

# **Auditoria al sistema de desempolvado del área de trituración de caliza en la planta Cerro Blanco de Holcim Ecuador S.A.**

Juan Arias Llorenty<sup>1</sup>, Ernesto Martínez Lozano<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico especializado en Diseño y Producción 2006

<sup>2</sup>Director de Tesis. Ingeniero Mecánico, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1983, Maestría en Administración de Empresas, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2006, Profesor de ESPOL desde 1983

## **RESUMEN**

The present document details the considerations to bearing in mind to evaluate the correct functioning of a system collector of powders in a cement plant. Besides, it indicates the impact that a wrong functioning of this type of systems can cause for people and for process itself, from environmental and costs points of view, respectively.

With these considerations, there is an analysis of each one of the systems in the area, making a comparison between the current situation and the ideal one, emphasizing the key points that are in good conditions and the key points which is necessary to apply improvements to get the best efficiency of the system, obtaining the best possible benefits for the process and people.

El presente documento detalla las consideraciones a tener en cuenta para evaluar el correcto funcionamiento de un sistema colector de polvos en una planta cementera. Además, indica el impacto que un mal funcionamiento de este tipo de sistemas puede ocasionar tanto para las personas y para el proceso, desde los puntos de vista ambiental y de costos, respectivamente.

En base a estas consideraciones, consta un análisis de cada uno de los sistemas de desempolvado del área, realizando una comparación entre la situación actual y la ideal, destacando los puntos claves que se encuentran en buenas condiciones y los puntos claves a los que hay que aplicar mejoras para retomar la eficiencia del sistema, obteniendo los mejores beneficios posibles para el proceso y las personas.

## **INTRODUCCIÓN**

Se plantea esta auditoria al sistema de desempolvado del área de trituración de caliza, con el fin de poder determinar los puntos más críticos que se encuentran afectando al sistema para poder poner en práctica soluciones económicas y a corto plazo obteniendo como resultado mejoras en la eficiencia de los equipos, reducción de los costos de limpieza por motivos de derrames de material o escape del mismo hacia la atmósfera, mejoramiento del aspecto general del área y más seguridad para los trabajadores y visitantes.

Básicamente se cuestiona la eficiencia de los equipos del sistema; es decir, si se encuentra o no dentro de rangos aceptables para su correcto funcionamiento; en caso de no estarlo, determinar las causas que originan este mal funcionamiento apoyado en las consideraciones teóricas de diseño para este tipo de sistemas.

Se realizará un levantamiento de datos técnicos de sistema instalado, y se obtendrán datos relevantes tales como velocidades de transporte de flujo en ductos, velocidades de captura, diseños de ductos, capacidad de ventiladores, tipo y cantidad de mangas, entre otros, para poder establecer diferencias con las consideraciones de diseño antes mencionadas y recomendar posibles soluciones.

## **CONTENIDO**

El desarrollo consiste en identificar la situación actual de cada uno de los sistemas, para posteriormente realizar la evaluación con las consideraciones que se deben cumplir, mencionando los problemas que están presentes y recomendando soluciones prácticas y económicas en caso de ser posible.

