

## DESARROLLOS RECIENTES EN EQUIPOS DE BARRIDO DE CALLES

### RESUMEN

El barrido de calles es una actividad necesaria para remover la contaminación de las calles y mantener en ellas una buena apariencia. Sin embargo, la cantidad de investigación sobre barredoras de calles es muy poca, y la literatura sugiere que las barredoras de calles no han sido muy eficientes en su operación. Debido a esto, en los últimos años se han desarrollado nuevas tecnologías que permiten a las barredoras tener mejor acceso a las basuras, remover más contaminación, reducir las emisiones de polvo a la atmósfera y aumentar la vida del equipo. Este artículo presenta brevemente la investigación que se ha efectuado sobre barredoras de calles, habla sobre los desarrollos recientes en estos vehículos y discute las necesidades de investigación con el fin de mejorar su desempeño.

**PALABRAS CLAVES:** Vehículos barredores, barrido de calles, barredoras secas asistidas por vacío.

### ABSTRACT

*Street sweeping is necessary in order that roadways look clean and to remove road pollution. However, the amount of research on street sweepers is very limited, and the literature suggests that street sweepers have not been very efficient. Consequently, new technologies have been developed so that sweepers can have more access to the debris, remove more pollution, reduce dust emissions to the atmosphere, and increase equipment life. This paper briefly presents the research on road sweepers, deals with the recent developments in these vehicles, and discusses the research needs so that their performance can be improved.*

**KEYWORDS:** Street sweepers, sweeping vehicles, road sweeping, vacuum-assisted dry sweepers.

### 1. INTRODUCCIÓN

El barrido de calles es un servicio importante en áreas urbanas para remover la cantidad de basura que es arrojada a las calles por carros y peatones. Esto se debe hacer no sólo con el fin de mejorar el aspecto de las vías y evitar el bloqueo de los desagües, sino también para reducir la polución que es lanzada a la atmósfera o que llega a los ríos, océanos u otros sistemas acuáticos a través de los desagües.

En muchos países, el barrido de calles y carreteras se ha realizado mediante vehículos barredores, los cuales han tenido sólo un éxito parcial. Esto se debe principalmente a dos problemas. Por un lado, las bajas frecuencias de barrido afectan la calidad del mantenimiento de las vías. Es de anotar que una alta frecuencia generaría mayores costos y problemas con el despeje frecuente de vehículos estacionados en las vías. Por otro lado, la cantidad de contaminación que reside en las basuras ha sido una dificultad para las barredoras, las cuales fueron diseñadas y fabricadas en sus comienzos pensando solamente en remover las basuras visibles de las vías.

Los vehículos u otras actividades realizadas con las vías dispersan en el aire contaminantes nocivos tales como

### LIBARDO V VANEGAS USECHE

Ingeniero Mecánico, M.Sc.  
 Profesor Asociado  
 Facultad de Ingeniería Mecánica  
 Universidad Tecnológica de Pereira  
 Estudiante de Doctorado  
 School of Engineering  
 University of Surrey  
 lvanegas@utp.edu.co

### GRAHAM A PARKER

B.Sc. Mechanical Engineering, Ph.D.  
 Professor of Mechanical Engineering  
 School of Engineering  
 University of Surrey  
 G.Parker@surrey.ac.uk

### MAGD M ABDEL WAHAB

B.Sc. Civil Engineering, Ph.D.  
 Senior Lecturer in Mechanics of  
 Materials and Structural Bonding  
 School of Engineering  
 University of Surrey  
 M.Wahab@surrey.ac.uk

metales pesados, los cuales constituyen un riesgo para la salud de los seres vivos. Aún más, dichos contaminantes caen a la superficie de la vía y, en época lluviosa, son generalmente arrastrados hacia las alcantarillas como sólidos en suspensión. Estos contaminantes llegan entonces a los ríos, lagos y mares, produciendo también efectos nocivos para la vida de los animales y de las plantas.

