

DESARROLLO DE UN ARTEFACTO MÓVIL QUE FACILITE EL BARRIDO Y  
RECOLECCIÓN DE BASURAS EN LAS CALLES Y ÁREAS EXTENSAS

MELISSA GUTIERREZ SUÁREZ  
SANTIAGO MÚNERA RESTREPO  
MARGARET YEPES VILLA

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2007

DESARROLLO DE UN ARTEFACTO MÓVIL QUE FACILITE EL BARRIDO Y  
RECOLECCIÓN DE BASURAS EN LAS CALLES Y ÁREAS EXTENSAS

MELISSA GUTIERREZ SUAREZ  
SANTIAGO MÚNERA RESTREPO  
MARGARET YEPES VILLA

Proyecto de grado

Asesor  
Santiago Acosta Maya  
I.M. BEng. MA. MSc.

UNIVERSIDAD EAFIT  
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA DE DISEÑO DE PRODUCTO  
MEDELLÍN  
2007

Nota de aceptación:

---

---

---

---

---

---

---

Firma del presidente del jurado

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín 27 de abril de 2007

# CONTENIDO

	Pág.
LISTA DE TABLAS	i
LISTA DE FIGURAS	ii
RESUMEN	iii
INTRODUCCIÓN	iv
OBJETIVOS	v
1. ANTECEDENTES	12
1.1 EL ENSUCIAMIENTO URBANO	12
1.1.1 Los Residuos	14
1.1.1.1 Orígenes de los residuos sólidos	15
1.1.1.2 Tasas de generación de los residuos sólidos	17
1.1.1.3 Residuos viarios	18
1.2 LIMPIEZA DE CIUDADES Y ÁREAS EXTENSAS	23
1.2.1 Requerimientos de limpieza de una ciudad	23
1.2.1.1 Empresas encargadas	24
1.3 EL PROBLEMA	38
2. MARCO TEÓRICO	40
2.1. METODOLOGÍA	40
2.1.1. Fases del Proceso	41
2.1.1.1. Planeación	41
2.1.1.2. Desarrollo del concepto	41
2.1.1.3. Diseño a nivel sistema	43
2.1.1.4. Diseño de detalles	44
2.1.1.5. Prueba y refinamiento	44
2.2. ESTADO DEL ARTE	44
2.2.1. Utensilios del Barrido Manual	45
2.2.1.1. Procedimiento de Barrido	47
2.2.2. EL BARRIDO MECÁNICO	48
2.2.2.1. Tipos de barredoras	50

2.2.3. Características Fundamentales del Producto	61
2.2.3.1. Productividad	61
2.2.3.2. Capacidad de acceso	61
2.2.3.3. Costos de mantenimiento	62
2.2.3.4. Costos de operación	63
2.2.3.5. Condiciones de seguridad del operario	63
2.2.4. Barredoras Especiales	64
2.2.4.1. Barrido manual	65
2.2.4.2. Barredora manual	65
2.2.4.3. Barredora "push-behind" o empuje trasero	66
2.2.4.4. Barredora "walk-behind" o caminar atrás	67
2.2.4.5. Barredora ride-on "montado"	68
2.2.5. Análisis Del Sector Y Productos Semejantes	69
2.2.5.1. Tabla Promedios	69
2.2.5.2. Matriz A.V.B.	70
<b>3. DESARROLLO DEL NUEVO PRODUCTO</b>	<b>75</b>
3.1. CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS	75
3.2. DESARROLLO DEL CONCEPTO	77
3.2.1. Fijación de Requerimientos	77
3.2.2. Proceso de diseño para definición de forma	78
3.2.3. Establecimiento de Funciones	78
3.2.3.1. Caja negra.	78
3.2.3.2. Árbol de funciones	80
3.3. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA	81
3.3.1. Caja Morfológica.	81
<b>4. PROPUESTA DE DISEÑO</b>	<b>85</b>
4.1. INTRODUCCIÓN	85
4.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA SUBSISTEMA	86
4.2.1. Chasis	86
4.2.1.1. Sección inferior	88

4.2.1.2.	Sección superior	89
4.2.2.	Motor	90
4.2.2.1.	Especificaciones del motor.	91
4.2.3.	Tracción	91
4.2.3.1.	Reductor de velocidad	92
4.2.3.2.	Embrague	94
4.2.3.3.	Llantas	95
4.2.3.4.	Freno	97
4.2.3.5.	Resumen	98
4.2.4.	Succión	99
4.2.4.1.	Ventiladores	99
4.2.4.2.	Presión y Velocidad.	103
4.2.4.3.	Determinar el caudal	103
4.2.4.4.	Selección del ventilador	105
4.2.4.5.	Producción	107
4.2.5.	Transporte, almacenamiento y disposición final de residuos	107
4.2.5.1.	Funcionamiento	108
4.2.5.2.	Boca	109
4.2.5.3.	Boca de aspiración manual	111
4.2.5.4.	Caneca	112
4.2.5.5.	Tapa	116
4.2.5.6.	Mangueras	117
4.2.6.	Carcasa	119
4.3.	ENSAMBLE	122
4.4.	IMÁGENES DEL PRODUCTO	125
5.	CONCLUSIONES	127
	BIBLIOGRAFÍA	131
	ANEXOS	

## LISTA DE TABLAS

	Pág.	
Tabla 1.	Clasificación según la procedencia de los Residuos Sólidos.	15
Tabla 2.	Origen de los Residuos Sólidos en Colombia.	16
Tabla 3.	Producción por Suscriptor* Mes Total y Domiciliar Año 2003.	17
Tabla 4.	Empresas o entidades de aseo en el 2003 por niveles de urbanización del municipio.	25
Tabla 5.	Actividades del servicio público de aseo.	26
Tabla 6.	Años importantes en la evolución del barrido mecánico.	33
Tabla 7.	Cantidad de residuos recogidos por km. Barrido.	35
Tabla 8.	Clasificación de las barredoras según su tamaño.	60
Tabla 9.	Características de producto investigadas en Anexo A.	69
Tabla 10.	Promedios por sub-categorías de barredoras especiales.	70
Tabla 11.	Diagrama Morfológico.	82
Tabla 12.	Nomenclatura utilizada en la evaluación cuantitativa.	82
Tabla 13.	Evaluación cuantitativa de portadores físicos de función.	83
Tabla 14.	Diagrama morfológico según la ruta seleccionada.	84
Tabla 15.	Especificaciones del motor.	91
Tabla 16.	Cálculos para determinar el factor de reducción de revoluciones entre el motor y el eje de la llanta.	92

## LISTA DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.	La Peste de Azoth de Nicolas Poussin 1630	13
Figura 2.	Causas de los residuos sólidos viarios	19
Figura 3.	<i>Logotipo de las Empresas Varias de Medellín E.S.P.</i>	29
Figura 4.	Campaña de Limpieza de EEVVM y la alcaldía de Medellín	31
Figura 5.	Evolución de los sistemas de barrido mecánico.	34
Figura 6.	<i>Zonas de cobertura y frecuencia de recolección de residuos EEVVM</i>	37
Figura 7.	El modelo de sistemas de la “caja negra”	43
Figura 8.	Modalidades de carritos de barrido	47
Figura 9.	<i>Barrenderos en el mundo y sus implementos</i>	48
Figura 10.	<i>Tipos de barredoras mecánicas</i>	50
Figura 11.	Principio de funcionamiento de una barredora de arrastre	52
Figura 12.	<i>Nilfisk Advance: Diferentes tipos de cepillos para diferentes tipos de aplicaciones</i>	53
Figura 13.	<i>Anchos de barrido sin cepillo y con uno y dos cepillos</i>	54
Figura 14.	Método de arrastre por cinta transportadora	55
Figura 15.	Principio de funcionamiento de una barredora de aspiración	56
Figura 16.	<i>Barredora-aspiradora sin cepillos</i>	57
Figura 17.	Método de recolección por aspiración	58
Figura 18.	Características de una barredora manual	65
Figura 19.	Características de una barredora “push-behind”	66
Figura 20.	Características de una barredora “walk-behind”	67
Figura 21.	Características de una barredora Ride-On	68
Figura 22.	Árbol de objetivos	76
Figura 23.	Caja Negra	79
Figura 24.	Árbol de funciones. Sistema Barredora	80
Figura 25.	Diagrama ilustrativo de los subsistemas	86
Figura 26.	Representación virtual del chasis y sus 2 secciones.	87
Figura 27.	Ilustración detallada de la zona de mecanismos y zona de recolección	88
Figura 28.	Diagrama de ensamble del chasis. Detalle unión de la sección superior y la extensión trasera en la sección inferior del chasis.	90
Figura 29.	Diagrama de ASEU. Ubicación del motor en el producto	91



	Pág.
Figura 30.	Reductor de revoluciones 93
Figura 31.	Vista en explosión del reductor de revoluciones 93
Figura 32.	Diagrama de montaje de las poleas de embrague 94
Figura 33.	Ilustración con la ubicación de las llantas en el producto 95
Figura 34.	Ubicación de las llantas delanteras en el artefacto 97
Figura 35.	Diagrama con el sistema de freno y sus partes. 98
Figura 36.	Vista de explosión del ensamble chasis-tracción. 99
Figura 37.	Ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia adelante, radiales y atrás. 100
Figura 38.	Tipo de Alabes en ventiladores centrífugos 101
Figura 39.	Ilustración virtual del ventilador. 106
Figura 40.	Ilustración virtual del ventilador. 106
Figura 41.	Diagrama de ensamble del ventilador 10" 107
Figura 42.	Diagrama de ensamble de la boca de succión 110
Figura 43.	Representación grafica del molde para rotomoldeo y la pieza final 113
Figura 44.	Representación gráfica de la caneca 114
Figura 45.	Diagrama de ensamble y partes de la caneca 115
Figura 46.	Grafico con sección de corte de la caneca y el ensamble con otros componentes 117
Figura 47.	Ubicación de las mangueras 118
Figura 48.	Imágenes de las mangueras SUPERFLEX PU PLUS 119
Figura 49.	Diagrama de ensamble, carcasa y chasis 121
Figura 50.	Representación grafica de la carcasa y su diseño de pintura 122
Figura 51.	Plano de explosión de todo el producto 124
Figura 52.	Pre visualización digital del producto 125
Figura 53.	Vistas en perspectiva identificando mecanismos y ensambles 126
Figura 54.	Vistas en perspectiva identificando mecanismos y ensambles 126
Figura 55.	Vistas en perspectiva identificando mecanismos y ensambles 126
Figura 56.	Vistas en perspectiva identificando mecanismos y ensambles 126

## LISTA DE ANEXOS

- ANEXO A. Tablas de Productos
- ANEXO B. Análisis del entorno a través de los elementos del PDS
- ANEXO C. P.D.S. Product Design Specifications
- ANEXO D. Mood Boards
- ANEXO E. Planimetría

## RESUMEN

Este proyecto de grado para el título de ingeniería de diseño de producto consiste en el desarrollo y diseño de una solución al problema de aseo y barrido de zonas urbanas y áreas extensas. El producto consiste en una máquina aspiradora que trabaja con un motor de gasolina de 5.5 caballos de fuerza, un ventilador de 1000 CFM y una capacidad de recolección de 45 litros por bolsa.

La información recopilada para sustentar el proceso de diseño comienza por una investigación local, donde se documenta la situación actual del proceso de aseo y barrido de las calles y las zonas urbanas. Dicha investigación incluye, exploración de campo, entrevistas personalizadas y encuestas a operarios de aseo. Esta primera parte también documenta la historia del aseo en las ciudades, las implicaciones que se llevan a cabo y las tendencias a través de la historia.

La segunda parte de la investigación utiliza el internet como principal fuente de información. La información recopilada ubica el estado en que se encuentra el sector de la maquinaria para realizar el proceso del aseo. Identificando una categorización de los productos se desarrolla una intensiva investigación de las fichas técnicas y funcionales de los productos más tentativos para soportar las características finales del producto diseñado.

La tercera parte del trabajo utiliza todo el procedimiento y metodología de diseño, requerido para determinar las especificaciones de diseño, como los portadores físicos, y las características técnicas del producto a desarrollar.

Por último se encuentra en este trabajo la explicación verbal y grafica de la solución propuesta por el equipo de diseño, identificando los procesos productivos, materiales, ensambles y como en su medida aportan a que se justifique la propuesta como una solución viable al problema planteado.

# INTRODUCCIÓN

La finalidad de un ingeniero de diseño de producto, además de contribuir al desarrollo industrial y económico de las empresas donde pueda laborar o desempeñarse, es generar un impacto importante en la sociedad. Hay diferentes formas de generar dicho impacto a partir del desarrollo de nuevos productos, varios ejemplos de estas mejoras son: mejorar los estándares de vida de las personas con productos, mejorar espacios de trabajo, generar oportunidades de trabajo, formar empresa entre otras.

Este proyecto pretende utilizar todas las herramientas de trabajo disponibles, aprendidas e interpretadas en el programa de ingeniería de diseño para proyectar un desarrollo de producto que genere un impacto positivo en la sociedad.

Medellín, como la ciudad donde se encuentra la universidad es el foco de atención para este proyecto en donde se estudia la posibilidad de generar propuestas inteligentes que mejoren la calidad de vida de las personas.

Utilizando no solo las herramienta investigativas, sino, también la intuición de los miembros del equipo de desarrollo de producto, han detectado en el espacio urbano una necesidad latente, que posteriormente sustentado en investigaciones

a expertos, entrevistas con operarios y datos estadísticos han determinado como un excelente espacio para trabajar.

Otro aspecto fundamental, influyente sobre la oportunidad de desarrollo es la incorporación de la empresa Energía y Potencia, que a través del equipo de estudiantes pretende patrocinar y apoyar un proyecto que a largo plazo se convierta en una realidad, generando oportunidades de ingresos y participación en nuevos mercados.

El proyecto de grado utiliza entonces 2 puntos de partida, una necesidad social y una necesidad corporativa, para sustentar una inversión en investigación y desarrollo de un nuevo producto.

El producto, identificado como una solución a mejorar la operación de aseo y barrido (interés de las empresas de aseo y barrido), a través de un sistema mecánico impulsado por un motor de combustión (interés de la empresa Energía y Potencia) representa un excelente oportunidad de combinar ambos sectores y desarrollar un proyecto de grado, digno de un ingeniero de diseño de producto.

Las barredoras mecánicas y aspiradoras para calles son productos que se comercializan a nivel mundial y que tienen un gran auge en las ciudades desarrolladas y de alto nivel adquisitivo. Estos productos caracterizados por unos elevados estándares de rendimiento, calidad, operación y precio no son una

oferta tentativa para solucionar el problema local, debido a varios aspectos que las hacen inapropiadas como:

- Altos costos fijos y variables
- Diseñadas para ciudades de arquitecturas desarrolladas.
- Diseñados para infraestructuras operativas de aseo diferentes a las de las ciudades colombianas.

El proyecto de grado utiliza la siguiente estrategia para abordar el proyecto y finalizar, con una propuesta de diseño de producto que proponga una solución adecuada para mejorar el proceso de aseo y barrido en áreas extensas:

1. Antecedentes, una investigación detallada sobre el ensuciamiento y la limpieza urbana.
2. Marco teórico. Es una exploración del proceso de aseo y barrido, estado del arte, productos actuales, desempeños etc.
3. Desarrollo de la solución. Proceso metódico a través del cual se realiza el proceso de diseño del producto
4. La propuesta final. Una detallada descripción del producto destacando sus partes, ensambles, subensambles y sus diferenciadores claves para sustentar su éxito.

# OBJETIVOS

## OBJETIVO GENERAL

Identificar una solución adecuada al problema actual de recolección de residuos viarios, mediante el desarrollo de un artefacto móvil, que facilite el desempeño de esta tarea en las calles y áreas extensas.

## OBJETIVO ESPECÍFICOS

- Demostrar con el proyecto de grado los conocimientos adquiridos a lo largo de la carrera de Ingeniería de Diseño de Producto.
- Entregar una idea clara y completa, que cumpla con las exigencias, tanto de la ingeniería como del diseño.
- Aplicar a lo largo de las etapas de diseño, una metodología establecida, que permita llegar a unos resultados claros, objetivos y justificados, con un eficiente manejo de los recursos y del tiempo.
- Realizar una investigación donde se determinen la situación actual, tanto de la producción de residuos, como del proceso de limpieza y de las alternativas existentes, con el fin de definir las características de la solución final.
- Desarrollar un escrito final, que incluya toda la documentación del proceso y la información necesaria para realizar el montaje adecuado de producción del proyecto.
- Realizar un prototipo funcional, una modelación final en 3D, y una serie de renders y recursos gráficos que expongan la propuesta de la mejor manera posible.
- Presentar las conclusiones finales del proyecto, donde se exponen las optimizaciones y recomendaciones para la continuación del desarrollo futuro.



# 1. ANTECEDENTES

## 1.1. EL ENSUCIAMIENTO URBANO

“Cualquier actividad humana tiene consecuencias para el ambiente”.<sup>1</sup>

Desde la existencia de las sociedades primitivas, los seres humanos y los animales han utilizado los recursos de la tierra para su supervivencia y la evacuación de residuos.

En tiempos remotos, la evacuación de los residuos humanos no planteaba un problema significativo, ya que la población era pequeña y la cantidad de terreno disponible era grande, pero a medida que la sociedad prospera y se hace más productiva, las áreas aptas para asimilación de los residuos son cada vez menores, la demanda de productos aumenta y el ciclo de vida de los productos disminuye. El resultado de todo este proceso es un considerable crecimiento en la generación de residuos, que provocan la contaminación de los suelos, el agua, el aire, la alteración del paisaje y, en suma, la degradación del medio ambiente.

*Los problemas de la evacuación de residuos pueden ser trazados desde los tiempos en que los seres humanos comenzaron a congregarse en tribus, aldeas y comunidades, y la acumulación de residuos llegó a ser una consecuencia de la vida. El hecho de arrojar comida y otros residuos sólidos en las ciudades medievales-la práctica de tirar residuos a las calles sin pavimento, carreteras y terrenos vacíos-llevó a la reproducción de ratas,*

---

<sup>1</sup> Tomado de <http://www.ambientum.com/documents/temas/1/temas.htm>

con sus pulgas respectivas, portando estas la peste bubónica. La falta de algún plan para la gestión de los residuos sólidos llevó a la epidemia, la plaga, la Muerte Negra, que mató a la mitad de los europeos del siglo XIV, causando muchas epidemias subsiguientes con altos índices de mortalidad (Figura 1). No fue hasta el siglo XIX cuando las medidas de control de la salud pública llegaron a ser una consideración vital para los funcionarios públicos, quienes empezaron a darse cuenta que los residuos de comida tenían que ser recogidos y evacuados de una forma sanitaria para controlar a los roedores y a las moscas, los vectores sanitarios.<sup>2</sup>

Figura 1. La Peste de Azoth de Nicolas Poussin 1630



Fuente: Artehistoria @

Con el paso del tiempo se van mejorando las medidas de control, asignando entidades encargadas del manejo de los residuos urbanos. En la Actualidad existen diversos organismos encargados del estudio, manejo y concientización acerca de la gestión de los residuos sólidos

---

<sup>2</sup> Tchobanoglous, G. (1994:p5)

### 1.1.1. Los Residuos

En el Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS (2000:p.12), se encuentran las siguientes definiciones:

**Residuo sólido:** Cualquier objeto, material, sustancia o elemento sólido que se abandona, bota o rechaza después de haber sido consumido o usado en actividades domésticas, industriales, comerciales, institucionales, de servicios e instituciones de salud y que es susceptible de aprovechamiento o transformación en un nuevo bien, con valor económico. Se dividen en aprovechables y no aprovechables.

**Residuos sólidos urbanos:** Residuos generados en viviendas, parques, jardines, vía pública, oficinas, mercados, comercios, demoliciones, construcciones, instalaciones, establecimientos de servicios y, en general, todos aquellos generados en actividades urbanas que no requieran técnicas especiales para su control.

Con el fin de implementar una óptima gestión de los residuos sólidos urbanos, que según incluye programas de recogida selectiva, organización de los medios para controlar los residuos no seleccionados y planificación de las infraestructuras e instalaciones de tratamiento, recuperación y reciclaje; es preciso analizar algunas de sus propiedades.

Según A. Calvo et al (1997:p.15), el conocimiento de la procedencia, tipos y tasas de generación de los residuos sólidos, orienta sobre su composición y características, muy diferenciadas unas de otras, y posibilita estructurar la gestión de los mismos de forma independiente.

### 1.1.1.1. Orígenes de los residuos sólidos

Los orígenes de los residuos sólidos en una comunidad están, en general, relacionados con el uso del suelo y su localización (Minambiente, 2002:p.58).

Aunque existen diversas clasificaciones sobre los orígenes, en la Tabla 1 se describen las fuentes principales de generación de residuos, las instalaciones donde se generan o actividades por las cuales se generan y los tipos de residuos correspondientes.

Tabla 1. Clasificación según la procedencia de los Residuos Sólidos

FUENTE	INSTALACIÓN O ACTIVIDAD DONDE SE GENERA	TIPO DE RESIDUO SÓLIDO
DOMÉSTICA	Viviendas aisladas y bloques de baja, mediana y elevada altura, unifamiliares y multifamiliares	Residuos de comida, papel, cartón, plásticos, textiles, cuero, residuos de jardín, madera, vidrio, hojalata, aluminio, otros metales, cenizas, hojas en la calle, residuos especiales*, residuos domésticos peligrosos.
COMERCIAL	Tiendas, restaurantes, mercados, edificios de oficinas, hoteles, moteles, imprentas, gasolineras, talleres mecánicos, etc.	Papel, cartón, plásticos, madera, residuos de comida, vidrio, metales, residuos especiales*, residuos peligrosos, entre otros.
INSTITUCIONAL	Escuelas, hospitales, cárceles, centros gubernamentales.	(Como en el comercial)
SERVICIOS MUNICIPALES	Limpieza de calles, paisajismo, limpieza de cuencas, parques y playas, otras zonas de recreo.	Residuos especiales, basura, barraduras de calle, recortes de árboles y plantas, residuos de cuencas, residuos generales de parques, playas y zonas de recreo.
INDUSTRIAL	Construcción, fabricación ligera y pesada, refinерías, plantas químicas, centrales térmicas, demolición, etc.	Residuos de procesos industriales, materiales de chatarra, residuos no industriales incluyendo residuos de comida, basura, cenizas, residuos de demolición y construcción, residuos especiales*, residuos peligrosos
AGRÍCOLA	Cosechas de campo, árboles frutales, viñedos, ganadería intensiva, granjas, etc.	Residuos de comida, residuos agrícolas, basura, residuos peligrosos.
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	Lugares nuevos de construcción, lugares de	Madera, acero, hormigón, suciedad.

	reparación/renovación de carreteras, derribos de edificios, pavimentos rotos.	
PLANTAS DE TRATAMIENTO	Aguas, aguas residuales, procesos de tratamiento industrial y otros	Residuos de plantas de tratamiento, compuestos principales de fangos.
(*) Artículos voluminosos, electrodomésticos, bienes de línea blanca, residuos de jardín recogidos separadamente, baterías, pilas, aceite, neumáticos.		

Fuente: Adaptado de Tchobanoglous, G. et al (1994: p.47)

La variabilidad y evolución de la cantidad y composición de los residuos, dependen de multitud de factores, tanto de tipo económico y social como de las características de la población, cultura, clima y costumbres.

La Tabla 2 muestra el origen de los residuos sólidos del país. De acuerdo con estas cifras, la mayor parte de residuos sólidos corresponden a aquellos de origen doméstico, siguiendo en orden de importancia los residuos de origen comercial e institucional.

Tabla 2. Origen de los Residuos Sólidos en Colombia

ORIGEN	%
Doméstico	60-70
Comercial	20-25
Institucional	15-20
Hospitalario	10-15
Escombros	5-8
Otros	2-5

Fuente: Universidad de La Salle, 1999

Citado por MDE (2002)

Citado por CRA (2006)

### 1.1.1.2. Tasas de generación de los residuos sólidos

En Agosto del 2006 el CRA<sup>3</sup> publica la tabla 3, donde presenta la producción de residuos sólidos en diversas ciudades colombianas, por suscriptor-mes total para el año 2003, incluyendo a los suscriptores residenciales y a aquellos pequeños y grandes suscriptores no residenciales, así como las toneladas recogidas por barrido y limpieza de vías de 36 mercados.

Tabla 3. Producción por Suscriptor\*Mes Total y Domiciliar Año 2003

MERCADO	Empresa	TOTAL			DOMICILIAR		
		Residuos sólidos por mes	Número Usuarios	PPU	Residuos sólidos por mes	PPU	
		Ton.* mes		Kg * Suscriptor * mes	Ton.* mes	Kg * Suscriptor * mes	
1	MEDELLÍN	EMVARIAS	31.092,8	548.780	56,7	30.189,1	55,0
2	BOGOTÁ	Ciudad Limpia	41.125,0	502.294	81,9	38.354,8	76,4
3	CALI	EMSIRVA	36.320,0	493.118	73,7	30.801,0	62,5
4	BOGOTÁ	Lime Bogotá	41.420,7	411.524	100,7	38.550,2	93,7
5	BOGOTÁ	Aseo Capital	33.493,0	270.361	123,9	29.290,2	108,3
6	BQUILLA	INTERASEO	24.449,2	219.219	111,5	22.510,2	102,7
7	ABURRÁ	INTERASEO	12.766,0	214.987	59,4		
8	VALLE	PROACTIVA	11.269,2	158.377	71,2	9.988,6	63,1
9	MANIZALES	EMAS	8.036,0	110.104	73,0	7.723,6	70,1
10	PEREIRA	EAP	6.547,0	104.936	62,4	5.316,0	50,7
11	IBAGUÉ	INTERASEO	6.141,0	97.718	62,8	5.675,3	58,1
12	VILLAVICENCIO	Bioagrícola	6.370,0	78.342	81,3	6.235,3	79,6
13	ARMENIA	EPA	3.692,0	73.760	50,1	3.266,6	44,3
14	STA MARTA	INTERASEO	6.952,0	70.305	98,9	6.666,9	94,8
15	CÚCUTA	PROACTIVA	4.400,0	59.407	74,1	4.269,0	71,9
16	CÚCUTA	Aseo Urbano	5.109,4	56.037	91,2		
17	VALLEDUPAR	INTERASEO	5.520,0	52.428	105,3	5.225,5	99,7
18	DOSQUEBRADAS	ESPD	1.907,5	36.922	51,7		
19	TUNJA	SERVIGENERALES	612,6	29.090	21,1		
20	SOGAMOSO	CSP	1.499,2	23.142	64,8	1.283,7	55,5
21	GIRARDOT	ERAS	1.718,9	22.589	76,1		
22	FUSAGASUGÁ	EMSERFUSA	1.564,2	20.108	77,8	1.482,9	73,7
23	CHIA	EMSERCHIA	1.163,3	18.320	63,5	1.010,3	55,1
24	FACATATIVÁ	ESVAF	1.473,0	16.808	87,6	1.428,4	85,0
25	YOPAL	Aseo Urbano	1.503,4	15.833	95,0	1.242,7	78,5
26	YUMBO	EMBASEO	1.460,0	14.349	101,7	1.377,6	96,0
27	IPIALES	ISERVI	600,0	12.640	47,5	557,2	44,1
28	S.DE QUILICHAO	EMS	631,8	8.856	71,3	617,2	69,7

<sup>3</sup> CRA: Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico

29	HONDA	ESDH	599,6	7.218	83,1		
30	MELGAR	CONSASA	700,0	6.852	102,2	600,0	87,6
31	UBATÉ	OSPMU	569,2	4.064	140,1	523,6	128,8
32	S ROSA OSOS	SMP	225,9	3.717	60,8		
33	VILLA DE LEYVA	ESVILLA	104,0	1.928	72,6		
34	DOSQUEBRADAS	ACUASEO	50,3	1.784	28,2	44,0	24,7
35	RESTREPO	Alcaldia	94,5	1.500	63,0	94,5	63,0
36	YUMBO	Aseo Total	95,0	986	96,3	95,0	96,3
<b>TOTAL</b>			<b>301.311,7</b>	<b>3.768.403</b>	<b>80,0</b>	<b>254.419,4</b>	<b>74,6</b>

Fuente: Estudio Diseño de Regulación Tarifaria de Aseo. Citado por CRA (Agosto 2006)

Como se observa, el promedio ponderado de la producción por suscriptor-mes total es de 80 kilogramos.

Asimismo, la información presentada en este cuadro permite inferir el valor aproximado de la producción domiciliar por suscripto-mes, la cual se obtiene al restar de la producción de residuos sólidos por suscriptor-mes total, la cantidad de residuos por barrido y limpieza. Como se observa, la producción domiciliar de residuos sólidos representa cerca del 93% del total de producción de residuos. Este promedio ponderado (74,9 kilogramos), indica que **un suscriptor en promedio contribuye con aproximadamente 5 kilogramos al mes a la cantidad de residuos que se recogen en las vías y áreas públicas**, lo cual ocurre de diversas maneras, incluida aquella de tener un frente de domicilio sujeto a la acumulación natural de residuos sólidos (polvo, hojas de árboles, etc.)

La cantidad de residuos sólidos producidos, que corresponde al barrido y limpieza representa el 7% del total de estos.

### 1.1.1.3. Residuos viarios

Según Calvo A. (Op.cit:p.22), los residuos viarios, en su mayor parte, se deben a las actividades diarias urbanas, que alteran el medio ambiente original; tales

como transporte, construcción, comercio, entre otras y a causas derivadas del ciclo de la naturaleza.

Las causas humanas se deben a razones de tipo sociocultural: la carencia de exigencias medioambientales y legislación para la abordar el problema; posibilidades financieras; el propio carácter de la sociedad y la forma de ver y entender los problemas medioambientales. Entre las causas naturales, el clima es un factor condicionante.

La variedad de fuentes contaminantes dependiendo de las áreas urbanas, ciudades y pueblos, marca los distintos niveles de producción de residuos viarios.

- **Causas de los residuos viarios**

En la Figura 2 se muestran las principales fuentes de residuos viarios y sus divisiones

Figura 2. Causas de los residuos sólidos viarios.



Fuente. Elaboración propia



A continuación se presenta una explicación que da Lara (2000:p.45-52) más detallada sobre el tema.

- **Causas naturales**

*-Partículas sedimentables procedentes de la atmósfera:* En suspensión debido a causas naturales, como erosión, incendios forestales, lluvias, entre otras, que se sedimentan en el suelo. Las partículas que superan las 20 micras se depositan fácilmente y un gran porcentaje de estos residuos supera las 300 micras de diámetro.

*-Tierras y arenas procedentes de la atmósfera:* Los fenómenos meteorológicos transportan partículas de arena y barro; los vehículos, al pasar por terrenos no urbanizados, producen un efecto similar. A este fenómeno contribuyen también las obras en las vías públicas, la construcción y el desescombro y su transporte.

*-Residuos naturales procedentes de fauna y flora urbana:* Aunque la mayoría de ciudades tienen una escasa vida salvaje, los procesos naturales involucran flores, semillas, hojas, ramas y cortezas de especies vegetales, que se desprenden y caen al suelo uniéndose a otros residuos procedentes de la actividad ciudadana. En este grupo se incluyen también las miles de especies de insectos, mamíferos, aves y otros animales no domésticos que tienen su hábitat natural en los núcleos urbanos. Producen ensuciamiento también los perros, palomas, tórtolas, ardillas y otras especies que acompañan al hombre, como consecuencia de sus procesos biológicos. Cuando se han depositados en las vías urbanas, estos residuos sufren un rápido proceso de transformación debido a la abrasión, reduciéndose en tamaño e integrándose con los restos de la actividad urbana.