**TABLA I**  
**FILTRO DEL EDIFICIO DE LA TRITURADORA PRIMARIA**

<b><u>Características de la instalación</u></b>	
<b>Filtro de mangas</b>	
Tipo	Pulse Jet
Cantidad de mangas	144 un
Diámetro de mangas	6.00 pulg.
Longitud de mangas	100.00 pulg.
Número de cámaras	1 un
Ancho de cámara	2.44 m
Largo de cámara	2.44 m
Material de las mangas	Poliéster Siliconizado
Capacidad efectiva del filtro	18510.00 m <sup>3</sup> /h
Capacidad del ventilador	18300.00 m <sup>3</sup> /h
Presión estática del ventilador	300.00 mmcda 2943.00 Pa
Velocidad del ventilador	1393.00 rpm
Temperatura de operación máxima admisible	70 °C
<b>Puntos a desempolvar</b>	<b>Ancho de la banda</b>
Descarga banda transportadora CB.211-BT1	72 "
Alimentación banda transportadora CB.211-BT1	72 "
Alimentación banda transportadora CB.211-BT2	48 "
<b>CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO</b>	
<b>Cantidad de aire requerido de acuerdo al equipo a desempolvar</b>	
Sección A	40.00%
Sección B	42.50%
Sección C	17.50%
Descarga banda transportadora CB.211-BT1	4572.00 m <sup>3</sup> /h
Alimentación banda transportadora CB.211-BT1	4572.00 m <sup>3</sup> /h
Alimentación banda transportadora CB.211-BT2	3238.50 m <sup>3</sup> /h
<b>Total cantidad de aire requerido</b>	<b>12382.50 m<sup>3</sup>/h</b>

### Pérdidas de presión por secciones

Sección de ducto	Elementos	Presión de velocidad	Pérdida de presión	Pérdida de presión de la sección
1	Ducto		171.19 Pa	
	Arreglos	133.70 Pa	120.33 Pa	291.52 Pa
2	Ducto		279.28 Pa	
	Arreglos	359.62 Pa	-133.06 Pa	146.22 Pa
3	Ducto		549.34 Pa	
	Arreglos	777.68 Pa	528.82 Pa	1078.16 Pa
4	Ducto		18.14 Pa	
	Arreglos	43.41 Pa	32.56 Pa	50.71 Pa
X	Colector (4" a 8" columna H2O)			1744.00 Pa
5	Ducto		129.69 Pa	
	Arreglos	318.45 Pa	105.09 Pa	234.77 Pa
6	Ducto		0.00 Pa	
	Arreglos	318.45 Pa	318.45 Pa	318.45 Pa

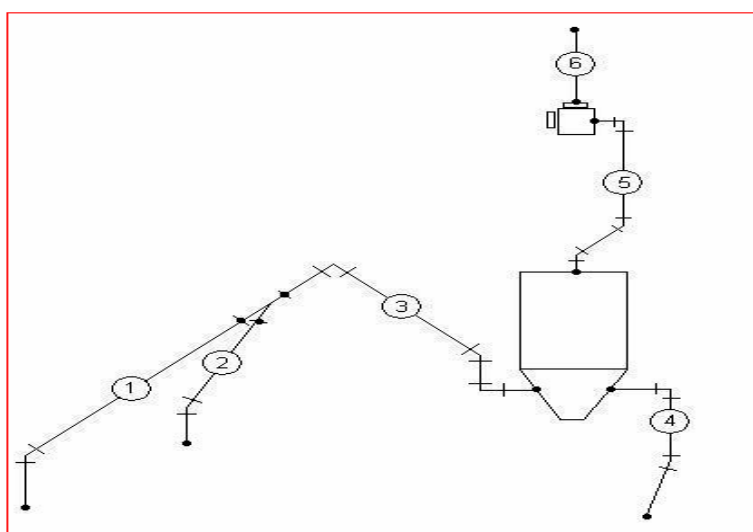


FIGURA 1. Diagrama esquemático del filtro del Edificio de la Trituradora Primaria

#### Evaluación de la instalación

El filtro instalado, tiene la suficiente capacidad para manejar el flujo de aire del sistema de acuerdo a los puntos a desempolvar. Sin embargo, no es aprovechado en su totalidad; pequeños detalles en el sistema crean pérdidas, volviéndolo aparentemente ineficiente.

Para obtener una velocidad de captura de 1.4 m/s, con la geometría actual de las campanas colocadas, la campana que se encuentra en la alimentación a la banda CB.211-BT1 debería estar al menos al nivel material, pero eso no es posible. La máxima distancia actual desde la campana hacia el material es de 600mm, con esta distancia, dos puntos tienen velocidades de captura menores a 1.4 m/s, lo que resulta en mayor material flotante que no se dirige hacia el ducto, fugando hacia el ambiente.