Este artículo presenta los avances recientes en equipos para barrer vías y discute brevemente las necesidades de investigación en este campo. En artículos anteriores [1,2] se describen los tipos más comunes de barredoras de calles, se habla sobre la contaminación en las vías y se presenta una revisión de la efectividad de los vehículos barredores para remover contaminantes de éstas. Por lo tanto, estos temas no se discuten en el presente artículo. El orden de este trabajo es el siguiente: la sección 2 presenta un resumen de las investigaciones en barredoras de calles. La sección 3 describe los avances y modificaciones recientes de los vehículos barredores. Las necesidades de investigación en dichos equipos y las conclusiones del artículo se presentan en la sección 4 y 5 respectivamente.

## 2. INVESTIGACIÓN EN BARRIDO DE CALLES

A pesar de la importancia y de los problemas del barrido de calles, la cantidad de información publicada es muy poca. La revisión de la literatura indica que las barredoras de calles modernas han sido desarrolladas empíricamente [3] y que los últimos desarrollos están siendo logrados en su mayoría por los fabricantes de barredoras. Muchos de los esfuerzos actuales se enfocan en aspectos ambientales, debido en parte a regulaciones ambientales y a que estudios gubernamentales han indicado que las barredoras han tenido muy poca efectividad para remover los contaminantes de las vías. Algunas áreas en las que se ha efectuado investigación son medición y control de la polución, dinámica de cepillos laterales y automatización de las barredoras. En el resto de esta sección se presenta una corta revisión de estos trabajos.

La mayoría de la investigación en barredoras mide la efectividad de éstas en remover polución [4-11]; estos trabajos se discuten con cierto detalle en [2]. De acuerdo a los resultados de estas investigaciones, el barrido de calles con barredoras mecánicas y asistidas por vacío podría incluso producir un incremento en el potencial de emisiones de polvo. Es decir, el barrido podría aumentar la contaminación atmosférica, debido a que los cepillos pulverizan los sedimentos de las calles y los lanzan a la atmósfera y a que los sistemas de filtrado de las unidades succionadoras dejan salir contaminantes altamente nocivos para la salud (por ejemplo, partículas de 10  $\mu\text{m}$  o  $\text{PM}_{10}$ ). Las barredoras regenerativas y las secas asistidas por vacío tienden a tener mejores resultados, particularmente las últimas. Se concluye que la mayoría de las barredoras usadas actualmente, exceptuando las barredoras secas asistidas por vacío, no son efectivas en remover las partículas contaminadas. Se ha indicado que las barredoras secas son significativamente efectivas en la remoción de partículas finas, y éstas son las máquinas que deberían usarse para recoger contaminantes de las vías. Sin embargo, estas barredoras podrían ser inefectivas en la práctica si no existen las condiciones adecuadas o no se controlan cuidadosamente otros factores.

Peel *et al.* [3] investiga la automatización de las barredoras de calles para hacer de ellas vehículos parcialmente autónomos, con mejor desempeño y seguridad, y que produzcan menos cansancio del conductor, desgaste del cepillo y emisión de polución. La automatización es posible mediante un sistema de visión, el cual identifica y clasifica varios tipos de vías y de escombros. La referencia [1] presenta detalles adicionales sobre este trabajo.

Peel y Parker [12] y Peel [13] estudian la dinámica de los cepillos laterales para barrer calles. Se desarrolla un modelo discreto pseudo estático de una cerda, para investigar los parámetros de operación tales como fuerzas

y pares de torsión en cepillos horizontales o inclinados que actúan sobre superficies planas (acero lubricado con aceite, concreto y asfalto) bajo operación ideal (sin basura). El modelo asume que las cerdas se deforman solamente en el plano “débil” de deflexión de la cerda y analiza las condiciones de estado estable. Para modelar la deflexión, la cerda es dividida en un número finito de elementos rígidos conectados mediante resortes de torsión. Además del modelo teórico, se efectuaron ensayos experimentales. Los resultados de los experimentos y del modelo matemático se presentan en [14].

