

Universidad de Costa Rica
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Civil

**Análisis y aplicación de una metodología para la selección de aditivos
químicos para el control de polvo en vías no pavimentadas: casos de
estudio rutas nacionales N° 749 y N° 901**

Proyecto de graduación

Que para obtener el grado de Licenciatura en Ingeniería Civil

Presenta:

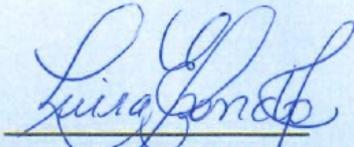
Allan David Guzmán Fallas

Directora del proyecto:

Inga. Ana Luisa Elizondo Salas M.Sc.

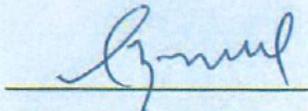
Ciudad Universitaria Rodrigo Facio

Hoja de aprobación



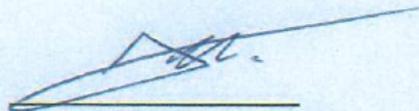
Inga. Ana Luisa Elizondo Salas M.Sc.

Directora



Ing. Alejandro Navas Carro, M.Sc.

Asesor



Allan David Guzmán Fallas

Sustentante

Derechos de propiedad intelectual

Fecha: 05/05/2021

El suscrito, **Allan David Guzmán Fallas**, cédula 1-1613-0033, estudiante de la carrera de Licenciatura en Ingeniería Civil de la Universidad de Costa Rica, con número de carné **B43221**, manifiesta que es autor del Proyecto Final de Graduación **Análisis y aplicación de una metodología para la selección de aditivos químicos para el control de polvo en vías no pavimentadas de Costa Rica**, bajo la Dirección de la **Inga. Ana Luisa Elizondo Salas**, quien en consecuencia tiene derechos compartidos sobre los resultados de esta investigación.

Asimismo, hago traspaso de los derechos de utilización del presente trabajo a la Universidad de Costa Rica, para fines académicos: docencia, investigación, acción social y divulgación.

Nota: De acuerdo con la Ley de Derechos de Autor y Derechos Conexos No 6683, Artículo 7 (versión actualizada el 02 de julio de 2001); “no podrá suprimirse el nombre del autor en las publicaciones o reproducciones, ni hacer en ellas interpolaciones, sin una conveniente distinción entre el texto original y las modificaciones o adiciones editoriales”. Además, el autor conserva el derecho moral sobre la obra, Artículo 13 de esta ley, por lo que es obligatorio citar la fuente de origen cuando se utilice información contenida en esta obra.

Dedicatoria

A mi mamá

A mi papá

A mi hermana mayor

Agradecimientos

A mi hermana mayor por el apoyo incondicional.

A Ana Luisa por todo el esfuerzo y dedicación que dio como mi directora de trabajo de graduación.

A todos mis amigos de la universidad por hacer de esta etapa una experiencia inolvidable.

A don Alejandro y al LanammeUCR por el apoyo brindado para lograr finiquitar el proyecto.

A las siguientes empresas por su ayuda durante el desarrollo de mi proyecto:

- Constructora MECO
- Constructora Herrera
- IAA
- Poligonal SA

Y en especial a las empresas Suelos Óptimos y Grupo SUR por la donación de los productos para la investigación.

Tabla de contenido

Capítulo 1. Introducción	1
1.1. Justificación.....	1
1.2. Antecedentes teóricos y prácticos del problema	3
1.3. Objetivo	5
1.4. Delimitación del problema	5
1.5. Descripción de la Metodología	6
Capítulo 2. Marco Teórico	14
2.1. Introducción.....	14
2.2. Conceptos y definiciones.....	14
2.3. Categorías de tratamientos	15
2.4. Disponibilidad de tratamientos en Costa Rica	30
2.5. Normativa	32
2.6. Técnicas de medición de polvo fugitivo.....	33
2.7. Granulometría para superficies de rodamiento	39
Capítulo 3. Programa experimental	43
3.1. Selección de rutas	43
3.2. Condiciones climáticas generales del país	44
3.3. Evaluación en la RN 749	47
3.4. Evaluación en la RN 901	61
Capítulo 4. Análisis de resultados	76
4.1. Control de material particulado (PM)	76
4.2. Costo del plan de tratamiento	76
Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones	78
5.1. Conclusiones	78
5.2. Recomendaciones.....	79
Referencias	81
Apéndices	A - 1
Apéndice A. Proceso detallado de selección de tratamientos	A - 1
Apéndice B. Características de tratamientos para control de polvo.....	B - 1
Apéndice C. Resultados de los ensayos de laboratorio.....	C - 1
Apéndice D. Información meteorológica zona de aplicación RN 901	D - 1
Apéndice E. Resultados de las mediciones de PM mediante el dispositivo DustMate ..	E - 1
Apéndice F. Datos técnicos de los productos colocados en la investigación	F - 1

Tabla de figuras

Figura 1. Diagrama de condiciones según iri	4
Figura 2. Esquema de la metodología del proyecto de graduación	8
Figura 3. Proceso de selección de tratamientos para el control de polvo	11
Figura 4. Perfil básico de una carretera no pavimentada	14
Figura 5. Generación de polvo fugitivo	15
Figura 6. Camino siendo tratado con agua.....	16
Figura 7. Camino siendo tratado con cloruro de calcio.....	18
Figura 8. Camino tratado con cloruro de magnesio	20
Figura 9. Camino tratado con glicerina	21
Figura 10. Camino tratado con lignosulfonato	22
Figura 11. Camino tratado con melaza de azúcar	23
Figura 12. Camino tratado con emulsión asfáltica	24
Figura 13. Camino tratado con resina del petróleo	25
Figura 14. Camino siendo tratado con fluidos sintéticos	26
Figura 15. Camino siendo tratado con emulsiones poliméricas sintéticas.....	27
Figura 16. Camino estabilizado con estabilizadores líquidos de alta acidez	29
Figura 17. Camino estabilizado con enzimas	29
Figura 18. Camino estabilizado con arcilla.....	30
Figura 19. Dispositivo para medición de contaminante por deposición	36
Figura 20. Diagrama de un dispositivo para medición de polvo de alto volumen (hi-vol.).....	37
Figura 21. Dispositivo para medición de polvo de alto volumen (hi-vol.) Semiautomático.....	38
Figura 22. Dispositivo para medición de polvo móvil	39
Figura 23. Especificaciones para capa de rodamiento por FHWA y USFS.....	40
Figura 24. Gráfica para la determinación del comportamiento esperado de la muestra sometida a pruebas granulométricas.	41
Figura 25. Intervalos de variación de la granulometría para materiales de base y de revestimiento de caminos y sus características de comportamiento.	42
Figura 26. Bandas granulométricas para bases, subbases y capas de rodamiento.	43
Figura 27. Mapa de ubicaciones de zonas de aplicación de aditivos	44
Figura 28. Mapa de precipitación anual media de Costa Rica	45
Figura 29. Mapa de temperatura anual media de Costa Rica	45

Figura 30. Mapa de días de lluvia anuales de Costa Rica	46
Figura 31. Mapa de horas de brillo solar diarias de Costa Rica	46
Figura 32. Mapa de la ubicación general del punto de aplicación sobre la RN 749	48
Figura 33. Mapa de la ubicación exacta del punto de aplicación sobre la RN 749.....	48
Figura 34. Fotografía del tramo antes de la aplicación del tratamiento contra polvo	49
Figura 35. Representación de los resultados de análisis granulométrico para la muestra de la RN 749	51
Figura 36. Comportamiento esperado para la muestra de la RN 749.....	52
Figura 37. Resumen de datos de la RN 749	54
Figura 38. Conformación de la superficie en la RN 749.....	56
Figura 39. Barra distribuidora con boquillas de salida plana	56
Figura 40. Bomba de gasolina de 2" / 158 gpm	57
Figura 41. Tanque de 1000 litros de producto a.....	57
Figura 42. Equipo completo armado y listo para la aplicación de producto a	57
Figura 43. Aplicación de producto a en la RN 749	58
Figura 44. Mapa de la zona de aplicación con los tramos de interés marcados en la RN 749	59
Figura 45. Boquilla de medición del dustmate.....	60
Figura 46. Gráfico de cantidad de material particulado por tamaño en la zona de tratamiento de la RN 749	61
Figura 47. Mapa de la ubicación general del punto de aplicación sobre la RN 749	61
Figura 48. Mapa de la ubicación exacta del punto de aplicación sobre la RN 749.....	62
Figura 49. Fotografía de la zona de aplicación en la RN 901	63
Figura 50. Representación de los resultados de análisis granulométrico para la muestra de la RN 901	65
Figura 51. Comportamiento esperado para la muestra de la RN 901	66
Figura 52. Resumen de datos de campo de la RN 901.....	68
Figura 53. Conformación de la superficie en la RN 901.....	69
Figura 54. Humedecimiento de la superficie en la RN 901	70
Figura 55. Aplicación de producto b en la RN 901	71
Figura 56. Mapa de la zona de aplicación con los tramos de interés marcados en la RN 901	72
Figura 57. Gráfico de cantidad de partículas en la zona de tratamiento de la RN 901	73

Tabla de cuadros

Cuadro 1. Disponibilidad de tratamientos en Costa Rica	31
Cuadro 2. Concentraciones máximas para contaminantes.....	32
Cuadro 3. Referencia para la evaluación visual del polvo en carretera.....	35
Cuadro 4. Características generales de la RN 749	49
Cuadro 5. Resultados del análisis granulométrico de la muestra de agregados obtenida en la RN 749	51
Cuadro 6. Características específicas de la RN 749	52
Cuadro 7. Resultado de puntuaciones para cada tratamiento para la RN 749	54
Cuadro 8. Resultados para mediciones en la RN 749 del 15/12/2020	61
Cuadro 9. Precios del tratamiento en la RN 749	62
Cuadro 10. Precios de la intervención en la RN 749 a cargo de constructora meco s.a.	60
Cuadro 11. Características generales de la RN 901.....	63
Cuadro 12. Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la RN 901	65
Cuadro 13. Características específicas de la RN 749	66
Cuadro 14. Resultado de puntuaciones para cada tratamiento para la RN 749	68
Cuadro 15. Resultados para mediciones en la RN 901 del 08/02/2021	73
Cuadro 16. Precios del tratamiento en la RN 901	74
Cuadro 17. Precios de la intervención en la RN 901	74
Cuadro 18. Comparación de costos de la RN 749 a cargo del contratista y Producto A	77
Cuadro 19. Comparación de costos en la RN 901 a cargo del contratista y Producto B	77

Guzmán Fallas, Allan David.

Análisis y aplicación de una metodología para la selección de aditivos químicos para el control de polvo en vías no pavimentadas de Costa Rica

Proyecto de graduación – Ingeniería Civil – San José, C.R.:

A. Guzmán F., 2021

x, 80, [133]h; ils. col. – 47 refs.

Resumen

El presente proyecto se realizó con el objetivo de analizar la efectividad y aplicabilidad en el país, de la metodología para seleccionar los aditivos químicos para el control de polvo propuesta por el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California, de manera que se analizó en sitios específicos de Costa Rica. Esto con el propósito de proveer una herramienta que facilite el proceso de selección de tratamientos de control de polvo considerando dicha metodología y las características específicas del sitio a tratar. Su importancia radica en la protección de los usuarios y vecinos de las carreteras o caminos no pavimentados, de los efectos del polvo fugitivo, así como la reducción de costos de conservación de este tipo de carreteras.

La presente investigación se desarrolló en tres fases, que se resumen en: una investigación bibliográfica exhaustiva de los tratamientos y métodos utilizados existentes; la intervención en sitio de dos carreteras con tratamientos de polvo seleccionados utilizando la metodología propuesta y la medición del polvo fugitivo y, el análisis de los resultados para determinar su eficiencia.

Los resultados muestran una reducción en la cantidad de partículas provocadas por la circulación un automóvil sobre una carretera de lastre. Además de calcular el costo aproximado de las intervenciones. Esto demuestra que la metodología propuesta por la UCPRC se puede aplicar en el país, sin embargo, se recomienda hacer algunas modificaciones con la finalidad de considerar parámetros propios de Costa Rica. A.G.

CONTROL DE POLVO, CONSERVACIÓN VIAL, POLVO FUGITIVO,

Inga. Ana Luisa Elizondo Salas - Escuela de Ingeniería Civil

Capítulo 1. Introducción

Esta investigación surge de la identificación de un problema técnico y social, asociado con la generación de polvo en dos rutas no pavimentadas de la Red Vial Nacional. De manera que, en este capítulo se plantea y delimita el problema específico, se justifica la importancia de este y los antecedentes teóricos y prácticos en el tema. Además se expone el objetivo perseguido en la investigación y se delimita el problema. Se muestra también la metodología general del proyecto.

1.1. Justificación

1.1.1. Problema específico

Toda carretera o camino no pavimentado tiende a generar polvo fugitivo en alguna medida. Existe una creciente preocupación en los usuarios, vecinos y autoridades por los efectos negativos del polvo fugitivo que generan este tipo de rutas, por lo que resulta necesario contar con tratamientos que logren reducir dichos efectos, esto de acuerdo con las condiciones específicas del sitio sin perjudicar el desempeño estructural y funcional del camino.

Entre las consecuencias del polvo fugitivo se destacan los problemas respiratorios y las alergias en personas y animales; la seguridad vial de los usuarios provocada por una visibilidad reducida por nubes de polvo y, la reducción en la productividad de cultivos ubicados en zonas cercanas a la carretera, esto entre otros aspectos.

Por otro lado, es importante considerar que la cantidad de material fino que se pierde por efecto del paso de vehículos, lluvia o vientos fuertes, altera las condiciones granulométricas de la capa de rodamiento afectando su desempeño por la aparición de deterioros como baches y deformaciones. Esta situación genera altos costos en la operación vehicular y en el mantenimiento o la rehabilitación de la vía.

El polvo es inherente a carreteras no pavimentadas y por esto la implementación de medidas de control y mitigación de este problema se torna primordial. Las partículas en el aire se pueden clasificar dependiendo de su diámetro aerodinámico que se define como el diámetro de una esfera hipotética de densidad 1 g/cm^3 que tenga la misma velocidad final debida a la fuerza gravitatoria en aire en calma, de la partícula bajo las condiciones existentes de temperatura,

presión y humedad relativa (Sousa R., 2018). Aquellas con una medida menor o igual a 10 μm se denominan PM_{10} , mientras que las $\text{PM}_{2.5}$ son aquellas con una medida menor o igual a 2,5 μm . A estos dos tamaños se les conoce como material particulado respirable, por su capacidad de penetrar en el sistema respiratorio de personas y animales.

Para optar por un tratamiento de control de polvo eficiente es necesario conocer las características específicas del sitio a tratar y de los diferentes tipos de tratamiento disponibles, para así tomar una decisión informada de la mejor opción para cada caso específico. En muchos casos este proceso de selección se pasa por alto y se utilizan procedimientos que pueden resultar contraproducentes o inadecuados, incurriendo en inversiones poco efectivas y por consiguiente no eficientes. Esto a su vez puede conllevar a que no se consideren los tratamientos disponibles y se opte por soluciones más drásticas como pavimentar la carretera; esta solución si bien es altamente efectiva porque se elimina el problema del polvo, puede resultar en un gasto innecesario de recursos si el camino no cuenta con el flujo de vehículos necesario para justificar la inversión.

1.1.2. Importancia

Para fomentar el desarrollo de un país es indispensable contar con una red vial con altos estándares estructurales y funcionales, tanto en la red pavimentada como en lastre. Las carreteras de lastre en Costa Rica son de gran importancia pues resultan claves para el crecimiento de diversos sectores como turismo, educación, ganadería, agricultura, servicios básicos entre otros.

En Costa Rica se cuenta con casi 40 000 km de carreteras, de las cuales 29 600 son no pavimentados; lo que corresponde aproximadamente a un 75 % de toda la red vial del país. La Red Vial Nacional a cargo del MOPT al 2016 tenía aproximadamente 7800 km de los cuales 2600 km eran no pavimentados, ya sea en lastre o tierra (MOPT, 2016). Con respecto a la Red Vial Cantonal a cargo de cada municipio, la cual tiene más dificultades para su medición, al 2011 se estimaban 32 000 km en total de los cuales 27 000 km corresponden a carreteras no pavimentadas (MOPT, 2011). Con los datos anteriores se puede enmarcar la importancia de contar con un buen sistema de conservación de las rutas de lastre.

El control de la emisión del polvo se centra en la protección de la salud tanto de los usuarios directos de la carretera como de los vecinos cercanos, de ahí que, disponer de una metodología para la escogencia de los aditivos, según las condiciones del sitio, resulta de suma importancia para asegurar una inversión eficiente de los recursos.

Al respecto, en el 2016 la Sala Constitucional de Costa Rica, mediante la resolución N° 07861 – 2016, declaró con lugar un recurso de amparo por los efectos del polvo en la salud de los vecinos del barrio El Cuadrante en el cantón de Siquirres, Limón. El polvo era producido por el paso de vehículos que transitaban en la carretera frente a las casas de los afectados. La Sala Constitucional obligó a la Municipalidad de Siquirres tomar medidas para asegurar la disminución de la emisión de polvo proveniente de la carretera, para lo cual se pavimentó este tramo de la carretera, sin evidencia de que haya realizado un análisis de costo/beneficio, para establecer la óptima alternativa (mejor técnicamente y más eficiente).

Expuesto todo lo anterior, queda justificada la importancia del proyecto, que radica en la búsqueda de un proceso estandarizado para la selección técnica de aditivos para el control de polvo, para el beneficio de usuarios directos e indirectos de las carreteras de lastre y con la finalidad de optimizar y garantizar una buena inversión en la intervención de rutas no pavimentadas.

1.2. Antecedentes teóricos y prácticos del problema

Respecto al control de polvo fugitivo en carreteras existe información abundante acerca de los diferentes tratamientos, de las características, usos, de las ventajas y desventajas de cada uno; sin embargo, respecto a la selección de un tratamiento específico dadas las condiciones del sitio no se han desarrollado considerables investigaciones.

El principal antecedente teórico en el aspecto de selección de tratamientos es la investigación realizada por Jones (2017) en el documento *Guía para la selección, especificación y aplicación de tratamientos químicos en carreteras no pavimentadas*, el cual propone una metodología para el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California, en Estados Unidos (UCPRC). En dicha metodología se toman aspectos clave en el desempeño de los tratamientos y se generan matrices de parámetros y puntajes con las cuales se pueden puntuar

los diferentes tipos de tratamientos y así tener una guía sobre cuáles son las mejores opciones dadas las condiciones específicas de cada caso.

Actualmente en Costa Rica no hay registro de tesis o proyectos de graduación que abarquen el tema de control de polvo ni de tratamientos con dicha función. El Laboratorio Nacional de Materiales y Modelos Estructurales de la Universidad de Costa Rica (LanammeUCR) ha realizado investigaciones y publicado boletines e informes técnicos respecto a métodos de control de polvo, así como de medición del polvo fugitivo.

Entre los principales aportes se encuentran el boletín técnico *EVALUACIÓN DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS POR MEDIO DEL RUGOSÍMETRO III* (Vargas Sobrado & Ulate Castillo, 2014) que abarca una forma de evaluación de caminos no pavimentados utilizando el Índice de Regularidad Internacional o IRI. En este se presenta una forma de clasificar los caminos por su rugosidad lo que permite una evaluación rápida y de bajo costo, pero poco precisa. Bajo condiciones de rugosidad baja o IRI bajo se supone que el comportamiento de la carretera sea excelente, por el contrario, cuando el IRI es alto se presentan malas condiciones para el rodamiento de los vehículos como se muestra en el siguiente diagrama tomado del boletín

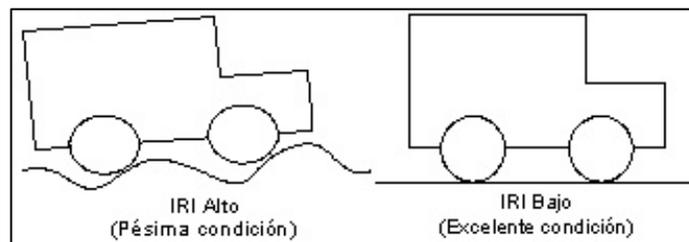


Figura 1. Diagrama de condiciones según IRI

Fuente: (Vargas Sobrado & Ulate Castillo, 2014)

En el boletín técnico llamado *CONTROL DE POLVO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS* (Ulate & Vargas, 2018) se presenta un resumen de métodos de tratamiento, así como la utilización de equipo para la medición del polvo fugitivo. En este caso los investigadores utilizaron un nefelómetro láser para cuantificar la cantidad de polvo que se levanta por el paso de un vehículo. Este mismo método fue el que se utilizó en esta investigación para la determinación del desempeño de los tratamientos aplicados.

Entre los principales documentos referentes a tratamientos específicos destaca el de *SELLO ASFÁLTICO CON EMULSIÓN DE ROMPIMIENTO LENTO* (LanammeUCR, 2016) donde se explica el uso de este tipo de sellos en carreteras no pavimentadas para el control de polvo y estabilización de la capa de rodamiento.

1.3. Objetivo

1.3.1. Objetivo general

Analizar la efectividad de la metodología propuesta por el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California, para seleccionar aditivos químicos para el control de polvo, al aplicarla en sitios específicos de Costa Rica.

1.3.2. Objetivos específicos

- Recopilar las características de tipos de tratamiento y procesos que se emplean a nivel nacional e internacional en el control de la propagación de polvo en carreteras con superficie granular.
- Analizar físicamente las muestras obtenidas en sitio, en las carreteras a intervenir, para la posterior selección del tipo de tratamiento a aplicar.
- Medir la cantidad de material particulado generado por un vehículo en movimiento mediante el nefelómetro láser DustMate, después de la aplicación de un tratamiento para control de polvo para medir su efectividad.
- Analizar los costos generales de cada intervención y su plan de conservación cuando aplique.

1.4. Delimitación del problema

1.4.1. Alcance

Se analizaron dos carreteras, ubicadas en diferentes zonas del país cuyas características resulten representativas de algunas zonas del país, pero distintas entre ellas en cuanto a condiciones climáticas, pendiente del terreno, tránsito promedio diario, entre otras.

A las carreteras se les aplicó un tratamiento para el control de polvo seleccionado mediante la metodología propuesta por el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California, a partir de las características de cada ruta evaluada.

El estudio se centra en los resultados de mediciones de material particulado y costos de los tratamientos, para ello se evaluó el desempeño de corto plazo de los tratamientos aplicados y se compararon los costos de las intervenciones aplicadas en relación con el tipo de intervención que el CONAVI estableció con el Contratista por medio de los contratos de mantenimiento.

1.4.2. Limitaciones

- Para la aplicación de tratamientos de control de polvo es necesario proveer condiciones de sitio controladas, por lo que se requiere ayuda de profesionales, y la coordinación con estos presentó una limitación de tiempo de realización del proyecto
- La evaluación del desempeño solo se realizó a corto plazo. Para aquellos casos donde el objetivo de tratamiento sea a largo plazo se propone su posterior evaluación por medio de otra investigación, para asegurar la continuidad del análisis.
- Por el alto costo de los tratamientos, solo se realizaron tramos de prueba en un sector de cada carretera ubicados en sitios de interés para aprovechar al máximo su beneficio, por ejemplo: frente a escuelas, clínicas de salud, asilos de ancianos, centros de nutrición, centros de culto, entre otros.
- La información de tránsito fue tomada de un inventario de la red vial nacional suministrada por el MOPT que data del 2016, de manera que no se cuenta con datos más actualizados.
- Para la selección del tratamiento, valorando en mercado, se tomaron en cuenta únicamente los tipos de tratamientos disponibles en el país, por un tema de mercado.

1.5. Descripción de la Metodología

La metodología seguida para la elaboración del proyecto se divide en tres etapas, la primera hace referencia a una fase teórica de la investigación bibliográfica, la segunda abarca toda la fase experimental y la última, se refiere a los resultados obtenidos de la investigación. En la Figura 2 se muestra un diagrama de todo el proceso.

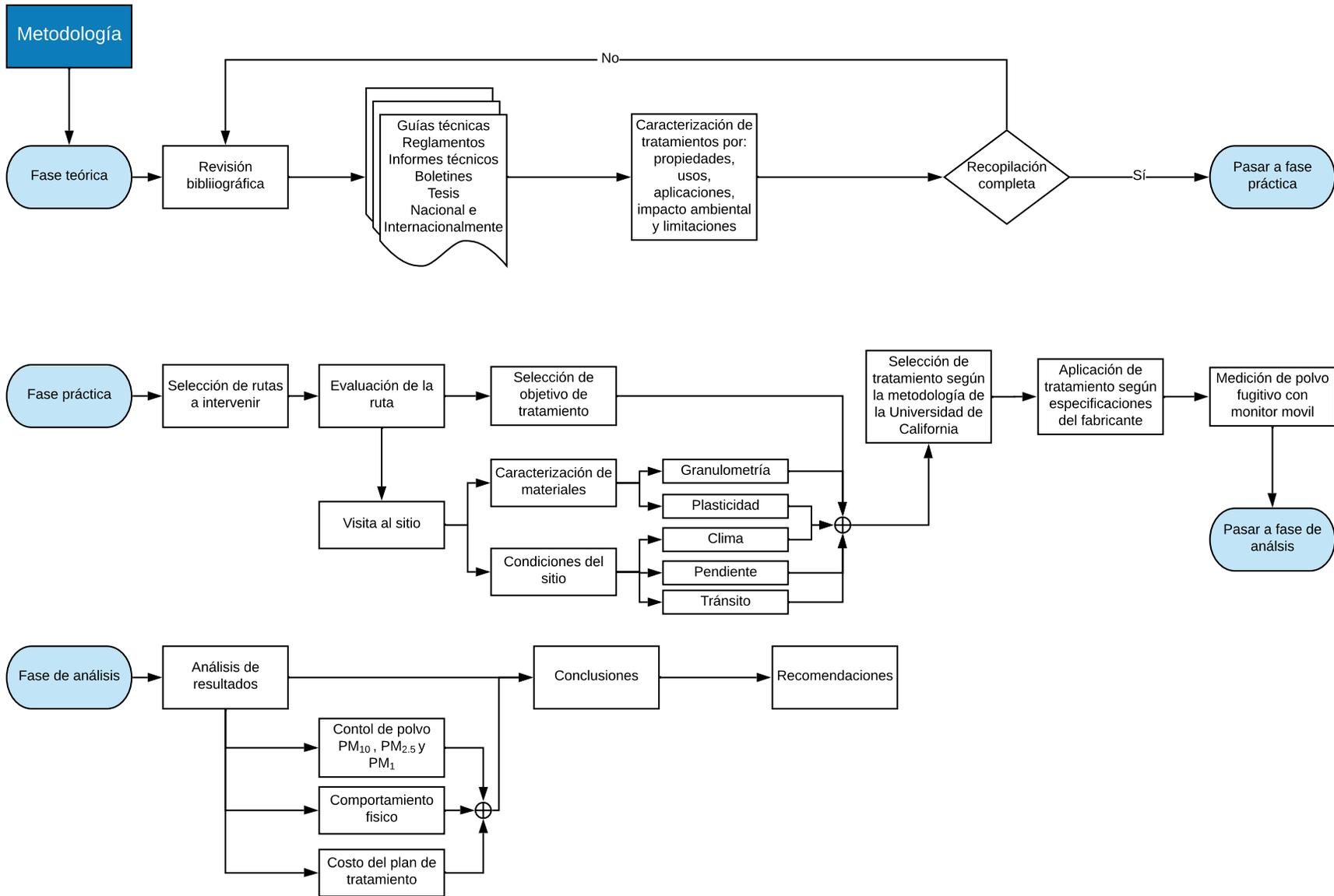


Figura 2. Esquema de la metodología del proyecto de graduación

1.5.1. Fase Teórica

Esta primera fase de la investigación se basó en la revisión de guías, reglamentos, normativa, informes de investigación, boletines y demás fuentes de información respecto al control de polvo en carreteras no pavimentadas. La revisión contiene información tanto de fuentes nacionales como internacionales.

