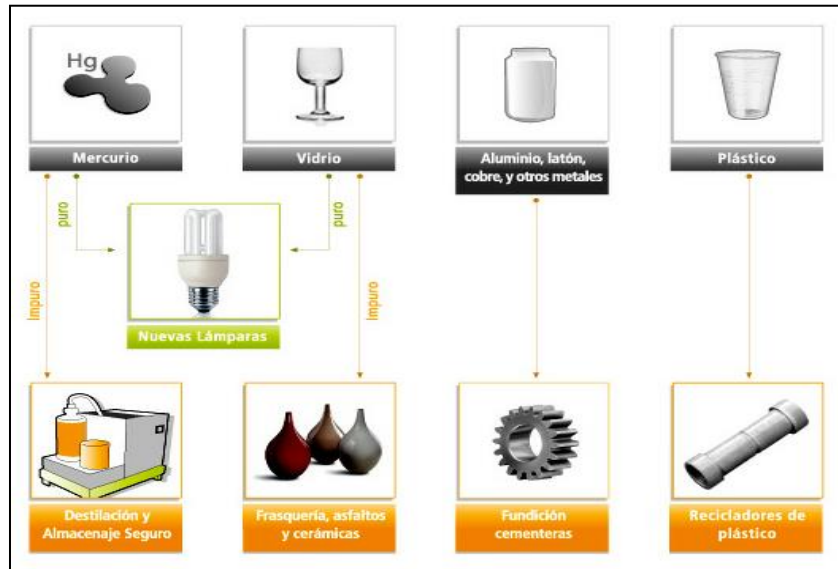
Una vez se cuenta con los volúmenes de producto terminado que se pueden ofrecer mensualmente, se tiene la información necesaria para realizar una revisión a la demanda de los clientes potenciales para la compra de estos materiales. Teniendo en cuenta los materiales resultantes, los mercados potenciales se exponen en la figura 34 y en la tabla 52.

Tabla 52. Materiales resultantes de aprovechamiento de bombillas.

MATERIAL	USO
METALES FERROSOS	Se recicla en empresas de siderurgia
MERCURIO	Participa en procesos de hidrólisis del agua salada en plantas desalinizadoras para obtener agua potable o de riego, producción de bombillas CFL, HID y tubos fluorescentes
PLÁSTICO (Polietileno de alta densidad)	Reutilizado para cualquier tipo de aplicación
VIDRIO	Fabricación de envases no alimentarios, cementos, cerámicas, vidrios para construcción

Fuente: Ambilamp

Figura 33. Uso de los materiales resultantes de aprovechamiento de bombillas.



Fuente: Ambilamp⁴⁰

A continuación se describen los clientes de la cadena de suministro para la ciudad de Bogotá por medio de la siguiente estructura: descripción general del mercado específico, definición del volumen demandado y finalmente evolución de los precios.

5.1.1 Clientes potenciales para Metales

Según un estudio realizado por Aluna consultores para CEMPRE (Compromiso empresarial para el reciclaje Colombia), en Colombia existe escasez de chatarra de metales ferrosos, tanto así que el gobierno Nacional intervino en el mercado de exportación, a través del ministerio de industria y comercio, creando una subasta de chatarra que funciona con el apoyo de la ANDI, FEDEMETAL, FERINCOL, entre otros, que contribuyen a la logística y metodología de la misma para garantizar el abasto de materia prima⁴¹. Teniendo en cuenta esto existe una oportunidad de participación ya que la oferta actual de esta materia prima no es suficiente en Colombia.

Visto desde la perspectiva de Bogotá, a pesar de que el mercado de la chatarra de metales ferrosos está liderada por DIACO S.A como principal demandante, con sedes en todo el país⁴², según un estudio realizado por la cámara de comercio de Bogotá y para la ciudad de Bogotá, la participación del sector de metalmecánica en la producción industrial

⁴⁰ AMBILAMP. Modelo logístico de Ambilamp. [En Línea]. http://www.ambilamp.es/sites/all/themes/ambilamp/files/Modelo_logistico.pdf [Consultado en Agosto de 2012]

⁴¹ Aluna Consultores. Caracterización de los eslabones del reciclaje [En Línea] <http://www.cempre.org.co/Documentos/3.%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20eslabones%20de%20la%20cadena%20del%20reciclaje%20agosto%201%20de%202011.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]

⁴² Ibid.

nacional es del 15,4%, mientras en la Región Bogotá-Cundinamarca es 19,9% de la producción industrial. Este porcentaje equivale a 5025 empresas.⁴³

Teniendo en cuenta esta población de mercado potencial, la ubicación en Bogotá de estas empresas es de 41% en las localidades de Puente Aranda, Los Mártires, Kennedy y Fontibón. Sin embargo, 47% de las empresas grandes y 42% empresas medianas de esta población están concentradas en las localidades de Puente Aranda y Fontibón⁴⁴.

Volumen de compra para Bogotá

Según cifras publicadas en el 2010 por Diaco, 1'400.000 toneladas es el volumen de chatarra metálica que necesita la industria local para producir parte de los aceros que demanda el país⁴⁵. Con base en esta información, y teniendo en cuenta el porcentaje de participación de Bogotá (15,4%) el volumen de compra de chatarra metálica en Bogotá es de 215.000 Toneladas.

Tomando el volumen de producción mensual de 2013 de metal y multiplicado por 12 (anual) según la tabla 29 (20.436 Kg), se puede determinar que la oferta generada por la planta representa el 0,010% de la demanda en Bogotá de chatarra metálica. Con esto se puede concluir que el metal obtenido del proceso de tratamiento en la planta es demandado en su totalidad.

Precio de compra

La evolución del precio de compra del sector de metales ferrosos se puede observar a continuación:

Tabla 53. Evolución del precio de metales \$/Kg.

2005	2007	2008	2010
\$ 430	\$ 330	\$ 520	\$ 510

Fuente: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.cempre.org.co%2FDocumentos%2F9.%2520RECIOS%2520MATERIAL%2520RECICLADO%2520%2520FINAL%2520agosto%25201%25202011.pdf>

5.1.2 Clientes potenciales para Plástico

En la Región Bogotá-Cundinamarca, el sector de productos petro-químicos participa con el 18,6% de la producción industrial nacional, de este porcentaje del sector el 11% corresponde a producción de plásticos. Esto equivale a 1279 empresas⁴⁶.

⁴³Cámara de Comercio de Bogotá. Caracterización de las Cadenas productivas De manufactura y servicios En Bogotá y Cundinamarca. [En Línea]

<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fcamara.ccb.org.co%2Ffigera%2Fdocumentos%2F623_2006_4_11_1_6_19_caracterizacion_de_las_cadenas_productivas_def.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]

⁴⁴Ibíd.

⁴⁵Portafolio. Diaco teme por falta de chatarra. [En Línea]. <<http://www.portafolio.co/archivo/documento/MAM-3991537>> [Consultado en septiembre de 2012]

⁴⁶Cámara de Comercio de Bogotá. Caracterización de las Cadenas productivas De manufactura y servicios En Bogotá y Cundinamarca. [En Línea]

Las empresas en Bogotá en el sector de plásticos están concentradas un 46% en Puente, Aranda, Fontibón, aproximadamente, aunque por tamaño de empresa, Puente Aranda, Fontibón, Usaquén y Chapinero concentran en conjunto el 75% de las grandes y el 55% de las medianas.

Volumen de compra para Bogotá

La industria plástica produce especialmente polietileno de baja densidad, PBD, polietileno de Alta densidad PEAD, Polímeros de propileno PP, poliestirenos PS, Policloruros de vinilo PVC Y PET aplicado a envases y laminas. Anualmente (2008) se producen más de 850.000 toneladas de plásticos.⁴⁷

Según estudios realizados por el MAVDT en los productos elaborados por la industria de plásticos, se tienen las siguientes proporciones de productos finales que usan material reciclado:

- PEBD Y PEAD 30-40% base blanca, 80 a 100% base negra.
- PP 20%.
- OS 20 a 30% base blanca y 100% base negra.
- PCV 20 a 30%.
- PET 50% base blanca y 100% base negra⁴⁸.

Teniendo en cuenta la información anterior y asumiendo que cada tipo de plástico (6 en total) se produce en % iguales (17%) se calcula el volumen demandado de residuos de polietileno de alta densidad (PEAD) en Bogotá. Este se realiza multiplicando el total de la producción de plásticos (850.000 Ton) por el porcentaje de estos plásticos que son PEAD (17%) por el porcentaje de esta producción que se compone de material reciclado (80%) por la participación de Bogotá en la industria petro-químicos (18,6%) por el porcentaje de estos que son producción de plásticos (11%), obteniendo así una cifra aproximada de 2.365 Ton de demanda de PEAD en Bogotá:

Teniendo en cuenta el volumen mensual de producción de plástico (PEAD) para el año 2013 multiplicado por 12 (anual) según la tabla 29 (17.904 Kg) se puede determinar que la oferta generada por la planta representa el 0,83% de la demanda en Bogotá de PEAD. De esta manera, al igual que para el metal, el plástico obtenido del proceso puede ser comercializado en su totalidad, es decir, existe la suficiente demanda de estos materiales para su venta.

Precio de compra

https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fcamara.ccb.org.co%2Ffigera%2Fdocumentos%2F623_2006_4_11_11_6_19_caracterizacion_de_las_cadenas_productivas_def.pdf [Consultado en Agosto de 2012]

⁴⁷Aluna Consultores. Caracterización de los eslabones del reciclaje [En Línea]

<<http://www.cempre.org.co/Documentos/3.%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20eslabones%20de%20la%20cadena%20del%20reciclaje%20agosto%201%20de%202011.pdf>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁴⁸Ibid.

La evolución del precio de compra del sector de plástico para polietileno de baja y alta densidad se puede observar a continuación:

Tabla 54. Evolución de precios polietilenos alta y baja densidad \$/Kg.

2005	2007	2008	2010
\$ 550	\$ 710	\$ 700	\$ 650

Fuente: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.cempre.org.co%2FDocumentos%2F9.%2520RECIOS%2520MATERIAL%2520RECICLADO%2520%2520FINAL%2520agosto%25201%25202011.pdf>

5.1.3 Clientes potenciales para Vidrio⁴⁹

El número de empresas que conforman la cadena del vidrio se ha venido concentrando desde 1991 a tal punto de que hacia finales de 2007 se habían registrado 98 establecimientos dedicados a esta actividad según la encuesta anual manufacturera del DANE.

Esta cadena aporta entre 1 y el 2% de la producción industria nacional. En Colombia la industria más importante y que consume mayor parte de los productos reciclados es la cristalería PELDAR SA.

Se estima que las compras anuales de vidrio están por el orden de las 190.000 Toneladas anuales (2008), los cuales se transan en distintos mercados segmentados y que finalmente abastecen a la empresa PELDAR SA.

Volumen de compra para Bogotá

El principal comprador de vidrio PELDAR SA para el año 2010 alcanzo una cifra de compra de vidrio reciclado en Bogotá de 26.192 Ton. Este vidrio como materia prima compone es base de al menos entre 50% y el 60% de productos finales de vidrio según análisis realizados por el MAVDT.⁵⁰

Teniendo en cuenta el volumen de producción mensual de vidrio incluyendo los núcleos de bombillas HID (luego de ser procesadas y ser extraído el mercurio) en el año 2013 multiplicado por 12 (anual) según la tabla 29 (316.788 Kg) se puede determinar que la oferta generada por la planta representa el 1,2% de la demanda en Bogotá de vidrio reciclado solo para la empresa PELDAR SA.

Precio de compra

La evolución del precio de compra del sector de vidrio se puede observar a continuación:

⁴⁹Aluna Consultores. Caracterización de los eslabones del reciclaje [En Línea] <<http://www.cempre.org.co/Documentos/3.%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20eslabones%20de%20la%20cadena%20del%20reciclaje%20agosto%201%20de%202011.pdf>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁰Ibid.

Tabla 55. Evolución de precios del vidrio.

2005	2007	2008	2010
\$ 106	\$ 121	\$ 142	\$ 163

Fuente: <https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fwww.cempre.org.co%2FDocumentos%2F9.%2520RECIOS%2520MATERIAL%2520RECICLADO%2520%2520FINAL%2520agosto%25201%25202011.pdf>

5.1.4 Clientes potenciales para Mercurio

Para el caso de los clientes de este material, no se entra en detalle en su descripción. En primer lugar, debido a que no se cuenta con información disponible referente al mercado del producto y en segundo lugar, dado que el volumen de producción es muy bajo, siendo este de tan solo 163,73mL mensual (ver tabla 31). Sin embargo, este material será responsabilidad del consorcio del plan post-consumo, desde la recogida en planta hasta la definición de responsabilidad por esta materia prima necesaria para la producción de bombillas CFL, HID y tubos fluorescentes.

5.2 Comunicación de la planta con el cliente

La comunicación debe realizarse al igual que con proveedores, por vía telefónica y correo electrónico. Mensualmente, el cliente deberá ir a la planta para recoger el material. Adicionalmente, como herramienta de control el cliente deberá llenar el correspondiente formato para tener el registro, Ver Anexo 7. Formato de entrega de material en planta.

5.3 Transporte

Dadas las características de residuo no peligroso del vidrio, plástico y metal, el transporte será cubierto por el cliente ya que el vehículo no tiene que cumplir con aspectos específicos como es el caso del transporte para el aprovisionamiento de materia prima en donde hay transporte de residuos peligrosos (bombillas). Para el caso del mercurio la empresa integrante del consorcio que ejecute el transporte deberá cumplir con el decreto 1609.

5.3.1 Manejo de Cargue y Descargue

Cargue:

Como se describió anteriormente en presente documento, el vidrio, plástico y metal serán acumulados en montículos, por lo cual para el cargue se usarán palas y carretillas en caso de ser necesarias. Sin embargo, se debe tener cuenta los riesgos ergonómicos definidos en el numeral 5.6.2 (proceso de cargue) para el capítulo de aprovisionamiento.

Los elementos a usar serán:

Figura 34. Carretilla con doble llanta.



Fuente: <http://articulo.mercadolibre.com.mx/MLM-406624629-oferta-carretilla-8-pies-doble-rueda-maneral-madera-truper- JM>

Se propone el uso de esta carretilla por las siguientes razones:

- Disminuye el trabajo que debe realizar el operario para cargar el material al evitar que lo tenga que realizar manualmente
- Disminuye la cantidad de transportes necesario para efectuar el cargue de los vehículos
- La estabilidad que le da las dos llantas disminuye significativamente la posibilidad de que en el cargue el operario deje caer hacia un lado la carretilla el material

Figura 35. Pala Multiuso.

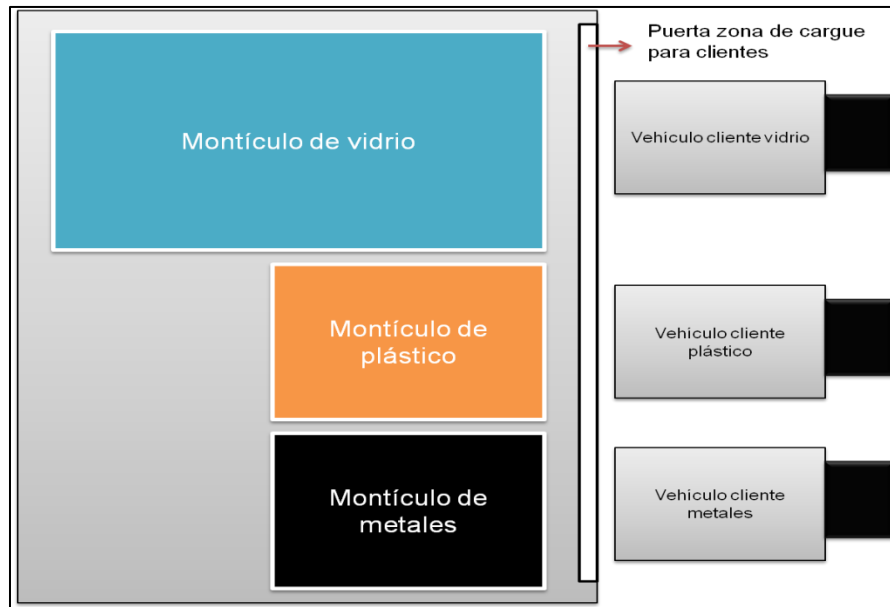


Fuente: http://www.easy.cl/easy/ProductDisplay?mundo=1&id_prod=116345&id_cat=0&tpCa=4&caN0=4176&caN1=4231&caN2=2845&caN3=0

La pala es necesaria para depositar el material en la carretilla para efectuar el cargue

Para facilidad en el cargue, los montículos estarán dispuestos de tal forma que el vehículo, se pueda acercar en reversa para el cargue, como se muestra a continuación:

Figura 36. Cargue de vehículo clientes.



Fuente: Realizado por los autores

Descargue:

El descargue es responsabilidad del cliente en sus instalaciones.

5.5 Evaluación desempeño de clientes

El desempeño de los clientes se propone medir por 3 indicadores:

Tabla 56. Medidas de desempeño Clientes (mensuales).

Objetivo del indicador	Determinar el tiempo de cumplimiento del transportista según la hora de recogida acordada en planta
Nombre	Cumplimiento hora acordada de entrega en planta
Fórmula	$(\text{Hora acordada} / \text{Hora real}) \times 100$
Descripción	Mide el porcentaje del tiempo que está por encima o por debajo de hora acordada vs hora real
Método de medición	Informe de hora de entrega en planta acordada por operador logístico e informe de horas tomadas por jefe de bodega
Frecuencia de medición	Diario / informe mensual
Meta	>90%, <110%
Fuente de información	Operador logístico y Jefe de Bodega planta

Objetivo del indicador	Medir la tasa de aumento o decrecimiento en el volumen remanente de vidrio, plástico y metal al final del mes
-------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Nombre	variación porcentual del volumen de material remanente a final de mes
Fórmula	$\frac{(\text{Volumen material restante actualmente} - \text{Volumen material restante mes anterior})}{\text{Volumen material restante mes anterior}}$ (para vidrio, plástico y metal)
Descripción	Mide la variación porcentual de lo que queda de material en bodega luego de que los clientes se llevan el material (vidrio plástico y/o metal) ese mes
Método de medición	Informe de material remanente a cierre de mes en bodega de producto terminado
Frecuencia de medición	Mensual
Meta	<5%, o negativo
Fuente de información	Jefe de Bodega de planta

Objetivo del indicador	Medir la tasa de aumento o decrecimiento del nivel de compra de los clientes en pesos
Nombre	Nivel de compra de los clientes
Fórmula	$\frac{(\text{Compra clientes en pesos actualmente} - \text{compra clientes en pesos mes anterior})}{\text{compra clientes en pesos mes anterior}}$ (por cliente y por total clientes)
Descripción	Mide la variación porcentual de la compra de los clientes a cierre de mes, teniendo en cuenta la variación total con todos los clientes y por cada cliente
Método de medición	facturas mensuales de los clientes
Frecuencia de medición	Mensual
Meta	>5%
Fuente de información	Gerente General

Fuente: Realizado por los autores

6. DISEÑO Y LOCALIZACIÓN DE PLANTA DE LA CADENA DE SUMINISTRO

Después de tener estructurados los principales eslabones de la cadena, relacionados con clientes y proveedores, así como con la operación de la misma habiendo definido tanto tecnología como procesos a llevar a cabo para el tratamiento de residuos, se procede a tratar el tema de la planta para poder llevar a cabo la actividad.

En primer lugar, es fundamental tratar el tema de distribución de planta, definiendo una propuesta de diseño de las instalaciones, según los procesos que se llevarán a cabo. De la misma forma, se entra en detalle de la localización de la infraestructura puesto que una correcta localización es la manera de conectar tanto a clientes y proveedores con el proceso productivo. Se debe establecer una estrategia de ubicación según la oferta y la demanda del bien o servicio que se ofrezca, ya sea buscando la proximidad a los clientes, o a quienes proveen, o en pro de un equilibrio entre ambos.

Asimismo, se debe tener en cuenta que la localización no solo se basa en la decisión de "donde quiero ubicarme". Para cualquier tipo de empresa, ya sea de manufactura o de servicios, se encuentran establecidas ciertas normas y leyes que deben ser cumplidas para poder ejercer la actividad. En este caso, se tiene que considerar que se trata de una cadena de suministro para una actividad de reciclaje de materiales y que se está tratando con residuos peligrosos.