- **Causas humanas**

-*Tráfico y transporte*: Originan residuos viarios debido a los gases de escape, las fugas de aceites lubricantes, el desgaste de neumáticos, los derrames ocasionales de la carga que transportan y los residuos arrojados por sus ocupantes. Tiene una enorme importancia, no por el aporte de cada vehículo sino por la intensidad diaria de éstos en las vías públicas. El depósito de partículas sólidas (polvo) se halla en las calzadas y debido al tráfico, estas son desviadas hacia los bordes, e incluso en calles de doble vía, se concentran en el centro de las vías. Otro lugar de acumulación es el final de calles con pendiente.

- *El hogar*: Es una causa indirecta del ensuciamiento. Su aportación de residuos a la vía pública es escasa, pero cuando los residuos sólidos se depositan en las afueras de las casas, en los andenes o en las calles, estas son susceptibles al viento y a la lluvia o a animales derramen su contenido, ocasionando dicho ensuciamiento.

- *El comercio*: También contribuye a la producción de residuos viarios, sobre todo por el mal uso que el ciudadano hacen de los envases y empaques. En este grupo se incluyen ventas ambulantes y mercados de pulgas que se realizan en la vía pública.

- *La publicidad*: Afecta en muchas de sus modalidades: volantes, carteles, pendones, afiches entre muchas otras. Tanto la publicidad colocada en muros y lugares no autorizados como su distribución, constituyen un serio problema de ensuciamiento.

- *Costumbres*: La rumba de los fines de semana y las fiestas populares, ocasionan un aumento de residuos en numerosas zonas de nuestras ciudades, el

uso de terrazas en la vía pública, la venta de productos no retornables, vasos de plástico, alimentos para tomar en la calle, bebidas para consumo juvenil en parques y plazas y, sobre todo, la escasa concienciación ante el problema, hacen de esta actividad una de las causas esenciales del ensuciamiento urbano.

-*La industria urbana*: Aunque gran parte de estas industrias está ubicada en las afueras de las ciudades, en ocasiones se integra a las áreas residenciales. Su actividad no debería incrementar los residuos viarios, pero es frecuente que esto ocurra debido a contaminaciones atmosféricas descontroladas y envases y embalajes mal gestionados.

- *La construcción*: La producción de polvo y la ocupación de la vía pública por arenas, tierras y escombros. Estos materiales de fácil propagación por los ciudadanos o por los vehículos y la gestión mediocre, son una causa grave de ensuciamiento.

-*Accidentales*: aunque son causas de muy baja periodicidad, afectan severamente la limpieza vial, dentro de estos encontramos los residuos causados por desastres y accidentes en las vías.

“Los residuos viarios no constituyen un problema medioambiental grave, pero su presencia puede suponer contaminación visual y riesgos higiénicos y sanitarios. El concepto de ciudad limpia y el nivel de satisfacción o insatisfacción de los ciudadanos ante un mismo grado de ensuciamiento viario está en relación con su nivel cultural y con sus hábitos y costumbres. Aun teniendo esto en cuenta, una ciudad limpia, en la que la producción de residuos viarios sea discreta, presenta un crecimiento armónico y ordenado, atrae actividad y turismo y produce satisfacción en sus propios habitantes. Una ciudad sucia, en cambio,

origina en los mismos una actitud de rechazo y una merma de calidad de vida que llega a influir negativamente en su rechazo.” (Ambientum, @)

Luego de analizar el ensuciamiento urbano por causa de los residuos sólidos, en especial los residuos viarios, sus orígenes, clasificación y causas; es importante indagar acerca de la manera como son llevadas a cabo su gestión y su control.

## 1.2. LIMPIEZA DE CIUDADES Y ÁREAS EXTENSAS

“La limpieza de una ciudad no es sólo una necesidad estética, sino una necesidad higiénica y de protección ambiental” (Norquist: p.140).

### 1.2.1. Requerimientos de Limpieza de una ciudad

Con el establecimiento de la Ley 142 de 1.994 se reglamentó el servicio público domiciliario de aseo, entendido éste como el servicio de recolección municipal de residuos, principalmente sólidos, y las actividades complementarias de transporte, tratamiento, aprovechamiento y disposición final de tales residuos.

En el decreto número 1713 de 2002, se encuentran los siguientes artículos:

**Artículo 3º.** En la prestación del servicio de aseo, se observarán como principios básicos los siguientes: garantizar la calidad del servicio a toda la población, prestar eficaz y eficientemente el servicio en forma continua e ininterrumpida, obtener economías de escala comprobables, establecer mecanismos que garanticen a los usuarios el acceso al servicio y su participación en la gestión y fiscalización de la prestación, desarrollar una cultura de la no basura, fomentar el aprovechamiento, minimizar y mitigar el impacto en la salud y en el medio ambiente, ocasionado desde la generación hasta la eliminación de los residuos sólidos, es decir en todos los componentes del servicio.

**Artículo 4°.** Es responsabilidad de los municipios y distritos asegurar que se preste a todos sus habitantes el servicio público de aseo de manera eficiente, sin poner en peligro la salud humana, ni utilizar procedimientos y métodos que puedan afectar al medio ambiente y, en particular, sin ocasionar riesgos para los recursos agua, aire y suelo, ni para la fauna o la flora, o provocar incomodidades por el ruido o los olores y sin atentar contra los paisajes y lugares de especial interés.

#### **1.2.1.1. Empresas encargadas**

Con el fin de cumplir con esta ley, se han creado diversos organismos a nivel municipal, tanto público como privados que prestan el servicio de aseo.

Collazos (1981:p.1), expone que una empresa de aseo municipal tiene tres grandes responsabilidades: La disposición final de todos los desechos, la recolección y transporte de los residuos domiciliarios y el aseo de las vías públicas, que comprende el barrido, la recolección y el transporte de todos los residuos arrojados a las calles.

Y que además, el aseo de las vías públicas incluye tres acciones definidas: barrer, recoger la basura y transportarla a un lugar donde permanecerá definitivamente o de donde será recogida de nuevo para ser eliminada en otro lugar.

De acuerdo con las cifras de la SSPD<sup>4</sup> (ver tabla 4), en el año 2003 se prestaba el servicio de aseo en 1098 municipios. Para la prestación del servicio había

---

<sup>4</sup> Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios

1.008 entidades a nivel nacional, de las cuales el 84% de ellas, es decir, 799 entidades eran dependencia de la alcaldía municipal, 32 se constituían como entidades comunitarias con un 5% y 116 eran empresas privadas con un 11%.

Tabla 4. Empresas o Entidades de aseo en el 2003 por niveles de urbanización del municipio

TIPO DE CIUDAD		NUMERO DE MUNICIPIOS	NUMERO DE EMPRESAS O ENTIDADES DE ASEO		
TIPO	POBLACIÓN		PUBLICA	COMUNITARIA	PRIVADA
1	>1 MILLON	4	2	0	13
2	400 MIL – 1 MILLON	7	2	0	10
3	100 MIL – 400 MIL	27	9	1	23
4	40 MIL – 100 MIL	53	38	9	22
5	<40 MIL	1007	799	32	48
TOTAL		1098	850	42	116

Fuente: Cálculos de Econometría S.A  
Citado por CRA (2003)

- **Servicios y recursos**

Al analizar los servicios prestados por varias de estas empresas, se encuentra que aunque existen unas cuantas variaciones entre las actividades y los recursos con los cuales son llevadas a cabo; los diversos tipos de tratamiento de limpieza son básicamente los mismos. En la tabla 5 se enmarcan los servicios principales prestados por una E.S.P.

Tabla 5. Actividades del servicio público de aseo.

ACTIVIDADES DEL SERVICIO PÚBLICO DE ASEO	
<b>Actividades Propias</b>	
<b>RECOLECCIÓN Y TRANSPORTE DE RESIDUOS SÓLIDOS</b>	
En sectores residencial y no residencial de las ciudades y sus corregimientos, con tecnología adecuada: vehículos recolectores compactadores de cargue trasero y frontal y volquetas de gran capacidad. Este servicio se presta con frecuencias de 2 hasta 7 veces semanales.	
<b>Barrido y lavado de vías y áreas públicas</b>	
Servicio tanto mecánico como manual. Realizado por operarios o "escobitas", apoyados de maquinaria como barredoras mecánicas, carro tanques y sistema de barrido con aire o "blower". En las periferias se presta con frecuencias de 2 veces por semana y en los centros de las ciudades se tienen frecuencias hasta de 21 veces a la semana (3 veces diariamente).	
Disposición final de residuos	
<b>ZONAS VERDES:</b> corte de césped y poda de árboles en áreas públicas.	
Actividad complementaria, según la Ley 632 estas empresas deben prestar el servicio de corte de césped y poda de árboles de las áreas públicas.	
<b>Actividades Complementarias</b>	
<b>RUTA HOSPITALARIA:</b> Recolección, transporte, incineración de residuos peligrosos	
Elementos, sustancias o materiales generados como resultado de actividades de establecimientos del área de la salud y por tener características infectocontagiosas deben recibir un tratamiento especial	
<b>RECOLECCIÓN, TRANSPORTE Y DISPOSICIÓN FINAL DE ESCOMBROS</b>	
Las empresas deben atender las solicitudes de los habitantes de la ciudad, relacionados con la recolección, transporte y disposición final de escombros producidos en los sectores residencial y empresarial.	
<b>RUTA ESPECIAL:</b> Recolección, transporte y disposición de residuos especiales	
Desechos de actividades madereras, lodos e industriales, muebles viejos y colchones, desechos de material vegetal y animales muertos	
<b>EVENTOS ESPECIALES:</b> servicio de aseo antes, durante y posterior a, espectáculos artísticos, deportivos, recreativos y culturales.	

Fuente: Adaptado de EEVVM @

En muchas de las compañías de limpieza de los países desarrollados, la gestión y logística de estos servicios es llevada a cabo a través de sistemas especializados que incluyen hardware, y software personalizados, equipos satelitales, contadores, rastreadores, entre otras tecnologías modernas.

Además de las ESP, en Colombia existen compañías encargadas de prestar el servicio de aseo y mantenimiento en establecimientos privados, en áreas de gran extensión, como:

Parqueaderos, estadios, colegios, universidades, centros comerciales, parques, canchas, clubes campestres, urbanizaciones, fábricas, hoteles, aeropuertos, cementerios, bodegas, entre otros.

*“Cada vez más, las empresas oficiales y del sector privado optan por contratar con externos los servicios de aseo y mantenimiento de sus instalaciones.*

*Esas actividades de orden, pulcritud y olorización que contratan, vía outsourcing, los sectores industrial, comercial, educativo, gubernamental, hospitalario, financiero, aeropuertos y los servicios de transporte masivo, entre otros, se han convertido en aliados indispensables para presentar una buena imagen ante los clientes” (El Tiempo,2006:p.4-3)*

De los servicios de aseo tratados anteriores, es importante detallar la investigación al análisis de la actividad el barrido y lavado de vías y áreas públicas.



Del total de los residuos recogidos en las rutas de aseo, un promedio el 9% corresponde a barrido y limpieza.<sup>5</sup>

- **EL BARRIDO**

Según Ambientum (2006), dentro del conjunto de los tratamientos de limpieza, los diversos tipos de barrido representan el grupo más importante; ha sido tradicionalmente el único tratamiento que se ha usado para la limpieza de los pavimentos, tanto del interior de las viviendas como de calles y ciudades; y sigue siendo la manera más eficiente, económica y rápida de retirar los residuos. Para Parker y Vanegas (2004:p.1) el barrido de calles tiene dos beneficios principales: Un beneficio visible, de remover hojas, papel u otros desechos, que se encuentran generalmente en cunetas, con el fin de tener vías limpias. Con esto también se evita que la basura bloquee los desagües, lo que podría ocasionar inundaciones en épocas lluviosas. El segundo beneficio es la remoción de basuras contaminadas con partículas nocivas para la salud, con el fin de reducir la cantidad de contaminación que es lanzada a la atmósfera, y la que llega a ríos y océanos.

El barrido puede hacerse manualmente o mecánicamente, ambos métodos se pueden combinar con el fin de tener calles más limpias. Por ejemplo, mientras que los vehículos barren rápidamente los residuos en calles despejadas, el barrido manual se utiliza en áreas donde los vehículos no tienen acceso.

- **Barrido manual**

“Consiste en la actuación de un operario provisto de un carrito de limpieza y sus útiles correspondientes, que tiene asignado un sector de la ciudad específico. Cada calle de la ciudad tiene asignada una persona que realiza sus labores en

---

<sup>5</sup> *Supercifras 2002*

turno de mañana, tarde o noche dependiendo de las características de la zona y con una frecuencia diaria de lunes a sábado” (Zaragosa,@). Siempre lleva como elemento de carga un carrito de limpieza, donde irá depositando los residuos que recoge para trasladarlos con posterioridad al lugar establecido para su transferencia, tratamiento o eliminación.

LeGrande (2006,@) concluye que, en general, el barrido a mano suele efectuarse en horario diurno y limitarse a los bordillos de las aceras o a la limpieza de zonas adyacentes.

El equipo utilizado consta de escobas, rascadores y palas. Un operario de barrido, suelen recorrer y limpiar un promedio de 9 km de bordillo por jornada de trabajo en condiciones favorables, pero esta cifra puede ser inferior en zonas comerciales congestionadas.

Para una explicación más detallada, del barrido manual, se analiza el modelo de limpieza de vías de EEVVM. Empresas Varias de Medellín (E.E.V.V.M E.S.P.) (Figura 3) es la entidad encargada de prestar el Servicio Integrado de Aseo en la Ciudad de Medellín.

*Figura 3. Logotipo de las Empresas Varias de Medellín E.S.P.*



*Fuente: Portal Ambiental @*

Con el fin de optimizar y mejorar la realización de las actividades referentes tanto a la prestación como a la gestión del servicio de aseo, creó el SIAM<sub>5</sub> o

## SISTEMA DE INFORMACIÓN DEL SERVICIO INTEGRADO DE ASEO PARA MEDELLÍN Y SUS 5 CORREGIMIENTOS.

El SIAM<sub>5</sub> es una herramienta sistematizada que integra la información gráfica de la ciudad, con la información sobre los desechos sólidos producidos en esta. Incorpora además todos los aspectos relacionados con la limpieza y aseo de vías y áreas públicas como:

Identificación de los contratistas y operarios de aseo, herramientas de trabajo, uniformes, tiempos invertidos en barrido, rendimientos de operación y máquinas, procedimientos del barrido, peso de los residuos, frecuencias, tipo de vías, sus características y pendientes, ubicación de centros de acopio, evacuación de canastillas, vehículos utilizados para la recolección de lo barrido, entre muchos otros.

Uno de los documentos pertenecientes a SIAM<sub>5</sub>, es la “Guía de trabajo del operario de barrido manual de vías y áreas públicas” de EEVVM (2000), donde se encuentran los procedimientos que deben seguirse para prestar eficientemente la labor de barrido. Allí se encuentran definido lo siguiente:

### *SERVICIO DE BARRIDO Y LIMPIEZA MANUAL DE VÍAS Y AÉREAS PÚBLICAS.*

Consiste en la labor de aseo y limpieza de vías y áreas públicas realizada mediante el uso de la fuerza humana y elementos manuales, la cual comprende el barrido de cada cuadra y área pública hasta dejarlas libres de papeles, hojas, arenilla o suciedad acumulada en los bordes del andén y de cualquier otro objeto o material susceptible de ser barrido manualmente.

Figura 4. Campaña de Limpieza de EEVVM y la alcaldía de Medellín



Fuente: Alcaldía de Medellín @

- Actividades involucradas en el barrido manual

**Cordoneo:** Acto de barrer el borde inferior del cordón y la intersección con la vía.

**Papeleo:** Es la actividad de recoger los papeles, envases desechables, cartones, madera y otros objetos voluminosos durante la ruta, para lo que se utiliza el rastrillo, recogedores y las manos protegidas con los respectivos guantes como herramienta de trabajo.

**Reflejo:** Término acuñado para indicar la actividad de barrido desde el parámetro de las propiedades localizadas en la vía, hasta esta; es decir, no solo barrer el cordón y la vía, sino las aceras y zonas verdes de la cuadra respectiva.

**Repaso:** Consiste en volver a barrer nuevamente la misma ruta o parte de ella durante la misma jornada, es decir, el mismo operario en su jornada laboral.

**Vaciado de canastillas:** Consiste en evacuar la basura contenida en las canastillas o cestas publicas colocadas en las áreas públicas de tráfico peatonal, independiente del nivel de llenado.

**Implementos de trabajo.** Carro manual, bolsas, escoba y cepillo, pala cuadrada y rastrillo metálico.

También se especifican elementos de protección personal y salud ocupacional como: uniforme, guantes, gafas y mascarilla, capa plástica, chaleco reflectivo y cono vial. En esta guía se encuentran detalladas las actividades a desarrollar, las responsabilidades y las normas preventivas que debe cumplir el barrendero; en estos aspectos se profundizará en el Capítulo 2 y 3.

- **BARRIDO MECÁNICO**

El barrido mecánico consiste en la limpieza de determinadas zonas (aceras y calzadas) mediante la utilización de vehículos especialmente diseñados a tal fin, que van realizando un barrido de las zonas en cuestión, por medio de los mecanismos que incorporan (cepillos giratorios, sistema de aspiración, etc).

Tabla 6. Años importantes en la evolución del barrido mecánico de calles.

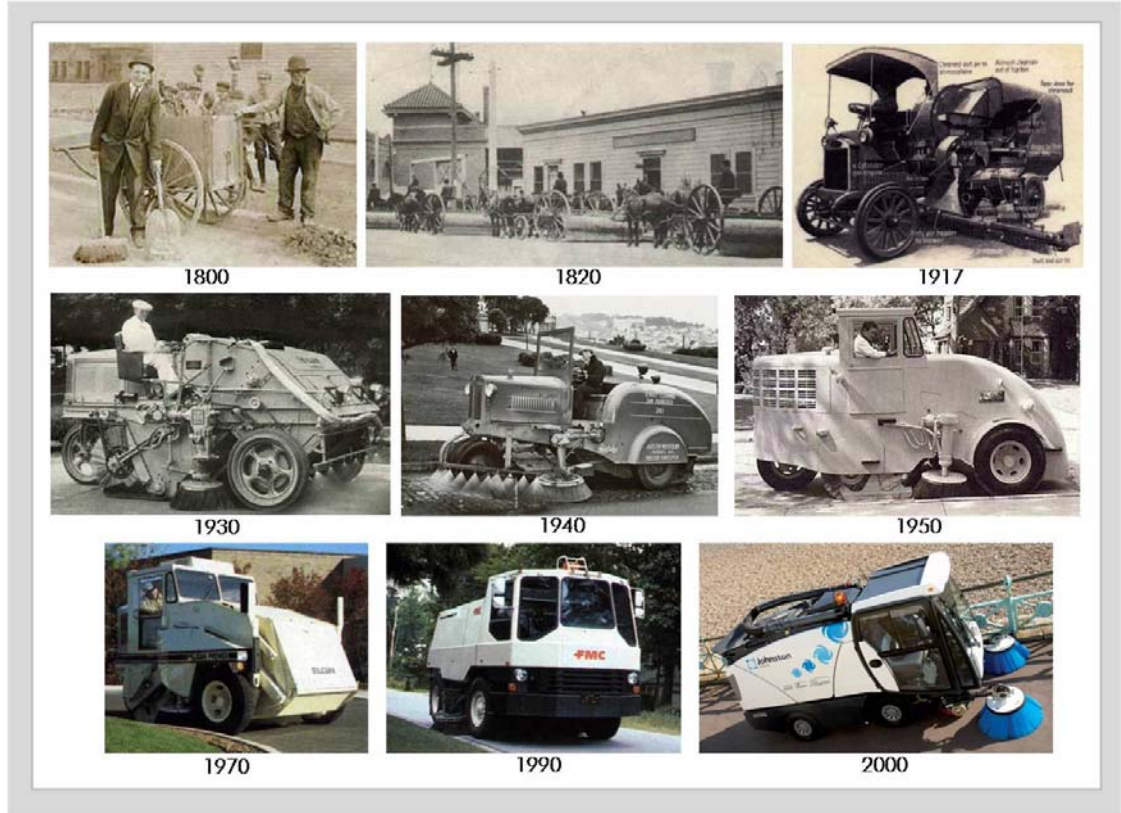
AÑOS IMPORTANTES EN LA EVOLUCIÓN DEL BARRIDO MECÁNICO DE CALLES	
AÑO	
S.XVII	Empieza a nacer la necesidad de limpiar áreas públicas.
1820	Aparecen las primeras máquinas para este propósito, eran haladas por caballos. Estaban conformadas por un tanque de agua y un cepillo de cuero, y se usaban sólo para mover la basura hacia un lado de la vía, desde donde se recogía manualmente.
1845	Se patenta la "Street Scraping Machine" también movida por caballos.
1867	William Smith & Co. produce la primera barredora de calles con la configuración de cepillo giratorio. Este vehículo se introduce en el mercado como el primero en remover residuos de las cunetas.
1910	Algunas compañías empiezan a producir barredoras motorizadas; la primeras de cuatro ruedas y luego de tres, que poseían motores de cuatro cilindros y 12 HP de potencia. Tenían un tanque de agua frente al conductor, para suprimir el polvo. Todos estos vehículos sólo barrían la basura, la cual tenía que ser recogida manualmente detrás de la máquina.
1919	Se produjo la primera barredora que podía recolectora. Estos nuevos vehículos tenían un transportador que recogía la basura y la depositaba en un contenedor
1920	En los Estados Unidos se patentó el diseño de un vehículo con succión; sin embargo, la unidad de succión era pequeña y podía bloquearse con facilidad
1937	Johnston Sweepers, en el Reino Unido, produjo una barredora que poseía un cepillo lateral para barrer los residuos en las cunetas y un cepillo largo para recogerlos, que es la configuración que se usa hoy en día en la gran mayoría de estas máquinas.

Fuente: Adaptado de Pratt y Yule (1997)

Según LeGrande (2006, @), generalmente la máquina la maneja un hombre, y suele limpiar unos 36 km. de vía durante una jornada de trabajo de 8 horas. Son factores que influyen en el rendimiento: el número de veces y la distancia que hay que recorrer para vaciar la basura o cargar agua, la densidad del tráfico y la cantidad de basura recogida.

En la Figura 5 se observa como a lo largo del tiempo, el barrido de las vías ha ido adaptándose a una serie de cambios motivados por la evolución de los tipos de pavimento y de las técnicas existentes.

Figura 5. Evolución de los sistemas de barrido mecánico.



Fuente: *Worldsweeper @*

Luego de estudiar las características de los tipos de barrido existentes, es preciso cuantificar este servicio en el país.

Superservicios (2000) indica que en Colombia, en las poblaciones pequeñas, la mayoría de los recursos destinados a la limpieza viaria se aplican a tratamientos de barrido, con predominio de los manuales sobre los mecanizados.

El CRA (2002:p.87), realizó un estudio con 26 empresas de aseo y presentó el siguiente cuadro (Tabla 7) en el que se señalan las toneladas de residuos

barridas y el total de Kilómetros barridos por mes, tanto manual como mecánicamente.

Tabla 7 Cantidad de residuos recogidos por km. barrido.

CIUDAD	EMPRESA	TONELADAS		KILOMETROS		TONELADAS DE RS DE BARRIDO Y LIMPIEZA * MES	PROMEDIO TOTAL POR KILOMETRO	
		Por Km. Barrido por mes		Barridos por mes				
		BARRIDO MANUAL	BARRIDO MECÁNICO	MANUAL	MECÁNICO			
		A	B	C	D			
1	MED	EMVARIAS	0.015		59.404,84	8.707,38	904	0.015
2	BOG	C.Limpia	0.059		46.953,28	2.002,05	2.770	0.059
3	CALI	EMSIRVA	0.06	0.11	2.334,17	6.256,8	831	0.097
4	BOG	Lime Bogotá	0.119		24.166,89		2.870	0.119
5	BOG	Aseo Capital	0.108	0.073	36.664,73	3.334,53	4.203	0.105
6	BQL	INTERASEO	0.102	0.069	16.581,73	3.625,55	1.939	0.096
7	VALLE	PROACTIVA	0.048	0.053	24.505,80	1.955,25	1.281	0.048
8	MANI	EMAS	0.022		14.442,78	1.042,80	312	0.022
9	PER	EAP	0.03	0.166	37.123,68	782,1	1.231	0.032
10	IBAG	INTERASEO	0.059	0.057	5.975,89	2.017,90	466	0.058
11	VILLAV	Bioagrícola	0.051		2.641,76		135	0.051
12	STAM	INTERASEO	0.028	0.031	5.631,12	4.171,20	285	0.029
13	CUCT	PROACTIVA	0.021		6.229,52		131	0.021
14	VALLD	INTERASEO	0.065		4.512,14		295	0.065
15	DOSQB	ESPD	0.04		3.493,38		2	0.04
16	TUNJA	SERVIGRALES	0.057		1.433,85		200	0.057
17	SOGM	CSP	0.021	00	2.033,46		30	0.021
18	FUSA	EMSERFUSA	0.04	153	1.485,99		81	0.04
19	FACA	ESVAF	0.03	39	1.716,28		45	0.03
20	YOPAL	Aseo Urbano	0.089	261	2.059,53		152	0.089
21	YUMB	EMBASEO	0.04	584	4.275,48		82	0.04
22	IPIAL	ISERVI	0.01	0	729,96		43	0.01
23	S.QUIL	EMS	0.02	2	1.251,36		15	0.02
24	MELG	CONSASA	0.05	100	2.189,88		63	0.05
25	UBATE	OSPMU	0.021	0	104,28		46	0.021
26	DOSQ	ACUASEO	0.06	0			6	0.05
<b>TOTAL 26 EMPRESAS</b>			<b>0.05</b>	<b>0.08</b>	<b>307.994,52</b>	<b>33.895,57</b>	<b>708</b>	<b>0.05</b>

\* E= (A x B) + (C x D)

\*\* F= E/ (C + D)

Fuente: Muestra de empresas de este estudio. Cálculos de Econometría S.A.  
Citado por CRA (2005)

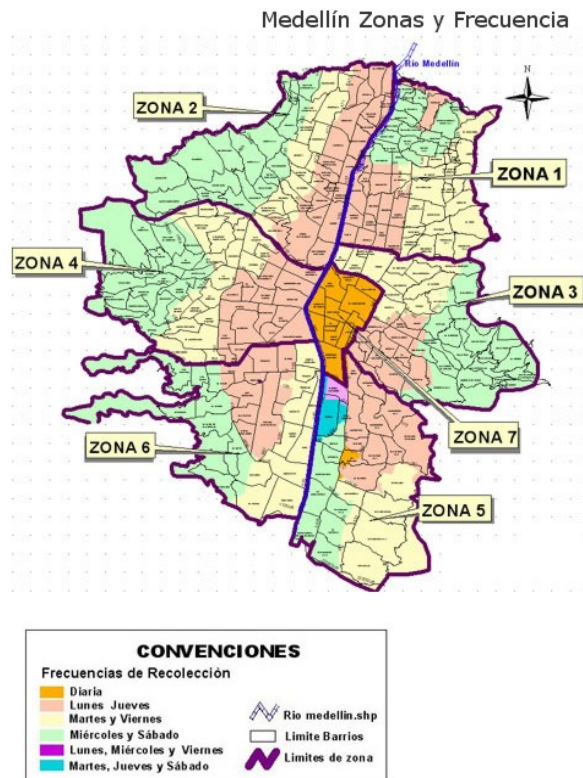


Del cuadro se concluye entonces, que en Colombia, en las empresas que utilizan las dos tecnologías, manual y mecánica, los kilómetros barridos se distribuyen en promedio así: **78% en barrido manual y 22% en barrido mecánico.**

Para la mayoría de las entidades de aseo llevar a cabo este proceso, es preciso zonificar la región que les corresponde, con el fin de facilitar la operación, administración, distribución de recursos, diseño de rutas, manejo de información, supervisión, entre otros aspectos. Además cada zona presenta unas características específicas de acuerdo a los usos del suelo y a la infraestructura urbana. Una vez realizan la división por zonas, definen tanto la cobertura como la intensidad de la prestación de los servicios.

-*Cobertura:* Según el Artículo 53 del Decreto 1713 de 2002, las personas prestadoras del servicio están obligadas a establecer las macrorrutas y microrrutas que deben seguir cada una de las cuadrillas de barrido en la prestación del servicio, acorde con las normas de tránsito y las características físicas del Municipio y Distrito. Esas rutas deberán ser conocidas por los usuarios y cumplidas cabalmente por las personas prestadoras del servicio. EVM (2007,@), como se observa en la Figura 6, ha segmentado la ciudad en siete zonas y atiende casi 600.000 usuarios en los diferentes barrios de la ciudad de Medellín y sus corregimientos, con 394 rutas establecidas y una cobertura del 99,56%.

Figura 6. Zonas de cobertura y frecuencia de recolección de residuos EEVVM.



Fuente: EEVVM

-Intensidad: Según el Artículo 54 del Decreto 1713 de 2002, el prestador del servicio deberá establecer la frecuencia de barrido de conformidad con el desarrollo y las características de cada zona. Esta frecuencia estará especificada en el contrato de condiciones uniformes.

Según un estudio de la SSPD (2006) para una muestra de 99 empresas del país, esta frecuencia se encuentra entre el rango de 2 y 3 veces por semana. No obstante, es posible afirmar que en promedio las frecuencias de recolección de

las empresas privadas tienden a ser mayores a las frecuencias de las empresas oficiales y mixtas para los dos años analizados.

Las frecuencias de barrido de EEWM, según el SUI<sup>6</sup> (2004) son:

Frecuencia barrido residencial 2 veces/semana

Frecuencia barrido comercial 7 veces/semana

Frecuencia barrido industrial 7 veces/semana

### 1.3. EL PROBLEMA

La recolección de residuos, presente en todas las sociedades, se convierte en un tema de especial interés para un ingeniero de diseño de producto cuando se detectan situaciones relacionadas con aquellas herramientas, utensilios y procesos de aseo que, de alguna manera no se están realizando correctamente o pueden ser optimizadas.

La necesidad de plantear una mejora al proceso no debe estar sesgada por las diferentes soluciones que ofrece el mercado. En este proyecto, se busca llegar a una aproximación verbal en función de especificaciones y necesidades sustentadas no por medio de “copiar” o “replantear” un producto existente, sino por una investigación consiente y bien dirigida, que arroje resultados coherentes, que se verán plasmados en una solución inteligente.

Basados en una investigación inicial de antecedentes en el proceso local, y con unas premisas sobre el estado del arte de los productos en el mercado, se

---

<sup>6</sup> SIU: Sistema Único de Información de Servicios Públicos

detecta con claridad un gran vacío entre el “escobita” o barrendero y el carro de barrido mecánico.

El objetivo de este proyecto de grado, consiste en identificar este espacio intermedio, para proponer y desarrollar una posible solución, que fundamentada en las investigaciones y entrevistas a expertos pueda aportar y mejorar la productividad y el desarrollo de los procesos actuales de barrido en la ciudad.

Los requisitos o necesidades mencionados anteriormente se constituyen entonces en un pilar fundamental de la investigación, debido a que sustentan la forma en que el equipo de diseño se aproxima a la solución, indagando, investigando y explorando. Por tal motivo las convergencias tecnológicas, implementación de mecanismos, y otros aspectos técnicos son de segunda importancia, dejando el rol principal a las características finales definidas en orden a lograr un objetivo para un cliente o consumidor específico, en este caso las entidades de aseo privadas y públicas.

## 2. MARCO TEÓRICO

Luego de analizar el estado del arte del problema, el barrido como tal, sus recursos físicos y funcionamiento y una evaluación de los productos existentes el barrido y recolección de los residuos viarios de una ciudad es un labor que involucra Primero que todo, es importante explicar la manera como se aborda la situación y se trabaja hasta llegar a la solución final, esto es a través de una metodología seleccionada que incluye unos pasos definidos, que se explican a continuación.