Se recomienda que el ancho de la campana sea igual al ancho del punto de succión, sin embargo ninguna de las campanas cumple con esta condición.

Para evitar segregación o abrasión en los ductos, la velocidad debe ser 18 m/s; con las dimensiones de los ductos instalados, tenemos velocidades desde los 9 m/s hasta 36 m/s. Un análisis de presiones en las juntas de los ductos, demuestra que el sistema se encuentra desbalanceado. En los puntos donde existen juntas, la caída de presión debe ser igual en todos los ramales que convergen a un mismo punto, y esto no sucede. Este desbalance genera mayores caídas de presión haciendo que el sistema resulte “más grande”, y la instalación actual no sea suficiente.

La inclinación de los ductos se encuentra entre 45° y 60°, siendo estos valores permisibles, con sus respectivos codos autolimpiables cuando es necesario. Hay entradas de aire falso que “roban” aire al sistema. No resulta costoso sellar los chutes o las tapas de inspección para garantizar confinamiento.

Al tener dos entradas opuestas y a gran velocidad, una gran turbulencia se genera en la entrada del filtro. Internamente no hay planchas deflectoras para distribuir el flujo uniformemente, por lo que se genera desgaste en las planchas que forman las paredes de la tolva.

La relación aire-tela es 1.18 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/min., es decir, que no todo el aire que puede soportar un filtro pulse jet, está siendo ingresado al sistema. En otras palabras, la cantidad de tela en el filtro, podría manejar un volumen mayor de aire de ser necesario.

La velocidad ascendente es 1.03 m/s, que es un valor que se encuentra dentro del rango permitido para filtros pulse jet. Dado que las medidas de las mangas otorgadas por el proveedor son estándar, sus dimensiones se ajustan a las especificaciones, manteniendo la relación longitud vs. diámetro menor a 25. Hace falta hacer énfasis en la colocación de las costuras correctamente; se encuentran colocadas aleatoriamente. La distancia entre mangas está por debajo de 50mm. Para alcanzar este valor, sería posible quitar cierta cantidad de mangas considerando que la relación aire tela puede aumentar, sin descuidar la velocidad ascendente.

Doce son las mangas por cada columna y por cada fila. Este valor es menor a 16 que es el máximo recomendado. Las canastillas contienen 12 varillas verticales, suficientes para el diámetro de 6” de las mangas; además, las mangas se fijan con el sistema snapband, que por experiencia en su uso, son muy eficientes evitando que mangas caigan a la tolva.

Considerando las condiciones del proceso, el poliéster siliconizado es la mejor alternativa como material para las mangas filtrantes.

Con las condiciones actuales del sistema, aparentemente, es necesario que opere un ventilador que tenga una presión estática mayor al que está instalado. Pero esta situación se genera por las pérdidas a lo largo del sistema, por diferentes velocidades en ductos, presiones, fugas, etc., Es posible balancear los flujos en el sistema y a la vez las presiones, con placas orificio, así, obtendríamos menos pérdidas y posiblemente el ventilador instalado sea suficiente.

El control de limpieza no cumple con lo requerido. No está considerando limpieza por demanda y con memoria. Sin embargo, los tiempos de disparo se encuentran muy bien. Se recomienda colocar el sistema de control de limpieza por demanda y no por tiempo como actualmente sucede.