METODOLOGÍA

El primer punto tratado en este capítulo es la elaboración de una propuesta de planta así como su distribución, según el proceso planteado en el capítulo anterior. Posterior a ello, se parte de la ubicación de los proveedores de la cadena y se realiza un análisis sobre esta para buscar mediante un método matemático la localización de la planta más adecuada, seleccionando así la ubicación de la misma y teniendo en cuenta lo expuesto en el Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bogotá. Después de ubicar la planta, se procede a realizar una propuesta de ruteo para el proceso de transporte de la materia prima hacia la planta.

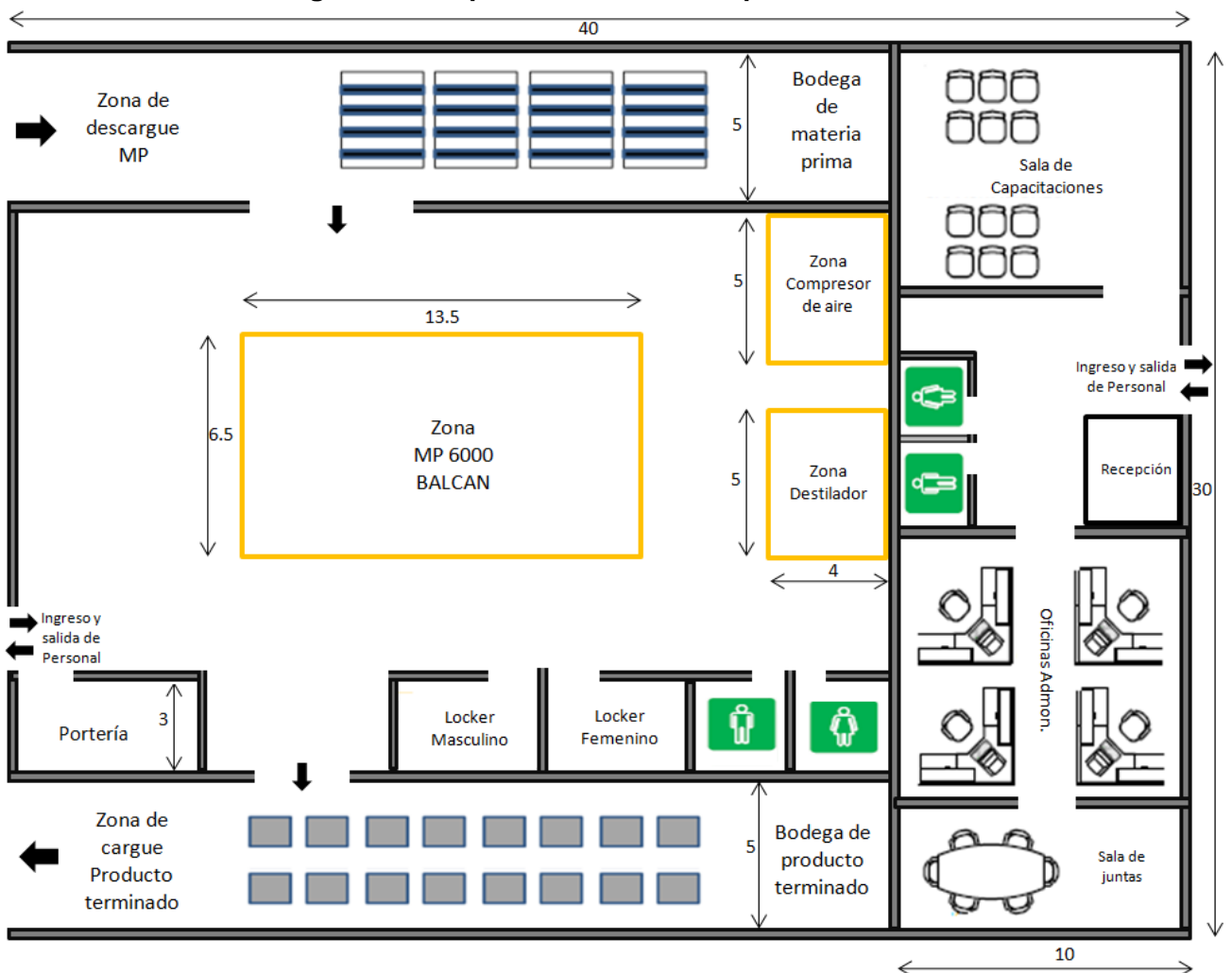
Finalmente, se aborda el tema de normativas legales y ambientales para la puesta en marcha de la planta de producción, abordando de manera general puntos referentes a la licencia ambiental exigida, así como otros aspectos de relevancia que afectan la localización y de la misma (emisiones, permisos).

6.1 Propuesta de planta.

A continuación se presenta una descripción general de la planta de tratamiento para tener en cuenta ubicación de áreas de proceso, bodegas y oficinas, así como las dimensiones aproximadas de cada una de las mismas.

Se propone para el presente proyecto una locación de aproximadamente 1200 metros cuadrados, que se puede adaptar para una o dos plantas (según disponibilidad y selección del local) en las cuales se tengan ubicadas una zona administrativa, con oficinas, salas de juntas y de capacitación; así como la planta para llevar a cabo el proceso productivo, con dos bodegas tanto para materia prima como para producto terminado y accesos para vehículos con carga así como para personal. Esta propuesta se realiza teniendo en consideración las dimensiones de espacios definidas en capítulos anteriores, tanto para la ubicación de las máquinas como de las bodegas de almacenamiento (Ver Tablas 48 y 49). Las distancias se miden en metros.

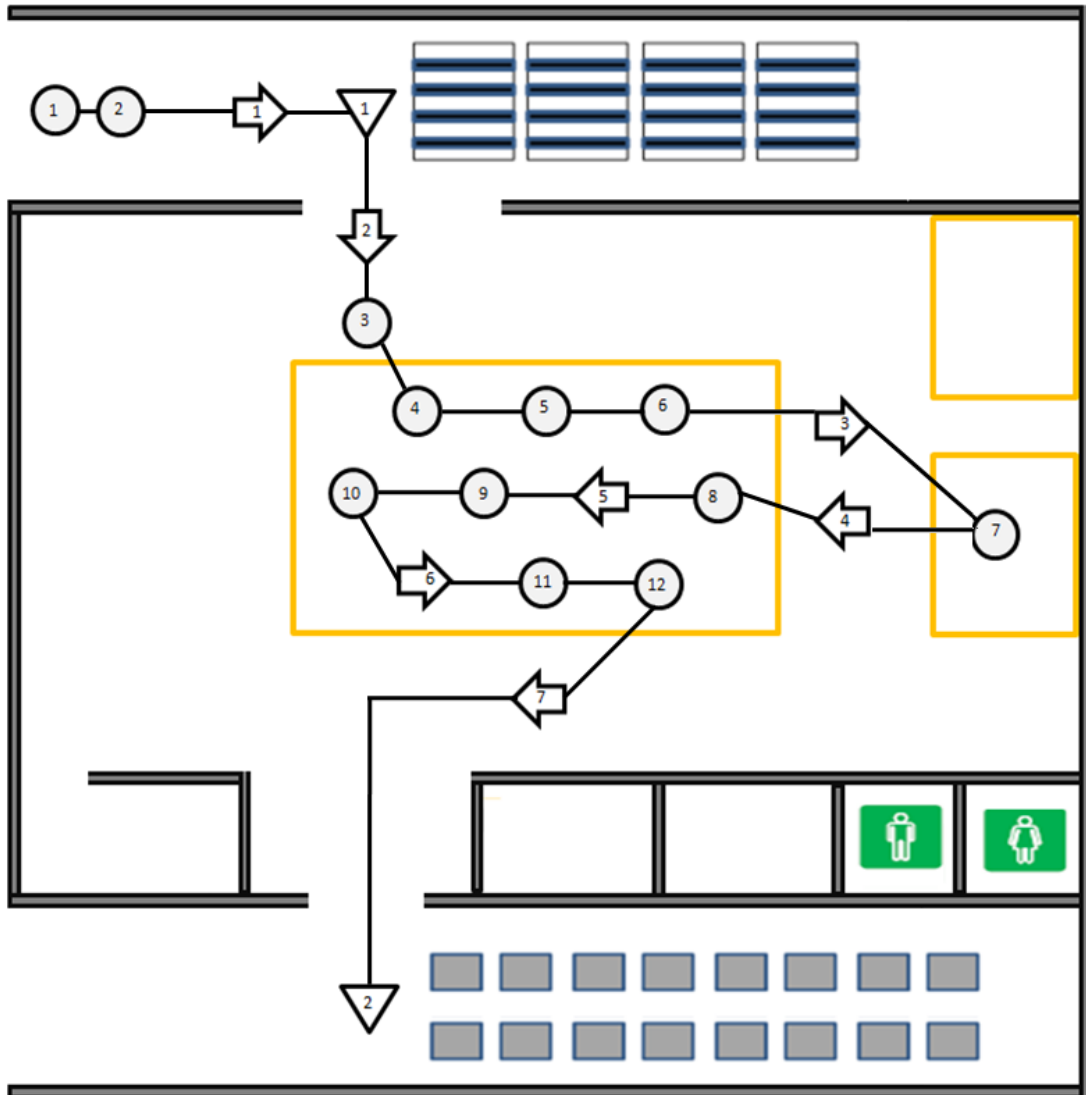
Figura 37. Propuesta de diseño de planta.



Fuente: Realizado por los autores.

En la siguiente figura, se toma como referencia el diagrama de flujo de proceso presentado en el capítulo anterior (Ver Figura 9), para la elaboración del diagrama de recorrido de proceso.

Figura 38. Diagrama de recorrido de proceso.



Fuente: Realizado por los autores.

6.2 Localización de instalaciones.

El punto de partida para la instalación de la planta es tener en cuenta la ubicación de proveedores y de clientes. En el presente proyecto se cuenta con treinta proveedores definidos para la cadena de suministro, los cuales son los puntos de recolección de la ciudad de Bogotá, distribuidos en diferentes zonas del área de la ciudad. Por el lado de los clientes, en el capítulo anterior se determinó que la ubicación de los mismos es en las zonas de Fontibón y Puente Aranda (para plástico y metal) con una concentración del 50% aproximadamente en estas zonas.

Con el método utilizado para la determinar la localización de la planta, se busca encontrar el punto con el costo mínimo de transporte del material hacia la planta desde cada una de las grandes superficies, procurando de esta forma una ubicación que se encuentre

próxima a la mayoría de los puntos. Se toma como referencia los proveedores, debido a su gran número, y distribución no centralizada en ninguna zona de la ciudad, con lo cual los autores del presente documento consideran importante encontrar un punto de equilibrio frente a la localización de los mismos.

El método de centro de gravedad se basa en dos factores principales: la ubicación de cada instalación, en este caso de cada proveedor, y los volúmenes que se manejan en cada uno. A la fecha de elaboración del documento no se cuenta con cifras consolidadas sobre volúmenes de material recogido en cada uno de los puntos de recolección ubicados en la ciudad de Bogotá, por lo cual se toma como supuesto que todos los puntos manejarán el mismo volumen de residuos recolectados. Este supuesto es además fundamentado por el Sistema de Gestión Selectiva presentado por la ANDI, la cual determinó estos puntos de recolección considerando que se hará cobertura de toda el área metropolitana y en cantidades similares. La siguiente tabla presenta la ubicación de cada proveedor en la ciudad de Bogotá:

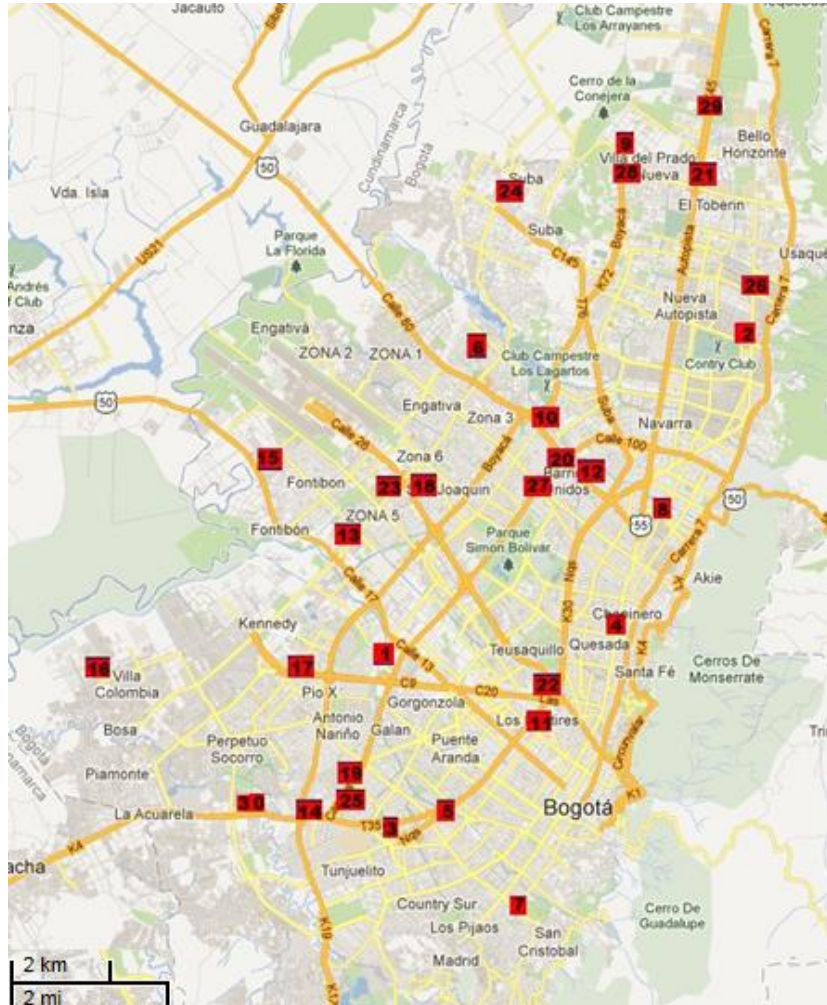
Tabla 57. Dirección de proveedores.

Ítem	Gran Superficie	Dirección
1	Éxito Américas	Av. De las Américas No 68A-94
2	Éxito Country	Calle 134 No 9-51
3	Éxito Centro Mayor	AvCra 27 No 38-01 Sur
4	Éxito Chapinero	Calle 52 No 13-70
5	Éxito Ciudad Montes	Cra 32 con calle 16 Sur
6	Éxito Zarzamora	Av. Calle 72 No 90-55
7	Éxito 20 de julio	Cra 5 Bis con calle 20 sur
8	Éxito Carulla Calle 85	Calle 85 con cra 15
9	Carrefour Calle 170	Calle 170 N° 64 - 47
10	Carrefour Calle 80	Av. Calle 80 N° 69 Q - 50
11	Carrefour Carrera 30	Carrera 32 N° 17B - 04
12	Carrefour Floresta	Carrera 69 N° 98 A - 11 C
13	Carrefour Hayuelos	Av. Carrera 86 No. 19A - 50
14	Carrefour Autopista Sur	Calle 57 Sur N° 77A - 18
15	Carrefour Fontibón	Calle 17 N° 112 -58
16	Carrefour Bosa	Carrera 92 N° 60 - 90 Sur
17	Carrefour Banderas	Calle 6A N° 78A - 68 Sur
18	Carrefour San Cayetano	Calle 46A N° 85A - 51
19	Carrefour Alquería	Av. 68 N° 38 - 87 Sur
20	Homecenter Calle 80	Avcra 68 No. 80-77
21	Homecenter Calle 170	Autopista Norte No 175-50
22	Homecenter Calima	Cra 30 con calle 22
23	Homecenter Dorado	Calle 50 No 82-55
24	Homecenter Suba	Avcra 104 No. 148-07
25	Homecenter Sur	Avenida 68 No. 37 - 37 sur
26	Homecenter Cedritos	Av. Carrera 9 No 152A - 23
27	Alkosto Avenida 68	Cra 68 con calle 72
28	Alkosto Calle 170	Calle 170 con cra 69
29	Makro norte	Cra 39 con calle 193
30	Makro Villa del rio	Cra 63 No 57g-47 sur

Fuente: <http://www.paginasamarillas.com.co/informacion-bogota>

Esta información se resume en la siguiente ilustración, en la cual se toma cada una de las direcciones y se localiza en la herramienta Google Maps⁵¹ para así obtener una aproximación gráfica de la ubicación de los proveedores en la ciudad.

Figura 39. Ubicación Geográfica de Proveedores.



Fuente: <http://maps.google.es/> Realizado por los Autores.

6.2.1 Método de centro de gravedad

Para encontrar la ubicación por este método, se parte de las direcciones de los proveedores, ubicándolas en un sistema con coordenadas (plano cartesiano). Estas coordenadas están basadas en la calle y la carrera de cada punto de recolección, tomando la ciudad de Bogotá como el plano. Asimismo, al graficar estas coordenadas en el plano, se toma como eje X las carreras y como eje Y las calles. De esta manera, aquellos lugares cuya dirección es sur, se toman como valores negativos.

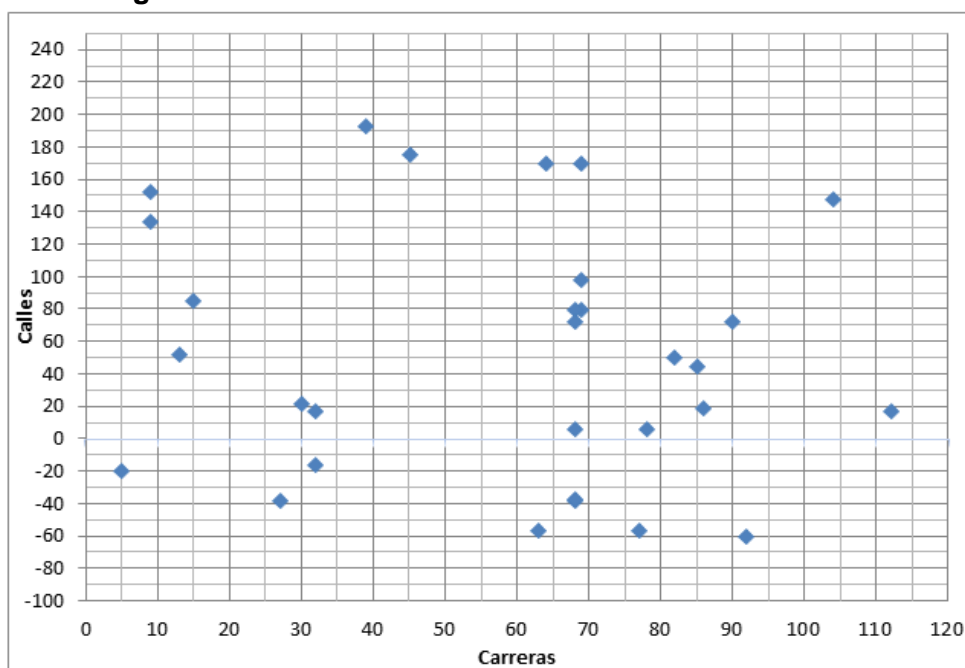
⁵¹ Google Maps [En línea] < <http://maps.google.es/> > [Consultado en Agosto de 2012]

Tabla 58. Coordenadas de Proveedores.

Ítem	Calle	Carrera	Ítem	Calle	Carrera	Ítem	Calle	Carrera
1	6	68	11	17	32	21	175	45
2	134	9	12	98	69	22	22	30
3	-38	27	13	19	86	23	50	82
4	52	13	14	-57	77	24	148	104
5	-16	32	15	17	112	25	-37	68
6	72	90	16	-60	92	26	152	9
7	-20	5	17	6	78	27	72	68
8	85	15	18	45	85	28	170	69
9	170	64	19	-38	68	29	193	39
10	80	69	20	80	68	30	-57	63

Fuente: Realizado por los autores.

Figura 40. Ubicación Proveedores en Plano Cartesiano.



Fuente: Realizado por los autores.