Uno de los focos de la fase teórica fue la recolección de información acerca de las categorías y tipos de tratamientos existentes para el control de polvo, además se realizó una síntesis de la información más relevante para proveer de información a las partes interesadas en la gestión de mantenimiento vial: empresas constructoras, la Administración (MOPT y Municipalidades, así como futuros investigadores interesados en dar continuidad a este tipo de investigaciones.

La información obtenida en esta fase teórica se utilizará en la fase práctica para comparar los tratamientos y hacer la selección del más idóneo según sean el objetivo de la intervención y las condiciones de la ruta.

1.5.2. Fase Práctica

Se procedió a la selección de las carreteras nacionales en las que se desarrollaron los tratamientos antipolvo y su posterior evaluación. Para ello se tomó en cuenta que las carreteras se encontraran en proceso de rehabilitación o conservación para aprovechar la oportunidad de que las obras estaban en ejecución y se pudiera aplicar un tratamiento en uno de sus tramos. Esta parte del proyecto se realizó coordinando con los responsables de la ejecución del contrato por parte de la Administración, en este caso el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI. Además, que presentaran características distintas entre sí para valorar condiciones diferentes que permitieran elegir tratamientos distintos.

Para los diagnósticos de las condiciones de las rutas se recolectó información en campo, la cual comprende la obtención de una muestra de agregados que fueron caracterizados mediante pruebas normadas. Además información de la geometría básica de la carretera, clima y nivel de tránsito. Para la obtención de las muestras de agregados se siguió el procedimiento contenido en la norma ASTM D75-19. El muestreo se realizó en la fuente de agregados para cada ruta.

Las pruebas normadas y realizadas a la muestra de agregado son:

- INTE C49:2018 Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μm (N° 200) en agregados minerales. Método de ensayo (correspondiente con ASTM C117-17).
- INTE C46:2016 Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso. Método de ensayo (correspondiente con ASTM C136-14).
- ASTM D4318-17 Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

1.5.3. Proceso de selección de tratamiento según UCPRC

El proceso de selección planteado por Jones (2017) se estructura en siete pasos, como se muestran en la Figura 3.

En la etapa de evaluación preliminar de la ruta se realizan visitas al sitio y se establecen parámetros generales como, clima de la zona, geometría, tránsito, entre otros. Estos parámetros servirán más adelante para caracterizar la carretera y asignar puntuaciones por cada uno.

En la siguiente etapa que es el muestreo y pruebas de los materiales de la capa de rodamiento, si se va a aplicar en la capa existente, o del banco de agregados en caso de que se planea hacer un reemplazo. A la muestra se le hacen pruebas estándar para obtener una caracterización física o físico-mecánica de los agregados. Las pruebas más importantes de realizar son las de granulometría y plasticidad de la muestra.

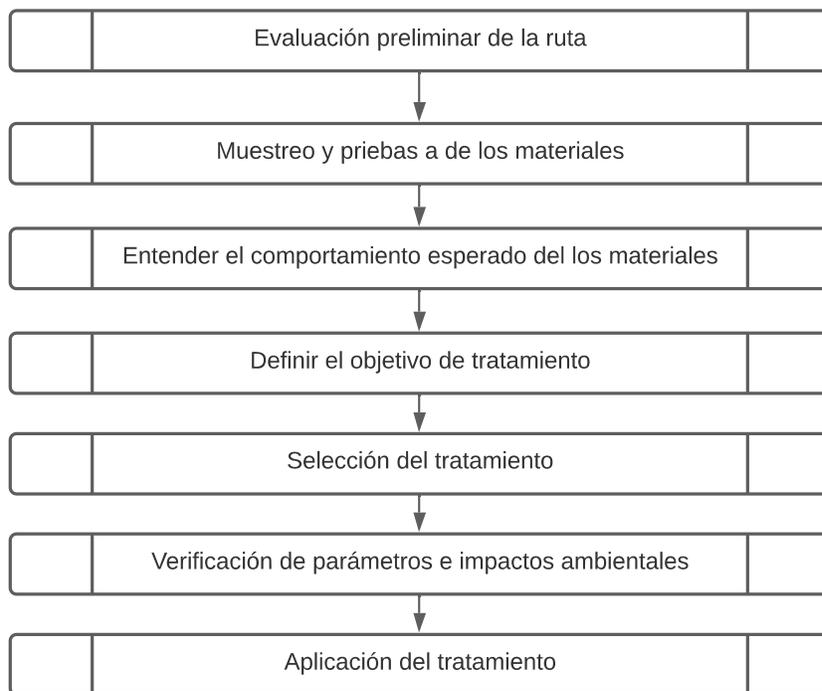


Figura 3. Proceso de selección de tratamientos para el control de polvo

Adaptado de: (Jones, 2017)

Con los resultados de la segunda etapa se procede a entender el comportamiento esperado de los materiales utilizando los cuadros de la anterior sección 2.7. Este paso es importante porque en caso de que los materiales a utilizar no cumplan con lo requerido se pueden hacer los ajustes necesarios antes de aplicar el tratamiento.

Una vez se tenga toda la información de partida se puede escoger el objetivo del tratamiento que se quiere aplicar. Se presentan cuatro opciones: Control de polvo de corto plazo (CPCP) – superficial; Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – superficial; Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – mezclado y Estabilización de largo plazo (ELP) – mezclado.

Seguidamente, una vez escogido el objetivo de tratamiento, se utiliza el proceso de cálculo descrito en el Apéndice A para la obtención de las puntuaciones para cada tratamiento. Con estas puntuaciones se pueden seleccionar o descartar algunos tratamientos para proceder con estudios de costos y demás factores que afecten la decisión final.

Por último, se procede a la aplicación del tratamiento. Se recomienda realizar un tramo de prueba para establecer los procesos constructivos y de aplicación que se van a seguir con el fin de asegurar la eficacia del tratamiento. Esta actividad normalmente involucra muchas partes, como los organismos de inspección, contratistas y proveedores del tratamiento.

Esta sección es un resumen del proceso completo de selección y aplicación de los tratamientos. En el Apéndice A se puede apreciar con detalle el proceso completo, el cual se siguió en esta investigación.

Una vez seleccionado el tratamiento a utilizar se procedió con su aplicación, siguiendo para ellos las especificaciones del fabricante o, de ser posible, procedimientos estandarizados regulados por normativa nacional, como el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010, para el caso de los estabilizadores de polvo.

Siguiendo con la fase práctica, se procedió con la medición cuantitativa del polvo fugitivo. Para esto existen diversos métodos y equipos disponibles en el mercado. El que se utilizó es un monitor móvil, que funciona mediante un nefelómetro láser denominado DustMate (ver Figura 22) desarrollado por Turnkey Instruments Ltd. capaz de medir con rapidez el material particulado respirable (PM_{10} , $PM_{2,5}$ y PM_1).

1.5.4. Fase de Análisis

Esta última fase se centra en el análisis de los resultados obtenidos de las dos fases anteriores, tanto de la información teórica como de las pruebas realizadas. Específicamente se analizan los resultados del DustMate para material particulado después de la aplicación de los tratamientos, así como, los costos de un plan de conservación con aplicación de los tratamientos para control de polvo y sin ellos.

Se realizaron cuadros comparativos de los tratamientos utilizados, así como de la eficacia de estos relativa a la cantidad de partículas obtenidas en la medición. Así mismo el análisis de costos se presenta en forma general por medio de un cuadro con el desglose y costo de cada

actividad para realizar una comparación entre lo contratado por CONAVI y lo aplicado en la investigación, para determinar el tratamiento óptimo con el análisis de costo beneficio.

Por último, se redactaron las conclusiones de cara a los objetivos planteados, relacionadas con el análisis de los resultados y la investigación bibliográfica y se plantean recomendaciones para futuras investigaciones.

Capítulo 2. Marco Teórico

Las carreteras no pavimentadas son aquellas cuya superficie de rodamiento puede ser de material granular (lastre) o estar compuesta por tierra mayoritariamente, que no están constituidas por pavimentos flexibles o rígidos, de ahí que, con el paso del tránsito tienden con facilidad producir polvo en épocas de verano.

2.1. Introducción

En primera instancia, para mayor claridad, se debe indicar que una estructura de pavimento en lastre debe estar constituida al menos por dos capas granulares, una es la subbase con la capacidad estructural requerida, según la demanda de tránsito y la otra, una capa superior de rodadura que funciona como una capa de desgaste que, además, distribuye las cargas de tránsito hacia la capa de subbase (ver Figura 4). La subrasante generalmente está compuesta de un material fino como limos o arcillas que pertenecen a procesos geológicos o pueden haber sido colocados ahí con el propósito de funcionar como base para la carretera.



Figura 4. Perfil básico de una carretera no pavimentada

En Costa Rica, muchas veces se pasa por alto este perfil básico y se utilizan subbases o bases como superficies de rodamiento expuestas. Situación que, a largo plazo, repercute negativamente en el desempeño de la carretera y en la duración de los trabajos que se realizan para el mejoramiento, práctica que no garantiza una inversión eficiente.

2.2. Conceptos y definiciones

El fenómeno de emisión de polvo fugitivo consiste en la liberación a la atmósfera del polvo presente en un campo abierto (Barnes & Connor, 2014). La generación del polvo libre presente en el camino puede tener varias causas, entre ellas destacan: el rompimiento de los agregados por el peso de los vehículos; el esfuerzo cortante en el interfaz agregado – llanta; el

levantamiento de partículas depositadas en el camino provenientes de otras fuentes; entre otras causas. Estos efectos se muestran la Figura 5.

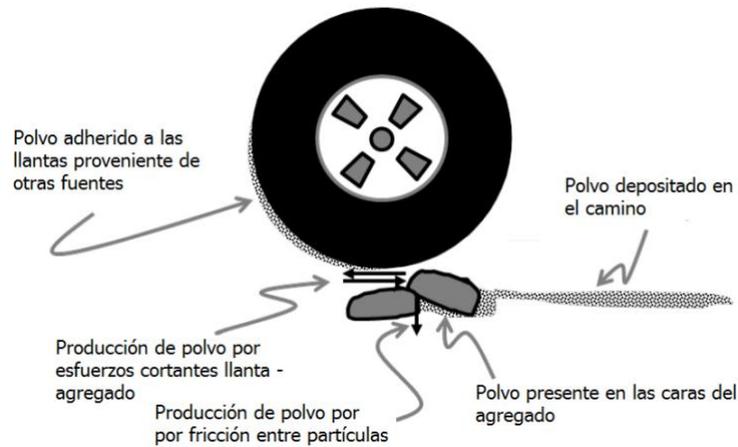


Figura 5. Generación de polvo fugitivo

Fuente: Adaptado de (Barnes & Connor, 2014)

Una vez generado el polvo y depositado en el camino, por alguna de las causas antes mencionadas, se pueden presentar tres procesos que permiten su elevación desde la superficie hacia la atmósfera. El primer proceso es por el movimiento de las llantas de los vehículos en contacto con la superficie; el segundo proceso consiste en los efectos de viento que genera el paso de los vehículos, creando remolinos que tienen el suficiente empuje como para elevar las partículas del suelo; y por último el efecto del choque de partículas entre sí, que consecuentemente se elevan y se suspenden en el aire por cierto tiempo.

2.3. Categorías de tratamientos

Los tratamientos de control de polvo tienen como objetivo principal la disminución del polvo que pueda convertirse en polvo fugitivo. Esto lo consiguen de diversas formas, dependiendo del tipo de tratamiento a utilizar, mismos que se clasifican en siete categorías (Jones, 2017), todos con características, usos y limitaciones diferentes. Las categorías son:

- Agua y agua con aglomerantes

El agua probablemente es el reductor de polvo más conocido en el mundo. La eficiencia de este tipo de tratamiento depende directamente de la temperatura, las propiedades de los materiales (como absorción y capacidad de drenaje) y la humedad relativa.

El problema principal del agua como tratamiento contra el polvo radica en el tiempo de acción, que es muy bajo, por lo que conlleva a la necesidad de mantener maquinaria dedicada exclusivamente a esta actividad, por lo que el agua resulta la peor opción en la relación de costo – efectividad. Además de la relación mencionada, el uso prolongado de agua como mitigador de polvo ha resultado históricamente perjudicial para la capa de rodamiento, generando en ella baches y corrugaciones que comprometen su función.

También vale la pena mencionar que el agua si bien no es un recurso cuyo precio sea alto en Costa Rica, en los años en los que se han enfrentado bajos niveles de lluvia, utilizar agua en esta actividad es mal visto porque atenta contra el uso eficiente y responsable de los recursos naturales. En la Figura 6 se muestra un camión aplicando agua en un camino.



Figura 6. Camino siendo tratado con agua

Fuente: (PCQ, 2020)

- Absorsores de agua

Entre los tipos de tratamiento más utilizados en el mundo destacan los absorsores de agua, especialmente las sales como el cloruro de calcio, el cloruro de magnesio y el cloruro de sodio, esta última en menor medida. Su uso se basa en la capacidad higroscópica de las sales, la cual es la facultad que tienen para absorber pequeñas cantidades de humedad del medio en el que se encuentran y mantener esa humedad almacenada lo que genera el amarre que se busca en la matriz de agregados (Bolander & Yamada, 1999).

La aplicación de las sales, en especial de CaCl_2 y MgCl_2 se puede hacer tanto tópicamente, con una capa directamente sobre la superficie, como mezclado con los agregados mediante procesos mecánicos. El tipo de aplicación va a depender del fin principal del tratamiento. Una de las principales ventajas del uso de absorbentes de agua es que el mantenimiento es fácil y las dosis de rejuvenecimiento del tratamiento son menores que las usadas en las primeras aplicaciones (Brown & Haliburton, 1984).

Las sales tienen un bajo impacto ambiental, siendo el mayor problema la modificación de concentración de sales en las aguas de escorrentía que llegan a cuerpos de agua dulce, por lo que se recomienda la aplicación en zonas donde no exista mucha escorrentía.

Una de las principales limitaciones de las sales higroscópicas es la necesidad de una humedad relativa mínima, en el caso específico de Costa Rica estos niveles se alcanzan en prácticamente todo el país lo que conlleva a las sales a ser una opción para considerar para tratamientos.

– Cloruro de calcio (CaCl_2)

El cloruro de calcio se clasifica como una sal, se puede obtener de forma natural o como un producto secundario de la producción de carbonato de sodio (Na_2CO_3). Comercialmente se puede obtener en tres presentaciones: líquido con concentraciones entre 28 % y 42 %, en hojuelas donde la concentración es mayor al 75 % y en bellotas con concentraciones que rondan el 95 %; dependiendo del objetivo del tratamiento se puede recomendar una presentación sobre las otras.

Los tipos de aplicaciones que se utilizan con este tratamiento es mediante rociadores superficialmente o mediante mezclado, siendo el mezclado el que presenta los mejores resultados. Al utilizar rociadores se recomienda aplicarlo en varias capas ligeras para mejorar el rendimiento.

Las tasas de aplicación para las hojuelas y su equivalente en bellotas son de 1,0 lb/m^2 a 1.5 lb/m^2 para carreteras que se estén tratando por primera vez y de 0,5 lb/m^2 to 1 lb/m^2 para rejuvenecimiento (Brown & Haliburton, 1984)

Como limitaciones adicionales a la humedad relativa mínima, están la corrosión que puede provocar en los vehículos que transitan por las carreteras tratadas por ser ligeramente corrosivo al aluminio y sus aleaciones; y que no se recomienda para regiones con precipitación anual mayor a 800 mm por año porque tiende a lavarse y perder efectividad (Brown & Haliburton, 1984).

Una observación importante es que se desempeña mejor que el cloruro de magnesio cuando existe alta humedad relativa, pero no así en temporadas secas de larga duración. Además, que a mayor temperatura la humedad relativa mínima disminuye. En la Figura 7 se puede observar un camino siendo tratado con cloruro de calcio.

Al respecto, en la subsección 306.04 del *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010* se especifica el uso de una disolución de cloruro de calcio con una concentración mínima del 36 por ciento. Cuando se utilicen virutas de cloruro de calcio, se deben suministrar virutas con un porcentaje de pureza mínimo de 77 por ciento. (MOPT, 2010). Por otro lado, en la subsección 725.02 *Cloruro de calcio y cloruro de magnesio* se especifica que el cloruro de calcio para el control de polvo deberá estar de acuerdo con la norma AASHTO M 144 tipo S para el grado y clase especificados.



Figura 7. Camino siendo tratado con cloruro de calcio

Fuente: (PCQ, 2020)

– Cloruro de Magnesio (MgCl₂)

El cloruro de magnesio es considerado una sal. La principal fuente para su obtención es mediante la evaporación de cuerpos de agua salada. La presentación más común es en líquido y es la única que se comercializa para el tratamiento de carreteras, con una concentración típica entre 28 % y 33 % en agua.

La humedad relativa mínima necesaria para su efectividad es de 30 % independientemente de la temperatura externa, lo que lo hace una mejor opción que el cloruro de calcio en algunas situaciones. Además de la absorción de la humedad en el ambiente, tiene la capacidad de incrementar la tensión superficial del agua entre las partículas ayudando a desacelerar la evaporación y ayuda a compactar durante el secado.

Los tipos de aplicaciones que se utilizan con este tratamiento es mediante rociadores superficialmente. Al igual que con el cloruro de calcio al utilizar rociadores se recomienda aplicarlo en varias capas ligeras para mejorar el rendimiento. En la Figura 8 se puede observar un camino tratado con cloruro de magnesio.

En la subsección 306.04 del *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010* se especifica que, cuando se utilice una solución de cloruro de magnesio, se debe proveer una concentración mínima del 28 por ciento. (MOPT, 2010).

Mientras que en la subsección *725.02 Cloruro de calcio y cloruro de magnesio* se especifica que el cloruro de magnesio. Deberá usarse de acuerdo con lo siguiente:

- Cloruro de magnesio por peso 28 % al 35 %
- Agua por peso 65 % al 72 %
- Gravedad específica, ASTM D 1298 1290 a 1330



Figura 8. Camino tratado con cloruro de magnesio

Fuente: (LIPLATa, 2013)

- Orgánicos no derivados del petróleo

La mayoría de los tratamientos en esta categoría son derivados de las industrias que se dedican al procesamiento de todo tipo de cultivos. La composición del producto va a depender directamente del tipo de cultivo que se utilice para generarlo. En su mayoría funcionan como un tipo de pegamento entre los agregados gruesos y los agregados finos de la matriz, lo que prevé la pérdida de finos y los problemas asociados. Esta categoría se divide a su vez en las siguientes subcategorías (Bolander & Yamada, 1999):

- Glicerina

La glicerina es un subproducto obtenido de la fabricación de aceite vegetal, pero también es posible obtenerlo de la fabricación de biocombustibles lo cual le da una ventaja ambiental. Tiene la capacidad de retener humedad lo que ayuda a mantener la matriz humectada y por consiguiente aglomerada. En algunos casos se puede aplicar la glicerina en conjunto con otras categorías con el fin de potenciar el efecto.

La dosificación es líquida, por lo que por lo general se aplica con rociadores en la superficie de rodamiento. Tiene la particularidad que tiene mayor penetración si se aplica a altas temperaturas. Al ser un subproducto proveniente de alimentos reciclados puede presentar un olor desagradable.

Una de las principales limitaciones de la glicerina como tratamiento para control de polvo es que tiende a lavarse durante periodos prolongados de lluvia, por lo que no se recomienda para zonas muy lluviosas. Por otra parte, al ser un derivado la composición química tiende a ser muy variable lo que puede afectar el desempeño del tratamiento. En la Figura 9 se puede observar un camino tratado con glicerina.



Figura 9. Camino tratado con glicerina

Fuente: (FHWA, 2017)

– Lignina

La lignina es un derivado de la producción papelera y de la extracción de pulpa de algunos cultivos. La lignina al ser un subproducto de dichos procesos, su composición va a estar directamente relacionada con los químicos que se utilicen. Entre los químicos que se utilizan resaltan el calcio, amonio y sodio. La principal característica que afecta el funcionamiento de la lignina como tratamiento contra el polvo es el porcentaje de concentración en la solución resultante.

La dosificación es de manera líquida o en polvo. En el Manual de Especificaciones generales para la Construcción de Carreteras, Caminos y Puentes CR-2010, se especifica que cuando se aplique en polvo se debe tener un 50 % de sólidos secos y se debe diluir con una proporción 1:1 en agua. En estado líquido se debe aplicar con una concentración mínima de 25 % residual (MOPT, 2010). La lignina y las sales higroscópicas son los únicos tipos de tratamientos que están normados en Costa Rica.

El funcionamiento del tratamiento está dado por la adhesión de los carbohidratos complejos a las partículas del camino, lo que las hace mantenerse unidas. Esto tiene como ventaja que mantiene la eficiencia durante largos periodos de sequía con baja humedad.

Al igual que los demás tratamientos orgánicos no derivados del petróleo, tiene la peculiaridad que la composición está directamente relacionado con el proceso de extracción y el nivel de refinamiento que se utilice.

Entre las principales limitaciones destacan que se recomienda para superficies de rodamiento con un contenido de finos mayor al 8 %, además de que puede ser corrosivo y que otros mercados con mayor relevancia pueden afectar la disponibilidad del producto. En la Figura 10 se puede observar un camino siendo tratado con cloruro de lignosulfonato.



Figura 10. Camino tratado con lignosulfonato

Fuente: (Desert Mountain Corporation, n.d.)

– Melazas

La melaza es un derivado de la producción y el refinamiento de azúcar. La efectividad de este tipo de tratamiento radica en los procedimientos que se utilicen para el refinamiento y en la cantidad y complejidad de los azúcares en la melaza después del proceso. Normalmente este tipo de tratamientos se limitan a lugares cercanos a las refinerías y son recomendados para caminos con bajo tránsito.

La dosificación es líquida donde las concentraciones dependen del refinamiento de los azúcares. Normalmente se aplica diluido en agua por medio de rociadores en la capa superficial de rodamiento.

Tiene un periodo de efectividad limitado porque al ser más diluible en agua que otros compuestos orgánicos tiende a lavarse con facilidad. Cuando el contenido de finos de la capa de rodamiento es mayor a 20 % se puede tornar resbalosa la superficie. Al contener azúcares es posible que atraiga animales a la carretera lo que puede ser contraproducente en materia de seguridad vial. En la Figura 11 se puede observar un camino en Costa Rica tratado con melaza de azúcar.



Figura 11. Camino tratado con melaza de azúcar

Fuente: (TheWorld, 2015)

- Orgánicos derivados del petróleo

Este tipo de tratamientos al ser mezclados en una capa de rodamiento de una carretera no pavimentada generan un efecto cementicio que ayuda a mejorar la estabilización y reducir la pérdida de finos en la capa. Cuando son utilizados para control de polvo requieren rejuvenecimiento normalmente de forma anual.

Al trabajar con fluidos derivados del petróleo es necesario tener una especial precaución en temas de derrames y control de estos. Otro aspecto que tomar en cuenta es que al ser derivados del petróleo es necesario tomar en cuenta el precio fluctuante del crudo, que puede

elevant los costos de las intervenciones. Esta categoría se divide a su vez en las siguientes subcategorías:

– Emulsión asfáltica

El uso de la emulsión asfáltica como tratamiento de control de polvo es bastante común y se ha utilizado en Costa Rica (ver Figura 12) Los tipos de asfalto utilizados normalmente son de rompimiento lento. Las emulsiones asfálticas requieren un tiempo más prolongado que otros tratamientos para permitir el tránsito.

La preservación de finos y el control de polvo se logra mediante la aglomeración de las partículas unas con otras. Usualmente se forma una capa rígida en la superficie que impide que se pueda hacer mantenimiento convencional con motoniveladora.

Cuando se coloca mezclada con las capas de rodadura se produce un efecto de conservación de finos y estabilización de la capa. Tienen una efectividad mayor en capas de rodadura más arenosas que en aquellas que contengan más arcillas.



Figura 12. Camino tratado con emulsión asfáltica

Fuente: (CONAVI, 2015)

– Aceites básicos o minerales

Estos aceites son producidos durante el proceso de refinamiento de crudo de petróleo. Al ser aceite son insolubles en agua, pero la lluvia puede llegar a desplazarlos si se aplican en una

carretera. Son efectivos en el control y preservación de finos, además son fáciles de rejuvenecer mediante procedimientos sencillos para lograr la reactivación.

Tiene la ventaja que puede permanecer activo aun cuando se presenten largos periodos de sequía lo cual lo hace recomendable para zonas más áridas y secas.