**TABLA II**  
**FILTRO DEL EDIFICIO DE LAS TRITURADORAS SECUNDARIAS**

<u>Características de la instalación</u>	
<b>Filtro de mangas</b>	
Tipo	Pulse Jet
Cantidad de mangas	264 un
Diámetro de mangas	6.00 pulg.
Longitud de mangas	100.00 pulg.
Número de cámaras	1 un
Ancho de cámara	4.50 m
Largo de cámara	2.44 m
	24 mangas
	11 mangas
Material de las mangas	Poliéster Siliconizado
Capacidad efectiva del filtro	20600.00 m3/h
Capacidad del ventilador	36000.00 m3/h
Presión estática del ventilador	305.00 mmcda    2992.05 Pa
Velocidad del ventilador	994.00 rpm
Temperatura de operación máxima admisible	70 °C

Puntos a desempolvar	Ancho de la banda/alimentador de placas
Alimentación banda transportadora CB.211-BT4	42 "
Descarga alimentador de placas CB.211-DP3	42 "
Descarga alimentador de placas CB.211-DP4	42 "
Cola banda transportadora CB.211-BT7	42 "
Alimentación tolva 211-TL2	N/a
Alimentación banda transportadora CB.211-BT7	42 "
Descarga banda transportadora CB.211-BT3	48 "
Alimentación zaranda CB.211-CV1(2,40 m x 7 m)	16.80 m2

**CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO**

<b>Cantidad de aire requerido de acuerdo al equipo a desempolvar</b>	
<b>(en base a la TABLA 4)</b>	
Sección A	40.00%
Sección B	42.50%
Sección C	17.50%
Alimentación banda transportadora CB.211-BT4	2833.69 m3/h
Descarga alimentador de placas CB.211-DP3	2971.80 m3/h
Descarga alimentador de placas CB.211-DP4	2971.80 m3/h
Cola banda transportadora CB.211-BT7	1166.81 m3/h
Alimentación tolva 211-TL2	2500.00 m3/h
Alimentación banda transportadora CB.211-BT7	2833.69 m3/h
Descarga banda transportadora CB.211-BT3	3048.00 m3/h
Alimentación zaranda CB.211-CV1(2,40 m x 7 m)	7560.00 m3/h
<b>Total cantidad de aire requerido</b>	<b>25885.79 m3/h</b>

**Pérdidas de presión por secciones**

<b>Sección de ducto</b>	<b>Elementos</b>	<b>Presión de velocidad</b>	<b>Pérdida de presión</b>	<b>Pérdida de presión de la sección</b>
1	Ducto		500.61 Pa	1341.79 Pa
	Arreglos	924.37 Pa	841.18 Pa	
2	Ducto		14.34 Pa	50.58 Pa
	Arreglos	75.50 Pa	36.24 Pa	
3	Ducto		926.72 Pa	1604.39 Pa
	Arreglos	857.81 Pa	677.67 Pa	
4	Ducto		31.92 Pa	-2381.82 Pa
	Arreglos	17.87 Pa	-2413.74 Pa	
5	Ducto		143.75 Pa	256.90 Pa
	Arreglos	120.38 Pa	113.15 Pa	
6	Ducto		33.53 Pa	71.65 Pa
	Arreglos	48.25 Pa	38.12 Pa	
7	Ducto		84.26 Pa	158.04 Pa
	Arreglos	171.57 Pa	73.77 Pa	
8	Ducto		171.25 Pa	171.25 Pa
	Arreglos	245.89 Pa	0.00 Pa	
9	Ducto		19.93 Pa	31.95 Pa
	Arreglos	32.51 Pa	12.03 Pa	
10	Ducto		39.02 Pa	78.69 Pa
	Arreglos	61.99 Pa	39.68 Pa	
11	Ducto		16.54 Pa	1.83 Pa
	Arreglos	56.57 Pa	-14.71 Pa	
12	Ducto		9.12 Pa	17.99 Pa
	Arreglos	88.65 Pa	8.86 Pa	
13	Ducto		33.07 Pa	60.79 Pa
	Arreglos	56.57 Pa	27.72 Pa	
14	Ducto		107.74 Pa	107.74 Pa
	Arreglos	194.94 Pa	0.00 Pa	
15	Ducto		123.85 Pa	218.11 Pa
	Arreglos	219.21 Pa	94.26 Pa	
16	Ducto		33.47 Pa	33.47 Pa
	Arreglos	123.67 Pa	0.00 Pa	
X	Colector (4" a 8" columna H2O)			1744.00 Pa
17	Ducto		0.00 Pa	1075.66 Pa
	Arreglos	1075.66 Pa	1075.66 Pa	
18	Ducto		0.00 Pa	1075.66 Pa
	Arreglos	1075.66 Pa	1075.66 Pa	