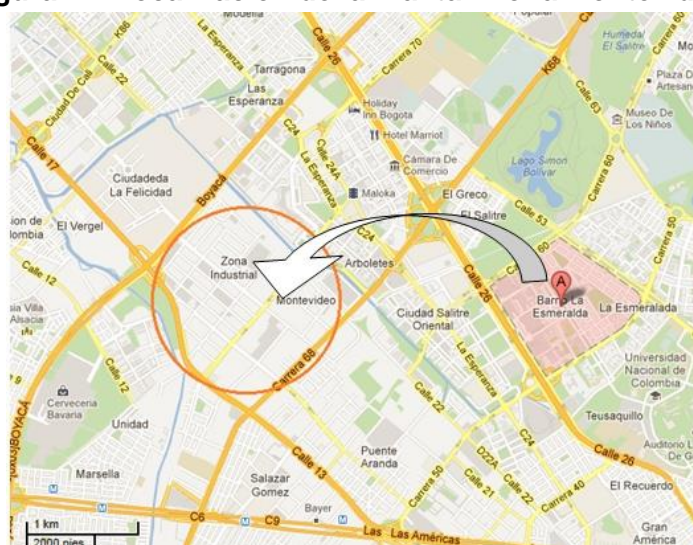
Al analizar la gráfica se puede evidenciar que los proveedores pueden agruparse en dos zonas principales, delimitadas por la carrera 55 ($x=55$). Con esto se puede obtener una primera aproximación de la posible ubicación, la cual debería estar cercana a esta recta. Con el desarrollo del método basado en la sumatoria de las coordenadas X y Y se obtiene la coordenada (58,51), carrera 58 con calle 51 como solución a la localización. Esta ubicación arrojada por la gráfica corresponde a la del barrio La Esmeralda, localidad de Teusaquillo, de la ciudad de Bogotá.

Según el Plan de Ordenamiento Territorial⁵² de la ciudad de Bogotá, existen áreas delimitadas para diferentes actividades según la asignación de uso de suelo, contemplando siete áreas de actividad:

- Área de Actividad Residencial.
- Área de Actividad Dotacional.
- Área de Actividad de Comercio y Servicios.
- Área de Actividad Central.
- Área Urbana Integral.
- Área de Actividad Industrial.
- Área de Actividad Minera.

Correspondiendo el área del barrio La Esmeralda a una zona residencial, de tal forma que no se puede instalar una planta industrial. El artículo 342 del decreto 619 de 2000 afirma que la localización de nuevos establecimientos industriales sólo se permitirá al interior de zonas industriales, por lo cual los autores del presente documento proponen trasladar la localización hacia el área industrial más cercana, siendo esta la zona industrial Montevideo, ubicada a solo cinco kilómetros del barrio La Esmeralda. En esta zona industrial está permitida la puesta en marcha de una planta de este tipo debido a que no hay emisión de gases con la maquinaria seleccionada.

Figura 41. Localización de la Planta - Zona Montevideo.



Fuente: <http://maps.google.es/> Realizado por los Autores.

6.3 Selección de instalaciones.

⁵² POT [En línea] <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3769#1>> [consultado en Agosto de 2012]

Tras seleccionar la zona industrial de Montevideo con base en el método de centro de gravedad desarrollado y los resultados arrojados, se procede a realizar la selección de la ubicación de la planta dentro de esta zona según la oferta de espacios disponibles.

Para la elección de las instalaciones se toma como punto de partida la oferta de bodegas para venta y/o arrendamiento en la zona industrial de Montevideo que cumplan con un mínimo de espacio de 1000 metros cuadrados, puesto que esta es la dimensión mínima aproximada de la planta desarrollada al comienzo del presente capítulo. Vale la pena aclarar que para el presente proyecto se realiza la selección de una alternativa de compra o arrendamiento de un local y no la de construcción del establecimiento en un terreno. Esto debido a la poca oferta en el mercado actual de lotes para la construcción, en especial en esta zona. Un estudio desarrollado por la consultora Colliers International⁵³ deja en claro la escasa, o en algunos casos, nula oferta de terrenos industriales en algunas zonas industriales de la ciudad, siendo la zona industrial de Montevideo una de las áreas con índice más bajo de terrenos disponibles, con solo un 6,3% de la oferta total de terrenos en el área metropolitana. De esta manera se puede evidenciar la alta tasa de ocupación de los parques, la cual según el mismo estudio, se relaciona con la seguridad, el acceso a las infraestructuras y fundamentalmente a las nuevas reglamentaciones relacionadas con urbanismo.

A continuación se presentan cinco alternativas para realizar una evaluación de diferentes factores en cada una de estas y finalmente seleccionar la más adecuada, con base en la ponderación de los factores. Cada uno de los factores, así como su peso, son seleccionados por los autores del presente proyecto de forma subjetiva, considerando estos como criterios fundamentales para realizar la selección del espacio. Los siguientes son los factores de evaluación, y su sistema de calificación:

- Tamaño de la planta: como ya se mencionó, se requiere una zona de mínimo 1000 metros cuadrados para el diseño propuesto, en la cual se puedan localizar tanto zona de producción como administrativa. Todas las alternativas presentadas cuentan con área de oficinas. La evaluación para este factor es la siguiente: 1, 1000 a 1100 metros cuadrados; 2, 1100 a 1400 metros cuadrado; 3, más de 1400 metros cuadrados.
- Costo de arrendamiento: Al no estar disponible la opción de compra para las alternativas, el costo de arriendo influye directamente en la evaluación financiera del proyecto. Al presentar las alternativas precios entre los 12 y 19 millones de pesos mensuales, se realiza una división de esta diferencia en tres intervalos para realizar la evaluación, que queda de la siguiente forma: 1, mayor a 16.6 millones; 2, entre 14.3 y 16.6 millones; 3, menor a 14.3 millones.
- Costo del metro cuadrado: basado en datos de la fuente metro cuadrado⁵⁴, el precio promedio de metro cuadrado para arriendo en esta zona es de \$13.000. Con esto, se

⁵³ The Knowledge Report Industrial [En línea] <http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/consteinmob_m2/estuddemerc_m2/enbogotaEM/homeenbogot/ARCHIVO/ARCHIVO-3622229-0.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁴ Metro Cuadrado [En línea] <http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarHome> [Consultado en Agosto de 2012]

toma el tamaño de cada alternativa y su valor mensual para determinar el costo que se está pagando por metro cuadrado. La evaluación para este factor es la siguiente: 1, mayor a \$14.000; 2: entre \$12.000 y \$14000; 3, menor a \$12.000.

- Estrato: se toma en cuenta debido a que este factor influye de manera directa en la evaluación financiera del proyecto, debido a costos fijos como servicios públicos, los cuales aumentan o disminuyen su valor de manera directa con el estrato. La evaluación para este factor es la siguiente: 1, estrato 5 o 6; 2, estrato 3, 4; 3, estrato 1 o 2.
- Ubicación: Además de estar ubicadas todas las alternativas dentro de la zona industrial Montevideo, seleccionada y apta para la instalación de la planta, se busca con este criterio evaluar la proximidad de las alternativas a la ubicación determinada por el método de centro de gravedad, que planteaba ubicar la planta en el Barrio La Esmeralda. La ubicación en coordenadas de las alternativas, así como de la solución del método se presentan en la siguiente tabla para así evaluar la distancia aproximada de cada una, realizando la sumatoria de carreras y calles a las que se encuentran de la solución inicial:

Tabla 59. Coordenadas de alternativas de planta.

	Calle	Carrera	Distancia en calles	Distancia en Carreras	Distancia total en cuadras
Solución Método	51	58	0	0	0
Alternativa 1⁵⁵	21	69	30	11	41
Alternativa 2⁵⁶	18	69	33	11	44
Alternativa 3⁵⁷	20	68	31	10	41
Alternativa 4⁵⁸	15	69	36	11	47
Alternativa 5⁵⁹	17	68	34	10	44

Fuente: <http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarHome> Realizado por los autores.

A partir de esta tabla se puede evaluar la distancia aproximada de las alternativas a la solución inicial. La evaluación para este factor es la siguiente: 1, distancia mayor a 45 cuadras; 2: distancia entre 43 y 45 cuadras; 3, distancia menor a 43 cuadras. En la siguiente tabla se presenta el resumen con la información de los factores evaluados para cada una de las alternativas.

⁵⁵ Inmueble CO: 256-M1163104 [En línea]

<<http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarMicrositeNegocio?usuario=inmobiliariamorales&desdeM2=S&desdeDominio=N&pagina=indexHome.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁶ Inmueble CO: 442-M683010 [En línea]

<http://www.metrocuadrado.com/arriendo/bodega/bogota/occidental/puentearanda/bodega-montevideo-1000mts_442-M683010?idInmueble=442-M683010> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁷ Inmueble CO: 412-M990806 [En línea]

<<http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarMicrositeNegocio?usuario=serfininm&desdeM2=S&desdeDominio=N&pagina=indexHome.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁸ Inmueble CO: 412-M465899 [En línea]

<<http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarMicrositeNegocio?usuario=serfininm&desdeM2=S&desdeDominio=N&pagina=indexHome.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁵⁹ Inmueble CO: 921-M940624 [En línea]

<<http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarMicrositeNegocio?usuario=espaciosindustriales&desdeM2=S&desdeDominio=N&pagina=indexHome.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

Tabla 60. Factores de alternativas para arrendamiento.

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Tamaño de la planta (m2)	1330	1000	1400	1200	1100
Costo de Arrendamiento (\$)	\$19'000.000	\$12'000.000	\$16'800.000	\$17'000.000	\$15'950.000
Costo de m2 (\$)	\$14286	\$12000	\$12000	\$14167	\$14500
Estrato	3	4	3	3	2
Ubicación	Calle 21 con Cra 69	Cra 69 con Calle 18A	Calle 20 con Cra 68A	Calle 15 con Cra 69	Cra 68D con Calle 17

Fuente: <http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarHome>

Realizado por los autores.

El siguiente es el resumen de la calificación de cada factor para las alternativas presentadas, junto con el peso dado a cada uno, para así obtener la sumatoria total de resultado y seleccionar la mejor alternativa.

Tabla 61. Resumen calificación alternativas localización.

Factor	Peso	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 4	Alternativa 5
Tamaño de la planta (m2)	30%	2	1	3	2	1
Costo de Arrendamiento	30%	1	3	2	1	2
Costo de m2	10%	1	2	2	1	1
Estrato	20%	2	2	2	2	3
Ubicación	10%	3	2	3	1	2
TOTAL	100%	1.7	2	2.4	1.5	1.8

Fuente: Realizado por los autores.

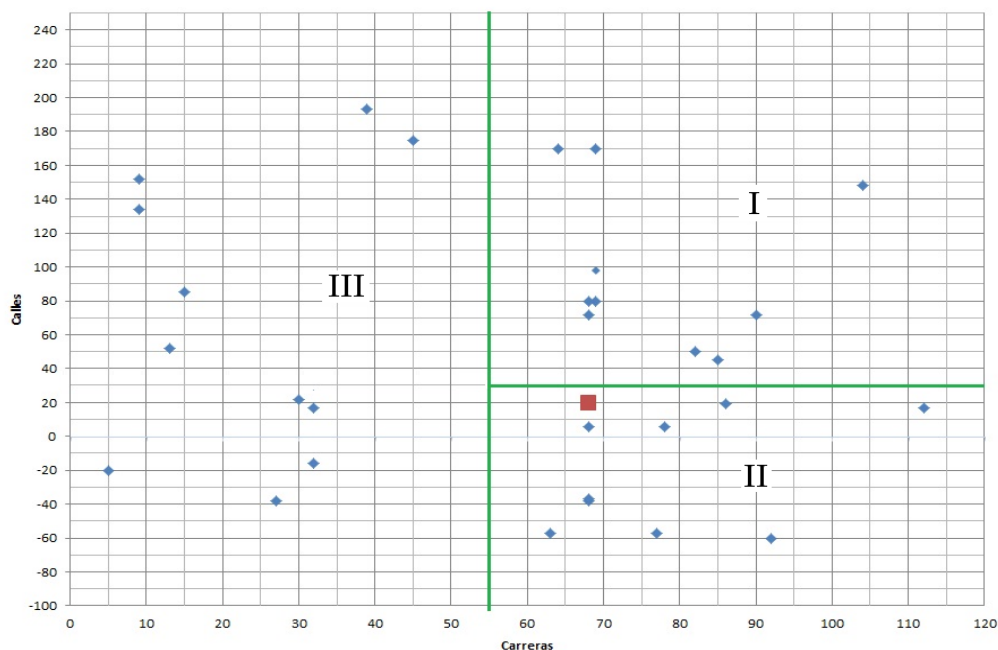
Este análisis da como resultado que la mejor alternativa es la opción 3. El espacio seleccionado cuenta con un área de construcción de 1400 metros cuadrados, divididos en un área libre de bodega de doble altura de 1200 metros cuadrados y un área de oficinas 200 metros cuadrados. Asimismo, dentro de otras generalidades del lugar se destacan los pisos de alta resistencia, apto para vehículos pesados, puerta de acceso para camiones, baños, suministro eléctrico trifásico, el cual es necesario para la conexión del panel de control de la máquina MP6000 y cableado estructurado. Se encuentra además ubicado en zona de fácil acceso dentro de la zona Montevideo.

6.4 Definición de Rutas

Tras haber realizado el proceso de ubicación de la planta y selección de instalaciones para la misma, se procede a realizar la definición de las rutas para el proceso de aprovisionamiento, teniendo en cuenta el listado de las grandes superficies, así como su ubicación geográfica en la ciudad de Bogotá. Asimismo, se considera dividir la ciudad inicialmente en cuatro zonas teniendo en cuenta la cantidad de los puntos así como la distribución y la cercanía de los mismos. Luego de graficar, se puede observar como las

dos zonas orientales cuentan con una cantidad menor de puntos, por lo cual se decide agrupar en una sola zona estas dos para contar finalmente con tres zonas. En la siguiente figura se presenta de nuevo la ubicación de los proveedores en el plano, junto con la de la planta seleccionada, y se realiza la división de la ciudad en las tres zonas donde se puede evidenciar la cantidad de proveedores localizados: zona noroccidente, zona suroccidente y zona oriente.

Figura 42. Delimitación de zonas para ruteo.



Fuente: Realizado por los autores

De manera que las zonas quedan conformadas de la siguiente manera:

Tabla 62. Zona 1 Noroccidente.

Gran Superficie	Dirección
Éxito Zarzamora	Av. Calle 72 No 90-55
Carrefour Calle 170	Calle 170 N° 64 - 47
Carrefour Calle 80	Av. Calle 80 N° 69 Q - 50
Carrefour Floresta	Carrera 69 N° 98 A - 11 C
Carrefour San Cayetano	Calle 46A N° 85A - 51
Homecenter Calle 80	Av. cra 68 No. 80-77
Homecenter Dorado	Calle 50 No 82-55
Homecenter Suba	Av. cra 104 No. 148-07
Alkosto Avenida 68	Cra 68 con calle 72
Alkosto Calle 170	Calle 170 con cra 69

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 63. Zona 2 Suroccidente.

Gran Superficie	Dirección
Éxito Américas	Av. De las Américas No 68A-94

Carrefour Hayuelos	Av. Carrera 86 No. 19A - 50
Carrefour Autopista Sur	Calle 57 Sur N° 77A - 18
Carrefour Fontibón	Calle 17 N° 112 - 58
Carrefour Bosa	Carrera 92 N° 60 - 90 Sur
Carrefour Banderas	Calle 6A N° 78A - 68
Carrefour Alquería	Av. 68 N° 38 - 87 Sur
Homecenter Sur	Avenida 68 No. 37 - 37 sur
Makro Villa del rio	Cra 63 No 57g-47 sur

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 64. Zona 3 Oriente.

Gran Superficie	Dirección
Éxito Country	Calle 134 No 9-51
Éxito Centro Mayor	AvCra 27 No 38-01 Sur
Éxito Chapinero	Calle 52 No 13-70
Éxito Ciudad Montes	Cra 32 con calle 16 Sur
Éxito 20 de julio	Cra 5 Bis con calle 20 sur
Éxito Carulla Calle 85	Calle 85 con cra 15
Carrefour Carrera 30	Carrera 32 N° 17B - 04
Homecenter Calle 170	Autopista Norte No 175-50
Homecenter Calima	Cra 30 con calle 22
Homecenter Cedritos	Av. Carrera 9 No 152A - 23
Makro norte	Cra 39 con calle 193

Fuente: Realizado por los autores

Para determinar la ruta de cada zona, se cuenta con las distancias entre todos los puntos que conforman cada zona. A partir de esto se definen las rutas con base en los siguientes criterios:

- Cada ruta forma un circuito, el cual permite visitar todos los puntos de recolección (en caso de ser necesario).
- El primer punto a visitar es el más cercano a la planta.
- Tras visitar el primer punto, se continúa con la visita al punto más cercano al inmediatamente anterior y así sucesivamente.

Para cada una de las rutas se realiza el cálculo de la distancia total en el recorrido, el cual se determina mediante la suma de calles y de carreras de un punto a otro, es decir, las cuadras totales. Además se tienen en cuenta las siguientes consideraciones:

- Al cálculo de la distancia total del recorrido se le suma un 10% de contingencia para las distancias no calculadas, tales como orejas de puentes, cruces, trancones, entre otros.
- Al cálculo del total de horas se le suma un 10% de contingencia para los tiempos no calculados, tales como pausas, trancones, etc.

- Una cuadra corresponde a 100 varas aproximadamente, y esto es igual a 0,8359 metros.
- Se toma como velocidad promedio 45 km/h, puesto que para vías urbanas la velocidad máxima es de 60km/h y en zonas de vías no principales (residenciales, industriales, etc.) 30km/h⁶⁰.
- Se estima que el tiempo requerido por los operarios para recoger las bombillas de los contenedores en cada uno de los puntos es de 20 minutos, el cual es denominado tiempo de operación.

6.4.1 Ruta Noroccidente.

La Ruta Noroccidente visita los puntos de esta zona en el orden que se presenta a continuación. Se debe aclarar que tanto para esta como para todas las rutas, esta es una propuesta de orden de visita de los puntos, sin ser obligatoria la visita de todos en alguna salida del camión hacia la zona. Esto debido a lo mencionado en el capítulo referente a aprovisionamiento, en el cual no se visita a todos los proveedores con la misma frecuencia ni fechas establecidas, sino según la oferta de bombillas del punto, que en el momento de alcanzar ciertos niveles de saturación (ya establecidos en el capítulo) debe comunicarse para que los residuos sean recogidos.

Tabla 65. Distancias puntos ruta Noroccidente.

	0	6	9	10	12	18	20	23	24	27	28
0		74	154	61	79	42	60	44	164	52	151
6	74		124	29	47	32	30	30	90	22	119
9	154	124		95	77	146	94	138	62	102	5
10	61	29	95		18	51	1	43	103	9	90
12	79	47	77	18		69	19	61	85	27	72
18	42	32	146	51	69		52	8	122	44	141
20	60	30	94	1	19	52		44	104	8	91
23	44	30	138	43	61	8	44		120	36	133
24	164	90	62	103	85	122	104	120		112	57
27	52	22	102	9	27	44	8	36	112		99
28	151	119	5	90	72	141	91	133	57	99	

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 66. Secuencia de la Ruta noroccidente.

Inicio	Destino	Distancia (cuadras)
0	18	42
18	23	8
23	6	30

⁶⁰ Ley 769 de 2002 [En línea] <http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=5557>> [Consultado en Agosto de 2012]

6	27	22
27	20	8
20	10	1
10	12	18
12	28	72
28	9	5
9	24	62
24	0	164
Distancia total		432

Fuente: Realizado por los autores

La distancia total recorrida por esta ruta al realizarla de forma completa es de 432 cuabras, lo que equivale de forma aproximada a 36.11 kilómetros. A continuación se presenta la información correspondiente al tiempo total del recorrido, teniendo en cuenta las horas de recorrido como de operación para la totalidad del tiempo.

Tabla 67. Tiempo total ruta noroccidente.

Factor	Valor	Unidad
Velocidad Prom. recorrido	45	km/h
Distancia x recorrido	39.72	km
Total horas recorrido	0.97	h
Puntos a Visitar	10	puntos
Tiempo de operación	0.3	h
Tiempo total operación	3	h
TIEMPO TOTAL	3.97	h

Fuente: Realizado por los autores

Se puede concluir a partir de los datos, que en medio turno (4 horas) se cumple con la totalidad de la ruta correspondiente a la zona noroccidente, incluyendo todos los puntos de recolección y el regreso a la planta de tratamiento.

6.4.2 Ruta Suroccidente.

La Ruta suroccidente visita los puntos de esta zona en el orden que se presenta a continuación.