– Resina del petróleo

Los tratamientos que utilizan resina del petróleo son una mezcla de la resina con otros elementos como agua, emulsificadores, aglomerantes entre otros. No son muy utilizados debido a que a la resina se le puede dar otros usos en los que el mercado es más competitivo y por ende es difícil de conseguir para este fin. Los principales objetivos que se busca con la resina del petróleo es la estabilización que permite el tránsito durante todo el año por la carretera. En la Figura 12 se puede observar un camino tratado con resina del petróleo.

Tiene la capacidad de aumentar la resistencia a cortante del suelo cuando se aplica mediante mezclado con la capa superficial. Además, se puede nivelar el terreno de nuevo sin perder la efectividad del tratamiento.

Al ser un derivado del petróleo es necesario tomar en cuenta el cuidado en el manejo y almacenamiento del producto por los problemas ambientales potenciales por derrames.



Figura 13. Camino tratado con resina del petróleo

Fuente: (Barnes & Connor, 2014)

– Fluidos sintéticos

Los fluidos sintéticos tienen un comportamiento similar a los aceites básicos, pero la principal diferencia es que el proceso de obtención es más refinado, lo que los hace más caros, pero a la vez menos ambientalmente dañinos.

Fueron desarrollados específicamente para la preservación de finos y el control de polvo por lo que tienen a abarcar más casos de uso. Funcionan mediante la aglomeración de las partículas mediante procesos cohesivos entre ellas, sin tener efecto en la resistencia de la capa de rodamiento. Se le puede dar mantenimiento a la carretera sin pérdida de la efectividad del tratamiento. En la Figura 14 se puede observar un camino siendo tratado con fluidos sintéticos.

Usualmente se aplican con rociadores superficiales, pero también es posible aplicarlos mediante mezclado con la capa superior. Los procesos de rejuvenecimiento del tratamiento requieren entre un 50 % y 70 % de la dosificación inicial. Se recomienda que las primeras aplicaciones se hagan después de terminada la época de mayor precipitación en la zona.

Ambientalmente tienen la particularidad que para ser categorizados como sintéticos tienen que cumplir con criterios de toxicidad y biodegradabilidad que los hacen menos perjudiciales (Brakel, 2011).



Figura 14. Camino siendo tratado con fluidos sintéticos

Fuente: (Brakel, 2011)

- Emulsiones poliméricas sintéticas

Este tipo de productos incluyen, pero no están limitados a, acrilatos, acetatos y emulsiones de co-polímeros de estireno. Generalmente son producidos para su uso en tratamientos de carreteras no pavimentadas específicamente, pero en algunos casos se pueden obtener de industrias como pintura y adhesivos.

Las cadenas poliméricas sintéticas son termoplásticas por naturaleza, lo que genera una unión flexible entre las partículas de la capa de agregados. Para el uso en carreteras se acostumbra a su aplicación por medio de mezclado con la capa de rodamiento, aunque también es posible aplicarlos de forma tópica en la superficie de la carretera, pero con menor efectividad. Cuando se aplica por medio de mezclado funcionan tanto para control de polvo y preservación de finos como para estabilización (FHWA, 2015).

Al formarse una capa rígida en la superficie tratada se dificulta darle mantenimiento a la carretera sin perjudicar el funcionamiento del tratamiento. En la figura 14 se puede observar un siendo camino tratado con emulsiones poliméricas sintéticas.



Figura 15. Camino siendo tratado con emulsiones poliméricas sintéticas

Fuente: (FHWA, 2017)

- Estabilizadores líquidos concentrados

El uso y la clasificación de los estabilizadores depende en gran medida de su composición y los mecanismos de estabilización que generan. Suelen ser utilizados para la estabilización de suelos y subcapas de estructuras de pavimento.

Funcionan mediante uniones electromecánicas y/o enzimáticas que crean una resistencia al agua de los materiales, así previniendo la pérdida de finos por desplazamiento y lavado. Este tipo de tratamientos son específicos para la estabilización, teniendo como efecto secundario la preservación de finos, por lo que no son tan efectivos en este aspecto.

Se presentan como líquidos concentrados, esto reduce el costo de transporte, por lo que resultan muy atractivos para colocar en lugares remotos o de difícil acceso. Además, teóricamente las reacciones que se generan en la aplicación son permanentes por lo que no requieren rejuvenecimientos del tratamiento.

No obstante, lo anterior, una de las limitaciones de este tipo de tratamientos es que solo se pueden aplicar mediante mezclado con la capa superficial, lo cual incide en un aumento del costo y dificultad en aplicación cuando se compara con los métodos que permiten ser aplicados mediante rociadores.

Al existir gran cantidad de estabilizadores es difícil realizar una clasificación. Una categorización aceptada es por nivel de acidez, como se muestra en las siguientes subcategorías:

- Estabilizadores líquidos concentrados de alta acidez

Los estabilizadores líquidos concentrados de alta acidez, también conocidos como aditivos electromecánicos o estabilizadores iónicos se basan en las reacciones del intercambio de iones para lograr los resultados esperados. Los estabilizadores son capaces de acomodar, desplazar y reemplazar cationes en las arcillas para mantener los materiales en la matriz (ver Figura 16)



Figura 16. Camino estabilizado con estabilizadores líquidos de alta acidez

Fuente: (FHWA, 2017)

– Estabilizadores líquidos concentrados de baja acidez

La mayoría de los tratamientos con estabilizadores líquidos concentrados son emulsiones enzimáticas que contienen moléculas proteínicas que disminuyen la tensión superficial del agua y se catalizan mediante reacciones químicas con moléculas del suelo para generar una unión cementicia que estabiliza la matriz y reduce la afinidad de los materiales con el agua (ver Figura 17).

Normalmente este tipo de tratamientos son recomendados para granulometrías con altos porcentajes de finos, igual o mayor al 20 % pasando la malla N° 200 ASTM para trabajar efectivamente.

La aplicabilidad depende de las características de la arcilla, siendo la principal característica la mineralogía.



Figura 17. Camino estabilizado con enzimas

Fuente: (FHWA, 2017)

- Estabilización con arcilla

La estabilización con arcilla es un proceso mediante el cual se estabiliza una capa con bajo contenido de finos o con plasticidades muy bajas, mediante la mezcla de la capa con una mezcla arcillosa. (ver Figura 18) Si bien la arcilla retiene algunas de las partículas finas de la matriz, no se puede considerar un supresor de polvo debido a que es insuficiente su desempeño en este aspecto (Jones, 2017).



Figura 18. Camino estabilizado con arcilla

Fuente: (Claycrete Global, n.d.)

2.4. Disponibilidad de tratamientos en Costa Rica

La clasificación anterior muestra las categorías de tratamientos disponibles a nivel global. En Costa Rica algunos de los tratamientos anteriormente indicados, no están disponibles principalmente por problemas de mercado y con menor oferta, aquellos que son producidos industrialmente. Al no existir un mercado activo para tratamientos de control de polvo las empresas prescinden de importarlos al país, lo que limita las posibilidades para pruebas y aplicaciones.

De los tipos de tratamientos que sí están disponibles en el país, la mayoría no cuentan con pruebas de laboratorio para conocer su composición química, esto debido a que estos tratamientos son derivados de otras industrias. Como por ejemplo la lignina que como se mencionó anteriormente es considerada un subproducto en el proceso de producción de papel, o la melaza que es un derivado de los procesos de producción de azúcar.

También se debe tomar en cuenta que muchas veces los productos no se encuentran disponibles en las zonas cercanas a donde se propone utilizarlos, esto tiene un efecto directo en los costos, ya que se debe considerar el transporte y la manipulación de los tratamientos. Según una búsqueda de tratamientos realizada como parte de esta investigación, se determinó que los tratamientos disponibles en el país se muestran en el Cuadro 1. Solo se tomaron en cuenta para la selección los disponibles en el país.

Cuadro 1. Disponibilidad de tratamientos para control de polvo en Costa Rica

Disponibilidad	Tratamiento
Disponible	Agua
	Agua con surfactantes
	Cloruro de calcio
	Cloruro de magnesio
	Cloruro de sodio (sal)
	Glicerina
	Lignosulfonato
	Melazas / Azúcar
	Aceite vegetal
	Emulsión asfáltica
	Aceites base y minerales
	Resina del petróleo
	Fluidos sintéticos
	Acetato de polivinilo, polivinilo acrílico, clorato de polivinilo
Estabilización mecánica - Bentonita o arcilla	
No disponible	Aceite de resina
No aplicable	Estabilizadores líquidos - Alta acidez
	Estabilizadores líquidos- Baja acidez/ enzimas

2.5. Normativa

En Costa Rica la normativa que regula la calidad del aire es el Reglamento de Calidad del Aire para Contaminantes Criterio (2016), el cual estipula la cantidad máxima de concentración que puede haber en el aire para un determinado periodo. Este reglamento establece en el Artículo 7 las concentraciones máximas para contaminantes, específicamente la regulación para material particulado respirable (PM₁₀ y PM_{2.5}) que se resume en el Cuadro 2.

Cuadro 2. Concentraciones máximas para contaminantes

Contaminante	Tipo de estándar	Valor de referencia	Tiempo promedio
Partículas con diámetros menores a 2,5 µm (PM _{2,5})	Primario	15 mg/m ³	Anual
	Secundario	15 mg/m ³	Anual
	Primario / Secundario	35 mg/m ³	24 horas
Partículas con diámetros menores a 10 µm (PM ₁₀)	Primario	30 mg/m ³	Anual
	Secundario	40 mg/m ³	Anual
	Primario / Secundario	100 mg/m ³	24 horas

Fuente: Decreto Ejecutivo N° 39951-S, 2016

Por la parte de normativa de control de polvo en proyectos viales se tiene como referencia el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010 (MOPT, 2010). En relación con el control de polvo en construcción de carreteras y caminos la referencia más importante son las secciones *Sección 306.) Estabilizador de polvo;* *Sección 158.) Aplicación de agua para control del polvo y Sección 507.) Control de polvo.*

En la descripción de la Sección 306 del CR-2010 se establece que *"Este trabajo consiste en el suministro y la colocación de una o más aplicaciones de un estabilizador de polvo sobre una superficie preparada."* para lo cual se proponen entre los materiales posibles para la utilización:

- Cloruro de calcio
- Virutas de cloruro de calcio
- Emulsión asfáltica
- Revestimiento sulfonado
- Cloruro de magnesio

- Agua

En dicha sección se especifican las calidades de cada uno de los tipos de tratamiento para su utilización, además se indica que se debe entregar un certificado comercial para cada envío que incluya: la fecha, el número de identificación (camión o remolque), masa neta y marca. Para los estabilizadores de polvo líquidos que no son derivados del petróleo se debe presentar también el volumen neto y la gravedad específica a 15 °C, el porcentaje de sólidos por masa y el pH. Para los estabilizadores de polvo sólidos se debe presentar también la concentración del producto.

Por su parte en la Sección 158 del CR.2010 se propone la utilización de agua como paliativo para el control de polvo provocado por trabajos y tránsito de vehículos de manera temporal. Como se mencionó anteriormente el uso de agua para el control de polvo es una práctica poco eficiente desde el punto de vista de la disminución del polvo y del costo que genera.

En la Sección 507 del CR-2010 se establecen los parámetros de aplicación de aditivos para control de polvo, como por ejemplo en que situaciones es necesario el uso. Pero se establece que para la aplicación se proceda según lo establecido en la Sección 306. Además, en la Sección 507 solo se muestran como posibles tratamientos el cloruro de calcio, el cloruro de magnesio y la emulsión asfáltica.

2.6. Técnicas de medición de polvo fugitivo

Estimar la cantidad de polvo fugitivo es primordial para el desarrollo de estrategias con el fin de reducir las concentraciones de polvo. En el caso de esta investigación, se torna fundamental para evaluar la efectividad a corto plazo del uso de tratamientos en las carreteras y así realizar comparaciones entre tratamientos a utilizar.

Para determinar la efectividad en el control de polvo de un tratamiento en carretera es necesario realizar mediciones antes y después de la aplicación de dicho tratamiento o realizar mediciones en zonas no tratadas que se encuentren antes y después del tramo. Estas mediciones normalmente se cuantifican en $\mu\text{g}/\text{m}^3$ o en partículas por cm^3 . Para realizar esas mediciones existen diferentes tipos de enfoques, entre los que destacan la evaluación visual,

por deposición, monitoreo fijo continuo o semicontinuo y por medio de monitores móviles (Environmental Monitoring Solutions, n.d.).

2.6.1. Evaluación visual

La evaluación visual consiste en la capacidad del ojo humano en detectar el contraste entre las un objeto y sus alrededores. Por ejemplo, en el caso del polvo una buena técnica es usar un objeto estacionario como referencia, puede ser un árbol o una señal de tránsito, esto con el fin de poder comparar las imágenes antes y después del paso de los vehículos y cuanto polvo se puede diferenciar.

Con este método de la evaluación visual, la principal limitación es la subjetividad de las mediciones, tanto por las diferencias en las capacidades oculares de las personas, como en su percepción de las cantidades de polvo. Por estas características es que normalmente se crean tablas visuales de comparación, para que cualquier persona con pueda tener referencias establecidas de las cantidades de polvo.

Las caracterizaciones visuales son útiles como un método primario para la determinación de problemas con polvo fugitivo en las carreteras, pero son poco precisas e inexactas. Por lo que se pueden utilizar instrumentos especializados para determinar el contenido de material particulado en el aire para aumentar la precisión y la exactitud comparado con el método visual.

En el Cuadro 3 se puede observar una representación fotográfica de un camión pasando por una zona de control a 40 km/h y de las diferentes cantidades de polvo que se presentan en una carretera no pavimentada, acompañadas de una descripción cualitativa del polvo y un factor de intensidad de la nube de polvo.

Cuadro 3. Referencia para la evaluación visual del polvo en carretera

Fotografías de referencia de polvo	Nivel de polvo ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ aproximados para PM10)	Descripción cualitativa
	< 3500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Factor de intensidad de polvo = 1	Mínima cantidad de polvo
	(3500 a 23 500) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Factor de intensidad de polvo = 2	Polvo apenas visible detrás del vehículo
	(33 500 a 45 000) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Factor de intensidad de polvo = 3	Polvo visible, pero sin molestia para el conductor en el sentido contrario, buena visibilidad
	(45 000 a 57 500) $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Factor de intensidad de polvo = 4	Notable cantidad de polvo, visibilidad apenas aceptable. Es peligroso realizar adelantamientos
	> 57 500 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ Factor de intensidad de polvo = 5	Cantidad significativa de polvo. Visibilidad casi nula. No es posible realizar adelantamientos

Fuente: (McHattie, Dust Control Field Guide for Gravel Driving Surfaces, 2015)

2.6.1. Evaluación por deposición o pasivos

Las evaluaciones pasivas ofrecen una manera sencilla y económica de evaluar la calidad del aire en un área. Se basan en el principio de absorción molecular (ver Figura 19). Permiten recolectar una muestra, integrada en un periodo definido que por lo general es de una semana a un mes, por difusión molecular en un material absorbente, específico para cada contaminante. El bajo costo de cada muestreador permite desplegarlos en grandes números en un área de interés. Es muy útil cuando se trata de identificar lugares críticos, cerca de vías de alto tráfico o de áreas industriales, donde estudios más detallados pueden ser necesarios (MAVDT, 2010).

Para obtener el mayor provecho de esta técnica se necesita una cuidadosa planeación de las mediciones y mucha atención al control y aseguramiento de calidad al proceso de análisis de muestras en el laboratorio. Los métodos de medición integral como los muestreadores pasivos, aunque en esencia limitados por su baja resolución temporal, son adecuados para evaluar la exposición a largo plazo y muy útiles para los estudios de diagnóstico y diseño de SVCAs, por su poca demanda de recursos operativos y su bajo costo. Pese a lo anterior, como los muestreadores pasivos, se han trabajado bajo diferentes condiciones culturales, climáticas y geográficas, se requiere que antes de ser utilizados en estudios a gran escala, sea necesario efectuar ajustes menores al muestreador o al protocolo de muestreo, especialmente, cuando las condiciones difieren de aquellas bajo las cuales el muestreador fue inicialmente diseñado y probado. (MAVDT, 2010).



Figura 19. Dispositivo para medición de contaminante por deposición

Fuente: (MAVDT, 2010)

2.6.2. Monitoreo fijo continuo o semicontinuo

Estos equipos arrastran aire ambiente a una velocidad de flujo constante hacia una entrada de forma especial, donde el material particulado se separa por inercia en una o más fracciones, dentro del intervalo de tamaño de PM10. Cada fracción dentro del intervalo de tamaño de PM10 se recolecta en un filtro separado en un periodo de muestreo específico. Cada filtro se pesa, antes y después de usarlo, para determinar el peso neto (masa) ganado debido al PM10 colectado. El volumen total de aire muestreado se determina a partir de la velocidad de flujo medida y el tiempo de muestreo. La concentración másica de PM10 en el aire ambiente, se calcula como la masa total de partículas recolectadas en el intervalo de tamaño de PM10 dividido por el volumen de aire muestreado y se expresa en $\mu\text{g}/\text{m}^3$. En la Figura 20 se muestra un ejemplo de un dispositivo de monitoreo fijo.

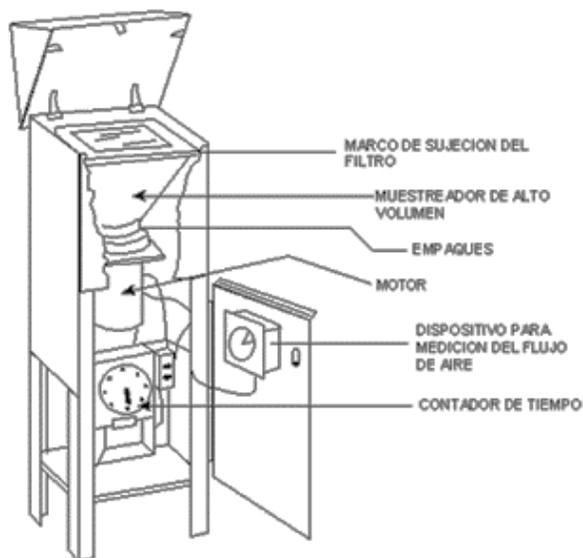


Figura 20. Diagrama de un dispositivo para medición de polvo de alto volumen (hi-vol.)

Fuente: (ARCINIÉGAS-SUÁREZ, 2011)

Para este tipo de monitoreos también existen equipos semiautomáticos como el mostrado en la Figura 21. Son muestreadores activos a los que se les han incorporado sistemas electrónicos para mejorar la calidad y despejar la incertidumbre en las mediciones, Al igual que los muestreadores activos manuales, necesitan de análisis posterior de la muestra. Algunas de sus características son:

- Interfaz para adquisición de variables atmosféricas y de flujo.

- Capacidad para medir diferentes contaminantes (PST, PM10, PM2.5 y PM1) cambiando el cabezal o el sistema de impacción.
- Capacidad de muestrear varios días cambiando automáticamente los filtros.



Figura 21. Dispositivo para medición de polvo de alto volumen (hi-vol.) Semiautomático
Fuente: (MAVDT, 2010)

2.6.3. Monitores móviles

Existen varios métodos de medición de material particulado portátiles o móviles. Entre los principales destacan los nefelómetros de luz láser como el que se muestra en Figura 22. Estos se basan en la capacidad de los dispositivos de captar la reflectancia de la luz en las partículas. Un nefelómetro es un sensor óptico que utiliza dispersión de la luz de la materia en partículas para proporcionar una medición continua en tiempo real de la masa de partículas del aire. La fuente de luz es un diodo de láser visible y la luz dispersada se mide en el ángulo cercano hacia adelante usando óptica de enfoque y un fotodiodo.

El nefelómetro tiene un sensor de temperatura de a bordo que corrige la deriva térmica, un filtro de aire para mantener la óptica limpia, la corrección automática de la deriva de la línea de base y un sistema de chequeo de fibra óptica para proporcionar una comprobación de los componentes ópticos.



Figura 22. Dispositivo para medición de polvo móvil
Fuente: (Environmental Monitoring Solutions, n.d.)

2.7. Granulometría para superficies de rodamiento

En Costa Rica, como ya se mencionó, el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010 es el que rige la gestión vial del país. Con respecto a granulometrías y superficies de rodamiento existe una ambigüedad, que en muchos casos termina perjudicando a los usuarios de las carreteras al utilizarse materiales como superficie de ruedo que no están diseñados con tal fin.

El uso de materiales inadecuados en las carreteras no pavimentadas es la principal causa del deterioro prematuro, niveles altos de polvo, o que la carretera presente condiciones peligrosas como que se torne resbalosa o se formen baches.

Las bases y subbases que se utilizan para la construcción de carreteras pavimentadas tienen como fin primordial servir de sostén para las capas superficiales, las cuales en los casos de asfaltos o concreto tienen una resistencia específica establecida para fuerzas cortantes y están diseñadas para soportar cargas, no así las capas de base y subbase, es por eso por lo que es

incorrecto pensar que las especificaciones para bases y subbases funcionan como capa superficial en una carretera de lastre.

Una vez aclarado que las especificaciones para capas de base y subbase no son recomendadas para la utilización como capa expuesta de rodamiento, es necesario establecer parámetros para las capas de rodamiento. Existen varias especificaciones recomendadas por agencias internacionales como las mostradas en la Figura 23.

Parámetro		Especificación Según FHWA			Guías del FHWA y USFS	
Tamaño de malla		Límites	Tolerancia	FHWA	USFS	
US	mm				Superficial	Uso general
1	25	100	--	100	97 - 100	100
3/4	19	97 - 100	--	90 - 100	76- 89	97 - 100
Nº 4	4.75	41 - 71	± 7	50 - 78	43 - 53	51 - 63
Nº 8	2.36	--	--	37 - 67	23 - 32	28 - 39
Nº 40	0.425	12 - 28	±5	13 - 35	15 - 26	19 - 27
Nº 200	0.075	9 - 16	±4	4 - 15	10 - 16	10 - 16
Índice de plasticidad		8	±4	4 - 12	2 - 9 si pasando Nº 200 es <12% <2 si pasando Nº 200 es >12%	

Figura 23. Especificaciones para capa de rodamiento por FHWA y USFS

Fuente: (Jones, 2017)

Como las de la Figura 23 existen algunas otras recomendaciones de especificaciones, por lo que se podría tornar confuso la decisión cuál es "correcta" y cuál no. Por este motivo, se tienen dos formas de analizar los resultados específicos de una carretera y determinar el comportamiento esperado.

La primera se basa en el cálculo de dos parámetros adicionales y la proyección de estos parámetros en un gráfico. Estos parámetros son el coeficiente de gradación (C_G) y al producto de contracción (P_C). El cálculo de cada uno se explica a continuación:

$$C_G = ((\%P_{25\text{ mm}} - \%P_{2.36\text{ mm}}) \times \%P_{4.75\text{ mm}}) / 100$$

$$P_C = (IP \times 0,5) \times \%P_{0,425\text{ mm}}$$

Donde $\%P$ es el porcentaje pasando por la malla de ese diámetro e IP es el índice de plasticidad de la muestra.

Una vez determinados esos parámetros se utiliza la Figura 24 para establecer el comportamiento esperado de la muestra. Como se observa en la figura se establecen cinco zonas posibles, siendo la E la más deseada.

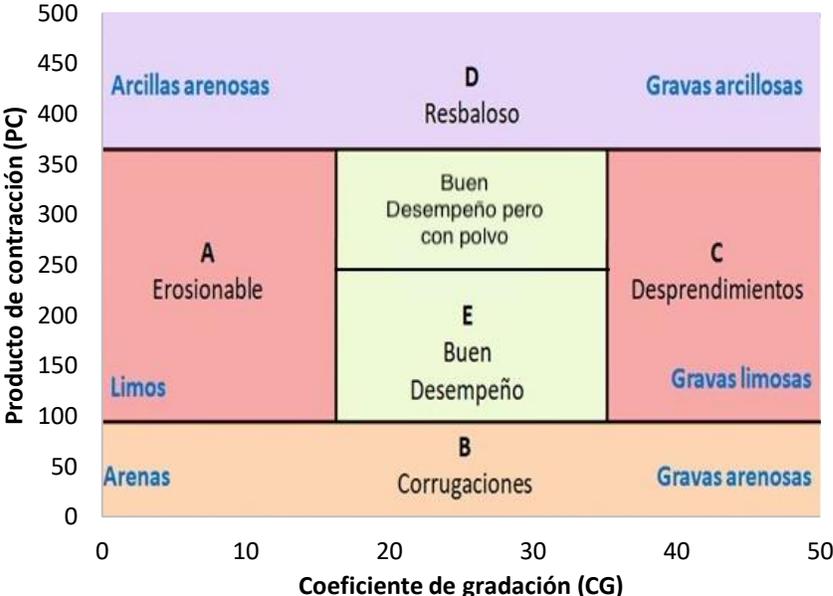
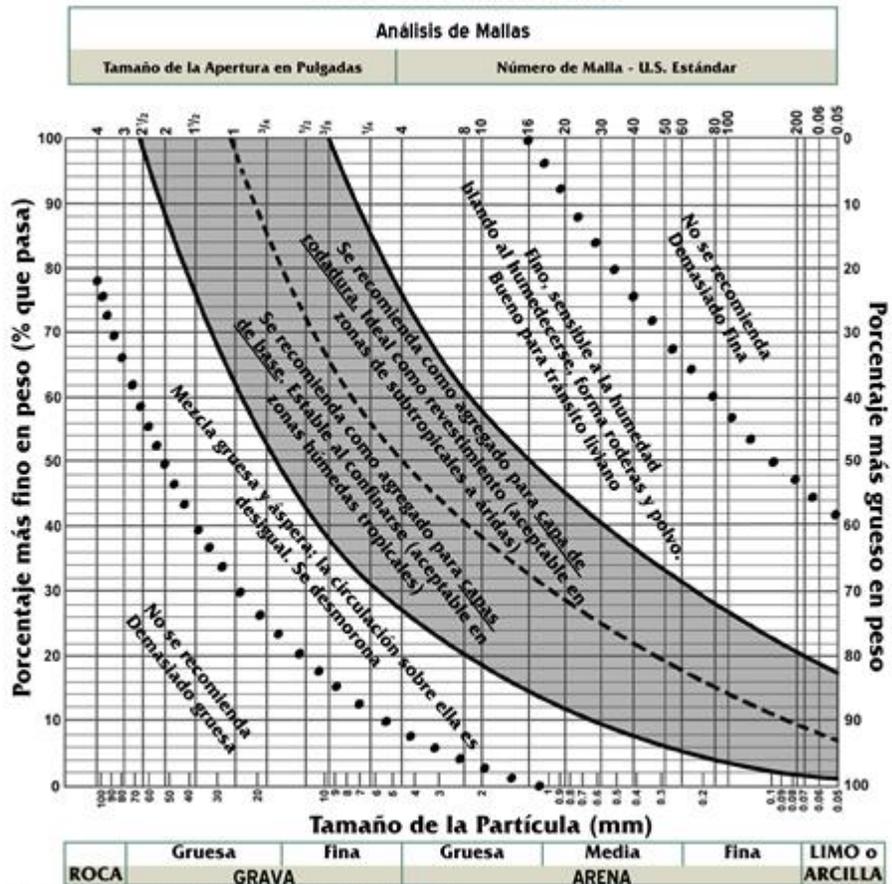


Figura 24. Gráfica para la determinación del comportamiento esperado de la muestra sometida a pruebas granulométricas.