### 2.1. METODOLOGÍA

Citando a Ulrich (2004:p.12), el proceso de desarrollo del producto es la secuencia de pasos o actividades que se emplean para concebir, diseñar y comercializar un producto. Muchos de estos pasos y actividades son intelectuales y organizacionales, más que físicos.

Un proceso de desarrollo bien definido es útil para: el aseguramiento de la calidad, la coordinación, la planeación, la administración y la mejora del proyecto.

La metodología utilizada para el desarrollo de este proyecto de grado, es una adaptación del proceso genérico de desarrollo del producto de Ulrich (2004:p.14) y del modelo de diseño sugerido por Cross<sup>1</sup> (1999: p.55-57)

---

<sup>1</sup> Cross, propone un modelo que integra diferentes procedimientos para abordar la metodología de diseño, basándose en métodos como los de Archer L. B., Krick, E., March L. J., M.J. French, Pahl G. y Beitz, W., y del Verein Deutscher Ingenieure, entre otros.

## **2.1.1. Fases del Proceso**

### **2.1.1.1. Planeación**

El resultado de esta fase, es el principio de la misión del proyecto. Fase investigativa, de análisis de los antecedentes, es la ubicación de la situación de diseño en el contexto y en la actualidad, además incluye la identificación del problema.

Se establece además el Estado del Arte, que es la base teórica sobre la que se centra un proyecto, o la cual se rebate en el desarrollo posterior de este y que forma parte introductoria del mismo.

- Clarificación de Objetivos

A lo largo del proceso de diseño es importante tener un planteamiento de objetivos tan claro como sea posible.

Según Cross (1999:p. 59), el método del árbol de objetivos ofrece un formato claro y útil para el planteamiento, muestra los objetivos y los medios generales para alcanzarlos; mediante un diagrama de formas se puede ver que los diferentes objetivos se relacionan entre ellos.

### **2.1.1.2. Desarrollo del concepto**

Citando a Hernández M.C. (2003), el Diseño Conceptual, es producir:

- Una serie de principios funcionales sobre cómo va a trabajar el producto
- Una serie de principios estéticos sobre cuál va a ser el aspecto final del producto

Estas dos actividades son el punto de partida para entrar de lleno en la generación y evaluación de alternativas que conducirán a una solución que pueda satisfacer las necesidades de los usuarios y del mercado.

- Fijación de requerimientos y Determinación de características

Los problemas de diseño siempre se plantean dentro de ciertos límites. En esta etapa se determinan cuáles son los requerimientos que debe cumplir el producto para alcanzar el objetivo.

Una vez se han establecido los requerimientos, se determinan las características de diseño, en función de los límites del producto.

Toda esta información recopilada, se resume en otro documento, el PDS<sup>2</sup> que citando a Hernández, M.C. (2003) incluye las “demandas y deseos” expresados por los usuarios pero presentadas en términos de “requerimientos técnicos de ingeniería” de manera que estos permitan desarrollar alternativas de diseño en la etapa de conceptualización.

- Establecimiento de Funciones

Para Cross (1999:p.76) El método de análisis funcional, ofrece un medio para considerar las funciones esenciales y el nivel en el que el problema debe abordarse. Las funciones esenciales son aquellas que debe satisfacer el producto a diseñar, independiente de los componentes físicos que pudieran utilizarse.

Para concentrarse en lo que el nuevo diseño debe lograr, se define la *CAJA NEGRA*, que expresa la función global del diseño en términos de la conversión de entradas y salidas (Ver Figura).

---

<sup>2</sup> Product Design Specifications-Especificaciones de diseño de producto

Figura 7. El modelo de sistemas de la "caja negra"



Fuente: Adpatado de Ulrich (2004:p.102)

El nivel del problema se define estableciendo limites alrededor de un subconjunto coherente de funciones.

Según Ulrich (2004), el *ÁRBOL DE FUNCIONES* es la desarticulación funcional del sistema, dividiendo la caja negra en sub funciones primarias, secundarias y auxiliares; y estableciendo los flujos de entrada y salida y los límites del producto.

### 2.1.1.3. Diseño a nivel sistema

Incluye la definición de la arquitectura del producto y el desglose del producto en subsistemas y componentes.

- Generación de Alternativas

Es el aspecto esencial y central del diseño. Una vez definidas claramente todas las funciones del producto, se realiza un análisis morfológico, que según Cross (1999), es un intento sistemático para analizar la forma que puede asumir un producto y el *DIAGRAMA MORFOLÓGICO* es un resumen de este análisis.

A través del diagrama morfológico, se generan diversas alternativas, pues ya se incluyen los portadores físicos de las funciones; permitiendo combinaciones y soluciones nuevas a la situación de diseño.



- Evaluación De Alternativas

Esta se lleva a cabo a través del “*método de objetivos ponderados*” (Cross, 1999:p.132), que es un medio para evaluar y comparar los diseños alternativos, empleando objetivos diferencialmente ponderados, se asignan pesos numéricos a los objetivos y calificaciones a los rendimientos de los diseños, medidos contra los objetivos correspondientes.

#### **2.1.1.4. Diseño de detalles**

En esta etapa se profundiza en el producto y en la ingeniería de valor. Incluye la especificación completa del diseño, funcionamiento, materiales, procesos productivos, ensambles, subensambles y acabados de cada uno de los componentes que incluirá el producto.

En esta fase se incluye toda la documentación de control del proyecto.

#### **2.1.1.5. Prueba y refinamiento**

Incluye todos los ensayos y pruebas que se realizan al prototipo con el fin de definir sus características de desempeño y fiabilidad para identificar los cambios de ingeniería, optimizaciones y mejoras, necesarios para el producto final.

## **2.2. ESTADO DEL ARTE**

Después de realizar una labor investigativa a nivel nacional e internacional acerca de los servicios de limpieza, que incluye aspectos como: entidades encargadas, procedimientos utilizados, maquinaria, logística, mano de obra, estadísticas, entre otros; se expondrán en este capítulo aspectos importantes encontrados, a fin de extraer la información más relevante, que servirá de punto de partida para el planteamiento de la solución de diseño.

Los tratamientos básicos de barrido se pueden dividir en dos categorías:

El barrido manual, del que ya se habló en el capítulo anterior y el barrido mecánico que se describe a lo largo de este capítulo.

Actualmente se cuenta con una gran variedad de tratamientos para la limpieza de las vías públicas de una ciudad. Los avances tecnológicos han permitido la creación de nuevos métodos, basados en la mecanización de tareas que complementan o sustituyen los tradicionales tratamientos exclusivamente manuales.

Ninguno de los dos servicios ha sido suficiente por sí solo para lograr grados de limpieza óptimos. Los procedimientos de limpieza deben combinarse y complementarse con agilidad y flexibilidad para conseguir que el trabajo sea lo más efectivo posible y se debe buscar, ante todo, el equilibrio sectorial, adecuando la combinación de tratamientos a las necesidades reales de cada zona de la ciudad.

### **2.2.1. Utensilios del Barrido Manual**

Como ya se mencionó en el capítulo anterior, este tratamiento consiste en la acción de un operario auxiliado por un equipo, que tiene a su cargo la limpieza de un determinado sector. Para llevar a cabo su labor, el operario de barrido está provisto de:

**La escoba:** es la herramienta básica del barrendero. Sirve para arrastrar y ubicar los residuos, esta herramienta ha conservado su diseño casi intacto a través de los siglos; sólo ha experimentado cambios en los materiales con los que está fabricada.

**El cepillo:** hace la misma función que la escoba, pero sirve para residuos más ligeros como polvo, semillas, hojas secas, entre otros. Fabricado habitualmente en fibra de polipropileno.

**El rastrillo:** Este implemento se utiliza para el barrido, el papeleo y recolección de material grueso en zonas verdes.

**El recogedor:** Apoya el barrido, recogiendo los residuos que arrastra la escoba, para llevarlos al contenedor. Tradicionalmente, se ha usado la pala cuadrada o de carbonero, herramienta que ya está cayendo en desuso debido a su poca capacidad de carga y a que, al levantarla para descargarla en el carrito, es necesario cubrir los residuos.

**El carrito<sup>3</sup>:** Es un contenedor móvil donde se transportan los utensilios descritos anteriormente y además se ubica una bolsa abierta donde se van depositando los residuos del barrido.

En el mercado mundial se encuentran diversos tipos de carros de barrido, que varían en materiales y distribución de elementos (Ver Figura8), pero el principio de funcionamiento es el mismo. En la Figura 9 se observan barrenderos de diversos países, sus utensilios y uniformes.

**Las bolsas:** Plásticas, permiten el almacenamiento de los residuos del barrido para su posterior recolección. Su capacidad promedio es de litros<sup>4</sup>

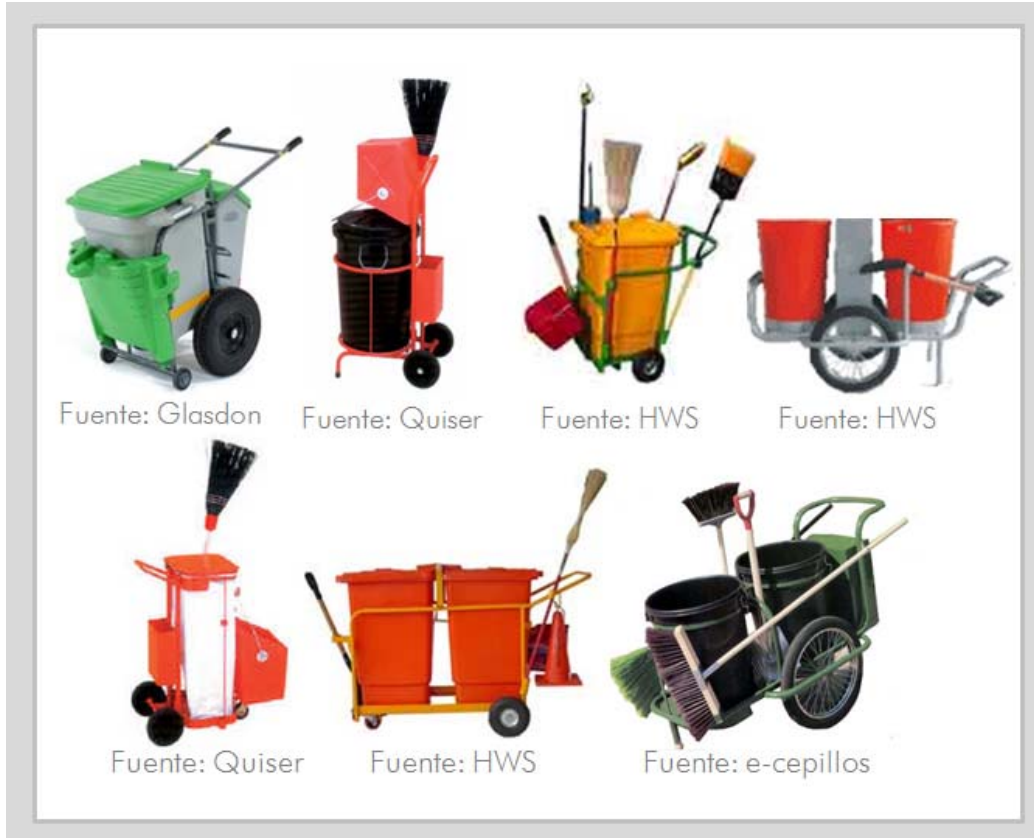
**El cono:** Avisa a los conductores de la presencia del barrendero en la vía

---

<sup>3</sup> En Colombia el carrito de barrido se apoda "zorra" y es como se refieren a ella los operarios del barrido.

<sup>4</sup> Entrevista realizada a Jane Castañeda, Encargada de barrido EEVM. Agosto 2006

Figura 8. Modalidades de carritos de barrido



Fuente: Elaboración propia

El carrito que se utiliza en Medellín, es una estructura metálica con un manubrio para direccionarlo y empujarlo y 2 ruedas neumáticas pequeñas; algunos están provistos de un aro metálico porta-bolsas, otros de una caneca. Poseen además un pequeño compartimiento rectangular, que utilizan para almacenar el impermeable y su comida. Las “zorras” van siendo personalizadas por los mismos barrenderos, adicionándoles componentes o modificando su diseño original, dependiendo de sus necesidades.

### 2.2.1.1. Procedimiento de Barrido

Al iniciar la jornada, el operario llega al centro de acopio destinado, (en cada zona de la ciudad) donde revisa el estado de sus implementos, los organiza y se dirige de allí caminado, hacia el sector que le corresponde. Al llegar a su

ubicación, sitúa el cono a más o menos 5 metros del carrito y saca una bolsa plástica, la ubica bien abierta y asegurada en el carrito y comienza a llevar a cabo todas sus labores. Arrastra, recoge y almacena los residuos en la bolsa, una vez se ha llenado, se cierra con un nudo, se saca del carrito y se deposita en un lugar por donde pase el carro recolector, ya sea una acera, un separador de calle, etc. <sup>5</sup>

Figura 9. Barrenderos en el mundo y sus implementos



## 2.2.2. EL BARRIDO MECÁNICO

Según Calvo (1997), el barrido mecánico es el tratamiento de limpieza realizado con una máquina autopropulsada, dotada de cepillos escarificadores<sup>6</sup> y un sistema de carga de residuos, destinada a barrer todos los pavimentos que lo permitan, ya sean calzadas, aceras o áreas peatonales. La barredora es manejada por un solo operario, que desde el control de mandos, realiza las

<sup>5</sup> Entrevista con Orlando Duque, EEVM. Mayo 2006

<sup>6</sup> Escarificar: Aflojar la suciedad, removiéndola.

operaciones de conducción, barrido y las precisas para la regulación de todos los mecanismos que optimizan los resultados de estos equipos.

El movimiento del artefacto consiste en el desplazamiento que tendrá este en terrenos planos, inclinados, con obstáculos, entre otros. Las barredoras en general se desplazan a través de ruedas, usualmente para trabajo pesado, con el fin de ajustarse a las diversas condiciones de terreno. Es frecuente el uso de tres ruedas, pues deben tener radios de giro bastante reducidos, para obtener mayor maniobrabilidad y flexibilidad en la operación.

La gran mayoría de estos artefactos utilizan un motor o motores para llevar a cabo el desplazamiento, pues además de tener por si solos un peso considerable, almacenan y transportan cargas, que los hacen aún más pesados. Las barredoras trabajan a velocidades de 0 a 100Km/h<sup>7</sup>, van avanzando cuidadosamente para que el operario tenga un buen control del proceso, ya sea porque va ubicado sobre el artefacto o porque va maniobrándolo, caminando tras el (Velocidades máximas de 8 Km/h)<sup>8</sup>.

La selección del tipo de motor está determinada por la función final del artefacto. Para exteriores, áreas extensas, uso continuo y mayor potencia, se utilizan motores de combustión interna, gasolina, diesel, LPG, etc. Para usos interiores, donde el ruido es un factor clave, pocas horas continuas de uso, espacios menos hostiles, se utilizan versiones en baterías eléctricas.

---

<sup>7</sup> World of Sweeper, @

<sup>8</sup> Estrada 2001: p.258

### 2.2.2.1. Tipos de barredoras

Según Graham P. (2004:p.12), las barredoras se clasifican según la forma en la que recogen los residuos sólidos y los tamaños de barredoras existentes.

Figura 10. Tipos de barredoras mecánicas



Fuente: Elaboración propia

A continuación se exponen los tipos de barredoras y su funcionamiento

- Según la forma de barrido y recolección (operación)

#### SEGÚN LA FORMA DE OPERACIÓN

La función primaria de una barredora es el arranque y transporte de las partículas sólidas depositadas en el pavimento, ya estén adheridas o sueltas.

Existen dos tipos fundamentales de barredoras en función del sistema de recogida de residuos:

- Barredora de arrastre

Poseen cepillos que se encargan de arrancar, arrastrar y recolectar los residuos del pavimento hasta lanzarlos sobre tolvas o cintas transportadoras que los recogen y almacenan.

- Barredora de aspiración

Estas retiran los residuos mediante un sistema de aspiración y se ayudan mediante cepillos que tienen la función de conducir los residuos ante la boca de succión.

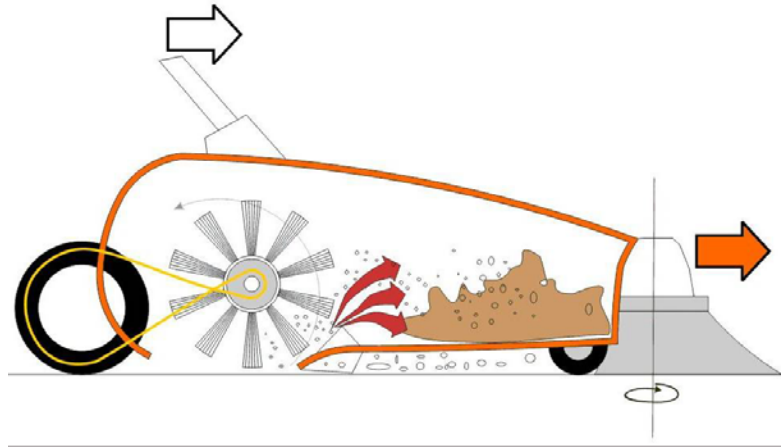
### **Barredora de arrastre**

- Funcionamiento

La base del funcionamiento de este tipo de barredora (Ver Figura 11), son dos grupos de cepillos que arrancan del suelo los residuos y los dirigen hacia el centro de la máquina. En la parte frontal, algunas llevan un equipo de rociadores para evitar la formación de polvo. Detrás de estos, se encuentran los cepillos delanteros cuya misión es ampliar el ancho de barrido, arrancar y recoger todos los residuos depositados en la vía y guiarlos a la línea de acción, donde se encuentra el cepillo trasero, encargado de recogerlos. El cepillo trasero es el elemento fundamental de este tipo de barredora, pues recibe la totalidad de los residuos recolectados. Su misión es separarlos de la vía y lanzarlos hacia arriba, donde caen, por gravedad, en la tolva de almacenamiento, o en la cinta transportadora que los lleva directamente a esta. Cuanto más grande sea el cepillo principal, más rápido es el proceso de barrido de la máquina.



Figura 11. Principio de funcionamiento de una barredora de arrastre



Fuente. Adaptado de Catalogo Tennant 110®

Los cepillos laterales actúan por abrasión mecánica y transportan los residuos por efecto de la fuerza centrífuga.

De acuerdo a la superficie a barrer se selecciona el cepillo adecuado; se encuentran en el mercado cepillos con diferentes características. En la Figura 12 se observa un ejemplo de la variedad de cepillos ofrecidos por la compañía de barredoras Nilfisk Advance ®. Las velocidades de rotación promedio de estos cepillos son 120 rpm.

La posición del cepillo central debe analizarse con el fin de que realice un buen trabajo de alimentación, sea aspirador o cinta de arrastre. Normalmente para el arrastre, el cepillo central se ubica en posición perpendicular al eje de desplazamiento de la barredora, y para la aspiración, en posición oblicua. Es necesario que lance los residuos en forma parabólica hacia el elemento de almacenamiento, esto se puede lograr con velocidades de rotación de aproximadamente 200 rpm y con diámetros de cepillo entre 350 y 500 mm.

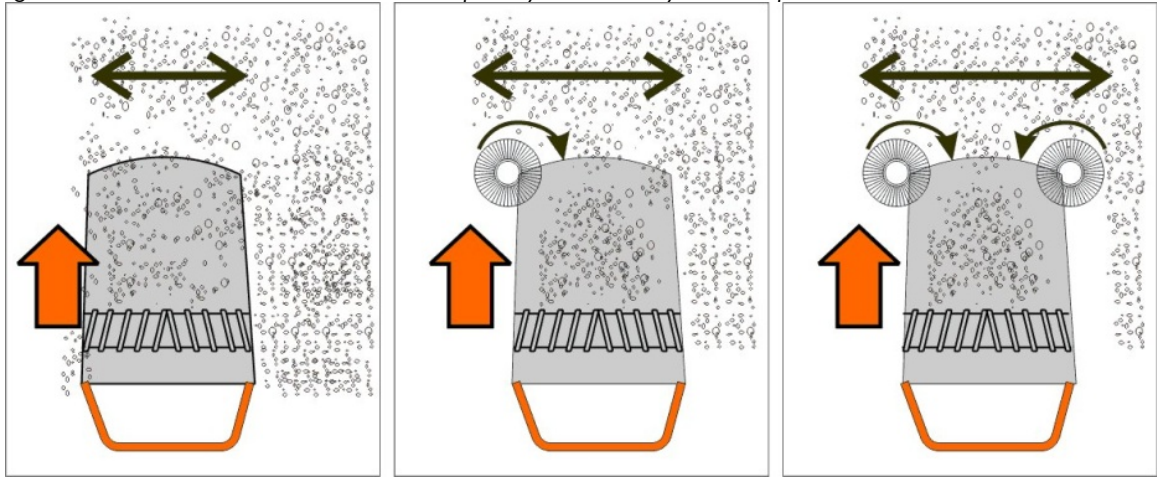
Figura 12. Nilfisk Advance: Diferentes tipos de cepillos para diferentes tipos de aplicaciones



Fuente: Catálogo Nilfisk 2006

Del número de cepillos laterales, depende el ancho de barrido, factor determinante en la eficiencia de la máquina para barrer. Existen barredoras sin cepillos, como también existen modelos en los que se puede seleccionar con cuantos cepillos trabajar (de uno hasta cuatro cepillos). Como complemento a los dos cepillos delanteros, algunos modelos incorporan un tercer cepillo de eje vertical colocado en el extremo de un brazo articulado accionado hidráulicamente; este brazo está acoplado sobre la parte frontal de la máquina y en su parte inferior. El cepillo, una vez colocado por el conductor mecánicamente y desde la cabina en la posición deseada, permite ampliar la anchura de trabajo de la franja de calzada o acera, o barrer a la vez el bordillo y la acera. En la figura 13 se pueden observar los anchos de barrido según la cantidad de cepillos

Figura 13. Anchos de barrido sin cepillo y con uno y dos cepillos



Fuente: Elaboración propia

- Sistema de recolección de una barredora de arrastre

Luego de ser atrapados los residuos por los cepillos laterales, se deben transportar para al contenedor a través del cepillo trasero. El contenedor es el lugar en el que se cargan los materiales; cuanto mayor volumen tenga el contenedor, mayor autonomía tendrá la barredora.

Las dos maneras más comunes para llevar a cabo el arrastre de los residuos son: la cinta transportadora y la tolva. En el caso de la tolva, los residuos son proyectados hacia una bandeja situada a pocos centímetros del suelo, quedando estos ya recogidos. Dada la poca capacidad posible en este elemento, existen barredoras en las que esta tolva secundaria se vacía por volteo sobre otra de mayor capacidad.

El otro método de arrastre consiste en utilizar una cinta transportadora con nervios retenedores (Ver Figura 14), que elevan los residuos a la tolva de forma continua.

Figura 14. Método de arrastre por cinta transportadora



Fuente. Catalogo Tennant Centurion®

Una vez se ha llenado el contenedor, existen dos maneras de descarga los residuos: manual, en el caso de las barredoras pequeñas e hidráulica para los modelos de mayor tamaño.

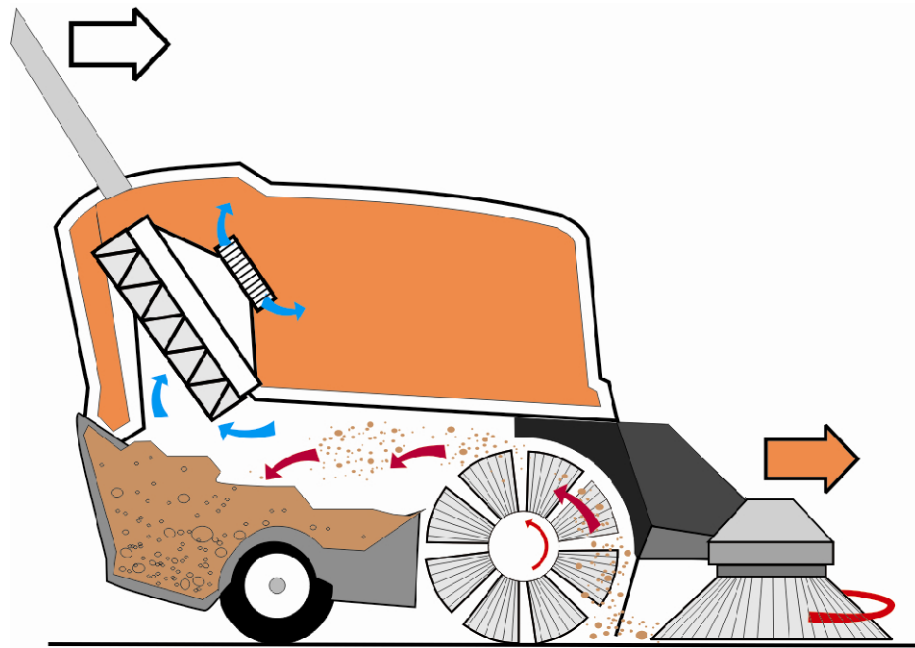
El otro tipo de barredora en función del sistema de recogida de residuos es la barredora de aspiración.

### **Barredora de aspiración**

Este tipo de barredoras se utiliza en áreas con menor grado de ensuciamiento en las que se busca un acabado más perfecto y el barrido de un mayor porcentaje del polvo. Como se puede apreciar en la Figura 15, los cepillos tienen en este

caso la misión más concreta de ubicar los residuos bajo la tolva de aspiración, estos y el polvo son aspirados y arrastrados hacia un depósito especial.

Figura 15. Principio de funcionamiento de una barredora de aspiración



Fuente. Adaptado de Catalogo Hako, Hamster 700

El funcionamiento de los cepillos es igual al del barrido de arrastre. Algunas de estas barredoras utilizan los 2 tipos de cepillos, laterales y trasero; otras solo utilizan los laterales, otras solo el trasero y algunas no utilizan ninguno, solo están provistas del sistema de aspiración para retirar y retener los residuos encontrados (Ver figura 16).

El sistema de aspiración está compuesto por:

Turbina: Que garantiza la depresión necesaria para atrapar los residuos y transportarlos al contenedor.

Filtro: Limpia el aire aspirado antes de devolverlo al ambiente.

Figura 16. Barredora-aspiradora sin cepillos



Fuente: Catálogo Tennant 4300®

En esta clase de productos, deben considerarse factores como la velocidad de arrastre de la aspiración, filtros, rejilla de salida y el sistema de decantación en la tolva hacen más crítico su valor.

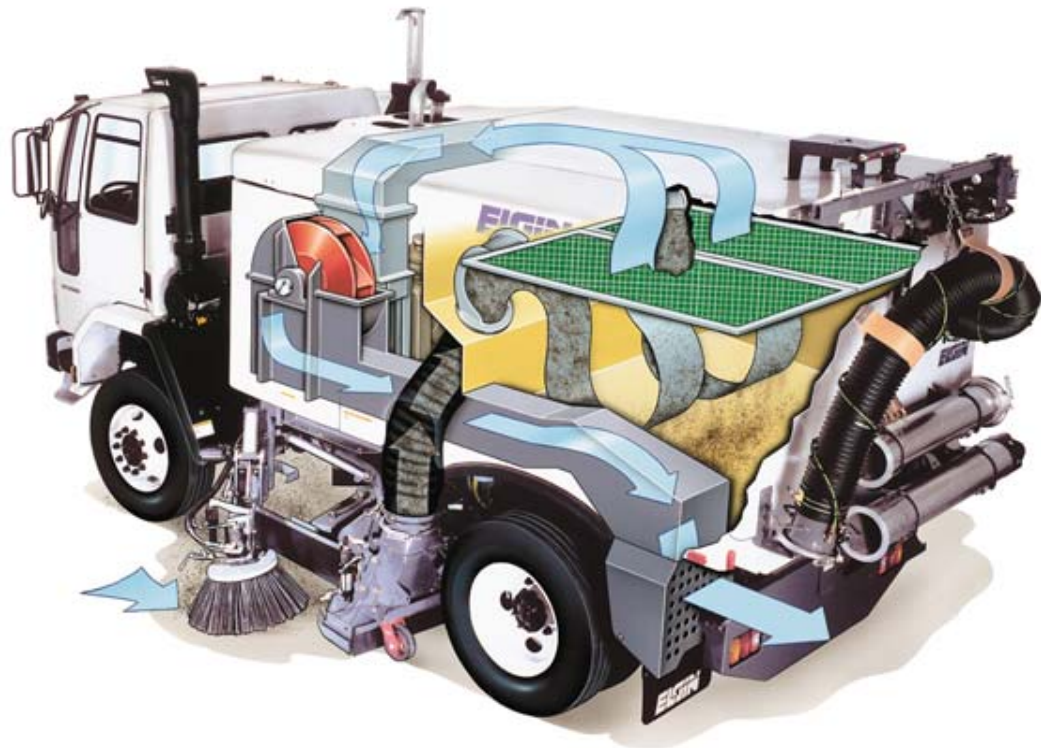
Muchos de estos productos, aprovechan el sistema de aspiración, para acoplar una manguera externa. Esto permite al operario del vehículo, o en otros casos a un operario auxiliar, utilizar la fuerza de aspiración de la barredora para succionar residuos acumulados en puntos muy concretos, que los cepillos no pueden alcanzar.

En estas máquinas se encuentran modelos que funcionan por tanto de bolsa de aspiración, y otros que funcionan con cualquier tipo de bolsa plástica

- Sistema de recolección de una barredora de aspiración

Los residuos al llegar a la boca de la tolva, son aspirados y transportados a través de ductos, directamente al contenedor, ahorrando pasos a través de bandas o demás recipientes (Ver Figura 17).

Figura 17. Método de recolección por aspiración



Fuente: Brochure Elgin WhirlWind®

La recolección de residuos por aspiración es más compleja. Las dimensiones de la barredora varían en función de la velocidad de barrido, la cantidad y el tipo de residuos, la boquilla y circuito de aspiración, las dimensiones de los conductos, las exigencias de filtrado, etc. Los caudales habituales son de 15.000 a 35.000 m<sup>3</sup>/h.






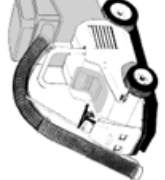

Las barredoras son consideradas productos sofisticados que exigen mantenimiento y controles periódicos, pues la mayoría de sus elementos son regulables, unos de forma permanente en centros de mantenimiento y otros en la propia operación de barrido. Además, su funcionamiento se complementa con actividades como la regulación de la altura de la boca de aspiración, el movimiento de sus componentes para evitar obstáculos y la elevación y acercamiento de los cepillos y mecanismos.

## SEGÚN EL TAMAÑO DE LA MAQUINA

Una vez repasados los principios fundamentales del funcionamiento de las barredoras y sus accesorios, es conveniente analizar los diversos tipos existentes. El mercado ofrece bastantes opciones. En el Tabla 8 se resumen los equipos a utilizar en los tratamientos de barrido mecánico, clasificados según su tamaño.