Tabla 68. Distancias puntos ruta suroccidente.

	0	1	13	14	15	16	17	19	25	30
0		14	19	86	47	104	24	58	57	82
1	14		31	72	55	90	10	44	43	68
13	19	31		85	28	85	21	75	74	99

14	86	72	85		109	18	64	28	29	14
15	47	55	28	109		97	45	99	98	123
16	104	90	85	18	97		80	46	47	32
17	24	10	21	64	45	80		54	53	78
19	58	44	75	28	99	46	54		1	24
25	57	43	74	29	98	47	53	1		246
30	82	68	99	14	123	32	78	24	246	

Tabla 69. Secuencia de la ruta suroccidente.

Inicio	Destino	Distancia (cuadras)
0	1	14
1	17	10
17	13	21
13	15	28
15	16	97
16	14	18
14	30	14
30	19	24
19	25	1
Distancia Total		227

Esta distancia total para la ruta completa corresponde a 227 cuadras, o su equivalente igual a 18.97 kilómetros. En la siguiente tabla se resume la información correspondiente al tiempo total del recorrido, considerando como en la ruta anterior, las horas de recorrido y operación.

Tabla 70. Tiempo total ruta suroccidente.

Factor	Valor	Unidad
Velocidad Prom. recorrido	45	km/h
Distancia x recorrido	20.87	km
Total horas recorrido	0.51	h
Puntos a Visitar	9	puntos
Tiempo de operación	0.3	h
Tiempo total operación	2.7	h
TIEMPO TOTAL	3.21	h

Fuente: Realizado por los autores

La diferencia en tiempo respecto a la ruta noroccidente radica en la cercanía de algunos de los puntos de recolección. De esta manera se puede ver como puede ser cubierta toda la zona occidente de la ciudad, a la cual corresponden 19 puntos de recolección, en un turno de trabajo de 8 horas.

6.4.3 Ruta Oriente.

En la siguiente tabla se presenta el orden en que la ruta oriente visita los puntos de la zona.

Tabla 71. Distancias puntos ruta oriente.

	0	2	3	4	5	7	8	11	21	22	26	29
0	0	173	99	87	72	103	118	39	178	40	191	202
2	173	0	190	86	173	158	55	140	77	133	18	89
3	99	190	0	104	27	40	135	60	231	63	208	243
4	87	86	104	0	87	80	35	54	155	47	104	167
5	72	173	27	87	0	31	118	33	204	40	191	216
7	103	158	40	80	31	0	115	64	235	67	176	247
8	118	55	135	35	118	115	0	85	120	78	73	132
11	39	140	60	54	33	64	85	0	171	7	158	183
21	178	77	231	155	204	235	120	171	0	168	59	24
22	40	133	63	47	40	67	78	7	168	0	151	180
26	191	18	208	104	191	176	73	158	59	151	0	71
29	202	89	243	167	216	247	132	183	24	180	71	0

Fuente: Realizado por los autores

Tabla 72. Secuencia de la ruta oriente.

Inicio	Destino	Distancia (cuadras)
0	11	39
11	22	7
22	5	40
5	3	27
3	7	40
7	4	80
4	8	35
8	2	55
2	26	18
26	29	71
29	21	24
21	0	178
Distancia Total		614

Fuente: Realizado por los autores

La distancia total calculada para la ruta completa es de 614 cuadras, correspondiente a 51.32 kilómetros. En la siguiente tabla se resume la información correspondiente al tiempo total del recorrido.

Tabla 73. Tiempo total ruta oriente.

Factor	Valor	Unidad
Velocidad Prom. recorrido	45	km/h
Distancia x recorrido	56.45	km
Total horas recorrido	1.38	h
Puntos a Visitar	11	puntos
Tiempo de operación	0.3	h
Tiempo total operación	3.3	h
TIEMPO TOTAL	4.68	h

Fuente: Realizado por los autores

El aumento en los tiempos de recorrido y operación radica en que la ruta realiza una cobertura de toda la zona oriente de la ciudad.

6.5 Normatividad Ambiental

Para la puesta en marcha de la planta se deben tener en cuenta normativas y leyes que aplican para el funcionamiento de este tipo de establecimientos en el país. Al tratarse de una planta de reciclaje e involucrar el tratamiento de residuos peligrosos, el aspecto fundamental en cuanto a normatividad se relaciona con la expedición de una licencia ambiental, es decir, la autorización para que pueda entrar en funcionamiento la planta.

6.5.1 Licencia ambiental

El Decreto 1180 de 2003 define licencia ambiental como la autorización que otorga la autoridad ambiental competente para la ejecución de un proyecto, obra o actividad, la cual sujeta al beneficiario de ésta, al cumplimiento de los requisitos, términos, condiciones y obligaciones que la misma establezca en relación con la prevención, mitigación, corrección, compensación y manejo de los efectos ambientales del proyecto, obra o actividad autorizada. Con el otorgamiento de la licencia ambiental se encuentran implícitos todos los permisos, autorizaciones y/o concesiones que se exigen para el uso, aprovechamiento y/o afectación de los recursos naturales renovables, que sean necesarios para el desarrollo y operación de la actividad. Asimismo, esta licencia se debe obtener de manera previa al inicio del proyecto.

Para efectos de la cadena de suministro propuesta en el presente documento, es necesaria la expedición de una licencia ambiental, esto debido a lo exigido por el Título II del Decreto mencionado anteriormente, según el cual están sujetos a licencia ambiental los proyectos, obras y actividades que se enumeran en los artículos 8° y 9° del mismo. De esta manera, el artículo 9 afirma:

“Las corporaciones autónomas regionales, las de desarrollo sostenible, los grandes centros urbanos y las autoridades ambientales creadas mediante la Ley 768 de 2002,

otorgarán o negarán la licencia ambiental para los siguientes proyectos, obras o actividades, que se ejecuten en el área de su jurisdicción.”⁶¹

Siendo el numeral 9 aquél al cual se relaciona la cadena de suministro:

“9. La construcción y operación de instalaciones cuyo objeto sea el almacenamiento, tratamiento, aprovechamiento, recuperación y/o disposición final de residuos o desechos peligrosos.”⁶²

6.5.1.1 Estudio de impacto ambiental

Para la solicitud de una licencia ambiental es necesario realizar previamente un estudio de impacto ambiental, el cual es el conjunto de información que debe presentar quien solicita una licencia frente a una autoridad competente. Se exige para todos los casos en que se requiera el trámite de una licencia ambiental y debe corresponder en su contenido y profundidad a las características y entorno del proyecto que se está tratando.

A continuación se hace referencia a los puntos que debe contener un estudio de impacto ambiental, según el decreto 1180 de 2003. Es importante aclarar que para efectos del presente documento, no se tiene por objetivo la realización del estudio ambiental por efectos de alcance y complejidad del mismo.

1. Resumen ejecutivo de su contenido.
2. Delimitación del área de influencia directa e indirecta del proyecto.
3. Descripción del proyecto, la cual debe incluir localización, etapas, dimensiones, costos estimados, cronograma de ejecución, procesos, identificación y estimación básica de los insumos, productos y residuos.
4. Determinación de los recursos naturales renovables que se pretenden usar, aprovechar o afectar para el desarrollo del proyecto.
5. Descripción, caracterización y análisis del medio biótico, abiótico, socioeconómico y cultural en el cual se pretende desarrollar el proyecto.
6. Identificación y evaluación de los impactos ambientales que puedan ocasionar el proyecto, indicando cuáles pueden prevenirse, mitigarse, corregirse o compensarse.
7. Propuesta de plan de manejo ambiental del proyecto, la cual deberá contener:
 - Medidas de prevención, y compensación de los impactos ambientales negativos que pueda ocasionar el proyecto en el medio ambiente o a las comunidades durante las fases de construcción, operación, mantenimiento, desmantelamiento, abandono y/o terminación del proyecto.
 - Programa de monitoreo del proyecto con el objetivo de verificar los compromisos y obligaciones ambientales durante la implementación del plan de manejo ambiental, y

⁶¹Decreto 1180 de 2003 [en línea] <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8144#29>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁶²Ibid.

verificar el cumplimiento de los estándares de calidad ambiental establecidos en las normas vigentes.

- Plan de contingencia, que debe contener las medidas de prevención y atención de las emergencias que se puedan ocasionar durante la vida del proyecto, obra o actividad.
- Costos proyectados del plan de manejo en relación con el costo total del proyecto y cronograma de ejecución del plan de manejo⁶³.

6.5.1.2 Solicitud Licencia Ambiental

Después de desarrollar un estudio de impacto ambiental, se debe tramitar la licencia ambiental. Para la obtención de la misma, se debe formular la petición por escrito a la autoridad ambiental competente, en la cual se determinará si el proyecto requiere o no la elaboración de Diagnóstico Ambiental de Alternativas. De igual manera, se debe presentar la siguiente información ⁶⁴:

- Nombre o razón social, número de identificación, domicilio y nacionalidad del solicitante.
- Nombre del representante legal.
- Certificado de existencia y representación legal para el caso de persona jurídica, el cual debe haber sido expedido dentro del mes anterior a la fecha de presentación de la solicitud.
- Descripción explicativa del proyecto, obra o actividad, que incluya por lo menos su localización, dimensión y costo estimado.
- Descripción de las características ambientales generales del área de localización del proyecto.
- Información sobre la presencia de comunidades, incluidas campesinas, negras e indígenas, localizadas en el área de influencia del proyecto.
- Indicar, si el proyecto afecta el Sistema de Parques Nacionales Naturales y sus zonas de amortiguación, cuando estas estén definidas.
- Relación de los recursos naturales renovables que requieren ser usados, aprovechados o afectados durante la ejecución del proyecto.
- Autoliquidación del cobro por la prestación de los servicios de la evaluación de los estudios ambientales del proyecto, para las solicitudes radicadas ante el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (El cual no aplica, puesto que la licencia por el tipo de proyecto se radica ante la Corporación Autónoma Regional).

6.5.2 Registro único Ambiental

Además de ser necesaria una licencia ambiental, para el caso de esta cadena de suministro también aplica la solicitud de inscripción en el Registro Único ambiental. Esto

⁶³Ibíd.

⁶⁴Ibíd.

debido a que según la guía de trámites y servicios de la Alcaldía Mayor de Bogotá⁶⁵, toda persona natural o jurídica que desarrolle alguna actividad del sector de manufactura, cuya actividad productiva principal esté incluida dentro de la sección D (Industrias manufactureras), divisiones 15 a 37 de la Clasificación Industrial Internacional Uniforme, CIIU, deberá tramitar esta licencia. Dicho esto, según la CIIU⁶⁶, el presente proyecto puede catalogarse dentro de la división 37 correspondiente a reciclaje, por lo cual es necesario este registro.

Para el trámite de este registro, es necesario inscribirse ante la autoridad ambiental competente, que para el caso de la jurisdicción de la ciudad de Bogotá es la Secretaría Distrital de Ambiente, mediante una Carta por medio de la cual se solicita la Inscripción en el Registro Único Ambiental para el sector manufacturero. Esta carta debe ser radicarse para así poder obtener un oficio por parte de la autoridad competente autorizando el registro.

6.5.3 Emisiones atmosféricas

6.5.3.1 Emisiones y concentraciones del destilador

Las emisiones de vapores de mercurio y la concentración de mercurio en los residuos después de la destilación, cumplen con los valores establecidos por la EPA (Environment Protection Agency). El proceso genera un valor máximo de emisiones de 0,025 mgHg/m³ y una concentración de mercurio de 0,1 mg/L en los residuos. La EPA establece un límite de 0,2 mg/L como TCLP (Toxicity Characteristic Leaching Procedure and Characteristic Waste) para residuos incinerados o calcinados que contienen 260 mg Hg/Kg de base seca⁶⁷.

6.5.3.2 Permiso de emisión para fuente fijas

Es un permiso por medio del cual se autoriza realizar emisiones al aire dentro de los límites permisibles establecidos en las normas ambientales.

El decreto 948 de 1995 del Ministerio de Ambiente en su artículo 73 indica cuáles son las industrias y actividades que requieren permiso de emisión atmosférica. Los autores del presente documento consideran que esta cadena de suministro clasifica dentro del numeral H (procesos o actividades susceptibles de producir emisiones de sustancias tóxicas) debido a la emisión de mercurio, como material peligroso tanto para el ambiente como para la salud humana.

⁶⁵ Inscripción Registro Único ambiental [En línea] <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_scv.php?h_id=39352&patron=03.1001> [Consultado en Agosto de 2012]

⁶⁶ Código Industrial Internacional Uniforme, Revisión 3.0 [En línea] <<http://quimbaya.banrep.gov.co/servicios/saf2/BRCodigosCIIU.html>> [Consultado en Agosto de 2012]

⁶⁷ BALCAN [En línea] <<http://www.cfl-lamprecycling.com/>> [Consultado en Julio de 2012]

Al ser necesario este permiso, la siguiente es la información que debe incluir la solicitud⁶⁸, tramitándola ante la autoridad ambiental competente (Ministerio de Ambiente):

- Nombre o razón social del solicitante, y del representante legal, con indicación de su domicilio junto con la localización de las instalaciones.
- Fecha proyectada de iniciación de actividades, o fechas proyectadas de iniciación y terminación de las obras, trabajos o actividades, si se trata de emisiones transitorias.
- Concepto sobre uso del suelo del establecimiento expedido por la autoridad municipal o distrital competente.
- Información meteorológica básica del área afectada por las emisiones.
- Descripción de las obras, procesos y actividades de producción, mantenimiento, tratamiento, almacenamiento o disposición que generen las emisiones.
- Flujograma con indicación y caracterización de los puntos de emisión al aire, ubicación y cantidad de los puntos de descarga al aire, descripción y planos de los ductos, chimeneas o fuentes dispersas, e indicación de sus materiales, medidas y características técnicas.
- Estudio técnico de evaluación de las emisiones de sus procesos de combustión o producción.
- Diseño de los sistemas de control de emisiones atmosféricas existentes o proyectados, su ubicación e informe de ingeniería.

En los casos en que es otorgado el permiso, la resolución contiene la emisión permitida o autorizada, sus características y condiciones técnicas y los procesos o actividades que comprende, además del término de vigencia del permiso, el cual no podrá ser superior a cinco años.

6.6 Otras exigencias legales.

Además de la licencia ambiental y registro único ambiental, exigidos debido al tipo de actividad de la cadena de suministro, a continuación se presentan otros trámites fundamentales que deben ser tenidos en cuenta para la instalación de la planta de tratamiento. Estos requisitos aplican para todo establecimiento industrial a partir de la eliminación de licencias de funcionamiento, según el capítulo III del Decreto 2150 de 1995⁶⁹.

6.6.1 Concepto sanitario.

Según la página oficial de la Alcaldía Mayor de Bogotá, el concepto sanitario es una constancia, resultado de la evaluación técnica de las condiciones sanitarias de un

⁶⁸ Decreto 948 de 1995 [En línea] <http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_0948_050695.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]

⁶⁹ Decreto 2150 de 1995 [En línea] <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1208>> [Consultado en Agosto de 2012]

establecimiento, basándose en lo expuesto en la Ley 9 de 1979, por la cual se dictan medidas sanitarias⁷⁰. Este concepto puede ser de tres tipos:

- Concepto favorable: para casos en que el establecimiento cumple en su totalidad con las condiciones sanitarias establecidas en la ley.
- Concepto pendiente: con el compromiso de cumplir con las recomendaciones dejadas en el acta de visita y que no pongan en riesgo la salud pública del lugar.
- Concepto desfavorable: bajo el cual se deben cumplir las recomendaciones dejadas en el acta de manera obligatoria.

6.6.2 Concepto del cuerpo oficial de bomberos⁷¹.

Es una apreciación que emite el cuerpo oficial de bomberos de la ciudad de Bogotá, por medio de la cual se genera constancia acerca de las condiciones de seguridad en las que se encuentra un establecimiento.

Para obtener este concepto se debe realizar el pago del mismo ante la oficina de atención al ciudadano, del cuerpo oficial de bomberos, con lo cual se recibe una capacitación en el tema y se entrega un formulario de auto revisión para que la persona que solicita el trámite lo diligencie y devuelva a la oficina de atención. Con esto se asigna una visita dentro de los siguientes 30 días al establecimiento por parte de un funcionario, el cual emite un concepto que se debe reclamar de nuevo en la oficina de atención. Este concepto puede ser favorable o desfavorable, según si el lugar es seguro o no y cuenta con la adecuada protección contra incendios. En caso de ser desfavorable, se deben tomar las medidas necesarias para cumplir con las condiciones exigidas.

6.6.3 Certificado no usuario Sayco & Acimpro⁷².

Para todo establecimiento que no utilice música dentro de su operación comercial se debe expedir un certificado de no usuario ante la Sociedad de Autores y Compositores, Sayco, y a la Asociación Colombiana de Intérpretes y Productores, Acimpro.

Para realizar el trámite de este documento, se debe solicitar una visita a la locación, en la cual el personal autorizado verificará la no utilización de música a través de los mecanismos de radiodifusión radio, televisión, equipos de sonido, etc. Este tipo de certificación debe ser renovada todos los años dentro de los dos primeros meses del año puesto que tiene vencimiento es al 31 de diciembre de cada año.

6.7 Constitución como empresa.

⁷⁰ Ley 9 de 1979 [En línea] <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>> [consultado en Agosto de 2012]

⁷¹ Concepto técnico de Seguridad y protección de incendios [En línea] <http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_scv.php?h_id=24339> [Consultado en Agosto de 2012]

⁷² Organización SAYCO & ACIMPO [En línea] <http://www.saycoacinpro.org.co/registro_estab.php> [Consultado en Agosto de 2012]

Se propone que la presente cadena de suministro se constituya bajo una Sociedad Anónima Simplificada, S.A.S, descrita en la Ley 1258 de 2008, la cual presenta ventajas en cuanto a su constitución puesto que puede conformarse con cualquier monto de capital social y con cualquier cantidad de empleados⁷³. Asimismo presenta facilidades en los trámites puesto que este tipo de sociedades no están obligadas a nombrar un Revisor Fiscal, pues sólo se requiere de un contador público independiente quien a final del año dictamine los estados financieros. Por último, vale la pena resaltar que una S.A.S. puede constituirse y funcionar con uno o varios accionistas.

Para poder constituir una empresa de este tipo se requiere tener los siguientes documentos:

Tabla 74. Documentos necesarios para constitución de una empresa.

DOCUMENTO Y/O ACTIVIDAD	PRECIO	DESCRIPCIÓN
Consulta de uso de suelo	-	Consultar el POT para saber si la operación se puede desarrollar en el terreno seleccionado (ver Capítulo 8).
Preinscripción en RUT (Registro Único Tributario)	-	Requisito de la DIAN. Se clasifican y adquieren responsabilidades tributarias, siendo para este caso "Tratamiento y reciclaje de bombillas" una persona jurídica declarante.
Asignación NIT	-	Al preinscribir en el RUT se adjudica el NIT (número de identificación Tributaria). Con este se incorpora a la organización en el certificado de matrícula mercantil.
Registro Matrícula mercantil	\$ 1.456.000	Equivalente al rango de activos con los que contará la empresa en el momento de constituirse.
Documento de constitución	\$ 27.000	Solo para persona jurídica.
Matrícula de industria y comercio	-	Exigido para cumplir con requisitos exigidos por el ente territorial
Registrar libros	\$ 90.000	Para personas jurídicas
Formulario RUE (Registro Único empresarial)	-	Para la inscripción y matrícula de la empresa
Formulario Adicional de Registro	-	Para suministro de información no encontrada en formulario de Matrícula mercantil y necesaria para NIT, RUT y por la DIAN
TOTAL	\$ 1.573.000	

Fuente: Cámara de Comercio de Bogotá⁷⁴. Realizado por los Autores

⁷³ Sociedades por Acciones Simplificadas [En línea] <<http://actualicese.com/actualidad/2008/12/17/sociedades-por-acciones-simplificadas-el-modelo-societario-que-se-impondra-en-los-siguientes-anos/>> [Consultado en Septiembre de 2012].