## 3. DESARROLLOS RECIENTES EN LAS BARREDORAS DE CALLES

### 3.1. Introducción

Como se mencionó en la sección 2, los avances en vehículos barredores han sido fruto principalmente de las compañías que producen estos equipos. Éstas han desarrollado nuevas tecnologías que permiten recolectar un mayor número de tipos de escombros, mejorar el acceso a sitios difíciles de alcanzar por los sistemas de barrido y remover una mayor proporción de partículas contaminadas de las vías. Los diferentes fabricantes producen barredoras con características particulares y equipos adicionales. Por ejemplo, algunas barredoras mecánicas de cepillo con vacío pueden trabajar con o sin cepillo y operar con el sistema de vacío o con el proceso de aire regenerativo (por ejemplo, la barredora de aire regenerativo “Raven 45”). Los fabricantes han desarrollado y patentado nuevas tecnologías para resolver algunos problemas o mejorar el desempeño de las barredoras. Por ejemplo, nuevas tecnologías en sistema de filtrado de aire típicamente filtran polvo de un tamaño menor de 10  $\mu\text{m}$ , pero ciertos sistemas filtran partículas mucho más pequeñas.

### 3.2. Barredoras “Secas” Asistidas por Vacío

Como se describe en [1], las barredoras de calles más comunes son las mecánicas de cepillo, las asistidas por vacío, las de aire regenerativas y las secas asistidas por vacío. Las tres primeras utilizan agua para evitar que los cepillos dispersen el polvo. Sin embargo, éstas tienen el problema de que el agua se mezcla con las partículas de la vía, generando una especie de lodo que tiende a quedarse pegado en la superficie. Para evitar esto, apareció la tecnología de barrido en seco. Ésta se describe a continuación.

Las barredoras “secas” asistidas por vacío han emergido muy recientemente y se desarrollaron y produjeron originalmente por Enviro Whirl Technologies Inc. en los Estados Unidos [10]. Estas barredoras, también llamadas barredoras micrométricas (*small-micron sweepers*), son similares a las asistidas por vacío y a las de aire regenerativas, pero operan sin usar agua para la supresión

de polvo y emplean un sofisticado sistema de filtración. Constan de cepillos rotativos “secos” encerrados en una cabeza de vacío de alta potencia, en una sola unidad, tal como se muestra en la figura 1. Los cepillos aflojan las

partículas del pavimento, y luego un ventilador de alta potencia las succiona e impulsa hacia un contenedor. El aire es filtrado mediante una serie de filtros que capturan partículas de ciertos rangos de tamaños micrométricos.



Figura 1. Barredora “seca” asistida por vacío. Schwarze Small-Micron Environmental Sweeper - Model EV2 (adaptada de [15])

Las barredoras secas tienen un desempeño sobresaliente por varias razones. Como se mencionó, esta tecnología supera el problema tradicional de que los rociadores de agua disuelvan las partículas, formando un lodo que se queda en las grietas de la vía. También, las barredoras secas evitan la tendencia de las otras barredoras de exponer partículas muy finas que están escondidas debajo de partículas más grandes, y así se evita que sean transportadas fácilmente por el viento y el agua. Las barredoras secas son las que tienen mayor capacidad para remover partículas micrométricas [10], y en general basuras de todos los tamaños, con un bajo impacto ambiental. Por ejemplo, algunas de ellas son capaces de filtrar polvo hasta de  $2.5 \mu\text{m}$  de diámetro [16]. Adicionalmente, hay algunas barredoras que pueden filtrar el aire de la cabina, para seguridad del operador cuando se están barriendo residuos tóxicos. Debido a todas estas características, estas barredoras son apropiadas para aplicaciones en las que se tienen que barrer materiales tóxicos, peligrosos o altamente contaminados.

Estas máquinas tienen otras ventajas. No hay necesidad de usar agua, lo que genera un ahorro debido a que no hay necesidad de bombas ni otras partes para su manejo. No hay necesidad de tanques de agua, lo cual reduce tiempos y costos, ya que no hay que llenarlos y no hay que transportar agua (lo cual aumentaría el consumo de combustible y las emisiones del vehículo). La basura recogida no se mezcla con agua, lo que significa que la barredora recoge más basura antes de tener que vaciar el contenedor. Por último, estas máquinas pueden ser operadas a temperaturas de congelación.