**Tabla 8. Clasificación de las barredoras según su tamaño**

<b>TAMAÑOS DE BARREDORAS</b>	
<b>BARREDORA PESADA</b>	
Capacidad de tolva de carga de hasta 7 m <sup>3</sup>	
<b>BARREDORA MEDIANA</b>	
Capacidad de tolva de carga de hasta 5 m <sup>3</sup>	
<b>BARREDORA PEQUEÑA</b>	
Capacidad de tolva de carga de hasta 2 m <sup>3</sup>	
<b>Barredoras especiales</b>	
<b>MINI BARREDORAS</b>	
Autopropulsadas, con un depósito para residuos inferior a 300 lit., con sistema de carga por aspiración. Su longitud es inferior a los 2 m y su ancho no alcanza los 90 cm. El ancho de barrido es de 75 cm y su peso no supera 1 tonelada. Indicadas para barrer en áreas peatonales con intensidad de tráfico. El conductor puede ir sentado sobre ella, o de pie sobre una pequeña plataforma.	
<b>BARREDORAS LIGERAS</b>	
Su fuerza de avance está proporcionada por el empuje del operario que las conduce en su desplazamiento a pie, o bien por medios mecánicos. Cuentan con un motor Diesel o de gasolina y un depósito de capacidad inferior a 300 lit. Su sistema de carga es por aspiración. Permiten también el mantenimiento de aceras con intenso tráfico peatonal.	
<b>ASPIRADORAS</b>	
Autopropulsadas, carecen de cepillos. Destinadas a aspirar residuos en puntos concentrados. Longitud máxima de 2,2 m y ancho inferior a 1,3 m; peso máximo 800 Kg. De gran maniobrabilidad, y propulsadas por motores. La aspiración la proporciona un ventilador centrífugo de aspiración directa, al que va conectado un tubo de succión colocado en una pértiga manejable por el operario que conduce la máquina. La capacidad de carga es 120 litros, pero tiene la ventaja de ser fácilmente intercambiable. <a href="#">para acceder a los rincones que escapan a la acción de los cepillos.</a>	
<b>ASPIRADORAS MANUALES DE MOCHILA</b>	
Equipos autónomos ligeros que porta el operario. Útiles para aplicaciones singulares. <a href="#">recoge por aspiración residuos peligrosos.</a>	
Fuente: Elaboración propia, Adaptado de Ambientum @	

### 2.2.3. Características Fundamentales del Producto

Ahora que se va a entrar más en detalle en la investigación, es importante aclarar algunos términos a los que se recurrirá con frecuencia para el análisis del producto.

Estos son los **5 aspectos** que aparecen con más frecuencia en la investigación.

#### 2.2.3.1. Productividad

Calvo (1997:p.58) define la productividad de barrido, como la cantidad de basura recogida por un artefacto o una persona, en condiciones operativas normales en un tiempo determinado.

Está medida en Área barrida x Unidad de tiempo.

Generalmente se establece en  $m^2 / hora$ .

#### 2.2.3.2. Capacidad de acceso

Posibilidad que tiene el artefacto de acceder a espacios limitados sin afectar el desempeño del barrido y recolección (esquinas, pendientes, escaleras, desniveles, entre otros). En relación al funcionamiento, los artefactos pueden:

- Subir y bajar andenes
- Tolerar pendientes positivas y negativas
- Acceder a rincones
- Subir y bajar escaleras
- Pasar resaltos
- Tolerar inclinaciones laterales

No es posible cuantificar la capacidad de acceso, por lo tanto es necesario asociarla con las características físicas del artefacto; algunas afectan en mayor proporción que otras, como:

- Dimensiones básicas
- Altura del chasis

- Diámetro de las ruedas
- Peso del artefacto
- Estabilidad (inclinaciones máximas)

La integridad física del artefacto debe conservarse en condiciones óptimas para garantizar su operación.

### **2.2.3.3. Costos de mantenimiento**

Cantidad de operaciones de mantenimiento predictivo, preventivo y correctivo que se deben llevar a cabo con el fin de que el artefacto esté en condiciones óptimas de operación y de ajustar al máximo su vida útil.

*Predictivo:* Según Levitt J. (2003:pp.91-95), este se encarga de inspeccionar el equipo y detectar las fallas en su fase inicial, y corregirlas en el momento oportuno. Se basa en el conocimiento de la condición operativa a través de la medición de ciertos parámetros de la máquina (vibración, ruido, temperatura, etc.), permite programar la intervención justo antes de que el fallo llegue a producirse, eliminando así la incertidumbre.

*Preventivo:* Para Higgins y Mobley (2002:p.2.3), consiste en programar las intervenciones o cambios de algunos componentes o piezas según intervalos predeterminados de tiempo o espacios regulares (horas de servicio, kilómetros recorridos, toneladas recogidas). El objetivo de este tipo de mantenimiento es reducir la probabilidad de avería o pérdida de rendimiento de una máquina, tratando de planificar unas intervenciones que se ajusten al máximo a la vida útil del elemento intervenido.

*Correctivo:* Jaramillo R. (1990:pp.31-32), lo define como el mantenimiento efectuado a una máquina cuando la avería ya se ha producido, para restablecerla a su estado operativo habitual de servicio.

- Mientras menos mecanismos requieran mantenimiento, mayor ahorro de dinero y tiempo.
- Operaciones como: limpiezas, cambios de aceite, regulación en presión de llantas, cambios de neumáticos, cambios de llantas, alineación de cepillos, limpieza de filtros; deben ser simples y no requerir procesos ni herramientas especializadas.
- Las operaciones de mantenimiento deben estar en capacidad de realizarlas los mismos operarios.

#### **2.2.3.4. Costos de operación**

Son los costos variables asociados a la operación del artefacto para desempeñar tareas de barrido, es decir, lo que le vale a la empresa barrer con ese artefacto determinadas horas y lograr recoger cierta cantidad de basura o cubrir un área o recorrido específico.

Ingreso Total - Costo Total = Beneficio

Está definido por la cantidad monetaria requerida por artefacto para cumplir un plan de barrido específico definido en un periodo de tiempo.

#### **2.2.3.5. Condiciones de seguridad del operario**

En este aspecto se miden los riesgos operativos del operario en condiciones normales de trabajo, mantenimiento y reparación del artefacto.

- Riesgos operativos: exposición a accidentes viales, tropiezos con el artefacto, cortes con basuras, incrustación de partículas, quemaduras, entre otras
- Riesgos asociados al uso continuo: Enfermedades por exposición continua a rayos UV, desgastes físicos extremos, enfermedades pulmonares, lesiones, deformaciones, etc.
- Accidentes durante los mantenimientos o reparaciones del artefacto.
- El artefacto, de la mano de un buen programa de salud ocupacional, debe garantizar el buen estado de salud del operario.

## 2.2.4. BARREDORAS ESPECIALES

El problema de limpieza que se está presentando, podría solucionarse con un producto de un tamaño intermedio, que brinda mayor eficiencia que una escobita y a su vez, es mucho más compacto que una barredora común. Por lo tanto se decidió hacer un análisis y una evaluación detallada de la categoría de barredoras especiales, que cumplen estos requisitos.

De acuerdo a la Tabla 8, dentro de la categoría de barredoras especiales se encuentran: las mini-barredoras, las barredoras ligeras y las aspiradoras. Se seleccionaron el barrido manual y además 4 subcategorías de barredoras especiales para analizarlas y luego evaluarlas:

Las subcategorías de barredoras especiales seleccionadas, están definidas principalmente por la relación operario-maquina que incluye:

- Ubicación del operario: ya sea detrás del artefacto o sobre él.
- Barrido: manual, manual asistido por mecanismo, asistida por un motor.
- Fuerza de empuje: implica la fuerza del operario, o la fuerza de un motor.

A continuación se presenta, un análisis detallado de estos 5 sistemas, que permite, en función de sus ventajas, desventajas, atributos y beneficios, determinar que es importante para definir como positivo o negativo y utilizar en el desarrollo de una solución para el proceso de barrido.

### DESCRIPCIÓN DE SUB-CATEGORÍAS

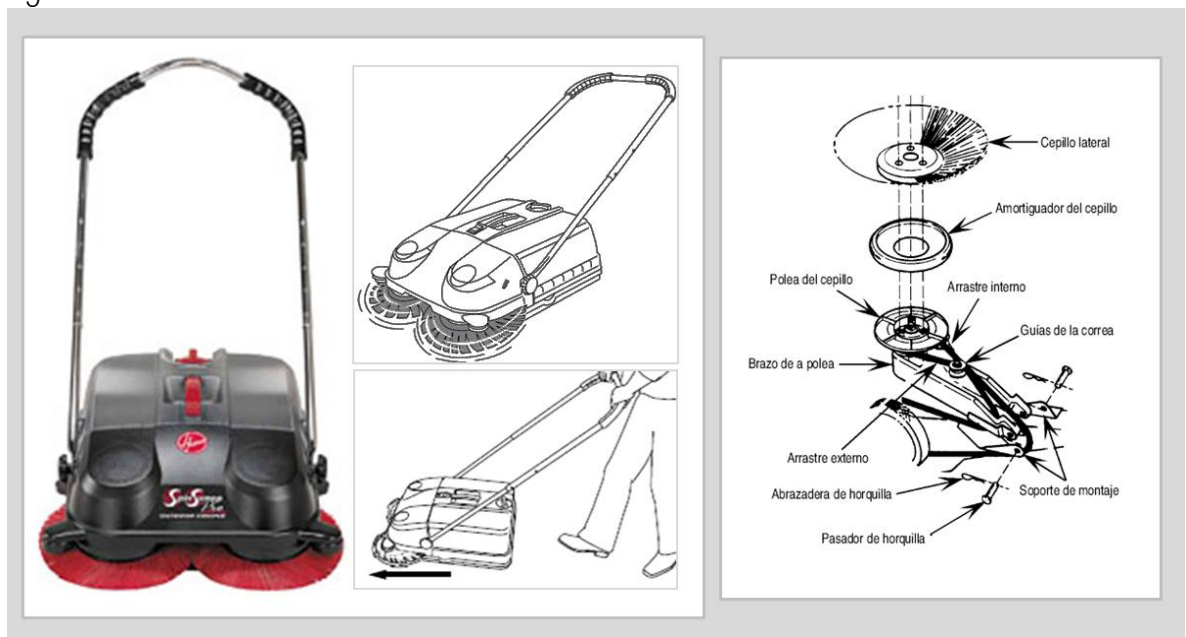
#### 2.2.4.1. Barrido manual

Ya se han definido y explicado anteriormente, sus características, implementos y procedimientos.

#### 2.2.4.2. Barredora manual

Las barredoras manuales son artefactos que convierten el movimiento lineal en movimiento circular. El operario empuja el artefacto linealmente para desplazarlo, generando así un movimiento circular en las ruedas, utilizado para ser transmitido por medio de poleas a los cepillos, que se encargan de juntar y recolectar la basura. No poseen ninguna clase de motor para los mecanismos, ni para dar tracción al producto.

Figura 18. Características de una barredora manual



Fuente: Brochure Hoover Spin Sweeper® y Manual de operación Nilfisk SW655®

Su uso es, sobre todo, doméstico, y en casos en los que se manejen residuos pequeños, pues exige de un trabajo físico alto y tiene muy baja capacidad de almacenamiento.

#### 2.2.4.3. Barredora “push-behind” o empuje trasero

Este sistema se caracteriza principalmente por adicionar un motor para realizar las actividades de barrido, ya sea por arrastre o aspiración. El artefacto no se mueve por sí solo, el operario se encarga de empujarlo y darle movimiento. Por tal motivo, la velocidad la define el operario.

Figura 19. Características de una barredora "push-behind"



Fuente: Manual de instrucciones IPC 464® y brochure RCM Brava®

Cuando el operario está caminando detrás, puede al igual que el barrendero, dejar parqueado el contenedor y realizar las operaciones adicionales que se exige a los operarios de barrido.

Dependiendo de la marca y el modelo de la barredora, se encuentran grandes variaciones en su desempeño, en función de sus mecanismos, el motor utilizado, la configuración de las escobas y cepillos, aspiradoras y accesorios adicionales.

#### 2.2.4.4. Barredora "walk-behind" o caminar atrás

A diferencia del método anterior, en las barredoras walk behind, se utiliza un motor, que puede ser el mismo del proceso de barrido u otro independiente; para alimentar el sistema de tracción, generando movimiento.

Figura 20. Características de una barredora "walk-behind"



Fuente: Brochure Applied Sweepers 400 Series® y Brochure Madvac PS300®

En este sistema el operario va caminando tras la barredora y se encarga de dar dirección y realizar las tareas adicionales como extraer la basura, depositarla y cualquier otra labor que sea requerida. Este sistema cuenta con la posibilidad de adicionar funciones extras como un tubo externo de aspiradora, o implementación de herramienta para cumplir las funciones que el SIAM<sub>5</sub> exige en el manual de barrido. Esto se cumple gracias a que el operario camina detrás y puede desplazarse con facilidad.

Su principal característica es que de manera asistida, el artefacto se mueve por sí solo y no hay que realizar esfuerzos mayores para hacerlo marchar.

En este sistema se pueden encontrar diversidades en el tipo de motor, combinación de motores a gas y eléctricos, o manual y asistido. En algunos



modelos, se le adiciona una plataforma con llantas o un pequeño asiento, que permite al usuario desplazarse sobre él.

#### 2.2.4.5. Barredora ride-on "montado"

Este sistema se caracteriza por tener la totalidad de sus mecanismos asistidos por un motor eléctrico o de combustión.

El operario va sentado sobre el artefacto y solo se encarga de operar la dirección, avance y controlar la posición, velocidad y dirección de los cepillos laterales. Es un método lineal, utilizado sobre todo para cordones viales o lugares con fácil acceso como parqueaderos, campos deportivos etc.

Este sistema puede utilizar entre 3 o 4 llantas.

Figura 21. Características de una barredora Ride-On



Fuente: Brochure y Manual de instrucciones Kärcher KMR1000®

#### 2.2.5. Análisis del Sector Y productos Semejantes

Luego de comprender las diferencias entre los productos, es importante analizar la variedad existente en el mercado, con sus características correspondientes;

para esto se creó una tabla de especificaciones general, en la que se introdujeron los datos de todos los productos investigados, que se puede apreciar en el Anexo A (Tablas de producto).

La tabla contiene los siguientes datos de cada uno de los productos

Tabla 9. Características de producto investigadas en Anexo A.

TIPO DE BARREDORA REFERENCIA MARCA O EMPRESA PRODUCTORA		DESEMPEÑO		DIMENSIONES	
<b>SISTEMA DE LIMPIEZA</b>		Marca del motor		Alto	mm
Productividad	m <sup>2</sup> /h	Potencia	HP	Largo	mm
Distancia de Barrido Lon.	mm	Cilindraje	cm <sup>3</sup>	Ancho	mm
Diámetro del Aspirador	mm	Tipo de combustible		Peso	Kg
Velocidad del Aspirador	rpm	Velocidad (promedio)	Km/h	Precio	US. Dol.
Volumen de Almacenamiento	lit.	Reversa	Km/h		
Peso de Almacenamiento	Kg	Trepabilidad	%		
Longitud del cepillo recolector	mm	Vacio	%		
Sistema de control de polvo	Si/No	Lleno	%		
		Cambios o velocidades	#		
		Batería	V		
		Nivel de Ruido	dB		

**OBSERVACIONES  
PAGINA WEB  
IMÁGENES**

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.5.1. Tabla de Promedios

De la investigación realizada se genera la Tabla 9, que define cualitativamente las características promedio de cada sub categoría de barredoras especiales

Tabla 10. Promedios por sub categorías de barredoras especiales

PROMEDIOS		RESUMEN				
	CARACTERISTICA	und	MANUAL	PUSH	WALK	RIDE
1	<b>SISTEMA DE LIMPIEZA</b>					
1,1	Productividad	m <sup>2</sup> /h	2060	2765	5029	5283
1,2	Distancia de Barrido Longitudinal	mm	565	648	752	1233
1,3	Diámetro del Aspirador	mm <sup>2</sup>	-	-	-	-
1,4	Velocidad del Aspirador	rpm	-	-	3833	3767
1,5	Volumen de Almacenamiento	lt	39	40	98	90
1,6	Peso de Almacenamiento	Kg	-	-	-	135
1,7	Longitud del cepillo recolector	mm	488	385	548	704
1,8	Sistema de control de polvo	Si/No	No	Si	Si	Si
2	<b>DESEMPEÑO</b>					
2,1	Marca del motor		-	-	-	-
2,2	Potencia	HP	-	4	6	9
2,3	Cilindraje	cm <sup>3</sup>	-	135	310	-
2,4	Tipo de combustible		-	-	-	-
2,5	Velocidad (promedio)	Km/h	-	-	6	7
2,6	Reversa	Km/h	-	-	-	4
2,7	Trepabilidad (Inclinacion Max)	%	-	-	-	-
2,7,1	Vacio	%	-	19%	6%	18%
2,7,2	Lleno	%	-	-	-	-
2,8	Cambios o velocidades	#	-	-	-	-
2,9	Bateria	Vol	-	12	12	16
2,10	Nivel de Ruido	dB	-	69	58	88
2,11	Radio de Giro	mm	-	-	1815	1725
3	<b>DIMENSIONES</b>					
3,1	Alto	mm	934	1034	1084	1306
3,2	Largo	mm	1222	1278	1671	1844
3,3	Ancho	mm	780	737	830	1193
3,4	Peso	Kg	23	80	221	676
4	<b>PRECIO</b>					
		Dol	684	2199	8283	11673

Fuente: Elaboración propia

### 2.2.5.2. Matriz AVB

A manera de síntesis de la tabla anterior, se concluyen, en la siguiente Matriz AVB: los atributos, las ventajas, los beneficios para la empresa, los beneficios para el operario y las desventajas de cada producto.

Luego de analizar esta matriz se concluye para cada producto lo siguiente:

	ATRIBUTOS	VENTAJAS	BENEFICIOS EMPRESA	BENEFICIOS OPERARIO	DESVENTAJAS	IMAGEN
BARRENDERO	Unidad de recolección separada de la unidad de barrido	Capacidad de acceso a espacios limitados.	Poder cubrir todos los espacios que se deben barrer	Poder acceder a cualquier espacio público.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tiene la más baja productividad del barrido en área por tiempo.</li> <li>La capacidad de almacenamiento es muy baja.</li> <li>Vulnerable al tráfico.</li> </ul>	
	Mecanismos manuales	Bajos costos de operación Fácil mantenimiento y reparación	El artefacto requiere bajos costos de mantenimiento y operación	Estar en capacidad de reparar el equipo de barrido y recolección en el sitio de trabajo.		
MANUAL	Mecanismos manuales	Bajos costos de operación Fácil mantenimiento y reparación	No se requieren altos gastos económicos para operar el artefacto No necesita una persona especializada para realizar reparaciones y mantenimientos. No necesita inversión en herramientas especializadas para mantenimientos y reparaciones.	Puede realizar reparaciones en el sitio de trabajo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Demanda un alto esfuerzo físico.</li> <li>Requiere de movimiento lineal para funcionar, no barre</li> <li>No se opera en espacios reducidos.</li> <li>No funcionaría en cuestas</li> </ul>	
	Largo x Ancho x Alto (mm)* = 1222 x 780x 934	Fácil manipulación y accesibilidad del artefacto	Requiere un menor espacio para guardar los artefactos fuera de uso.	Posibilidad de levantar el artefacto y acceder a espacios reducidos		
	Peso* (Kg) 23					
	Asa plegable	Posibilidad de reducir su tamaño para mejorar su almacenamiento				
	Costo promedio US\$ 680	Baja inversión económica comparada con los sistemas motorizados	Poder adquirir mayor cantidad de artefactos con la misma cantidad de dinero.			
PUSH BEHIND	Motor 4 HP * para barrido y recolección	Mejora el desempeño de barrido y recolección en comparación con sistemas manuales Costos de operación más bajos en comparación con otros sistemas de motor Disminuyen las operaciones de mantenimiento y reparación en comparación con los otros sistemas de motor por tener menos subsistemas	Disminuye el tiempo requerido para realizar el proceso de barrido y recolección estipulado por área. Utiliza un sistema que alterna fuerza humana vs motor, disminuyendo los costos operativos Disminuyen las probabilidades de averías en los artefactos Disminuyen los costos de mantenimiento	Disminuyen el esfuerzo y la carga de trabajo necesaria en una jornada laboral	<ul style="list-style-type: none"> <li>Requiere de un desgaste físico elevado para operar.</li> <li>Solo se opera en planos, no funcionaría en cuestas.</li> <li>La productividad esta determinada por un factor humano.</li> </ul>	
	Capacidad de almacenamiento c	Mayor capacidad de almacenamiento que los sistemas manuales	Posibilidad de utilizar bolsas más grandes y así disminuir la cantidad de unidades depositadas para posterior recolección	Tener menos operaciones de cierre de bolsa y depósito de la misma en andenes		
	Largo x Ancho x Alto (mm)* = 1278 x 737 x 1034	Fácil manipulación y accesibilidad en comparación con los otros sistemas de motor	Posibilidad de ofrecer mayor cobertura a las diferentes áreas de la ciudad	Tener la posibilidad de acceder a espacios con dificultades de arquitectura como andenes, resaltes, bolardos, escaleras, rampas, etc.		
	Peso* (Kg) 80					
	Posibilidad de adicionar funciones complementarias	Adicionar al proceso sistemas complementarios de barrido y recolección como aspiradoras, cepillos adicionales, entre otros.	Complementar los procesos de barrido y recolección, aumentando la productividad de los operarios y la calidad del barrido	Tener la posibilidad de disminuir los tiempos en los procesos y aminorar las cargas de trabajo.		
	Costo promedio * (US\$) 2200	Comparado con los otros sistemas de motor, tiene el menor precio de venta	Capacidad de adquirir mayor cantidad de artefactos con la misma cantidad de dinero.			
WALK BEHIND	Motor* (HP) 7,5 para recolección y barrido	Mejora el desempeño de barrido y recolección de basuras Mayores distancias recorridas por unidad de tiempo	Cubre mayor área de la ciudad en menos tiempo (ahorro tiempo)	Disminuye el esfuerzo y reduce la cantidad de operaciones.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Los sistemas comerciales presentan dificultades para accesos.</li> <li>Diseñados para ciudades con accesos e infraestructuras viales y peatonales en buen estado.</li> <li>Tienden a ser defectuosos y requerir reparaciones constantemente en ciudades con vías en mal estado como Medellín.</li> <li>Altos costos de operación</li> </ul>	
	Tracción Independiente (Posee motor de 6HP para realizar la tracción*) Velocidad* (Km./h) 6	Capacidad para ascender cuestas Capacidad para desplazarse largas distancias mientras no está barriendo	Disminuyen los tiempos de barrido y recolección, en particular en lugares con dificultades de acceso y cuestas inclinadas. Reducción de tiempos desplazamiento	Ahorrar esfuerzo durante el ascenso a pendientes Disminuye el esfuerzo para trasladarse desde el centro de acopio hasta el lugar de operaciones y viceversa.		
	Capacidad de almacenamiento (98 litros) *	Comparado con los sistemas donde el operario camina, este posee la mayor capacidad de almacenamiento	Reduce la cantidad de bolsas dejadas por el barrendero que debe recolectar	Permite la utilización de una menor cantidad de bolsas y se reducen operaciones (abrir, introducir en la caneca, cerrar, descargar)		
	Operario camina detrás del artefacto	Puede realizar funciones complementarias. Facilidad del artefacto para acceder a espacios con dificultades y obstáculos	Poder complementar los procesos de barrido y recolección, aumentando la productividad de los operarios y la calidad del barrido. Poder adicionar al artefacto sistemas de barrido y recolección que mejoren el desempeño del barrido en lugares con dificultades de acceso.	Tener la posibilidad de disminuir los tiempos en los procesos y aminorar las cargas de trabajo. Poder cubrir espacios de difícil acceso como andenes, resaltes, bolardos, escaleras, rampas, etc.		
	El operario se ubica sobre el artefacto	El operario conduce el artefacto Aumento del ángulo visual	Aumenta el desempeño de los procesos de barrido y recolección Mejora la calidad de los servicios prestados al disminuir la probabilidad de ocurrencia de accidentes indeseables (Daño de maquina o daños a terceros)	Poder concentrarse en conducir el artefacto y disminuir así el esfuerzo físico Poder tener mas control sobre lo que se está haciendo		
	Tracción Independiente (Posee motor de 9 HP para realizar la tracción*) Velocidad *(Km./h) 7	Mayores distancias recorridas por unidad de tiempo que cualquier otro sistema (5283m <sup>2</sup> /h) Capacidad para ascender cuestas (20%) Capacidad para desplazarse largas distancias mientras no está realizando el barrido Aumenta la velocidad y la potencia mejora el desempeño de barrido y recolección de basuras	Poder barrer más veces el mismo sector, o cubrir mayores distancias y áreas de barrido con menos artefactos y operarios Disminuir los tiempos de barrido, recolección y desplazamiento en lugares con dificultades de acceso por inclinaciones en las vías Reducir los tiempos de desplazamiento y mejorar la efectividad en el proceso Reducción de	Poder aumentar su desempeño con mucho menos esfuerzo Ahorrar esfuerzo en la subida de pendientes No tener que realizar ningún esfuerzo para trasladarse desde el centro de acopio hasta el lugar de operaciones y viceversa. Disminuir el esfuerzo y reducir la cantidad de operaciones.		
Capacidad de almacenamiento	Es el sistema que mayor capacidad de almacenamiento tiene	Tener la capacidad de transportar la basura a centros de transferencia y no dejarla para que se recoja. Así se reducen costos de operación, tiempo y utilización de recursos.	No tener que realizar ningún tipo de operación de evacuación en el proceso.			
RIDE ON					<ul style="list-style-type: none"> <li>No tienen ningún acceso a andenes, parques, entre otros.</li> <li>Altos costos de inversión y operación.</li> <li>No se pueden realizar operaciones adicionales al barrido como, remover maleza, vaciar canecas de aseo, limpiar alcantarillas, etc.</li> <li>Diseñados para ciudades con accesos e infraestructuras viales y peatonales en buen estado.</li> <li>Tienden a ser defectuosos y requerir reparaciones constantemente en ciudades con vías en mal estado como Medellín.</li> </ul>	

- Barrido manual

La principal característica de “la escobita” es que puede acceder y operar en cualquier lugar público en el que sea requerido barrer y limpiar. Conforme al SIAM<sub>5</sub> las operaciones de barrido deben incluir aquellos espacios públicos a los que “la escobita” solo puede acceder caminando, con sus instrumentos de trabajo y dejando la caneca de recolección en un lugar seguro.

Los costos operativos del artefacto como tal son los más bajos por un amplio margen, pero debido a su baja productividad en el barrido, la empresa requiere una gran cantidad de operarios, generando un alto costo en mano de obra.

El segundo aspecto importante es que “la escobita” puede realizar sin problemas todas las actividades que el SIAM<sub>5</sub> plantea: Barrido, cordoneo, limpieza de alcantarillas, vaciado de canecas públicas, entre otras más.

La principal desventaja de la escobita es el alto esfuerzo físico por parte de operario y la baja productividad del proceso. Otro aspecto negativo importante es la alta exposición que tienen los operarios a accidentes en las vías públicas.

- Barredora manual

Comparado con los otros sistemas, es un producto económico; sus costos de operación son muy bajos, pues no requiere combustibles ni recargas de batería. Sus costos de mantenimiento son muy bajos, pues sus componentes son sencillos y sus mecanismos simples.

Gracias a su bajo peso, es fácil de manipular, transportar, maniobrar (puede subir y bajar escaleras). Su tamaño reducido facilita su almacenamiento.

El contenedor de residuos es fácil de alcanzar y limpiar o sustituir, dependiendo del sistema que utilice la barredora.

Su operación es fácil de aprender y de llevar a cabo, y solo se requieren 2.5 Kg<sup>9</sup> de fuerza para hacerlo caminar.

No contamina el ambiente.

Entre sus aspectos negativos, se encuentra que:

No puede barrer si no avanza, por lo tanto se dificulta la limpieza en zonas no lineales.

Debido a su reducido tamaño, el volumen de almacenamiento en el contenedor es muy poco.

Poca eficiencia en el barrido, comparada con las otras barredoras.

Presenta dificultades para barrer residuos muy pequeñas (como polvo) o residuos muy grandes (como latas o vasos). Solo es eficiente para uso doméstico.

Al no brindar desplazamiento mecánico automático, exige un esfuerzo físico medio para su operación, comparada con la push-behind.

- “Push-behind” o Empuje trasero

Al ser relativamente liviano, comparado con los otros productos, permite una mayor versatilidad para acceder a espacios remotos como parques, andenes, escaleras, entre otros.

Su volumen de almacenamiento de residuos puede ser mayor que el de los demás, pues al no tener tantos mecanismos, permite más espacio para el contenedor de basura recogida.

Es más fácil de usar y exige menos operaciones adicionales.

Requiere un bajo mantenimiento.

Este tipo de producto, no es apto para una ciudad como Medellín, pues el operario tendría que realizar un gran esfuerzo físico para operarlo en vías

---

<sup>9</sup> Brochure Tennant 110

inclinadas. Debido a ese esfuerzo exigido al operario, el tiempo de operación aumenta.

Para que este proceso fuera viable, se requiere un producto liviano (materiales, motor de muy bajo caballaje) y de poca acumulación de basura, incrementando la cantidad de bolsas requeridas, para así completar un ciclo diario de barrido.

- Walk-behind

Presenta un excelente desempeño y eficiencia, pues es autopropulsado, lo cual aumenta la velocidad de operación.

Es versátil y fácil de manejar.

Al tener un radio de giro pequeño, es más fácil de acceder a espacios reducidos.

Cuenta con una excelente capacidad de almacenamiento.

Exige unos altos costos de operación. En general tiene un precio elevado.

Sigue siendo ineficiente en comparación con el método ride-on.

Se presta para incorporar aspiradora adicional.

- Ride-on o montado

En zonas sin obstáculos son extremadamente ágiles y de gran eficiencia.

Son ideales para cordones viales.

Posee una gran capacidad de almacenamiento. El gran espacio destinado para el combustible le brinda mayor autonomía.

Ofrece una mayor protección para el operario.

Su desplazamiento es más eficiente mientras no se realiza el proceso de barrido, lo que hace mas rápido los traslados de un lugar a otro.

Demanda menor cantidad esfuerzos físicos, pero requiere que el operario abandoné constantemente el vehículo para realizar actividades como vaciado de

papeleras, descarga de bolsas llenas, limpieza de aceras altas o zonas de difícil acceso.

Presenta unos altos costos de mantenimiento.

Es difícil acondicionarle funciones complementarias.

Tiene un precio muy elevado.

## CONCLUSIÓN

Luego de estudiar los productos existentes, sus características, beneficios para el operario y la empresa, atributos, ventajas y desventajas; se concluye que el producto más adecuado para solucionar el problema actual, sería una barredora walk-behind, pues además de conservar los atributos de las barredoras ligeras, al ser compacta y ágil, brinda la posibilidad de maniobrar el producto con el menor esfuerzo posible, y se adapta a las exigencias de espacio y topografía de la ciudad.

Con la infraestructura local, los recursos disponibles, los conocimientos propios y la asesoría de expertos, se puede producir un vehículo con estas características cumpliendo con los requisitos suficientes para diseñar una solución integral a la situación de diseño planteada.



### 3. DESARROLLO DEL NUEVO PRODUCTO

En el Marco teórico (sección 2.1) se expuso la metodología a utilizar, los resultados de estas etapas de análisis y diseño se resumen a continuación.

#### 3.1. CLARIFICACIÓN DE OBJETIVOS

Para Cross (1999:p. 60), los objetivos de diseño también se denominan requerimientos del cliente, necesidades del usuario o propósito del producto. Son la mezcla de fines abstractos y concretos que el diseño debe tratar de satisfacer o alcanzar.

El OBJETIVO PRINCIPAL, que se establece luego de analizar el mercado, los posibles usuarios y la problemática actual, es:

**“Desarrollar un vehículo “walk-behind”<sup>1</sup> que mejore el proceso de limpieza de calles y áreas extensas. Debe ser un sistema de barrido y recolección de residuos viarios eficiente<sup>2</sup>, económico<sup>3</sup>, compacto<sup>4</sup>, adaptable a diversos terrenos y de fabricación Colombiana.”**

A continuación se presenta el *Árbol de Objetivos* (figura 21), donde se resumen los principales deseos propuestos por operarios del barrido, trabajadores de empresas de aseo y distribuidores de maquinaria, y los principales atributos concluidos del análisis de la competencia.

