

**CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE CON MATERIAL PARTICULADO
OCASIONADO POR LA CIRCULACIÓN VIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
PTAP LOS ANGELINOS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SUS MEDIDAS DE
MITIGACIÓN PARA DISMINUIR LA AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN Y LOS
RECURSOS NATURALES**

ESTUDIANTES:

LEIDY DAZULY CASTILLO CARRILLO

CARLOS MARIO RODRIGUEZ GARCIA

FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL
TRABAJO**

BUCARAMANGA

2016

**CONTAMINACIÓN DEL AMBIENTE CON MATERIAL PARTICULADO
OCASIONADO POR LA CIRCULACIÓN VIAL EN LA CONSTRUCCIÓN DE LA
PTAP LOS ANGELINOS DE LA CIUDAD DE BUCARAMANGA Y SUS MEDIDAS DE
MITIGACIÓN PARA DISMINUIR LA AFECTACIÓN A LA POBLACIÓN Y LOS
RECURSOS NATURALES**

ESTUDIANTES:

LEIDY DAZULY CASTILLO CARRILLO

CARLOS MARIO RODRIGUEZ GARCIA

**Trabajo de grado para obtener el título de Especialista en Gerencia en Seguridad y
Salud en el Trabajo**

ASESOR:

M. Sc. JHONNY WALYT CRUZ RIVEROS

FUNDACION UNIVERSITARIA DEL AREA ANDINA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

**ESPECIALIZACION EN GERENCIA DE LA SEGURIDAD Y SALUD EN EL
TRABAJO**

BUCARAMANGA

2016

AGRADECIMIENTOS

Al Consorcio Suratá 2015, por permitirnos desarrollar este Proyecto en medio del desarrollo de las actividades de construcción de la PTAP Los Angelinos.

A Francisco José Sáenz Andrade, Director Ejecutivo de Hydram Ltda. por brindarnos su apoyo desinteresado y su interés en el medio ambiente y en el bienestar de las comunidades.

A todas aquellas personas que con su ayuda han colaborado en la realización del presente trabajo.

DEDICATORIAS

A Dios por ser mi proveedor día a día, a mis padres Jairo y Gladys por ser mi motivación para ser cada día mejor, a mis hermanos y a Kiara por ser mi fuente de alegría y felicidad.

Carlos M. Rodríguez García

Dedico este proyecto a Dios por darme las fuerzas necesarias para afrontar los momentos difíciles. A mi Esposo y mi hermoso hijo Esteban por su apoyo y respaldo incondicional. A mi madre y Hermana Kony por ser mis aliadas y mis grandes ejemplos.

Leidy Dazuly Castillo Carrillo

CONTENIDO

1.	Planteamiento del problema	10
2.	Objetivos	12
2.1.	Objetivo general	12
2.2.	Objetivos específicos	12
3.	Justificación.....	13
4.	Antecedentes	15
4.1.	Antecedentes históricos de la contaminación atmosférica	15
5.	Consecuencias	18
5.1.	Efectos a la salud	19
5.2.	Efectos sobre el clima.....	22
5.3.	Efectos sobre la visibilidad.....	23
5.4.	Efecto sobre los animales	23
5.5.	Efecto sobre las plantas	23
5.6.	Efectos sobre el medio ambiente	24
6.	Marco conceptual	25
7.	Marco teórico	30
8.	Marco contextual.....	32
9.	Marco legal.....	35
9.1.	Normas en Chile	35
9.2.	Normas en México.....	35
9.3.	Normas en Colombia.....	35
10.	Metodología	40
10.1.	Población objeto.....	40
10.2.	Recolección de la información.....	41
10.3.	Permisos necesarios	41
10.4.	Análisis de la información	41
11.	Resultados	42

11.1.	Efectos de la resuspensión del material particulado	42
11.1.1.	Efectos en los pobladores del área de influencia directa	42
11.1.2.	Efectos en el medio ambiente	44
11.1.3.	Efectos en la seguridad vial	44
11.2.	Estrategias de seguridad vial para la disminución de la resuspensión del material particulado ⁴⁵	
11.2.1.	Demarcaciones.....	45
11.2.2.	Señalizaciones y reductores de velocidad	46
11.2.3.	Carpado de volquetas.....	48
11.3.	Estrategias de control en la fuente para la disminución de la resuspensión del material particulado.....	49
11.3.1.	Jornadas de limpieza vial.....	49
11.3.2.	Riego de vías	50
11.4.	Medidas de protección en las personas para minimizar los efectos del material particulado ⁵¹	
11.5.	Comparación de los agentes naturales y químicos que se pueden utilizar para la mitigación del material particulado en vías.....	53
11.6.	Tipos de supresores de polvo.....	54
11.6.1.	Origen natural	54
11.6.2.	Origen químico	56
11.7.	Propiedades de supresores de polvo químicos (hydrostab)	59
11.7.1.	Métodos de aplicación de los supresores de polvo.....	61
11.8.	Proceso de aplicación.....	62
11.8.1.	Preparación del producto	62
11.8.2.	Preparación del terreno	62
11.8.3.	Aplicación.....	63
11.8.4.	Resultados después de la aplicación	65
11.8.5.	Aspectos sanitarios, ambientales y de seguridad.....	66
11.9.	Evaluación económica	68
11.10.	Encuestas de percepción.....	70
11.10.1.	Encuesta a los habitantes del área de influencia directa	73
12.	Conclusiones	78
13.	Referencias	79

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficacia y efecto funcional del supresor de polvo	58
Tabla 2. Volumen de supresor por metro cuadrado	62
Tabla 3. Estabilización y solificación de suelo (niveles de referencia)	64
Tabla 4. Hoja de seguridad Hidrostab.....	66
Tabla 5. Información ecológica Hidrostab.....	67
Tabla 6. Protección personal Hidrostab	67
Tabla 7. Primeros auxilios requeridos	68
Tabla 8. Control de derrames y fugas	68
Tabla 9. Relación de costos para utilización de supresor de polvo (HIDROSTAB).....	69
Tabla 10. Relación de costos para riego de vías	69

INDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Vía Barrio Bosconia (Calle 40).....	43
Imagen 2. Vía Vereda Los Angelinos.....	43
Imagen 3. Área de intervención para la construcción de la PTAP Los Angelinos.....	44
Imagen 4. Circulación vehicular en el acceso a la PTAP Los Angelinos.....	44
Imagen 5. Cruce peatonal Barrio Bosconia	45
Imagen 6. Sendero peatonal.....	46
Imagen 7. Sendero peatonal continuo al Centro Educativo Rural Bosconia	46
Imagen 8. Señalización vertical y de piso instalada en el Barrio Bosconia.....	47
Imagen 9. Señalización límites de velocidad.....	47
Imagen 10. Reductores de velocidad instalados	47
Imagen 11. Señalización informativa	48
Imagen 12. Carpado de volquetas en la salida del frente de obra principal.....	48
Imagen 13. Acumulación de material sobrante de excavación en la vía	49
Imagen 14. Limpieza de vía – Vereda Los Angelinos.....	49
Imagen 15. Lavado de calles en Barrio Bosconia.....	50
Imagen 16. Riego de vía sin pavimentar – PTAP Los Angelinos	50
Imagen 17. Riego en vías pavimentadas (Pavimento rígido y flexible) – Barrio Bosconia	51
Imagen 18. Maquinaria pesada operando con el uso del aire acondicionado.....	52
Imagen 19. Riego de vías pavimentadas (pavimento rígido y pavimento flexible) – Barrio Bosconia.....	55
Imagen 20. Riego de vías sin pavimentar (PTAP Los Angelinos) – Vereda Los Angelinos	55
Imagen 21. Vía recién humectada (Vereda Los Angelinos).....	55
Imagen 22. Cargue de agua para riego.....	56
Imagen 23. Nivelación de la vía	63
Imagen 24. Compactación de la vía.....	63
Imagen 25. Irrigación de la vía con carro tanque.....	64
Imagen 26. Características de la vía con riego/ sin riego	64
Imagen 27. Resultados de la aplicación de supresor de polvo.....	65

ÍNDICE DE ANEXOS

Ver Anexo A. Encuestas a trabajadores.....	72
Ver Anexo B. Encuesta a pobladores	77

1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cualquier partícula de materia sólida o gaseosa que se acumule en la atmósfera y llegue a producir efectos negativos para la vida o el medio ambiente, es considerada contaminante.

Hace un siglo, era causada principalmente por las chimeneas que atestiguaban el auge de la Revolución Industrial. Hoy, las fuentes se han diversificado y los efectos se han expandido.

La contaminación atmosférica por material particulado se define como la alteración de la composición natural de la atmósfera como consecuencia de la entrada en suspensión de partículas, ya sea por causas naturales o por la acción del hombre (causas antropogénicas). Los efectos de la contaminación por material particulado han sido demostrados en diferentes ámbitos, entre los cuales destacan la salud humana, el clima y los ecosistemas.

El material particulado atmosférico engloba una gran variedad de compuestos que varían ampliamente tanto en sus características físico-químicas, como en su origen y vías de formación, y por tanto en sus efectos sobre la salud y el medio ambiente.

Asimismo, dependiendo de su tamaño, las partículas se comportan de manera distinta en la atmósfera: las más pequeñas se pueden mantener suspendidas durante largos periodos y viajar cientos de kilómetros mientras que las partículas más grandes no se sostienen en el aire mucho tiempo y tienden a depositarse más cerca de su lugar de origen.

En general, la parte gruesa de las PM₁₀ se compone en buena medida de partículas primarias emitidas directamente a la atmósfera tanto por fenómenos naturales (incendios forestales o emisiones volcánicas) como por las actividades humanas (labores agrícolas o de construcción, resuspensión de polvo, actividades industriales, etc.). Las partículas finas o PM_{2,5}, por el contrario, suelen estar compuestas principalmente por partículas secundarias formadas en la atmósfera a partir de un precursor gaseoso (NO_x, SO₂, COV, NH₃, etc.) mediante procesos químicos o por reacciones en fase líquida.

La Organización Mundial de la Salud (OMS) estima que cerca de mil millones a niveles excesivos de partículas en el aire.

Adicional a los efectos adversos mencionados ocasionados por la presencia de material particulado. La irrigación de las vías con agua como medida de control genera otro desgaste al medio ambiente debido a que en épocas de verano los caudales de los ríos tiende a disminuir y el usar estas aguas para irrigar una vías no es una práctica que sea bien vista ante la comunidad; Por lo tanto es imperativo la búsqueda de nuevas opciones para el aplacamiento del material particulado por otras opciones que sean socialmente responsables y que no implique el uso de un recurso natural.

En el desarrollo del proyecto construcción de la planta de tratamiento de agua potable los angelinos en la ciudad de Bucaramanga en su etapa inicial se requiere la remoción de 80.000 m³ aproximadamente material sobrante de las excavaciones. La circulación vial proveniente de dichas actividades se presenta en vías sin pavimentar.

Ello implica que la operación de maquinaria pesada y equipos que provocan la re suspensión de partículas en el aire, produciéndose una serie de descargas de este material a la atmósfera que pueden ocasionar:

- ✓ Pérdida de visibilidad y posibilidad de choques por reducción de adherencia al piso.
- ✓ Problemas respiratorios y de salud de la población
- ✓ Deterioro en el follaje de los vegetales a los lados de las vías con pérdida de la fotosíntesis y reducción de la producción
- ✓ Desgaste de maquinarias por abrasión con el polvo
- ✓ Pérdida de materiales finos en la estructura de la vía, lo que lleva a producir desgaste y posteriores huecos.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

- Indagar y reseñar los efectos conocidos en el medio ambiente y los seres humanos que ocasiona el material particulado ocasionado por la circulación vial, y las medidas de mitigación que se pueden implementar para disminuir los impactos generados.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Caracterizar y analizar sobre los efectos conocidos en el medio ambiente y los seres humanos, ocasionados por material particulado.
- Caracterizar y analizar sobre los efectos ocasionados en la seguridad vial que tiene la resuspensión de material particulado.
- Determinar estrategias de circulación vial que disminuyan la generación de material particulado generado y su impacto sobre la comunidad.
- Realizar la comparación de los diferentes agentes naturales y químicos que se pueden utilizar para la mitigación del material particulado en vías sin pavimentar, con pavimento rígido y pavimentos flexibles.
- Realizar el análisis para determinar la mejor alternativa de mitigación, que beneficie los habitantes del sector y minimice los efectos sobre el medio ambiente.

3. JUSTIFICACION

El aire es un recurso natural que, así como sucede con muchos otros, recibe el embate de la contaminación generada por el hombre y también una aportación de la misma naturaleza. Esto quiere decir que además del hombre, también la naturaleza contribuye a que tengamos un aire con cierto nivel de contaminantes.

Las partículas o material particulado, puede llegar a ser un elemento importante como factor contaminante en la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo aunque generalmente flotan en el aire. El hecho de flotar en el aire se favorece principalmente debido a su tamaño ya que son muy pequeñas tanto que para hablar de su medida se utiliza el término micrómetro o micra, unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un metro. Estas dimensiones las hacen ser sumamente ligeras, aspecto que se combina con su forma y con diversos factores de tipo climático entre los cuales está la temperatura del ambiente y los vientos.

El Material Particulado (PM) en suspensión es considerado como uno de los contaminantes del aire más importantes en términos de sus posibles efectos sobre la salud de las personas. Generalmente, la exposición al material particulado inhalable puede causar un aumento en la mortalidad de origen cardíaco y respiratorio, una reducción de los niveles de la capacidad pulmonar en niños y adultos asmáticos y enfermedades crónicas de obstrucción pulmonar (Wang et al., 2002).

La salud de los trabajadores se ha convertido en un pilar al que se le debe dar un cumplimiento a cabalidad por parte de los empleadores, pero esto se convierte en un reto cuando los factores de afectación son situaciones, eventos y/o mecanismos difíciles de controlar y que actúan sigilosamente. Este es el caso del material particulado generado por la circulación vial en áreas que no cuentan con recubrimiento asfáltico y/o en hormigón, y que a su vez sirven para acceder a sitios donde se desarrolla una actividad económica o una obra específica; causando afectación constante a trabajadores y pobladores del área.

Por la afectación tan inminente a la salud de un ser humano que se tiene la exposición a concentraciones varias de material particulado, en este trabajo se plantean hacer la revisión de las diferentes estrategias que se tienen para ejercer la mitigación sobre el material particulado.

Como medida primaria para el control de la generación de material particulado, se planteaba el riego como la principal estrategia, pero la rápida evaporación del recurso hídrico y sus bajos niveles de disponibilidad superficial han conducido la generación de agentes químicos con más niveles de eficiencia y que disminuyen considerablemente el gasto del recurso hídrico.

El beneficio social y la reducción al impacto generado sobre el medio ambiente, se convierten en factores que inciden en la determinación de la mejor alternativa a implementar para la disminución de los efectos ocasionados por la generación de material particulado por la circulación vial en la construcción de la PTAP Los Angelinos en el Barrio Bosconia de la Ciudad de Bucaramanga.

Con el análisis de la información y los estudios disponibles que se realiza en este trabajo, podremos concluir la mejor alternativa de mitigación que conlleve a un mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes del Barrio Bosconia y a cooperar con la disminución del gasto de recurso hídrico en el desarrollo de obras de infraestructura en Colombia.

4. ANTECEDENTES

4.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS DE LA CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA

Las actividades humanas siempre han llevado inherente la contaminación del ambiente pero no fue hasta finales del siglo XX que se le empezó a prestar atención debido al aumento en la frecuencia y gravedad de los incidentes contaminantes en todo el mundo; además, cada día hay más evidencias de sus efectos adversos sobre el ambiente y la salud.

La contaminación del aire y los esfuerzos por controlarla no son un fenómeno reciente, las primeras actividades relacionadas con dicho control datan del siglo XIII, cuando el rey Eduardo I de Inglaterra prohibió la quema de ciertos carbones altamente contaminantes en Londres originando las primeras ordenanzas de control de la contaminación (Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente- CEPIS, 1982). Durante el reinado de Ricardo II, entre los años 1377 y 1399, y en el de Enrique V, durante los años 1413 y 1422, en Inglaterra se reglamentó y restringió el uso del carbón.