### 3.3. Otras Tecnologías y Accesorios de las Barredoras de Calles

Algunos fabricantes han introducido tecnologías para optimizar el desempeño de las barredoras, de acuerdo a las condiciones de barrido. Por ejemplo, Tennant Company [17] tiene un sistema de barrido llamado StreetSmart™, el cual se dice que ajusta la operación del cepillo y del transportador (de la barredora mecánica de cepillo con vacío Centurion™), de acuerdo a las condiciones de barrido y al tipo de basura. Se asegura que el sistema monitorea el desgaste del cepillo y optimiza la velocidad de las puntas de las cerdas de tal manera que se maximiza la vida de éstas. También, la barredora está equipada con cinco modos de barrido, cuatro preestablecidos y uno suministrado por el operario, para condiciones de trabajo liviano, normal y pesado. De acuerdo a esto, el desgaste del cepillo y del transportador, el consumo de energía y las emisiones del vehículo serían minimizados. Además, el conductor puede concentrarse principalmente en manejar con seguridad, trabajando más relajado. De manera similar, Sweeprite Mfg. Inc. [18] informa que patentó un sistema de barrido de una barredora mecánica de cepillo, el cual tiene un rendimiento excelente en una amplia variedad de condiciones y aplicaciones. TYMCO [19] tiene un cepillo lateral (de una barredora de aire regenerativa) equipado con una válvula que automáticamente determina la presión requerida en el cepillo para los diferentes tipos de escombros y basuras. De acuerdo a esto, la vida del cepillo y la efectividad de barrido serían maximizadas.

También se han efectuado mejoras importantes con respecto a la capacidad de las barredoras de recolectar micro-partículas contaminadas, reduciéndose la contaminación en las vías, y con relación a la reducción de las emisiones provenientes de los sistemas de vacío. No sólo se ha reducido la cantidad de partículas que es lanzada a la atmósfera por barredoras asistidas por vacío (asistidas por vacío, secas y regenerativas), sino que también se han reducido los tamaños de éstas. Por ejemplo, algunos productores comúnmente ofrecen barredoras con certificación  $PM_{10}$ . Aún más, Kidwell-Ross [16] ofrece máquinas que emplean un sistema de filtrado auto-limpiante que puede filtrar polvo de tamaño menor de  $2.5 \mu m$  ( $PM_{2.5}$ ). Estos altos niveles de filtración han sido logrados, por ejemplo, por sistemas de filtrado patentados tales como los de TYMCO [20] y Schwarze Industries, Inc. [21]. El sistema del último fabricante utiliza aire comprimido para purgar los filtros de manera secuencial [21].

Algunas barredoras tienen una unidad con cepillos flotantes, mostrada en la figura 2. Los cepillos están soportados mediante un mecanismo con una suspensión de resortes, los cuales permiten que cada cepillo flote independientemente y se adapte a superficies irregulares. Esto aumenta la vida de los cepillos, ya que evita su sobrecarga. Cuando un cepillo sin suspensión se encuentra con alguna irregularidad o se empuja hacia el borde del andén, las cargas y esfuerzos aumentan, y se produce un desgaste excesivo de las cerdas.



Figura 2. Unidad con cepillos flotantes [15]

También se han logrado mejoras con respecto a la efectividad, eficiencia y reducción del ruido de las barredoras. Por ejemplo, Schwarze Industries, Inc. [22] desarrolló un sistema de barrido llamado WhisperWheel<sup>SM</sup>. Se asegura que este diseño mejorado incrementa la capacidad de recolección en un 7%, suministra ahorros de combustible de hasta 20% y reduce el ruido en un 73%. De manera similar, Sweeprite Mfg. Inc. [23] especifica que uno de sus vehículos barredores tiene un soplador especialmente diseñado que reduce el ruido a la mitad.