El otro método de análisis de resultados se basa en la utilización de la curva de gradación de la Figura 25. Este método toma como insumo la curva granulométrica generada por la muestra y sobreponiéndola en la Figura 25 para establecer el comportamiento esperado para la muestra.

La zona oscura de la gráfica muestra la parte donde se espera el mejor comportamiento de la superficie de rodamiento, haciendo una separación entre comportamientos esperados para zonas semi-trópicas a áridas, y zonas tropicales a húmedas.



NOTA: Los intervalos de variación de la granulometría son aproximados.

Figura 25. Intervalos de variación de la granulometría para materiales de base y de revestimiento de caminos y sus características de comportamiento.

Fuente: (Keller & Sherar, Chapter 12 Roadway Materials and Material Sources, 2003)

Con respecto a la granulometría propuesta en el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010, en la Figura 26 se muestra un resumen de las diferentes especificaciones. La TM-50a corresponde a subbase; la TM-50b, TM-50c, TM-40c y la TM-25 corresponden a bases y la TM-40a y la TM40b corresponden a superficies de rodamiento.

Tamiz	TM-50a	TM-50b	TM-50c	TM-40a	TM-40b	TM-40c	TM-25
50	100	100	100				
40	-	70-100	-	100	100	100	
25	55-100	55-85	70-100	70-100	80-100	80-100	100
20	-	45-75	60-90	50-80	-	-	70-100
10	30-75	35-65	40-75	25-50	50-80	50-80	50-80
5	20-65	25-55	30-60	10-30	35-65	35-65	35-65
2,5	-	-	-	5-15	-	-	-
2	10-50	15-45	15-45	-	25-50	25-50	25-50
0,2	5-30	5-25	10-30	0-5	10-30	15-30	10-30
0,08	0-20	0-10	0-15	0-3	5-15	5-20	0-15

Figura 26. Bandas granulométricas para bases, subbases y capas de rodamiento.

Fuente: (MOPT, 2010)

Para esta investigación se utilizó el método de análisis que requiere los cálculos de C_G y P_C , los cuales se muestran en la siguiente sección.

Capítulo 3. Programa experimental

En este capítulo se desarrolla la parte práctica y de campo de la investigación, iniciando con la selección de las rutas, la caracterización de estas y posteriormente las intervenciones realizadas con los tratamientos aplicados.

3.1. Selección de rutas

Para la selección de las rutas se consideró que estuvieran alejadas entre ellas con el fin de contar con condiciones generales distintas, especialmente el clima. Las carreteras seleccionadas fueron las Rutas Nacionales (RN) N° 749 y N° 901. La RN 749 se ubica en la zona norte de la provincia de Alajuela y la RN 901 en la península de Nicoya como se puede observar en la Figura 27.

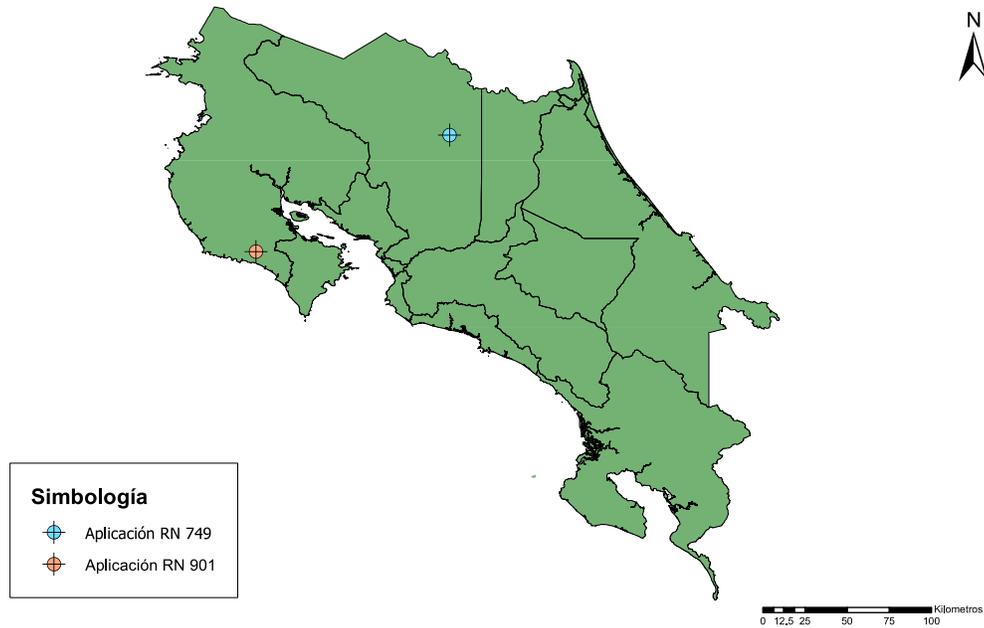


Figura 27. Mapa de ubicaciones de zonas de aplicación de aditivos

Las rutas fueron seleccionadas con la premisa de que se estuvieran desarrollando obras de rehabilitación o conservación por parte del conavi a través de contratistas.

3.2. Condiciones climáticas generales del país

Como parte de la metodología de selección es necesario escoger la clasificación del clima en la zona de aplicación de los tratamientos. Por esto es necesario realizar estudio de las condiciones generales como precipitación anual, temperatura, días de lluvia al año y horas de brillo solar diarias. En las siguientes figuras se muestran los mapas de esos parámetros respectivamente.

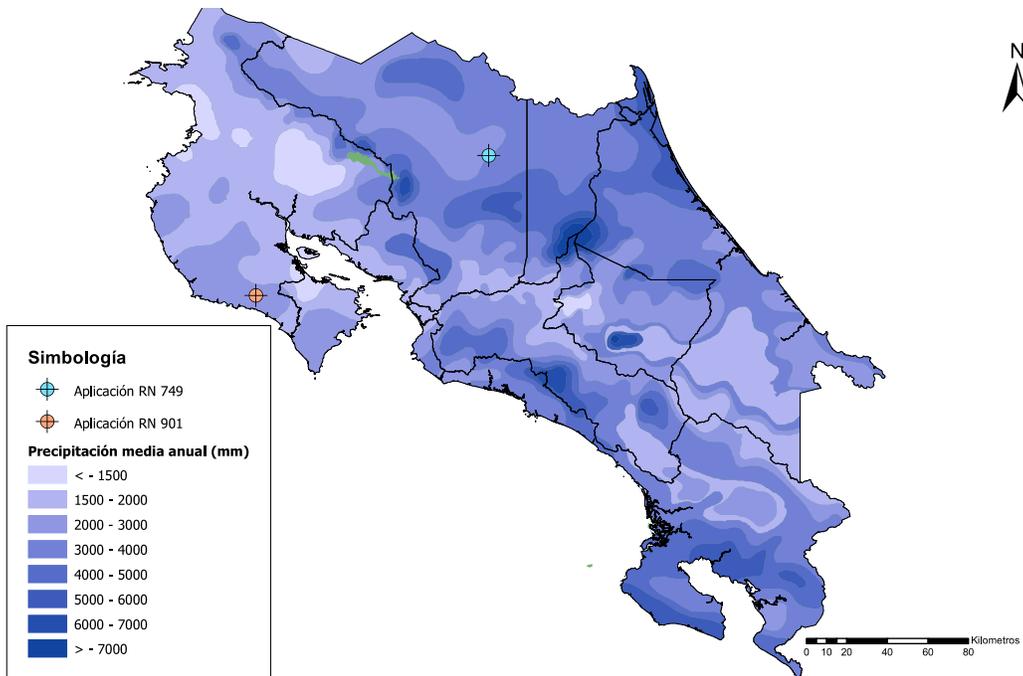


Figura 28. Mapa de precipitación anual media de Costa Rica

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

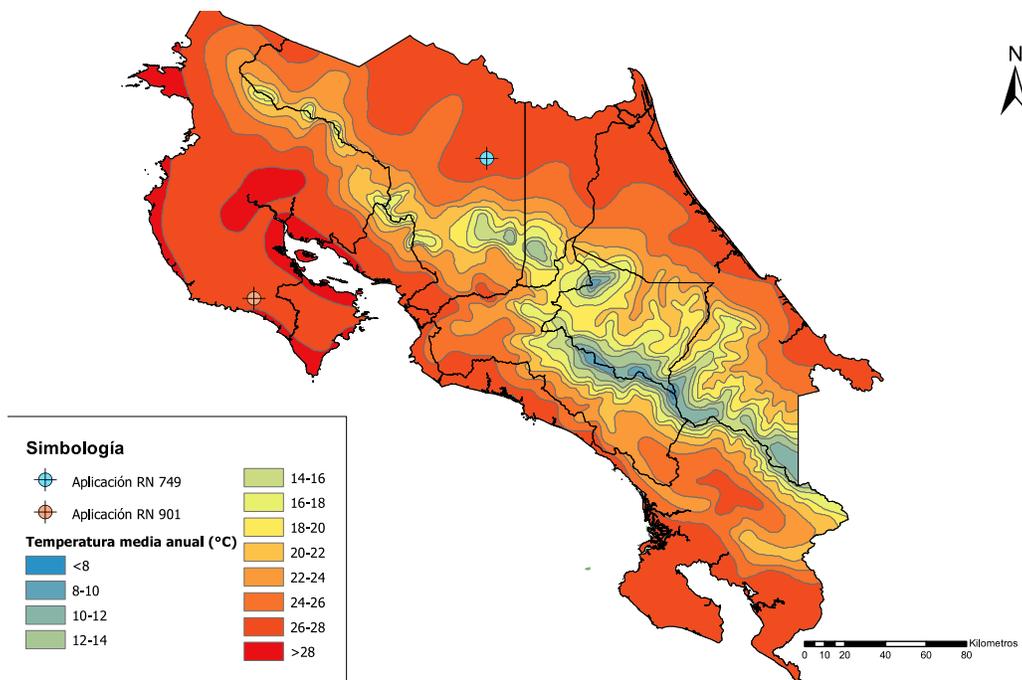


Figura 29. Mapa de temperatura anual media de Costa Rica

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

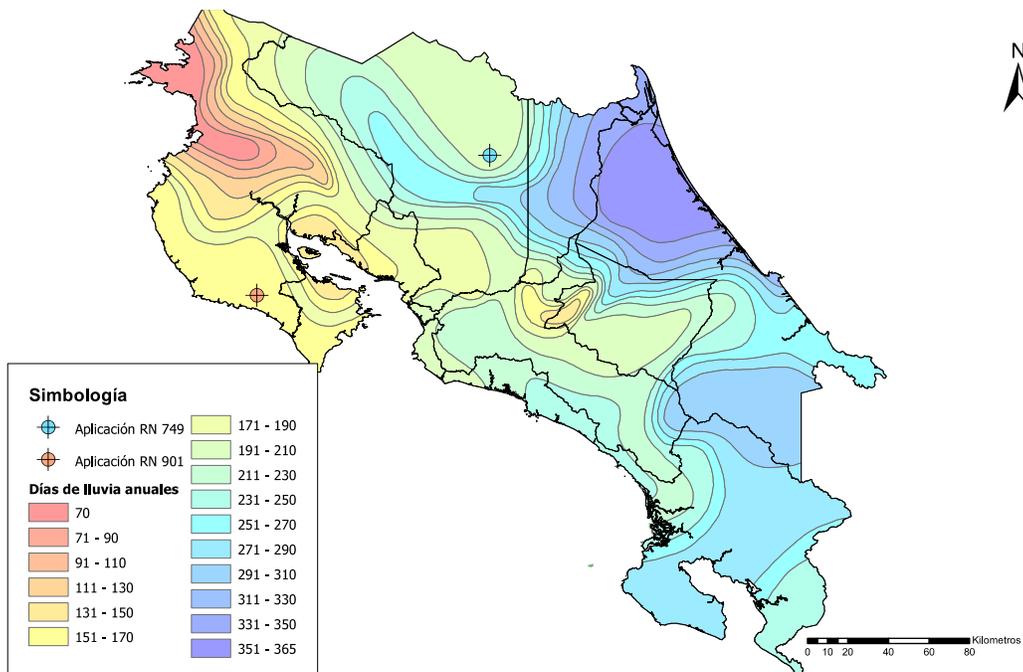


Figura 30. Mapa de días de lluvia anuales de Costa Rica

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

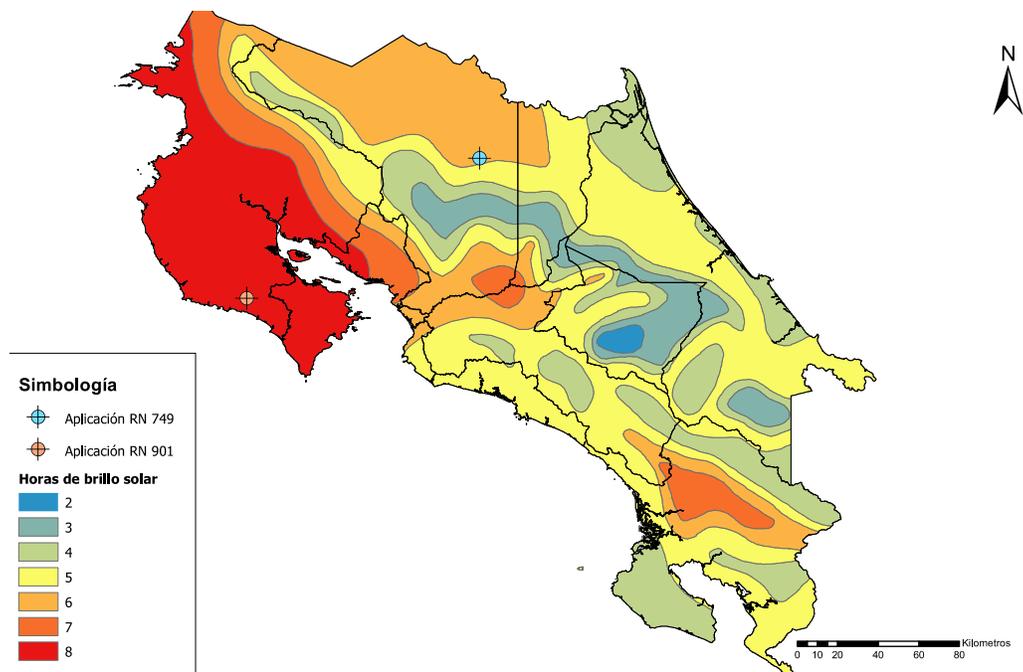


Figura 31. Mapa de horas de brillo solar diarias de Costa Rica

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

Como se observa en la Figura 28 Costa Rica es un país con precipitaciones de medias a altas en todo el territorio. Específicamente en las zonas donde se aplicaron los tratamientos, ambas se ubican en una zona dentro de la categoría de 2000 mm a 3000 mm de precipitación anual, considerada entre las más secas del país.

En la Figura 29 se puede observar que las zonas norte y oeste del territorio nacional presentan temperaturas elevadas, que en combinación con el factor de la baja precipitación promueve la formación de polvo. Además, cabe destacar que las dos zonas de aplicación caen en la misma categorización de 24 ° C a 26 ° C.

El mapa de la Figura 30 muestra la distribución de días de lluvia a lo largo del territorio, siendo las zonas este y sur las que presentan precipitaciones más días al año, mientras que las zonas de estudio, norte y oeste presentan menos días de lluvia. Esto es una razón causa directa de la formación de polvo. Existe una diferencia entre el lugar de aplicación en la RN 901, que según el mapa presenta lluvias de 151 a 170 días al año, mientras que en la RN 749 se presentan lluvias de 191 a 210 días al año.

Por último, en la Figura 31 se puede apreciar que la zona oeste del país tiene la mayor cantidad de horas diarias de brillo solar, con ocho. La zona norte donde se ubica la RN 749 presenta brillo solar seis horas al día.

3.3. Evaluación en la RN 749

3.3.1. Localización de la zona de prueba

La RN 749 se ubica específicamente en el distrito de Aguas Zarcas, en el cantón de San Carlos, en la Provincia de Alajuela. Esta se extiende desde el cruce con la RN 751 en la zona de Los Llanos hasta el poblado de La Gloria. La actividad económica principal en la zona es la agricultura, especialmente la producción de piña. Las coordenadas de la ubicación exacta donde se aplicó el tratamiento corresponden a 10°32'07.5"N 84°19'59.7"O.

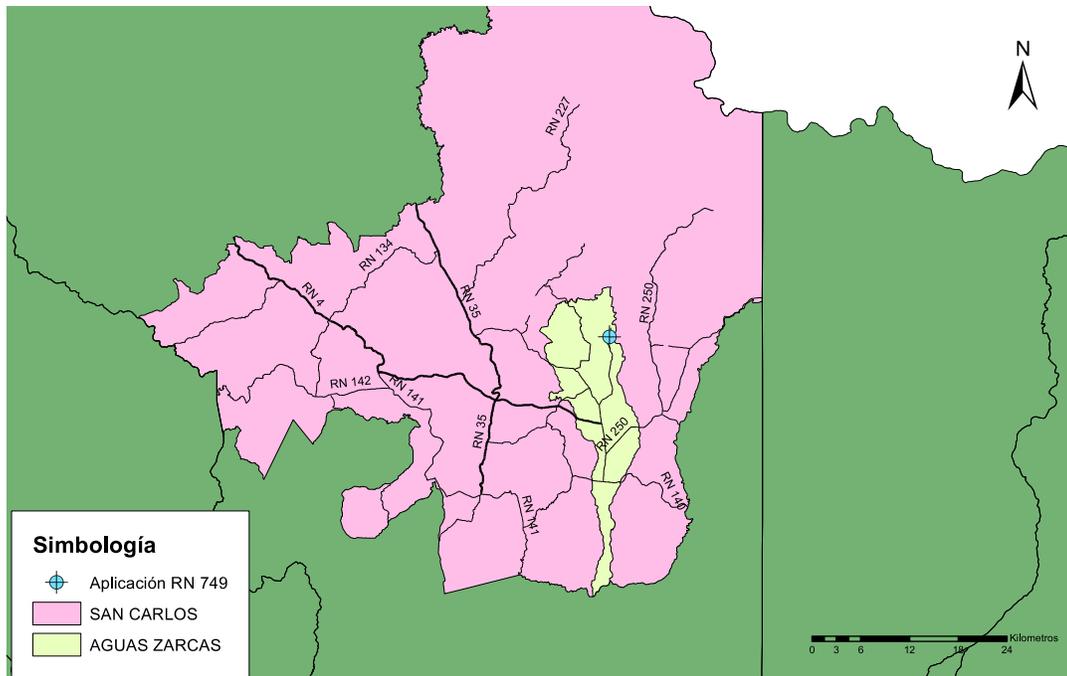


Figura 32. Mapa de la ubicación general del punto de aplicación sobre la RN 749

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

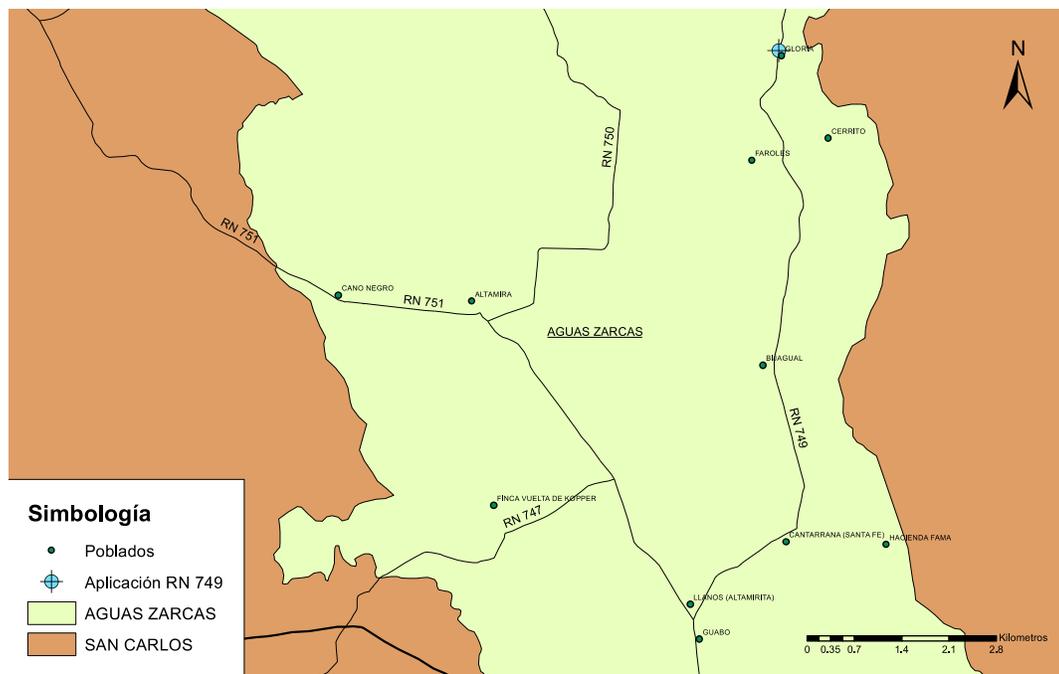


Figura 33. Mapa de la ubicación exacta del punto de aplicación sobre la RN 749

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

Para la aplicación del tratamiento se seleccionó un tramo de 100 m de longitud en frente de la escuela rural de La Gloria. Se escogió este punto al ser de interés para la comunidad. En la Figura 34 se puede observar la zona de aplicación, así como la escuela en la parte derecha de la fotografía.



Figura 34. Fotografía del tramo antes de la aplicación del tratamiento contra polvo

3.3.2. Características de la carretera

Según el Inventario de la Red Vial Nacional (RN) elaborado por el MOPT con el que se contaba a la hora de realizar la investigación, la RN 749 presenta las características que se muestran en el Cuadro 4.

Cuadro 4. Características generales de la RN 749

Número de Ruta Nacional	749
Zona de conservación	6 - 1
Provincia	Alajuela
Cantón	San Carlos
Distrito	Aguas Zarcas
Jerarquía	Terciaria
Red vial estratégica	Red Básica de Acceso
Ubicación	Los Llanos (R.751) - La Gloria (cruce Coope San Juan)

Cuadro 4. Características generales de la RN 749 (continuación)

Longitud (m)	12,035
Hormigón (m)	0
Carpeta asfáltica (m)	0
Tratamiento superficial (m)	0
Tratamiento simple (m)	0
Lastre (m)	12 035
Tierra (m)	0
Derecho vía (m)	12,0 a 14,0
Tipo de terreno	Algo Ondulado (Pendientes naturales del terreno entre 6 y 14%)
Tipo de superficie	Lastre o Grava
Número de carriles	2
Ancho de superficie	6,50
Espaldón	No existe
Velocidad permitida (km/h)	30
Transito promedio diario	361 vehículos
Alineamiento	Alineamiento con algunas curvas que exigen una reducción significativa en la velocidad promedio de circulación
Pendiente	Pendientes generalmente entre 3 % y 6 %, pero con una rasante ondulada y, consecuentemente, con tramos cortos de subida fuerte
Señalamiento	No existen señales o son tan inadecuadas, que no proveen información útil al conductor
Drenaje	La mayoría de las alcantarillas y cunetas aparentemente funcionan bien, pero existen indicaciones en algunos sitios de que el agua se estanca
Superficie	Superficie con frecuentes baches o irregularidades
Estructura pavimento	No existen evidencias de fallas en la estructura del pavimento, con la posible excepción de algunas en la superficie de ruedo

Fuente: (MOPT, 2016)

Los datos mostrados en el Cuadro 4 fueron verificados en sitio durante las visitas a la zona de aplicación de los tratamientos.

3.3.3. Caracterización de materiales

Al realizar el análisis granulométrico de la muestra de la ruta, mediante el seguimiento del procedimiento contenido en la norma ASTM C-136 y C-117 se obtuvieron los resultados mostrados en el Figura 35.

Cuadro 5 y en la Figura 35.

Cuadro 5. Resultados del análisis granulométrico de la muestra de agregados obtenida en la RN 749

Masa inicial (g): 11 375,8		Masa final (g): 10 910,9			
Malla No.	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasando
1"	25,00	2.010	18	18	82
Nº 4	4,75	4.920	43	61	39
Nº 8	2,36	988	9	70	30
Nº 40	0,43	2.039	18	88	12
Nº200	0,075	899	8	95	4,6
% Lavado malla Nº 200					10

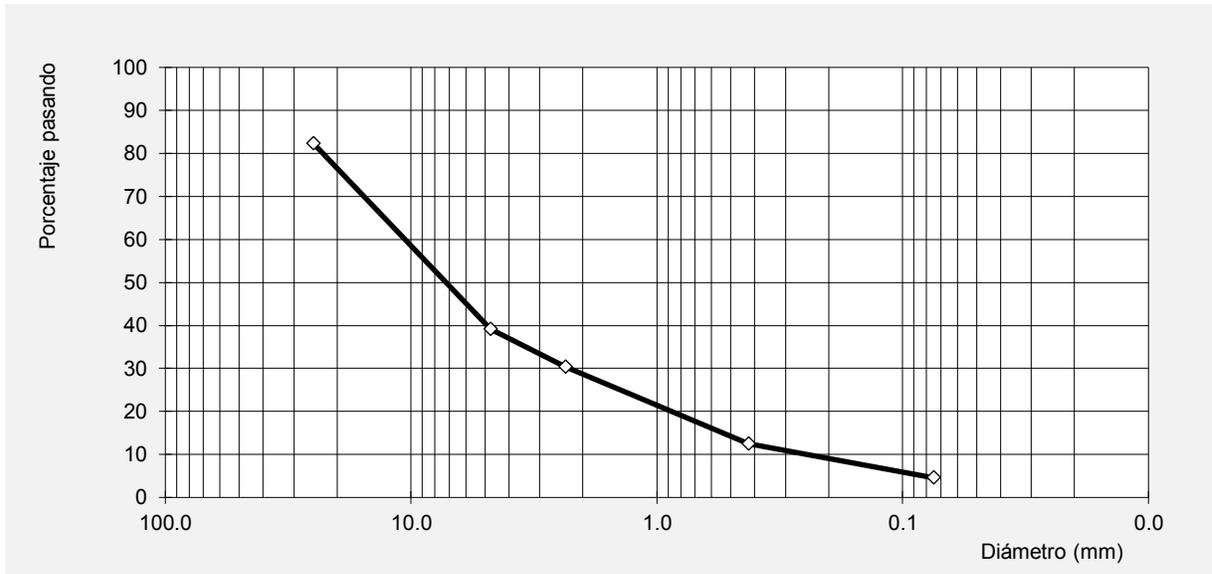


Figura 35. Representación de los resultados de análisis granulométrico para la muestra de la RN 749

En la Figura 36 se puede apreciar que al tener valores de $C_G = 20$ y $P_C = 0$, el material de superficie de rodadura podría presentar corrugaciones.