Una de las primeras publicaciones de que se tiene conocimiento y que trata de la contaminación del aire es un panfleto publicado en 1661 por orden real de Carlos II: “Fumifugium; o como disipar las inconveniencias del aire y el humo de Londres; junto con algunas soluciones propuestas con toda humildad” escrito por John Evelyn (Wark, 1990)

El interés por la contaminación del aire en América Latina y el Caribe se inició en la década de los cincuenta, cuando las universidades y los ministerios de salud efectuaron las primeras mediciones de la contaminación del aire. En 1965, el Consejo Directivo de la Organización Panamericana de la Salud – (OPS) -recomendó a su Director establecer programas de investigación sobre contaminación del agua y aire, así como colaborar con los Gobiernos Miembros en el desarrollo de políticas adecuadas de control. Cuando la OPS inició su programa regional, ningún país era consciente de la magnitud de sus problemas de contaminación del aire. A través del Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, la OPS acordó establecer una red de estaciones de monitoreo de la contaminación del aire, denominada “Red Panamericana de Muestreo Normalizado de la Contaminación del Aire” (CEPIS, 1982)

Los contaminantes del aire tienen distinto potencial para producir daño a la salud humana, lo cual depende de sus propiedades físicas y químicas, de la dosis que se inhala, del tiempo y frecuencia de exposición así como también de las características de la población expuesta.

La contaminación atmosférica en Colombia ha sido uno de los factores de mayor preocupación en los últimos años, por los impactos generados tanto en la salud como en el medio ambiente. La problemática atmosférica actual es la que genera los mayores costos sociales y ambientales después de los generados por la contaminación del agua y los desastres naturales (Larsen, 2004).

De acuerdo con una encuesta realizada para el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial en 2008, el 67% de los encuestados perciben la contaminación como un problema ambiental y 52% consideran la contaminación del aire como el principal problema.

En este sentido, Colombia ha tenido una larga y amplia tradición en materia de acciones para el control de la contaminación del aire⁴. Inicialmente, en 1967 se instalaron las primeras redes para el monitoreo de la calidad del aire⁴; posteriormente, en 1973 se expidió la Ley 23, cuyo propósito es “Prevenir y controlar la contaminación del medio ambiente y buscar el mejoramiento, conservación y restauración de los recursos naturales renovables, para defender la salud y el bienestar de todos los habitantes del territorio nacional”.

Dicha Ley le concedió facultades extraordinarias al gobierno nacional para expedir el Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente – Decreto-Ley 2811 de 1974.

En 1979, el Congreso de la República aprobó la Ley 9, mediante la cual se expidió el Código Sanitario Nacional, por medio de la cual se definieron normas, programas y medidas para la protección del medio ambiente. Se facultó al Ministerio de Salud, hoy Ministerio de la Protección Social, para proferir normas para el control de la contaminación atmosférica.

La norma que reguló la emisión y concentración de contaminantes a la atmósfera fue emitida en 1982, año en el cual se adoptaron los estándares de calidad del aire y de emisión por fuentes fijas mediante el Decreto 02, el cual reglamentó parcialmente el Título I de la Ley 9 de 1979 y el Decreto – Ley 2811 de 1974 en cuanto a emisiones atmosféricas y calidad del aire. Este decreto fue derogado parcialmente en 1995 y algunos artículos quedaron transitoriamente vigentes hasta

el 20086. Por otra parte, en 2001 se expidió una norma específica para el Distrito Capital⁷ mediante la cual se estableció estándares más estrictos y se incluyeron contaminantes que no habían sido contemplados en la regulación nacional. Estos esfuerzos iniciales han sido primordiales para el avance en la gestión ambiental del aire que se ha desarrollado en el país.

La Constitución Política de 1991 estableció una serie de derechos y obligaciones relacionados con el medio ambiente. En el Capítulo 3, los artículos 79 y 80 disponen que “Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que puedan afectarlo” y “Además, deberá prevenir y controlar los factores de deterioro ambiental, imponer las sanciones legales y exigir la reparación de los daños causados”.

Con base en la Constitución, en 1993 se expidió la Ley 99 por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, hoy Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT), se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables y se organiza el Sistema Nacional Ambiental (SINA). Establece como responsabilidad de las autoridades ambientales ejercer la evaluación, control y seguimiento ambiental de los usos del agua, el suelo, el aire y los demás recursos naturales renovables. Lo anterior comprende el vertimiento, emisión o incorporación de sustancias o residuos líquidos, sólidos o gaseosos a las aguas en cualquiera de sus formas, al aire o a los suelos, así como los vertimientos o emisiones que puedan causar daño o poner en peligro el desarrollo sostenible de las actividades antrópicas y generar impactos sobre los recursos naturales renovables o impedir u obstaculizar su empleo para otros usos. Estas funciones incluyen la expedición de las respectivas licencias ambientales, permisos, concesiones, autorizaciones y salvoconductos, funciones que hasta ese momento en el tema de aire estaban en cabeza del Ministerio de Salud; actualmente Ministerio de la Protección Social.

Conpes 3344 “lineamientos para la formulación de la política de prevención y control de la contaminación del aire” (Consejo nacional de política económica y social, 2005)

Informa que la contaminación del aire en el país es causada principalmente por el uso de combustibles fósiles, de acuerdo con este informe el 41% del total de las emisiones se generaba en ocho ciudades; las mayores emisiones de material particulado menor a 10 micras 95 (PM10), NOx (Óxidos de nitrógeno) y CO (Monóxido de carbono) están asociadas a las fuentes móviles,

mientras que las de partículas suspendidas totales (PST) y óxidos de azufre (SOx) están relacionadas con las generadas por las fuentes fijas; el contaminante monitoreado de mayor interés, es el material particulado (PST y PM10), el cual frecuentemente supera los niveles máximos permisibles de la regulación vigente (Ministerio de Ambiente, 2010)

Durante 2007 se realizó un diagnóstico de ocho redes de calidad del aire ubicadas en los centros urbanos de Bogotá, Sabana de Bogotá, Barranquilla, Cali, Medellín y su área metropolitana, Bucaramanga, Pereira y el corredor industrial del Valle del Sogamoso. El estudio incluyó la caracterización de más de 200 muestras de material particulado recolectadas en estas zonas, encontrando por una parte falencias en la información relacionada con los inventarios de fuentes de emisión y por otro lado, la importancia que tiene el tipo y la calidad de los combustibles utilizados en los centros urbanos, así como el estado de las vías en la generación y resuspensión de material particulado

Teniendo en cuenta esta evidencia y los estudios realizados en otros países, es importante evaluar en el territorio colombiano como la contaminación del aire afecta la salud de la población, ya que las condiciones meteorológicas, topográficas y de ubicación con respecto al eje ecuatorial, suministran escenarios que no se presentan en otras regiones del planeta (ausencia de estaciones o poblaciones localizadas a grandes altitudes), lo que impide que la información de estudios realizados en otros países, pueda ser utilizada o adaptada en nuestro país en su totalidad.

5. CONSECUENCIAS

La presencia de los altos niveles de material particulado en la atmosfera puede tener graves consecuencias directas e indirectas:

5.1. EFECTOS A LA SALUD

El Material Particulado (PM) en el ambiente está compuesto por una mezcla heterogénea de partículas de diferentes tamaños y composición química. Las partículas difieren de acuerdo con las fuentes de emisión y se pueden caracterizar por sus propiedades físicas y químicas. Mientras las propiedades físicas tienen un efecto sobre el transporte y el depósito de las partículas en el sistema respiratorio humano, la composición química determina el impacto de estas sobre la salud (Vanegas, 2004) Existe un amplio rango de fuentes de emisiones naturales y antropogénicas que contribuyen a las concentraciones de PM en la atmósfera. Por lo tanto, es indispensable disminuir las concentraciones emitidas por dichas fuentes, minimizando de esta forma el riesgo hacia la salud.

Los efectos del MP sobre la salud varían no sólo con la intensidad y duración de la exposición a la que son sometidos los seres humanos, sino también con la edad y la condición sanitaria del individuo expuesto. Dado que la mayoría de la población del mundo está potencialmente expuesta a PM en todas sus fracciones posible, la Organización Mundial de la Salud (OMS) ha estimado 800.000 muertes al año relacionadas con el PM (Plichetti, 2009)

El sistema respiratorio constituye la principal vía de entrada del material particulado en el organismo. La deposición de las partículas en diferentes partes del cuerpo humano depende del tamaño, forma y densidad de las partículas, así como de la respiración del individuo (nasal u oral). Posteriormente, los efectos que puede inducir el material particulado en el organismo dependen de la granulometría, la morfología y la composición química de las partículas, el tiempo de exposición y la susceptibilidad de cada persona.

Al inhalar se introduce aire a los pulmones, si en el aire hay partículas éstas entrarán directamente al sistema respiratorio a pesar de que el cuerpo humano cuenta con diversos mecanismos de protección natural a largo del sistema respiratorio. Un ambiente contaminado va minando paulatinamente estas defensas, sobretodo es de considerar que en promedio un adulto inhala entre 10,000 y 12,000 litros de aire.

Ya en el interior del cuerpo, las partículas se adhieren a las paredes de las vías respiratorias y algunas llegan a alojarse en el interior de las paredes de los pulmones. Mientras mayor sea la penetración de las partículas en el aparato respiratorio, tanto en el aspecto cuantitativo como cualitativo, los perjuicios serán mayores debido a que el organismo carece de suficientes mecanismos de eliminación de estos contaminantes, sobre todo cuando la permanencia en ambientes contaminados es constante. En base a lo anterior, las enfermedades de tipo respiratorio se incrementan notablemente en la población expuesta de manera persistente a la presencia de este factor contaminante. (Manuel, 2015)

Todas las partículas de diámetro $\leq 10\mu\text{m}$ tienen un tamaño suficiente para penetrar en la región traqueo bronquial pero sólo aquellas de diámetro $\leq 2,5\mu\text{m}$ puede alcanzar la cavidad alveolar y, por tanto, provocar mayores afecciones.

Las principales rutas de exposición de PM incluyen medios como el aire y los alimentos; y los mecanismos de adquisición del PM en el cuerpo humano se dan por vía oral (ingestión de comida, agua o suelo); respiratoria (inhalación) o dérmica (contacto con la piel).

A partir de numerosos estudios epidemiológicos llevados a cabo en las décadas de 1980 y 1990 se han obtenido suficientes datos para afirmar que existe una correlación significativa entre la exposición al material particulado atmosférico y diversos efectos adversos sobre la salud (Dockery, 1993-1994)

Los estudios científicos han relacionado la contaminación por partículas, especialmente las partículas finas, con una serie de problemas significativos de salud, incluyendo:

- La muerte prematura en personas con enfermedad cardíaca o pulmonar.
- Ataques cardíacos no mortales.
- Latido irregular del corazón.
- Agravamiento del asma.
- Disminución de la función pulmonar.

- Aumento de síntomas respiratorios, tales como irritación de las vías respiratorias, tos, sibilancias y disminución de la función pulmonar, incluso en niños y adultos sanos.

Las partículas gruesas (como las que se encuentran en el viento y el polvo), que tienen diámetros comprendidos entre 2,5 y 10 micrómetros, son de menor importancia para la salud, a pesar de que puede irritar los ojos, la nariz y la garganta.

El camino que deben de recorrer las partículas de polvo para poder penetrar en el organismo es el siguiente:

- **Nariz:** Es el primer filtro en el que el aire es calentado, humedecido y parcialmente desprovisto de partículas por impacto en las fosas nasales y sedimentación. Son eliminadas por estornudos, mucosidades, etc.
- **Faringe y Laringe:** Aquí las partículas retenidas pueden ser expulsadas por vía salivar o vía esofágica.
- **Árbol traqueo bronquial:** Aquí las partículas por fenómenos similares a los anteriores son expulsadas al exterior por los cilios que tiene este aparato.
- **Alvéolos:** Las partículas que han alcanzado la región alveolar, se depositan en las paredes, tanto por fenómenos de difusión como sedimentación. El mecanismo de expulsión es muy lento y sólo parcialmente conocido quedando la mayor parte de las partículas retenidas en las paredes alveolares.

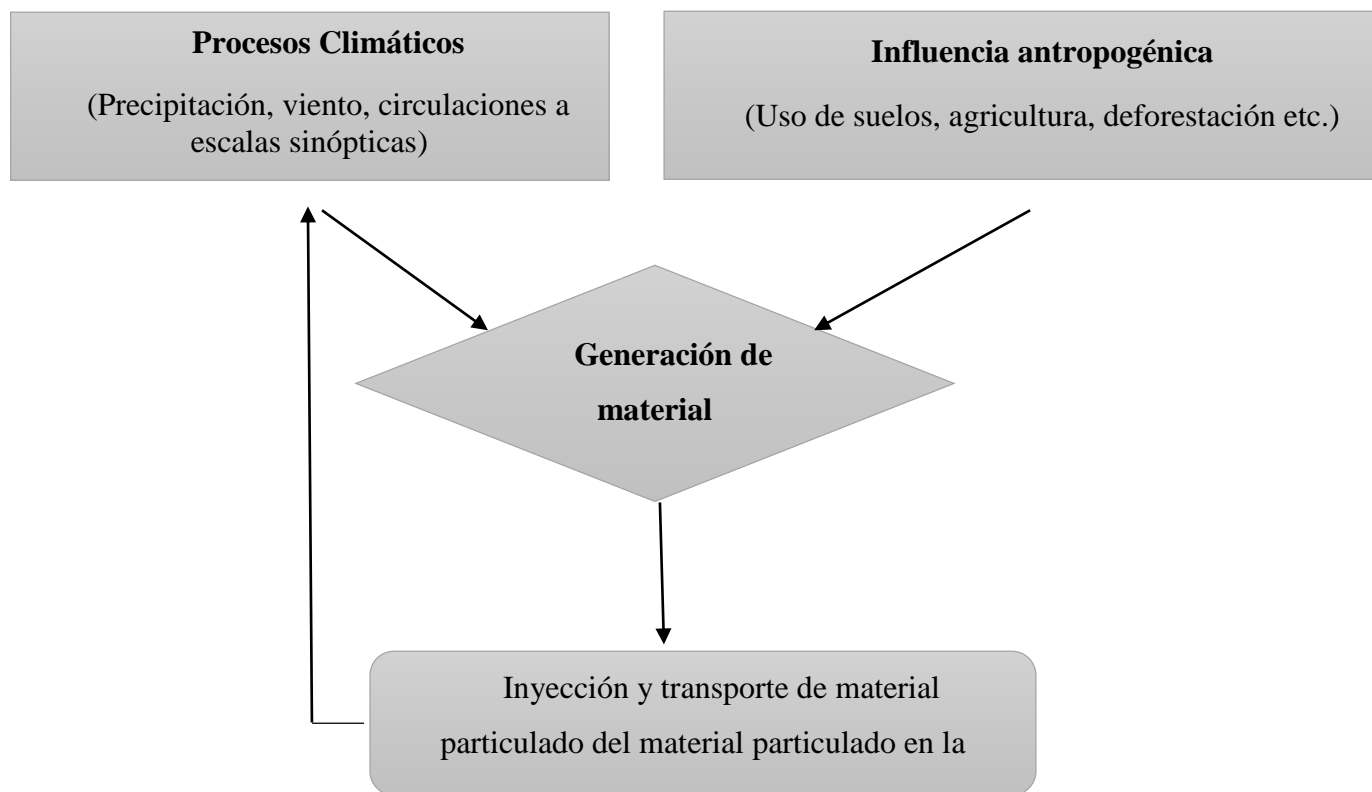
Los adultos mayores están en mayor riesgo, posiblemente debido a que puede tener una enfermedad del corazón o pulmonar sin diagnosticar o bien diabetes. Muchos estudios muestran que cuando los niveles de partículas son altos, los adultos mayores son más propensos a ser hospitalizados, y algunos pueden morir por un agravamiento de una enfermedad del corazón o pulmonar.

Los niños es probable que tengan un mayor riesgo por varias razones. Sus pulmones están todavía en desarrollo, ellos pasan más tiempo a un alto nivel de actividad, y son más propensos a tener asma o enfermedades respiratorias agudas, que pueden verse agravados cuando los niveles de partículas son elevados.