---

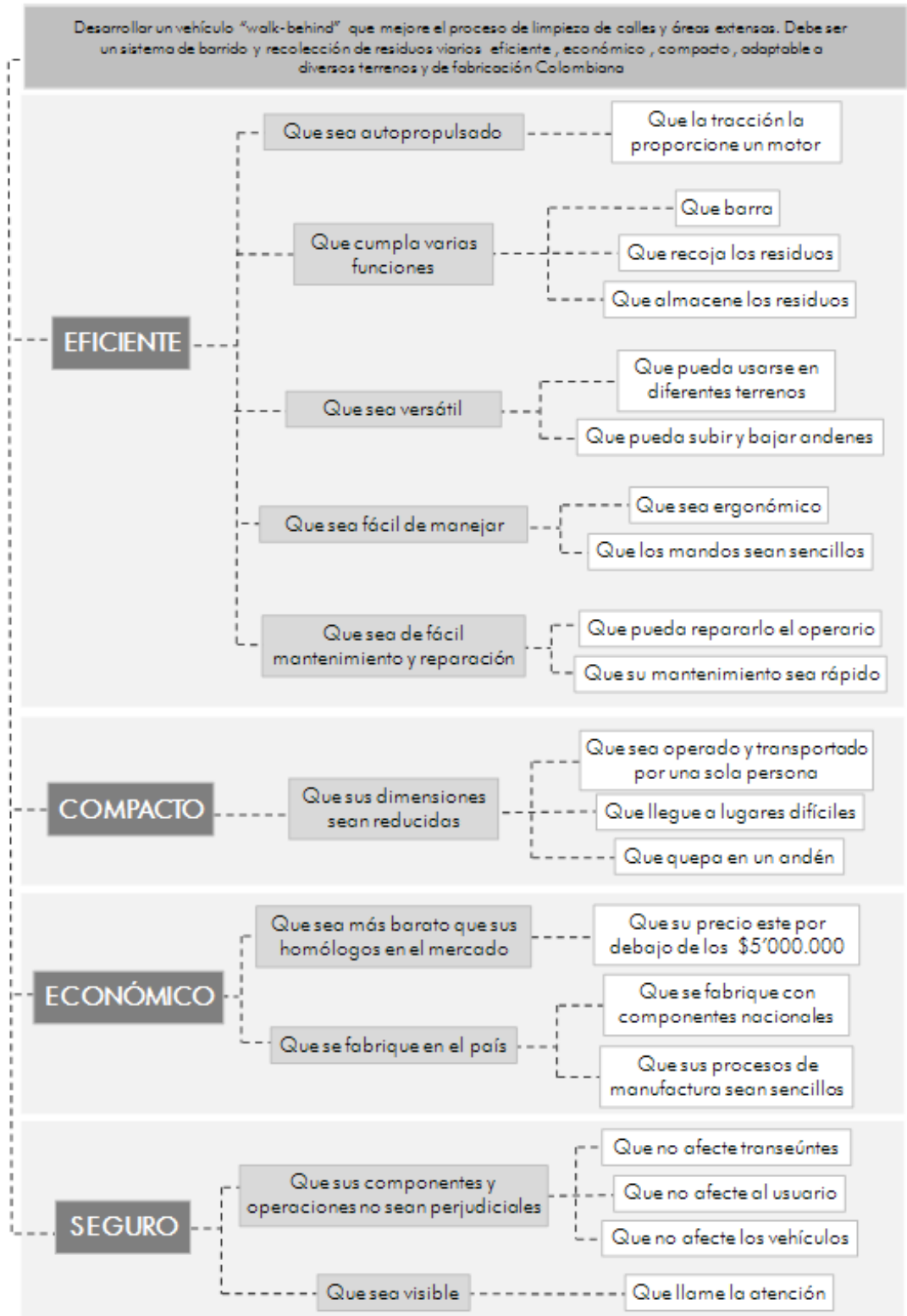
<sup>1</sup> Término acuñado que traduce “caminar detrás”

<sup>2</sup> Productividad mayor a 4000m<sup>2</sup>/hora a una velocidad de 5 Km/h

<sup>3</sup> Precio inferior a \$5'.000.000 (Col)

<sup>4</sup> Dimensiones menores a 1100 x 1300 x 850 mm (h\*l\*a)

Figura 22. Árbol de objetivos



Fuente. Elaboración propia.

Una vez clarificados y establecidas las categorías de los objetivos, se continúa con la siguiente etapa, donde se estudian los medios para alcanzar estos objetivos, a través de la fijación de requerimientos.

### **3.2. DESARROLLO DEL CONCEPTO**

El diseño conceptual es la etapa del proceso en la que, por medio de la identificación de problemas a través de la abstracción, la creación de estructuras funcionales y la búsqueda de combinaciones de solución, se va definiendo un camino para establecer un concepto de solución.

#### **3.2.1. Fijación de Requerimientos**

Los productos son susceptibles de un análisis de los atributos tangibles e intangibles que conforman lo que puede denominarse como su personalidad. Este análisis se efectúa a través de la evaluación de una serie de factores que permiten realizar una disección del producto, partiendo de los elementos centrales hasta los complementarios, tanto de los nuestros como los de la competencia.<sup>5</sup>

Los requerimientos se estudiaron detalladamente en el “Análisis del entorno a través de los límites del producto” (ver Anexo B) y además, se encuentran sintetizados en el PDS. (Ver Anexo C).

Luego de analizar las características más importantes de las barredoras y definir los requerimientos del nuevo producto, se examinará la parte funcional del producto.

---

<sup>5</sup> <http://www.marketing-xxi.com/atributos-de-producto-35.htm>

### 3.2.2. PROCESO DE DISEÑO PARA DEFINICIÓN DE FORMA

Tomando como referencia la técnica de diseño propuesta por Mike Baxter, se desarrollaron una serie de "Mood Boards"<sup>6</sup> para tener un acercamiento visual a la definición de los usuarios.

Se busca identificar por medio de la realización de un "collage de emociones" o "Mood board", los sentimientos y emociones que los productos generan cuando son percibidos. Este collage debe capturar los sentimientos pero sin referir productos específicos que puedan sesgar el proceso de diseño.

Los mood boards realizados fueron: (ver Anexo D)

- El problema
- El concepto

El resultado de esta etapa debe inspirar al diseño del producto en términos de sensaciones y sentimientos. El producto al final estará conceptualizado dentro de un lenguaje visual coherente al usuario, el contexto y la función.

### 3.2.3. Establecimiento de funciones

#### 3.2.3.1. Caja negra

La función principal del vehículo es TRANSPORTAR los residuos que están ubicados fuera de lugar (en este caso en el suelo de las áreas urbanas, canecas públicas, alcantarillas, parques, zonas verdes, entre otras), hasta un lugar adecuado, ya sea un contenedor, una bolsa de basura desechable o una locación establecida.

En la realización de este proceso, se involucran una serie de flujos que transforman y a la vez equilibran el sistema.

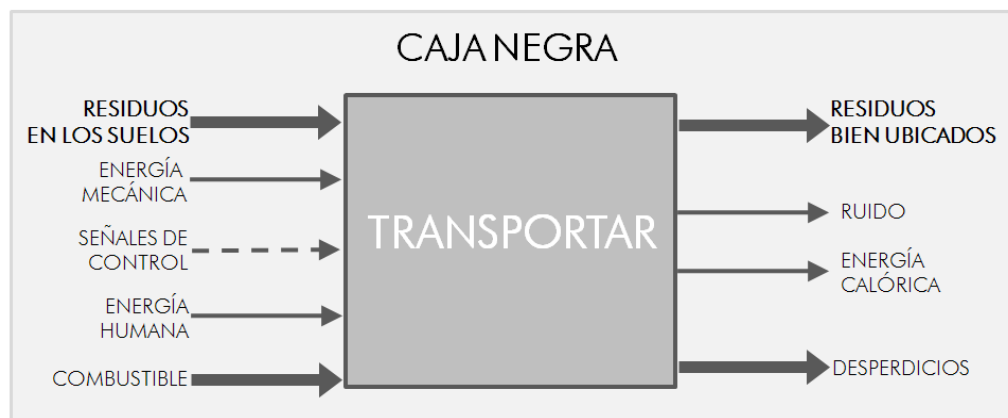
---

<sup>6</sup> Baxter 2002

- **Función principal:** Transportar
- **Flujo principal:** Residuos
- **Flujos de entrada:**
  - Residuos Sólidos: Elementos físicos, materiales que se encuentran ensuciando los espacios urbanos
  - Combustible: Elemento a partir del cual una maquina genera la potencia necesaria para impulsar los mecanismos.
  - Energía humana: es la que inicia el funcionamiento del sistema y lo controla.
  - Señales de control (on-off, dirección, freno, aceleración) que son transmitidas y transformadas para que se cumplan ordenes que envía quien lo opera.
- **Flujos de salida**
  - Residuos bien ubicados, en un lugar permitido.
  - Ruido
  - Energía calórica
  - Desperdicios (gasolina, aceite, entre otros).

Teniendo esta información identificada y clasificada, se procede a realizar la caja negra, donde se identifica de manera grafica toda la información de entradas, salidas y funciones.

Figura 23. Caja Negra



Fuente: Elaboración propia.

### 3.2.3.2. Árbol de funciones

En el árbol de funciones se desglosan las funciones secundarias del sistema, que complementan la principal.

Figura 24. Árbol de funciones. Sistema Barredora



Fuente. Elaboración propia

Para poder cumplir con la función principal, el artefacto debe realizar otra serie de sub funciones internas que se dividen en:

- Soportar

El vehículo debe poseer un sistema que soporte todos los elementos y mecanismos.

- Controlar

Esta función incluye los sistemas de control del vehículo, desde donde se maniobrará y se enviarán las señales al resto del aparato. El operario a través de energía humana, envía una señal al mecanismo correspondiente para que se active o desactive y así dirige el funcionamiento general del vehículo.

Al igual que todas las barredoras, esta debe dividir la función del barrido en las siguientes sub funciones:

- Propulsar

Esta función es la que da el movimiento al vehículo, a través de un generador de potencia determinado, que transmite un torque calculado.

- Transportar

Una vez reunidos los residuos en el contenedor, deben ser transportados al lugar donde se descargarán.

- Almacenar

Esta función busca retener los residuos en su ubicación final.

- Orientar

Esta función consiste en reunir o converger los residuos del suelo en un solo lugar para ser fácilmente reubicados.

- Aislar

Esta función permite hacer variaciones en el funcionamiento del artefacto. Permite separar las revoluciones del motor del sub sistema de propulsión o sistema de transporte.

### 3.3. DISEÑO A NIVEL DE SISTEMA

#### 3.3.1. Caja Morfológica.

En la caja morfológica se ubica en la primera columna la "acción" o función y en las columnas siguientes los posibles portadores físicos.

Tabla 11. Diagrama Morfológico

FUNCIONES	MEDIOS			
SOPORTAR	Lámina troquelada	Tubería	Carcasa auto-portante	Lámina y Tubería
GENERAR	Motor eléctrico	Motor 2 tiempos	Motor 4 tiempos	Motor a gas
TRANSMITIR	Engranajes	Polea y banda	Polea y banda dentada	Sprocket y cadena
REDUCIR	Motoreductor	Juego de poleas	Polea centrífuga	Diferencial reductor
AISLAR	Clutch	Polea de embrague	Tensión de bandas	Polea centrífuga
REUNIR	1 cepillo lateral	2 cepillos laterales	Cepillo central	Aspiradora
TRANSPORTAR	Un cepillo central	Aspiradora	Banda transportadora	
ALMACENAR	Estructura en Tubería	Contenedor metálico	Contenedor plástico	
ORIENTAR	Hidráulica	Llantas giratorias	Barras	
FRENAR	Disco Guaya	Disco Hidráulico	Pastas en V	Pasta Herradura

Fuente: Elaboración propia

Según lo planteado en el capítulo anterior, se dispone a realizar la ponderación de los sistemas para evaluar, de cada función, que portador físico es el más apropiado para la posible solución.

Para la evaluación de los portadores de función, se seleccionaron las 6 características que se consideraban más importantes, para utilizarlas como criterios de evaluación. A cada una se le asignó un peso específico, como se observa en la Tabla 12.

Tabla 12. Nomenclatura utilizada en la evaluación cuantitativa de la tabla 13. Se incluye el peso que se le asigna a cada variable según su importancia

CARACTERÍSTICA	ABREVIACIÓN	PESO
Desempeño	D	20
Tamaño	T	15
Peso	P	10
Manufactura o Adquisición	MF/AD	20
Reparación y Mantenimiento	RP/MN	15
Precio	\$	20
	TOTAL	100

Fuente: Elaboración propia.

Luego de seleccionados los criterios de evaluación y sus respectivos pesos, se evaluó cada parámetro cuantitativa e individualmente, con el fin de elegir solo una ruta a seguir( Ver Tabla 13).



Estos criterios se clasifican en 1, 2 y 3, siendo 3 el mayor puntaje.

Los mayores puntajes de la tabla, se resaltan y así se concluye la ruta a seguir.

Tabla 13. Evaluación cuantitativa de portadores físicos de función.

PORTADOR		D	T	P	MF AD	RP MN	\$	D	T	P	MF AD	RP MN	\$	TOTAL
		20	15	10	20	15	20	20	15	10	20	15	20	
SOPORTAR	Lámina troquelada	3	3	3	2	2	1	60	45	30	40	30	20	225
	Tubería	1	1	2	3	3	3	20	15	20	60	45	60	220
	Carcasa autoportante	3	3	3	1	1	1	60	45	30	20	15	20	190
	Lámina y Tubería	2	2	2	2	3	2	40	30	20	40	45	40	215
GENERAR	Motor eléctrico	1	1	1	2	3	1	20	15	10	40	45	20	150
	Motor 2 tiempos	2	2	2	2	1	3	40	30	20	40	15	60	205
	Motor 4 tiempos	3	2	2	3	3	2	60	30	20	60	45	40	255
	Motor a gas	3	1	1	2	1	2	60	15	10	40	15	40	180
TRANSMITIR	Engranajes	3	2	1	1	3	1	60	30	10	20	45	20	185
	Poleas y bandas	2	3	3	3	3	3	40	45	30	60	45	60	280
	Polea y banda dentada	3	3	3	2	2	1	60	45	30	40	30	20	225
	Sprocket y cadena	2	3	2	2	2	2	20	15	10	20	15	20	100
REDUCIR	Motoreductor	3	1	1	1	1	1	60	15	10	20	15	20	140
	Juego de poleas	2	2	3	2	3	3	40	30	30	40	45	60	245
	Polea centrífuga	1	3	3	3	2	2	20	45	30	60	30	40	225
	Diferencial reductor	3	1	1	1	1	1	60	15	10	20	15	20	140
AISLAR	Clutch	3	2	2	1	2	1	60	30	20	20	30	20	180
	Polea de embrague (guaya)	2	3	3	2	3	3	40	45	30	40	45	60	260
	Tensión de bandas	2	3	3	3	2	3	40	45	30	60	30	60	265
	Polea de embrague (centrífuga)	1	3	1	2	1	1	20	45	10	40	15	20	150
RELINIR	Un cepillo lateral	2	2	2	1	2	2	40	30	20	20	30	40	180
	Dos cepillos laterales	3	1	1	1	2	1	60	15	10	20	30	20	155
	Cepillo central	1	3	3	1	2	2	20	45	30	20	30	40	185
	Aspiradora	2	3	3	1	2	1	40	45	30	20	30	20	185
CONTENER/TRANSPOR	Un cepillo central	2	2	3	1	2	2	40	30	30	20	30	40	190
	Aspiradora	2	3	2	1	2	1	40	45	20	20	30	20	175
	Banda transportadora	3	1	1	1	1	1	60	15	10	20	15	20	140
CONTENER	Estructura en Tubería	2	3	2	3	2	1	40	45	20	60	30	20	215
	Contenedor metálico	3	2	1	3	2	2	60	30	10	60	30	40	230
	Contenedor plástico	3	2	3	3	2	2	60	30	30	60	30	40	250
DIRECCION	Hidráulica	3	1	1	1	1	1	60	15	10	20	15	20	140
	Llantas giratorias	2	3	3	3	3	3	40	45	30	60	45	60	280
	Barras	2	3	3	3	2	2	40	45	30	60	30	40	245
FRENO	Disco Guaya	3	2	2	2	3	2	60	30	20	40	45	40	235
	Disco Hidraulico	3	2	2	1	1	1	60	30	20	20	15	20	165
	Pastas V	3	2	2	3	1	2	60	30	20	60	15	40	225
	Pastas Herradura	1	1	1	3	3	3	20	15	10	60	45	60	210

Fuente: Elaboración propia

Una vez establecida la ruta, se define el diagrama morfológico para el desarrollo del nuevo producto; en la Tabla 14 se observan los resultados.

Tabla 14. Diagrama morfológico según la ruta seleccionada.

FUNCIONES	MEDIOS	
SOPORTAR	Lámina troquelada	
GENERAR	Motor 4tiempos	
TRANSMITIR	Polea y banda	
REDUCIR	Juego de poleas	
AISLAR	Tensión de bandas	
REUNIR	Aspiradora	
TRANSPORTAR	Aspiradora	
ALMACENAR	Contenedor de plástico	
ORIENTAR	Ruedas giratorias	
FRENAR	Disco Guaya	

Fuente: Elaboración propia

A partir de los datos obtenidos comienza la corporificación, que se tratará en el siguiente capítulo.

## 4. PROPUESTA DE DISEÑO

### 4.1. INTRODUCCIÓN

Durante el proceso de recopilación de información en los capítulos anteriores, donde se aborda el panorama general del problema, el equipo de diseño de producto determino como una solución viable la siguiente propuesta de diseño. Esta propuesta está configurada para abordar el problema de una manera concisa e inteligente, donde se evidencian las herramientas del ingeniero de diseño y se ponen en práctica algunas de estas como: exploración e investigación, generación de alternativas, análisis de alternativas, selección de componentes y mecanismos entre otras.

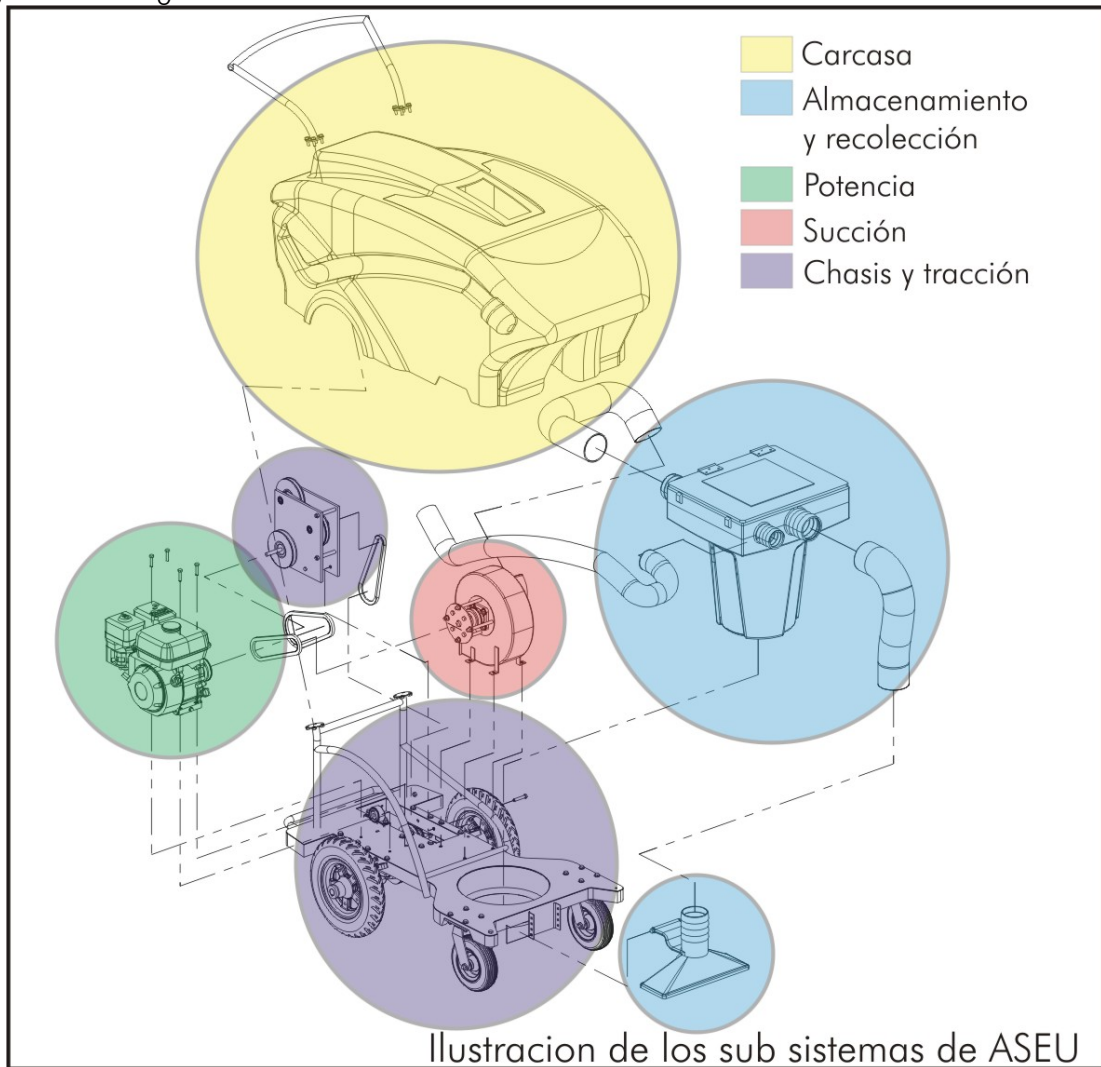
ASEU es un artefacto utilizado para transportar basura del suelo o un lugar inapropiado a una bolsa plástica utilizando un sistema de succión impulsado por un motor a gasolina. Además del proceso de reubicación de las basuras ASEU tiene la posibilidad de desplazarse autónomamente mientras realiza el proceso de aspirado.

ASEU es la unión de una serie de componentes y tecnologías locales convergidas en un diseño que pretende abordar de una manera eficiente el problema planteado frente al barrido y recolección de las basuras en vías o áreas extensas.

ASEU está constituido por los siguientes subsistemas (Ver Figura 25), que más adelante se analizarán más detalladamente:

Chasis, motor, tracción, succión, almacenamiento, recolección y carcasa.

Figura 25. Diagrama ilustrativo de los subsistemas.



Fuente: Elaboración Propia.

## 4.2. DESCRIPCIÓN DETALLADA DE CADA SUBSISTEMA

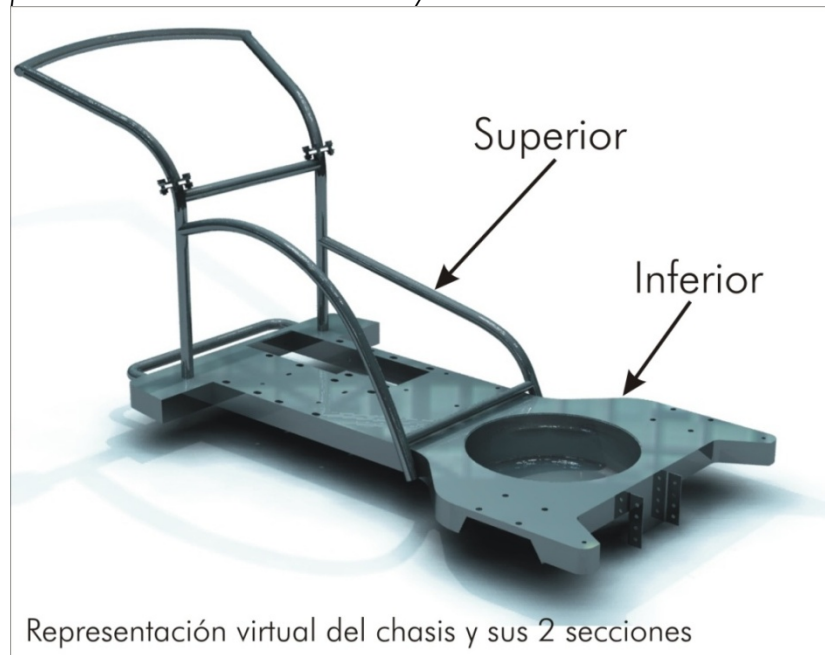
### 4.2.1. Chasis

El chasis es el esqueleto o estructura que soporta todos los demás componentes del artefacto, brinda protección y estructura a otros componentes que lo requieren como la carcasa o la caneca y garantizar que el chasis cumpla sus funciones de soporte y protección fabricándose en material resistente a los

impactos, compresión, tensión e intemperie. Este material deberá ser de fácil consecución y de bajo perfil económico debido a la naturaleza misma del producto. El material seleccionado fue lámina cold-roll calibre 14 y tubería mecánica de 1 pulgada diámetro calibre 16.

Uno de los principales factores de éxito del proyecto está en lograr un diseño de chasis económico, liviano, resistente y de fácil manufactura. Este último factor, (facilidad de manufactura) es considerado como el de mayor importancia y por tal motivo determina las características formales que se pueden lograr. El equipo de diseño logro un balance entre los 2 procesos de manufactura: manual (corte, soldadura, pulidora) y en serie (troqueles y moldes) pretendiendo así, que bajo cualquier proceso de manufactura seleccionado, el proyecto esté en condiciones de ser fabricado.

Figura 26. Representación virtual del chasis y sus 2 secciones.



Fuente: Elaboración Propia.

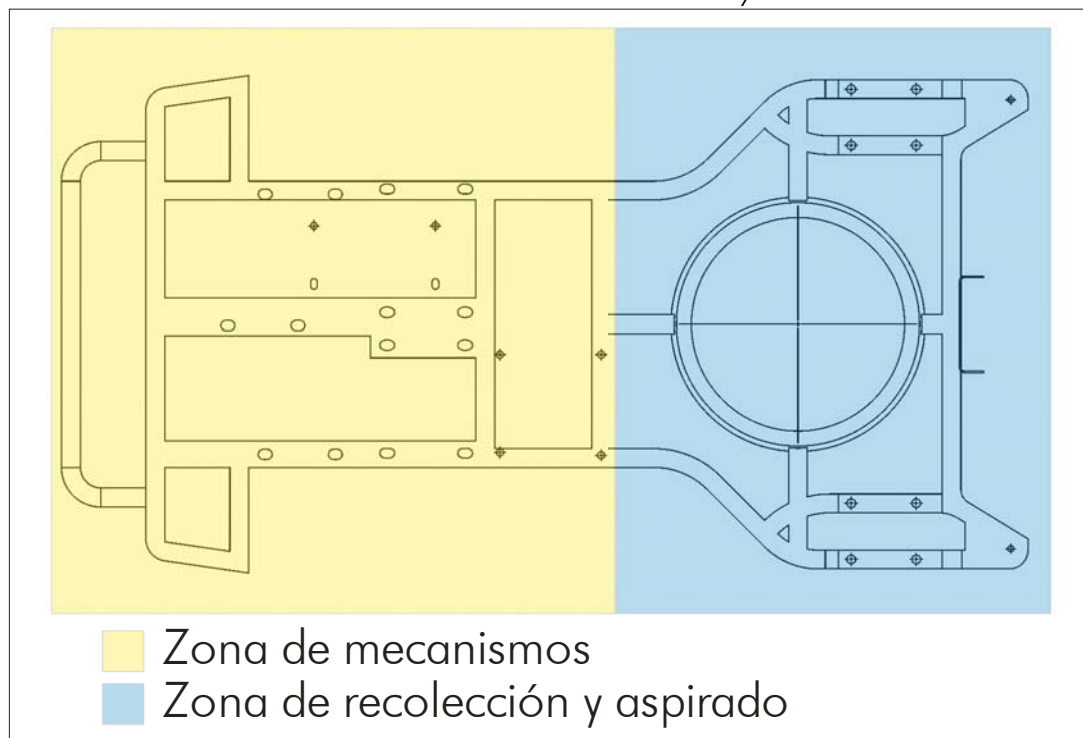
El chasis está dividido en 4 secciones. La sección inferior y la sección superior, que a su vez están divididas en 2. La sección inferior es la que hace de soporte a los otros componentes, mientras que la sección superior está encargada de dar estructura a la carcasa y extenderse en los mandos del producto.

#### 4.2.1.1. Sección inferior

La sección inferior está dividida en la sección trasera y delantera. La sección trasera es la que alberga todos los componentes mecánicos que se encargan de producir la succión y la tracción (Ver figura 27).

En la parte frontal está ubicado el sistema de recolección o succión y por tal motivo se busca un ensanchamiento del chasis, esto con el objetivo de lograr estabilidad y mayor área de cobertura en la boca de recolección.

Figura 27. Ilustración detallada de la zona de mecanismos y zona de recolección



Fuente: Elaboración Propia.

Los elementos que se fijan a la parte inferior del chasis por medio de tornillería estándar son:

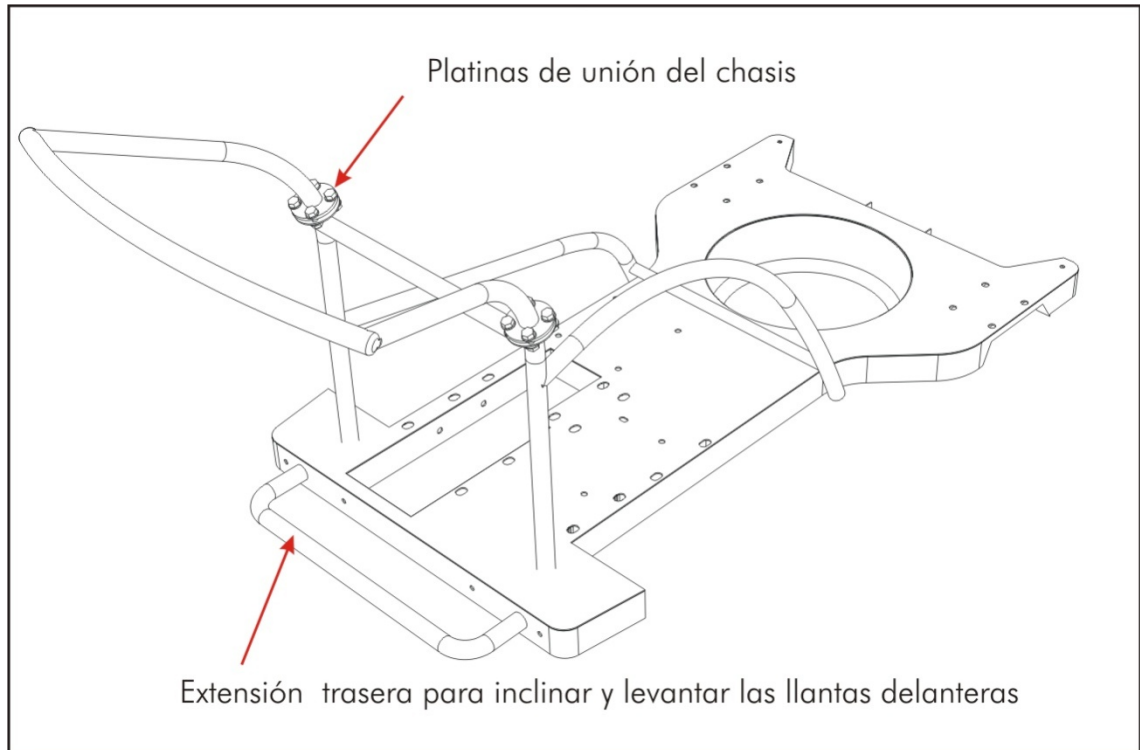
- Motor de 5.5 caballos de fuerza
- Ventilador de 10"
- 4 Chumaceras de ejes de llantas
- 2 Llantas libres
- Reductor de revoluciones
- Caneca
- Boca de aspiración

En la parte de atrás, el chasis tiene en tubería circular de una pulgada, es una extensión que sale de la carcasa. Esto está ubicado estratégicamente para que el operario pueda levantar las llantas delanteras aplicando su propio peso sobre dicha extensión. Esto se pretende lograr cuando el artefacto va a superar un obstáculo o subir a un andén o escalón.