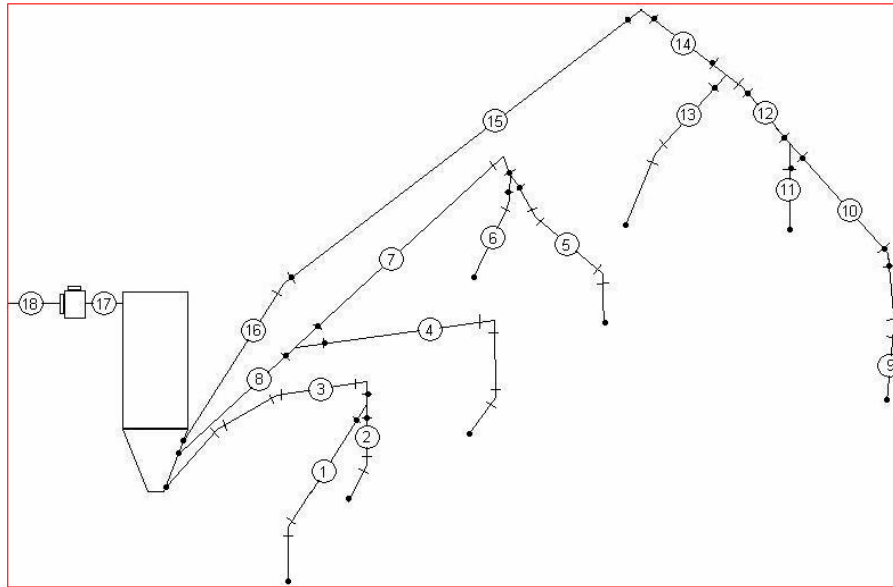


FIGURA 2. Diagrama esquemático del filtro del Edificio de las Trituradoras Secundarias

### Evaluación de la instalación

La capacidad efectiva instalada del filtro está por debajo del valor requerido. El sistema en la actualidad requiere de 26000 m<sup>3</sup>/h aproximadamente vs. los 20600 m<sup>3</sup>/h de la instalación. El límite de puntos a desempolvar es el máximo recomendado, 8 por sistema.

Existen 2 puntos en donde la ubicación de la campana, para obtener 1.4 m/s de velocidad de captura, tendría que ser al menos al nivel del material. Ninguno de los puntos de desempolvado está cubierto a lo ancho por la campana de captura, y la velocidad con la geometría actual a 600mm está por debajo de 1.4 m/s. Se recomienda analizar un cambio en la geometría de las campanas o bien, modificar su posición con respecto al material.

De las 18 secciones en que se ha dividido el sistema, sólo 3 secciones tienen valores de velocidades cercanos a 18 m/s; los rangos de velocidades se encuentran desde los 5.46 m/s hasta los 42.34 m/s, velocidades que están muy por fuera de la recomendada. Los puntos de más bajas velocidades son los puntos 4 y 9, que si se observan en el campo, son los puntos de mayor emisión de este sistema. Las partículas no ganan velocidad y flotan en la descarga escapando al ambiente. Seguido a ellos, los puntos 11 y 13 también cuentan con una velocidad de captura muy baja, y debido a esto, en conjunto los puntos 9, 11 y 13 que se encuentran muy cerca uno de otro en el sitio, generan una cantidad de polvo tal que se forman pilas de material en el piso. Se recomienda balancear el sistema.

Se encuentran puntos de entrada de aire falso en las descargas y compuertas de inspección. También, hay detalles en ciertas soldaduras de las secciones de los ductos, como aberturas o desgastes que permiten igualmente la entrada de aire falso al sistema.