⁷⁴ Cámara de Comercio de Bogotá [En línea] <<http://camara.ccb.org.co/portal/default.aspx>> [Consultado en Septiembre de 2012]

7. ANALISIS FINANCIERO

Para el análisis financiero desarrollado en este capítulo se debe partir del concepto que la presente cadena de suministro se realiza no con el fin de obtener ganancias económicas para alguna entidad o accionistas. El principal objetivo de este proyecto radica en el impacto ambiental y por sobretodo cumplir con el requisito legal de la Resolución 1511 de 2010, la cual afirma que a partir de cierta fecha (año 2016) debe comenzar a regir en el país un proceso de tratamiento y aprovechamiento de los residuos generados por las bombillas.

Con el desarrollo de este análisis, se tiene como fin determinar todos los costos asociados a la cadena y de esta manera determinar la participación de cada empresa asociada al plan de la ANDI y la inversión que cada una de las mismas debe realizar para poder dar inicio al proyecto y mantenerlo en curso.

Asimismo, se realiza la evaluación financiera de un escenario en el cual la planta sea autosostenible, es decir, no sea necesaria la inversión de las empresas miembro del consorcio de la ANDI. Con este escenario se busca obtener la cantidad de unidades necesarias que deberían recolectarse y tratarse para posteriormente vender los materiales y obtener la suficiente ganancia que cubra los costos de operación.

Para realizar la proyección tanto de costos como ingresos en los distintos años, se toman los datos históricos de inflación de 2009 a 2012, así como la proyección a 2013 para de esta manera obtener un promedio que será la cifra a usar para los años 2014, 2015 y 2016.

Tabla 75. Datos Inflación.

Año	Cierre Inflación
2009 ⁷⁵	4,20%
2010 ⁷⁶	3,10%
2011 ⁷⁷	3,40%
2012 ⁷⁸	3,31%
2013 ⁷⁹	3,30%
2014	3,30%
2015	3,30%
2016	3,30%

Fuente: Realizado por los autores.

7.1 Mano de obra

⁷⁵ Inflación año 2009 [En línea] < [http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_inflacion_\(precios_al_consumidor\).html](http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_inflacion_(precios_al_consumidor).html)> [Consultado en Septiembre de 2012]

⁷⁶ *Ibíd.*

⁷⁷ Inflación año 2011 [En línea] < <http://inflacion.com.co/inflacion-2012-colombia.html>> [Consultado en Septiembre de 2012]

⁷⁸ *Ibíd.*

⁷⁹ Proyección Inflación 2013 [En línea] <<http://www.portafolio.co/economia/expectativas-inflacion-colombia-siguen-cediendo>> [consultado en Septiembre de 2012]

La mano de obra para la implementación de la propuesta planteada hace referencia al personal requerido para la operación del proceso, tratado en el capítulo anterior (Ver 9.2 Organigrama). En la siguiente tabla se reporta el total del factor prestacional para realizar posteriormente el cálculo del costo laboral anual, con base en los salarios planteados. Se debe tener en cuenta que el horario laboral propuesto es de 8 horas diarias en los 5 días de la semana.

Tabla 76. Factor prestacional Nómina.

Factor Prestacional	
Salud	8,5%
Pensión	12,0%
ARP	2,436%
Caja de Compensación	4,0%
Sena	2,0%
ICBF	3,0%
Cesantías	8,3%
Intereses Cesantías	1,0%
Prima de Servicios	8,3%
Vacaciones	4,2%
Total	53,3%

Fuente: <http://www.gerencie.com/nomina.html>

Se toma un porcentaje de 2.436% para ARP, debido a que según ARP SURA Riesgos Profesionales, este es valor estipulado para trabajo en una planta de manufactura, riego nivel II⁸⁰.

Se proponen los siguientes sueldos básicos para cada uno de los cargos. Con base en el factor prestacional de la tabla anterior se realiza el cálculo total de la nómina. Asimismo, se toma un incremento salarial anual igual a la inflación proyectada.

Tabla 77. Costo nómina.

Empleado	COSTO DE NÓMINA							
	Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
Gerente general	\$ 4,200,000	\$ 6,438,600	\$ 4,338,600	\$ 6,651,074	\$ 4,468,758	\$ 6,850,606	\$ 4,602,821	\$ 7,056,124
Asistente Admón.	\$ 2,000,000	\$ 3,066,000	\$ 2,066,000	\$ 3,167,178	\$ 2,127,980	\$ 3,262,193	\$ 2,191,819	\$ 3,360,059
Jefe logística	\$ 2,700,000	\$ 4,139,100	\$ 2,789,100	\$ 4,275,690	\$ 2,872,773	\$ 4,403,961	\$ 2,958,956	\$ 4,536,080
Jefe mercadeo	\$ 2,700,000	\$ 4,139,100	\$ 2,789,100	\$ 4,275,690	\$ 2,872,773	\$ 4,403,961	\$ 2,958,956	\$ 4,536,080
Operario producción	\$ 1,200,000	\$ 1,839,600	\$ 1,239,600	\$ 1,900,307	\$ 1,276,788	\$ 1,957,316	\$ 1,315,092	\$ 2,016,035
Operario bodega	\$ 1,200,000	\$ 1,839,600	\$ 1,239,600	\$ 1,900,307	\$ 1,276,788	\$ 1,957,316	\$ 1,315,092	\$ 2,016,035
Total Mensual	\$ 21,462,000	\$ 32,100,000	\$ 21,603,000	\$ 32,170,246	\$ 22,835,353	\$ 34,014,000	\$ 23,520,414	\$ 34,536,080
Total Anual	\$ 257,544,000	\$ 385,200,000	\$ 259,236,000	\$ 386,042,952	\$ 274,024,241	\$ 408,168,000	\$ 282,244,968	\$ 414,432,000

Fuente: Realizado por los autores.

7.2 Servicios Públicos

Para la operación de la planta se requiere del suministro de servicios públicos tales como energía eléctrica, y demás básicos, como lo son el agua y teléfono. Para realizar el cálculo del costo anual se toman en cuenta los costos de m³ (agua) y Kwh (luz).

⁸⁰ ARP SURA [En línea] http://www.arpsura.com/index.php?option=com_content&view=frontpage&Itemid=227 [Consultado en Noviembre de 2012]

El consumo de energía eléctrica se determina a partir del tiempo de operación de las máquinas, el cual fue mencionado anteriormente para la máquina MP6000, estimando un uso de 5 horas diarias, y se tiene en consideración los días que opera la planta (Ver Operación de la planta). Para el compresor de aire se estima el mismo tiempo de funcionamiento de la Balcan puesto que para el funcionamiento de esta se requiere del aire comprimido. Para el caso del destilador, se determina un tiempo de operación máximo de una hora diaria, debido a los bajos niveles de mercurio que se manejan y el costo de energía eléctrica que implica la operación de la misma. Los precios para realizar el cálculo son los siguientes: luz: \$241,62 por Kwh⁸¹ en promedio para sector industrial y agua: \$2.406 por m³.

Tabla 78. Costo servicios Públicos.

Servicio	Máquina	Cantidad	Potencia (KW)	Costo (h)	Costo anual	Costo mensual
Luz	Balcan	1	10	\$2.416	\$2.561.172	\$ 213.431
	Destilador	1	35	\$8.457	\$1.792.820	\$ 149.402
	Compresor	1	0,46	\$111	\$ 117.814	\$ 9.818
	Total					
Agua	Consumo anual (m³)			Costo (m³)	Costo anual	Costo mensual
	587 ⁸²			\$ 2.406	\$ 1.412.322	\$ 117.694
Telefonía e internet	Plan telefonía local ilimitado e internet 2Gb⁸³ (costo anual)					Costo mensual
	\$1.080.000					\$ 90.000
Total					\$ 6.964.128	\$ 580.344

Fuente: Realizado por los autores.

7.3 Mercadeo

Con base en los planes tácticos desarrollados en el capítulo anterior tanto para el mercadeo para sensibilizar a la población en Bogotá como para el mercadeo para posicionar la empresa como proveedora de materiales reciclados de calidad, los costos asociados a estos planes se observan en las tablas a continuación:

Tabla 79. Costo mercadeo para sensibilizar a la población.

Actividad	Costos Mercadeo para sensibilizar a la población			
	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
	Costo	Costo	Costo	Costo
Estudio U Nacional	\$ 4.000.000	\$ -	\$ -	\$ -
Definición de la campaña (Nombre, Key Visuals y Claims)	\$ 5.000.000	\$ -	\$ -	\$ -
Página Web	\$ 900.000	\$ 929.970	\$ 960.938	\$ 992.937
Campaña TV	\$ 200.000.000	\$ -	\$ -	\$ 206.660.000
Página Facebook	\$ 400.000	\$ 413.320	\$ 427.084	\$ 441.305
Perfil Twitter	\$ 300.000	\$ 309.990	\$ 320.313	\$ 330.979
Google Add-words	\$ 800.000	\$ 826.640	\$ 854.167	\$ 882.611
Total	\$ 211.400.000	\$ 2.479.920	\$ 2.562.501	\$ 209.307.833

⁸¹Precio Kwh Colombia [En línea]

<http://www.codensa.com.co/documentos/3_6_2012_2_35_12_PM_Tarifario_Febrero_2012.pdf> [Consultado en Septiembre de 2012]

⁸² Consumo de Agua por la Industrial [En línea]

<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion4/capitulo05/04_05_01.htm> [Consultado en Septiembre de 2012]

⁸³ Supercombos ETB. [En línea] <<http://supercombos.etb.com.co/>> [Consultado en Septiembre de 2012]

Fuente: Realizado por los Autores

Tabla 80. Costo mercadeo para posicionar la marca.

Costos Mercadeo para posicionar la marca				
Actividad	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
	Costo	Costo	Costo	Costo
Fichas técnicas (x3)	\$ 1.200.000	\$ -	\$ -	\$ -
Sello ambiental	\$ 500.000	\$ -	\$ -	\$ -
Google Add-words	\$ 800.000	\$ 826.640	\$ 854.167	\$ 882.611
Páginas amarillas	\$ 400.000	\$ 413.320	\$ 427.084	\$ 441.305
Entrega de muestras a clientes	\$ 2.000.000	\$ -	\$ -	\$ -
Total	\$ 4.900.000	\$ 1.239.960	\$ 1.281.251	\$ 1.323.916

Fuente: Realizado por los Autores

7.4 Maquinaria.

A continuación se presentan los costos asociados a la importación e instalación de las máquinas que se pondrán en funcionamiento dentro de la planta para el proceso productivo. En la siguiente tabla se presenta el resumen de los costos y en los Anexos 4, 5 y 6 se encuentra la cotización de las mismas.

Tabla 81. Costo Maquinaria.

Nombre	Costo
Balcan MP6000	\$ 698.250.000
Caja filtro completa Carbón Activado	\$ 2.184.000
Costos importación Balcan	\$ 17.573.474
Batch Destiller	\$ 559.200.000
Costos importación Batch Destiller	\$ 23.175.561
Compresor de aire	\$ 13.269.000
TOTAL	\$ 1.313.652.035

Fuente: Realizado por los Autores

7.4.1 Depreciación de maquinaria

Se utiliza el método de línea recta para el cálculo de la depreciación de maquinaria. Esto se traduce en el 10% sobre el valor de la máquina para cada año puesto que las mismas se deprecian a 10 años. A continuación se observa la depreciación hasta el año 2016.

Tabla 82. Depreciación maquinaria línea recta.

Depreciación de maquinaria				
Nombre	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4
Balcan MP6000	\$ 69.825.000	\$ 69.825.000	\$ 69.825.000	\$ 69.825.000
Batch Destiller	\$ 55.920.000	\$ 55.920.000	\$ 55.920.000	\$ 55.920.000
Compresor de aire	\$ 1.326.900	\$ 1.326.900	\$ 1.326.900	\$ 1.326.900
TOTAL	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900

Fuente: Realizado por los Autores

7.5 Costos anuales de operación

Teniendo en cuenta los costos obtenidos en las tablas calculadas se compilan todos estos en la siguiente tabla. Se toma en cuenta la inflación ya estimada para los futuros años para así realizar los cálculos.

Tabla 83. Costos anuales de operación.

Nombre	Año 0		Año 1		Año 2		Año 3		Año 4	
	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor	Cantidad	Valor
Creación empresa	1	\$ 1.150.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Outsourcing mensual			1	\$ 20.000.000	1	\$ 20.666.000	1	\$ 21.354.178	1	\$ 22.065.272
Adecuación planta	1	\$ 55.000.000	0	\$ -	0	\$ -	-	\$ -	0	\$ -
Nómina			6	\$ 257.544.000		\$ 266.042.952		\$ 274.024.241		\$ 282.244.968
Arrendamiento			1	\$ 201.600.000	1	\$ 208.313.280	1	\$ 215.250.112	1	\$ 222.417.941
Servicios			1	\$ 6.964.128	1	\$ 7.196.034	1	\$ 7.435.662	1	\$ 7.683.269
Balcan MP6000	1	\$ 698.250.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Caja filtro completa Carbón Activado	2	\$ 4.368.000	1	\$ 4.513.454	1	\$ 4.663.752	1	\$ 4.819.055	1	\$ 4.979.530
Mantenimiento Balcan MP6000	0	\$ -	1	\$ 1.200.000	1	\$ 1.239.960	1	\$ 1.281.251	1	\$ 1.323.916
Costos importación Balcan	1	\$ 17.573.474	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Batch Destiller	1	\$ 559.200.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Mantenimiento Batch Destiller	0	\$ -	1	\$ 850.000	1	\$ 878.305	1	\$ 907.553	1	\$ 937.774
Costos importación Batch Destiller	1	\$ 23.175.561	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Compresor	1	\$ 13.269.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Mercadeo para sensibilizar			1	\$ 211.400.000	1	\$ 2.479.920	1	\$ 2.562.501	1	\$ 209.307.833
Mercadeo para posicionar			1	\$ 4.900.000	1	\$ 1.239.960	1	\$ 1.281.251	1	\$ 1.323.916
Carretilla para MP	3	\$ 1.800.000	0	\$ -	0	\$ -	3	\$ 1.859.940	0	\$ -
Carretilla para producto terminado	4	\$ 840.000	0	\$ -	0	\$ -	3	\$ 867.972	0	\$ -
Pala multifuncional	5	\$ 165.000	0	\$ -	0	\$ -	3	\$ 170.495	0	\$ -
Estantería para tubos fluorescentes	10	\$ 4.500.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Estantería para CFL y HID	19	\$ 7.030.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Equipo de protección (Gafas, guantes, botas. Uniforme	3	\$ 312.000	3	\$ 322.390	3	\$ 333.125	3	\$ 344.218	3	\$ 355.681
Muebles oficina	5	\$ 745.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Sillas	10	\$ 575.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Computadores	5	\$ 3.895.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Mantenimiento computadores	0	\$ -	5	\$ 800.000	5	\$ 826.640	5	\$ 854.167	5	\$ 882.611
Telefonos	5	\$ 490.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Impresora Oficina	1	\$ 610.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Mantenimiento impresora	0	\$ -	1	\$ 60.000	1	\$ 61.998	1	\$ 64.063	1	\$ 66.196
Extintores	2	\$ 120.000	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -	0	\$ -
Recarga de extintores	0	\$ -	2	\$ 70.000	2	\$ 72.331	2	\$ 74.740	2	\$ 77.228
Equipo de aseo y limpieza	2	\$ 290.000	2	\$ 299.657	2	\$ 309.636	2	\$ 319.946	2	\$ 330.601
TOTAL	-	\$ 1.393.358.035	-	\$ 710.523.629	-	\$ 514.323.893	-	\$ 533.471.343	-	\$ 753.996.736

Fuente: Realizado por los Autores

7.5.1 Inversión de cada empresa miembro del consorcio ANDI

Con base en los costos obtenidos para la operación de la planta, a continuación se resume en la siguiente tabla la inversión que debe realizar cada una de las empresas que forman parte del conglomerado de la ANDI. Esta se obtiene a partir del número de unidades que cada una de las empresas colocó en el mercado en los años 2005 a 2010, según el plan de Gestión Selectiva desarrollado por la ANDI, y determinando el porcentaje de participación de las mismas con base en el total de unidades. A partir de este porcentaje de participación, se puede calcular la inversión que debe hacer cada una de las empresas según el total de la inversión inicial y de los costos anuales, para poder mantener en funcionamiento la planta.

Tabla 84. Inversión por empresa miembro consorcio ANDI.

EMPRESA	Promedio Unidades Puestas	Participación	Inversión Año 0	Costos Año 1	Costos Año 2	Costos Año 3	Costos Año 4
COSMOELECTRICOS	5.579	0,10%	\$ 1.351.557	\$ 689.208	\$ 498.894	\$ 517.467	\$ 731.377
COMIMPEL E.U.	3.089	0,05%	\$ 752.413	\$ 383.683	\$ 277.735	\$ 288.075	\$ 407.158
REPRESENTACIONES EL SOL NACIENTE LTDA	118.493	2,06%	\$ 28.717.109	\$ 14.643.892	\$ 10.600.215	\$ 10.994.844	\$ 15.539.873
JEN S.A	81.743	1,42%	\$ 19.813.551	\$ 10.103.646	\$ 7.313.686	\$ 7.585.963	\$ 10.721.834
COMERCIALIZADORA E.M	544	0,01%	\$ 125.402	\$ 63.947	\$ 46.289	\$ 48.012	\$ 67.860
ENERGIA ILUMINACION VANA	33.671	0,59%	\$ 8.165.078	\$ 4.163.668	\$ 3.013.938	\$ 3.126.142	\$ 4.418.421
OCEAN ELECTRIC	7.500	0,13%	\$ 1.811.365	\$ 923.681	\$ 668.621	\$ 693.513	\$ 980.196
IMCOELECTRIC EU	306	0,01%	\$ 69.668	\$ 35.526	\$ 25.716	\$ 26.674	\$ 37.700
DISMIRA S.A.S.	1.044	0,02%	\$ 250.804	\$ 127.894	\$ 92.578	\$ 96.025	\$ 135.719
C.I. LOGISTIC & SERVICES LTDA	1.276	0,02%	\$ 306.539	\$ 156.315	\$ 113.151	\$ 117.364	\$ 165.879
COMERCIALIZADORA INTERNACIONAL OPEN TRADE DE COLOMBIA LTD,	4.100	0,07%	\$ 989.284	\$ 504.472	\$ 365.170	\$ 378.765	\$ 535.338
IMPORTADORA MASTER LIGHTS S.A.S.	5.950	0,10%	\$ 1.435.159	\$ 731.839	\$ 529.754	\$ 549.475	\$ 776.617
DEKORLUZ ILUMINACION S.A.S.	3.484	0,06%	\$ 849.948	\$ 433.419	\$ 313.738	\$ 325.418	\$ 459.938
LITE WAY	19.395	0,34%	\$ 4.695.617	\$ 2.394.465	\$ 1.733.272	\$ 1.797.798	\$ 2.540.969
HAVELLS SYLVANIA COLOMBIA	2.053.526	35,72%	\$ 497.651.756	\$ 253.770.619	\$ 183.695.922	\$ 190.534.625	\$ 269.297.474
SODIMAC COLOMBIA S.A. HOMECENTER	56.939	0,99%	\$ 13.794.245	\$ 7.034.184	\$ 5.091.807	\$ 5.281.366	\$ 7.464.568
HCS IMPORTACIONES	2.959	0,05%	\$ 710.613	\$ 362.367	\$ 262.305	\$ 272.070	\$ 384.538
CENTER LIGHT Y/O PEDRO HUERTAS	6.472	0,11%	\$ 1.574.495	\$ 802.892	\$ 581.186	\$ 602.823	\$ 852.016
GRANDES SUPERFICIES DE COLOMBIA CARREFOUR	3.148	0,06%	\$ 766.347	\$ 390.788	\$ 282.878	\$ 293.409	\$ 414.698
GREEN LIGHT S.A.	3.897	0,07%	\$ 947.483	\$ 483.156	\$ 349.740	\$ 362.761	\$ 512.718
LMG COMUNICACIONES DE IMPORTACIONES LTDA	1.678	0,03%	\$ 404.074	\$ 206.052	\$ 149.154	\$ 154.707	\$ 218.659
ELECTRICOS H.R. LTDA	68.266	1,19%	\$ 16.539.160	\$ 8.433.915	\$ 6.105.025	\$ 6.332.305	\$ 8.949.941
COMERCIALIZADORA Y REPRESENTACIONES ELECTRICAS LTDA	19.484	0,34%	\$ 4.723.484	\$ 2.408.675	\$ 1.743.558	\$ 1.808.468	\$ 2.556.049
ILUMINACIÓN Y MATERIALES ELECTRICOS LTDA	4.444	0,08%	\$ 1.072.886	\$ 547.103	\$ 396.029	\$ 410.773	\$ 580.577
COMERCIALIZADORA E IMPORTADORA INDUSTRIAL ELECTRICA LTDA	3.778	0,07%	\$ 919.616	\$ 468.946	\$ 339.454	\$ 352.091	\$ 497.638
COAXESORIOS CI MATERIALES ELECTRICOS S.A.S.	16.502	0,29%	\$ 3.998.938	\$ 2.039.203	\$ 1.476.110	\$ 1.531.063	\$ 2.163.971
PHILIPS COLOMBIANA S.A.S.	2.082.791	36,23%	\$ 504.743.948	\$ 257.387.185	\$ 186.313.830	\$ 193.249.994	\$ 273.135.317
OSRAM DE COLOMBIA ILUMINACIONES S.A.	570.342	9,92%	\$ 138.221.117	\$ 70.483.944	\$ 51.020.930	\$ 52.920.357	\$ 74.796.476
GENERAL ELECTRIC INTL INC SUC COLOMBIA	372.629	6,48%	\$ 90.303.534	\$ 46.049.036	\$ 33.333.332	\$ 34.574.278	\$ 48.866.528
REDES ELECTRICAS S.A.	45.403	0,79%	\$ 11.007.528	\$ 5.613.137	\$ 4.063.159	\$ 4.214.424	\$ 5.956.574
HIGH LIGHTS S.A.	135.594	2,36%	\$ 32.855.382	\$ 16.754.147	\$ 12.127.757	\$ 12.579.254	\$ 17.779.243
MECANELECTRO S.A. - HOMESENTRY	2.212	0,04%	\$ 529.476	\$ 269.999	\$ 195.443	\$ 202.719	\$ 286.519
SUPERTIENDAS Y DROGUERIAS OLIMPICA S.A.	1.169	0,02%	\$ 278.672	\$ 142.105	\$ 102.865	\$ 106.694	\$ 150.799
GABARRA COMERCIALIZADORA S.A.	3.396	0,06%	\$ 822.081	\$ 419.209	\$ 303.451	\$ 314.748	\$ 444.858
MAKRO SUPERMAYORISTA S.A.	8.764	0,15%	\$ 2.117.904	\$ 1.079.996	\$ 781.772	\$ 810.876	\$ 1.146.075
TOTAL	5.749.568	100%	\$ 1.393.358.035	\$ 710.523.629	\$ 514.323.893	\$ 533.471.343	\$ 753.996.736

Fuente: ANDI. Realizado por los Autores

7.6 Ingresos

Para realizar el cálculo sobre las ventas estimadas, se toma como punto de partida el precio de compra del producto terminado (tratado en el capítulo 7. Clientes de la Cadena de Suministro). Para proyectar los precios a partir de 2016, se toma así como para la proyección de los costos, la inflación estimada para estos años. Asimismo se tiene en cuenta que se propone un precio de venta 10% por encima de los precios del mercado para generar la sensación de calidad en el cliente.