#### **4.2.1.2. Sección superior**

La sección superior está fabricada en tubería circular de una pulgada de diámetro. Cuando se realiza el ensamble del producto, primero se arma el chasis, seguido por la carcasa y después se ensambla la continuación externa del chasis (para un mejor ilustración, referirse a la figura 28). Para la unión de los 2 tramos se utilizan 2 platinas de sección circular con 4 perforaciones para tornillos de 5/16" cabeza hexagonal. Por la parte interna de la carcasa las tuercas están soldadas a la platina para no tener que hacer contratuerca al apretar o soltar los tornillos.

Figura 28. Diagrama de ensamble del chasis. Detalle unión de la sección superior y la extensión trasera en la sección inferior del chasis.



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.2. Motor

El motor seleccionado para el proyecto es un motor Honda GX160 a gasolin, 4 tiempos, encendido eléctrico y eje horizontal, distribuido en Colombia por la empresa Energía & Potencia, actual patrocinador y colaborador intelectual de este proyecto. La selección de este motor está basada en varios criterios básicos planteados en las primeras secciones de este trabajo.

- La autonomía del motor deberá depender de combustible líquido transportable en contenedores.
- No se deben utilizar combustibles gaseosos almacenados a alta presión.
- No se debe utilizar baterías ni conexiones directas.
- 5.5 caballos de fuerza.



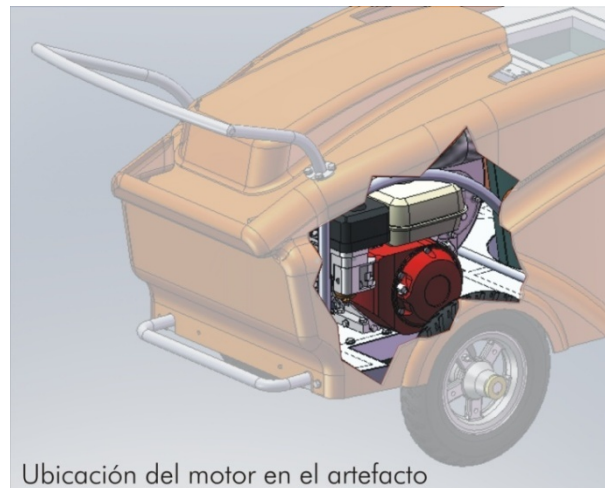
#### 4.2.2.1. Especificaciones del motor.

Tabla 15. Especificaciones del motor

Marca	Honda	-	Valvulas	4	-
Referencia	GX 160	-	Potencia HP	5,5	hp
Eje	Horizontal	-	Peso en seco	15	Kg
Longitud x ancho x largo	304x362x335	mm	Cilindraje	163	cm <sup>3</sup>
Potencia maxima	4,0 (a 3600 rpm)	Kw	Capacidad de aceite	0,6	Lt
Sistema enfriamiento	Aire forzado	-	Capacidad de combustible	3,6	Lt
Rotacion del eje	Izquierda	-	Consumo de Combustible	313	g/kWh

Fuente: Adaptada de manual de usuario Honda GX160

Figura 29. Diagrama de ASEU. Ubicación del motor en el producto.



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.3. Tracción

El sistema de tracción de ASEU consiste en los componentes, partes y subensambles que hacen que este pueda utilizar la potencia generada por el motor y convertirla en movimiento lineal, además de poder orientar la maquina o detenerla.

Para explicar el proceso de tracción, iniciaremos del origen del movimiento. Un eje de 3/4" girando a 3600 RPM con un torque aproximado de 5 caballos de

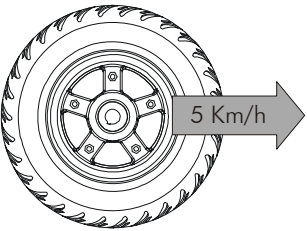
fuerza. De ahí en adelante comienza el recorrido por el cual, dicho movimiento se convierte en la tracción o movimiento lineal de ASEU.

#### 4.2.3.1. Reductor de velocidad

Partiendo de la velocidad máxima de operación, calculada en 5 km/h por factores humanos, y teniendo presente que el motor deberá trabajar a 3600 rpm debido a que el mismo torque será utilizado en el ventilador, el factor de reducción de revoluciones será de 1:0.02 calculado para una llanta de 14" diámetro.

Tabla 16. Cálculos para determinar el factor de reducción de revoluciones entre el motor y el eje de la llanta.

RPM? Con diámetro 14" y velocidad 5 Km/h

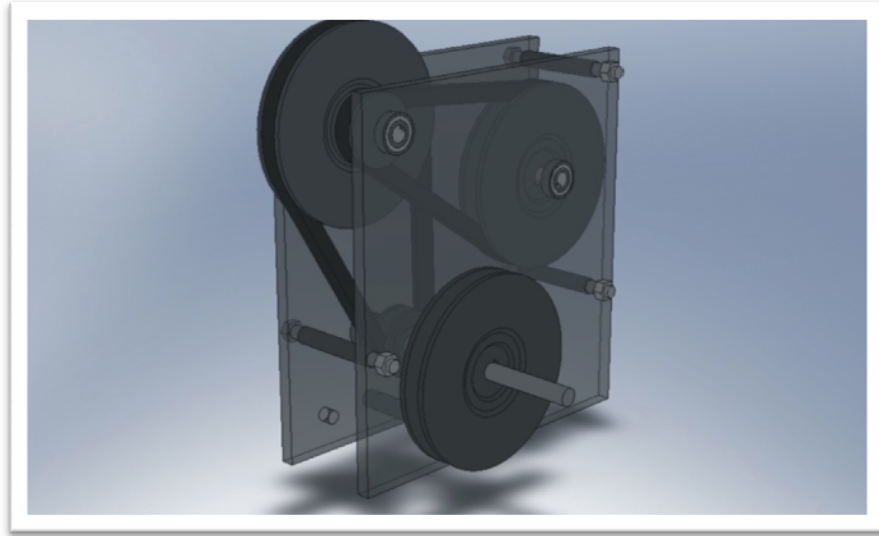


valor buscado	formula	resultado	unidades
Diametro de rueda	-	14	pulgadas
Diametro de rueda	(diametro inch) x 0,0254	0,3556	metros
Perimetro rueda	= diametro x pi	1,117150348	metros
Perimetro rueda	diámetro mt ÷ 1000	0,00111715	Km
Velocidad	-	5	Km/h
# revoluciones para 5 km	5km÷perimetro rueda	4475,673315	RPH
RPM	RPH ÷ 60	74,59455525	RPM

Fuente: Elaboración Propia

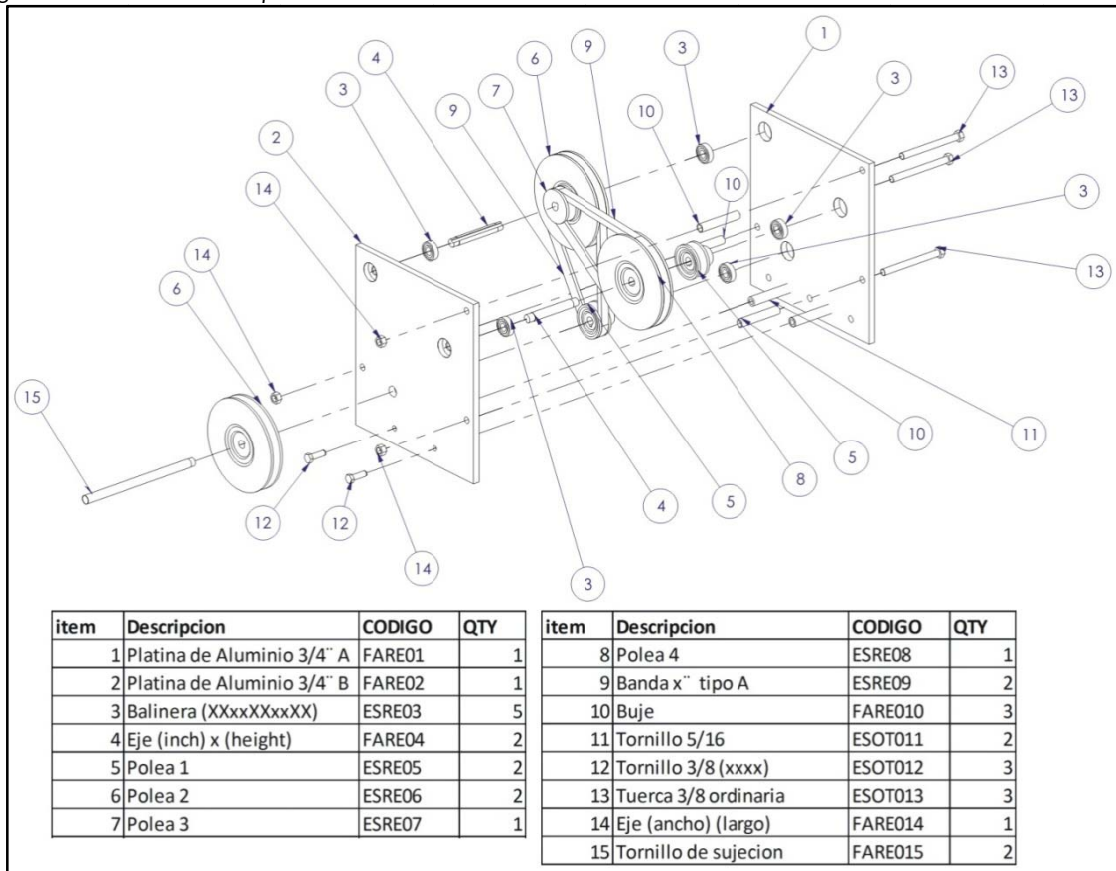
A partir de los cálculos tenemos que, las 3600 RPM provenientes del motor tienen que ser reducidas a **75** RPM. Ante la imposibilidad de conseguir un reductor estándar en el mercado que realice dicha reducción, el equipo de diseño determino diseñar y fabricar un reductor elaborado con componentes estándar y con procesos de manufactura comunes en el medio como los son el fresado manual, torno manual y el taladrado de banco entre otros. El resultado es un reductor fabricado en láminas de aluminio con las perforaciones precisas para ubicar los ejes que contienen las poleas y las bandas encargadas de reducir las revoluciones en el factor calculado.

Figura 30. Reductor de revoluciones.



Fuente: Elaboración Propia

Figura 31. Vista en explosión del reductor de revoluciones.

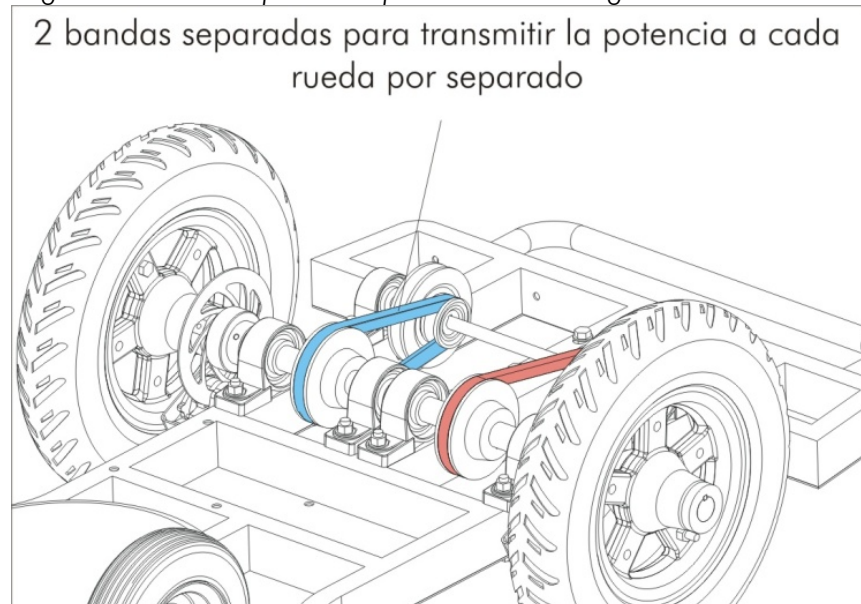


Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.3.2. Embrague

Mientras el motor esté a 3600 rpm, del reductor están saliendo aproximadamente 160 rpm. Del reductor sale una banda que transmite potencia a un eje, y este a su vez tiene 2 poleas de 2.5 pulgadas que transmiten por separado potencia a cada una de las llantas. La banda que se utiliza para transmitir la potencia al eje de las llantas es más larga que lo que debe ser y esta templada por un tensor para poder transmitir el movimiento.

Figura 32. Diagrama de montaje de las poleas de embrague



Fuente: Elaboración Propia.

El sistema de embrague utilizado por ASEU permite al operario que en determinado momento, pueda seleccionar por separado cual de las 2 llantas proporcionara tracción y empuje. Cuando una llanta comienza a girar transmitiendo potencia y movimiento por separado, generara un giro en el producto, si las 2 ruedan proporcionan potencia el artefacto se desplazara linealmente. La principal función del embrague es permitir al operario tener el motor al tope de potencia, suministrando rotación al ventilador para generar

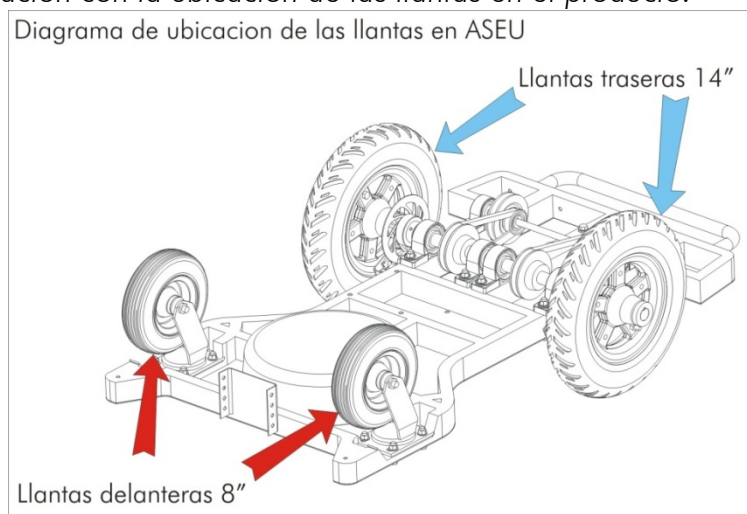
succión y no transmitir movimiento a las llantas dejando el artefacto estacionario.

Para lograr que el vehículo pueda realizar la función de aislar el motor de la tracción, se utilizó un sistema conocido como “poleas móviles” que tiemplan y destiemplan las bandas transmisoras. El operario tiene en sus mandos 2 palancas que permiten en determinado momento templan y destemplan las poleas y por consiguiente engranar o desengranar la potencia de las llantas.

#### 4.2.3.3. Llantas

Como se analizó en los capítulos anteriores, uno de los factores claves del proyecto es poder acceder a varios lugares públicos a los cuales, los vehículos o sistemas motorizados actuales de barrido y recolección no pueden acceder. Una forma de abordar este problema es implementando unas llantas que tengan la posibilidad de afrontar dichos obstáculos y que permitan al operario pasar por encima sin golpear los mecanismos.

Figura 33. Ilustración con la ubicación de las llantas en el producto.



Fuente: Elaboración propia

- Llantas traseras

Las llantas traseras son de neumático y miden 14" de diámetro. Son las llantas apropiadas para sobrellevar andenes, escalones, piedras, entre otros. Para esto se utilizó el chasis ensamblado con las ruedas y se hizo rodar (empuje manual) por encima de piedras, obstáculos y andenes. El resultado fue muy satisfactorio debido a que en ninguna de las pruebas se obstaculizó la llanta trasera, y en los andenes subió sin dificultades mayores.

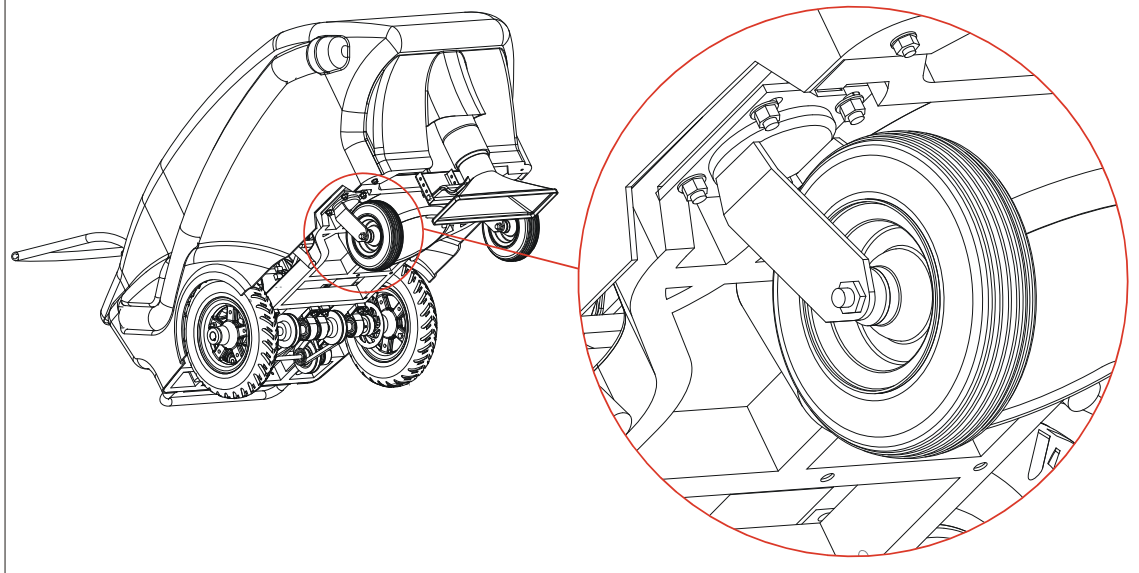
Las llantas traseras están montadas cada una sobre un eje de una pulgada, el cual está sujetado a 2 chumaceras de pedestal. La selección de estas chumaceras está fundamentada en la necesidad de utilizar herramientas básicas, no especializadas para su mantenimiento, (en este caso una herramienta bocafija de 1/2") y la posibilidad de repararlas sin necesidad de importaciones o ventas especializadas. Estas chumaceras son de carácter estándar y se consiguen en la mayoría de las tiendas de rodamientos de la ciudad.

- Llantas delanteras

Las llantas delanteras son IMSA de neumático, libres, de 8" para carga y duración. Especiales para pavimento, gravilla y cemento. Estas no poseen ningún tipo de fijación axial y por tal motivo pueden girar sobre su propio eje, Esta característica funcional de las llantas permite al operario girar en determinado momento el artefacto sobre su propio eje y acceder espacios o realizar giros donde esté comprometido el espacio y la asequibilidad.

Estas llantas no necesitan de ningún componente adicional en su instalación, solo 4 tornillos con sus respectivas arandelas y tuercas.

Figura 34. Ubicación de las llantas delanteras en el artefacto.



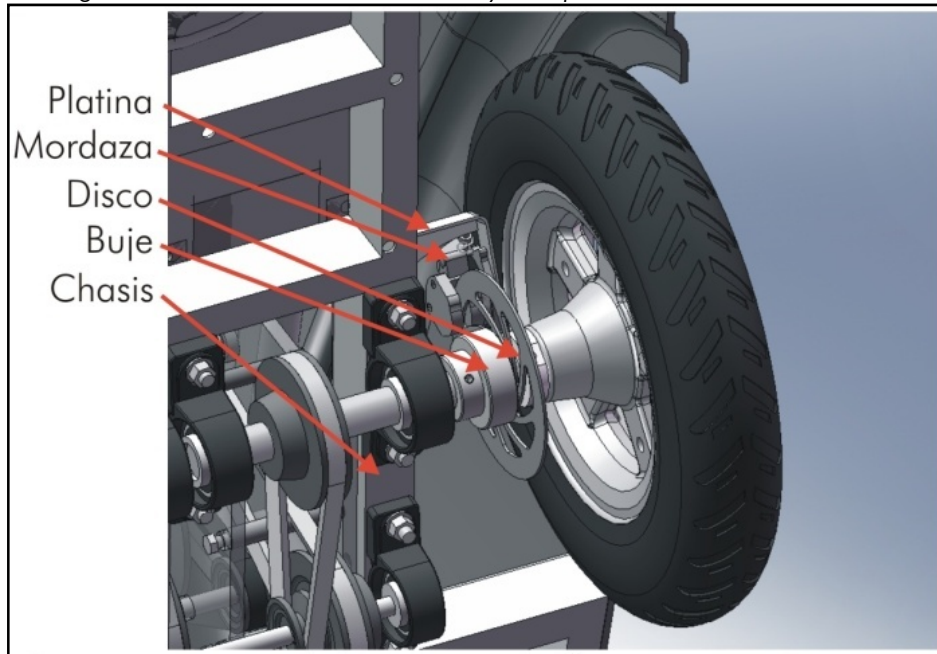
Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.3.4. Freno

Para el sistema de freno, ASEU tiene un freno de disco estándar de bicicleta de fácil adquisición y montaje. Trabaja con guaya, esto con el fin de facilitar su mantenimiento, reparaciones y garantizar su vida útil de trabajo. Para el montaje de las mordazas de los frenos, se adicionan al chasis 2 platinas diferentes, una para cada lado del chasis.

En el eje se ubica un buje diseñado y fabricado especialmente para situar el disco y transmitir el bloqueo a los ejes. Cada freno tiene su propio mando en el chasis. Para estacionar y asegurar el producto, el operario tendrá la posibilidad de bloquear la palanca del freno con una argolla, esto para evitar deslizamientos indeseados o para anclar el vehículo en terrenos accidentados o de mucha inclinación.

Figura 35. Diagrama con el sistema de freno y sus partes.



Fuente: Elaboración Propia.

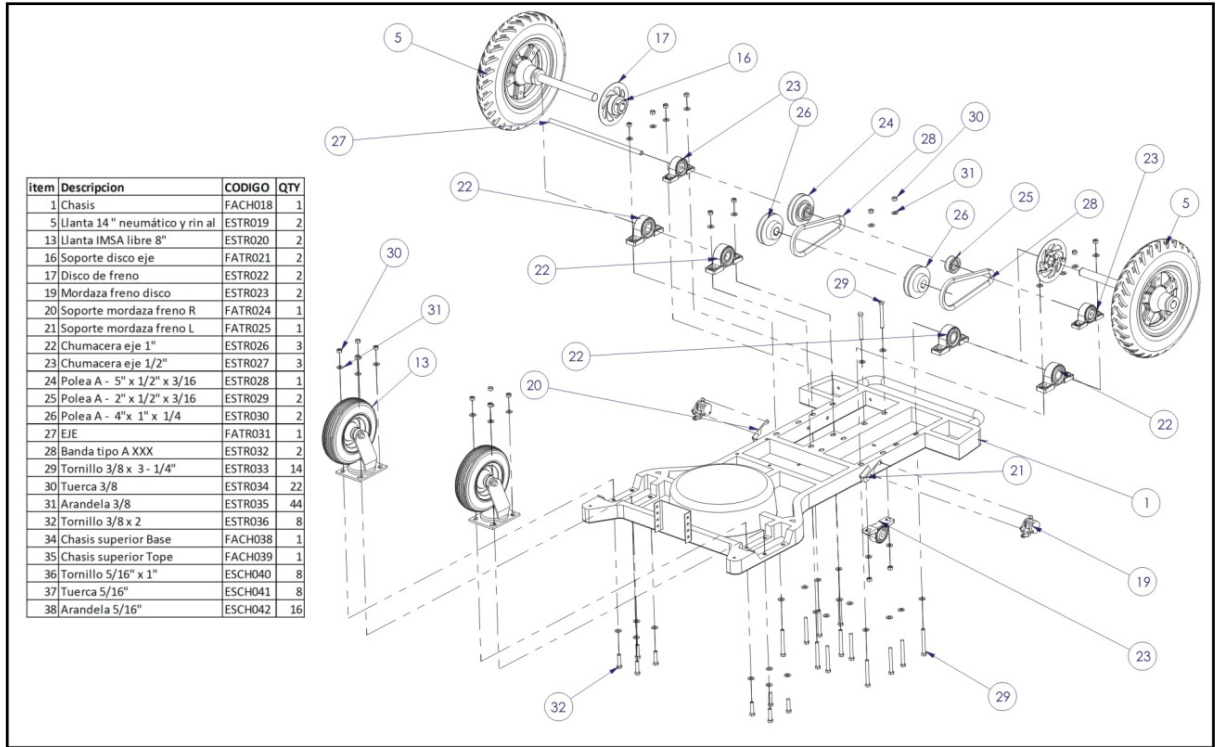
#### 4.2.3.5. Resumen

- El sistema de tracción, transmite la potencia del motor a las llantas haciendo una reducción de 1 a 0.02 para hacer que el vehículo se desplace a aproximadamente 5 km/h.
- El sistema de dirección consiste en tener 2 llantas libres en la parte delantera que permiten que el artefacto gire casi sobre su propio eje.
- El sistema de tracción permite hacer que el operario gire el vehículo alternando la tracción en cada una de las ruedas.
- El embrague funciona con bandas que se tiemplan y destiemplan
- El vehiculó permite acceder a andenes, policías acostados, alcantarillas, ramas, piedras etc.
- El vehículo tiene la posibilidad de subir cualquier inclinación permitida por la regulación de vías del país.



- El operario podrá detener el vehiculó y seguir efectuando su labor de aseo.

Figura 36. Vista de explosión del ensamble chasis - tracción.



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.4. Succión

El sistema de tracción comienza con las 3600 rpm del motor, al igual que este sistema, la succión emplea estas revoluciones para generar la potencia requerida para hacer el proceso de transporte de las partículas o basuras.

##### 4.2.4.1. Ventiladores

Un ventilador es una turbo máquina que se caracteriza porque el fluido impulsado es un gas (fluido compresible) al que transfiere una potencia con un determinado rendimiento y pueden subdividirse en cuatro grupos:

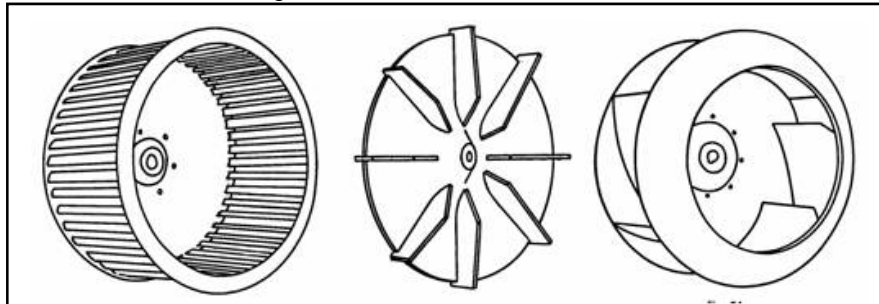
1. Ventiladores de baja presión: hasta una presión del orden 200 mm c agua (ventiladores propiamente dichos).
2. Ventiladores de media presión: entre 200 y 800 mm c agua (soplantes)
3. Ventiladores de alta presión: entre 800 y 2500 mm c agua (turbosoplantes)
4. Ventiladores de muy alta presión, mayor a 2500 mm c agua (turbocompresores)

En función de la trayectoria del fluido, todos estos ventiladores se pueden clasificar en

1. de flujo radial (centrífugos)
2. de flujo semi-axial (helico-centrífugos)
3. de flujo axial

### Ventiladores radiales (centrífugos)

Figura 37. Ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia adelante, radiales y atrás.



Fuente: Universidad Politécnica de Catalunya @

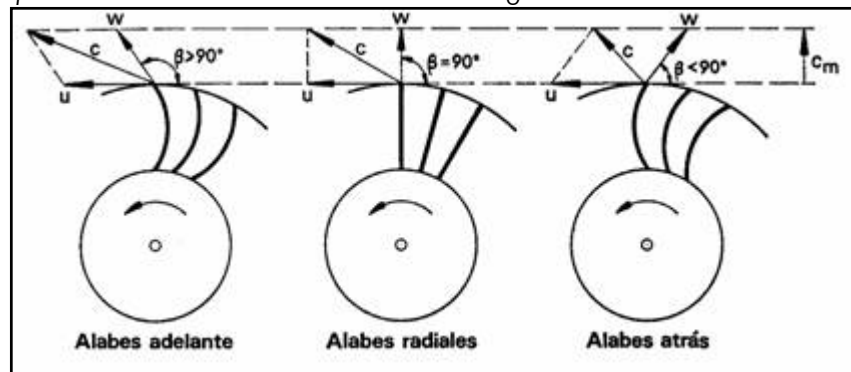
En los ventiladores centrífugos la trayectoria del fluido sigue la dirección del eje del rodete a la entrada y está perpendicular al mismo a la salida. Si el aire a la

salida se recoge perimetralmente en una voluta, entonces se dice que el ventilador es de voluta.

Estos ventiladores tienen tres tipos básicos de rodetes o rotores

- Álabes curvados hacia adelante
- Álabes rectos
- Álabes inclinados hacia atrás/curvados hacia atrás

Figura 38. Tipo de Alabes en ventiladores centrífugos.



Fuente: Universidad Politécnica de Catalunya @

Los ventiladores de álabes curvados hacia adelante (también se llaman de jaula de ardilla) tienen una hélice o rodete con las álabes curvadas en el mismo sentido que la dirección de giro. Estos ventiladores necesitan poco espacio, baja velocidad periférica y son silenciosos. Se utilizan cuando la presión estática necesaria es de baja a media, tal como la que se encuentran en los sistemas de calefacción, aire acondicionado o renovación de aire, etc. No es recomendable utilizar este tipo de ventilador con aire polvoriento, ya que las partículas se adhieren a los pequeños álabes curvados y pueden provocar el desequilibrio del rodete.

Los ventiladores centrífugos radiales tienen el rodete con los álabes dispuestas en forma radial. La carcasa está diseñada de forma que a la entrada y a la salida

se alcanzar velocidades de transporte de materiales. Existen una gran variedad de diseños de rodetes que van desde los de "alta eficacia con poco material" hasta los de "alta resistencia a impacto". La disposición radial de los álabes evita la acumulación de materiales sobre las mismas. Este tipo de ventilador es el comúnmente utilizado en las instalaciones de extracción localizada en las que el aire contaminado con partículas debe circular a través del ventilador. En este tipo de ventiladores la velocidad periférica es media y se utiliza en muchos sistemas de extracción localizada que vehicular aire sucio o limpio.

Los ventiladores centrífugos de álabes curvados hacia atrás tienen un rodete con los álabes inclinados en sentido contrario al de rotación. Este tipo de ventilador es el de mayor velocidad periférica y mayor rendimiento con un nivel sonoro relativamente bajo y una característica de consumo de energía del tipo "no sobrecargable". La forma de los álabes condiciona la acumulación de materiales sobre ellas, de forma que el uso de estos ventiladores debe limitarse como se indica a continuación:

- álabes de espesor uniforme: Los álabes macizos permiten el trabajo con aire ligeramente sucio o húmedo. No debe emplearse con aire conteniendo materiales sólidos ya que tienen tendencia a acumularse en la parte posterior de los álabes.
- álabes de ala portante: Los álabes de ala portante permiten mayores rendimientos y una operación más silenciosa. Los álabes huecos se erosionan rápidamente y se pueden llenar de líquido si la humedad es alta, por ello su uso queda limitado a aplicaciones en las que se manipule aire limpio.