5.2. EFECTOS SOBRE EL CLIMA

Multitud de estudios tratan de evaluar la influencia de diversos procesos climáticos sobre la emisión y flujos de material particulado atmosférico a escala global. Sin embargo, es necesario considerar la influencia de las mencionadas partículas atmosféricas sobre el clima, ya que la retroalimentación es un factor de gran importancia en el sistema Tierra-atmósfera

Las partículas atmosféricas juegan un papel fundamental en la regulación del clima del planeta, ya que ejercen un cierto grado de influencia sobre la formación de nubes y el balance radiactivo global. El material particulado atmosférico posee la capacidad de dispersar y absorber radiación de onda larga y corta, y consecuentemente puede llegar a perturbar el balance energético del sistema Tierra-atmósfera. (Arimoto, 2001)



Interacción entre el material particulado atmosférico y el clima, considerando la influencia del factor antropogénico (Arimoto, 2001).

5.3. EFECTOS SOBRE LA VISIBILIDAD

Las partículas en suspensión en el aire interfieren la transmisión de la luz dentro de la atmósfera. La dispersión y la absorción de la luz por parte de las partículas dan lugar a una degradación de la visibilidad que se manifiesta por una reducción de la distancia a la que podemos ver una imagen con el adecuado contraste y color. Pero también las partículas pueden dispersar la luz solar dentro de la imagen causando una apariencia de imagen lavada, dando la apariencia de imagen brumosa con un color y brillo propio de una atmósfera libre de bruma.

Para el público en general, estos efectos ópticos constituyen uno de los indicadores más absolutos de la presencia de contaminación en el aire. La visibilidad es también afectada por la nubosidad de origen natural, la niebla y la precipitación, pero nuestro objetivo se centra en la reducción de la visibilidad como resultado de la presencia de contaminantes en el aire.

La visibilidad obedece a la propagación de la luz en dirección horizontal, este mismo proceso de dispersión y absorción, sucede en dirección vertical y afecta al balance de la luz y el calor que recibe la tierra procedente del sol y al que a su vez desprende la tierra hacia el espacio exterior. El impacto de las partículas sobre este balance de radiación tiene una influencia decisiva sobre la meteorología y el clima.

5.4. EFECTO SOBRE LOS ANIMALES

En el ganado que pastorea cerca de vías sin pavimentar y que consumen en sus pastos material particulado desarrolla rigidez en las articulaciones, desgaste progresivo de los dientes y baja producción de leche.

5.5. EFECTO SOBRE LAS PLANTAS

Al depositarse el polvo en las hojas de las plantas se bloquea los poros de estas, restringiendo la absorción de CO₂(Dióxido de Carbono) y el paso de la luz. Originando daños en la vegetación como: Clorosis (cambio de color), necrosis (muerte de tejido vegetal). Esto reduce el proceso de la fotosíntesis y aumenta la pérdida de agua por transpiración. También se presentan

daños directos sobre el PH de las células. Dichos procesos alteran el normal crecimiento de las plantas.

De este modo el crecimiento natural de la planta se puede inhibir. un posible efecto indirecto de las partículas depositadas en las plantas es el derivado de que puedan contener compuestos químicos nocivos los cuales puedan ser absorbidos por el tejido de las hojas o permanecer en la superficie . Si estas plantas hacen parte de la alimentación de algún animal.

5.6. EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

Las partículas o material particulado, puede llegar a ser un elemento importante como factor contaminante en la atmósfera de una ciudad, una zona o sitio, pueden estar depositadas sobre el suelo aunque generalmente flotan en el aire. El hecho de flotar en el aire se favorece principalmente debido a su tamaño ya que son muy pequeñas tanto que para hablar de su medida se utiliza el término micrómetro o micra, unidad de longitud equivalente a la millonésima parte de un metro. Estas dimensiones las hacen ser sumamente ligeras, aspecto que se combina con su forma y con diversos factores de tipo climático entre los cuales está la temperatura del ambiente y los vientos.

El material particulado es un problema de contaminación caracterizado por su movilidad. Cuando no hay viento, las partículas pueden permanecer en el aire durante minutos u horas, en cambio, mientras haya viento constante podrían mantenerse durante de días o semanas viajando por diversos territorios dejando rastros de su presencia en diversos sitios distintos a donde fueron originalmente generadas. Esta cualidad de permanencia en suspensión en el aire ha propiciado que el material particulado o partículas también sea conocido como partículas suspendidas.

6. MARCO CONCEPTUAL

ANTROPOGÉNICO: se refiere a los efectos, procesos o materiales que son el resultado de actividades humanas, a diferencia de los que tienen causas naturales sin influencia humana

AMBIENTE: Conjunto de todas las condiciones externas que influyen sobre la vida, el desarrollo y, en última instancia, la supervivencia de un organismo. (Rodríguez Milord D, 1995)

ATMOSFERA: Masa gaseosa que envuelve la Tierra, constituida por el aire, la mezcla de gases y vapores contenidos en suspensión y materias sólidas finamente pulverizadas, así como iones y hasta partículas nucleares. La atmósfera es una mezcla de nitrógeno (78%), oxígeno (21%), y otros gases (1%) que rodea la Tierra. (Centro Regional de información sobre desastres, 2000)

AIRE: Mezcla de gases que constituye la capa de la atmósfera terrestre en la cual se desarrolla la vida. De manera natural contiene 78% de nitrógeno, 21% de oxígeno y menos de 1% de bióxido de carbono, argón y otros gases, con cantidades variables de vapor de agua, que dependen de las condiciones atmosféricas. (Alberth L, 1994)

BIODIVERSIDAD: Contenido vivo de la Tierra en su conjunto, todo cuanto vive en los océanos, las montañas y los bosques. La encontramos en todos los niveles, desde la molécula de ADN hasta los ecosistemas y la biosfera. Todos los sistemas y entidades biológicas están interconectados y son interdependientes. La importancia de la biodiversidad estriba en que nos facilita servicios esenciales: protege y mantiene los suelos, regula el clima y hace posible la biosíntesis. Proporcionándonos así el oxígeno que respiramos y la materia básica para nuestros alimentos, vestidos, medicamentos y viviendas. (Centro Regional de información sobre desastres, 2000)

CALIDAD DE VIDA: La calidad de vida se define como la percepción del individuo sobre su posición en la vida dentro del contexto cultural y el sistema de valores en el que vive y con respecto a sus metas, expectativas, normas y preocupaciones. Es un concepto extenso y complejo que engloba la salud física, el estado psicológico, el nivel de independencia, las relaciones sociales, las creencias personales y la relación con las características sobresalientes del entorno. (Don, 1998)

CONCENTRACIÓN: Cantidad de una sustancia en una masa o volumen específico de un medio ambiente, un material biológico, etc. Término de carácter general que se refiere a la cantidad de un material o sustancia contenida en unidad de cantidad en un medio dado. Cuando el término concentración se usa sin alguna otra calificación, eso significa ahora el grado de concentración de la sustancia. (Rodríguez Milord D, 1995)

CONGLOMERANTE: materiales capaces de unir fragmentos de una o varias sustancias y dar cohesión al conjunto por métodos exclusivamente físicos. (Alertas ambientales. (s.f.), 2016)

CONTAMINACIÓN AMBIENTAL: Introducción de contaminantes en un medio ambiente sólido, líquido o gaseoso; presencia de sustancias contaminantes en la composición de un medio ambiental sólido, líquido o gaseoso. En el contexto de la contaminación del aire, una modificación indeseable es la que tiene efectos perjudiciales o nocivos.

CONTAMINACIÓN ATMOSFÉRICA: Es el fenómeno de acumulación o de concentración de contaminantes en el aire.

ENFERMEDAD RESPIRATORIA: enfermedades que comprometen al pulmón y/o a las vías respiratorias.

EXPOSICIÓN: Está determinada por la cantidad de contaminante que estuvo en contacto con una persona, población o medio y el tiempo que dicho contaminante actúa directamente sobre esa persona. Algunos de los agentes contaminantes presentan un comportamiento acumulativo, por lo tanto, mientras más tiempo permanezcan en un medio, el daño que causan se va acumulando o es mayor. (Alertas ambientales. (s.f.), 2016)

FRACCIÓN FINA: Es la fracción del MP10 con diámetro menor a $2.5 \mu\text{m}$ denominado también MP 25. Contiene MP secundarios (generados por la conversión de gas a sólido)

FRACCION GRUESA: Es la fracción del mp10 mayor a 2.5 μm denominado también MP 25. Contiene material de superficie (tierra), polvo fugitivo de caminos e industrial

FUENTE DE EMISIÓN: es toda actividad, proceso u operación realizada por seres humanos o con su intervención, susceptible de emitir contaminantes al aire.

MATERIA PARTICULADA SUSPENDIDA: Las partículas sólidas y líquidas en el aire que son lo suficientemente pequeñas para no sedimentarse en la superficie terrestre debido a la gravedad. También se define como el material que puede removerse del aire al pasar por un filtro adecuado. Véase también: aerosol, polvo.

MITIGACIÓN: conjunto de medidas que se pueden tomar para contrarrestar o minimizar los impactos ambientales negativos que pudieran tener algunas intervenciones antrópicas.

MONOXIDO DE CARBONO: Gas incoloro, casi inodoro, insípido, inflamable, cuya fórmula es CO. Se produce a partir de la combustión incompleta de materiales orgánicos (por ejemplo, en los motores de los automóviles) y normalmente se presenta en cantidades traza en la atmósfera. A concentraciones mayores de 100 cm^3/m^3 (0,01%), es altamente tóxico. Su afinidad con la hemoglobina (con la que forma carboxihemoglobina) es aproximadamente 200 y 300 veces la del oxígeno y sus efectos incluyen la reducción de la capacidad de transporte de oxígeno de la hemoglobina y la muerte por asfixia. Al igual que las concentraciones de humo de tabaco en ambientes no ventilados, las de monóxido de carbono en la ciudad (generadas principalmente por los tubos de escape de los vehículos) pueden ser lo suficientemente altas para generar preocupación.

MORBILIDAD: Cantidad de personas que enferman en un lugar y un período de tiempo determinados en relación con el total de la población. (Definiciones abc, 2016)

MP2.5: Corresponde a la fracción fina, con un diámetro aerodinámico inferior a 2.5 μm , lo que les permite penetrar más por los sistemas respiratorios llegando a los alveolos de los pulmones

NORMAS DE CALIDAD AMBIENTAL:

Requisitos que definen la calidad óptima de algún componente ambiental (por ejemplo, la calidad del aire). Estas normas a menudo establecen concentraciones máximas que no deberían excederse salvo en circunstancias excepcionales; por ejemplo, normas que permitan sobrepasar el nivel máximo sólo una vez por año. Estas normas de calidad no deberían confundirse con las normas de emisión o de efluentes, las cuales especifican niveles máximos permisibles de descargas contaminantes, pero no especifican los niveles máximos de calidad ambiental.

La máxima concentración de una sustancia potencialmente tóxica que puede permitirse en un componente ambiental, habitualmente aire (norma de calidad del aire) o agua, durante un período definido.

NG: es una unidad de medida de masa del SIU, de símbolo ng, equivalente a la milmillonésima parte de un gramo

OMS: Organización Mundial de la Salud es la autoridad directiva y coordinadora de la acción sanitaria en el sistema de las Naciones Unidas

OPS: es el organismo especializado de salud del sistema interamericano, encabezado por la Organización de los Estados Americanos (OEA), y también está afiliada a la Organización Mundial de la Salud (OMS), desde 1949

OXIDOS DE NITROGENO (NO Y NO₂): compuestos químicos binarios gaseosos formados por la combinación de oxígeno y nitrógeno. El proceso de formación más habitual de estos compuestos inorgánicos es la combustión a altas temperaturas, proceso en el cual habitualmente el aire es el comburente

PM₁₀: son partículas en suspensión con un diámetro aerodinámico de hasta 10 µm, es decir, comprende las fracciones fina y gruesa. Se determina por medio del muestreador Hi Vol el cual consiste en hacer pasar el aire por un filtro de baja resistencia (generalmente de fibra de vidrio), con un flujo que oscila entre 1.1 y 1.7 m³ /min. Cuando se opera en éste rango de flujo, las muestras de partículas suspendidas de diámetro menor a 10 µ

POLVO: Término general que significa partículas sólidas de diferentes dimensiones y orígenes, las cuales pueden permanecer generalmente suspendidas en un gas por algún tiempo.

Partículas sólidas pequeñas. Convencionalmente, son aquellas partículas con diámetros menores de 75 -m, que se sedimentan por su propio peso, pero que pueden permanecer suspendidas por algún tiempo. Los estándares nacionales pueden ser más específicos e incluir diámetros de la partícula o una definición en términos de un tamiz de abertura específica. El polvo se presenta en la atmósfera de manera natural y como resultado de las actividades humanas.

PPM: es una unidad de medida con la que se mide la concentración. Se refiere a la cantidad de unidades de una determinada sustancia (agente, etc) que hay por cada millón de unidades del conjunto

PST: partículas suspendidas totales

PTAP: Planta de Tratamiento de Agua Potable

PTS: consisten en acumulación de diminutas piezas de sólidos o de gotitas de líquidos en la atmósfera ambiental, generada a partir de alguna actividad antropogénica (causada por «el hombre») o natural

μM: El micrómetro, micrón o micra es una unidad de longitud equivalente a una milésima parte de un milímetro.

7. MARCO TEORICO

La mala calidad del aire en América Latina y el Caribe (ALC) es la causa de muertes prematuras, afecta la salud de millones de habitantes y genera la pérdida de millones de dólares en gastos por atención médica (Romieu et al., 2010).

Estimaciones de la Organización Panamericana de la Salud (OPS) indican que más de 100 millones de personas viven expuestas a concentraciones de contaminantes en el aire, que sobrepasan los niveles máximos permisibles establecidos en las guías de calidad del aire de la Organización Mundial de la Salud (OMS). Para América Latina se calcula que cada año mueren alrededor de 35.000 personas por la contaminación del aire intraurbano y 276.000 años de vida se pierden por la misma causa (World Health Organization, 2002).

El material particulado (MP) es el contaminante que más significativamente ha sido asociado a eventos de mortalidad y morbilidad en la población (Pope y Dockery, 2006). Este contaminante se clasifica según su diámetro, característica de la cual depende la intensidad de sus impactos. Existen dos métricas comúnmente utilizadas para clasificar el material particulado, partículas menores a 10 micrones conocidas como MP10 y partículas menores a 2,5 micrones, conocidas como MP2,5. De esta forma, en el MP10 se pueden distinguir dos fracciones, la fracción gruesa, es decir, entre 2,5 y 10 micrones y la fracción fina, menor a 2,5 micrones.

El aire es un recurso natural que, así como sucede con muchos otros, recibe el embate de la contaminación generada por el hombre y también una aportación de la misma naturaleza. Esto quiere decir que además del hombre, también la naturaleza contribuye a que tengamos un aire con cierto nivel de contaminantes. Importante resulta aclarar que la responsabilidad de los problemas actuales de contaminación atmosférica no está equitativamente distribuida entre los referidos generadores ya que la concentración poblacional en las ciudades es causa de múltiples problemas evidentes en este vital elemento. El aire en la atmósfera está compuesto natural y originalmente por diversos gases entre los cuales el nitrógeno (78%) es el predominante, siguiéndole el oxígeno (21%) y completándose con cantidades sumamente reducidas de otros gases tales como argón (0.9%), dióxido de carbono (0.03%) y otros. Además de estos gases, de manera natural, el aire

también contiene diversas partículas características propias del sitio en que se encuentre un ambiente determinado y de la época anual. (Silva A., 2012)

Los contaminantes del aire derivan de una variedad de fuentes, principalmente del uso de combustibles fósiles. Los contaminantes del aire pueden clasificarse por su fuente, composición química, tamaño y modo de liberación en los ambientes interiores y exteriores. Respecto a su origen pueden clasificarse como: contaminantes primarios, siendo aquellos donde una fuente los emite directamente al ambiente mientras que, los contaminantes secundarios se forman en el ambiente a través de reacciones químicas y fotoquímicas de los contaminantes primarios e involucrando algunos componentes naturales de la atmósfera, especialmente el oxígeno y agua (Bernstein, J.A., 2004).