En este caso, el ancho del filtro es de 4.5 m, con esto, permite colocar más de una entrada sobre el mismo lado de la tolva. Para este sistema tenemos 3 entradas, 2 de ellas tienen velocidades altas que afectan la tercera entrada.

La distancia entre mangas es de 34mm para el ancho y 64mm para el largo. Aunque la velocidad ascendente en promedio sea de 1.17m/s, estas secciones de 34mm pueden generar desgastes debido a los ciclos de limpieza que se generan y el movimiento de las mangas.

En este colector se tiene 11 mangas por flauta, 12 varillas verticales para las canastillas, el material de la manga, poliéster siliconizado es el correcto para la aplicación de igual manera que en los casos anteriores.

A la salida del material, no encuentra válvula alguna luego del tornillo sin fin, generando entrada de aire falso. Se recomienda colocar al menos una válvula doble péndulo.

El ventilador instalado tiene una capacidad de 36000 m<sup>3</sup>/h a una presión estática de 2992 Pa. En las condiciones actuales, la presión estática es 4680.95 Pa, reduciendo en gran número el movimiento de flujo en el sistema.

Se recomienda cambiar el sistema de control de limpieza a un sistema de control por demanda.

## **CONCLUSIONES**

1. En el aspecto técnico de la auditoria, básicamente, los sistemas de desempolvado tienen un principal problema, el desbalance. Aspectos relacionados al desbalance son las diferentes presiones en las uniones de los ductos, y con esto sus diferentes velocidades de transporte generadas por las dimensiones actuales de la ductería. Las entradas de aire falso también tienen que ver con el desbalance y las campanas de captura, su ubicación y geometría. Se lo puede corregir con el uso de placas orificios permanentes colocadas en los ductos en diferentes puntos a lo largo del sistema. Estas pérdidas de presión adicionales por causa del desbalance dejan al ventilador instalado con una alta ineficiencia, pero si se corrigen estos problemas, probablemente no haga falta cambiar mayormente el sistema; detalles como mejorar la uniformidad del flujo, no permitir aire falso, mejorar el sistema de control de la limpieza, etc., garantizarán una mejor eficiencia del sistema.
2. En la actualidad, es posible obtener la información necesaria con mayor facilidad. Los recursos tecnológicos de nuestra época nos permiten una mejor comunicación y una mejor labor investigativa en menor tiempo y de manera más precisa. Es así como se ha podido consultar diversas fuentes escritas para la elaboración de este trabajo y poder dar un criterio más certero de la situación. Sin embargo, esta no es la última palabra, ya que constantemente los avances tecnológicos nos permiten realizar mejoras en la industria para resolver los problemas, por lo tanto, siendo parte de la industria el proceso de fabricación del cemento, eventualmente se desarrollarán otro tipo de soluciones que serán implementadas. Pero actualmente, las recomendaciones indicadas en este documento son de gran ayuda para mejorar los sistemas de desempolvado.
3. El desarrollo académico que se obtiene al ingresar a la ESPOL es sin duda invaluable. Como personas nos permite ser más capaces para resolver problemas que se presentan día a día a todo nivel, dado que nos amplía la capacidad de razonamiento y esto ofrece más alternativas de soluciones. Además los fundamentos teóricos impartidos sobre la ingeniería, han sido el soporte para el desarrollo de este tema y de muchos otros, además de ser la base en la toma de decisiones en la vida profesional.



4. Es importante indicar que el tiempo que llevo laborando en la industria de la fabricación del cemento es, junto con el conocimiento, los principales soportes para el desarrollo de este tema. Si bien es cierto, obtenemos la preparación teórica en las aulas, la necesidad de poner en práctica los conocimientos se vuelve necesaria. Es un hecho que la práctica en la industria ha facilitado la elaboración de este trabajo, por estar en el día a día con situaciones semejantes que se presentan. Con este ejemplo, considero necesario involucrar más al estudiante en la vida práctica para que al momento de tener la primera experiencia profesional, podamos seguir el ritmo e ir mejorándolo constantemente y de manera más rápida junto a las personas con mayor experiencia laboral.