#### 4.2.4.2. Presión y Velocidad

Cuando hay una diferencial de presión entre 2 puntos unidos por un ducto, en este se genera un flujo de aire que intenta igualar las presiones. A mayor diferencia de presión, se genera una mayor velocidad debido al intento de nivelar las presiones. Esta velocidad del fluido depende de la relación entre el caudal y el área transversal del ducto y genera una presión que comúnmente se interpreta en unidades de milímetros de mercurio o pulgadas de agua. Esta presión se puede interpretar como la succión que se genera en la boca del ducto.

#### 4.2.4.3. Determinar el caudal

Hay 2 situaciones a partir de las cuales se puede abordar la selección del ventilador. En ambos casos se busca determinar un caudal en CFM o m<sup>3</sup>/h, debido a que, los fabricantes de ventiladores y rotores siempre los clasifican según su capacidad de flujo.

- Conociendo la presión

Para la selección del tamaño del ventilador se puede determinar a partir de una necesidad en términos de succión o presión en la boca del ducto. Este valor de presión se determina haciendo una comparación con productos de la competencia. El valor promedio, interpretado por el equipo de trabajo es de 20 pulgadas de agua o 4981.8 Pa. Para este cálculo se utiliza la siguiente ecuación de Bernoulli:

$$\frac{Pa}{\gamma} + \frac{Va^2}{2g} + Za = \frac{Pb}{\gamma} + \frac{Vb^2}{2g} + Zb$$

Donde:

$Pa$  : Presión en el punto inicial.

$Pb$  : Presión en el punto final

$V_a$  : Velocidad en punto inicial  
 $Z_a$  : Altura punto inicial  
 $\gamma$  : Peso específico del aire

$V_b$  : Velocidad en punto final  
 $Z_b$  : Altura punto final.  
 $g$  : Aceleración de la gravedad

Los términos se refieren a las presiones, velocidades y diferencia de alturas de un punto al otro. Se consideran algunos de ellos 0, tales como la presión en el punto inicial (presiones absolutas, no se toma en cuenta la presión atmosférica) y la velocidad en el punto inicial. El cambio de altura no es relevante por el tipo de fluido.

Despejando la velocidad de la ecuación se obtiene:

$$\sqrt[2]{\frac{P_b * 2g}{\gamma}} = V_b$$

Reemplazando los valores, 
$$\sqrt[2]{\frac{4981.8Pa * 2 * 9.81 \frac{m}{s^2}}{12.733 \frac{N}{m^3}}} = 87.546 \frac{m}{s} = V_b$$

Reemplazando la velocidad en la ecuación de caudal  $Q = V * A$

Diámetro 4", **área:** 0.0081072m<sup>2</sup>

$$Q = 87.546 \text{ m/seg} \times 0.0081072 \text{ m}^2 = 0.7097 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 2555 \text{ m}^3/\text{h} = 1.505 \text{ CFM (pies cúbicos por minuto)}$$

- Conociendo la velocidad

El segundo criterio para la selección del ventilador es la velocidad en la boca del ducto y se selecciona a partir de una tabla de valores tentativos para el transporte de materiales. Esta tabla la utiliza la empresa italiana CFM para determinar los tamaños de los ventiladores. El equipo de trabajo la utilizo para

determinar que, la velocidad máxima del aire es de 50 metros/segundos ideal para arena gruesa, y piedras de 2 a 3 cm de diámetro. Conociendo la velocidad, se despeja en la ecuación de caudal  $Q=V*A$  así:

$$Q=V*A$$

Donde  $V = 50 \text{ m/s}$

$$A = (4'' \text{ diámetro}) 0.0081072\text{m}^2$$

$$Q = 50\text{m/s} \times 0.0081072\text{m}^2 = 0.40536 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 1459\text{m}^3/\text{h} = 858 \text{ CFM}$$

#### 4.2.4.4. Selección del ventilador

El procedimiento para seleccionar un ventilador comienza seleccionando la hélice, rodete, rotor o aspa. Se debe seleccionar a través de un proveedor externo o fabricante de estas piezas debido a la complejidad de su fabricación.

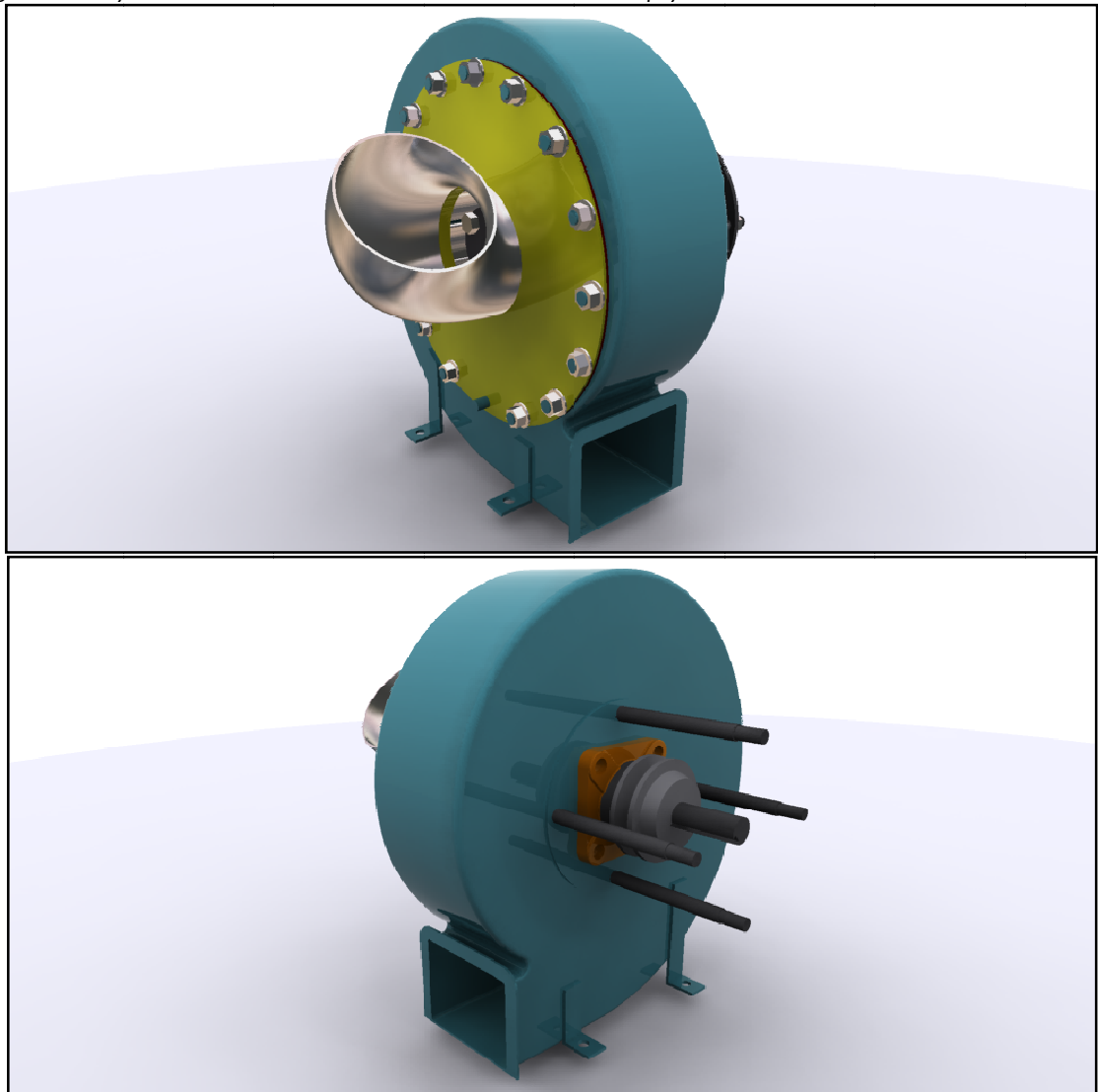
Para este proyecto se selecciono un rodete de alabes de ala portante, inclinados hacia atrás (sentido contrario a la rotación) que diera el caudal calculado en la sección anterior.

A consecuencia de que no se tenga una información clara y concisa sobre las características formales y funcionales de los ventiladores que se promueven en internet, se utiliza la información contenida en algunas páginas y se promedia con fichas técnicas, para concluir en las siguientes características de ventilador. La configuración de sus componentes (voluta, eje, chumacera, tapa, etc.) está inspirada en el modelo de ventilador utilizado en el prototipo del proyecto suministrado por Rotoplast s.a.

Con base a todo lo anterior, ASEU tiene un ventilado centrífugo con hélice radial de alabe portante con las siguientes características.

- Caudal del aire: 1000 CFM
- Vacío o presión de vacío: 20 in agua – 4981.8 Pa
- Tipo de alabe: inclinado hacia atrás portante
- Tamaño del Rotor: 10"
- Ancho del Rotor: 80 mm
- Diámetro de entrada: 4"
- Potencia requerida: 3.5 hp
- Acople de potencia: por bandas

*Figuras 39 y 40. Ilustración virtual del ventilador. Izq. y Der.*



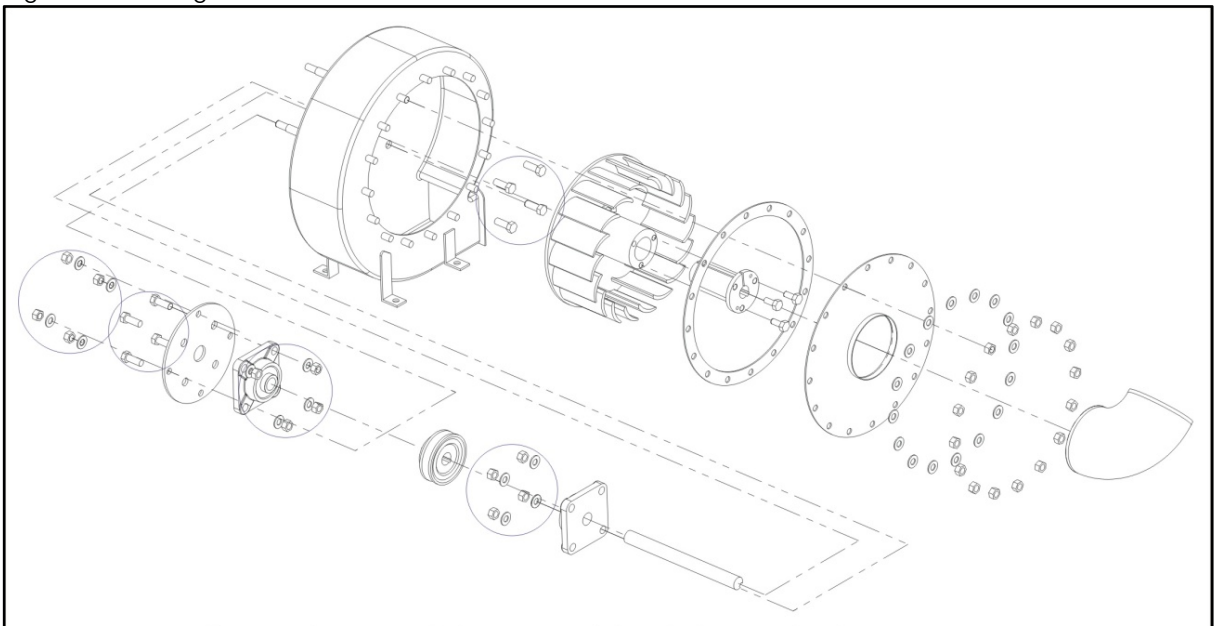
*Fuente: Elaboración Propia.*



#### 4.2.4.5. Producción

La fabricación en serie de los ventiladores, volutas y demás componentes para ventiladores en la ciudad de Medellín está limitada por la poca demanda o continuidad. Para la selección de un ventilador se compra la hélice o rotor a un distribuidor (en caso de ser muy especial) y se diseña la correspondiente voluta y accesorios para su montaje. Debido a esto se ha determinado que, el diseño del ventilador se realizará según las necesidades del proyecto y no buscando acomodarse a un modelo estándar.

Figura 41. Diagrama de ensamble del ventilador 10"



Fuente: Elaboración Propia.

#### 4.2.5. TRANSPORTE, ALMACENAMIENTO Y DISPOSICION FINAL DE LOS RESIDUOS.

La principal función del artefacto es, transportar residuos sólidos denominados como basura de un lugar inapropiado como el suelo, andenes, parques a un

contenedor plástico donde podrá ser almacenado durante un corto periodo de tiempo antes de ser reubicado o llevado a su disposición final.

Para el proceso de transporte de los residuo ASEU utiliza el vacío y la succión, como se explico en el capítulo anterior. Los ductos utilizados para transportar la basura del suelo al contenedor plástico son mangueras especiales diseñadas para este tipo de necesidades. El recipiente o contenedor plástico donde se almacena la basura es un diseño especial elaborado por el equipo de diseño M3.

#### **4.2.5.1. Funcionamiento.**

La velocidad del aire dentro de un ducto está calculado en función del caudal (volumen/tiempo) y el área por el que se desplaza el viento. Cuando se aumenta el area transversal del ducto, se experimenta una desaceleración en el aire. Si se cierra la sección transversal del ducto se experimenta una aceleración. Este fenómeno esta descrito por la formula  $Q=V*A$ . Partiendo de este fenómeno físico descrito por la formula anterior y de la exploración realizada en productos similares, se concluyo que, el producto utilizaría una desaceleración instantánea al momento de ingresar al contenedor de plástico, debido a que se incrementa el área de la sección transversal del ducto de 81 cm<sup>2</sup> a 400 cm<sup>2</sup>. Este cambio en la velocidad se vuelve a experimentar de manera contraria en las salidas de la caneca, cuando vuelve a recuperar la sección transversal circular de 4" o 3" de diametro. Esta desaceleración en la entrada de la caneca permite a la basura experimentar una disminución en la velocidad y depositarse por gravedad en la caneca. El perfecto sello de la caneca permitirá que las partículas más volátiles no salgan del recipiente y se ubiquen finalmente en la caneca al momento de desacelerar la turbulencia interna de aire.

Esto se pretende para lograr uno de los aspectos más relevantes del proyecto en diferencia a los procesos actuales de aspirado utilizados en la ciudad de Medellín. La aspiradora no utiliza bolsas de lona (no desechables) o tela para almacenar la basura; en el contenedor plástico se ubica una bolsa fija desechable que recibirá toda la basura. Una vez terminado el proceso de recolección o cuando se llene la bolsa, el operario podrá sacar la bolsa y dejarla a disposición de los recolectores de basura. (De igual manera se recolectan las bolsas residuales del proceso de barrido en Medellín).

Para lograr que, el artefacto cumpla con las funciones mencionadas anteriormente se cuenta con la siguiente configuración de accesorios y componentes: boca – manguera – caneca – manguera – ventilador – motor.

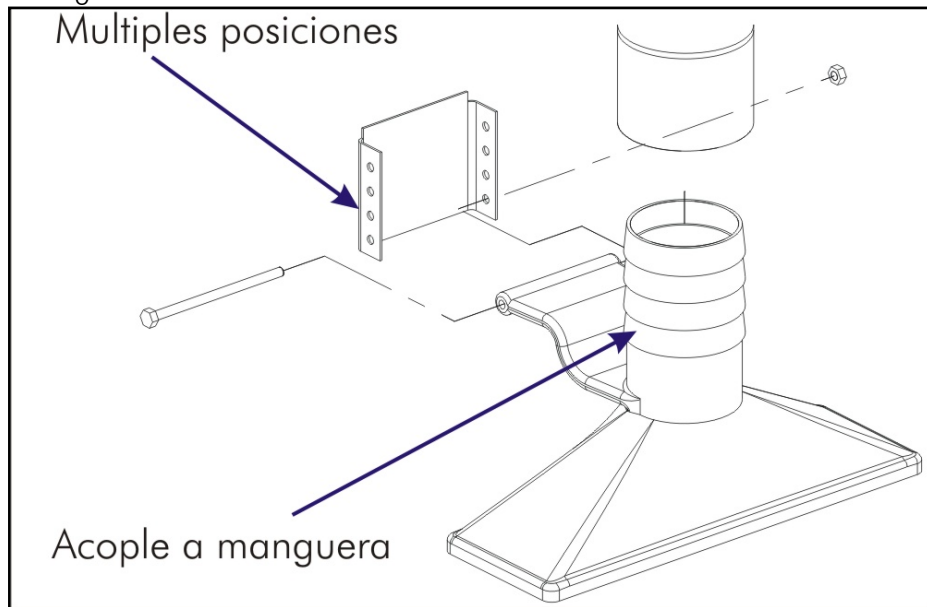
#### **4.2.5.2. Boca**

La boca es una extensión de la manguera que aumenta o disminuye el área de la sección transversal del ducto de recolección y aspirado. La boca se puede reemplazar por otras más pequeñas, mas grandes, más largas pero de menor área, diferentes secciones, etc. La posibilidad de configurar las bocas permite tener más flexibilidad con el producto para diversas aplicaciones que dependen de las circunstancias y condiciones de operación.

Para el aseo y barrido de las calles se requiere una manguera de 4" pulgadas que puede transportar hasta vasos desechables, sin embargo la boca permite que la distancia longitudinal aumente y por lo tanto aumente la eficiencia del barrido. Esto se debe a que la eficiencia del barrido se mide en Área (ancho de barrido x distancia recorrida)/tiempo, si el "path" o camino que deja el artefacto a la misma velocidad se alarga, se obtendrá también un incremento en el área barrida por la misma unidad de tiempo.

Cuando los residuos son muy pequeños y pesados como, arena, cemento, u hojas de menor tamaño, se puede incluso optar por una boca de menor área superficial que aumenta la velocidad y la presión pero con una sección rectangular de 150 cm x 2 cm.

Figura 42. Diagrama de ensamble de la boca de succión



Fuente: Elaboración Propia.

La fabricación de estas bocas se da por medio del proceso de rotomoldeo. La boca está fabricada en Polietileno de Media densidad, flexible y resistente para resistir a los golpes y maltrato.

La boca está montada sobre un pivote en el chasis, que permite que esta suba y baje a su voluntad. La boca por si sola se descuelga sobre un tope que la ubica a la distancia adecuada sobre el suelo. Además el chasis tiene las perforaciones necesarias para montar la boca sobre diferentes alturas, esto con la finalidad de flexibilizar la maquina a diferentes condiciones de operación.

Cuando el operario desee, puede subir la boca una determinada altura, por medio de un mando. Esto se debe a que la boca es el componente más frontal y recibe todos los obstáculos de frente. Cuando la boca se vaya a golpear, el operario la puede subir y evitar que reciba los golpes.

#### **4.2.5.3. Boca de aspiración manual.**

Adicional a la boca inferior fija, el operario tiene la posibilidad de poder utilizar una segunda manguera de aspiración. Esta manguera está conectada con la caneca al igual que la otra manguera y funciona alternamente con la otra manguera. No se puedan utilizar las 2 mangueras simultáneamente.

La finalidad de este accesorio del producto es, que el operario pueda estacionar el vehículo y realizar servicios de limpieza y barrido en lugares donde el vehículo no puede acceder.

Algunos ejemplos funcionales de este accesorio son:

- Sacar hojas de alcantarillas bloqueadas.
- Limpiar canecas de basura que no tienen sistema de drenaje por giro (sistema actual de EEVVM y Enviaseo). Teniendo presente que con este sistema se mejora y optimiza dicho proceso de recolección de basuras de las canecas de poste.
- Limpiar materas o jardines altos en parques.
- Limpiar andenes que no justifique subir todo el artefacto.

Para tener un fácil acceso a la manguera la carcasa tiene incorporado una ranura que sostiene la manguera por fuera de los mecanismos. El procedimiento que se debe llevar a cabo para alternar las mangueras es: el operario deberá parar la succión, abrir la caneca, alternar la succión, cerrar y continuar el

aspirado con la otra manguera. Para cambiar al otro sistema de boca fija, deberá realizar los mismos procedimientos.

#### 4.2.5.4. Caneca

La caneca es, el contenedor donde se ensancha el ducto, disminuyendo la velocidad de transporte y dejando depositar los residuos sobre una bolsa desechable.

Las funciones principales de la caneca son:

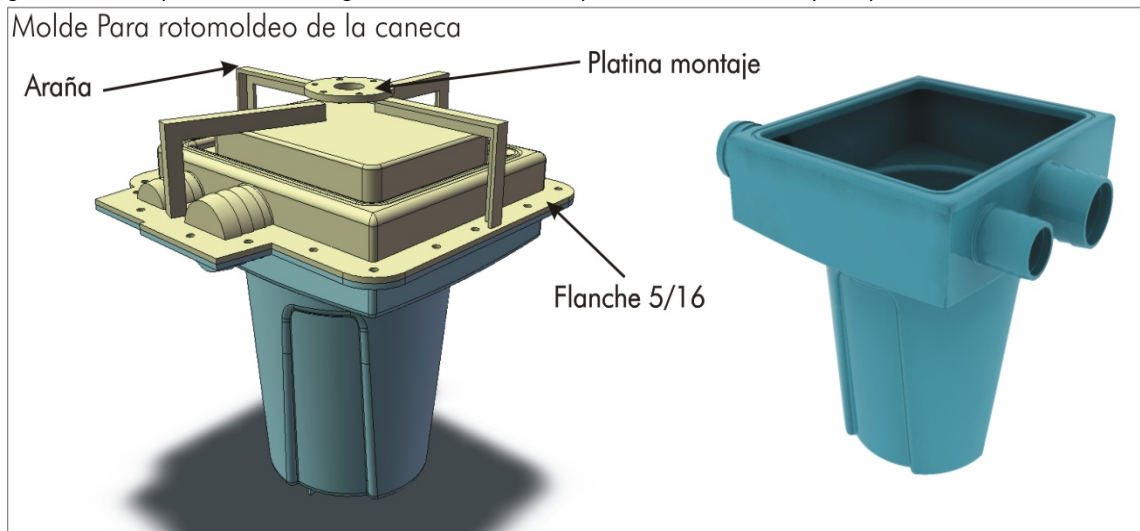
- Recibir la presión de vacío o succión del ventilador y variar su área transversal de transporte, rebajando en casi su totalidad la velocidad de transporte.
- Servir de apoyo para ubicar la bolsa desechable sobre la cual se depositaran y almacenaran provisionalmente los residuos sólidos.
- La caneca sirve para seleccionar cual de las 2 mangueras de succión se va a utilizar (la boca inferior o la boca superior).
- Servir de soporte o unión entre la manguera de succión del ventilador y las mangueras de aspirado. De la misma manera en que varían la presión disminuyendo la velocidad, aquí realiza el efecto contrario rebajando el área en la sección transversal de las mangueras y aumentando la velocidad en los ductos de aspiración o recolección de los residuos.

La fabricación de esta caneca esta propuesta para realizarse bajo el proceso de rotomoldeo. En este proceso se alcanza un espesor de 6 mm que le da la rigidez necesaria para:

- Soportar las presiones de vacío, que trataran de implotarla, cuando los ductos estén cerrados o atorados.

- Ubicar los otros componentes, como las bisagras de la tapa, las mangueras y las prensas de cierre.
- Estabilidad dimensional de las partes.

Figura 43. Representación grafica del molde para rotomoldeo y la pieza final



Fuente: Elaboración Propia

El diseño de la caneca tiene 2 secciones:

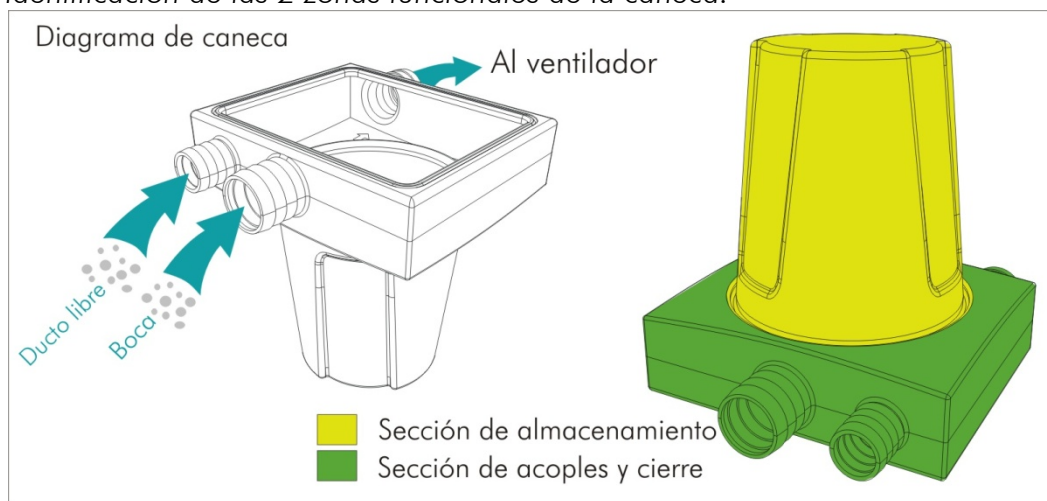
- Sección de almacenamiento de basura

La cual tiene una sección cónica para efectos de encajamiento, estructura y ahorro en el espacio al interior del artefacto. En la parte superior tiene una pestaña o sección sobresaliente sobre la cual se dispone la bolsa desechable. Para evitar que la bolsa se mueva el operario cuenta con unas pinzas comunes que sujetan la bolsa. La implementación de las pinzas se determinó gracias a la sencilla operación de apretar la bolsa y descartar otro mecanismo adicional que puede limitar y complicar el funcionamiento adecuado de ASEU.

La caneca en su sección cónica tiene 3 refuerzos o secciones de corte que permiten dar rigidez y estructura a través de la disminución de áreas superficiales continuas que excedan el 60% de la superficie total de la caneca.

La capacidad en litros de la caneca está calculada para las bolsas que se utilizan actualmente y tiene una capacidad de 45 litros nominales.

Figura 44. Representación gráfica de la caneca con: izq, Entradas y salidas de presión. Der, Identificación de las 2 zonas funcionales de la caneca.



Fuente: Elaboración Propia

- Sección de intercambio de presión, succión y transporte de residuos.

La sección de la caneca que se desprende de la parte cónica, cambia a una sección rectangular formando un cajón de 4 caras planas verticales. Las 4 caras tiene la intención de servir como base para anexar cualquier tipo de accesorios de tubería adicionales que se deseen incorporar en el diseño. Sobre estas 4 caras, en 2 de ellas, incorporado en la pieza plástica producida en rotomoldeo, se encuentran 3 salidas con forma cónica estriada, para acoplar las mangueras. En un lado hay 2 salidas, una de 4" y otra de 3" una para la boca de aspiración y la otra para la manguera externa respectivamente. La otra cara

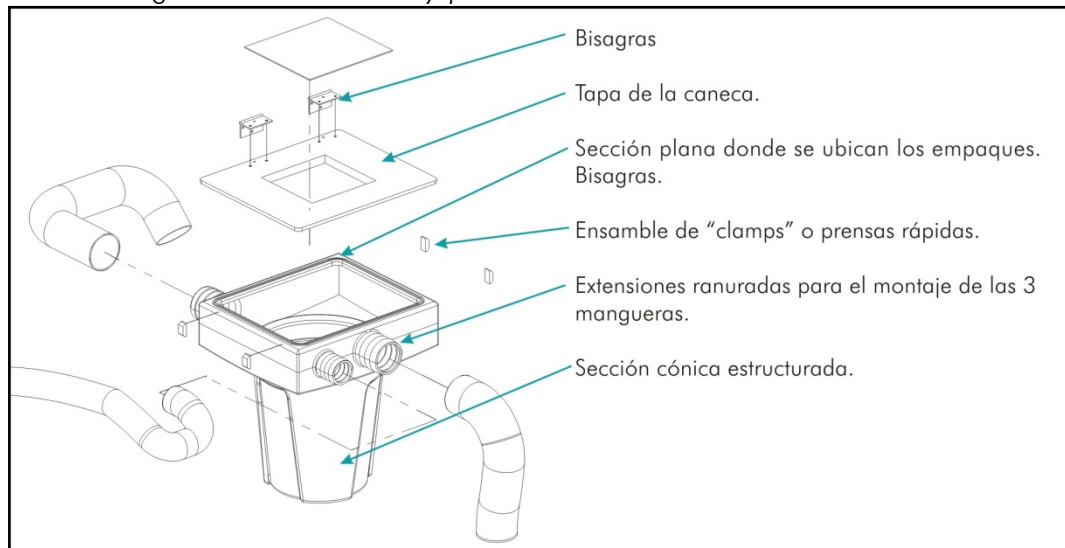


cuenta con una salida de 4" que sirve para acoplar la manguera por donde entra la succión o el vacío.

En la parte superior de la caneca se encuentra una cara plana horizontal con una ranura de 1/4" de diámetro para ubicar un empaque de caucho de sección cilíndrica. Este garantizará el sello de la tapa y la caneca.

Sobre las 4 caras planas mencionadas anteriormente se ubican 2 bisagras de trabajo pesado de 4" que son las utilizadas para abisagrar la tapa de la caneca. Las otras 2 caras tienen en el lugar donde se hace el ajuste de la tapa 2 prensas rápidas que sirven para cerrar y ajustar con presión la tapa sobre la caneca, garantizando así la hermeticidad de la caja.

Figura 45. Diagrama de ensamble y partes de la caneca con los otros accesorios.



Fuente: Elaboración Propia.

Todos los componentes que se fijan a la caneca están ensamblados con tornillos de 1/4" o 5/16" con sus respectivas arandelas de acero y de caucho, por dentro y por fuera.

Las mangueras se acoplan a los perfiles estriados por medio de abrazaderas metálicas.

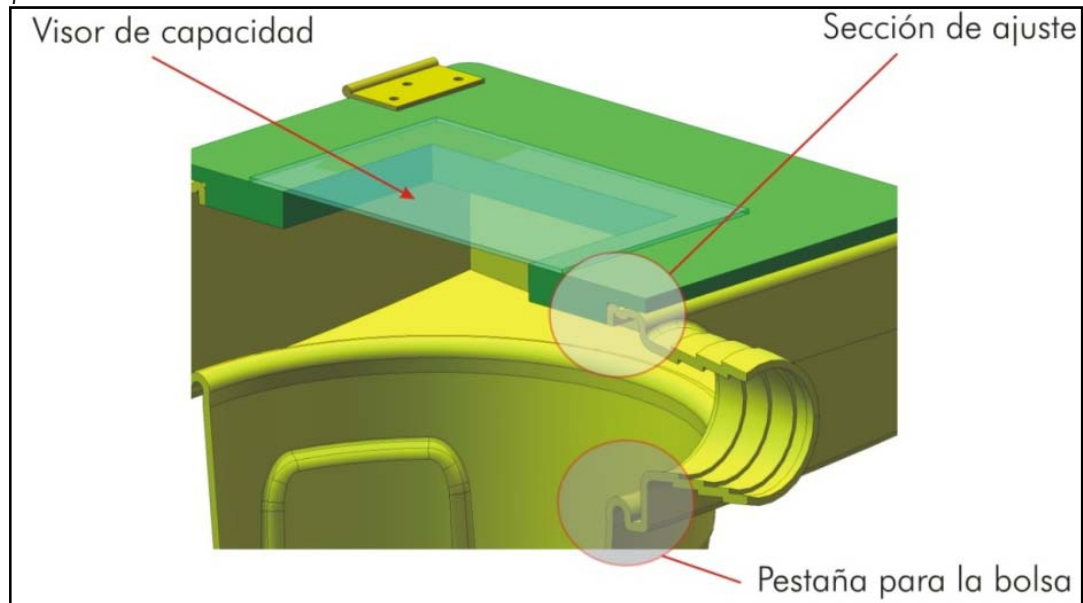
La forma en que se sujeta la caneca al chasis es por presión. El chasis tiene en la base una sección cónica de 10 cm de altura que permite al operario introducir a presión la caneca. Este ensamble permite al operario en cualquier momento quitar la caneca para limpiarla, repararla, o reemplazarla por una nueva.