Tabla 85. Precios de venta materiales reciclados.

Año	Material		
	Metal	Plástico	Vidrio
2010	\$ 510	\$ 650	\$ 163
2011	\$ 527	\$ 672	\$ 169
2012	\$ 545	\$ 694	\$ 174
2013	\$ 619	\$ 789	\$ 198
2014	\$ 703	\$ 897	\$ 225
2015	\$ 799	\$ 1.019	\$ 255
2016	\$ 908	\$ 1.158	\$ 290

Fuente: Realizado por los Autores

Tabla 86. Ingresos estimados.

Año	Material	Ventas	TOTAL
2013	Metal	\$ 12.650.916	\$ 89.454.502
	Plástico	\$ 14.126.004	
	Vidrio	\$ 62.677.582	
2014	Metal	\$ 15.092.732	\$ 106.721.922
	Plástico	\$ 16.847.493	
	Vidrio	\$ 74.781.698	
2015	Metal	\$ 18.013.120	\$ 127.345.992
	Plástico	\$ 20.109.553	
	Vidrio	\$ 89.223.319	
2016	Metal	\$ 21.492.813	\$ 151.935.159
	Plástico	\$ 23.989.537	
	Vidrio	\$ 106.452.809	

Fuente: Realizado por los Autores

7.7 Evaluación del proyecto a través de VPN

Una vez se cuenta con los ingresos y egresos de la cadena de suministro, se procede a realizar un análisis de VPN con la construcción de un flujo de caja para el escenario planteado con el estimado de unidades a recolectar y procesar según el sistema de recolección encabezado por la ANDI. Se realiza desde el año 2012 en que se propone realizar la inversión hasta el 2016 cuando ya debe ser obligatorio que el proyecto esté en marcha.

El cálculo del VPN se realiza con la formula de Excel =VNA, cuyos parámetros son la tasa, y los flujos de caja para cada uno de los años excluyendo el año 0 el cual se suma al final. Para la evaluación se toma como tasa el promedio de la tasa efectiva anual de los bonos de deuda pública interna emitidos por el Gobierno Nacional en el segundo semestre de 2012 (De julio a octubre) con plazo a 7 años. Estos bonos, conocidos como TES (Títulos de Deuda Pública), son una alternativa de inversión con bajo riesgo, conociendo desde su comienzo la rentabilidad e intereses que se compromete a pagar el emisor. A continuación se presenta el promedio de las tasas, para obtener aquella con que se realizará la evaluación del VPN.

Tabla 87. Tasa Efectiva Anual TES Semestre II 2012

Fecha	Tasa Efectiva Máxima
jul-09	6,037%
jul-11	6,422%
jul-23	5,925%
jul-25	6,400%
ago-06	5,802%
ago-08	6,007%
ago-21	5,486%
ago-22	6,000%
sep-03	5,388%
sep-12	6,400%
sep-24	6,473%
sep-26	5,950%
oct-08	5,385%
Promedio	5,975%

Fuente: Banco de la República⁸⁴.

⁸⁴ Informes Económicos Banco de la República [En línea] < http://www.banrep.gov.co/informes-economicos/ine_sub_tes.htm > [Consultado en Octubre de 2012]

7.7.2 Escenario con base en las cifras de la ANDI.

Tabla 88. VPN Escenario normal.

Escenario normal					
Rubro	2012	2013	2014	2015	2016
Ingreso		\$ 89.454.502	\$ 106.721.922	\$ 127.345.992	\$ 151.935.159
Costo de operación		\$ (710.523.629)	\$ (514.323.893)	\$ (533.471.343)	\$ (753.996.736)
Participación Empresas	\$ 1.393.358.035	\$ 710.523.629	\$ 514.323.893	\$ 533.471.343	\$ 753.996.736
Depreciación		\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)
Resultado antes impuestos		\$ (37.617.398)	\$ (20.349.978)	\$ 274.092	\$ 24.863.259
Ahorro en impuestos		\$ 12.413.741	\$ 6.715.493	\$ (90.450)	\$ (8.204.876)
Resul. despues impuestos		\$ (25.203.656)	\$ (13.634.485)	\$ 183.642	\$ 16.658.384
Depreciación		\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900
Inversion	\$ (1.393.358.035)				
Flujo de caja	\$ -	\$ 101.868.244	\$ 113.437.415	\$ 127.255.542	\$ 143.730.284
VPN	\$ 418.008.476,97				

Fuente: Realizado por los Autores.

Se puede evidenciar que la viabilidad económica de este proyecto radica en la inversión que cada una de las empresas que forman parte del convenio de la ANDI realice para así poder operar la planta y cubrir todos sus costos. Sin esta participación de las empresas no se sería viable económicamente el proyecto. A su vez, el flujo de caja al final de cada periodo se debe repartir entre las mismas empresas como parte de la ganancia económica. Esta inversión debe realizarse como parte del compromiso de cada una de las empresas con el plan y como parte de su responsabilidad social.

7.7.3 Escenario para un proyecto autosostenible

Se plantea un segundo escenario para la evaluación financiera del proyecto, en el cual se tiene por objetivo exponer la cifra necesaria de unidades a tratar y material a vender para que así el proyecto sea autosostenible, es decir, que sin la necesidad de inversión por parte de las empresas parte del consorcio de la ANDI se cubran los costos de operación. Para la elaboración de este escenario, es necesario buscar una cifra de ventas que cubra los costos y así obtener un VPN con valor igual a cero.

Para la elaboración del análisis se parte del VPN. Con solver de excel, y teniendo en cuenta que se busca llegar a un VPN igual a 0, se busca el valor que deberían tener los ingresos en cada uno de los años. A partir de estos ingresos obtenidos se determinan posteriormente los kilogramos de material tratado (basado en los precios de venta ya expuestos) y con estos kilogramos se pueden finalmente determinar las unidades aproximadas que se deben recolectar y tratar en la planta para alcanzar este objetivo.

A continuación se presenta el VPN propuesto. Se debe tener en cuenta que no se toma en cuenta la participación de las empresas planteada inicialmente, buscando hacer el proyecto sostenible con base en los ingresos.

Tabla 89. VPN Escenario autosostenible

Escenario Autosostenible					
Rubro	2012	2013	2014	2015	2016
Ingreso		\$ 865.113.919	\$ 1.234.611.176	\$ 1.282.601.797	\$ 1.316.508.125
Costo de operación		\$ (710.523.629)	\$ (514.323.893)	\$ (533.471.343)	\$ (753.996.736)
Depreciación		\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)	\$ (127.071.900)
Resultado antes impuestos		\$ 27.518.389	\$ 593.215.383	\$ 622.058.553	\$ 435.439.489
Impuestos		\$ 9.081.068	\$ 195.761.076	\$ 205.279.323	\$ 143.695.031
Resul. despues impuestos		\$ 18.437.321	\$ 397.454.307	\$ 416.779.231	\$ 291.744.458
Depreciación		\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900	\$ 127.071.900
Inversion	\$ (1.393.358.035)				
Flujo de caja	\$ (1.393.358.035)	\$ 145.509.221	\$ 524.526.207	\$ 543.851.131	\$ 418.816.358
VPN	\$ -				

Fuente: Realizado por los Autores.

Los ingresos obtenidos a partir de Solver de Excel arrojan las siguientes cifras para cada uno de los materiales comercializados en los años de la evaluación:

Tabla 90. Ventas escenario autosostenible

Año	Material	Escenario Pesimista	TOTAL
2013	Metal	\$ 64.198.137	\$ 865.113.919
	Plástico	\$ 400.457.891	
	Vidrio	\$ 400.457.891	
2014	Metal	\$ 396.769.819	\$ 1.234.611.176
	Plástico	\$ 400.457.891	
	Vidrio	\$ 437.383.466	
2015	Metal	\$ 408.258.467	\$ 1.282.601.797
	Plástico	\$ 410.354.901	
	Vidrio	\$ 463.988.428	
2016	Metal	\$ 409.683.801	\$ 1.316.508.125
	Plástico	\$ 412.180.525	
	Vidrio	\$ 494.643.798	

Fuente: Realizado por los Autores.

A partir de estas cifras de venta de cada uno de los materiales, y con los precios de venta para cada año, se obtienen los pesos de cada material que se deben comercializar:

Tabla 91. Kilogramos de producto escenario autosostenible

Año	Material	Kg
2013	Metal	103.704
	Plástico	646.890
	Vidrio	646.890
2014	metal	564.053
	plástico	569.296
	vidrio	621.789
2015	metal	510.767
	plástico	513.390
	vidrio	580.490
2016	metal	451.070
	plástico	453.819
	vidrio	544.612

Fuente: Realizado por los Autores.

Con estos datos y tomando en cuenta los porcentajes de cada material que componen los diferentes tipos de bombillas (tratado en el capítulo de producción) se logra obtener la proporción del peso de cada material para cada tipo de bombilla.

Tabla 92. Kg material por tipo de bombilla - Escenario Autosostenible

Tipo de bombilla	Material	Kg / año			
		2013	2014	2015	2016
CFL	Metal	16.546	89.996	81.495	71.970
	Plástico	646.890	569.296	513.390	453.819
	Vidrio	223.474	214.802	200.535	188.141
Tubos fluorescentes	Metal	17.787	96.746	87.607	77.367
	Vidrio	249.765	249.765	224.128	210.275
HID	Vidrio	173.652	166.914	155.828	146.196
	Metal	69.371	377.310	341.666	301.733

Fuente: Realizado por los Autores.

Por último se realiza la suma de estos pesos para obtener el estimado de peso total de cada tipo de bombilla que se debe recolectar y tratar por año. Con esta información y tomando la relación unidades/peso de la tabla 8 finalmente se obtiene un estimado de la cantidad de unidades necesarias a recolectar y tratar para así tener un proyecto viable

económicamente, sin la necesidad de una inversión por parte de las empresas miembro de la ANDI.

Tabla 93. Kilogramos a bombillas a recolectar escenario autosostenible

	2.013	2.014	2.015	2.016
CFL	886.910	874.094	795.420	713.929
Tubos Fluorescentes	267.552	346.511	311.734	287.642
HID	243.023	544.224	497.494	447.929

Fuente: Realizado por los Autores.

Tabla 94. Unidades a recolectar escenario autosostenible

	2.013	2.014	2.015	2.016
CFL	3.547.642	3.496.377	3.181.680	2.855.717
Tubos Fluorescentes	1.428.728	1.850.368	1.664.661	1.536.010
HID	925.917	2.073.493	1.895.451	1.706.610

Fuente: Realizado por los Autores.

CONCLUSIONES

- ✓ Se obtuvo un volumen meta de recolección 1.811.114 unidades de bombillas (CFL, tubos fluorescentes y HID) en el 2013 con aumento del 5% anual hasta el 2016 que se espera un volumen de recolección de 2.096.590.
- ✓ Actualmente están implementados un kit de 3 contenedores para bombillas que se encuentran ubicados en grandes superficies sin embargo, el sondeo realizado por los autores arrojó que en ferreterías y tiendas de iluminación es necesario el diseño de contenedores más pequeños debido a su espacio reducido.
- ✓ El transporte de los puntos de recolección a planta se realizará por medio de outsourcing cumpliendo con los parámetros de transporte de residuos peligrosos del decreto 1609 de 2002.
- ✓ Para el almacenamiento de la materia prima se necesitarán 32 estantes para tubos fluorescentes y 36 para CFL y HID
- ✓ Mediante la evaluación de los procesos a nivel mundial sobre tratamiento y aprovechamiento de bombillas y de la maquinaria comercializada para tales procesos, se propuso la importación de dos máquinas para la puesta en marcha de la planta de reciclaje en Colombia. Las alternativas seleccionadas fueron la máquina MP 6000 del proveedor Inglés Balcan, con capacidad de procesamiento y aprovechamiento de todos tipos de bombillas contemplados en el sistema de recolección colectivo y Gestión de la ANDI y el destilador de Mercurio Batch Destiller de la empresa sueca MRT System, para así obtener el mercurio puro de los núcleos de las bombillas HID y del polvo fosfórico con lo cual se realice una gestión adecuada a este residuo peligroso.
- ✓ Se consideró que con la maquinaria seleccionada para la puesta en funcionamiento de la planta se obtengan como elementos resultantes del proceso de reciclaje los siguientes materiales: vidrio, plástico (polietileno de alta densidad, PEAD), metal y mercurio. Asimismo, con la propuesta de procesamiento planteada se estimó que se contará con cantidades mensuales de material procesado aproximadas a 1.700kg de metal, 1.500kg de plástico, 26.000kg de vidrio y 170 mL de mercurio para el primer año de funcionamiento, con un crecimiento aproximado del 15% para el año 2016 y en un escenario normal, es decir, con el estimado de recolección propuesto por la ANDI.
- ✓ El mercado para el producto terminado de la planta presenta un nivel de demanda suficiente para garantizar la venta de producto. La demanda actual en Bogotá de metal es 215.000 Toneladas, PEAD 2.365 Toneladas y vidrio 26.192 Toneladas.

Debido al bajo volumen de producción de mercurio este será entregado al consorcio de empresas de la ANDI

- ✓ Fue propuesta una planta de tratamiento de aproximadamente 1200 metros cuadrados para llevar a cabo el proceso de tratamiento y aprovechamiento, con dos bodegas para materia prima, producto terminado y una zona de oficinas para labores administrativas. Mediante método de centro de gravedad y tomando en cuenta la ubicación de los proveedores de bombillas usadas, se propuso localizar dicha planta en la zona industrial Montevideo, dando cumplimiento al Plan de Ordenamiento Territorial de la ciudad de Bogotá en lo relativo a zonas industriales, mediante el arrendamiento de una bodega que se ajusta a las necesidades de producción y cumple con otros factores evaluados tales como estrato, costo de arrendamiento, ubicación, entre otros.
- ✓ Fueron definidas tres rutas por medio de las cuales se dividió la ciudad en tres zonas y se propuso un recorrido para cada una de ellas con el que se cubrirá la totalidad de los puntos ubicados en los supermercados (grandes superficies) dispuestos por la ANDI para la recolección de las bombillas usadas.
- ✓ Por medio de una evaluación sobre los recorridos realizados en el proceso de producción y los volúmenes de material se concluyó contar con dos operarios para garantizar el cumplimiento de los procesos y el funcionamiento de la planta. Asimismo se propone como recurso humano un jefe de logística, responsable de la planta y jefe directo de los dos operarios, un jefe de mercadeo para desarrollar las estrategias planteadas en esta área, un asistente de administración y un gerente general como parte de la nómina para el proyecto
- ✓ El mercadeo planeado tiene como meta conseguir cifras de recolección en el escenario optimista sin embargo, se encontró la necesidad de desarrollar un mercadeo con 2 objetivos, uno sensibilizar la población para que haya una movilización masiva de depósito de bombillas en puntos de recolección y otro de posicionamiento de marca de acuerdo al producto terminado de la planta
- ✓ Según la evaluación financiera se concluye que esta cadena de suministros es factible a nivel financiero solo si las empresas que conforman el consorcio de la ANDI hacen un aporte anual para garantizar la operatividad de la planta.