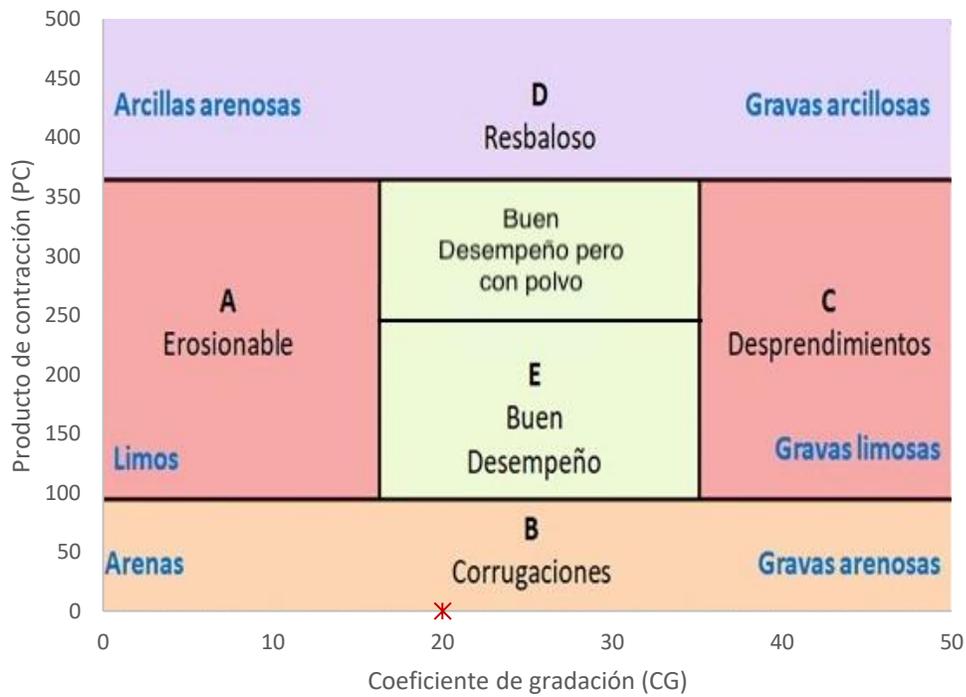


Figura 36. Comportamiento esperado para la muestra de la RN 749

3.3.4. Condiciones del sitio

Como parte del proceso de selección de un tratamiento para el control de polvo es necesario establecer una caracterización de los parámetros mostrados en el Cuadro 6.

Cuadro 6. Características específicas de la RN 749

Tránsito	Mayor 250 vehículos diarios
Clima	Húmedo
Porcentaje de pesados	Mayor al 10 %
Pendientes pronunciadas	No
Curvas pronunciadas	No

Para el parámetro del tránsito fue tomada la información del Cuadro 4, donde según la metodología de selección el valor de 361 se ubica dentro de la categoría de "Mayor 250 vehículos diarios".

El parámetro de clima fue evaluado tomando en cuenta los mapas climáticos mostrados desde Figura 28 hasta la Figura 31. Con la información obtenida de los mapas la metodología ubica a las RN 749 en una zona considerada "Húmeda".

Como se mencionó anteriormente, en la zona la principal actividad económica es la agricultura por lo que existe un alto porcentaje de vehículos pesados que transitan por la ruta. No se tiene un porcentaje exacto, pero por la razón anterior, para esta investigación se consideró pertinente establecerlo mayor al 10 %.

Con respecto a las propiedades geométricas de la carretera en lo que comprende pendientes o curvas pronunciadas se toma lo observado en campo durante las visitas y lo mostrado en el Cuadro 4; se toma como que las curvas y las pendientes a lo largo de la ruta no son tan pronunciadas como para escoger un "Sí" para esos parámetros.

3.3.5. Selección de objetivo de tratamiento

Entre las cuatro posibles opciones de objetivos de tratamiento se escogió "Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – superficial". Esto se da por varias razones, entre ellas los tipos de tratamiento que se consideraron para la ruta, los cuales todos eran de aplicación tópica. Otra

razón fue que las otras opciones contemplaban el mezclado de los químicos con el material de la superficie de rodamiento, actividad que se sale del alcance de esta investigación.

3.3.6. Selección de tratamiento

Con los parámetros establecidos de granulometría, plasticidad y condiciones del sitio se cuenta con todos los datos de entrada necesarios para la metodología. En la Figura 37 se presenta un resumen de los datos de la RN 749.

Número de ruta	RN 749		Observaciones	Zona de aplicación: frente a la escuela rural de La Gloria.						
Propiedades de los materiales	% P 25 mm	82	% P 4,75 mm	39	% P 2,36 mm	30	% P 0,43 mm	12	% P 0,075 mm	14,6
	IP	NP	CL	-	CG	30	PC	0		
Objetivo	CPCP-superficial		PFLP-superficial	X	PFLP-mezclado		ELP-mezclado			
Tránsito (TPD)	< 100		100 a 250		>250	X	Comportamiento esperado:			
Clima	Seco		Húmedo	X	Lluvioso					
Índice de plasticidad	< 3	X	3 a 5		6 a 15		> 15			
Finos (% P 75µm)	< 5		5 a 10		11 a 20	X	21 a 30		> 30	
Otros parámetros	> 10 % pesados	Sí	Pendientes	No	Curvas	No				
IP: Índice de plasticidad CL: Contracción lineal CG: Coeficiente granulométrico PC: Producto de contracción	CPCP: Control de polvo de corto plazo PFCP: Preservación de finos de largo plazo PFLP: Preservación de finos de largo plazo ELP: Estabilización de largo plazo			Seco: La humedad relativa promedio diaria es menor a 40 % Húmedo: La humedad relativa promedio diaria es mayor a 40 % Lluvioso: Alta precipitación o tormentas de alta intensidad						

Figura 37. Resumen de datos de la RN 749

Con todos los datos de la Figura 37 se puede calcular la puntuación para cada tratamiento. El proceso de asignación de puntuaciones se puede revisar en el Apéndice A. En el Cuadro 7 se muestra el resultado del cálculo.

Cuadro 7. Resultado de puntuaciones para cada tratamiento para la RN 749

Tratamiento	TPD	Clima	IP	Finos	Pesados	Puntuación
Fluidos sintéticos	1	1	7	1	1	11
Lignosulfonato	1	1	7	1	1	11
Cloruro de magnesio	1	1	7	1	1	11
Cloruro de calcio	1	1	7	1	1	11
Resina del petróleo	7	1	7	1	1	17
Glicerina	7	1	7	1	1	17
Aceite de resina	7	1	7	1	1	17
Aceites base y minerales	7	1	7	1	7	23
Polímeros sintéticos	7	7	7	7	7	35
Emulsión asfáltica	7	1	7	7	50	72

Aceite vegetal	7	1	50	1	7	66
Cloruro de sodio (sal)	7	7	50	1	1	66
Melazas / Azúcar	50	1	50	1	7	109
Bentonita o arcilla	50	50	50	50	50	250
Enzimas	50	50	50	50	50	250
Agua	50	50	50	50	50	250

Como se puede observar en el cuadro anterior, los cuatro tratamientos con la mejor puntuación son los fluidos sintéticos, el lignosulfonato, y los cloruros de calcio y de magnesio. Se puede observar también que los cuatro tratamientos tienen una puntuación de siete para el parámetro de "IP". La metodología propuesta por Jones (2017) recomienda en estos casos donde el índice de plasticidad sea menor a tres o en este caso "NP", que se realice una mejora al material, ya sea con una sustitución completa, una mezcla con otros materiales o una estabilización con arcillas para agregarle plasticidad a la matriz. En este caso, para la investigación esto se encuentra fuera del alcance y por lo tanto se toma el material que se encuentra en sitio como única opción.

El producto seleccionado para aplicar en la RN 749 fue un "Fluido sintético", una de las cuatro categorías con mejor puntuación. Se le denomina producto A; la ficha técnica se puede consultar en

3.3.7. Aplicación del tratamiento

Para la aplicación del tratamiento en el sitio se coordinó con las empresas necesarias para seleccionar la fecha adecuada a los cronogramas de trabajo que funcionara para todas las partes.

El primer paso de la aplicación consistió en la colocación y conformación del material en el tramo de interés. Esta parte del trabajo estuvo a cargo de la empresa contratada por CONAVI. El proceso de colocación y conformación consiste la utilización de equipo mecanizado para dar la forma del perfil necesario para una carretera de lastre. La maquinaria que se utiliza normalmente para este proceso es una motoniveladora para dar el perfil y una compactadora para dar el acabado a la superficie de rodamiento. Este proceso se puede apreciar en la Figura 38.



Figura 38. Conformación de la superficie en la RN 749

Una vez que la superficie estuvo conformada y de acuerdo con el Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010, se procedió a la colocación del tratamiento tópico.

Para la aplicación del tratamiento se requirió como equipo, una barra distribidora con boquillas de salida plana, una bomba de gasolina de dos pulgadas de diámetro de entrada y salida y una capacidad de 158 galones por minuto; y el tanque del producto A[®] de 1000 litros. El equipo utilizado se muestra en las figuras de 39 a la 42.



Figura 39. Barra distribidora con boquillas de salida plana



Figura 40. Bomba de gasolina de 2" / 158 gpm



Figura 41. Tanque de 1000 litros de producto a



Figura 42. Equipo completo armado y listo para la aplicación de producto a

Para la aplicación del producto el camión que transportaba se mantuvo a una velocidad de 40 km/h y se hicieron las pasadas por el tramo las veces que fueron necesarias para que se llegaran a distribuir 1,1 l/m² que es lo recomendado por el fabricante del producto. En la Figura 43 se puede observar la aplicación del producto sobre la carretera ya conformada, así como la diferencia en el color de la superficie en la zona donde se está aplicando el producto (izquierda) y cómo estaba originalmente antes de la aplicación (derecha).



Figura 43. Aplicación de producto a en la RN 749

3.3.8. Medición del material particulado (PM)

Una vez finalizada la colocación del tratamiento en la zona de interés el día 14 de diciembre de 2020, el día siguiente (15 de diciembre) se realizaron las mediciones con el monitor móvil DustMate. En el mapa de la Figura 44 se pueden apreciar las zonas de interés para las mediciones.



Figura 44. Mapa de la zona de aplicación con los tramos de interés marcados en la RN 749

La boquilla del DustMate se colocó detrás de la llanta trasera izquierda del vehículo, donde se considera que se obtienen las mejores medidas del material particulado generado por el tránsito de dicho vehículo sobre la carretera. La boquilla, así como posición de la boquilla se puede apreciar en la Figura 45.



Figura 45. Boquilla de medición del dustmate

Por recomendación del técnico del LanammeUCR encargado del equipo se realizaron en total 14 mediciones por la zona tratada. Cada medición consistió en que el vehículo equipado con el DustMate circulara por la zona anterior, tratada y posterior; correspondiendo con un recorrido del punto 1 al punto 4 del mapa de la Figura 44 y después en orden inverso a una velocidad controlada de aproximadamente 40 km/h.

En la Figura 46 se muestra un ejemplo de la distribución de partículas por tamaño para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y PM_1 . Además, se muestra entre dos líneas de color rojo la zona donde se aplicó el tratamiento para control de polvo producto A. La Figura 46 corresponde a la cuarta medición del día. Se escogió mostrar esta porque se consideró la que mejor mostraba el comportamiento de la cantidad de partículas. En el Apéndice E se pueden consultar los resultados completos de todas las mediciones realizadas en el sitio de interés.

En el Cuadro 8 se pueden apreciar los resultados generales de todas las mediciones procesados para las zona tratada y no tratada además del porcentaje de reducción en la cantidad de partículas por cm^3 .

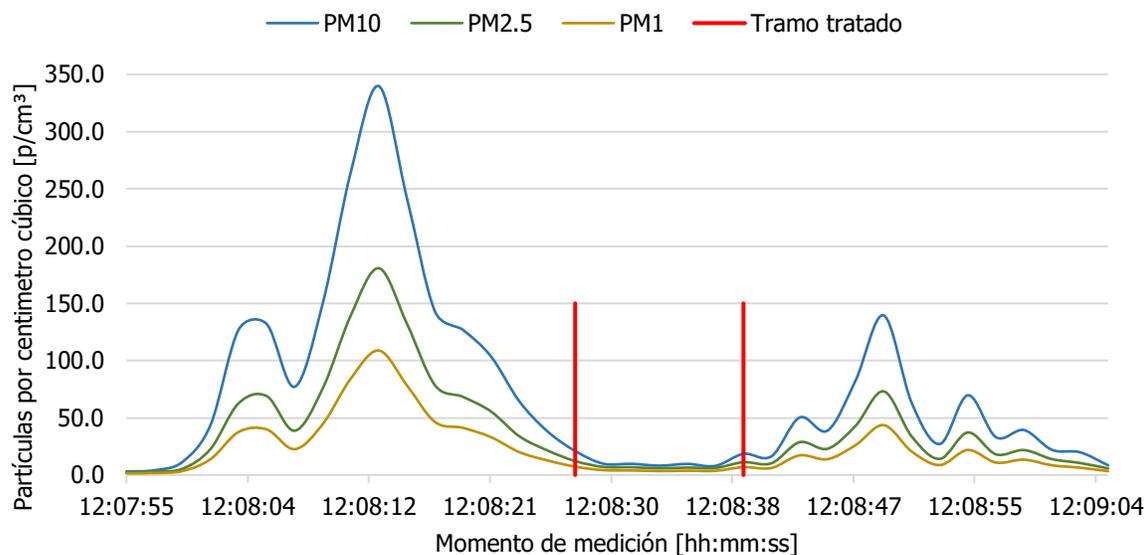


Figura 46. Gráfico de cantidad de material particulado por tamaño en la zona de tratamiento de la RN 749

Cuadro 8. Resultados para mediciones en la RN 749 del 15/12/2020

Condición	Partículas PM10 por cm³	Partículas PM2.5 por cm³	Partículas PM1 por cm³
Mínimo en tramo	6,60	3,90	2,40
Máximo en tramo	15,90	10,90	6,50
Máximo fuera de tramo	339,80	180,70	108,80
Promedio tramo	9,35	6,07	3,81
Promedio fuera de tramo	59,77	30,17	19,12
Reducción promedio	84 %	80 %	80 %

3.3.9. Costos de la intervención

La intervención a cargo del contratista responde a la solicitud de cotización "Trabajos para la atención de la Ruta Nacional No. 749", Zona 6-1 Región Huetar Norte presentada por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). La oferta económica presentada incluía el cuadro de precios mostrado en Cuadro 10.

Con respecto al costo del producto A de Midwest, al momento de aplicación en la zona de prueba, el tanque de 800 litros tenía un precio de \$ 4 550 más impuestos. Con ese precio por tanqueta se puede obtener el precio por m² de la siguiente forma:

Cuadro 9. Precios del tratamiento en la RN 749

Densidad de aplicación requerida	1,1 l/m ²
Litros por tanqueta	800 l
Área por cubrir	600 m ²
Litros requeridos	660 l
Tanquetas requeridas	0,66 (redondeado a 1) u
Precio total	3003,00 + IVA \$
Precio por m ²	4,55 + IVA \$

Cuadro 10. Precios de la intervención en la RN 749 a cargo del contratista

Ítem	Descripción	Cantidad Estimada	Unidad	Precio Unitario (₡)	Precio Total (₡)	Porcentaje
M-21(G)	Limpieza, construcción y conformación de cunetas laterales y espaldones	66 000	m2	166	10 956 000	3,8 %
CR 204,01	Excavación en la vía	300	m ³	5.213	1 563 900	0,5 %
CR 204,05	Colocación de préstamo selecto caso 2	3000	m ³	16 435	49 305 600	17,3 %
CR 301,06	Suministro, colocación y compactación de subbase de agregados graduación especial (Caso 2*)	5000	m ³	17 715	88 576 000	31,1 %
CR 303,01	Reacondicionamiento de la calzada	50 000	m ²	166	8 300 000	2,9 %
EE.01 (MCV506)	Sello asfáltico no estructural contra erosión	55 000	m ²	2299	126 445 000	44,3 %
TOTAL					₡ 285 146 500	

Fuente: (MECO S.A., 2020)

3.4. Evaluación en la RN 901

3.4.1. Localización de la zona de prueba

La RN 901 se ubica en el límite cantonal entre Hojancha y Nandayure, en la provincia de Guanacaste. La sección que se tomó en cuenta para la investigación corresponde al número 50671 que se extiende desde el límite cantonal Hojancha / Nandayure en el poblado de Río Ora hasta San Ramón de Río Ora en Nandayure. Las coordenadas de la ubicación exacta donde se aplicó el tratamiento corresponden a $9^{\circ}54'34.3''N$ $85^{\circ}22'45.3''O$.

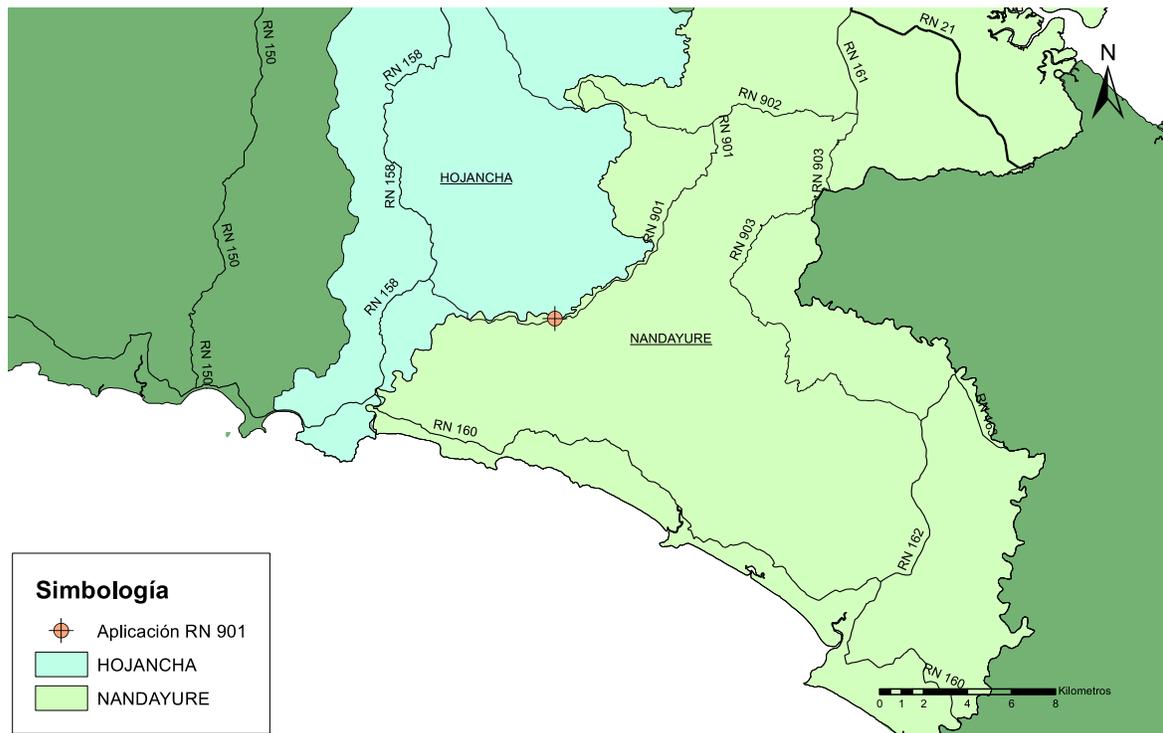


Figura 47. Mapa de la ubicación general del punto de aplicación sobre la RN 749

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

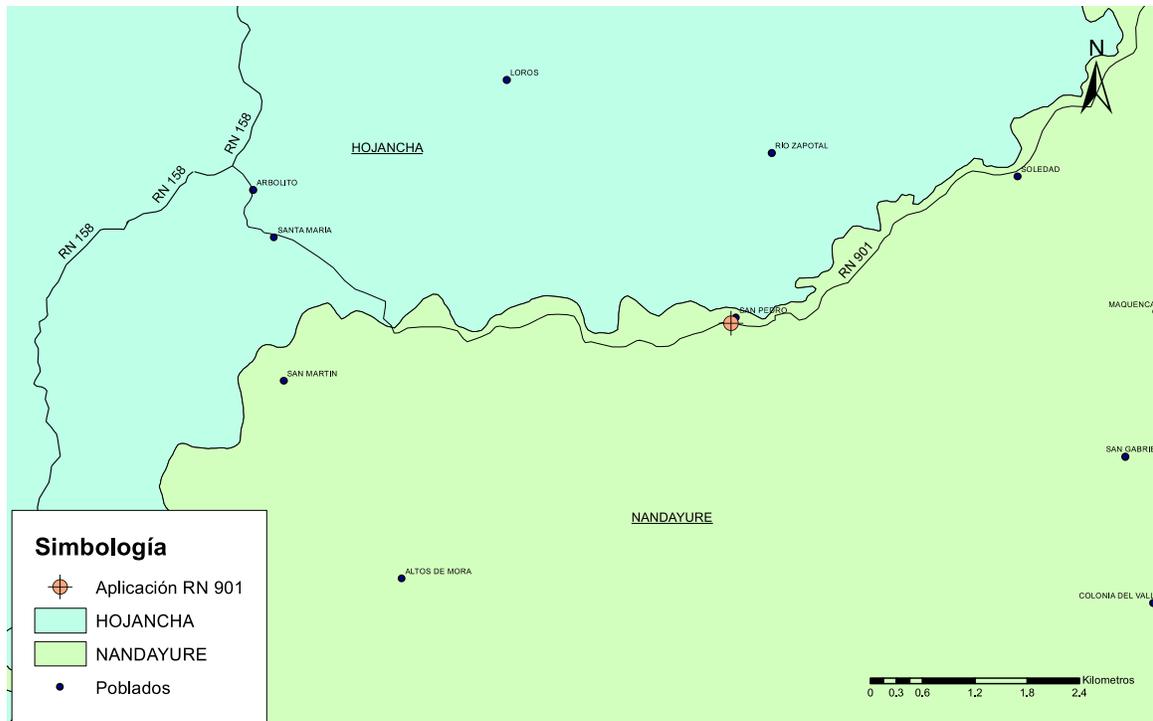


Figura 48. Mapa de la ubicación exacta del punto de aplicación sobre la RN 749

Fuente: (TEC, 2014), elaborado utilizando el software ArcGis v10.4.1

Para la aplicación del tratamiento se seleccionó un tramo de 100 m de longitud en frente de la escuela San Pedro de Nandayure. El tramo también abarca el EBAIS, en CEN-SINAI y la iglesia de la comunidad. Se escogió este punto al ser de interés para la comunidad. En la siguiente figura se puede observar la zona de aplicación, así como la iglesia en la parte izquierda de la fotografía.



Figura 49. Fotografía de la zona de aplicación en la RN 901

3.4.2. Características de la carretera

Según el Inventario de la Red Vial Nacional elaborado por el MOPT con el que se contaba a la hora de realizar la investigación, la RN 901 presenta las características que se muestran en el Cuadro 11.

Cuadro 11. Características generales de la RN 901

Número de Ruta Nacional	901 sección 50671
Zona de conservación	2 - 4
Provincia	Guanacaste
Cantón	Nandayure
Distrito	Zapotal
Jerarquía	Terciaria
Red vial estratégica	Conectores de Integración Territorial
Ubicación	Límite cantonal Hojancha / Nandayure (Río Ora) - San Ramón de Río Ora (iglesia)
Longitud (m)	16 905
Hormigón (m)	0
Carpeta asfáltica (m)	0
Tratamiento superficial (m)	385
Tratamiento simple (m)	0

Cuadro 11. Características generales de la RN 901 (continuación)

Asfalto total (m)	385
Lastre (m)	13.195
Tierra (m)	0
Derecho vía (m)	8,5 a 14,0
Tipo de terreno	Muy Ondulado (Pendientes naturales del terreno entre 15 % y 25%)
Tipo de superficie	Lastre o Grava
Número de carriles	1
Ancho de superficie	5,70
Espaldón	No existe
Velocidad permitida	30
Transito promedio diario	40
Alineamiento	Alineamiento algo sinuoso, pero con curvas cerradas que son aparentes y consistentes con las gradientes y las demás características del camino y del terreno que se atraviesa
Pendiente	Pendientes sostenidas entre 5 % y 8 % sobre una buena parte del tramo, condición que afecta en forma marcada la velocidad de recorrido y, cuando hay bastante tránsito, provoca frecuentes colas de vehículos detrás de los vehículos pesados
Señalamiento	El señalamiento es regular en cuanto a cantidad y ubicación, siendo notable la falta de algunas señales de precaución y de guía
Drenaje	Parece que algunas alcantarillas o cunetas no tienen capacidad hidráulica suficiente, por la erosión o socavación aparente
Superficie	Superficie con frecuentes baches o irregularidades
Estructura pavimento	Existen huellas o corrugaciones que se derivan por debajo de la superficie de ruedo, pero que son aisladas y de poca extensión

Fuente: (MOPT, 2016)

Los datos mostrados en el Cuadro 11 fueron verificados en sitio durante las visitas a la zona de aplicación de los tratamientos.