8. MARCO CONTEXTUAL

En el desarrollo de la etapa de construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable (PTAP) Los Angelinos es ejecutada por el CONSORCIO SURATA 2015 que está conformada por las empresa Acciona Agua y Construvicol S.A

Acciona Agua es una de las principales corporaciones empresariales españolas, líder en la promoción y gestión de infraestructuras (construcción, industrial, agua y servicios) y energías renovables.

La actividad de ACCIONA Agua está enfocada en proporcionar desde la captación del agua, su potabilización, incluyendo la desalación, hasta su depuración y retorno al medio ambiente.

Además, ACCIONA Agua lleva a cabo la gestión de servicios integrales, que abarca todas las etapas implicadas en el tratamiento de agua, haciéndola apta para consumo humano, posterior abastecimiento a la población y depuración de aguas residuales urbanas e industriales, con facturación directa a los usuarios finales

Construvicol s.a. es una empresa que presta servicios en las áreas minera, petrolera y de ingeniería civil, con amplia experiencia en la explotación de minas y canteras a cielo abierto, construcción de locaciones petroleras y obras complementarias, movimiento de tierras, concesiones viales, construcción de puentes, represas, construcción y operación de rellenos sanitarios.

La Planta de tratamiento de agua potable “Los Angelinos” hace parte del Proyecto de Regulación del Río Tona - Embalse de Bucaramanga. Este proyecto tiene como propósito garantizar el suministro de 1200 L/s adicionales, al sistema de abastecimiento del Acueducto Metropolitano de Bucaramanga. A través de la construcción de un embalse de 17,6 millones de m³ de capacidad en la parte baja de la sub cuenca del río Tona , mediante el emplazamiento de una presa con una altura aproximada de 103 m, que permitirá almacenar los caudales excedentes de invierno para ser utilizados en épocas de estiaje. Este proyecto garantizará el abastecimiento de agua potable al área de servicio del amb S.A. ESP para los próximos 25 años.

Para el Proyecto de regulación del Río Tona– Embalse de Bucaramanga; el componente de manejo de la calidad del aire ha sido un pilar fundamental en el desarrollo del PMA que se ha utilizado para el desarrollo de las actividades del Proyecto.

Implementar medidas de mitigación necesarias para el control y reducción de los impactos causados por la emisión de contaminantes atmosféricos provenientes de la operación de: maquinaria y equipo de construcción, vehículos de transporte de personal, planta de concreto y sistemas de trituración. Este, ha sido el objetivo principal de la formulación de medidas que favorezcan el bienestar laboral y social de las personas involucradas directo o indirectamente con las actividades la obra11.

Dentro de las actividades establecidas para el proyecto que pueden causar altos niveles de generación de material particulado, se pueden resaltar las siguientes:

- Almacenamiento de materiales de construcción, combustibles y lubricantes
- Movimiento de tierras (excavaciones, rellenos, cortes y extracción de materiales)
- Utilización de explosivos
- Trituración de materiales pétreos
- Preparación de concretos
- Transporte de materiales de construcción y sobrantes
- Operación de maquinaria y equipo pesado
- Disposición de materiales sobrantes
- Instalación de tuberías de aducción y conducción (ruptura vías y calles)

Para el objeto de nuestro análisis, el factor de estudio será el transporte de material sobrante de excavación, el cual toma una importancia socio ambiental en la construcción de la PTAP Los Angelinos debido a la alta frecuencia de flujo vehicular para el traslado desde la obra hasta la zona de disposición de material sobrante de excavación (ZODME).

Como medida de mitigación formulada para este Proyecto, se plantea la irrigación de agua en las zonas de tráfico vehicular para evitar la resuspensión del material particulado y así la generación del impacto sobre la salud de las personas y el medio ambiente.

La existencia de alternativas químicas que pueden potenciar estas medidas de mitigación naturales, creando un ahorro en el gasto del recurso hídrico y una disminución adicional en el impacto a personas y recursos naturales. Nos lleva a analizar la conveniencia de las diferentes estrategias a implementar para contrarrestar los efectos de la generación de material particulado por la circulación vehicular. Además de complementar estas medidas con estrategias en el transporte tales como la disminución de la velocidad al circular por áreas pobladas, adecuado

cubrimiento del material con fibras sintéticas y humectación de llantas antes de iniciar el traslado de material.

9. MARCO LEGAL

En cuanto a material particulado, internacionalmente se manejan muchos estándares de concentraciones. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (Environmental protection Agency “EPA”), estableció estándares desde 1987, siendo revisados a través del tiempo convirtiéndose en más rigurosos y contemplando partículas respirables como PM10 y PM2.5, basados en los serios problemas de salud que se presentaban en la población⁷¹ para el caso de PM2.5.

9.1. NORMAS EN CHILE

En Chile la ley 19.300 establece que: “Es deber del Estado dictar normas para regular la presencia de contaminantes en el medio ambiente, de manera de prevenir que estos puedan significar o representar, por sus niveles, concentraciones y periodos, un riesgo para la salud de las personas”. En este sentido, el Ministerio Secretaria General de la Presidencia es el organismo encargado de dictar las normas primarias de calidad de aire para cada uno del contaminante criterio, con base en los estudios realizados por organismos nacionales e internacionales.

9.2. NORMAS EN MEXICO

En México, el Gobierno Federal ha establecido normas para la protección de la salud en materia de contaminantes atmosféricos, con el objeto de proporcionar un margen adecuado de seguridad en la protección a la salud de la población.

9.3. NORMAS EN COLOMBIA

En Colombia al igual que en otros países en vía de desarrollo, se han aunado esfuerzos para la instauración de una política ambiental eficaz que se adapte a las condiciones propias de nuestro entorno social. Ya específicamente hablando del recurso aire, se puede decir que el interés por el mismo se presentó por primera vez en 1967, cuando mediante convenio suscrito entre el Gobierno

Nacional, la Organización Panamericana de la Salud (OPS) y la Organización Mundial de la Salud (OMS), se dio inicio a la evaluación de la calidad del aire. (Ministerio del Medio Ambiente, 2016)

En 1973 empezó la red de calidad del aire REDPANAIRES con una estación en Bogotá, ya para 1981 se contaba con 25 estaciones de medición de partículas en suspensión y dióxido de azufre, ubicadas en los centros urbanos del país. En 1973 con la ley 23, en la que se faculta al presidente de la República para expedir el sucesivo Código de Recursos Naturales, se incluye como parte del medio ambiente a la atmósfera considerando así el aire como un Bien Contaminable.

Con la expedición del Decreto-Ley. 2811 De 1974 (Código Nacional de Recursos Naturales Renovables y de Protección al Medio Ambiente), se estipula la obligación del gobierno de mantener la atmósfera en condiciones que permitan el desarrollo normal de la vida, así como se prevé subsecuentes disposiciones en cuanto a niveles permisibles de concentración de contaminantes, calidad de aire, métodos de control, circulación de vehículos y establecimiento de estaciones y redes de vigilancia.

En 1979 con la Ley 09 (Código Sanitario Nacional) se establece la competencia del Ministerio de Salud en cuanto a las regulaciones para calidad de aire, emisión de contaminantes, prohibiciones, permisos y sanciones. Estos dos códigos fueron la base para la formulación de la política ambiental en materia de control a la contaminación atmosférica, así se inició el crecimiento de la reglamentación para el recurso aire con la expedición del Dec. 02 de 1982 en el que se faculta al Ministerio de Salud para sancionar a las fuentes de contaminación.

Para el período de 1983-1986 se realiza el registro de fuentes fijas, en 1985 se ha incrementado la cantidad de estaciones a 47 dando especial trato al material particulado.

Ley 23 de 1973. EL Congreso de la República faculta al Presidente para expedir el Código de los Recursos Naturales y Protección al Medio Ambiente.

Resolución 2308 de febrero de 1986. En el cual se adopta el procedimiento para análisis de calidad del aire.

La constitución política de 1991, presente una importante fundamentación ambiental, enunciando en muchos de sus artículos, principios relacionados con la garantía en materia de conservación del medio ambiente y de la calidad de vida de los habitantes del país.

En la Constitución política colombiana se describe el medio ambiente como:

- Derecho colectivo, social o fundamental
- Paradigma de un nuevo modelo de desarrollo
- Condicionante de la propiedad privada , la economía y las empresas
- Componente de la política
- Relacionado directamente con la estructura organizativa y estructural del estado

Los artículos relacionados con aspecto medioambientales son;

- Art. 8. Es obligación del estado y de las personas proteger las riquezas naturales y culturales de la nación.
- Art. 49. Corresponde al estado organizar y dirigir y reglamentar el saneamiento ambiental.
- Art. 58. La propiedad es una función social que implica obligaciones y como tal es inherente a un función ecológica.
- Art. 79. Todas las personas tienen derecho a gozar de un ambiente sano. La ley garantizará la participación de la comunidad en las decisiones que pueda afectarlo.
- Art. 80. “ El estado planificará el manejo , aprovechamiento de los recursos naturales, para garantizar el desarrollo sostenible, su conservación, restauración o restitución.
- Art. 95. Numeral 8. Son deberes de la persona y del ciudadano proteger los recursos culturales y naturales del país y velar por un ambiente sano.
- Art. 333. La actividad económica y la iniciativa privada son libres, dentro de los límites del bien común. La ley delimitará su alcance de la libertad económica cuando lo exija el interés social, el ambiente y el patrimonio de la cultura de la nación

De igual forma es respaldado por la siguiente normatividad:

- Ley 99 de 1993 se reordenan las competencias para dar continuidad a la formulación de políticas ambientales
- Decreto 948 de junio de 1995. Reglamento de la protección y control de la calidad del aire. Deroga parcialmente el Decreto 002/82.

- Decreto 2107 de 1995. Modifica parcialmente el Decreto 948/95 sobre uso de crudos pesados, quemas abiertas, emisiones vehiculares y actividades contaminantes.
- Resolución 898 de agosto de 1995. Calidad de los Combustibles.
- Resolución 125 de febrero de 1996. Adiciona la Resolución 898/95 sobre calidad del Diesel.
- Resolución 909 de agosto de 1996. Modifica la Resolución 0005/96. Niveles de Emisión de Fuentes Móviles.
- Resolución 378 de mayo de 1997. Implementa la prueba dinámica para la expedición del certificado de emisiones.
- Decreto 1697 de junio de 1997. Modifica parcialmente el Decreto 948/95 sobre Normas de los Combustibles.
- Resolución 619 de julio de 1997. Factores que requieren permiso de emisión atmosférica para fuentes fijas.
- Resolución 681 de julio de 1997. Adiciona la Resolución 378/97 sobre visado del certificado de emisiones.
- Resolución 236 de 1999. Deroga la Resolución 1208/97 sobre expedición calidad del Diesel.
- Decreto 1552 de 2000. Modifica el artículo 58 del Decreto 948/95 y el artículo 3 de Decreto 2107/95 sobre emisiones del vehículo Diesel.

- Decreto 2622 de diciembre de 2000. Modifica el artículo 40 del Decreto 948/95 y el artículo 2 del Decreto 1697/97 sobre calidad de los combustibles.
- Decreto 1530 de julio de 2002. Modifica el artículo 40 el Decreto 948/95, el artículo 2 del Decreto 2622/00 sobre calidad de los combustibles.
- Decreto 244 del 30 de enero de 2006, del MAVDT. Por el cual se crea y reglamenta La Comisión Técnica Nacional Intersectorial para la prevención y control de la contaminación aire – CONAIRE.
- Decreto 979 del 3 de abril de 2006, del MAVDT. Por el cual se modifican los artículos 7, 10, 93, 94 y 108 del decreto 948 de 1995.
- Resolución 601 del 4 de abril de 2006, del MAVDT. Por el cual se establece la norma de calidad del Aire o nivel de Inmisión, para todo el territorio Nacional en condiciones de referencia.
- Resolución 610 de 24 de marzo de 2010, del MAVDT. Por la cual se modifica la Resolución 601 del 4 de abril de 2006.
- Resolución 650 de 29 de marzo de 2010, del MAVDT. Por la cual se adopta el protocolo para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire. – Modificada por la Resolución 2154 de Octubre de 2010 del MADS
- Resolución 651 del 29 de marzo de 2010, del MAVDT. Por la cual se crea el Subsistema de Información sobre Calidad del Aire – SISAIRES.

En el 2010 el Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible publica la Política de Prevención y Control de la Contaminación del Aire – PPCCA con el objeto de Impulsar la gestión de la calidad del aire en el corto, mediano y largo plazo, con el fin de alcanzar los niveles de calidad del aire adecuados para proteger la salud y el bienestar humano, en el marco del desarrollo sostenible.

10. METODOLOGIA

El nivel de la investigación es explicativa por que intenta dar cuenta de un aspecto de la realidad explicando su significado dentro de una teoría de referencia a la luz de leyes y normatividad internacional que dan cuenta de hechos o fenómenos que se producen bajo determinadas condiciones como es la circulación vial por vías no pavimentadas y la aspersión de material particulado.

A su vez el proyecto es de tipo correlacional y documentado.

Correlacional porque analiza y mide el grado de relación que existe entre la contaminación por material particulado con la población y el medio ambiente.

Documental por que incluye datos de los agentes anti polvos de origen nanotecnológico y conglomerados que mitigan la aparición del material particulado en vías sin pavimentar, con pavimento rígido y pavimento flexible.

10.1. POBLACIÓN OBJETO

Con el presente trabajo monográfico, se tiene como población objeto los habitantes del Barrio Bosconia en la Ciudad de Bucaramanga. En el Proyecto de construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable Los Angelinos, se determina como área de influencia directa la vereda Los Angelinos y el Barrio Bosconia, siendo este último, el lugar donde se afecta directamente la población por la circulación vial de vehículos, equipos y maquinaria.

El objetivo es trazar un estudio de referencia, que conlleve al mejoramiento de la calidad de vida de los habitantes de asentamientos urbanos y rurales, que se encuentren en áreas de influencia directa de proyectos de infraestructura, minería e hidrocarburos.

10.2. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La información necesaria para la elaboración de este trabajo, será proveniente de las siguientes fuentes:

- Trabajos de investigación, monografías, artículos científicos, libros y demás fuentes documentales que se encuentren sobre el tema de estudio.
- Fichas técnicas de productos que se utilicen para la mitigación del material particulado en la circulación vial.
- Encuestas y entrevistas realizadas a los vecinos del Barrio Bosconia.
- Verificaciones visuales en el área de estudio directo (PTAP Los Angelinos – Vereda Los Angelinos – Barrio Bosconia), que comprende una longitud de 1,8 Km aproximadamente.

10.3. PERMISOS NECESARIOS

Para la recolección de la información con la población objeto, se requiere el permiso con la Gestora Social del Consorcio Suratá 2015, la cual es la empresa constructora de la PTAP Los Angelinos.

10.4. ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

Se requiere hacer aplicación de lo concluido por estudios e investigaciones existentes sobre la afectación del material particulado en los seres humanos y los recursos naturales, además se requiere consultar a la población del área de influencia directa sobre la percepción que tienen del material particulado y las medidas de mitigación que están siendo implementadas.

De allí, se requiere concluir sobre la estrategia más conveniente a aplicar para el control de la generación de material particulado en la circulación vial en la obra de construcción de la PTAP Los Angelinos y cualquier proyecto similar.

11. RESULTADOS

11.1. EFECTOS DE LA RESUSPENSIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO

Como lo hemos visto en este estudio, se tienen efectos adversos del material particulado ocasionado por la circulación vial en la construcción de la Planta de Tratamiento de Agua Potable “Los Angelinos”, que han afectado medio biótico y abiótico, originando una necesidad de estrategias de mitigación para favorecer el bienestar de los pobladores del área de influencia directa, la seguridad de los colaboradores del proyecto y la protección de los recursos naturales.

El manejo del material particulado siempre se convierte en un reto en la ejecución de proyectos de infraestructura que impliquen movimientos de tierra, circulación vial e intervención de estructuras existentes. Nuestro objetivo al finalizar la monografía, es plantear una estrategia puntual que establezca una medida de manejo efectiva con respecto al costo beneficio.

Hemos encontrado que la situación que tenemos en nuestro caso, en el cual implica tener vías de acceso con tres características diferentes (Sin pavimentar, con pavimento flexible y con pavimento rígido); nos crea una problemática aun mayor, ya que el material granular suelto que es arrastrado desde las vías sin pavimentar hasta las pavimentadas, contaminan estas superficies, complicando la medida de manejo implementada.