RECOMENDACIONES

- ✓ El plan postconsumo de bombillas de la ANDI tiene cubrimiento a nivel nacional, sin embargo, el presente trabajo de grado tiene alcance solo para la ciudad de Bogotá por lo cual se recomienda adaptar el modelo para cubrir todas las ciudades donde el plan postconsumo tiene presencia. Si se da cubrimiento a nivel nacional es posible aumentar el uso de la capacidad de la planta y a su vez considerar la posibilidad de implementar otras plantas a nivel nacional, lo cual aumentaría el volumen de materia prima, las ventas de producto terminado y una mayor reducción de impacto ambiental consecuencia de los residuos de bombillas
- ✓ Se recomienda realizar una investigación sobre las bombillas LED ya que dado su rendimiento y condición de ser residuos no peligrosos, pueden hacer que en un futuro a largo plazo ocurra una transferencia de uso de bombillas incandescentes y fluorescentes a LED
- ✓ Se sugiere al consorcio de empresas que forman parte del plan postconsumo, realizar la solicitud de la licencia ambiental y demás trámites legales y ambientales para la puesta en marcha de un proyecto de este tipo
- ✓ Se recomienda que la empresa que actualmente provee los contenedores para grandes superficies, se encargue del diseño de contenedores con dimensiones más pequeñas que puedan ser instalados en ferreterías y tiendas de iluminación donde su espacio es reducido
- ✓ A pesar de que para instituciones, empresas medianas y grandes es obligatorio el traslado de sus residuos de bombillas dada su condición de generadores de residuos peligrosos, es importante que el consorcio de empresas de la ANDI promueva esta política y se evite llegar instancias legales de sanción y multas por incumplimiento

BIBLIOGRAFIA

- AECOC. Proceso de carga y descarga. [En Línea].
<[http://sede.aecoc.es/web/logistica.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/e0db549f83fec45bc1256cb6003e15d3/\\$FILE/RAL%20Carga%20Descarga%20Def%20041002.pdf](http://sede.aecoc.es/web/logistica.nsf/c26e324ee59af673c12568c500468a18/e0db549f83fec45bc1256cb6003e15d3/$FILE/RAL%20Carga%20Descarga%20Def%20041002.pdf)> [Consultado en Julio de 2012]
- AERCRECYCLINGSOLUTIONS [En línea] <<http://www.aercrecycling.com/>> [Consultado en Julio de 2012]
- AMBILAMP. Modelo logístico de Ambilamp. [En Línea].
<http://www.ambilamp.es/sites/all/themes/ambilamp/files/Modelo_logistico.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]
- AMBILAMP. Página web [En línea]
<http://www.ambilamp.es/el_reciclaje/por_qu_reciclar_las_bombillas_y_fluorescentes> [Consultado en Julio de 2012]
- Aluna Consultores. Caracterización de los eslabones del reciclaje [En Línea]
<<http://www.cempre.org.co/Documentos/3.%20Caracterizaci%C3%B3n%20de%20los%20eslabones%20de%20la%20cadena%20del%20reciclaje%20agosto%201%20de%202011.pdf>> [Consultado en Agosto de 2012]
- BALCAN [En línea] <<http://www.cfl-lamprecycling.com/>> [Consultado en Julio de 2012]
- BALLOU, Logística empresarial, Control y Planificación. Díaz de Santos S.A. 1991 Pág. 468
- Bogotá Basura Cero. Plan de Desarrollo Distrital 2012-2016: Bogotá Humana. [En Línea] <<http://www.bogotabasuracero.com/plan-desarrollo>> [consultado en Septiembre de 2012]
- Bombillas fluorescentes compactas no integradas [en línea]
<<http://www.gelighting.com/es/resources/glossary.htm>> [consultado en agosto de 2011]
- Cámara de Comercio de Bogotá. Caracterización de las Cadenas productivas De manufactura y servicios En Bogotá y Cundinamarca. [En Línea]
<https://docs.google.com/viewer?url=http%3A%2F%2Fcamara.ccb.org.co%2Fligera%2Fdocumentos%2F623_2006_4_11_11_6_19_caracterizacion_de_las_cadenas_productivas_def.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]
- Cámara de Comercio de Bogotá. Página Web [En línea]
<<http://camara.ccb.org.co/portal/default.aspx>> [Consultado en Septiembre de 2012] Código Industrial Internacional Uniforme, Revisión 3.0 [En línea]
<<http://quimbaya.banrep.gov.co/servicios/saf2/BRCodigosCIU.html>> [Consultado en Agosto de 2012]
- Concepto técnico de Seguridad y protección de incendios [En línea]
<http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_scv.php?h_id=24339> [Consultado en Agosto de 2012]

- Congreso de La Republica: Ley 1450 de 2011 [En Línea]
<http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley/2011/ley_1450_2011.html> [Citado en julio de 2012]
- Consumo de Agua por la Industrial [En línea]
<http://www.virtual.unal.edu.co/cursos/ciencias/2000088/lecciones/seccion4/capitulo05/04_05_01.htm> [Consultado en Septiembre de 2012]
- Convenio de cooperación científica y tecnológica No. 031 MAVDT-UN
- Cristalizando. Ingeniería en Vidrios. [En Línea].
<<http://www.cristalizandosa.com.ar/item.php?idi=60529&ids=60518>> [Consultado en Agosto de 2012]
- CROEM. Prevención de Riesgos Ergonómicos. [En línea].
<<http://www.croem.es/prevergo/formativo/3.pdf>> [Consultado den Julio de 2012]
- CTE WEB. Prontuario de soluciones constructivas. [En Línea]. <<http://cte-web.iccl.es/materiales.php?a=4>> [Consultado en Agosto de 2012]
- Decreto 1180 de 2003 [en línea]
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=8144#29>> [Consultado en Agosto de 2012]
- Decreto 2331 de 2007 (Sustitución de Bombillas Incandescentes por LFC de alta eficiencia en Entidades Oficiales), Ministerio de Minas y Energía de Colombia, 2007.
- Decreto 948 de 1995 [En línea]
<http://www.minambiente.gov.co/documentos/dec_0948_050695.pdf> [Consultado en Agosto de 2012]
- Decreto 2150 de 1995 [En línea]
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1208>> [Consultado en Agosto de 2012]
- EcosolucionesLtda [En línea]] <www.ecosoluciones.com.co> [consultado en septiembre de 2011]
- GEYMONAT, Estefanía. Proyecto para el Manejo Racional de Productos con Mercurio en Uruguay. [En línea] <<http://www.ccbasilea-crestocolmo.org.uy/wp-content/uploads/2010/11/Tratamiento-t%C3%A9rmico-para-la-recuperaci%C3%B3n-de-mercurio-Diciembre-2011.pdf>> [Consultado en Agosto de 2012]
- Google Maps [En línea] < <http://maps.google.es/>> [Consultado en Agosto de 2012]
- INACAP. Manual de Mecánica de Fluidos. [En línea].
<<http://es.scribd.com/doc/55138755/13/Tabla-3-Densidad-del-Mercurio>> [Consultado en Agosto de 2012]
- Inflación año 2009 [En línea]
<[http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_inflacion_\(precios_al_consumidor\).html](http://www.indexmundi.com/es/colombia/tasa_de_inflacion_(precios_al_consumidor).html)> [Consultado en Septiembre de 2012]
- Inflación año 2011 [En línea] < <http://inflacion.com.co/inflacion-2012-colombia.html>> [Consultado en Septiembre de 2012]

- Informes Económicos Banco de la República [En línea] <http://www.banrep.gov.co/informes-economicos/ine_sub_tes.htm> [Consultado en Octubre de 2012]
- ISLAS V., JIMENEZ J. Tercerización del transporte en el contexto de la cadena de suministro [En Línea] <<http://www.imt.mx/archivos/Publicaciones/PublicacionTecnica/pt223.pdf>> [Consultado en Julio de 2012]
- LARS y OLAV [En línea] <www.olav.ccr.de> [Consultado en Septiembre de 2011]
- Ley 9 de 1979 [En línea] <<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=1177>> [consultado en Agosto de 2012]
- Lito Ltda [En línea] <www.litoltda.com> [consultado en septiembre de 2011]
- Luminotecnia. Dispositivos para alumbrado incandescente y fluorescente en: puntos 3,4 y 5 [en línea] <<http://www.mcgraw-hill.es/bcv/guide/capitulo/8448171721.pdf>> [consultado en agosto de 2011]
- Metro Cuadrado [En línea] <http://www.metrocuadrado.com/servlet/co.com.m2.servlet.MostrarHome> [Consultado en Agosto de 2012]
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial: Convenio de cooperación científica y tecnológica, Bogotá: MAVDT – UN, 2008.
- Ministerio De Transporte: Decreto 1609 de 2002 [En Línea] <<http://www.recursosfisicos.unal.edu.co/pdfs/decreto16092002.pdf>> [Consultado en Julio de 2012]
- Organización SAYCO & ACIMPO [En línea] <http://www.saycoacinpro.org.co/registro_estab.php> [Consultado en Agosto de 2012]
- PARRADO MUÑOZ, Diana Milena. Desarrollo de una propuesta de mejoramiento del programa de manejo integral y disposición final de lámparas fluorescentes en Havells Sylvania Colombia S.A. Bogotá, 2011, 115p. Trabajo de Grado (Ingeniera Química). Universidad América. Facultad de Ingeniería.
- Pilagest. [En línea] <www.pilagest.cat> [Consultado en Septiembre de 2011]
- Pilas con el ambiente. [En Línea] <<http://pilascolombia.com/?gclid=CPHx8bmJyLlCFQTOAodUUIAXw#!>> [Consultado en Septiembre de 2012]
- Plastic badges Industrial, S.L. Polietileno. [En Línea]. <<http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolietileno.html>> [Consultado en Agosto de 2012]
- PNUMA: La Convención de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación [En línea] <<http://www.basel.int/Portals/4/Basel%20Convention/docs/text/BaselConventionText-s.pdf>> [Consultado en Julio de 2012]
- Portafolio. Diaco teme por falta de chatarra. [En Línea]. <<http://www.portafolio.co/archivo/documento/MAM-3991537>> [Consultado en septiembre de 2012]

- Precio Kwh Colombia [En línea]
<http://www.codensa.com.co/documentos/3_6_2012_2_35_12_PM_Tarifario_Febrero_2012.pdf> [Consultado en Septiembre de 2012]
- Presidencia de la República de Colombia: Decreto 4741 de 2005 [En línea]
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=18718>>
[Consultado en Julio de 2012]
- POT [En línea]
<<http://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=3769#1>>
[consultado en Agosto de 2012]
- Principales tipos de lámparas [en línea]
<http://www.unav.es/ted/manualted/manual_archivos/luz9_main.htm> [consultado en agosto de 2011]
- Procuraduría General de la Nación. Encuesta vínculos familiares en jóvenes adultos y personas mayores. [En línea].
<<http://www.procuraduria.gov.co/portal/media/file/INFORME%20EJECUTIVO%20PRESENTADO%20EL%2015%20DE%20MAYO%20DE%202012.pdf>>.[Consultado en Septiembre de 2012]
- Proyección Inflación 2013 [En línea]
<<http://www.portafolio.co/economia/expectativas-inflacion-colombia-siguen-cediendo>> [consultado en Septiembre de 2012]
- SALAZAR B. Medios Y Gestión Del Transporte [En Línea]
<<http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/medios-y-gesti%C3%B3n-del-transporte/>> [Consultado en Julio de 2012]
- Sociedades por Acciones Simplificadas [En línea]
<<http://actualicese.com/actualidad/2008/12/17/sociedades-por-acciones-simplificadas-el-modelo-societario-que-se-impondra-en-los-siguientes-anos/>>
[Consultado en Septiembre de 2012].
- Soluciones de reciclaje de bombillas [En línea] <<http://www.mrtsystem.com/>>
[Consultado en Julio de 2012]
- Inscripción Registro Único ambiental [En línea]
<http://www.bogota.gov.co/portel/libreria/php/frame_detalle_scv.php?h_id=39352&patron=03.1001> [Consultado en Agosto de 2012]
- Resolución 1511 de 2010
- Retourlogistik and ServiceGMBH [En línea] <www.lightcycle.de> [Consultado en Septiembre de 2011]
- Tipos de bombillas [en línea] <<http://soluciones-eficiencia-energetica.blogspot.com/2010/06/iluminacion-eficiente-tipos-de.html>> [consultado en agosto de 2011]
- Supercombos ETB. [En línea] < <http://supercombos.etb.com.co/>> [Consultado en Septiembre de 2012]
- The Knowledge Report Industrial [En línea]
<http://contenido.metrocuadrado.com/contenidom2/consteinmob_m2/estuddemerc_m2/enbogotaEM/homeenbogot/ARCHIVO/ARCHIVO-3622229-0.pdf>
[Consultado en Agosto de 2012]

- UNIVERSAL RECYCLING [En línea] <<http://www.universalrecyclers.com/>> [Consultado en Julio de 2012]
- Universidad de los Andes. Modificación tamaño estándar de los cursos avanzados. [En línea]
http://www.google.com.co/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&ved=0CF8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fplaneacion.uniandes.edu.co%2Findex.php%3Foption%3Dcom_docman%26task%3Ddoc_download%26gid%3D493&ei=gKwmUOffK6Oj6wHxulG4Ag&usg=AFQjCNFLseRmudujhfVXqbHk9JhS7TXNaQ [Consultado en Agosto de 2012]
- Vaersa. [En línea] <www.vaersa.com> [Consultado en Septiembre de 2011]
- Velocidad al caminar [En línea]
<<http://www.uv.mx/cienciahombre/revistae/vol19num1/articulos/velocidad/index.htm>> Volumen 19, número 1 [Consultado en Septiembre de 2012]

ANEXOS

Anexo 1. Cotización MP 6000 Balcan - Roldan Logística.



BOGOTÁ, 12 de Octubre de 2012

BOG-18-2012-11143

Señores
MAHAMUD ACEVEDO TAHLER YAMIL
BOGOTÁ
 TAHLER YAMIL MAHAMUD ACEVEDO
 GERENTE
 Ciudad

De acuerdo con su solicitud y tomando como referencia los datos por ustedes suministrados, presentamos los siguientes servicios cotizados:

1. SEGURO LOGISTICO

CARACTERISTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA: MERCANCIA GENERAL PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: DESCONOCIDOS							
1.1 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1							
SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
SEGURO LOGISTICO OPERACION MARITIMA	NIVEL INTERNACIONAL	USD	0.450 % OPERACION	90.00 OPERACION	0.000	1 EST	2012-12-31
NOTA IMPORTANTE							
LA PRESENTE OFERTA DE SEGURO LOGISTICO OFRECE AMPARO DESDE CUALQUIER PUERTO A NIVEL MUNDIAL HASTA PUERTOS NACIONALES. EL VALOR DE LA POLIZA SE CALCULA DE ACUERDO AL VALOR DE LA MERCANCIA, FLETES E IMPUESTOS.							

2. TRANSPORTE INTERNACIONAL

CARACTERISTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA: MERCANCIA GENERAL PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: DESCONOCIDOS							
2.1 HAMBURG SUD.							
SERVICIO	ORIGEN-DESTINO	MON	TARIFA	MINIMA	TS	FRECUENCIA	VIGENCIA
TRANSPORTE INTERNACIONAL MARITIMO CONTENEDOR 40HC	TILBURY CARTAGENA	EUR	1.493.12 CONTENED OR	0.000	18 EST	1 POR SEMANA	2012-10-31
RECARGO SERVICIO		MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES		
BUNKER ADJUSTMENT FACTOR CONTENEDOR		EUR	550.00	0.000			
GASTO ORIGEN SERVICIO		MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES		
COURRIER OPERACION		GBP	50.00	0.000			

www.rolndanlogistica.com

e-mail: info@rolndanlogistica.com

Corporate Office Zona Franca Cra 106 No. 15A - 25 Interior 141. Oficina 301 • Tel 487 45 00 • Bogotá - Colombia

GASTO ORIGEN SERVICIO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES
DOCUMENTACION BILL OF LADING	GBP	50.00	0.000	
GASTO DESTINO SERVICIO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES
TERMINAL HANDLING CHARGE CONTENEDOR	USD	85.00	0.000	
COLLECTION FEE OPERACION	USD	3.00 % VALOR FLETE	60.00	
RADICACION BILL OF LADING	USD	45.00	0.000	
CURRENCY ADJUSTMENT FACTOR OPERACION	USD	2.00 % VALOR FLETE	30.00	
EMISION BL BILL OF LADING	USD	35.00	0.000	
PAPELERIA CONTENEDOR	COP	35,000.00	0.000	
DISMOUNTING CONTENEDOR	USD	30.00	0.000	
CONDICIONES LOCALES HAMBURG SUD.	BOGOTA		CALI	MEDELLIN
DROP OFF 1 CONTENEDOR 40HC	USD 400 (RECIBO DE CONTENEDORES ESTA SUJETO A DISPONIBILIDAD DE ESPACIO EN EL PATIO).		USD 400 (RECIBO DE CONTENEDORES ESTA SUJETO A DISPONIBILIDAD DE ESPACIO EN EL PATIO).	USD 400 (RECIBO DE CONTENEDORES ESTA SUJETO A DISPONIBILIDAD DE ESPACIO EN EL PATIO).
DEPOSITO CONTENEDOR 1 CONTENEDOR 40HC	EXONERADO DE PAGO DEL DEPOSITO DE CONTENEDORES, SI PRESENTA CARTA DE GARANTIA VIGENTE.		EXONERADO DE PAGO DEL DEPOSITO DE CONTENEDORES, SI PRESENTA CARTA DE GARANTIA VIGENTE.	EXONERADO DE PAGO DEL DEPOSITO DE CONTENEDORES, SI PRESENTA CARTA DE GARANTIA VIGENTE.
DEMURRAGE 1 CONTENEDOR 40HC	20 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LAS CARGAS DESDE LEJANO ORIENTE Y 15 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LOS DEMAS TRAYECTOS.		20 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LAS CARGAS DESDE LEJANO ORIENTE Y 15 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LOS DEMAS TRAYECTOS.	20 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LAS CARGAS DESDE LEJANO ORIENTE Y 15 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR PARA LOS DEMAS TRAYECTOS.
NOTA IMPORTANTE				
LAS TARIFAS PUEDEN CAMBIAR SIN PREVIO AVISO, INCLUSO DENTRO DE LA VIGENCIA. RECARGOS SUJETOS A CAMBIO EN EL MOMENTO DEL EMBARQUE.				

2.2 INTERNATIONAL TRANSPORT SERVICES LTDA

SERVICIO	ORIGEN-DESTINO	MON	TARIFA	MINIMA	TS	FRECUENCIA	VIGENCIA
TRANSPORTE TERRESTRE VEHICULO TRACTOMULA	CARTAGENA BOGOTA	COP	7,500,000 VEHICULO	0.000	1 EST	L	2012-11-12
GASTO DESTINO SERVICIO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES			
DEVOLUCION EXPRESO	COP	2,300,000	0.000	DEVOLUCION VACIO POR VEHICULO			
NOTA IMPORTANTE							
TARIFA APLICA PARA CTD 40 HQ. LA MERCANCIA DEBE ESTAR ASEGURADA. EL CLIENTE: STAND BY POR VEHICULO \$750.000							

Observaciones:

La carga viaja por cuenta y riesgo de nuestros clientes, no aseguramos las mismas de no mediar orden expresa por escrito. En todas las operaciones de transporte nuestra responsabilidad no podrá exceder en ningun caso lo que asumen frente a nosotros las líneas aéreas, de navegación, terrestre o férreas o cualquier otro intermediario que intervenga en el transcurso del transporte.

Las tarifas pueden cambiar sin previo aviso dependiendo de las condiciones del mercado, incluso dentro de la vigencia de las mismas.

Las facturas de embarques internacionales se generaran en dolares, el pago de las mismas se realizara por transferencia bancaria a nuestra cuenta en Bancolombia Miami o en pesos al Banco de Occidente a la TRM del día del pago mas 21 pesos.

3. DESADUANAMIENTO DE IMPORTACION

CARACTERISTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA: MERCANCIA GENERAL							
PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: DESCONOCIDOS							

3.1 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
AGENCIAMIENTO ADUANERO IMPORTACION CIF PUERTO MARITIMO	NIVEL NACIONAL	COP	0.350 % CIF PUERTO MARITIMO	400,000.00 OPERACION	0.000	5 EST	2012-12-31
GASTO DESTINO		MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES		
GASTOS OPERATIVOS OPERACION		COP	80,000.00	0.000			
ELABORACION DECLARACIONES DE VALOR UNIDAD		COP	15,000.00	0.000			
ELABORACION DECLARACIONES IMPO UNIDAD		COP	15,000.00	0.000			

3.2 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
ELABORACION REGISTRO DE IMPORTACION HOJA	NIVEL NACIONAL	COP	70,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31
NOTA IMPORTANTE							
POR HOJA O CADA 1800 CARACTERES.							

3.3 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
OBTENCION VISTOS BUENOS UNIDAD	NIVEL NACIONAL	COP	50,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31

3.4 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
RECONOCIMIENTO DE MERCANCIAS HORA HOMBRE	BOGOTA	COP	40,000.00	80,000.00 PROCESO	0.000	1 EST	2012-12-31

3.5 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
CLASIFICACION ARANCELARIA HASTA 5 ITEM	NIVEL NACIONAL	COP	100,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31

Observaciones: Los pagos a terceros tales como: formularios, transporte, tributos aduaneros, almacenamiento, operación portuaria, traslados y los rubros que no estén relacionados en esta oferta, serán cobrados al costo, previos soportes respectivos de las



entidades que prestan los servicios de terceros.

Los gastos a terceros serán facturados al costo, previa presentación de soportes.

Vigencia de la Oferta:

La presente oferta tiene vigencia de noventa (90) días, a partir de la fecha de su elaboración, exceptuando las tarifas contempladas por servicio de Embarque Internacional, si estas se encuentran incluídas.

Facturación con pago a 30 días, excepto tarifas de Embarques Internacionales cuyo pago debe realizarse contra presentación de factura

El no pago oportuno de las facturas mensuales, causará intereses por mora a la tasa de interés más alta permitida por la ley.

Atentamente,

FREDDY ERNESTO VARGAS RUIZ

ASESOR COMERCIAL

ROLDAN LOGISTICA

Anexo 2. Cotización Destilador de Mercurio - Roldan Logística.