3.4.3. Caracterización de materiales

Al realizar el análisis granulométrico de la muestra de la ruta, mediante el seguimiento del procedimiento contenido en las normas ASTM C-136 y C-117 se obtuvieron los resultados mostrados en el Cuadro 12 y en la Figura 50.

Cuadro 12. Resultados del análisis granulométrico de la muestra de la RN 901

Masa inicial (g): 9 816,8		Masa final (g): 9 184,8			
Malla No.	Abertura (mm)	Masa Retenida (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasando
1"	25,0	401	4	4	96
Nº 4	4,75	4-298	44	48	52
Nº 8	2,36	1-499	15	63	37
Nº 40	0,43	2-389	24	87	13
Nº200	0,075	578	6	93	6,6
% Lavado malla Nº 200					13

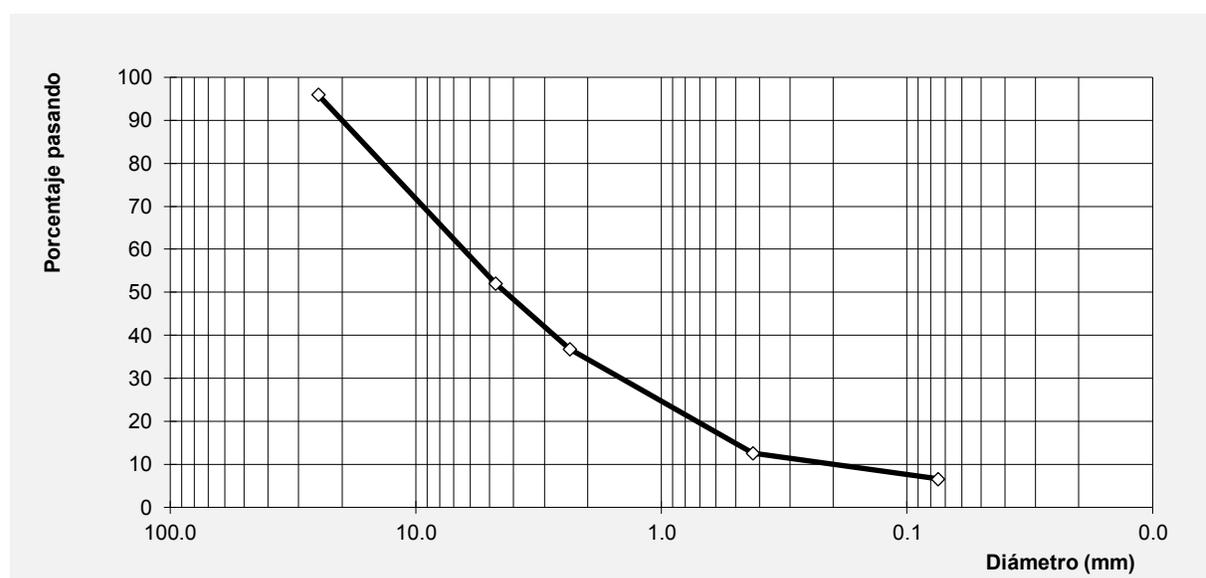


Figura 50. Representación de los resultados de análisis granulométrico para la muestra de la RN 901

En la Figura 51 se puede apreciar que al tener valores de $C_G=31$ y $P_C = 52$, el material de superficie de rodadura podría presentar corrugaciones.

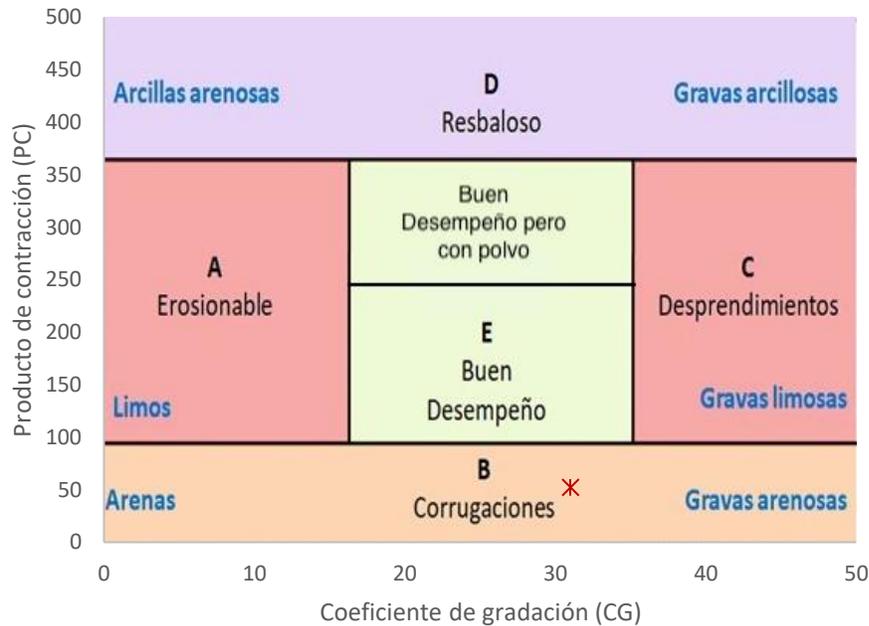


Figura 51. Comportamiento esperado para la muestra de la RN 901

3.4.4. Condiciones del sitio

Como parte del proceso de selección de un tratamiento para el control de polvo es necesario establecer una caracterización de los parámetros mostrados en el Cuadro 6.

Cuadro 13. Características específicas de la RN 749

Tránsito	Menor a 100 vehículos diarios
Clima	Húmedo
Porcentaje de pesados	Menor al 10 %
Pendientes pronunciadas	Sí
Curvas pronunciadas	No

Para el parámetro del tránsito fue tomada la información del Cuadro 11, donde según la metodología de selección el valor de 40 vehículos se ubica dentro de la categoría de “Menor a 100 vehículos diarios”

El parámetro de clima fue evaluado tomando en cuenta los mapas climáticos de la Figura 28 a la Figura 31. Además, se tomó en cuenta la información climatológica proporcionada por el Instituto Meteorológico Nacional con la que se puede determinar que por la humedad relativa

promedio diario de la zona en los últimos cuatro años, se categoriza como "Húmeda". (ver Apéndice D)

Aunque no se tiene el porcentaje exacto, por las visitas realizadas al sitio de aplicación y por las actividades principales de la zona para esta investigación se consideró pertinente establecer el porcentaje de vehículos pesados en menor al 10 %.

Con respecto a las propiedades geométricas de la carretera en lo que comprende pendientes o curvas pronunciadas se toma lo observado en campo durante las visitas y lo mostrado en el Cuadro 11. Se toma como que las curvas no son pronunciadas, sin embargo, pendientes longitudinales sí son considerablemente altas a lo largo de la ruta por lo que se establece que si se deben tomar en cuenta.

3.4.5. Selección de objetivo de tratamiento

Al igual que en la RN 749, entre las cuatro posibles opciones de objetivos de tratamiento para la RN 901 se escogió "Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – superficial". Esto se da por varias razones, entre ellas los tipos de tratamiento que se consideraron para la ruta, los cuales todos eran de aplicación tópica. Otra razón fue que las otras opciones contemplaban el mezclado de los químicos con el material de la superficie de rodamiento, actividad que se sale del alcance de esta investigación.

Según la metodología seguida para la escogencia el objetivo de "Preservación de finos de largo plazo (PFCP) – superficial" se debe escoger cuando se busque usar rociadores superficiales como parte de un plan a largo plazo para mitigación de las consecuencias del polvo, reducir los costos de mantenimiento y disminuir la necesidad de reemplazo de material.

3.4.6. Selección de tratamiento

Con los parámetros establecidos de granulometría, plasticidad y condiciones del sitio se cuenta con todos los datos de entrada para la metodología. En la Figura 52 se presenta un resumen de los datos de la RN 901.

Número de ruta	RN 901		Observaciones	Zona de aplicación: frente a la escuela e iglesia de San Pedro de Nandayure						
Propiedades de los materiales	% P 25 mm	96	% P 4,75 mm	52	% P 2,36 mm	37	% P 0,425 mm	13	% P 0,075 mm	19.6
	IP	8	CL	-	CG	31	PC	52		
Objetivo	CPCP-superficial		PFLP-superficial	X	PFLP-mezclado		ELP-mezclado			
Tránsito (TPD)	< 100	X	100 a 250		>250		Comportamiento esperado:			
Clima	Seco		Húmedo	X	Lluvioso					
índice de plasticidad	< 3		3 a 5		6 a 15	X	> 15			
Finos (% P 75µm)	< 5		5 a 10		11 a 20	X	21 a 30		> 30	
Otros parámetros	> 10 % pesados	No	Pendientes	Sí	Curvas	No				
IP: Índice de plasticidad CL: Contracción lineal CG: Coeficiente granulométrico PC: Producto de contracción		CPCP: Control de polvo de corto plazo PFCP: Preservación de finos de largo plazo PFLP: Preservación de finos de largo plazo ELP: Estabilización de largo plazo				Seco: La humedad relativa promedio diaria es menor a 40 % Húmedo: La humedad relativa promedio diaria es mayor a 40 % Lluvioso: Alta precipitación o tormentas de alta intensidad				

Figura 52. Resumen de datos de campo de la RN 901

Con todos los datos de la Figura 52 se puede calcular la puntuación para cada tratamiento. El proceso de asignación de puntuaciones se puede revisar en el Apéndice A. En el Cuadro 14 se muestra el resultado del cálculo para cada tipo de tratamiento.

Cuadro 14. Resultado de puntuaciones para cada tratamiento para la RN 749

Tratamiento	TPD	Clima	IP	Finos	Pendiente	Puntuación
Fluidos sintéticos	1	1	1	1	1	5
Resina del petróleo	1	1	1	1	1	5
Aceites base y minerales	1	1	1	1	1	5
Lignosulfonato	1	1	1	1	7	11
Cloruro de magnesio	1	1	1	1	7	11
Cloruro de calcio	1	1	1	1	7	11
Glicerina	1	1	1	1	7	11
Aceite de resina	1	1	1	1	7	11
Aceite vegetal	1	1	1	1	7	11
Melazas / Azúcar	1	1	1	1	7	11
Cloruro de sodio (sal)	1	7	1	1	7	17
Emulsión asfáltica	1	1	7	7	1	17
Polímeros sintéticos	7	7	7	7	7	35
Bentonita o arcilla	50	50	50	50	50	250
Enzimas	50	50	50	50	50	250
Agua	50	50	50	50	50	250

Una vez que con los resultados se procede a la selección del tipo de tratamiento. Para el caso de la RN 901 los primeros tres tratamientos en orden descendente por puntuación, que tiene

un puntaje de 5 en el Cuadro 14, se descartaron: el caso de los fluidos sintéticos debido a su alto costo y, la resina del petróleo y de aceites base y minerales por su no disponibilidad en el país.

Siguiendo con la lista de tratamientos por puntuación, se tienen los que tienen una puntuación de 11, lo cual quiere decir que tiene un factor de riesgo en su aplicación. En este caso todos comparten el mismo factor, la pendiente pronunciada en la carretera. Este factor lo que prevé es que en el caso de una tormenta o una lluvia de alta intensidad los tratamientos se podrían lavar generando lixiviados que terminarían en cuerpos de agua como ríos o lagos.

El producto seleccionado para aplicar en la RN 901 fue "Cloruro de calcio", siendo este componente químico el principal agente activo. Se le denomina producto B y la ficha técnica se puede consultar en

3.4.7. Aplicación del tratamiento

El primer paso de la aplicación consistió en la colocación y conformación del material en el tramo de interés. Esta parte del trabajo estuvo a cargo de la empresa contratada por CONAVI para las obras. Este proceso en la RN 901 se puede apreciar en la Figura 53.



Figura 53. Conformación de la superficie en la RN 901

Una vez con la superficie conformada y el material compactado, se puede proceder con la aplicación del tratamiento químico para control de polvo. En este caso el siguiente paso

consistió en humedecer la carretera para facilitar la absorción del tratamiento en la superficie. El proceso de humedecer la carretera se realizó con un camión cisterna con aspersores delanteros y traseros, que se puede observar en la Figura 54.



Figura 54. Humedecimiento de la superficie en la RN 901

Cuando la superficie estuvo húmeda se procedió con la colocación del Producto B. Para esto se utilizó un camión que transportaba tres tanques de 800 litros cada uno para un total de 2 400 litros. La tasa mínima de aplicación recomendada por el fabricante es de 3,8 l/m² lo cual al ser 100 m de largo por 6 m de ancho da un total de 2 280 litros mínimos.

Para alcanzar la tasa recomendada se utilizó una barra de aspersion. A diferencia de la barra utilizada en la RN 749 que contaba con boquillas de riego, esta barra que fue de elaboración propia no contaba con dichas boquillas. No obstante, se tomaron las precauciones necesarias para intentar un riego uniforme en la superficie. El proceso de riego se muestra en la Figura 55.



Figura 55. Aplicación de producto b en la RN 901

Para la aplicación se utilizó la misma bomba de presión que en la RN 749 la cual se puede apreciar en la Figura 40. El camión se mantuvo a una velocidad de 40 km/h durante los recorridos. Por la cantidad de producto recomendada por el fabricante y la capacidad de absorción del suelo se decidió realizar la aplicación en dos días consecutivos, repitiendo el procedimiento descrito anteriormente.

3.4.8. Medición del material particulado (PM)

Posterior a la aplicación del tratamiento que se realizó en los días 6 y 7 de febrero de 2021, el día 8 de febrero de 2021 se procedió con la medición de material particulado. Para las mediciones, como se comentó anteriormente, se realizaron con un monitor móvil DustMate, que consiste en un nefelómetro laser. El vehículo, así como el equipo pertenecen al LanammeUCR. En el mapa de la Figura 56 se pueden apreciar las zonas de interés para las mediciones.

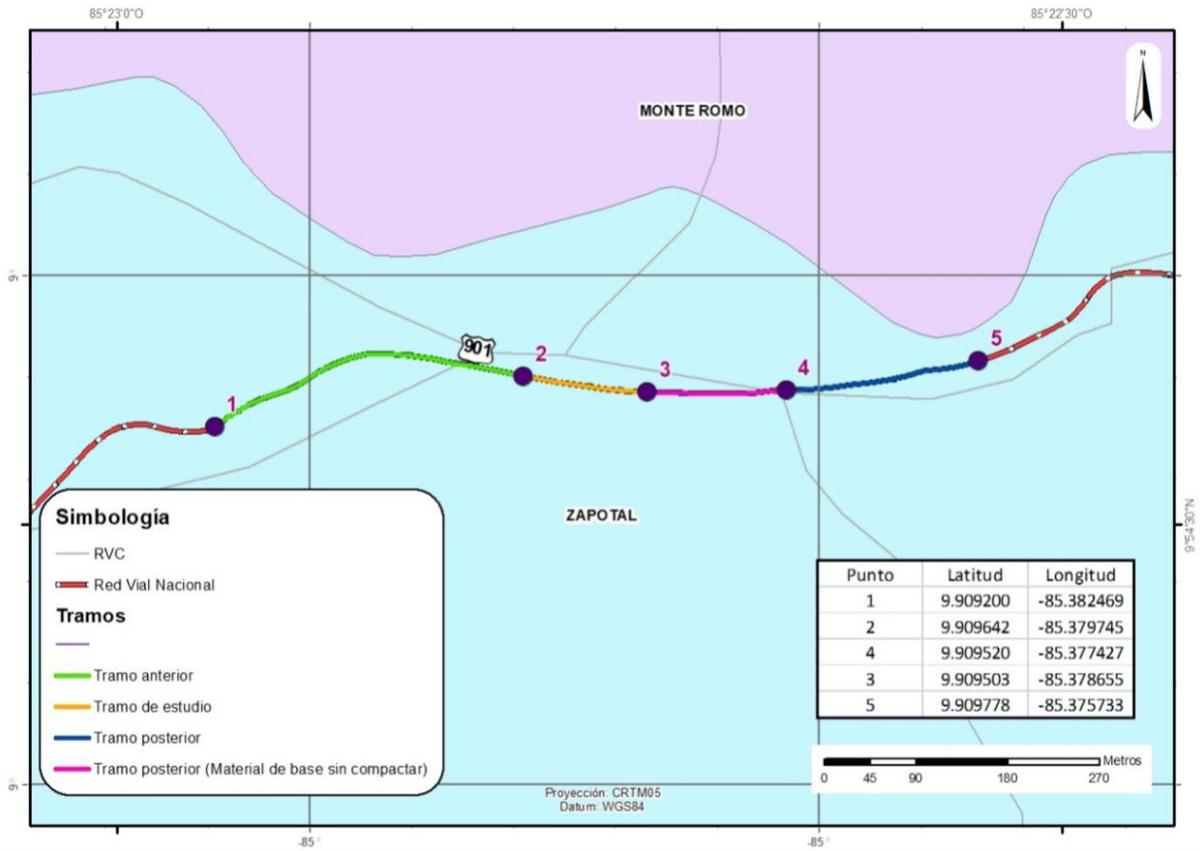


Figura 56. Mapa de la zona de aplicación con los tramos de interés marcados en la RN 901

La boquilla del DustMate se colocó en la misma posición de las mediciones en la RN 749 que se puede observar en la Figura 45, donde se considera que se obtienen las mejores medidas del material particulado generado por el tránsito de dicho vehículo sobre la carretera.

El día 8 de febrero de 2021 se realizaron en total 11 mediciones por la zona tratada. Cada medición consistió en que el vehículo equipado con el DustMate circulara por la zona anterior, tratada y posterior; correspondiendo con un recorrido del punto 1 al punto 5 del mapa de la Figura 56 y después en orden inverso a una velocidad controlada de aproximadamente 40 km/h.

En la Figura 57 se muestra un ejemplo de la distribución de partículas por tamaño para PM_{10} , $PM_{2.5}$ y PM_1 . Además, se muestra entre dos líneas de color rojo la zona donde se aplicó el tratamiento para control de polvo. La Figura 57 corresponde a la novena medición del día. Se escogió mostrar esta porque se consideró la que mejor mostraba el comportamiento de la

cantidad de partículas. En el 0 se pueden consultar los resultados completos de todas las mediciones realizadas en el sitio de interés.

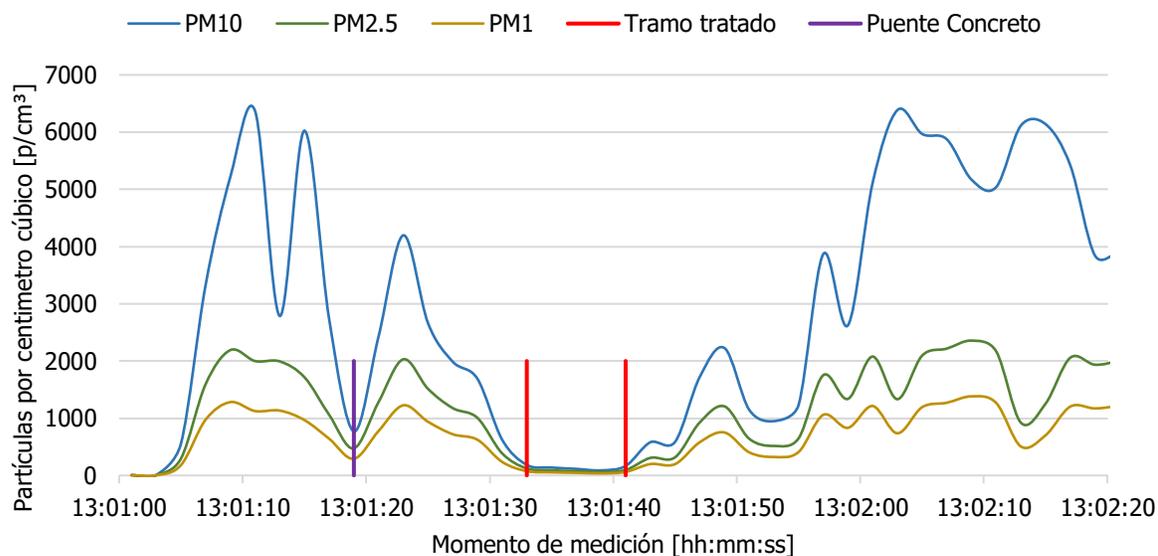


Figura 57. Gráfico de cantidad de partículas en la zona de tratamiento de la RN 901

En el Cuadro 15 se pueden apreciar los resultados generales de todas las mediciones procesados para las zona tratada y no tratada además del porcentaje de reducción en la cantidad de partículas por cm^3 .

Cuadro 15. Resultados para mediciones en la RN 901 del 08/02/2021

Condición	Partículas PM₁₀ por cm^3	Partículas PM_{2.5} por cm^3	Partículas PM₁ por cm^3
Mínimo en tramo	69,90	42,80	27,10
Máximo en tramo	883,60	475,10	296,00
Máximo fuera de tramo	6 479,30	2 372,60	1 400,70
Promedio tramo	257,52	151,87	94,35
Promedio fuera de tramo	3 137,12	1 204,16	717,57
Reducción promedio	92 %	87 %	87 %

3.4.1. Costos de la intervención

La intervención a cargo del contratista de la obra. responde a la licitación pública "atención de la Ruta Nacional No. 901 (lastre), secciones de control 51160 Santa Marta (R.158) – Santa María (Río Ora) (Ite cantonal), 50671 Santa María Ora (Ite cantonal) – San Ramón Río Ora

(Iglesia), 50672 San Ramón Río Ora (Iglesia) – Finca Florida (R.902), ZONA 2-4 Nicoya” presentada por el Consejo Nacional de Vialidad (CONAVI). La oferta económica presentada por Constructora Herrera incluía el cuadro de precios mostrado en el Cuadro 17.

Con respecto al costo del producto B, al momento de aplicación en la zona de prueba el tanque de 800 litros tenía un precio de ₡ 234 000 más impuestos. Con ese precio por tanqueta se puede obtener el precio por m² de la siguiente forma:

Cuadro 16. Precios del tratamiento en la RN 901

Densidad de aplicación requerida	3,8 l/m ²
Litros por tanqueta	800 l
Área por cubrir	600 m ²
Litros requeridos	2 280 l
Tanquetas requeridas	3 unidades
Precio total	702 000 + IVA ₡
Precio por m ²	1 170 + IVA ₡

Cuadro 17. Precios de la intervención en la RN 901

Reglón de pago	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (₡)	Precio total (₡)	Porcentaje
CR.110.06	Trabajo a costo más porcentaje	1	Global	50 000 000	50 000 000	5,1 %
SN	Diseño de tres drenajes menores con alcantarillas de cuadro reforzadas (estudio hidrológico-hidráulico estructural)	3	Global	1 835 000	5 505 000	0,6 %
CV.103.01	Descuaje de árboles	400	h	38 060	15 224 000	1,6 %
M21(F)	Limpieza de tomas, cabezales y alcantarillas	55	u	65 000	3 575 000	0,4 %
CV.601.01	Limpieza manual de puentes	68	h	46 700	3 175 600	0,3 %
CR.204.03	Excavación en la vía	2,000	m ³	2 900	5 800 000	0,6 %
CR.209.01	Excavación estructural	1,400	m ³	5 840	8 176 000	0,8 %
CV.212.01 (A)	Reposición, sustitución, extensión o complementación de tuberías de alcantarillas de concreto con diámetro 900 mm (tubería de concreto C-76, clase III con refuerzo)	60	m	146 000	8 760 000	0,9 %
CV.212.01 (B)	Reposición, sustitución, extensión o complementación de tuberías de alcantarillas de concreto con diámetro 1000 mm (tubería de concreto C-76, clase III con refuerzo)	12,5	m	178 000	2 225 000	0,2 %
CV.212.01 (C)	Reposición, sustitución, extensión o complementación de tuberías de alcantarillas de concreto con diámetro 1200 mm (tubería de concreto C-76, clase III con refuerzo)	12,5	m	245 000	3 062 500	0,3 %
CR.209.03	Relleno de Fundación	100	m ³	19 700	1 970 000	0,2 %
CR.209.04	Relleno para estructuras	1000	m ³	18 000	18 000 000	1,8 %
CR.251.01	Enrocado colocado (tipo 5)	700	m ³	22 000	15 400 000	1,6 %
CR.608.01	Canal revestido tipo III (15 cm espesor)	800	m ²	15 300	12 240 000	1,2 %

Cuadro 17. Precios de la intervención en la RN 901 (continuación)

Reglón de pago	Descripción	Cantidad	Unidad	Precio unitario (₡)	Precio total (₡)	Porcentaje
CR.552.01	Concreto hidráulico estructural clase A (25MPa)	500	m ³	152 000	76 000 000	7,8 %
CR.552.05	Concreto hidráulico estructural clase X (18MPa)	100	m ³	145 675	14 567 500	1,5 %
CR.608.01	Canal revestido tipo IV (10 cm espesor)	4500	m ²	13 500	60 750 000	6,2 %
CR.554.01	Acero de refuerzo Grado 40	60 000	kg	1 485	89 100 000	9,1 %
CR.303.01	Reacondicionamiento de la calzada (incluye cunetas laterales)	22,74	km	750 000	17 055 000	1,7 %
CR.204.10	Excavación de préstamo para acabados (caso 2)	4200	m ³	15 650	65 730 000	6,7 %
CR.301.01	Subbase de agregados, Grad Especial (Caso 2)	14 500	m ³	16 000	232 000 000	23,7 %
SN	Sello no estructural contra la erosión	76 000	m ²	3 220	244 720 000	25,0 %
CR.617.01	Sistema de barrera de seguridad, tipo acero cubierto de zinc 1100 g/m ² , clase semirrígido. Nivel de contención H1. Ancho de trabajo W3.	300	m	63 525	19 057 500	1,9 %
CR.633.01(A)	Instalación de señal tipo Delineador de peligro (P-12-1)	30	u	50 000	1 500 000	0,2 %
CR.633.01(B)	Instalación de señal "CEDA" (R-1-2)	3	u	99 300	297 900	0,0 %
CR.633.01(C)	Instalación de señal de "Velocidad máxima 40 KPH" (R2-1)	6	u	99 300	595 800	0,1 %
CR.633.01(F)	Instalación de señal de "Puente Angosto" (P-5-6 / P-5-7)	6	u	124 075	744 450	0,1 %
CR.633.01(G)	Instalación de señal delineador tipo Chevron (P-1-9)	30	u	57 900	1 737 000	0,2 %
SN	Pala excavadora hidráulica, Komatsu PC200-7, potencia 107 KW (PAL057 o superior)	80	h	30 000	2 400 000	0,2 %
Total, expresado en números				₡ 979 368 250		

Fuente: (Constructora Herrera S.A., 2020)

Capítulo 4. Análisis de resultados

4.1. Control de material particulado (PM)

En relación con el control de material particulado en las carreteras analizadas, como se muestra en el Cuadro 8 de la RN 749 y el Cuadro 15 de la RN 901 se redujo significativamente la cantidad de material particulado para los tres tamaños analizados.