A continuación, se relacionan los efectos originados por la re suspensión de material particulado en el desarrollo del Proyecto:

11.1.1. EFECTOS EN LOS POBLADORES DEL ÁREA DE INFLUENCIA DIRECTA

En los pobladores de la Vereda Los Angelinos y el Barrio Bosconia, se pueden presentar las siguientes afectaciones del material particulado ocasionado por la circulación vial de los equipos y vehículos del Proyecto:

a) Polvo inhalable (PM10): Es aquella fracción de polvo que entra en el cuerpo, pero es atrapado en la nariz, la garganta, y vías respiratorias superiores. La medida del diámetro de este polvo es aproximadamente 10 μm .

b) Polvo respirable (PM_{2,5}): Son aquellas partículas bastante pequeñas para penetrar la nariz y el sistema superior respiratorio y profundamente en los pulmones. Las partículas que penetran superan los mecanismos de despacho naturales del cuerpo y tienen mayor probabilidad de ser conservadas en el organismo

Las partículas PM₁₀ y PM_{2.5} pueden causar problemas a la salud. Por viajar más profundamente en los pulmones y por estar compuesta por algunos elementos tóxicos (como metales pesados y compuestos orgánicos), las partículas PM_{2.5} producir tos y dificultad para respirar, agravar el asma provocar daño a los pulmones (incluyendo la disminución de su función y enfermedades respiratorias de por vida) y en casos extremos muerte en individuos con enfermedades de corazón y pulmón. Adicional a esto también se tiene en consideración a afectación visual y del paisaje



Imagen 1. Vía Barrio Bosconia (Calle 40)



Imagen 2. Vía Vereda Los Angelinos

11.1.2. EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

También se conoce que esta problemática puede ocasionar efectos adversos en el desarrollo natural de la flora y la fauna que circunda el área de influencia directa, aumentando procesos de acidificación y afectando la fertilización y crecimiento de especies arbóreas.



Imagen 3. Área de intervención para la construcción de la PTAP Los Angelinos

11.1.3. EFECTOS EN LA SEGURIDAD VIAL

La disminución en la visibilidad en las vías de acceso al Proyecto, se convierte en una condición insegura en la circulación vial de vehículos, equipos y maquinaria. Aumentado el riesgo de accidentalidad para todos los colaboradores de la compañía y los habitantes del área de influencia directa.



Imagen 4. Circulación vehicular en el acceso a la PTAP Los Angelinos

11.2. ESTRATEGIAS DE SEGURIDAD VIAL PARA LA DISMINUCIÓN DE LA RESUSPENSIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO

Como medida de manejo para la problemática tratada, se formularon una serie de estrategias de control de tráfico vial; con el fin de coadyuvar a la disminución de los efectos ocasionados por la re suspensión del material particulado. Estas han mejorado sustancialmente la percepción de seguridad y bienestar por parte de los trabajadores y los habitantes del sector.

Dichas estrategias, se relacionan a continuación:

11.2.1. DEMARCACIONES

Se realizaron demarcaciones de cruces peatonales y senderos seguros para la circulación de los habitantes del Barrio Bosconia.



Imagen 5. Cruce peatonal Barrio Bosconia



Imagen 6. Sendero peatonal



Imagen 7. Sendero peatonal continuo al Centro Educativo Rural Bosconia

11.2.2. SEÑALIZACIONES Y REDUCTORES DE VELOCIDAD

Se han instalado señalizaciones informativas y reglamentarias que buscan tener comportamientos seguros en la conducción de vehículos y demás equipos del proyecto. Además, se instalaron dos reductores de velocidad con el objetivo de garantizar el respeto por los límites máximos establecidos (25 Km/h).



Imagen 8. Señalización vertical y de piso instalada en el Barrio Bosconia



Imagen 9. Señalización límites de velocidad



Imagen 10. Reductores de velocidad instalados



Imagen 11. Señalización informativa

11.2.3. CARPADO DE VOLQUETAS

Como estrategia complementaria para la circulación de vehículos, se estableció como cumplimiento obligatorio el Carpado de las volquetas de traslado de material sobrante de excavación. Esto, con el fin de disminuir el aporte de material granular a lo largo del trazado de circulación.

Se hizo la recomendación de hacer seguimiento a la ejecución de esta actividad y a revisar el estado de la carpa utilizada, garantizando la efectividad de la medida.



Imagen 12. Carpado de volquetas en la salida del frente de obra principal

11.3. ESTRATEGIAS DE CONTROL EN LA FUENTE PARA LA DISMINUCION DE LA RESUSPENSIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO

11.3.1. JORNADAS DE LIMPIEZA VIAL

Se ejecutaron jornadas de limpieza en la Calle 40 del Barrio Bosconia y la vía de la Vereda Los Angelinos, para evitar la acumulación excesiva de material.



Imagen 13. Acumulación de material sobrante de excavación en la vía



Imagen 14. Limpieza de vía – Vereda Los Angelinos



Imagen 15. Lavado de calles en Barrio Bosconia

11.3.2. RIEGO DE VIAS

Se realizaron riegos de vías en las áreas de circulación de la Vereda Los Angelinos y el Barrio Bosconia, como medida permanente para el control de la resuspensión del material particulado. Esta actividad, fue ejecutada con el apoyo de un carrotanque adaptado con una flauta para riego por goteo; la capacidad del carrotanque es de 5000 galones. La periodicidad de esta actividad era de cuatro (4) veces por jornada de trabajo completa, teniendo el consumo total del recurso hídrico.

Esta medida fue formulada como estrategia transversal para minimizar la afectación que provoca la resuspensión del material particulado en la salud de los pobladores del área de influencia, los colaboradores del Proyecto, el medio ambiente y la seguridad vial.

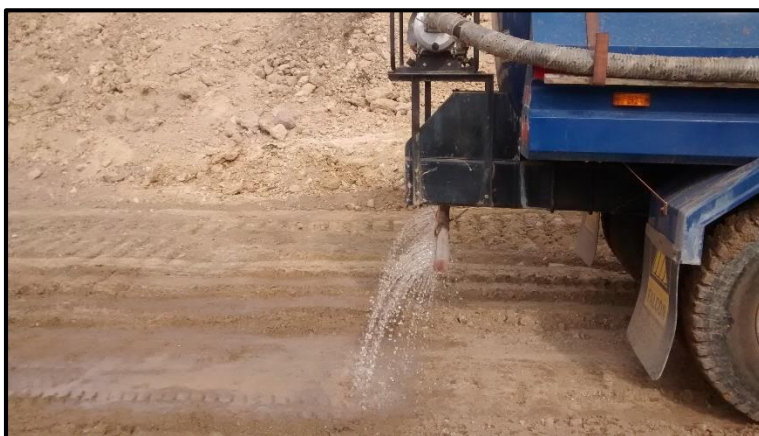


Imagen 16. Riego de vía sin pavimentar – PTAP Los Angelinos




Imagen 17. Riego en vías pavimentadas (Pavimento rígido y flexible) – Barrio Bosconia

11.4. MEDIDAS DE PROTECCION EN LAS PERSONAS PARA MINIMIZAR LOS EFECTOS DEL MATERIAL PARTICULADO

Como estrategia de protección para las personas que están involucradas directamente en el desarrollo del Proyecto, con el fin de minimizar los efectos en la salud que puede ocasionar el material particulado; se implementaron las siguientes medidas:

- ✓ De acuerdo a la matriz de identificación de peligros se hace necesaria la utilización obligatoria de tapabocas para el personal con exposición directa a las áreas de intervención para la construcción de la PTAP Los Angelinos.

<p>Protección Respiratoria</p> 	<p>La protección contra los contaminantes de ambiente de trabajo se obtiene reduciendo la concentración de estos en las zonas de inhalación por debajo de los niveles de exposición recomendados mediante EPP</p> <p>¿Quiénes necesitan protección Respiratoria?</p> <p>Todos los trabajadores que laboran en áreas con material suspendido y polvos.</p>
---	--

	<p>Se recomienda el uso de mascarillas desechables para material particulado y su reemplazo debe ser diario o cuando se presente dificultad para respirar</p> <p>Riesgo cubierto</p> <p>Alteraciones en el tracto respiratorio superior e inferior, ocasionado por la inhalación de partículas suspendidas en el ambiente de trabajo.</p> <p>Mantenimiento , limpieza y desinfección</p> <p>Estos protectores respiratorios de material particulado deberán ser sacudidos en cada tiempo de receso a la jornada laboral y evitar que entre en contacto con humedad; puesto que perderá su eficiencia en la protección</p>
--	---

- ✓ Cuando se utilicen vehículos, equipos y maquinaria; preferiblemente se debe usar el sistema de aire acondicionado.

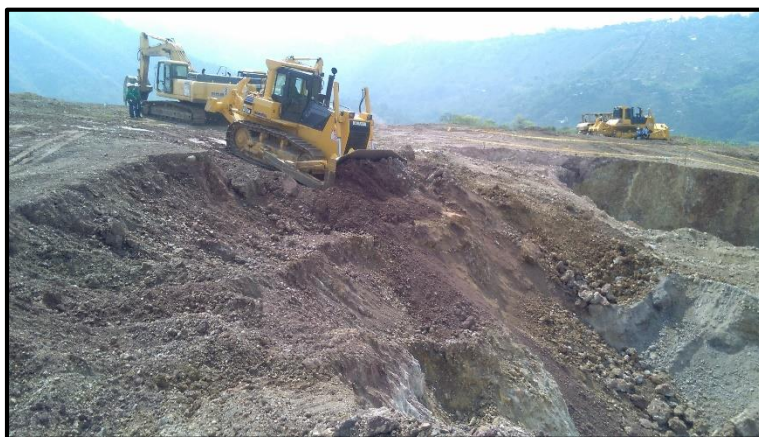


Imagen 18. Maquinaria pesada operando con el uso del aire acondicionado

11.5. COMPARACIÓN DE LOS AGENTES NATURALES Y QUÍMICOS QUE SE PUEDEN UTILIZAR PARA LA MITIGACIÓN DEL MATERIAL PARTICULADO EN VÍAS

El polvo es hoy una de las principales amenazas para la construcción. Su carácter furtivo pone en riesgo la salud de las personas y la seguridad operacional, así como la continuidad del proyecto. Sin un adecuado monitoreo y control de polvo, una gran cantidad de material particulado fino compromete la salud de los operadores, comunidad aledaña e impacta negativamente en el medio ambiente, afectando la productividad de la operación.

Un estudio realizado por el (Departamento de Transportes de Wisconsin (DTW9, , 2013) establece que un vehículo liviano que circula diariamente levanta una tonelada de polvo al año por cada 1.600 metros recorridos. No siempre la solución al problema del polvo es la pavimentación de caminos; en faenas mineras esta medida muchas veces es impracticable, por la inviabilidad técnico-económica en caminos de alto tonelaje y por la disponibilidad operacional que estos requieren.

Entendiendo que el polvo daña la carpeta de rodado y compromete la vida útil de los caminos, acelerando su erosión y creando un entorno de polución que afecta a los usuarios y comunidades aledañas, es necesario evaluar diferentes prácticas para su abatimiento.

Los supresores de polvo, cualquiera sea el tipo, abaten el polvo a través de la modificación de las propiedades físicas de la superficie. Una vez aplicado un supresor de polvo las partículas y material del suelo son agrupadas y capturadas, haciéndolas más pesadas, lo que permite evitar la polución por esta vía, mejorando la calidad del aire y la visibilidad del camino. Algunos supresores o “matapolvos” forman una película superficial por aglomeración de partículas, lo que requiere de una gran cantidad de producto para no romperse.

Otros, como las emulsiones bituminosas logran una carpeta de rodado de propiedades asfálticas, seguras y resistentes.

Muchos de los productos orgánicos bituminosos y no bituminosos son combinados con aglomerantes y emulsificantes, que aportan propiedades de adhesividad para que las partículas de polvo se agrupen y peguen, evitando su elevación. La sal y derivados de cloruros no obstante

logran un efecto visual favorable, con una superficie de base higroscópica que absorbe la humedad, generan una condición jabonosa e insegura ante presencia de humedad.

La forma tradicional y más eficiente de aplicar los supresores es con una barra aspersora, dosificando con inyectores o boquillas especialmente diseñadas para una cobertura eficiente del camino. La formación superficial puede requerir movimiento de tierra y compactación, dependiendo del tránsito que soportará y el material de la superficie.

11.6. TIPOS DE SUPRESORES DE POLVO

11.6.1. ORIGEN NATURAL

El Agua

Como medida inicial de control a la generación de material particulado ocasionado por la circulación vial, se planteó realizar riegos periódicos (cada 2 horas) en todo el trazado del área de circulación de volquetas y demás vehículos, entre la vereda Los Angelinos y el Barrio Bosconia. Esta actividad, demandó un carro tanque de 5000 galones con sistema de riego de vías y el cargue diario de la totalidad del volumen en el Río Suratá. Este recurso hídrico, está respaldado por una concesión hídrica expedida por la Corporación para la Defensa de la Meseta de Bucaramanga (CDMB); mediante Resolución 1235 de 2014, la cual autoriza un caudal de 2 l/s para actividades del Proyecto. El porcentaje de control de polvo del agua en caminos ha sido estimado en un 40%. Su capacidad de controlar polvo decrece desde 100% a 0% en muy corto tiempo, especialmente si el clima es caluroso y seco.

Por otra parte, no evita la elevación de partículas más finas que se generan, ya que el agua no encapsula el camino. A su vez, el sobre riego facilita la formación de barro, lo que dificulta la limpieza.



Imagen 19. Riego de vías pavimentadas (pavimento rígido y pavimento flexible) – Barrio Bosconia



Imagen 20. Riego de vías sin pavimentar (PTAP Los Angelinos) – Vereda Los Angelinos



Imagen 21. Vía recién humectada (Vereda Los Angelinos)



Imagen 22. Cargue de agua para riego

11.6.2. ORIGEN QUÍMICO

Debido a sus propiedades higroscópicas que no sólo retarda la evaporación de la superficie de la carretera durante el calor del día, además mantiene un adecuado control de humedad que incrementa la cohesión de las partículas finas, sin formar terrones, controlando la volatilidad producida por el viento y el tránsito automotor.

Los aditivos de más fácil aplicación en la mejora y estabilización de suelos que van a constituir un camino natural o una capa de suelo estabilizado de una explanada de carretera, se presentan en forma de soluciones líquidas, siendo los más empleados:

Soluciones de sales y cloruros

Las sales más ampliamente usadas son el cloruro de magnesio ($MgCl_2$) y el cloruro de calcio ($CaCl_2$). Estas suprimen polvo a partir de la atracción de la humedad del ambiente. El cloruro de sodio ($NaCl$) no es muy usado en regiones áridas, porque solo absorbe agua cuando la humedad excede el 75%. El cloruro de calcio, en tanto, absorbe la humedad del ambiente en función de la humedad relativa y la temperatura del entorno. Es más efectivo en lugares que tienen alta humedad y bajas temperaturas; a $25^{\circ}C$ comienza a absorber agua al 29% de humedad relativa y a $38^{\circ}C$ al 20%. El cloruro de magnesio, por su parte, incrementa la tensión superficial y genera una superficie más dura que el cloruro de sodio cuando se seca. Sin embargo, requiere un mínimo de 32% de humedad para absorber el agua ambiental, independiente de la temperatura, con lo que genera una superficie inestable ante la presencia de agua.

Comparadas con el agua, las sales son más eficientes en el control de polvo, si se logra controlar la humedad requerida; sin embargo, no forman una capa impermeable, con lo que su composición migra fácilmente del camino al ambiente, modificando la salinidad del suelo y pH del agua.

Emulsiones de polímeros y copolímeros

Las emulsiones de polímero son mezclas patentadas de polímeros o copolímeros de cadena larga y pueden consistir en copolímeros de base acrílica con al menos el 55% de sólidos. Las moléculas resultantes forman estructuras reticulares fuertemente entrelazadas entre sí.

Cuando la solución se mezcla con el suelo, el polímero recubre la superficie de las partículas, formando lazos entre las partículas del suelo o del agregado. Sus componentes actúan sobre los iones libres del suelo para formar polímeros. La ventaja radica en su larga estructura molecular de nano partículas que se enlaza y entrelaza con las partículas del suelo o del agregado formando una especie de red facilitando la compactación que precisa de menor cantidad de agua.