#### **4.2.5.5. Tapa**

La tapa está fabricada en madera, pintada y protegida con sellador contra la humedad. La selección de este material es garantizar a la caneca un excelente sello y anexar rigidez y estructura debido a que en su diseño la tapa ingresa una parte en el cuerpo de la caneca. La tapa esta abisagrada sobre la caneca y hace sello por medio de 2 (o 4 ) prensas rápidas "clamps" que están ubicadas en la parta más lejana de las bisagras.

La tapa tiene en la parte superior una perforación y una lamina de acrílico translúcida pegada con silicona para garantizar la hermeticidad. La funcionalidad de esta ventana es permitir al operario revisar desde afuera el nivel de ocupación de la caneca con los residuos sólidos.

Figura 46. Grafico con sección de corte de la caneca y el ensamble con otros componentes.



Fuente: Elaboración Propia

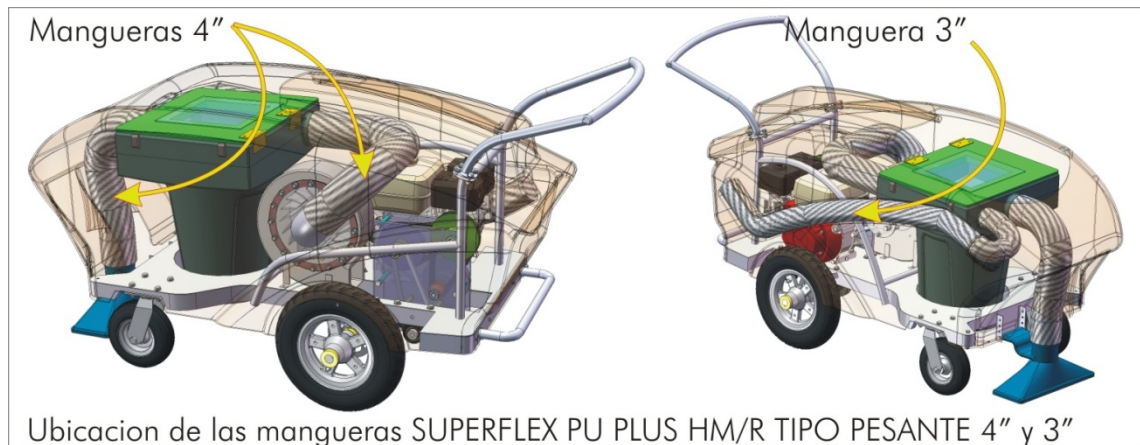
#### 4.2.5.6. Mangueras

Las mangueras que transportaran el aire y la basura, tienen las siguientes características:

- Antiestáticas: no acumulan polvo, y residuos debido a la concentración de cargas estáticas provenientes de la fricción de los mecanismos o del aire en contacto con la misma manguera.
- Flexibles: por el poco espacio que hay al interior del artefacto, los radios mínimos de curvatura son críticos para poder hacer los giros y trayectos requeridos.
- Tamaño 4" 3" 2" pulgadas. Las mangueras se consiguen en estas dimensiones para efectos de versatilidad y flexibilidad.
- Translucidas: Las mangueras permiten al operario tener control sobre la ubicación de algún elemento atorado en el trayecto de la manguera.

- Resistente a la fricción. Debido al contenido de la basura y a la velocidad a la que se desplaza, se genera un desgaste por fricción considerable que deberá ser compensado por la calidad del polímero en que está fabricado la manguera.
- Sección interna lisa. La manguera a diferencia de la textura exterior, es de sección lisa y no tiene aristas ni ranuras donde se acumule la mugre. Esto también facilita la limpieza de las mangueras en el mantenimiento del vehículo.

Figura 47. Ubicación de las mangueras



Ubicacion de las mangueras SUPERFLEX PU PLUS HM/R TIPO PESANTE 4" y 3"  
Fuente: Elaboración Propia

Las mangueras son marca "merlett tecnoplastic", comercializadas y distribuidas por Representaciones industriales R.D.V de Antioquia LTDA.

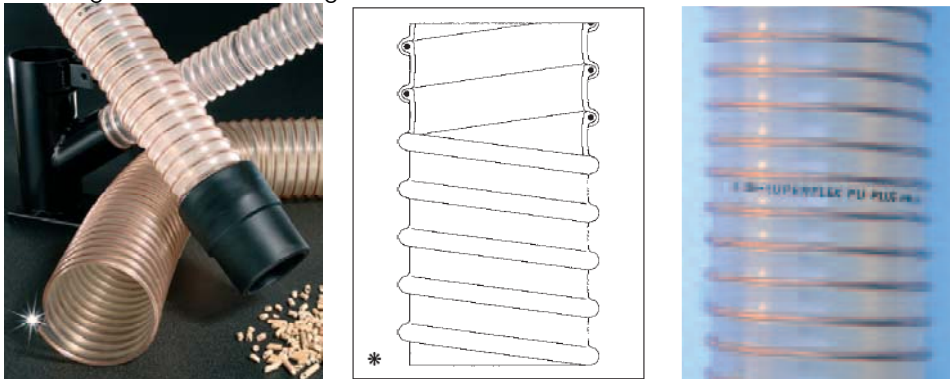
La referencia es Ventopumi, para la distribuidora, pero la referencia de marca es SUPERFLEX PU PLUS HM/R TIPO PESANTE. "Manguera muy flexible, superficie interna lisa. Alta resistencia a la abrasión, a la tracción y a la rotura, a los aceites y gasolinas, a las soluciones, alcalinas diluidas y ácidos, a los rayos U.V. ya los agentes atmosféricos."

Estructura: Manguera de poliuretano con espiral de acero cobreado con posibilidad de puesta a tierra a través de la conexión de las extremidades de la espiral. Disponible en distintas versiones según el espesor del poliuretano o por el tipo de espiral solicitada. A escoger según la utilización específica y severidad aplicada en su utilización.

Usos: Aspiración y paso de polvo, virutas y otros materiales abrasivos, granos y polvo de productos químicos varios. Funda de protección de elevada resistencia mecánica.

Temperatura de trabajo  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $+90^{\circ}\text{C}$ ,  $125^{\circ}\text{C}$  durante breve tiempo.

Figura 48. Imágenes de las mangueras SUPERFLEX PU PLUS HM/R TIPO PESANTE.



Fuente: Merlett@ <http://www.merlett.it/es/html/merlett.htm>

#### 4.2.6. Carcasa

La carcasa como se menciona al principio del capítulo, protege de los golpes, la intemperie, el polvo rayos UV entre otros. La carcasa está fabricada como otros componentes del artefacto en rotomoldeo. La posibilidad de fabricar un molde por no más de 20 millones representa una económica opción para una pieza plástica tan grande. Está diseñada para que la línea de partición este por el centro y haga el proceso de desmolde hacia los lados. En el proceso de rotomoldeo es común retirar secciones de la pieza cerrada dejando así,

aperturas o secciones abiertas. La pieza, después de procesada deberá pasar a un proceso de pos proceso, donde se retirara la superficie inferior sobrante, se realizan las perforaciones y se pule el producto.

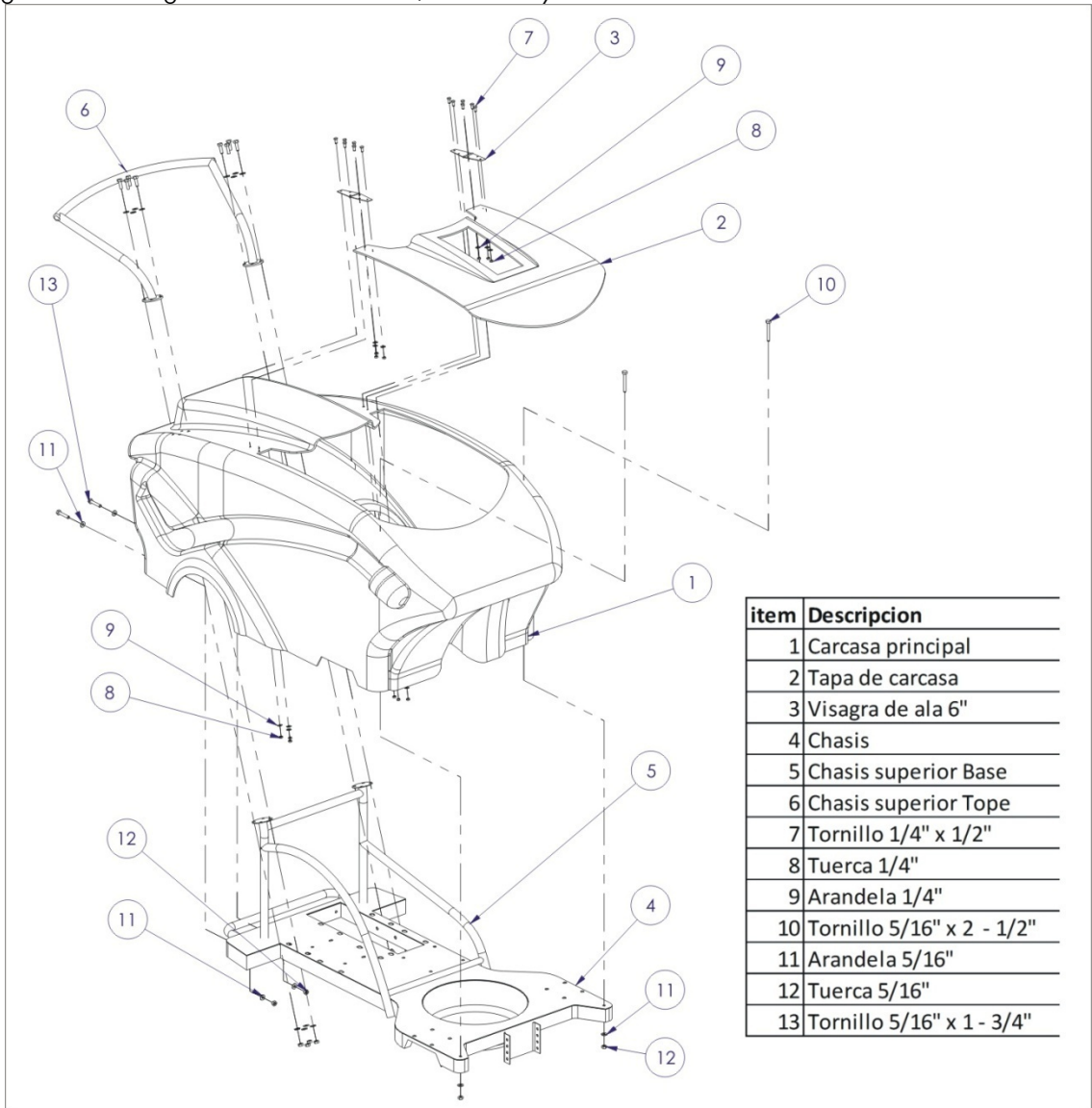
La geometría variada que permiten las piezas plásticas manufacturadas en serie, permite que dentro del mismo diseño de la carcasa se incorporen funciones secundarias como, la guía de guarda de la manguera, las mismas tiraderas o mandos (proyecto a futuro), los guardabarros, un contenedor de herramientas, La puerta entre muchos otros.

Las funciones de la carcasa son.

- Proteger los mecanismos de la intemperie y el agua
- Proteger al operario de un accidente contra el mismo vehículo.
- Disminuir la contaminación auditiva generada por el motor
- Generar una pantalla visual adecuada para ser detectado con facilidad por los otros conductores y peatones.

Para la tapa de la carcasa, se aplica un procedimiento posterior a la fabricación de la carcasa principal. Se recorta con una caladora la forma de la tapa. En el molde se realiza un rayado para que la pieza quede marcada por donde se debe realizar el corte. Se separa así la tapa del cuerpo y se realiza el proceso de ensamble de las bisagras de ala 6" con tornillos y arandelas. De esta manera no hay que fabricar un molde por separado para la tapa.

Figura 49. Diagrama de ensamble, carcasa y chasis.



Fuente: Elaboración Propia.

Figura 50. Representación grafica de la carcasa y su diseño de pintura.



Fuente: Elaboración Propia

### 4.3. ENSAMBLE

El proceso de ensamble debe llevar un orden específico para optimizar los tiempos de armado y puesta a punto. El orden o metodología a seguir es:

Se realizan los montajes de subensamble de: motor, ventilador y reductor. Se ensamblan por separado.

Se ensambla la caneca con la tapa y las mangueras.(subensamble manguera)

Ensamblar al chasis:

1. Se ensambla todo el sistema de tracción, llantas, poleas chumaceras, etc.
2. Se monta el subensamble del reductor con las poleas correspondientes a los ejes de tracción. Se deja sin ensamblar las poleas al motor.



3. Se monta el subensamble del ventilador. No se ensambla la polea de potencia.
4. Se monta el motor ensamblado
5. Se realiza el montaje de las bandas, del motor al ventilador y a la caja de reducción.
6. Se ensamblan los componentes correspondientes a la boca de recolección.
7. Se monta la caneca y se realizan las conexiones de la manguera al ventilador y la manguera a la boca.

Montaje de la carcasa.

La carcasa previamente ensamblada con su tapa, se monta en el chasis. Antes de montarla se debe sacar la manguera libre por la perforación. Se realizan las fijaciones de los tornillos en la base y parte superior del chasis.

Se monta la parte superior del chasis y se realizan las fijaciones pertinentes.

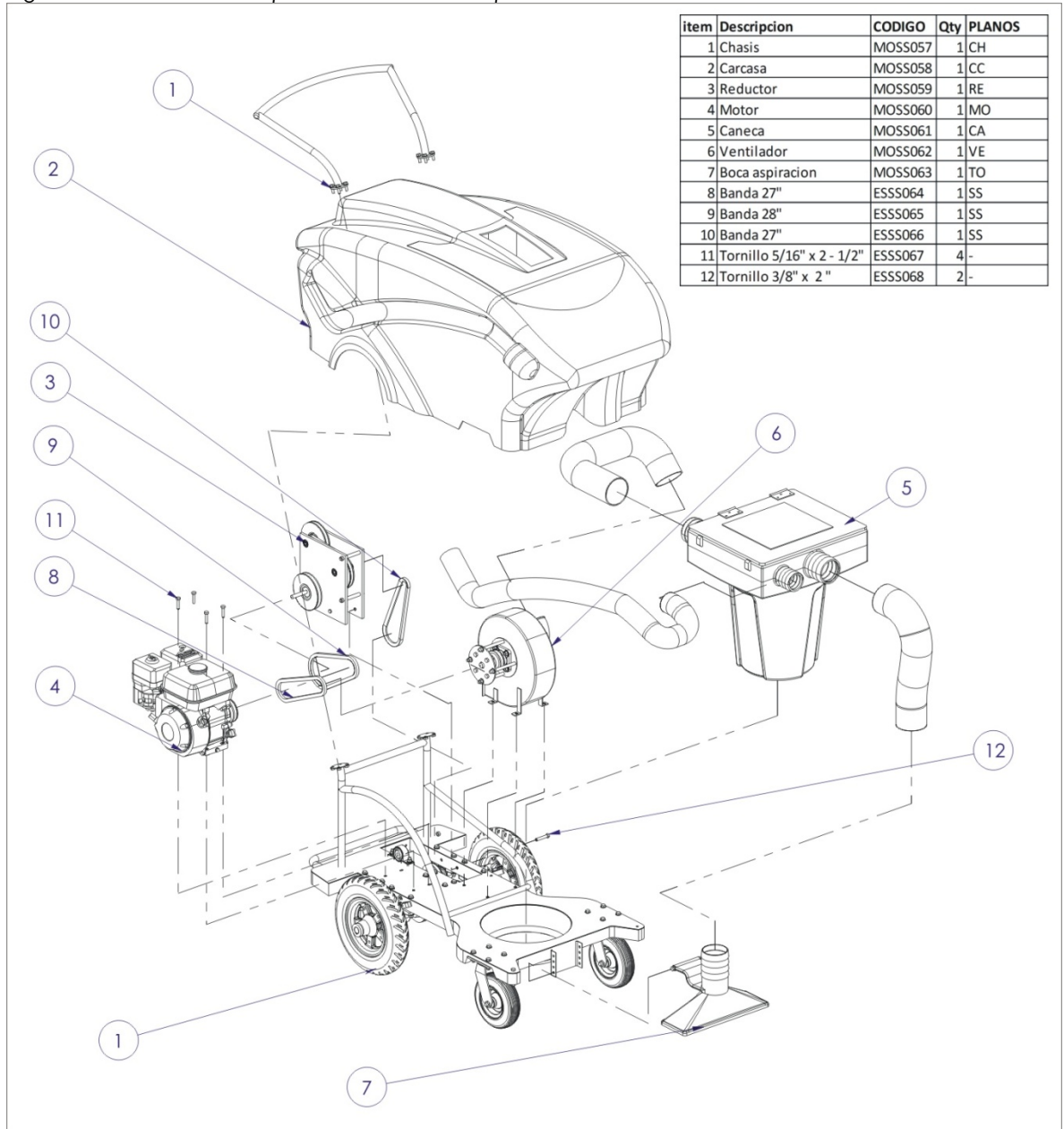
Se realiza el montaje de mandos en la parte superior del chasis.

Puesta a punto de los sistemas más importantes.

- Poleas: tiempe y alineación
- Mandos: posición y tensión de las guayas
- Frenos: tiempe y tensión del mando. Alineación del disco con la mordaza.
- Succión: ajuste de las mangueras. Tensión de las abrazaderas
- Sello de caneca: posición del empaque. Tensión de las prensas.
- Tope de inclinación de la boca: tope mínimo y tensión máxima de guaya.

- Alineación: alineación de los 2 ejes traseros.

Figura 51. Plano de explosión de todo el producto



Fuente: Elaboración Propia

#### 4.4. IMÁGENES DEL PRODUCTO

Figura 52. Pre visualización digital del producto



Fuente: Elaboración Propia

Figura 53, 54, 55, 56. Vistas en perspectiva identificando mecanismos y ensamblajes.



Fuente: Elaboración Propia.

## 5. CONCLUSIONES

Después que el equipo de trabajo conformado para esta tesis de grado culminara con las siguientes actividades:

- Realizar una dedicada investigación para cumplir con los objetivos propuestos en esta investigación.
- Generar un análisis de datos e interpretación de la información
- Utilizar las herramientas de diseño de producto para gestionar un proceso de solución al problema de aseo y barrido.
- Evaluar alternativas y generar soluciones inteligentes.
- Redacción y elaboración de los informes y anexos.

Se propone a formular unas conclusiones relacionadas con varios aspectos, sociales, académicos y culturales que influyeron en el proceso e diseño.

En el proceso investigativo, basado en unos postulados académicos que se estudian durante los cursos del programa universitario, la imposibilidad de abrir puertas con el título de estudiante es una realidad. Tener como fuentes primarias de información, escobitas, directivos, mandos medios, personas expertos es en el tema es una directriz tentativa, pero se dificulta ante la falta de seriedad de los estudiantes que de alguna manera hacen que la colaboración de las empresas no sea la apropiada. No queriendo hacer un llamado o un reclamo, (porque la colaboración fue buena por parte de las empresas publicas), la participación de la empresa se percibe más confusa por la reiterada utilización de los recursos empresariales en proyectos sin fondo y que no finalizan en nada.

La dificultad de encontrar opiniones comunes en las empresas es una realidad. En un proceso investigativo donde se seleccionan expertos en el tema, y se hacen entrevistas personalizadas, es común encontrar opiniones cruzadas. Personas del mismo cargo, en EEWM y ENVIASEO tienen o completamente cruzadas frente a un tema operativo que ambas empresas ejecutan de la misma manera. Por tal motivo para el equipo de trabajo fue difícil interpretar la información de los expertos y opto en diferentes ocasiones por suposiciones sin argumentos claros que sustenten debido a la falencia estadística y la unificación de ideas.

Durante el proceso investigativo en el aspecto de ingeniería, cuando se elaboraron las selecciones de portadores físicos, mecanismos etc. El equipo realizo diferentes investigaciones con expertos. Por ejemplo expertos en embragues, poleas, bandas, motores fuera de borda, reductores y diferenciales etc. Al igual que en el numeral 1. La poca disposición de la empresa privada (no energía y potencia o Rotoplast, patrocinadores de este proyecto) para atender situaciones de ingeniería en proyectos de estudiantes es muy clara. Basta con distinguir en los cambios de actitud si se llama como empleado profesional o como estudiante.

Los profesionales son buenos en lo que venden y no más. Qué difícil es que un asesor de ventas de una empresa de productos mecánicos conozca sobre algo que puede vender pero que no está en su catalogo. Claros ejemplos de la ignorancia en los temas son: en una empresa especializada en embragues y clutches, no saben que es una polea de embrague “eso no existe según ellos”.

En la otra empresa de Poleas y bandas tampoco la conocen! Pero si saben de ella los importadores de motores fuera de borda.

Durante el proceso de diseño se toman decisiones sobre las características formales y funcionales que determinan la factura final del proyecto. Diseñar para prototipo es diferente que diseñar para producción. Esta situación se deja llevar por una frase que cita constantemente El asesor de tesis Santiago Acosta Maya “nunca deje que su habilidad para dibujar, hacer planos (modelación 3d), o fabricar prototipos LÍMITE los alcances de sus diseños”

Durante el proceso de selección de los componentes caímos en la trampa de optar por mecanismos y portadores físicos, que no siendo los más apropiados constituían una oportunidad para la fabricación del prototipo. Un ventilador de similares características se constituyo en la opción definitiva del ventilador. Este afecto casi en un 40% las dimensiones del diseño elaborado previamente en 3D. De ahí en adelante el proyecto cayó en un estancamiento debido a la imposibilidad de conseguir repuestos, equipos, y materiales que inicialmente se habían propuesto como los apropiados.

En un proceso de diseño académico, se puede llegar a contemplar más tentativa la posibilidad de hacer aproximamientos funcionales no estrictamente formales dejando así, sobre papel o 3d un diseño inteligente, bien elaborado, con procesos de manufactura más avanzados, con sistemas de ensamble optimizados y con características formales más interesantes. No sin descartar que todo este mundo virtual debe tener una sustentación productiva, como análisis en ángulos de desmolde, curvaturas mínimas, espesores mínimos etc.

Finalizando la etapa, concluimos que el proceso de diseño de producto, utilizado como una herramienta metódica y ordenada, brinda una serie de oportunidades que hacen del diseño de producto un proceso inteligente; que además proporciona al profesional argumentos claros y concisos sobre sus propias propuestas y que marcan una clara diferencia con aquellas disciplinas que pretenden el mismo objetivo aproximándose por diferentes metodologías y disciplinas.

En cuanto al proyecto, hemos determinado varias conclusiones importantes y también haremos varias recomendaciones u optimizaciones.

Para abordar el proyecto utilizaremos los subsistemas o ensambles para particularizar.

En el sistema de tracción se puede implementar un diferencial fabricado por Comet. Este diferencial fue propuesto la última semana de trabajo y no se pudo implementar a tiempo. Este diferencial además de realizar el proceso de embrague permite de manera sencilla poder tener tracción en los 2 ejes. Lo más importante es el ahorro de espacio.

Durante el proceso de aspirado se recomienda implementar un proceso que remueva el mugre del piso. Esto se logra implementando un cepillo circular o cilíndrico.

El motor deberá ser modificado para implementar un tanque de mayor capacidad.

En la carcasa implementar un refuerzo en la parte inferior para evitar que se reviente en los tropiezos. (Bumper)



## RECOMENDACIONES

De querer continuar con este proyecto y dar una mejor viabilidad el equipo sugiere lo siguiente:

Realizar e invertir más en pruebas, sobre todo en la parte de la transmisión de potencia al ventilador.

Fabricar un ventilador según las especificaciones y realizar un nuevo montaje con motor a gasolina (no eléctrico) y bajo condiciones más reales.

Implementar un sistema eléctrico que permita tener funciones secundarias asistidas por corriente eléctrica, como luces, direccionales, estacionarias etc.

## BIBLIOGRAFÍA

- Calvo A. et al. Enciclopedia del Medio Ambiente Urbano: Recogida de residuos. Sevilla: Cerro Alto Editorial; 1997. 488 p.
- Collazos H. Curso intensivo sobre manejo integral de los residuos sólidos: recolección y transporte de basuras. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia. Facultad de Ingeniería; 1981.
- Cross N. Métodos de Diseño: Estrategias para el diseño de productos. México D. F.: Limusa/Wiley; 1999. 190 p.
- Empresas Varias de Medellín E.S.P. SIAM<sub>5</sub>: Guía de trabajo del operario de barrido manual de vías y áreas públicas. Medellín: U de A. 2000
- Estrada J. Ergonomía. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia; 2000. 345 p.
- Graham P., Vanegas L. Barrido de calles y vehículos barredores. Scientia et Technica; 2004; 10 (26): 85-90
- Hernández, María Cristina. Product Design Specifications. En: Memorias de la materia P.D.S; Medellín: Ingeniería de Diseño de Producto EAFIT. 2004
- Higgins L., Mobley R. Maintenance Engineering Handbook. 6 ed. Nueva York: Mc Graw Hill; 2002. 1.28 p.
- Lara J. Planeación de la Gestión Integral de los Residuos [Monografía]. Bogotá: Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de Ingeniería Civil; 2003.

- Levitt J. Complete guide to preventive and predictive maintenance. Nueva York: Industrial Press; 2003. 210 p.
- Norquist J. The Wealth of Cities. Cambridge: Perseus Publishing; 1998. 237 p.
- Pugh S. Total Design. Harlow: Addison Weasley; 1991.
- Ricardo J. Mantenimiento correctivo, preventivo o predictivo. Ingeniería de mantenimiento. 1990; Vol. 2: p 31- 32
- Tchobanoglous G., Theisen, H., Vigil S. Gestión integral de residuos sólidos. Mexico: McGraw-Hill; 1994
- Ulrich K.; Eppinger S. Diseño y Desarrollo de productos: Enfoque Multidisciplinario.3 ed. McGraw-Hill Inc. 1995. 366 p.
- Waring G. Street-cleaning and the disposal of a city's wastes: methods and results and the effect upon public health, public morals, and municipal property. New York: Doubleday & McClure; 1898.

## PUBLICACIONES

- Colombia. Asociación de Ingenieros Sanitarios de Antioquia. Desechos sólidos: Generación, almacenamiento, recolección, disposición, reciclaje. Medellín: AINSA; 1987
- Colombia. CRA-Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. Impactos regulatorios en los sectores de acueducto, alcantarillado y aseo. Bogotá: CRA; 2006.

- Colombia. Congreso. Ley 142 de 1994, Julio 11, por la cual se establece el régimen de los servicios públicos domiciliarios y se dictan otras disposiciones. Bogotá: El Congreso; 1994.
- Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. Decreto 1713 De 2002, Agosto 6, por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994, la Ley 632 de 2000 y la Ley 689 de 2001, en relación con la prestación del servicio público de aseo. Bogotá: El Ministerio; 2002.
- Colombia. Ministerio de Desarrollo Económico. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 Sección II - Título F - Sistemas de Aseo Urbano. Bogotá: El Ministerio; 2000.
- Colombia. Ministerio del Medio Ambiente. Guía para selección de tecnologías de manejo integral de residuos sólidos. Bogotá: El Ministerio; 2002. Colombia.
- Colombia. Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Informe de Gestión de Residuos Sólidos. Bogotá: El Ministerio; 1994. 104 p.
- Colombia. Superintendencia de servicios públicos domiciliarios Súper Cifras: Acueducto, alcantarillado y aseo. 2002; Revista No. 6
- Graham P., Vanegas L. Barrido de calles y vehículos barredores. Scientia et Technica; 2004; 10 (26): 85-90
- Leyva P. Rentabilidad y buena imagen para las empresas. El Tiempo. Bogotá 2006, 20 de Agosto. Sección 4, e.4-3

## REFERENCIAS DE INTERNET

- Alcaldía de Medellín. Campaña ciudadana de aseo: Que linda mi Medellín [Sitio en Internet] <http://www.medellin.gov.co/alcaldia/index.jsp> Acceso el 10 de febrero 2007
- Ambientum. Enciclopedia Virtual - Temas de Suelos y Residuos. [Artículo en Internet] [www.ambientum.com/interno.asp?op=enciclopedia/enciclo\\_residuo.htm](http://www.ambientum.com/interno.asp?op=enciclopedia/enciclo_residuo.htm) [Consulta: Jul. 7, 2006]
- Arتهistoria. Los filisteos golpeados por la peste, "La Peste de Azoth". [Artículo en Internet] [www.artehistoria.jcyl.es/genios/cuadros/5081.htm](http://www.artehistoria.jcyl.es/genios/cuadros/5081.htm) [Consulta: Sep. 2, 2006]
- Ayuntamiento de Zaragoza. Plan Especial de Limpieza Pública. [Artículo de Internet]. <http://cmisapp.zaragoza.es/ciudad/incidencias/plan.htm> [Consulta: 8 febrero de 2007]
- CRA. Impactos regulatorios en los sectores de acueducto, alcantarillado y aseo- 2006 [Sitio en Internet] CRA. Disponible en <http://www.cra.gov.co/portal/www/section-62.jsp?op=277#277%3E> [Acceso: 19 de Julio 2006]
- EEVM: Empresas Varias de Medellín E.S.P. Servicios Básicos. [Artículo de Internet] [www.eevm.com.co/htdocs/sbasicos.htm](http://www.eevm.com.co/htdocs/sbasicos.htm) [Consulta: 25 octubre de 2006]
- LeGrande D. Ministerio de trabajo y asuntos sociales de España: Servicios públicos y estatales. [Artículo de Internet]. <http://www.mtas.es/insht/EncOIT/pdf/tomo3/101.pdf> [Consulta: 5 diciembre de 2006]

- Ministerio de ambiente vivienda y desarrollo territorial. Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico RAS-2000 Sección II- Título F - Sistemas de Aseo Urbano. [Artículo de Internet]. [http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir\\_agua\\_potable\\_sanear\\_basico/direccion/direccion\\_agua\\_potable.htm](http://www.minambiente.gov.co/viceministerios/ambiente/dir_agua_potable_sanear_basico/direccion/direccion_agua_potable.htm) [Consulta: 19 octubre de 2006]
- Portal Ambiental de Medellín. Instituciones. [Sitio en Internet] <http://www.medellin.gov.co/PortalAmbiental/instituciones.jsp>. Acceso el 22 de marzo 2007
- Ranger R. An Overview of Sweeping Equipment Technology [artículo de Internet]. [www.worldsweeper.com/ChooseEquipment/overviewofsweepers.html](http://www.worldsweeper.com/ChooseEquipment/overviewofsweepers.html) [Consulta: 22 enero de 2007]
- SIU. Sistema único de información de servicios públicos. [Sitio en Internet] <https://www.sui.gov.co/SUIWeb/login.jsp>. Acceso el 13 de Junio 2006
- Universidad Politecnica de Cataluña. Departament de mecánica de fluids. [Sitio en Internet] <http://www.upc.edu/es>. Acceso el 8 marzo 2007
- World of sweeper. The History of Power Sweeping. [Sitio en Internet] Disponible en <http://www.worldsweeper.com/pd/index.html>. Acceso el 8 agosto 2006.

## CATÁLOGOS

- *Brochure Applied Sweepers 400 Series®*
- *Brochure Elgin WhirlWind®*
- *Brochure Hoover Spin Sweeper®*
- *Brochure Madvac PS300®*

- *Brochure RCM Brava®*
- *Catálogo de productos Nilfisk 2006*
- *Catálogo Hako, Hamster 700*
- *Catálogo Tennant 4300®*
- *Catálogo Tennant Centurion®*
- *Manual de instrucciones Kärcher KMR1000®*
- *Manual de operación Nilfisk SW655®*
- *Manual de instrucciones IPC 464®*