Los fabricantes también han efectuado desarrollos en otras áreas. Éstas incluyen seguimiento de la operación del vehículo, maniobrabilidad, visibilidad y comodidad del operario, costos de mantenimiento, consumo de agua y desgaste del equipo. Por ejemplo, Elgin Sweeper Co. [24] ha desarrollado un sistema de seguimiento automatizado llamado FleetMinder<sup>TM</sup> que incorpora un sistema de posicionamiento. Esta herramienta monitorea y registra el estado de los componentes y de las funciones del sistema, de tal manera que se tienen los registros del uso del vehículo, incluyendo eventos de arranque, de movimiento, de reposo o espera y de parada. También suministra fechas, horas, ubicación, kilometraje y máxima velocidad, entre otros. Consecuentemente, este sistema ahorra el tiempo que el conductor tendría que gastar en llevar dichos registros de forma manual y reduce o elimina los errores u otros problemas con la información. También ayuda a mejorar la eficiencia de las rutas, minimiza errores de facturación y evita el uso no autorizado del vehículo. Por otro lado, Sweeprite Mfg. Inc. [25] ofrece un pre-limpiador de aire que usa un sistema de separación centrífuga de varios pasos. El sistema remueve partículas del flujo de aire en recirculación para reducir la obturación de los filtros, el desgaste del soplador y las emisiones de partículas.

Finalmente, algunos productores ofrecen accesorios opcionales para sus barredoras. Por ejemplo, Schwarze Industries, Inc. [26] tiene un mecanismo con dedos de caucho para agarrar una variedad de escombros grandes, tales como llantas, troncos de madera y, en general, basuras que no puedan ser barridas por el mecanismo convencional de la barredora. Este mecanismo se muestra en la figura 3.



Figura 3. Sistema con dedos de recolección [26]

Otros equipos, producidos por TYMCO [27], son un dispositivo con imán para recoger metales potencialmente peligrosos, una boquilla de succión auxiliar para tener acceso a áreas difíciles de alcanzar por el vehículo, tales como alcantarillas y áreas cerca de canecas de basura (figura 4) y sistemas de recuperación

de líquidos, los cuales se usan para recuperar aguas contaminadas u otros líquidos tóxicos mientras se barre.



(a) Imán

(b) Manguera auxiliar

Figura 4. Accesorios de las barredoras. (a) Imán para la recolección de metales. (b) Boquilla de succión auxiliar [27]

#### 4. NECESIDADES DE INVESTIGACIÓN EN BARRIDO DE CALLES

Con respecto a la remoción de la contaminación de las vías, se ha dicho que ciertos equipos tienen una gran eficiencia, comparados con la mayoría de barredoras que operan actualmente. Sin embargo, es muy poca la información disponible sobre la efectividad de los vehículos barredores, y es necesario realizar más ensayos experimentales para mejorar la certidumbre de los datos. Aún más, los estudios se han enfocado en cuantificar la efectividad global de las barredoras, y no se ha investigado la efectividad desde el punto de vista de los diferentes mecanismos de barrido. Además, no parece existir información publicada sobre los efectos que tienen los diferentes parámetros de barrido de los cepillos o las variables del proceso de succión sobre la efectividad y eficiencia de barrido. Esto, no sólo desde el punto de vista de la remoción de la polución, sino también con respecto a la capacidad de remoción de partículas y basuras de diferentes tamaños.

Es necesario investigar ampliamente los factores y fenómenos que afectan el proceso de barrido, tanto de contaminantes como de partículas y basuras grandes, e investigar la efectividad y la eficiencia de barrido. Se deben efectuar estudios completos sobre los factores que afectan el barrido, tales como tipo de basura, tipo y condiciones de la vía, tipo de barredora, parámetros de operación y factores ambientales. También se debe investigar cómo dichos factores afectan la efectividad o eficiencia de las barredoras. El paso siguiente al estudio de las características de los mecanismos de barrido es el mejoramiento de éstos, aumentando la efectividad o la eficiencia. Se deben estudiar posibles opciones con las cuales los mecanismos de barrido existentes puedan ser mejorados o, alternativamente, estudiar nuevas formas de barrer.