Debido a la problemática descrita aparecen recientemente en el mercado empresas que distribuyen estos supresores de polvo; para este caso describiremos puntualmente un producto llamado HYDROSTAB en cual es un hidro-retenedor que elimina la generación de polvo en vías destapadas durante las temporadas de sequía.

Polímeros sintéticos

Las propiedades adhesivas de los polímeros sintéticos promueven la ligazón de las partículas del suelo. Estos polímeros pueden fortalecer la superficie del camino, aumentando la tensión de rotura en 10 veces, lo que en clima seco permite mantener su densidad compactada. Sin embargo, tienden a fallar en presencia de agua, neblina o temperaturas bajo cero, ya que se congelan o resquebrajan al no tener la flexibilidad suficiente. En general, los polímeros compactan eficientemente, pero no impiden la generación de polvo, al saturarse la superficie donde han sido aplicados

Productos orgánicos no bituminosos

Los lignosulfonatos actúan como cementante, ligando las partículas del suelo entre sí. Tienden a mantener la plasticidad, permitiendo la compactación del suelo cuando son aplicados en caminos

con alto contenido de arcilla. La eficiencia y superficie de los lignosulfonatos puede ser reducida o completamente destruida en presencia de lluvia. Estos productos escurren por la solubilidad que poseen en agua. No logran formar una superficie hidrorrepelente. Los aceites vegetales son generalmente una mezcla de glicéridos y provienen de semillas y/o frutos. Algunos ejemplos de aceites vegetales son: canola, soya, semilla de algodón. Actúan originando la aglomeración de las partículas de suelo, creando una suave costra sobre la superficie, pero su eficiencia es de corto plazo. - Las melazas o productos derivados de la caña de azúcar ligan temporalmente las partículas de suelo. Para su permanencia es necesario realizar aplicaciones constantes, principalmente porque son hidrosolubles.

Tabla 1. Eficacia y efecto funcional del supresor de polvo

TIPO DE SUPRESOR	EFICACIA EN CONTROL DE POLVO	EFFECTO FUNCIONAL SOBRE LA OPERACIÓN
Agua	Su evaporación es alta, El porcentaje de control de polvo del agua en caminos ha sido estimado en un 40%.	Recurso escaso. Sobre riego daña neumáticos OTR. Permite circulación inmediata. Genera barro
Cloruro de Calcio	Cloruro de calcio 55%	Corrosión de vehículos, infraestructura vial y hormigón.
Cloruro de Magnesio	Cloruro de manganeso 77% Contaminación de aguas subterráneas por cloruro arrastrado por el agua a través del suelo. Altamente solubles. Modifican pH y salinidad del medio acuoso. Alta concentración salina puede ser tóxica para las plantas y seres vivos. Concentración por sobre los 400 ppm es tóxica para	Superficies resbaladizas cuando se humedecen (higroscópicos). Seca gomas, caucho y revestimientos en equipos. No es complementario con riego de agua para controlar polvo.

	ciertas especies de peces, y sobre los 1.830 mg/l es mortal para microorganismos y crustáceos	
Polímeros sintéticos	40-50%. Incrementa la fuerza de tracción del suelo. Fuerza depende de un tiempo de curado	Tienden a fallar en presencia de agua, neblina o temperaturas bajo cero, ya que se congelan o resquebrajan al no tener la flexibilidad suficiente. tienden a fallar en presencia de agua, neblina o temperaturas bajo cero, ya que se congelan o resquebrajan al no tener la flexibilidad suficiente
No bituminosos (Aceites vegetales y melazas)	84%. Reducción de la actividad biológica producto de la decoloración del agua.	Se lavan con el agua y no impermeabilizan el camino
Emulsiones de polímeros y copolímeros	Inicial 96%, 3 meses 84%, Después de 11 meses 67%	Circulación inmediata, Hidro- retenedor debido a su formación molecular que retiene el agua

Nota: Por Ramón Rada J. y Ricardo Cruz M. (Dust A Side, en base al informe “Impacto Potencial de la Aplicación de Supresores de Polvo” del panel de expertos de la Universidad de Nevada y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (Mayo de 2002).

11.7. PROPIEDADES DE SUPRESORES DE POLVO QUÍMICOS (HYDROSTAB)

Estos compuestos químicos estabilizan permanentemente el suelo, modificando sus características físico- mecánicas superficiales del suelo, controlando y reduciendo los efectos de la abrasión producida por el agua y el tránsito vehicular, impidiendo la formación del barro y eliminando la liberación de polvo a la atmosfera :

- ✓ Es resistente a vehículos de carga pesada
- ✓ Reduce las reparaciones de caminos, ya que las ondulaciones y baches que suelen formarse en los caminos sin pavimentar disminuyen en superficies endurecidas.
- ✓ Ahorra miles de litros de agua utilizados para el riego de la vía
- ✓ Mayor cohesión estructural
- ✓ Posibilidad de uso directo sobre la vía existente
- ✓ No produce contaminación en los suelos tratados
- ✓ No ocasiona corrosión o daños a los vehículos que por allí transitan
- ✓ No modifica el color natural del suelo
- ✓ Fácil de aplicar y controlar
- ✓ Alta durabilidad y bajo mantenimiento
- ✓ Ocupa la maquinaria típica de caminos (Motoniveladora, carro tanque, vibro compactador)
- ✓ Impermeabilidad superficial, controlando la formación de barro
- ✓ Mejora la seguridad vial al presentar una vía seca en días de lluvia y evitar el polvo reductor de la visibilidad en días secos.
- ✓ Previene las grietas en la superficie
- ✓ Adhiere las partículas de polvo al suelo
- ✓ Satisface los estándares PM10 y PM2.5
- ✓ Biodegradable
- ✓ Fácil de aplicar
- ✓ Completamente inoloro

- ✓ Seca transparente
- ✓ Resistente a suelos alcalinos
- ✓ Se puede utilizar pigmentos para teñirlo
- ✓ No resbaloso, seguro para conductores
- ✓ No tóxico
- ✓ No inflamable y no volátil
- ✓ No se disipa con agua o lluvia (una vez curado)
- ✓ No corrosivo y seguro para equipos
- ✓ No se transfiere a las llantas
- ✓ No se degrada con rayos UV

11.7.1. MÉTODOS DE APLICACIÓN DE LOS SUPRESORES DE POLVO

Existen dos métodos principales para la aplicación de los Supresores del Polvo:

- ✓ Mezclados in-situ: Este método implica adicionar el supresor al material que será agregado a la carretera, una vez que esta ha sido escarificada. Este método no solo logra suprimir las partículas de polvo, sino también, ofrece una mejor carpeta de rodado, mejorando el terreno para una sub-base y base de una futura pavimentación con un material superior. Aquí podemos encontrar sales como el Cloruro de sodio.
- ✓ Rociados por vía tópica: Consiste en rociar la superficie del camino, una vez que este ha sido tratado, es decir, se le aplicó moto niveladora y rodillo, quedando un camino con mejor compactación y pendientes de escurrimiento bien marcadas. Este método es simple y rápido. Los supresores aplicados de esta forma son efectivos para periodos cortos de tiempo, teniendo que ser aplicado nuevamente la próxima temporada. En esta categoría

entran sales tales como, el cloruro de calcio y cloruro de magnesio, y otros productos derivados del aceite de soja.

Para Nuestra monografía nos enfocarnos en el método de aplicación por vía tópica el cual expresaremos al detalle.

11.8. PROCESO DE APLICACIÓN

11.8.1. PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

Para alcanzar la dosificación recomendada, puede ser diluido indistintamente con agua dulce o salada para su posterior aplicación, sin que el producto y sus resultados sufran alteraciones.

Los niveles de concentración del producto (l/m²), variarán en función de las características propias del terreno o lugar de aplicación, tales como: tipo de suelo, granulometría del terreno, condiciones climáticas, niveles de humedad en el suelo y compactación, frecuencia y tipo de tráfico y carga ha la que será sometido el terreno (capacidad de soporte de carga).

A título indicativo abogamos por las dosis que figuran en la tabla siguiente, que son plenamente eficaces en la mayoría de los casos.

Tabla 2. Volumen de supresor por metro cuadrado

TIPO DE TERRENO	VOLUMEN DE APLICACIÓN (l/m²)
Grava o tierra compactada	2
Arena o terreno aglomerado	3
Limos y arcilla	1,5

Fuente: Hydram Ltda

11.8.2. PREPARACIÓN DEL TERRENO

Nivelación: Si es necesario se realiza una primera nivelación del terreno para asegurar la mayor homogeneidad posible en el grosor de la capa.

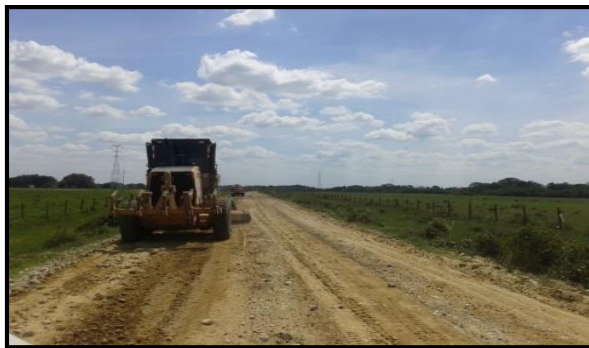


Imagen 23. Nivelación de la vía

Compactación: Mediante un rodillo o rulo adecuado al tipo de terreno se compacta al grado de referencia indicado en el proyecto.



Imagen 24. Compactación de la vía

11.8.3. APLICACIÓN

Se realiza a través del uso de carro tanque dotada de una flauta aspersora del líquido Se aplica utilizando un carro tanque con flauta irrigadora o cualquier otro mecanismo que permita regar de forma homogénea, de tal manera que se aporten entre 800 cc y 1.500 cc por cada metro cuadrado de superficie, esto dependiendo de las características del suelo, la frecuencia y peso del tránsito.

Luego de la irrigación, la vía tendrá un aspecto de humedad; tal y como luciría después de realizarse un riego con agua o luego de haber llovido. Esta humedad se mantendrá en la superficie por tiempo indefinido.



Imagen 25. Irrigación de la vía con carro tanque

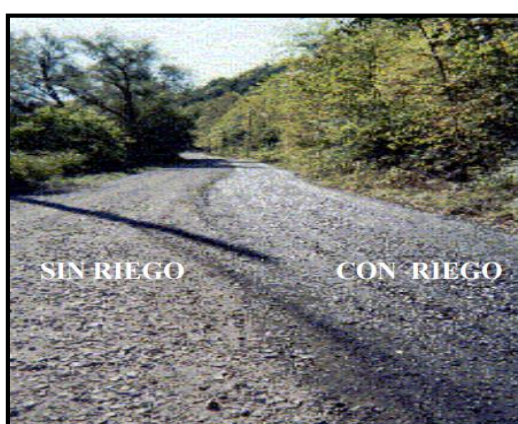


Imagen 26. Características de la vía con riego/ sin riego

Tabla 3. Estabilización y solificación de suelo (niveles de referencia)

TERRENO	CONCENTRACION L/M2	DISOLUCION M2/L	PARTES DE AGUA	MANTENIMIENTO
Caminos para carga pesada	2.04	0.5	2	12-24 meses
Carreteras con alta intensidad de tráfico	0.63	1.6	6	12-24 meses
Carreteras con baja intensidad de tráfico	0.58	1.7	7	12-24 meses
Control de polvo	007	14	15	6 meses

Fuente: Hydram Ltda

11.8.4. RESULTADOS DESPUÉS DE LA APLICACIÓN

Luego de su aplicación se puede dar inicio al tránsito vehicular de manera casi inmediata. El producto permanece en el suelo de manera indeterminada en tiempo seco, obteniendo una vía libre de polución provocada por el levantamiento de polvo.


Fue creado para proporcionar durabilidad. Con el mantenimiento adecuado, la base del camino durará indefinidamente, mientras que la superficie de tráfico pesado o desgaste requerirá mantenimiento normalmente después de los 12-24 meses. El volumen y tipo de tráfico, así como el mantenimiento general, determinan el rango de aplicación del mantenimiento. Durante este periodo no es necesaria la nivelación adicional.



Imagen 27. Resultados de la aplicación de supresor de polvo

11.8.5. ASPECTOS SANITARIOS, AMBIENTALES Y DE SEGURIDAD

Tabla 4. Hoja de seguridad Hidrostab

IDENTIFICACIÓN DEL RIESGO		
General		
	Salud	1.Bajo
	Fuego	0.Inflamable
	Reacción	1. Puede corroer aluminio
Efectos Potenciales a la salud	Contacto con la Piel	Contacto prolongado con la piel causa irritación
	Contacto con los ojos	Causa irritación
	Ingestión	Produce nauseas, malestar estomacal. No es toxico
	Inhalación	Tiene muy poco olor y no despide vapores tóxicos
Medio ambiente	No se considera perjudicial para el medio ambiente. El uso incorrecto en estado concentrado puede causar leve daño al medio ambiente y a animales, pero al aplicarse de acuerdo con las especificaciones es inocuo.	
PROPIEDADES FÍSICO QUÍMICOS		
Aspecto	Líquido transparente color verde.	
Acidez	pH 7,5 – 8,5	
Punto de ebullición	110 °C	
Solubilidad	Completamente en agua	
Olor	Débil característico	
Densidad	1,34 (agua = 1.0)	
Biodegradabilidad	Sus componentes naturales de origen mineral permiten su Permanencia en el suelo sin degradarse.	

No es tóxico para plantas ni animales. Las pruebas realizadas comprueban que es seguro para la vida acuática; tampoco se filtra a las aguas subterráneas. Puede aplicarse en zonas de sensibilidad ambiental sin impactos negativos. Libre de acetatos cancerígenos, polímeros acrílicos o a base de cloro. Las salpicaduras del producto concentrado en los ojos, la piel o la ropa, se eliminan utilizando solamente agua corriente.

Una investigación desarrollada por el (Instituto de Higiene Ambiental S.A.S, 2006) concluyó: “Los parámetros analizados mediante pruebas de toxicidad, corrosividad patogenicidad y reactividad cumplen con los límites máximos permitidos por la normatividad aplicable para la

muestra HIDROSTAB. Por lo consiguiente no es peligroso para el medio ambiente al ser aplicado en la superficie de las vías”.

Otra investigación desarrollada por el (Centro de Investigacion Microbiologicas, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias, 2008) concluyó: “El producto analizado “Hidrostab” no ejerce un efecto negativo en la diversidad en términos de riqueza y abundancia en los microorganismos presentes en los suelos estudiados, por lo tanto se espera que el efecto sea similar en la microbiota en suelos en general”

Todos y cada uno de los compuestos que se incorporan en la formulación se encuentran dentro de los listados de la EPA como amigables con el medio ambiente.

Tabla 5. Información ecológica Hidrostab

Informacion ecológica	
Estabilidad ambiental	El producto en condiciones normales de almacenamiento es estable
Bioacumulación	No se bioacumula en ambientes acuáticos
Eliminación de residuos	El producto no constituye residuo peligroso

Fuente: Hoja de seguridad Hidrostab

Tabla 6. Protección personal Hidrostab

Protección Personal / Control a Exposiciones	
Medidas preventivas	Proporcione ventilación adecuada. Cuando haya contacto directo debe haber fuente cercana de agua para lavado
Protección ocular	Utilice gafas protectoras. En caso de salpicaduras aplicar abundante agua.
Protección respiratoria	No requiere sistema especial para el manejo del producto
Protección corporal	Utilice la ropa adecuada para trabajos de productos químicos u overoles corrientes.
Protección de manos	Utilice guantes de caucho (látex) o nitrilo.