Para la RN 749 se calculó una reducción promedio del 84% para PM_{10} y un 80% para $PM_{2.5}$ y PM_1 . En la RN 901 la reducción corresponde a un 92% para PM_{10} y un 87% para $PM_{2.5}$ y PM_1 . Es necesario tomar en cuenta que las mediciones se realizaron 24 horas después de la aplicación del tratamiento por lo que la efectividad es normal que disminuya con el pasar del tiempo.

También es necesario recalcar que al aplicarse en tramos de 100 m las zonas conocidas como entrada y salida del tramo se contaminan por las nubes de los vehículos. Se considera que esta contaminación en la zona de contacto entre lo tratado y lo no tratado puede repercutir negativamente en la efectividad del tratamiento.

4.2. Costo del plan de tratamiento

4.2.1. Costos directos de las intervenciones

Para el análisis se utilizan los datos del Cuadro 9, Cuadro 10, Cuadro 16 y Cuadro 17. De los tratamientos aplicados para la investigación se tienen precios de \$ 4,55 por m^2 para el Producto A que corresponde aproximadamente a ₡ 2730; y de ₡ 1170 por m^2 para el Producto B. Para los tratamientos aplicados por empresas contratadas por CONAVI, que los dos corresponden a sellos asfálticos no estructurales, se tienen precios de ₡ 2299 para Constructora MECO y ₡ 3220 para Constructora Herrera y tomando los dos precios de las constructoras se calculó un promedio de ₡ 2833.

Con los datos anteriores se puede observar que los tratamientos adquiridos para efectos de esta investigación presentan precios competitivos en el mercado. Además, es importante destacar que, en las dos intervenciones contratadas con las empresas constructoras, los rubros con el porcentaje más alto corresponden con el "Sello asfáltico no estructural contra la erosión" con un 44,3 % para la RN 749 y un 25,0 % para la RN 901.

4.2.2. Comparación de costos de las constructoras y los tratamientos aplicados

Como los tratamientos aplicados para la investigación fueron superficiales y no mezclados, son comparables con los aplicados por las empresas constructoras encargadas de cada proyecto. Como se tienen costos tan diferentes para las empresas que se encontraban construyendo, se utilizó como costo del "Sello asfáltico no estructural contra la erosión" el promedio de ambos. Con esto en cuenta es posible realizar un cálculo del potencial ahorro en la inversión. se muestra en el Cuadro 18 y Cuadro 19.

Cuadro 18. Comparación de costos de la RN 749 a cargo del contratista y Producto A

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario promedio	Precio Total
Sello asfáltico no estructural contra erosión	55 000	m ²	₡ 2 833	₡ 155 832 634
Producto A	55 000	m ²	₡ 2 730	₡ 150 150 000
			Ahorro RN 749 (₡)	₡ 5 682 634
			Ahorro RN 749 (%)	3,54 %

Cuadro 19. Comparación de costos en la RN 901 a cargo del contratista y Producto B

Descripción	Cantidad	Unidad	Precio Unitario promedio	Precio Total
Sello asfáltico no estructural contra erosión	76 000	m ²	₡ 2 833	₡ 215 332 366
Producto B	76 000	m ²	₡ 1 120	₡ 88 920 000
			Ahorro RN 901 (₡)	₡ 126 412 366
			Ahorro RN 901 (%)	41,29 %

Capítulo 5. Conclusiones y recomendaciones

Del análisis realizado en la presente investigación, así como de la información y resultados obtenidos, se desprenden las siguientes conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

La metodología para seleccionar los aditivos químicos para el control de polvo propuesta por el Centro de Investigación de Pavimentos de la Universidad de California resultó ser efectiva para los casos analizados, esto amparado en los resultados de disminución significativa del material particulado en las zonas tratadas y las diferencias de costos en los productos aplicados para la investigación y los colocados por las empresas constructoras encargadas de los proyectos. Por lo que utilizar estas metodologías para futuras inversiones puede llegar a generar ahorros para los interesados.

En el Apéndice B se puede consultar la recopilación completa de las características de los tipos de tratamiento y procesos que se emplean a nivel nacional e internacional en el control de la propagación de polvo en carreteras con superficie granular. Se obtuvo información de propiedades, usos, aplicaciones, impactos ambientales y limitaciones para cada tratamiento mencionado en la investigación. Esta información puede ser útil para la Administración (MOPT, CONAVI o municipalidades), de igual forma para las empresas constructoras, con la finalidad de ampliar las posibilidades de intervenciones; del mismo modo puede ser utilizado de referencia para futuras investigaciones en el tema.

Con respecto a la escogencia de las rutas a ser tratadas y evaluadas, las que finalmente fueron intervenidas presentan condiciones generales distintas entre sí. En especial se diferencian en aspectos de tránsito y geometría. Si bien las dos zonas se categorizan como "húmedas", según la metodología de selección, resultan diferentes en relación con las condiciones de precipitación, días de lluvia al año y horas de brillo solar diarias. Esto consecuentemente resulta en amplitud para la investigación dado que permite reafirmar la efectividad y la importancia de seguir un proceso de selección claro y delimitado para las intervenciones, en especial porque permite determinar un tratamiento para las condiciones específicas de los sitios, y no intentar encontrar una solución general a todos los tipos de carreteras.

Las muestras obtenidas en campo y analizadas en el laboratorio cumplieron la función de servir adecuadamente como parámetro de entrada para la selección del tipo de tratamiento a aplicar. Lo anterior, dado que, efectivamente los resultados obtenidos evidenciaron que las capas estudiadas requerían un tratamiento para la mitigación de polvo. Esto se demuestra en el caso de la RN 749 donde la capa colocada tiene un IP de 0 (NP), lo que produce una falta de cohesión en las partículas y por ende pérdida de finos; por su parte la RN 901 presenta IP de 8 que sigue siendo considerado bajo dadas las características granulométricas de altos finos por lo que se requiere el tratamiento.

Con el apoyo del LanammeUCR y con la utilización del monitor móvil DustMate se lograron realizar las mediciones necesarias y se cuantificó el material particulado, donde los resultados presentan el comportamiento esperado para este tipo de mediciones. En la RN 749 se aprecia una caída de alrededor de un 80% de las partículas al comparar las zonas sin tratar con la zona tratada de la carretera; por otro lado, en la RN 901 la reducción ronda el 90% de la cantidad de partículas. Esto es un claro reflejo de la efectividad de los tratamientos a corto plazo y, consecuentemente, de la metodología de selección utilizada para la escogencia de estos.

Por último, de la comparación de los costos de los tratamientos escogidos mediante la metodología de selección con los tratamientos aplicados por las empresas contratadas por el CONAVI, se pueden extraer dos conclusiones; primero que los productos aplicados durante la investigación, Producto A para la RN 749 y Producto B para la RN 901, presentan una reducción en los costos de 4 % y 58 % respectivamente, de manera que, estos tratamientos podrían potencialmente representar un ahorro en la inversión; y segundo, se rescata que a pesar de que el CONAVI contrata para ambas rutas el mismo tratamiento, "Sello no estructural contra erosión", de los documentos revisados de ambas contrataciones no quedan claras las razones que justifican la diferencia en la composición de este sello y los precios asociados al tratamiento.

5.2. Recomendaciones

A continuación, se enumeran una serie de recomendaciones cuya implementación se considera importante para ampliar el conocimiento respecto del tema de control de polvo y la selección de los tratamientos.

- Realizar un estudio que considere como objetivos tratamiento diferentes a los utilizado en este trabajo, especialmente el de "Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – mezclado" con el fin de evaluar el comportamiento mecánico después de la aplicación del tratamiento. Esto podría generar disminución del grosor de las capas a colocar y consecuentemente un ahorro en la inversión.
- Proponer una nueva clasificación climática según las condiciones del país como parámetro de entrada para la aplicación de la metodología de selección analizada, esto debido a que con la que se cuenta actualmente está basada en parámetros de una zona templada. Costa Rica al estar en una zona tropical se considera "Húmedo" la mayoría del territorio, por lo que una clasificación diferente podría generar mejores resultados.
- Recomendar a la Administración, no utilizar para las superficies de rodamiento en lastre, dado que no se puede garantizar su un buen desempeño a mediano y largo plazo.
- Proponer una nueva normativa en relación con la cantidad de material particulado permitido en el país. Esto debido a que la normativa actual está basada en contaminantes generales, especialmente los producidos por vehículos y zonas industriales.

Referencias

- American Association of State Highway and Transportation Officials. (2017). *AASHTO T 193-13 Standard Method of Test for The California Bearing Ratio*.
- American Society for Testing and Materials. (2017). *ASTM D4318-17e1 Standard Test Methods for Liquid Limit, Plastic Limit, and Plasticity Index of Soils*.
- American Society for Testing and Materials. (2018). *ASTM D6951/D6951M-18 Standard Test Method for Use of the Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications*.
- ARCINIÉGAS-SUÁREZ, C. A. (2011, Agosto 12). *DIAGNÓSTICO Y CONTROL DE MATERIAL PARTICULADO: PARTÍCULAS SUSPENDIDAS TOTALES Y FRACCIÓN RESPIRABLE PM10*. Retrieved Febrero 2021, from <http://www.fii.gob.ve/diagnostico-y-control-de-particulas-suspendidas-totales-y-fraccion-respirable-pm-10/>
- Barnes, D. L., & Connor, B. (2014). *Managing Dust on Unpaved Roads and*. Alaska Department of Transportation & Public Facilities, Alaska.
- Beaulieu, L., Pierre, P., Juneau, S., & Légère, G. (2011). *Maintenance Guide for Unpaved Roads, A Selection Method for Dust Suppressants and Stabilizers*. Université Laval, FPInnovations, Quebec, Canada.
- Bolander, P., & Yamada, A. (1999). *Dust Palliative Selection and Application Guide*. United States Department of Agriculture, US Forest Service, Technology & Development Program, California, Estados Unidos.
- Brakel. (2011). *Brakel construction products*. Retrieved from <http://www.brakelcp.com/ENVIROKLEEN.html>
- Brown , G. M., & Haliburton, A. T. (1984). *Road Dust Control with Calcium Chloride*. Colchester, VT, Estados Unidos.
- Claycrete Global. (n.d.). *Claycrete Global*. Retrieved Enero 2021, from <https://claycreteglobal.com/>
- CONAVI. (2015, Setiembre). *ATENCIÓN DE LA RUTA NACIONAL CON SUPERFICIE DE LASTRE No. 145, SECCIONES DE CONTROL Nos. 50143 y 50871, MARSELLESA-QUEBRADA GRANDE, PARA EL CONTROL POR LA CONTAMINACIÓN DE POLVO*. CONSEJO NACIONAL DE VIALIDAD.
- Constructora Herrera S.A. (2020). *OFERTA ECONÓMICA LICITACIÓN NACIONAL No. 2019LN-000005-0006000001*.

- Decreto Ejecutivo N° 39951-S. (2016). *Reglamento de Calidad del Aire para Contaminantes Criterio*. San José, Costa Rica: Diario Oficial La Gaceta.
- Desert Mountain Corporation. (n.d.). *Dust control products*. Retrieved from <https://desertmtncorp.com/lignosulfonate-for-dust-control/>
- Edvardsson, K. (2010). *Evaluation of Dust Suppressants for Gravel Roads: Methods Development and Efficiency Studies, Tesis para optar por el grado de Doctorado en Ingeniería Civil*. Estocolmo, Suecia.
- Elizondo Arrieta, F., & Ulate Castillo, A. (2016). *SELLO ASFÁLTICO CON EMULSIÓN DE ROMPIMIENTO LENTO*. LanammeUCR, PITRA, San José.
- Environmental Monitoring Solutions. (n.d.). Retrieved from <https://www.em-solutions.co.uk/dustmate-handheld-fume-and-dust-detector/>
- Federation of Canadian Municipalities and National Research Council. (2005). *Dust Control for Unpaved Roads*. Canada.
- FHWA. (2015). *Gravel Roads Construction & Maintenance Guide*. US Department of Transportation, Federal Highway Administration.
- FHWA. (2017). *Center for local AID support*. Retrieved from UNPAVED ROAD DUST MANAGEMENT A SUCCESSFUL PRACTITIONER'S HANDBOOK: https://www.FHWA.dot.gov/clas/ctip/unpaved_roads_dust/ch_5.aspx
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2016). *INTE C46:2016 Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso. Método de ensayo*. San José.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2017). *INTE C64:2017 Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm, utilizando la máquina de Los Ángeles*. San José.
- Instituto de Normas Técnicas de Costa Rica. (2018). *INTE C49:2018 Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 µm (N° 200) en agregados minerales. Método de ensayo*. San José.
- Jia, Q., Huang, Y., Nadhir, A.-A., & Sven , K. (2013). Dust Emission from Unpaved Roads in Luleå, Sweden. *Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering*, 1-13.
- Jones, D. (2017). *Guidelines for the Selection, Specification, and Application of Chemical Dust Control*. University of California, Pavement Research Center, Berkeley. Retrieved April 10, 2019, from <http://www.ucprc.ucdavis.edu/PDF/UCPRC-GL-2017-03.pdf>

- Jones, D., Kociolek, A., Surdahl, R., Bolander, P., Drewes, B., Duran, M., . . . Williams, B. (2013). *UNPAVED ROAD DUST MANAGEMENT A Successful Practitioner's Handbook*. Federal Highway Administration, Central Federal Lands Highway Division, Colorado, Estados Unidos.
- Keller, G., & Sherar, J. (2003). *Chapter 12 Roadway Materials and Material Sources*. Retrieved Febrero 2021, from United States Department of Agriculture.
- Keller, G., Wilson-Musser, S., Bolander, P., & Barandino, V. J. (2011). *Stabilization and Rehabilitation Measures for Low-Volume Forest Roads*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service, National Technology & Development Program, Estados Unidos.
- LanammeUCR. (2016). SELLO ASFÁLTICO CON EMULSIÓN DE ROMPIMIENTO LENTO. San José, San José, Costa Rica.
- LIPLATa. (2013). *Servicios*. Retrieved from Soluciones integrales para el control de polvo y estabilización de suelos: <https://www.liplata.pe/web/servicios/estabilizacion-quimica>
- MAVDT. (2010, Octubre). PROTOCOLO PARA EL MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE. Bogota, Colombia.
- McHattie, R. L. (2015). *Dust Control Field Guide for Gravel Driving Surfaces*. Alaska Department of Transportation, Research, Development & Technology Transfer, Alaska Local Technical Assistance Program, Alaska University Transportation Center, Fairbanks, Alaska, Estados Unidos.
- McHattie, R. L. (2015, Julio). Dust Control Field Guide for Gravel Driving Surfaces. Fairbanks, Alaska, Estados Unidos: Alaska Department of Transportation, Research & Technology Transfer.
- MECO S.A. (2020). "Trabajos para la atención de la Ruta Nacional No. 749", Zona 6-1 Región Huetar Norte.
- Ministerio de Obras Públicas y Transportes. (2010). Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes. San José, San José, Costa Rica.
- MOPT. (2010). *Manual de especificaciones generales para la construcción de carreteras, caminos y puentes: CR-2010*. Retrieved 2021, from Ministerio de Obras Públicas y Transportes: <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/28a27ca9-2ec2-49ae-838c-6f89e21d43b4/CR-2010.pdf?MOD=AJPERES>

- MOPT. (2011, Setiembre). *Plan Nacional de Transportes de Costa Rica 2011-2035: Memoria*. Retrieved Abril 4, 2019, from Ministerio de Obras Públicas y Transportes: <https://www.mopt.go.cr/wps/wcm/connect/a86ca326-d0c2-403f-9166-259c356f4783/Memoria.pdf?MOD=AJPERES>
- MOPT. (2016). *Inventario de la Red Vial Nacional*. San José.
- OSMAN. (2017). Andalucía, España.
- PCQ. (2020, Noviembre 13). *Quimicos*. Retrieved from Productos químicos Chile: <https://productosquimicoschile.cl/cloruro-de-calcio/>
- Resolución N° 07861 - 2016, Exp: 16-004678-0007-CO (SALA CONSTITUCIONAL DE LA CORTE SUPREMA DE JUSTICIA Junio 10, 2016). Retrieved Abril 05, 2019, from <https://nexuspj.poder-judicial.go.cr/document/sen-1-0007-672630>
- Sousa R., E. (2018). *INSST*. Retrieved from <https://www.insst.es/documents/94886/214929/Fracciones+inhalable%2C+tor%C3%A1cica+y+respirable.+Encarnaci%C3%B3n+Sousa.pdf/a537a66f-575b-4db6-94c9-3763d7b160c8?t=1528718694958>
- TEC. (2014). Atlas Digital de Costa Rica. Costa Rica.
- TheWorld. (2015, Enero). *Dusty roads in Costa Rica make for a sticky situation — literally*. Retrieved from <https://www.pri.org/stories/2015-01-13/dusty-roads-costa-rica-make-sticky-situation-literally>
- Ulate Castillo, A., & Vargas Sobrado, A. C. (2018). *CONTROL DE POLVO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS*. Boletín Técnico, LanammeUCR, PITRA, San José.
- Ulate, A., & Vargas, A. C. (2018, Marzo). *CONTROL DE POLVO EN CAMINOS NO PAVIMENTADOS*. San José, San José, Costa Rica.
- Vargas Sobrado, A. C., & Ulate Castillo, A. (2014, Mayo). *EVALUACIÓN DE CAMINOS NO PAVIMENTADOS POR MEDIO DEL RUGOSÍMETRO III*. San José, San José, Costa Rica.

Apéndices

Apéndice A. Proceso detallado de selección de tratamientos

Como se mencionó anteriormente el proceso de selección del tratamiento a aplicar en la carretera se debe hacer para cada caso específico según las características del camino y los aspectos del sitio. Las variables de tránsito, clima, geometría y materiales son las más importantes a la hora de decidir por un tratamiento, así como el objetivo que se busque con el tratamiento.

El proceso de selección propuesto por Jones (2017) que se explica a continuación permite establecer un ranquin de los tratamientos a disposición, así facilitando la consideración de opciones de tratamiento y la escogencia del más adecuado para cada caso.

A.1. Información de partida

Para la correcta selección del tratamiento a aplicar en una determinada carretera es necesario contar con información de antemano siendo la más importante:

- Propiedades y características de los materiales incluyendo análisis granulométrico y de plasticidad
- Información de tránsito de la carretera que incluya el TPD y el porcentaje pesados
- Información climática de la zona donde se aplicará el tratamiento. Es necesario contar con datos de: humedad relativa promedio, precipitación anual promedio e información de la intensidad de las lluvias
- Información geométrica de la carretera en especial si la carretera presenta curvas y/o pendientes pronunciadas

A.1.1. Propiedades de los materiales

Una carretera no pavimentada basa su desempeño principalmente en las características de las capas que la conforman. Un tratamiento contra polvo no se puede pretender que llegue a arreglar problemas ya existentes en la calidad, materiales, construcción o mantenimiento que se le dé a una carretera, sino busca mejorar el desempeño de una carretera que ya de por sí se encuentra en buen estado.

La utilización de materiales no adecuados en la construcción o mantenimiento de una carretera de lastre es la variable que va a tener el mayor impacto en aspectos como pasabilidad, niveles de polvo y la facilidad con que la carretera se deteriora. Muchas veces se piensa que los materiales que cumplen con especificaciones para base o subbase para una carretera pavimentada a su vez pueden llegar a cumplir con la función de ser una superficie de rodamiento expuesta lo cual es totalmente errado. Las especificaciones de esos materiales están determinadas para estar confinados debajo de una capa con mucha mayor resistencia a fuerzas cortantes que además de que resisten la caída de lluvia, la escorrentía y la abrasión de mejor forma.

La distribución granulométrica, la forma de las partículas, el contenido de finos y el contenido de arcillas son las características de más interés a la hora de determinar si un material cumple con las especificaciones necesarias para funcionar o no como superficie de rodamiento expuesta. Para la obtención de esa información es necesario realizar pruebas estandarizadas en un laboratorio de materiales, y para esto es necesario contar con una muestra. El contenido de la muestra va a depender de si se van a aplicar tratamientos directamente en la capa existente o si se van a aplicar a una capa nueva que se va a colocar. En el primer caso es necesario realizar un muestreo en sitio enfocándose en las partes donde se va a aplicar el tratamiento, en el caso de que se vaya a colocar una nueva capa de material esta es mejor muestrearla en el lugar de donde será obtenida.

Las pruebas recomendadas por realizar a la muestra son las siguientes:

- NTE C49:2018 Determinación por lavado del material que pasa por el tamiz 75 μm (N° 200) en agregados minerales. Método de ensayo (correspondiente con ASTM C117-17).
- INTE C46:2016 Análisis granulométrico en tamices de agregado fino y grueso. Método de ensayo (correspondiente con ASTM C136-14).
- INTE C64:2017 Determinación de la resistencia al desgaste de agregados gruesos hasta de 37,5 mm, utilizando la máquina de Los Ángeles (correspondiente con ASTM C131-14).
- ASTM D4318-17 Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de un suelo.

A.1.2. Información de tránsito

La información de tránsito necesaria no es muy detallada debido a varios factores, el principal es que en las carreteras de lastre no es tan común que se hagan conteos de flujo vehicular muy a menudo. Por esto para este aspecto la información requerida es el valor del TPD categorizado entre menos de 100 vehículos, de 100 a 250 vehículos o más de 250 vehículos. Como los vehículos que normalmente causan daños a las carreteras son los camiones de carga pesada, el proceso incluye la variable para establecer si hay o no una cantidad mayor al 10 % de pesados en la ruta.

A.1.3. Información climática

Muchos de los tratamientos que se mencionan en esta investigación funcionan mediante activación por humedad en el ambiente, por ejemplo, los absorbentes de agua como el cloruro de calcio y el cloruro de magnesio requieren de humedad en el ambiente para funcionar y desempeñarse correctamente.

Por otro lado, la cantidad de lluvia que cae en la carretera puede tener efectos importantes en los tratamientos, especialmente en aquellos que tienden a lavarse de la carretera por agua de escorrentía. Para la mayoría de tratamiento la lluvia constante no es un problema, el problema se da cuando hay grandes tormentas que aumentan la velocidad y el caudal de escorrentía que afecta el desempeño del tratamiento.

El proceso de selección toma en cuenta estos dos parámetros y los combina para hacer una categorización para el clima. Seco, que se refiere a donde la humedad relativa promedio en la zona es menor al 40 %; húmedo, que será para aquellos casos donde la humedad relativa supere el 40 %, y para aquellos casos donde se presenten tormentas de alta intensidad se considerará lluvioso.

A.1.4. Geometría de la ruta

Con respecto a la geometría de la ruta, existen aspectos de desempeño y aspectos de aplicación. Para el desempeño el enfoque principal es el peralte de la carretera, el cual debe estar acorde con la normativa nacional para este tipo de carreteras. Cuando se supera el 6 %

de pendiente transversal se pueden llegar a presentar velocidades del agua de escorrentía que afectan directamente el tratamiento.

De igual manera la pendiente longitudinal de la carretera puede representar un problema por el agua de escorrentía, a esto hay que agregarle que en curvas muy pronunciadas se presentan peraltes más elevados que pueden de igual manera afectar el desempeño de algunos tratamientos. En el proceso de selección se tienen estos datos de entrada como un sí o no, solo teniendo en cuenta si se presentan o no este tipo de geometrías.

A.2. Proceso de selección detallado

A continuación, se detallará el proceso de selección propuesto por Jones (2017). Este es el que utilizó en la parte experimental de esta investigación. Como primer paso es necesario completar el formulario mostrado en la Figura A 1. En él se muestran las variables mencionadas en las secciones A.1.1 a la A.1.4.. Una vez completado el formulario de datos de entrada se procede a utilizar la hoja de cálculo llamada *Selección de tratamiento*.

La hoja de cálculo está diseñada para que dependiendo de los datos de entrada establecidos por el usuario se utilizan los cuadros Cuadro A 1 al cuadro A 4. Existen cuatro cuadros correspondientes a cada objetivo de tratamiento. Los posibles objetivos de tratamiento son los siguientes:

A.2.1. Control de polvo de corto plazo (CPCP) – superficial

Seleccionar este objetivo cuando se busque un control temporal como para desvíos, rutas alternas temporales o accesos de emergencia. La matriz de puntajes y parámetros para este objetivo de tratamiento se muestra en el Cuadro A 1.

A.2.2. Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – superficial

Seleccionar este objetivo cuando se busque usar rociadores superficiales como parte de un plan a largo plazo para mitigación de las consecuencias del polvo, reducir los costos de mantenimiento y disminuir la necesidad de reemplazo de material. Será necesario realizar rejuvenecimientos. La matriz de puntajes y parámetros para este objetivo de tratamiento se muestra en el cuadro A 2.

A.2.3. Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – mezclado

Seleccionar este objetivo cuando se planea mezclar el aditivo con la superficie, tanto como un proceso de mantenimiento como de construcción. Se utiliza en planes de mitigación de largo plazo. Se considera el método más apropiado para preservación de finos porque se obtienen los mayores periodos de efectividad. La matriz de puntajes y parámetros para este objetivo de tratamiento se muestra en el cuadro A 3.

A.2.4. Estabilización de largo plazo (ELP) – mezclado

Seleccionar este objetivo cuando se busque un control de finos a largo plazo que permita la pasabilidad en cualquier parte del año. La matriz de puntajes y parámetros para este objetivo de tratamiento se muestra en el cuadro A 4.