#### 5. CONCLUSIONES

Tradicionalmente, los vehículos barredores no han sido muy eficientes en la recolección de basuras y de la contaminación asociada con éstas. En los últimos años han emergido nuevas tecnologías en los equipos de barrido de calles, con el fin de mejorar su desempeño. Las mejoras han sido logradas principalmente por los fabricantes, al parecer de una manera empírica. Los principales desarrollos parecen ser la introducción de las barredoras secas asistidas por vacío, las cuales no requieren de agua para suprimir el levantamiento de polvo, y los nuevos sistemas filtrantes que permiten filtrar partículas típicamente hasta de 10  $\mu\text{m}$ , pero incluso hasta de 2.5  $\mu\text{m}$ . Se han desarrollado también sistemas que adaptan el cepillo a las condiciones de barrido, es decir, al tipo de vía, de basuras y a las condiciones en general. Además, los vehículos están siendo desarrollados de tal manera que la reducción de ruido y costos, la vida del equipo y su versatilidad van en aumento.

A pesar de la importancia y de los problemas del barrido de calles, esta actividad ha atraído muy poca atención de la comunidad investigadora. La cantidad de investigación y el conocimiento sobre la efectividad de las barredoras de calles son muy escasos. Se ha investigado sobre la dinámica de los cepillos laterales, sobre la efectividad de las barredoras para remover contaminantes de las vías y sobre la automatización de estos equipos. Sin embargo, no parece haber información sobre la eficiencia de los mecanismos de barrido. Entonces, es necesario realizar mucha investigación para lograr que la actividad del barrido de calles se ejecute eficazmente, es decir, creando un impacto positivo sobre la polución en carretera, y gastando menos tiempo, energía y otros recursos.

#### 6. AGRADECIMIENTOS

Para efectuar este trabajo se contó con el apoyo del Programa Alfa, Programa de becas de alto nivel de la Unión Europea para América Latina, n° de identificación (E03D04976CO), de la Universidad Tecnológica de Pereira y de la University of Surrey.

#### 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] VANEGAS USECHE, L. V. y PARKER, G. A. Barrido de Calles y Vehículos Barredores, *Scientia et Technica*, 26, pp. 85-90, 2004.
- [2] VANEGAS USECHE, L. V. y ABDEL WAHAB, M. M. Efectividad de las Barredoras de Calles para Remover Contaminantes de las Vías, *Scientia et Technica*, 27, pp. 87-92, 2005.
- [3] PEEL, G., MICHIELEN, M. y PARKER, G. Some Aspects of Road Sweeping Vehicle Automation, 2001