Fuente: Hoja de seguridad Hidrostab

Tabla 7. Primeros auxilios requeridos

Primeros Auxilios	
Contacto con la piel	Lavar con agua. Si llegare a producir alguna resequedad aplicar crema humectante
Contacto con los ojos	Lavar con abundante agua y si hay alguna irritación consultar con un oftalmólogo
Ingestión	Beber abundante agua y no inducir vómito
Inhalación	Respirar aire fresco

Fuente: Hoja de seguridad Hidrostab

Tabla 8. Control de derrames y fugas

Medidas para el control de derrames y fugas	
Precauciones personales	Utilice ropa de trabajo, guantes de látex, botas demás elementos de protección de uso corriente. Cuidado al caminar.
Derrames	Aplique abundante agua. Si el derrame es muy abundante, aplique material absorbente como arena u Control de derrames otro similar, recoja y deseche en un lugar seguro. No es contaminante ni dañino a fuentes de agua ni a la fauna

Fuente: Hoja de seguridad Hidrostab

EVALUACIÓN ECONÓMICA

Para entrar a analizar la viabilidad técnica y económica de las dos principales medidas de mitigación sugeridas en el presente estudio, se hizo necesario entrar a evaluar los costos que se tienen con cada una de ellas. Dichas medidas son el control de material particulado con agente natural (agua) y con agente químico supresor de polvo (HIDROSTAB).

Además del costo monetario, también se analizó el consumo de recurso hídrico (agua) para ejecutar cualquiera de las dos medidas de control. Este análisis, toma importancia cuando se evalúan los

rendimientos económicos de las empresas que ejecutan proyectos de este tipo; ya que, el costo / beneficio debe ser beneficioso para el cumplimiento de metas y objetivos.

A continuación, se encuentran los cuadros comparativos para la evaluación económica y ambiental de las medidas de manejo principales para un periodo de seis (6) meses:

Tabla 9. Relación de costos para utilización de supresor de polvo (HIDROSTAB)

RELACION DE COSTOS PARA UTILIZACION DE SUPRESOR DE POLVO (HIDROSTAB)			
ITEM	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL / 6 MESES (COP)
Carrotanque (costo/día)	3 días	\$500.000 / día	\$1.500.000
Supresor de polvo (HIDROSTAB)	4281 galones	\$18.560 / galón	\$79.455.360
Agua	5000 galones	0	0
TOTAL			\$80.955.360

Tabla 10. Relación de costos para riego de vías

RELACION DE COSTOS PARA RIEGO DE VIAS			
ITEM	CANTIDAD REQUERIDA	COSTO UNITARIO (COP)	COSTO TOTAL / 6 MESES (COP)
Carrotanque (costo/día)	183 días	\$500.000 / día	\$91.500.000
Supresor de polvo (HIDROSTAB)	0	0	0
Agua	915.000 galones	0	0
TOTAL			\$91.500.000

Al analizar los costos descritos en los cuadros anteriores, podemos ver que al utilizar un agente químico supresor de polvo tenemos un costo inferior que al realizar un riego de vía únicamente con agua. La disminución con respecto al costo superior es del 11,52%, lo cual representa un beneficio económico para la compañía.

Al evaluar el consumo de agua para la ejecución de las dos medidas, obtenemos una disminución del 98,36% en el gasto de recurso hídrico.

Claramente, el análisis económico y ambiental de las dos medidas evaluadas, nos determina una guía para establecer la estrategia de control más adecuada para disminuir la afectación a la salud de las personas, el medio ambiente y la seguridad vial.

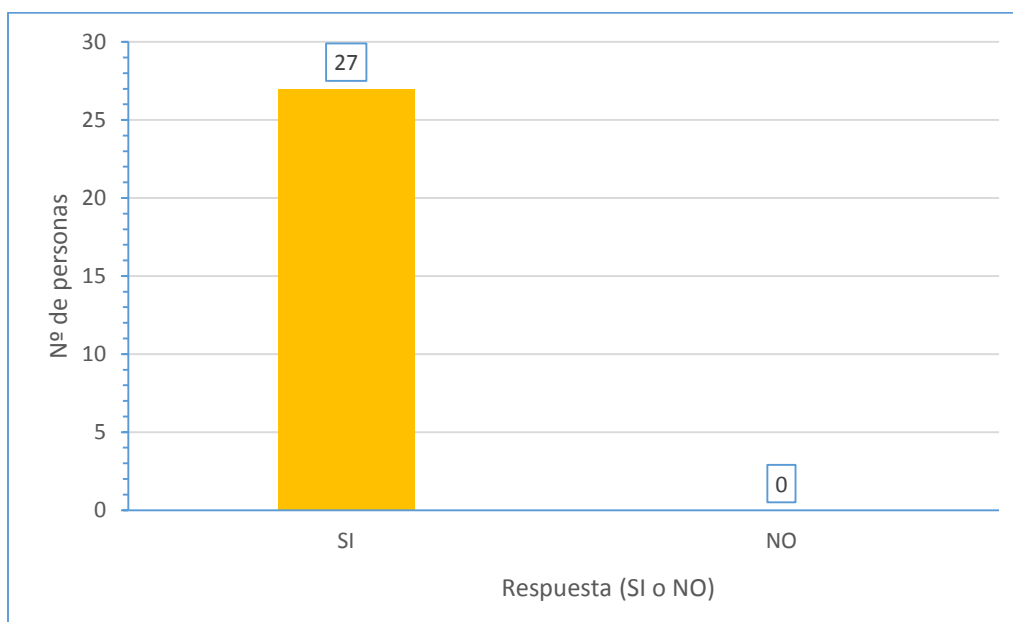
11.9. ENCUESTAS DE PERCEPCIÓN

Con la finalidad de medir la percepción de la población afectada directamente por la generación de material particulado en el área de construcción de la PTAP Los Angelinos y el Barrio Bosconia; se plantearon unas encuestas para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación planteadas y ejecutadas en el desarrollo del Proyecto.

Se realizó una encuesta para los colaboradores directos del Proyecto y otra para los pobladores del área de influencia directa (Barrio Bosconia); donde se preguntaba sobre su percepción sobre las diferentes estrategias ejecutadas. Este ejercicio se realizó durante los días 18 y 19 de agosto de 2016, tomando como población objeto para los trabajadores el 50% del personal presente en el frente de trabajo y el 100% para las casas del Barrio Bosconia.

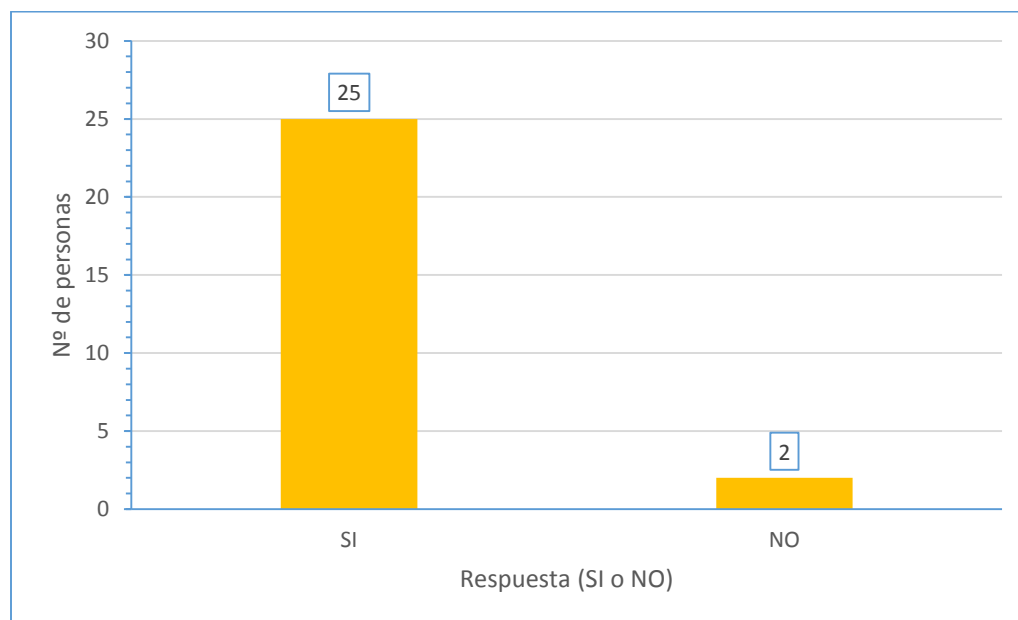
Otra de las medidas principales, fue la realización de riegos con el uso de un carrotanque acondicionado para la actividad. Esta medida tuvo un 92,59% de favorabilidad por parte de las personas encuestadas. La observación realizada con frecuencia, fue que el efecto de la medida duraba muy poco por la rápida evaporación del recurso hídrico; por lo que la demanda de agua fue tan elevada para esta actividad.

- ¿Considera usted que han sido efectivas las estrategias de seguridad vial (demarcaciones, señales, senderos, etc) para mejorar el bienestar en el desarrollo del Proyecto?



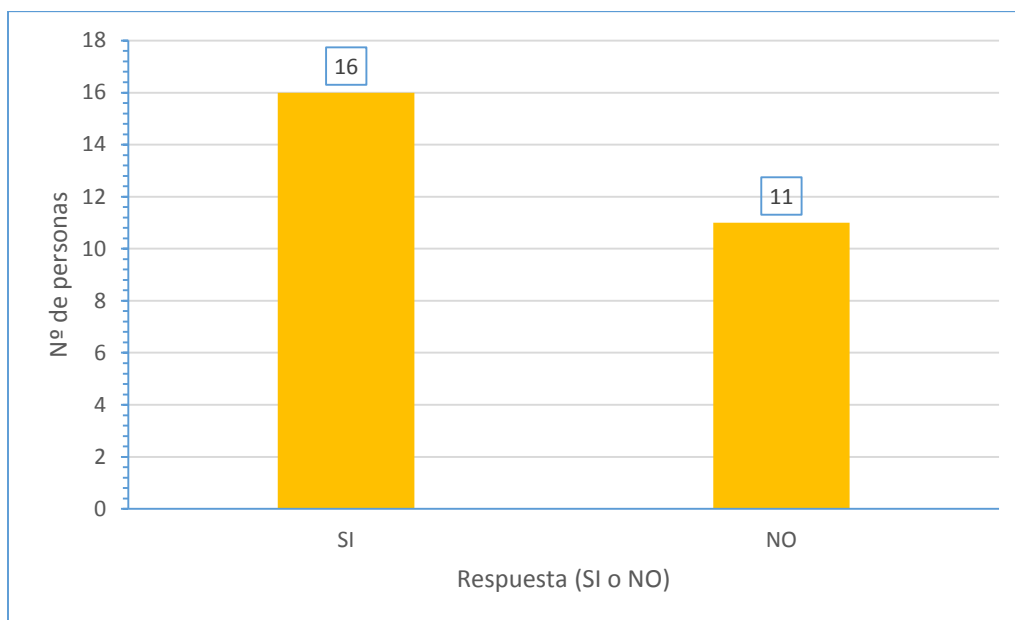
La totalidad de los colaboradores encuestados, coincidieron en la efectividad de las estrategias de seguridad vial para mitigar la generación de material particulado. Se encontró en esta medida, un recurso que genera resultados positivos de manera indirecta y que puede ser fortalecida en implementaciones futuras.

- ¿Considera usted que los riegos de vía realizados con el carrotanque, disminuyeron la presencia de material particulado?



La percepción sobre esta medida fue positiva por parte de los colaboradores, a pesar de que cuenta con aspectos negativos y que restan su efectividad en la permanencia prolongada de la medida de mitigación.

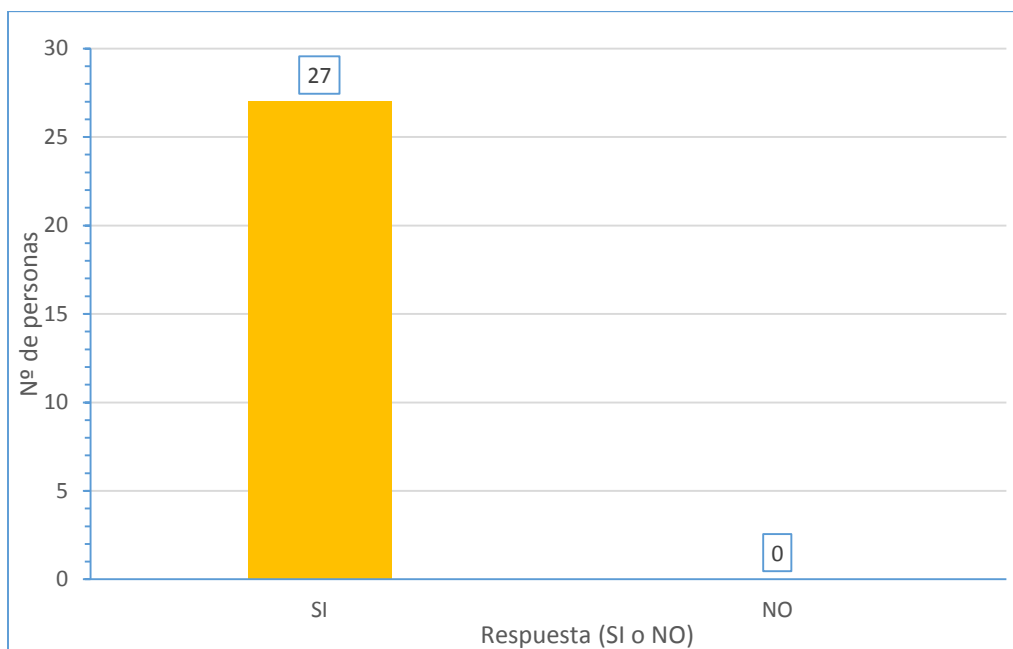
- ¿Utiliza usted mascarilla para material particulado, cuando se expone directamente al ambiente en el frente de obra?



Ver Anexo A. Encuestas a trabajadores

Una de las medidas que se evidencio poco efectiva por medio de la encuesta, fue el uso obligatorio de mascarillas para material particulado cuando se tenga exposición directa en el área de construcción de la PTAP Los Angelinos. El resultado le da un 59,26% de favorabilidad a la medida. La cual debe ser fortalecida con capacitación sobre la importancia del uso de los EPI's y los riesgos a los que estamos expuestos en nuestro sitio de labores.

- ¿Considera usted que las jornadas de aseo y limpieza de vías adelantada en el Barrio Bosconia y el frente de obra, ayudaron a disminuir la presencia de material particulado?



Ver Anexo A. Encuestas a trabajadores

Esta estrategia ejecutada en el frente de obra y el Barrio Bosconia, tuvo una aceptación total por parte de las personas encuestadas en el frente de obra. Esta nos permitía retirar el exceso de material sobrante de excavación, reduciendo la cantidad de material que podía tener resuspensión y causar afectación a la salud de las personas, el medio ambiente y la seguridad vial.

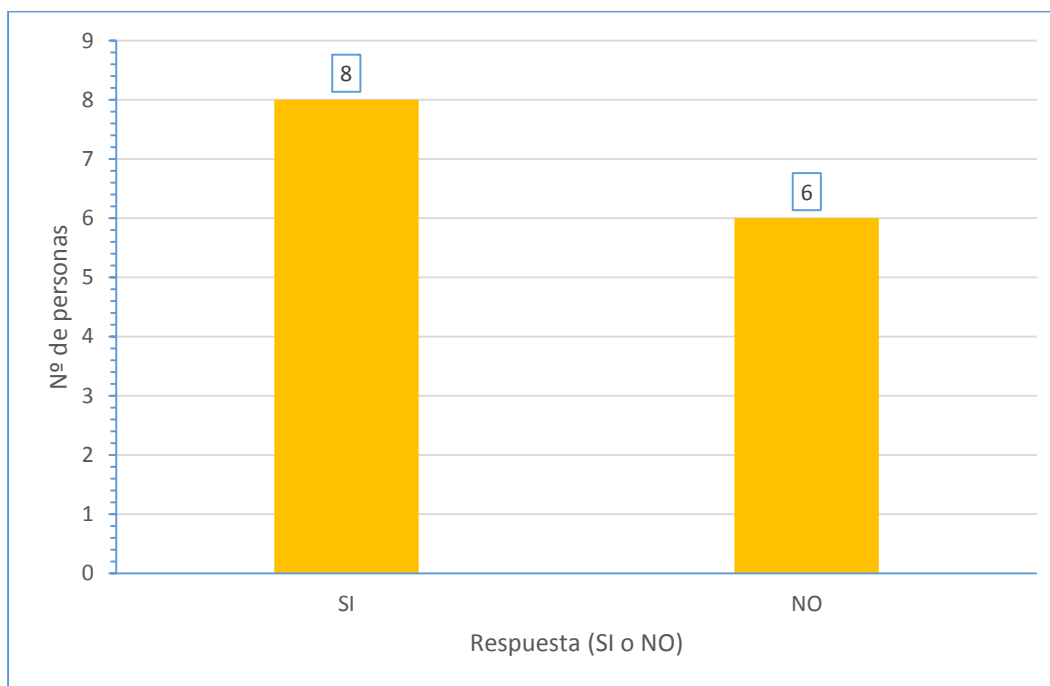
11.9.1. ENCUESTA A LOS HABITANTES DEL AREA DE INFLUENCIA DIRECTA

Para poder medir la afectación que tuvieron los habitantes de la vía del Barrio Bosconia por donde circulaban los vehículos, equipos y maquinaria, además de la efectividad de las medidas implementadas para el control de la resuspensión de material particulado; se implementó una encuesta práctica para recopilar esa información necesaria para evaluar los resultados del presente estudio.