## **REFERENCIAS**

1. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Applications Handbook, (1999, pp. 455-478).
2. American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Fundamentals Handbook, (2001, Pp 788-892).
3. Congreso Nacional del Ecuador, Ley de Gestión Ambiental, (Ley No. 37. Ro/ 245, 1999).  
[Http://Www.Ambiente.Gov.Ec/Paginas\\_Espanol/3normativa/Leyes.Htm](http://www.Ambiente.Gov.Ec/Paginas_Espanol/3normativa/Leyes.Htm)
4. Congreso Nacional del Ecuador, Ley de Prevención y Control de Contaminación Ambiental, (Decreto Supremo No. 374. Ro/ 97, 1976).  
[Http://Www.Ambiente.Gov.Ec/Paginas\\_Espanol/3normativa/Leyes.Htm](http://www.Ambiente.Gov.Ec/Paginas_Espanol/3normativa/Leyes.Htm)
5. Flakt Woods, Ventiladores Industriales, (Presentación para el Grupo Cementos Mexicanos, 2002).
6. Ge Energy, Mantenimiento del Equipo de Control de Contaminación Ambiental, (Manual de Referencia, 2005).
7. Hgrs Ltd., Dust Collection and Transport System Audit at San Sebastian And Cumarebo Plants, 2005.
8. Hgrs Ltd., Holcim Design Criteria, (Part IV, Standard Design Criteria, Basic Requirements, 2001).
9. Hgrs Ltd., Reference Guide for Process Performance Engineers, (2nd Edition, 2005, pp. 149-154).
10. Hgrs Ltd., Transport and Dust Collecting Manual, Fabric Dust Collector Systems, (Version 1.05).
11. Munson Bruce R., Young Donald F., Okiishi Theodore H., Fundamentos de Mecánica de Fluidos, (Limusa Wiley, 2da Reimpresión, México, 2003, Pp. 19-49, 113-158, 447-522).
12. Us. Code of Federal Regulations, Summary of National Ambient Air Quality Standards, Subchapter C Air Programs, Part 50, Appendix J,  
[Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm](http://www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm)
13. Us. Code of Federal Regulations, Summary of National Ambient Air Quality Standards, Subchapter C Air Programs, Part 50, Appendix L,  
[Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm](http://www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm)
14. Us. Code of Federal Regulations, Summary of National Ambient Air Quality Standards, Subchapter C Air Programs, Part 50, Appendix M,  
[Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm](http://www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm)
15. Us. Code of Federal Regulations, Summary of National Ambient Air Quality Standards, Subchapter C Air Programs, Part 50, Section 50.6 National Primary And Secondary Ambient Air Quality Standards For Pm10.  
[Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm](http://www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm)
16. Us. Code of Federal Regulations, Summary of National Ambient Air Quality Standards, Subchapter C Air Programs, Part 50, Section 50.7 National Primary

- And Secondary Ambient Air Quality Standards For Pm2.5,  
Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm
17. Us. Environmental Protection Agency, Basic Concepts in Environmental Sciences, Module 5, Flowcharts and Ventilation Systems,  
Http://Www.Epa.Gov/Eogapti1/Module5/Index.Htm
18. Us. Environmental Protection Agency, Technology Transfer Network, Clearinghouse For Inventories & Emissions Factors, AP 42, Fifth Edition, Volume I, Chapter 13: Miscellaneous Sources, Section 13.2.4. Aggregate Handling And Storage Piles.  
Http://Www.Epa.Gov/Ttn/Chief/Ap42/Ch13/Index.Html
19. Presidencia De La República, Norma de Calidad de Aire Ambiente, Libro Vi, Anexo 4.  
Http://Www.Ambiente.Gov.Ec/Paginas\_Espanol/3normativa/Texto\_Unificado.Htm