- IEEE/ASME Int. Conf. Adv. Intelligent Mechatronics Proc.*, I and II, pp. 337-342, 2001.
- [4] KUHNS, H., ETYEMEZIAN, V., GREEN, M., HENDRICKSON, K., MCGOWN, M., BARTON, K. y PITCHFORD, M. Vehicle-Based Road Dust Emission Measurement - Part II: Effect of Precipitation, Wintertime Road Sanding, and Street Sweepers on Inferred PM<sub>10</sub> Emission Potentials from Paved and Unpaved Roads, *Atmospheric Environment*, 37 (32), pp. 4573-4582, 2003.
- [5] FITZ, D. R. Evaluation of Street Sweeping as a PM<sub>10</sub> Control Method - Final Report, <http://www.cert.ucr.edu/research/pubs/98-ap-rt4h-005-fr.pdf>, 1998 (consultada 11 octubre 2004).
- [6] SUTHERLAND, R. A. Lead in Grain Size Fractions of Road-Deposited Sediment, *Environmental Pollution*, 121 (2), pp. 229-237, 2003.
- [7] TOBIN, G. A. y BRINKMANN, R. The Effectiveness of Street Sweepers in Removing Pollutants from Road Surfaces in Florida, *Journal of Environmental Science and Health, Part A-Toxic/Hazardous Substances & Environmental Eng.*, 37 (9), pp. 1687-1700, 2002.
- [8] SUTHERLAND, R. C. y JELEN, S. L. Contrary to Conventional Wisdom, Street Sweeping can be an Effective BMP, *Advances in Modeling the Mgmt of Stormwater Impacts*, 5, pp. 179-190, 1997.
- [9] EPA. Storm Water - Management Fact Sheet - Dust Control, <http://www.epa.gov/owm/mtb/dustctr.pdf>, 1999 (consultada 14 octubre 2004).
- [10] WALKER, T. A. y WONG, T. H. F. Effectiveness of Street Sweeping for Stormwater Pollution Control - Technical Report, <http://www.catchment.crc.org.au/pdfs/technical199908.pdf>, 1999 (consultada 14 octubre 2004).
- [11] SMRC. Pollution Prevention Fact Sheet: Parking Lot and Street Cleaning, [http://www.stormwatercenter.net/Pollution\\_Prevention\\_Factsheets/ParkingLotandStreetCleaning.htm](http://www.stormwatercenter.net/Pollution_Prevention_Factsheets/ParkingLotandStreetCleaning.htm), 2004 (consultada 12 octubre 2004).
- [12] PEEL, G. M. y PARKER, G. A. Initial Investigations into the Dynamics of Cutting Brushes for Sweeping, *ASME, Journal of Dynamic Systems, Measurement and Control*, 124 (4), pp. 675-681, 2002.
- [13] PEEL, G. A General Theory for Channel Brush Design for Street Sweeping, Tesis de PhD, Universidad de Surrey, Reino Unido, 2002.
- [14] VANEGAS USECHE, L. V., ABDEL WAHAB, M. M. y PARKER, G. A. Dinámica de Cepillos Laterales para Barrido de Calles, *Scientia et Technica*, 30, enviado para revisión.
- [15] SCHWARZE INDUSTRIES, INC. Product Specifications - Schwarze EV2 Particulate Management, <http://www.schwarze.com/sweepers/ev/pdf/SchwarzeEV2Brochure.pdf>, 2002 (consultada 16 enero 2006).
- [16] KIDWELL-ROSS, R. (ed.) An Overview of Sweeping Equipment Technology, <http://www.americansweeper.com/topics/overviewofsweepers.html>, 2003 (consultada 2 septiembre 2004).
- [17] TENNANT COMPANY. Centurion™, <http://www.tennantcenturion.com/>, 2006 (consultada 25 enero 2006).
- [18] SWEEPRITE MFG. INC. Husky II by Sweeprite, <http://www.sweeprite.com/Producthusky2.htm> (consultada 19 octubre 2004).
- [19] TYMCO. Why Buy a TYMCO®?, <http://www.tymco.com/whybuy.html>, 2003 (consultada 19 octubre 2004).
- [20] TYMCO. Introducing the TYMCO Model DST-4®, <http://www.tymco.com/moddst4.html>, 2003 (consultada 25 octubre 2004).
- [21] SCHWARZE INDUSTRIES, INC. Schwarze EV-series Small Micron Environmental Sweepers, <http://www.schwarze.com/sweepers/ev/terrenerreport.html>, 2002 (consultada 25 octubre 2004).
- [22] SCHWARZE INDUSTRIES, INC. Schwarze Innovation Combines Quieter Operation with Better Performance and Fuel Economy, <http://www.schwarze.com/sweepers/WhisperWheel/whisper1.html>, 2003 (consultada 19 octubre 2004).
- [23] SWEEPRITE MFG. INC. The Raven 45, <http://www.sweeprite.com/ProductRaven45.htm> (consultada 22 octubre 2004).
- [24] ELGIN SWEEPER CO. FleetMinder, <http://www.elginsweeper.com/fleetminder/index.asp>, 2002 (consultada 19 octubre 2004).
- [25] SWEEPRITE MFG. INC. Air Sweeper Many Applications, [http://www.baumpub.com/publications/arc/land\\_04mar/sweeprite.htm](http://www.baumpub.com/publications/arc/land_04mar/sweeprite.htm), 2004 (consultada 20 octubre 2004).
- [26] SCHWARZE INDUSTRIES, INC. Schwarze RoadHawk - Large Debris Highway Safety Sweeper <http://www.schwarze.com/sweepers/roadhawk/fingers.html>, 2002 (consultada 19 octubre 2004).
- [27] TYMCO. TYMCO® Sweeper Model Options, <http://www.tymco.com/modopt.html>, 2003 (consultada 19 octubre 2004).