Era necesario documentar la percepción de la población con respecto a las afectaciones que sufrieron con el proceso constructivo, las cuales habían sido expresadas verbalmente al personal del Consorcio Suratá; situación que demandó la implementación de las medidas de manejo y estrategias para minimizar la afectación al medio ambiente, la seguridad vial y la salud de las personas.

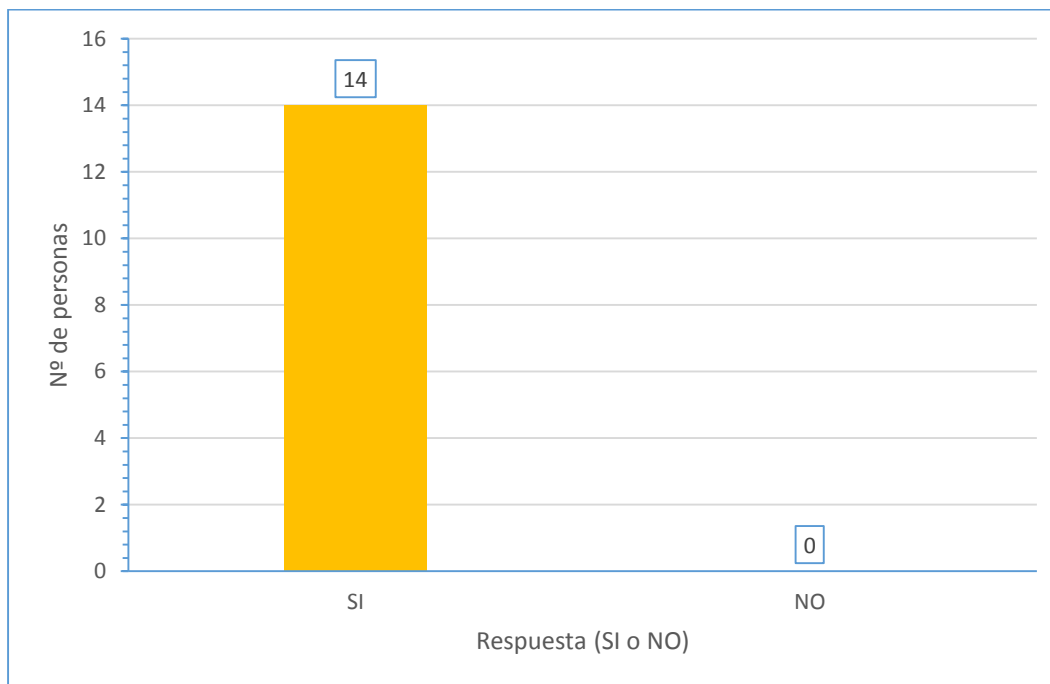
Las preguntas y los resultados obtenidos, se relacionan a continuación con su respectivo análisis:

- ¿Sufrió alguna afectación por la generación de material particulado ocasionado por las actividades del Proyecto?



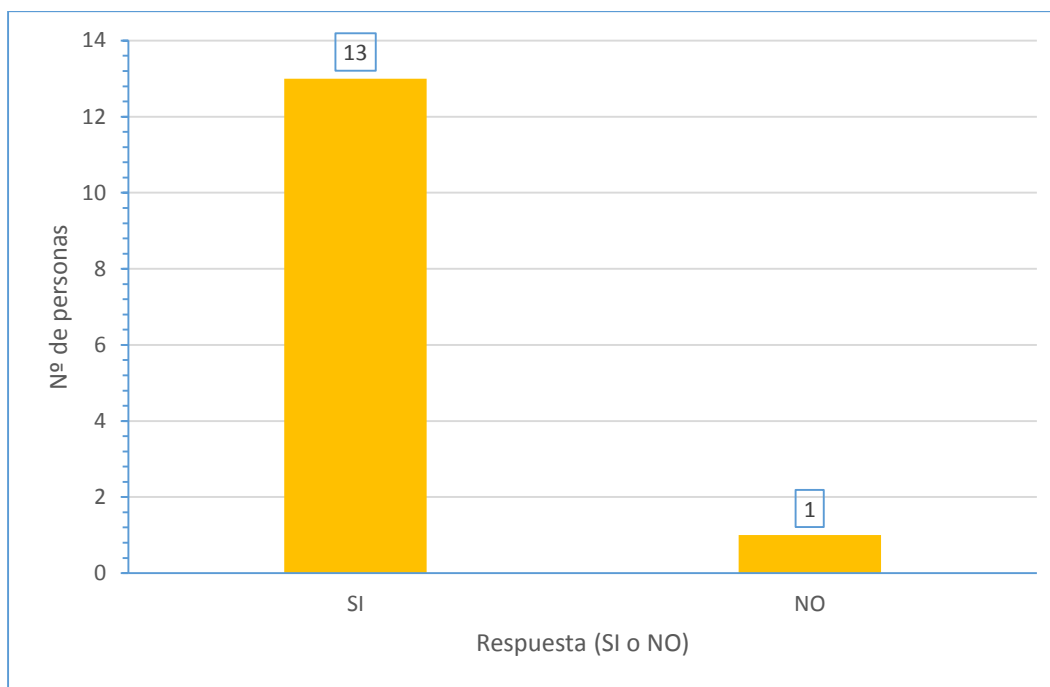
Según lo consultado, el 57,14% de los encuestados tuvo alguna afectación por la generación de material particulado ocasionado por las actividades del Proyecto. De estas afectaciones, el 100% fueron de problemas de salud relacionados con el sistema respiratorio. Este indicador, se convierte en la información más determinante para ver la importancia de las medidas de mitigación implementadas y las que se pueden usar en este tipo de obras.

- ¿Considera usted que han sido efectivas las estrategias de seguridad vial (demarcaciones, señales, senderos, etc) para mejorar el bienestar de los habitantes del Barrio Bosconia y La Vereda los Angelinos?



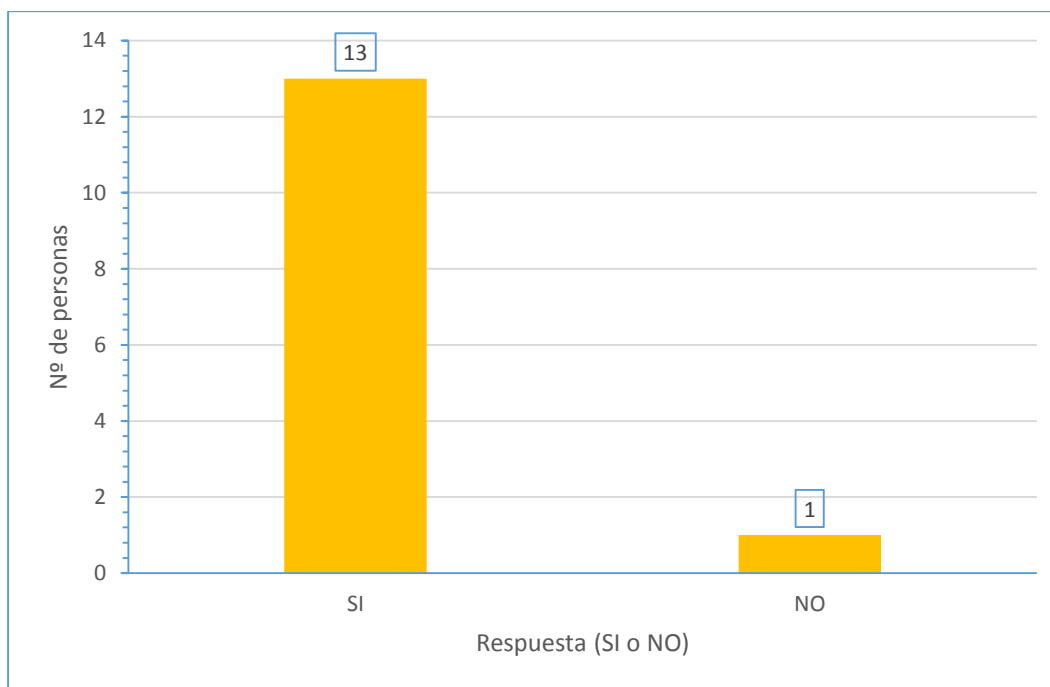
Se observa, al igual que con el sondeo realizado a los colaboradores, que las estrategias de seguridad vial tuvieron una percepción positiva como medida para mejorar el bienestar de las personas.

- ¿Considera usted que los riegos de vía realizados con el carrotanque, disminuyeron la presencia de material particulado en el Barrio Bosconia y la Vereda Los Angelinos?



Otra de las medidas principales, la cual fueron los riegos realizados a la vía con el uso de un carrotanque, creó una percepción positiva en los pobladores del Barrio Bosconia como medida de mitigación para la presencia de material particulado.

- ¿Considera usted que las jornadas de aseo y limpieza de vías adelantada en el Barrio Bosconia ayudaron a disminuir la presencia de material particulado?



Esta medida permitía retirar el exceso de material sobrante de excavación, reduciendo la cantidad de material que podía tener resuspensión y causar afectación a la salud de las personas, el medio ambiente y la seguridad vial. Además, se mejoraba el aspecto visual de las vías, siendo una medida efectiva en el control del material particulado.

Ver Anexo B. Encuesta a pobladores

12. CONCLUSIONES

- Disponer de una caracterización tomada de literatura existente, sobre los efectos conocidos que provoca el material particulado en la salud de las personas, el medio ambiente y la seguridad vial.
- Haber obtenido resultados favorables de las medidas de manejo implementadas para el control de los efectos de la generación de material particulado en la construcción de la PTAP Los Angelinos.
- Poder encontrar con respecto al análisis económico y técnico realizado a los agentes naturales y químicos, que el uso de un supresor de polvo se hace la medida más económica en cuanto a gasto monetario y a consumo de recurso hídrico.
- Resaltar las estrategias de seguridad vial como medida complementaria y efectiva, para salvaguardar la integridad de las personas y coadyuvar a minimizar la resuspensión de material particulado.
- Poder tener una referencia de aplicación para los proyectos de construcción que impliquen generar un impacto ambiental negativo ocasionado por la generación de material particulado por la circulación vial.
- Haber generado un aporte técnico y documental a la gestión ambiental ejecutada por el Consorcio Suratá 2015 en el desarrollo del Proyecto de construcción de la PTAP Los Angelinos.
- Haber mejorado la percepción de los habitantes del Barrio Bosconia y la Vereda Los Angelinos, con respecto a las afectaciones causadas por el material particulado, debido a las medidas de manejo implementadas.
- Haber cooperado a las estrategias de control del riesgo químico (material particulado), en los trabajadores del Proyecto de construcción de la PTAP Los Angelinos.

13. REFERENCIAS

- Alberth L, L. <. (1994). Diccionario de la Contaminacion. México DF.
- Alertas ambientales. (s.f.).* (10 de febrero de 2016). Obtenido de <http://alertas.mma.gob.cl/glosario-e-informaciones/>
- Andrade, F. J. (08 de Agosto de 2016). propiedades del Supresor de Polvo Hidrostab. (L. D. Castillo, Entrevistador) Santa Fe de Bogota, Colombia.
- Arimoto. (2001). *Los Sistemas Terrestres y sus implicaciones medio ambientales.*
- Asociación de ingenieros sanitarios de Antioquia. (1993). *Contaminación del Aire por material Particulado.* Medellín- Colombia.
- Centro de Investigación Microbiológicas, Departamento de Ciencias Biológicas, Facultad de Ciencias. (2008). *efectos del Hidrostab sobre el medio ambiente.* Bogota -Colombia: Universidad de los Andes.
- Centro Regional de información sobre desastres. (2000). Vocabulario Controlado sobre desastres. San José.
- CEPIS. (1982). Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente.
- Definiciones abc.* (12 de marzo de 2016). Obtenido de : <http://www.definicionabc.com/salud/morbilidad.php>
- Departamento de Transportes de Wisconsin (DTW9, . (2013). Wisconsin EE.UU.
- Dockery, S. (1993-1994). Estudio Epidemiológico Exposición al material particulado.
- Don, N. (1998). Glosario de promoción de la Salud. Ginebra.
- Instituto de Higiene Ambiental S.A.S. (2006). *Estudio del Hidrostab.* Bogota-Colombia.
- Larsen, B. (2004). cost of Environmental Damage: A Socio- Economic and Environmental health Risk Assessment.

- M, R. R. (2002). *Informe Impacto Potencial de la Aplicación de Supresores de Polvo*. Nevada EE.UU: Universidad de Nevada y la Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.
- Manuel, G. L. (2015). Evaluación del Riesgo por Emisiones de partículas en Fuentes Estacionarias de Combustión . 7,8.
- Ministerio del Medio Ambiente. (08 de Febrero de 2016). Obtenido de <https://minambiente.gov.co/>
- Ministerio de Ambiente, V. y. (2010). Conpes 3344 " lineamientos para la formulacion de la politica de prevencion y control de la contaminacion del aire.
- Plichetti, G. C. (2009). Efectos del material Particulado (PM10,PM2,5) en el sistema cardiovascular.
- Rodriguez Milord D, C. A. (1995). Glosario de términos en salud Ambiental. En C. P. Salud.
- Vanegas, I. &. (2004). Concentracion de material particulado en aire.
- Wang, G. I. (2002). Exposición a partículas PM10, PM 2,5.
- Wark, K. &. (1990). *Inconvenientes del aire y humo de Londres*.

ANEXOS

ENCUESTA

Fecha: DD / MM / AAAA

Estimado habitante del Barrio Bosconia / Vereda Los Angelinos;

La presente encuesta está formulada para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación implementadas para el control del material particulado en la construcción de la PTAP Los Angelinos.

Responda SI o NO a las siguientes preguntas:

1. ¿Sufrió alguna afectación por la generación de material particulado ocasionado por las actividades del Proyecto?

SI NO

Si la respuesta es SI, ¿Cuál?: _____

2. ¿Considera usted que han sido efectivas las estrategias de seguridad vial (demarcaciones, señales, senderos, etc) para mejorar el bienestar de los habitantes del Barrio Bosconia y La Vereda los Angelinos?

SI NO

3. ¿Considera usted que los riegos de vía realizados con el carrotanque, disminuyeron la presencia de material particulado en el Barrio Bosconia y la Vereda Los Angelinos?

SI NO

4. ¿Considera usted que las jornadas de aseo y limpieza de vías adelantada en el Barrio Bosconia ayudaron a disminuir la presencia de material particulado?

SI NO

NOMBRE: _____

CEDULA: _____

DIRECCION: _____

ENCUESTA

Fecha: DD / MM / AAAA

Estimado colaborador del Proyecto de construcción de la PTAP Los Angelinos;

La presente encuesta está formulada para evaluar la efectividad de las medidas de mitigación, implementadas para el control del material particulado en la construcción de la PTAP Los Angelinos.

Responda SI o NO a las siguientes preguntas:

1. ¿Considera usted que han sido efectivas las estrategias de seguridad vial (demarcaciones, señales, senderos, etc) para mejorar el bienestar en el desarrollo del Proyecto?

SI NO

2. ¿Considera usted que los riegos de vía realizados con el carrotanque, disminuyeron la presencia de material particulado?

SI NO

3. ¿Utiliza usted mascarilla para material particulado, cuando se expone directamente al ambiente en el frente de obra?

SI NO

4. ¿Considera usted que las jornadas de aseo y limpieza de vías adelantada en el Barrio Bosconia y el frente de obra, ayudaron a disminuir la presencia de material particulado?

SI NO

NOMBRE: _____

CEDULA: _____

DIRECCION: _____