BOGOTA, 12 de Octubre de 2012

BOG-18-2012-11141

Señores
MAHAMUD ACEVEDO TAHLER YAMIL
 BOGOTA
 TAHLER YAMIL MAHAMUD ACEVEDO
 GERENTE
 Ciudad

De acuerdo con su solicitud y tomando como referencia los datos por ustedes suministrados, presentamos los siguientes servicios cotizados:

1. SEGURO LOGISTICO

CARACTERISTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA: MERCANCIA GENERAL PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: DESCONOCIDOS							
1.1 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1							
SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
SEGURO LOGISTICO OPERACION MARITIMA	NIVEL INTERNACIONAL	USD	0.450 % OPERACION	90.00 OPERACION	0.000	1 EST	2012-12-31
NOTA IMPORTANTE							
LA PRESENTE OFERTA DE SEGURO LOGISTICO OFRECE AMPARO DESDE CUALQUIER PUERTO A NIVEL MUNDIAL HASTA PUERTOS NACIONALES. EL VALOR DE LA POLIZA SE CALCULA DE ACUERDO AL VALOR DE LA MERCANCIA, FLETES E IMPUESTOS.							

2. TRANSPORTE INTERNACIONAL

CARACTERISTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA: EXTRADIMENSIONADA -> DESCRIPCION: DESTILADOR DE MERCURIO EL BATCH DESTILER DE MRT SYSTEMS PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: 1.00000-1,6 M ANCHO X 3,5 M LARGO X 3,8 M DE ALTO-2,5 TONS							
2.1 HAPAG LLOYD							
SERVICIO	ORIGEN-DESTINO	MON	TARIFA	MINIMA	TS	FRECUENCIA	VIGENCIA
TRANSPORTE INTERNACIONAL MARITIMO CONTENEDOR 200T	HELSINGBORG CARTAGENA	EUR	2,652.31 CONTENEDOR	0.000	23 EST	1 POR SEMANA	2012-10-31
RECARGO SERVICIO		MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES		
BUNKER ADJUSTMENT FACTOR CONTENEDOR		EUR	607.00	0.000			
GASTO ORIGEN SERVICIO		MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES		
COURRIER OPERACION		EUR	50.00	0.000			

www.roldanlogistica.com

e-mail: info@roldanlogistica.com

Corporate Office Zona Franca Cra 106 No. 15A - 25 Interior 141 Oficina 301 • Tel: 497 45 00 • Bogotá - Colombia

GASTO ORIGEN SERVICIO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES
DOCUMENTACION BILL OF LADING	EUR	60.00	0.000	
GASTO DESTINO SERVICIO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES
TERMINAL HANDLING CHARGE CONTENEDOR	USD	75.00	0.000	
COLLECTION FEE OPERACION	USD	3.00 % VALOR FLETE	60.00	
RADICACION BILL OF LADING	USD	45.00	0.000	
CURRENCY ADJUSTMENT FACTOR OPERACION	USD	2.00 % VALOR FLETE	30.00	
EMISION BL BILL OF LADING	USD	50.00	0.000	
PAPELERIA CONTENEDOR	USD	25.00	0.000	
DISMOUNTING CONTENEDOR	USD	25.00	0.000	
CONDICIONES LOCALES HAPAG LLOYD	BOGOTA		CALI	MEDELLIN
DEPOSITO CONTENEDOR 1 CONTENEDOR 20 OPEN TOP	COP 2,000,000		COP 2,000,000	COP 2,000,000
DEMURRAGE 1 CONTENEDOR 20 OPEN TOP	10 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR.		10 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR.	10 DIAS LIBRES MORAS DE CONTENEDOR.
NOTA IMPORTANTE				
LAS TARIFAS PUEDEN CAMBIAR SIN PREVIO AVISO, INCLUSO DENTRO DE LA VIGENCIA DE LA OFERTA. RECARGOS SUJETOS A CAMBIOS EN EL MOMENTO DEL EMBARQUE. DESPACHO SUJETO A DISPONIBILIDAD DE EQUIPO.				

Observaciones:

La carga viaja por cuenta y riesgo de nuestros clientes, no aseguramos las mismas de no mediar orden expresa por escrito. En todas las operaciones de transporte nuestra responsabilidad no podrá exceder en ningún caso lo que asumen frente a nosotros las líneas aéreas, de navegación, terrestre o férreas o cualquier otro intermediario que intervenga en el transcurso del transporte.

Las tarifas pueden cambiar sin previo aviso dependiendo de las condiciones del mercado, incluso dentro de la vigencia de las mismas.

Las facturas de embarques internacionales se generaran en dolares, el pago de las mismas se realizara por transferencia bancaria a nuestra cuenta en Bancolombia Miami o en pesos al Banco de Occidente a la TRM del día del pago mas 21 pesos.

3. DESADUANAMIENTO DE IMPORTACION

CARACTERÍSTICAS OPERACION
TIPO MERCANCIA: MERCANCIA GENERAL PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO: DESCONOCIDOS

3.1 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
AGENCIAMIENTO ADUANERO IMPORTACION CIF PUERTO MARITIMO	NIVEL NACIONAL	COP	0.350 % CIF PUERTO MARITIMO	400,000.00 OPERACION	0.000	5 EST	2012-12-31

GASTO DESTINO	MON	TARIFA	MINIMA	OBSERVACIONES
GASTOS OPERATIVOS OPERACION	COP	80,000.00	0.000	
ELABORACION DECLARACIONES DE VALOR UNIDAD	COP	15,000.00	0.000	
ELABORACION DECLARACIONES IMPO UNIDAD	COP	15,000.00	0.000	

3.2 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
ELABORACION REGISTRO DE IMPORTACION HOJA	NIVEL NACIONAL	COP	70,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31

NOTA IMPORTANTE
POR HOJA O CADA 1800 CARACTERES.

3.3 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
OBTENCION VISTOS BUENOS UNIDAD	NIVEL NACIONAL	COP	50,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31

3.4 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
RECONOCIMIENTO DE MERCANCIAS HORA HOMBRE	BOGOTA	COP	40,000.00	80,000.00 PROCESO	0.000	1 EST	2012-12-31

3.5 AGENCIA DE ADUANAS ROLDAN S.A. NIVEL 1

SERVICIO	CIUDAD	MON	TARIFA	MINIMA	MINIMA2	TS	VIGENCIA
CLASIFICACION ARANCELARIA HASTA 5 ITEM	NIVEL NACIONAL	COP	100,000.00	0.000	0.000	1 EST	2012-12-31

Observaciones: Los pagos a terceros tales como: formularios, transporte, tributos aduaneros, almacenamiento, operación portuaria, traslados y los rubros que no estén relacionados en esta oferta, serán cobrados al costo, previos soportes respectivos de las entidades que prestan los servicios de terceros.



4. TRANSPORTE EN DESTINO

CARACTERÍSTICAS OPERACION							
TIPO MERCANCIA:EXTRADIMENSIONADA--DESCRIPCION:DESTILADOR DE MERCURIO PIEZAS, DIMENSIONES Y PESO:1.00000-LARGO 3,50 ANCHO 1,60,ALTO 3,80-2500 KGS							
4.1 INTERNATIONAL TRANSPORT SERVICES LTDA							
SERVICIO	ORIGEN- DESTINO	MON	TARIFA	MINIMA	TS	FRECUENCIA	VIGENCIA
TRANSPORTE NACIONAL TERRESTRE CAMABAJA	CARTAGENA BOGOTA	COP	10,800,000	0.000	1 EST	L M M C J V S	2012-11-12
NOTA IMPORTANTE							
LA MERCANCIA DEBE ESTAR ASEGURADA EL CLIENTE: STAND BY POR VEHICULO \$850.000							

Los gastos a terceros serán facturados al costo, previa presentación de soportes.

Vigencia de la Oferta:

La presente oferta tiene vigencia de noventa (90) días, a partir de la fecha de su elaboración, exceptuando las tarifas contempladas por servicio de Embarque Internacional, si estas se encuentran incluidas.

Facturación con pago a 30 días, excepto tarifas de Embarques Internacionales cuyo pago debe realizarse contra presentación de factura

El no pago oportuno de las facturas mensuales, causará intereses por mora a la tasa de interés más alta permitida por la ley.

Atentamente,

FREDDY ERNESTO VARGAS RUIZ

ASESOR COMERCIAL

ROLDAN LOGISTICA

www.roldanlogistica.com

e-mail: info@roldanlogistica.com

Corporate Office Zona Franca Cra 106 No. 15A - 25 Interior 141 Oficina 301 • Tel 497 45 00 • Bogotá - Colombia

Anexo 3. Cotización compresor de Aire - Kaeser Compresores.



Señor
SANTIAGO MORA ARANGO
SANTIAGO
MORA, ARANGO
CL 39 29 11 P 1
11001 BOGOTÁ - BOGOTÁ D.C

Oferta

Referencia	Nº de cliente	Nº de oferta	Fecha
	2132222	8884597	2012/08/31

Referencia. Cotización sistema de aire comprimido.

Atn.Sr. Santiago Mora Arango.

Apreciados señores:

En respuesta a su amable solicitud, gustosamente estamos enviando nuestra oferta por un sistema de aire comprimido fabricado en Alemania por Kaeser Kompressoren GmbH y respaldado en Colombia, en ventas, servicio técnico y repuestos por Kaeser Compresores de Colombia subsidiaria directa de casa matriz.

Las especificaciones técnicas y condiciones comerciales se encuentran a continuación.

Esperamos que en la presente encuentre la alternativa en calidad, respaldo local y precio que mejor se ajuste a sus expectativas y cualquier aclaración no duden en contactarnos a través de nuestro PBX 7429393 en Bogotá, que gustosamente la suministraremos.

Cordial saludo,
Ing. Damariz Calderon
Proyectos Especiales
Cel. (320) 2661333
e-mail damariz.calderon@kaeser.com
www.kaeser.com.co

KAESER COMPRESORES DE COLOMBIA LTDA NIT.830.067.414-5
KAESER Bogotá D.C., Transversal 95Bis A No. 25D-55 Fontibón, Centro Industrial La Rabida Tel +(57) 1- 7429393 info.colombia@kaeser.com
KAESER Barranquilla, Via 40 No. 77A # 18 Local 1 Tel +(57) 5- 3604022 info.barranquilla@kaeser.com
KAESER Bucaramanga, Avenida la Rosita N° 24-94 Local 2 Tel +(57) 7- 685 1499 info.colombia@kaeser.com
KAESER Medellín, Carrera 50 FF 10 B sur 49 Tel +(57) 4- 604 3372 info.medellin@kaeser.com
KAESER Yumbo, Calle 15 No.27A-116 Local 4 Bloque 6B Zona Industrial Arroyohondo Tel +(57) 2- 4851247 info.call@kaeser.com



-2-

OFERTA ECONOMICA

8884597

Pos.	Ctd.	Descripción Referencia	Precio Unitario	Precio Total(USD)
10	1,00	PZA Serie de tipo SXC SXC.2		
		Pais de instalación:	Colombia	
		Tipo:	Airtower 3C	
		Suministro eléctrico:	208/230/460 V / 3 Ph / 60 Hz	
		Presión servicio máx. [psi]:	125,0 psi	
		Versión sistema de control:	Sigma Control Basic	
		Gross value	6.553,00	6.553,00
		Descuento (%)	7,000-	458,71-
		NETO Pos.	6.094,29	6.094,29
20	1,00	PZA Filtro para remoción de aceite KOR-20 USKOR20		
		Gross value	202,00	202,00
		Descuento (%)	7,000-	14,14-
		NETO Pos.	187,86	187,86
El precio contiene las posiciones de 30 hasta 50				
30	1,00	PZA Vaso para fitro 20 USHH-20		
40	1,00	PZA Cartucho para filtro OR-20 USOR-20		
50	1,00	PZA Drenador interno automático US4170-08		
60	1,00	PZA Gastos de envío 8.6245.0		
		NETO Pos.	73,00	73,00



KAESER COMPRESORES DE COLOMBIA LTDA NIT.830.067.414-5
 KAESER Bogotá D.C., Transversal 95Bis A No. 25D-55 Fontibón, Centro Industrial La Rabida Tel +(57) 1- 7429393 Info.colombia@kaeser.com
 KAESER Barranquilla, Via 40 No. 77A # 18 Local 1 Tel +(57) 5- 3604022 Info.barranquilla@kaeser.com
 KAESER Bucaramanga, Avenida la Rosita N° 24-94 Local 2 Tel +(57) 7- 685 1499 Info.colombia@kaeser.com



-3-

SUBTOTAL		6.355,15
SUBTOTAL		6.355,15
IVA	16,00 %	1.016,82

KAESER COMPRESORES DE COLOMBIA LTDA NIT.830.067.414-5

NO SOMOS AUTORRETENEDORES a partir del 1 de Marzo de 2012

Régimen Común Actividad Económica 204-5161, **SOMOS GRANDES CONTRIBUYENTES** Resolución DIAN 014047 Dic.23.09.IVA Régimen Común. **POR FAVOR ABSTENERSE DE PRACTICAR RETENCION DE IVA E ICA** Resolución DIAN 310000046918 Fecha 13 de Julio de 2010, Facturación por computador. Numeración autorizada del 53021423 al 53999999. La presente Factura se asimila en todos sus efectos a un titulo valor según artículo 772 del C.C. Ley 1231 de 2008.

Garantía: Dos (2) años para el SIGMA CONTROL.
Dos (2) años para el bloque compresor SIGMA.
Un (1) año para el motor y los contactores (incluida la mano de obra para su reemplazo).
Un (1) año para el resto de los componentes.
Garantía extendible a cinco (5) años mediante convenio de servicio.
En todos los casos la garantía cubre defectos de materiales y / o fabricación.

Los gastos de desplazamiento a ciudades diferentes de Bogotá, Bucaramanga, Cali, Medellín y Barranquilla deberán ser asumidos por el cliente.

Forma de pago: Pagadero inmediatamente sin deducción

Validez de la oferta: 2012/10/31

Plazo de entrega aprox.: Ítem 1: 8 semanas; ítem 2: inmediato Salvo previa venta, desde recepción del pedido original y cumplimiento de todas las condiciones pactadas. El arranque, calibración, inspección de la instalación y capacitación al personal en el manejo del equipo, así como los manuales de instrucciones y partes, están incluidos dentro del precio del equipo.

Montaje del equipo: Por cuenta del cliente.



KAESER COMPRESORES DE COLOMBIA LTDA NIT.830.067.414-5
KAESER Bogotá D.C., Transversal 95Bis A No. 25D-55 Fontibón, Centro Industrial La Rabida Tel +(57) 1- 7429393 Info.colombia@kaeser.com
KAESER Barranquilla, Via 40 No. 77A # 19 Local 1 Tel +(57) 5- 9604022 Info.barranquilla@kaeser.com
KAESER Bucaramanga, Avenida la Rosita N° 24-04 Local 2 Tel +(57) 7- 685 1499 Info.colombia@kaeser.com

Anexo 4. Formato de entrega de bombillas en puntos de recolección.

FORMATO ENTREGA DE BOMBILLAS EN PUNTOS DE RECOLECCIÓN							
Datos generales del punto recolección							
Empresa		Ciudad					
Dirección		Teléfono					
Constancia de transferencia de contenedores							
Entregó		Firma					
Transportador		Firma					
Recibió (planta)		Firma					
Estado del contenedor							
Tipo de Contenedor	Estado						% de llenado (40% - 70% - 100%)
Tubos fluorescentes 120 cm	<input type="checkbox"/>	Bueno	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>
Tubos fluorescentes 60 cm	<input type="checkbox"/>	Bueno	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>
CFL y HID	<input type="checkbox"/>	Bueno	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>
pequeño	<input type="checkbox"/>	Bueno	<input type="checkbox"/>	Regular	<input type="checkbox"/>	Malo	<input type="checkbox"/>
OBSERVACIONES							

Fuente: Realizado por los Autores

Anexo 5. Informe de proveedor del punto de recolección

INFORME DE PROVEEDOR DEL PUNTO DE RECOLECCIÓN					
Datos generales del punto recolección					
Empresa		Teléfono			
Ciudad		Dirección			
Datos de recolección					
Fecha	Tipo de bombilla Ingresada				OBSERVACIONES
	Tubo fluorescente (max 60 cm)	Tubo Fluorescente (max 120 cm)	CFL	HID	
01/01/2013					
02/01/2013					
03/01/2013					
04/01/2013					
05/01/2013					

Fuente: Realizado por los Autores

Anexo 6. Informe de accidente por rotura de bombillas

INFORME DE ACCIDENTE POR ROTURA DE BOMBILLA						
Datos generales del lugar del accidente						
Lugar				Dirección		
fecha				Hora		
Conductor				Firma		
Datos del accidente						
Accidente tipo:	Leve	<input type="checkbox"/>	Medio	<input type="checkbox"/>	Grave	<input type="checkbox"/>
Tipo de bombilla	Tubo fluore	<input type="checkbox"/>	CFL	<input type="checkbox"/>	HID	<input type="checkbox"/>
Descripción del accidente						
Acciones tomadas en el momento						
Acciones correctivas para que no vuelva a ocurrir						Fecha:

Fuente: Realizado por los Autores

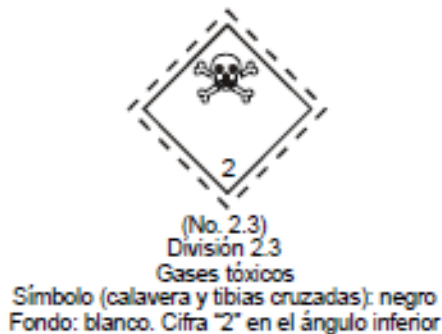
Anexo 7. Detalle etiquetas en el vehículo

Las etiquetas ubicadas sobre los bultos o contenedores llenos deberán cumplir con las siguientes especificaciones:

- Dimensiones: 1,5 cm de ancho X 1,5 cm de largo.
- El proveedor de las etiquetas, deberá cumplir con una prueba que certifique que el contenido de la etiqueta es identificable en el contenedor después de haberse sumergido 3 meses en el agua.
- El símbolo y número de clase aparecerán dentro del cuadro de la etiqueta y rotulo.
- Las etiquetas deben tener una línea del mismo color que el símbolo, a 5 mm del borde de la misma en todo su perímetro.
- Dado que la mercancía pertenece a dos clases residuo peligroso, deberá tener 2 etiquetas.
- Las etiquetas deberán poderse exponer a la intemperie sin degradación notable.

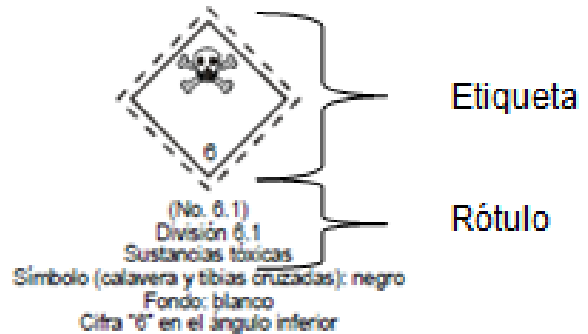
A continuación se presentan las etiquetas y rótulos que se deben usar, teniendo en cuenta las condiciones ya mencionadas. Las etiquetas deben contar con las tres primeras líneas expuestas debajo de la siguiente figura:

Figura 43. Etiqueta para gases tóxicos.



Fuente: NTC 1692 numeral 3.

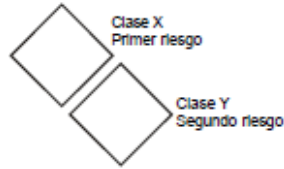
Figura 44. Etiqueta para sustancias tóxicas.



Fuente: NTC 1692 numeral 3

Adicionalmente, dado que aplican dos clases de etiquetas, las mismas deben ser pegadas de la siguiente forma, siendo la clase 2 el primer riesgo y luego la clase 6:

Figura 45. Instrucción de pegado etiquetas.



Fuente: NTC 1692 numeral 3

Anexo 8 Formato de entrega de material en planta.

FORMATO ENTREGA DE MATERIAL EN PLANTA				
Datos generales del cliente				
Empresa		Ciudad		
Dirección		Teléfono		
Constancia de transferencia de material				
Personal (planta)		Firma		
Transportador (cliente)		Firma		
Material recogido				
Tipo de Contenedor	Material			
Material recogido	Metal <input type="checkbox"/>	Plástico <input type="checkbox"/>	Vidrio <input type="checkbox"/>	Mercurio <input type="checkbox"/>
% de recolección	100% <input type="checkbox"/>	80% <input type="checkbox"/>	50% <input type="checkbox"/>	
OBSERVACIONES				