En los cuadros para cada objetivo de estos cuadros se establecen diferentes puntajes para cada parámetro de las secciones A.1.1 a la A.1.4., los parámetros son tomados del formulario de la Figura A 1 lleno. Los puntajes posibles son: 1, 7 y 50. Cuando el puntaje es 1 implica que el parámetro analizado debe tener un efecto mínimo en el desempeño del tratamiento; cuando corresponde a un 7 implica que el parámetro de entrada podría tener efectos negativos en el desempeño del tratamiento y aunque no es excluyente se deben considerar limitaciones potenciales y se debe revisar si la limitación abarca el tipo de tratamiento que se esté considerando y las características específicas del camino; y por último cuando el puntaje sea 50 implica que el parámetro definitivamente tendrá un efecto negativo en el desempeño del tratamiento.

Una vez establecidos los puntajes para cada parámetro y para cada tratamiento se suman todos los puntajes para cada tratamiento y se obtiene un número con un rango entre 4 y 350. Estos puntajes totales se subcategorizan en cuatro posibles rangos.

- Cuando el puntaje total para el tratamiento se encuentre entre 4 y 7 se considera que el tratamiento puede considerarse y debería funcionar siempre que se cumplan los diseños procesos constructivos adecuados en la carretera
- Cuando el puntaje esté entre 10 y 49 esto significa que al menos un parámetro muestra un puntaje de 7. En este caso es necesario analizar a fondo ese parámetro para

determinar si se considera una limitación o no. En algunos casos ese parámetro puede no ser importante para la decisión final de aplicar o no determinado tratamiento; en otros casos es necesario hacer pruebas o investigaciones adicionales para determinar si ese parámetro llegará a afectar el desempeño del tratamiento.

- Un puntaje mayor a 53 implica que al menos uno de los parámetros obtuvo un puntaje de 50 lo cual quiere decir que ese parámetro se ha visto que tiene un efecto negativo en el desempeño del tratamiento que se está considerando. En caso de que se tenga un puntaje de 50 en algún parámetro este es mejor que se investigue a fondo si se está considerando el tratamiento. En caso de que el parámetro que tiene el puntaje de 50 estuviese relacionado con las características del material se puede considerar un tratamiento de estabilización para el material.
- En el caso de que el puntaje sea mayor a 200 el tratamiento es totalmente incompatible con el objetivo que se persigue.

Una vez que la hoja de cálculo asigna el puntaje correspondiente, se procede a ordenar los tratamientos de menor a mayor puntaje total. Aquellos que se encuentren primeros en el ranking son lo que se consideran que tendrán el mejor desempeño en la carretera.

A.2.5. Consideraciones adicionales

Como parte del proceso de selección de los aditivos es importante tomar en cuenta aspectos ambientales. En el cuadro A 5 se muestra información general y potenciales riesgos ambientales para cada tratamiento. Este cuadro debe ser consultado antes de tomar la decisión final del tratamiento por utilizar.

Además de las consideraciones ambientales, se recomienda tomar en cuenta si el tratamiento requiere rejuvenecimiento y en que periodicidad, además de si es posible darle mantenimiento a la zona tratada sin perjudicar el desempeño del producto.

Por último, es necesario considerar las opciones en términos de disponibilidad en la zona o en el país y hacer un análisis de costos detallado a mediano plazo para tener un parámetro más de comparación.

Número de ruta		Observaciones							
Propiedades de los materiales	% P 25 mm		% P 25 mm		% P 25 mm		% P 25 mm		% P 25 mm
	IP		CL		CG		PC		
Objetivo	CPCP-superficial		PFLP-superficial		PFLP-mezclado		ELP-mezclado		
Tránsito (TPD)	< 100		100 a 250		>250		Comportamiento esperado:		
Clima	Seco		Húmedo		Lluvioso				
índice de plasticidad	< 3		3 a 5		6 a 15		> 15		
Finos (% P 75µm)	< 5		5 a 10		11 a 20		21 a 30		> 30
Otros parámetros	> 10 % pesados		Pendientes		Curvas				
IP: Índice de plasticidad CL: Contracción lineal CG: Coeficiente granulométrico PC: Producto de contracción		CPCP: Control de polvo de corto plazo PFCP: Preservación de finos de largo plazo PFLP: Preservación de finos de largo plazo ELP: Estabilización de largo plazo				Seco: La humedad relativa promedio diaria es menor a 40 % Húmedo: La humedad relativa promedio diaria es mayor a 40 % Lluvioso: Alta precipitación o tormentas de alta intensidad			

Figura A 1. Formulario de datos de entrada para selección de tratamiento

Cuadro A 1. Matriz de puntajes y parámetros para el objetivo: Control de polvo de corto plazo (CPCP) - superficial

Aditivo	Tránsito			Clima			Material								Otros parámetros			
	Tránsito promedio diario			Humedad / precipitación			Índice de plasticidad				Finos				Camiones > 10 % ¹	Pendientes marcadas ^{4,5}	Curvas cerradas ^{1,5}	
	< 100	100 a 250 ¹	> 250 ¹	Seco ²	Húmedo	Lluvioso ^{3,4,5}	< 3 ⁶	3 a 5 ⁶	6 a 15	> 15 ^{5,7}	< 5 ¹	5 a 10 ¹	11 a 20	21 a 30 ^{7,8}				> 30 ^{5,7,8}
Agua	7 ¹	50	50	50	7	1	50	7	1	50	50	7	1	7	7	7	1	1
Agua con sufractantes	7 ¹	50	50	50	7	1	50	7	1	50	50	7	1	7	7	7	1	1
Cloruro de calcio	1	1	7	50 ⁹	1	50 ¹⁰	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de magnesio	1	1	7	7 ⁹	1	50 ¹⁰	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de sodio (sal)	1	7	50	50 ⁹	7	50 ¹⁰	50	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Glicerina	1	7	50	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Lignosulfonato	1	1	7	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	7	7
Melazas / Azúcar	1	50	50	1	1	50	50	1	1	50	50	50	1	7	50	7	7	7
Aceite vegetal	1	7	50	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	1	50	7	7	7
Aceite de resina	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	50	1	7	7
Emulsión asfáltica	1	7	50	1	1	1	7	1	7 ⁸	50	7	1	7	50	50	50	1	7
Aceites base y minerales	1	7	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	50	7	1	1
Resina del petróleo	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	7	7	1	7	50	1	1	1
Fluidos sintéticos	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Fluidos sintéticos con aglomerantes	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Polímeros sintéticos ¹¹	7	7	50	7	7	7	7	7	7	50	50	7	7	50	50	7	7	7
Enzimas	No utilizable superficialmente para el control de polvo ni preservación de finos																	
Bentonita o arcilla	No utilizable superficialmente para el control de polvo ni preservación de finos																	

¹ Los vehículos a velocidades mayores podrían llegar a quebrar la superficie y acelerar el proceso de corrugación y segregación. Si pasa se requiere rejuvenecimiento más a menudo.

² Más de 20 días con menos de 40 % de humedad relativa

³ Tormentas de alta intensidad

⁴ Tiende a generar lixiviados que se drenan a cuerpos de agua o se filtran a estratos inferiores cuando se presentan tormentas

⁵ Se deben revisar los resultados de abrasión y CBR sumergido y ser aumentados para contrarrestar el aumento en la cantidad de pesados

⁶ Los materiales tienen muy poco o carecen de contenido de aglomerante efectivo y son susceptibles a corrugaciones y segregación. El tratamiento podría llegar a afectar las capas inferiores de la calzada

⁷ Se puede tornar resbaloso si se humedece

⁸ Altos contenidos de finos puede requerir mayor tasa de aplicación para ser efectivo

⁹ Requiere un nivel mínimo de humedad para ser efectivo

¹⁰ Se puede llegar a filtrar a las capas inferiores, resecado de los agregados y un rociamiento superficial lo devuelve a la superficie

¹¹ Generalmente inadecuado para tratamientos con rociadores

cuadro A 2. Matriz de puntajes y parámetros para el objetivo: Preservación de finos de largo plazo (PFLP) – superficial

Aditivo	Tránsito			Clima			Material								Otros parámetros			
	Tránsito promedio diario			Humedad / precipitación			Índice de plasticidad				Finos				Camiones	Pendientes	Curvas	
	< 100	100 a 250	>250	Seco ²	Húmedo	Lluvioso ^{3 4 5}	< 3 ⁶	3 a 5 ⁶	6 a 15	> 15 ^{5 7}	< 5 ¹	5 a 10 ¹	11 a 20	21 a 30	> 30 ^{5 7 8}	> 10 % ¹	marcadas ^{4 5}	cerradas ^{1 5}
Agua	No utilizable para el control de polvo ni preservación de finos a largo plazo																	
Agua con surfactantes	No utilizable para el control de polvo ni preservación de finos a largo plazo																	
Cloruro de calcio	1	1	7	50 ⁹	1	50 ¹⁰	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de magnesio	1	1	7	7 ⁹	1	50 ¹⁰	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de sodio (sal)	1	7	50	50 ⁹	7	50 ¹⁰	50	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Glicerina	1	7	50	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Lignosulfonato	1	1	7	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	7	7
Melazas / Azúcar	1	50	50	1	1	50	50	1	1	50	50	50	1	7	50	7	7	7
Aceite vegetal	1	7	50	1	1	50	50	1	1	50	50	7	1	1	50	7	7	7
Aceite de resina	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	50	1	7	7
Emulsión asfáltica	1	7	50	1	1	7	7	1	7 ⁸	50	7	1	7 ⁷	50	50	50	1	7
Aceites base y minerales	1	7	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	50	7	1	1
Resina del petróleo	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	7	7	1	7	50	1	1	7
Fluidos sintéticos	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Fluidos sintéticos con aglomerantes	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Polímeros sintéticos ¹¹	7	7	50	7	7	7	7	7	7	50	50	7	7	50	50	7	7	7
Enzimas	No utilizable superficialmente para el control de polvo ni preservación de finos																	
Bentonita o arcilla	No utilizable superficialmente para el control de polvo ni preservación de finos																	

¹ Los vehículos a velocidades mayores podrían llegar a quebrar la superficie y acelerar el proceso de corrugación y segregación. Si pasa se requiere rejuvenecimiento más a menudo.

² Más de 20 días con menos de 40 % de humedad relativa

³ Tormentas de alta intensidad

⁴ Tiende a generar lixiviados que se drenan a cuerpos de agua o se filtran a estratos inferiores cuando se presentan tormentas

⁵ Se deben revisar los resultados de abrasión y CBR sumergido y ser aumentados para contrarrestar el aumento en la cantidad de pesados

⁶ Los materiales tienen muy poco o carecen de contenido de aglomerante efectivo y son susceptibles a corrugaciones y segregación. El tratamiento podría llegar a afectar las capas inferiores de la calzada

⁷ Se puede tornar resbaloso si se humedece

⁸ Altos contenidos de finos puede requerir mayor tasa de aplicación para ser efectivo

⁹ Requiere un nivel mínimo de humedad para ser efectivo

¹⁰ Se puede llegar a filtrar a las capas inferiores, resecado de los agregados y un rociamiento superficial lo devuelve a la superficie

¹¹ Generalmente inadecuado para tratamientos con rociadores

cuadro A 3. Matriz de puntajes y parámetros para el objetivo: Preservación de finos de largo plazo (PFLP) - mezclado

Aditivo	Tránsito			Clima			Material								Otros parámetros			
	Tránsito promedio diario			Humedad / precipitación			Índice de plasticidad				Finos				Camiones	Pendientes	Curvas	
	< 100	100 a 250	> 250	Seco ²	Húmedo	Lluvioso ^{3 4 5}	< 3 ⁶	3 a 5 ⁶	6 a 15	> 15 ^{5 7}	< 5 ¹	5 a 10 ¹	11 a 20	21 a 30	> 30 ^{5 7 8}	> 10 % ¹	marcadas ^{4 5}	cerradas ^{1 5}
Agua	No utilizable para el control de polvo ni preservación de finos a largo plazo																	
Agua con surfactantes	No utilizable para el control de polvo ni preservación de finos a largo plazo																	
Cloruro de calcio	1	1	7	50 ⁹	1	50	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de magnesio	1	1	7	7 ⁹	1	50	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Cloruro de sodio (sal)	1	7	50	50 ⁹	7	50	50	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Glicerina	1	1	50	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	7	50	1	7	7
Lignosulfonato	1	1	7	1	1	50	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	7	7
Melazas / Azúcar	1	50	50	1	1	50	50	1	1	50	50	50	1	7	50	7	7	7
Aceite vegetal	1	7	50	1	1	50	50	1	1	50	50	7	1	1	50	7	7	7
Aceite de resina	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	50	1	7	7
Emulsión asfáltica	1	7	50	1	1	1	7	1	7 ⁸	50	7	1	1	50	50	7	1	7
Aceites base y minerales	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Resina del petróleo	1	1	50	1	1	7	7	1	1	50	7	7	1	7	50	1	1	7
Fluidos sintéticos	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	50	7	1	1	7	1	1	1
Fluidos sintéticos con aglomerantes	1	1	7	1	1	7	7	1	1	50	7	1	1	1	7	1	1	1
Polímeros sintéticos	1	1	50	1	1	7	7	1	1	50	50	1	1	7	50	7	7	7
Enzimas	7																	
Bentonita o arcilla	1																	

¹ Los vehículos a velocidades mayores podrían llegar a quebrar la superficie y acelerar el proceso de corrugación y segregación. Si pasa se requiere rejuvenecimiento más a menudo.

² Más de 20 días con menos de 40 % de humedad relativa

³ Tormentas de alta intensidad

⁴ Tiende a generar lixiviados que se drenan a cuerpos de agua o se filtran a estratos inferiores cuando se presentan tormentas

⁵ Se deben revisar los resultados de abrasión y CBR sumergido y ser aumentados para contrarrestar el aumento en la cantidad de pesados

⁶ Los materiales tienen muy poco o carecen de contenido de aglomerante efectivo y son susceptibles a corrugaciones y segregación. El tratamiento podría llegar a afectar las capas inferiores de la calzada

⁷ Se puede tornar resbaloso si se humedece

⁸ Altos contenidos de finos puede requerir mayor tasa de aplicación para ser efectivo

⁹ Requiere un nivel mínimo de humedad para ser efectivo

cuadro A 4. Matriz de puntajes y parámetros para el objetivo: Estabilización de largo plazo (ELP) - mezclado

Aditivo	Tránsito			Clima			Material								Otros parámetros				
	Tránsito promedio diario			Humedad / precipitación			Índice de plasticidad				Finos				Camiones	Pendientes marcadas ^{4 5}	Curvas cerradas ^{1 5}		
	< 100	100 a 250 ⁴	>250 ¹	Seco ²	Húmedo	Lluvioso ^{3 4 5}	< 3 ⁶	3 a 5 ⁶	6 a 15	> 15 ^{5 7}	< 5 ¹	5 a 10 ¹	11 a 20	21 a 30 ^{7 8}				> 30 ^{5 7 8}	> 10 % ¹
Agua	No utilizable para estabilización																		
Agua con surfactantes	No utilizable para estabilización																		
Cloruro de calcio	7	7	50	50 ⁹	1	50	7	7	7	50	50	7	7	7	50	7	7	7	
Cloruro de magnesio	7	7	50	7 ⁹	1	50	7	7	7	50	50	7	7	7	50	7	7	7	
Cloruro de sodio (sal)	7	7	50	50 ⁹	7	50	50 ¹	7	7	50	50	7	7	7	50	7	7	7	
Glicerina	No utilizable para estabilización																		
Lignosulfonato	7	50	50	1	1	50 ⁷	7	7	7	50	50	7	7	7	7	1	7	7	
Melazas / Azúcar	No utilizable para estabilización																		
Aceite vegetal	No utilizable para estabilización																		
Aceite de resina	7	50	50	1	1	7 ⁷	7	7	7	50	50	7	7	7	50	7	7	7	
Emulsión asfáltica	1	7	50	1	1	7	7	1	7	50	7	1	7	50	50	7	1	7	
Aceites base y minerales	No utilizable para estabilización																		
Resina del petróleo	1	1	50	1	1	7	7	1	1	50	7	7 ¹	1	7	50	7	1	7	
Fluidos sintéticos	No utilizable para estabilización																		
Fluidos sintéticos con aglomerantes	1	7	7	1	1	7	7	1	1	7	7	1	1	7	50	1	1	1	
Polímeros sintéticos	1	7	50	1	1	7	7	1	1	50	50	1	1	7	50	7	7	7	
Enzimas	1	7	50	1	1	7	50	50	7	1	50	50	7	1	1	1	1	1	
Bentonita o arcilla	1	1	7	1	1	7	1	7	50	50	1	7	50	50	50	7	7	1	

¹ Los vehículos a velocidades mayores podrían llegar a quebrar la superficie y acelerar el proceso de corrugación y segregación. Si pasa se requiere rejuvenecimiento más a menudo.

² Más de 20 días con menos de 40 % de humedad relativa

³ Tormentas de alta intensidad

⁴ Tiende a generar lixiviados que se drenan a cuerpos de agua o se filtran a estratos inferiores cuando se presentan tormentas

⁵ Se deben revisar los resultados de abrasión y CBR sumergido y ser aumentados para contrarrestar el aumento en la cantidad de pesados

⁶ Los materiales tienen muy poco o carecen de contenido de aglomerante efectivo y son susceptibles a corrugaciones y segregación. El tratamiento podría llegar a afectar las capas inferiores de la calzada

⁷ Se puede tornar resbaloso si se humedece

⁸ Altos contenidos de finos puede requerir mayor tasa de aplicación para ser efectivo

⁹ Requiere un nivel mínimo de humedad para ser efectivo

cuadro A 5. Matriz de consideraciones adicionales

Subcategoría de aditivo	Estabilidad de lixiviados	Impactos en agua	Impactos en vegetación	Impactos en humanos o mamíferos	Química del suelo	Nivelación simple (perfilado)
Agua	Estable	Sin impacto ¹	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí
Agua con surfactantes	Estable	Sin impacto ¹	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí
Cloruro de calcio	Se generan lixiviados ^{2 3}	Impacto potencial ⁵	Impacto potencial ⁷	Impacto potencial ⁸	Revisar ⁹	Sí ¹²
Cloruro de magnesio	Se generan lixiviados ^{2 3}	Impacto potencial ⁵	Impacto potencial ⁷	Impacto potencial ⁸	Revisar ⁹	Sí ¹²
Cloruro de sodio (sal)	Se generan lixiviados ²	Impacto potencial ⁵	Impacto potencial ⁷	Impacto potencial ⁸	Revisar ⁹	Sí ¹²
Glicerina	Se generan lixiviados ²	Impacto potencial ⁶	Sin impacto	Impacto potencial ⁸	Sin efecto	Sí ¹²
Lignosulfonato	Se generan lixiviados ²	Impacto potencial ⁶	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹²
Melazas / Azúcar	Se generan lixiviados ²	Impacto potencial ⁶	Sin impacto	Impacto potencial ⁸	Sin efecto	Sí ¹²
Aceite vegetal	Se generan lixiviados ²	Impacto potencial ⁶	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹³
Aceite de resina	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹²
Emulsión asfáltica	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Revisar ¹⁰	No ¹⁴
Aceites base y minerales	Se generan lixiviados ⁴	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí
Resina del petróleo	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹³
Fluidos sintéticos	Se generan lixiviados ⁴	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí
Fluidos sintéticos con aglomerantes	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹⁵
Polímeros sintéticos	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	No ¹⁴
Enzimas	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Revisar ¹¹	Sí
Bentonita o arcilla	Estable	Sin impacto	Sin impacto	Sin impacto	Sin efecto	Sí ¹²

¹ El rociado regular de agua requiere grandes cantidades de agua que puede afectar las reservas en la zona

² Tiende a generar lixiviados que se drenan a cuerpos de agua o se filtran a estratos inferiores

³ Se puede llegar a filtrar a las capas inferiores, resaca de los agregados y un rociamiento superficial lo devuelve a la superficie

⁴ Se mueve hacia capas inferiores con el movimiento del agua

⁵ Puede elevar los niveles de cloruros en flujos cercanos o aguas subterráneas

⁶ Puede afectar la vida acuática por la alta DBO

⁷ Los niveles de cloruros pueden afectar plantas cercanas no resistentes a estos componentes

⁸ Podría atraer animales o insectos a la carretera

⁹ En casos raros puede llegar a reaccionar con elementos abundantes en el suelo y formar compuestos no higroscópicos

¹⁰ Las selecciones de emulsiones aniónicas o catiónicas pueden afectar el desempeño

¹¹ Requiere materiales arcillosos para reaccionar

¹² Se puede dar mantenimiento con una niveladora siempre que el camino sea rociado con agua antes para ablandar la superficie

¹³ Igual que ⁴, pero será necesario replicarlo después de dar mantenimiento

¹⁴ Mantenimiento con niveladora genera el daño de la capa más superficial y será necesario reaplicar el tratamiento

¹⁵ Dependiendo del aglomerante

Apéndice B. Características de tratamientos para control de polvo

Cuadro B 1. Características de la subcategoría Agua

CATEGORÍA	Agua
SUB CATEGORÍA	Agua
USO	Control de polvo corto plazo
ORIGEN	Fuentes de agua que pueden incluir agua no potable
DOSIFICACIÓN	Líquida
CARACTERÍSTICAS	Provee una aglomeración de corto plazo de las partículas
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se pueden aplicar por medio de rociadores superficiales • Caminos temporales o desvíos por construcción • Uso para caminos temporales • La tasa de aplicación depende de la composición de los materiales tendiendo a ser mayor para materiales arenosos • Depende de la temperatura y de la humedad, normalmente es efectivo durante 0,5 a 12 horas
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de la fuente del agua. Agua industrial puede generar impactos significantes • Impactos sociales relacionados con la utilización del agua en cambio de utilizarse para fines domésticos o agrícola
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Control a corto plazo y se evapora fácilmente • A largo plazo presenta las peores relaciones costo - efectividad y la mayor dificultad de trabajo

Cuadro B 2. Características de la subcategoría Agua con surfactantes

CATEGORÍA	Agua
SUB CATEGORÍA	Agua con surfactantes
USO	Control de polvo corto plazo
ORIGEN	Fuentes de agua Aglomerantes normalmente basados en jabones
DOSIFICACIÓN	Líquida Los surfactantes pueden ser líquidos o sólidos y normalmente son altamente concentrados
CARACTERÍSTICAS	Provee una aglomeración mejorada de las partículas pero sigue siendo de corto plazo
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se pueden aplicar por medio de rociadores superficiales • La tasa de aplicación depende de la composición de los materiales tendiendo a ser mayor para materiales arenosos • Depende de la temperatura y de la humedad, normalmente es efectivo durante 0,5 a 12 horas
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Depende de la fuente del agua. Agua industrial puede generar impactos significantes • Impacto sociales relacionados con la utilización del agua en cambio de utilizarse para fines domésticos o agrícola • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: al agregar agua o aceite vegetal para el control de polvo, se puede afectar el tejido branquial si ocurre derrames o filtración en pequeñas corrientes
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Control a corto plazo y se evapora fácilmente, pero es un poco mejor que solo agua • A largo plazo presenta las peores relaciones costo - efectividad y la mayor dificultad de trabajo

Cuadro B 3. Características de la subcategoría Cloruro de calcio

CATEGORÍA	Absorores de agua
SUB CATEGORÍA	Cloruro de calcio
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Evaporado de sales naturales (lago o agua del mar) Subproducto de la fabricación de carbonato sódico mediante el proceso Solvay o la separación de bromo en las sales Se fabrica neutralizando el subproducto de ácido clorhídrico (p. ej. producción de hidróxido sódico) con caliza o una fuente similar al calcio
DOSIFICACIÓN	Líquido con concentraciones entre 28% y 42% en agua Hojuelas con >75% de cloruro de calcio Pastillas con >94% de cloruro de calcio
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Higroscópico: Absorbe humedad del ambiente • Delicuescente: se puede disolver a líquido absorbiendo la humedad del ambiente • Exotérmico • Aglomera las partículas y las mantiene unidas por tensión superficial • Absorbe agua del ambiente en función de la temperatura y la humedad relativa, a mayor temperatura menor humedad relativa necesaria • Incrementa la tensión superficial del agua entre las partículas ayudando a desacelerar la evaporación y ayuda a compactar durante el secado • Aumenta la resistencia del material en estado seco • No reduce el índice de plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante • Incrementa la conductividad eléctrica del suelo • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados sin efectos en el desempeño
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mayor efectividad si se hace mezclado • Tasa de aplicación inicial: <ul style="list-style-type: none"> -Líquido: de 35 % a 38 % de concentración residual @ 0,9 a 1,6 L/m², la aplicación típica es de 38 % de concentración residual aplicado sin diluir @ 1,6 L/m² - Hojuelas: 0,4 a 1,1 kg/m², aplicación típica de 0,9 kg/m² @ 77% de pureza - Pastillas: 0,4 a 0,7 kg/m², aplicación típica de 0,5 kg/m² @ 94% de pureza • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa

Cuadro B 3. Características de la subcategoría Cloruro de calcio (continuación)

<p>IMPACTO AMBIENTAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existe bastante investigaciones documentadas y estudios sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: generalmente insignificante si se mantiene una zona apropiada entre carretera y el recurso de agua • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: puede producir concentraciones de cloruro de calcio entre 400 ppm para trucha y hasta 10000 ppm para otras especies de pescado. Tasas de aplicación por razones de preservación/control de polvo usualmente no generan escorrentía • Impacto a la vegetación: algunas especies son susceptibles a deterioro, como el pino, cicuta, álamo, ceniza, abeto y arce si se utiliza altas concentraciones de aplicación • Impacto a los mamíferos: sal atrae animales a las carreteras • Problemas potenciales por derrames
<p>LIMITACIONES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un nivel de humedad relativa mínimo para poder absorber la humedad del ambiente, cuanto mayor humedad más producto necesario • Se desempeña mejor que el cloruro de magnesio cuando existe alta humedad relativa, pero no así en temporadas secas de larga duración • Ligeramente corrosivo al metal, corrosivo al aluminio y sus aleaciones, atrae la humedad por lo tanto prolonga los periodos de corrosión de los vehículos • El agua de lluvia tiende a generar pérdidas de los cloruros si la superficie no está bien compactada • La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200) • Las soluciones con concentraciones menores al 20% tiene un desempeño similar a simplemente rociar agua • No se recomienda para regiones con precipitación anual mayor a 800 mm por año porque tiende a lavarse

Cuadro B 4. Características de la subcategoría Cloruro de magnesio

CATEGORÍA	Absorores de agua
SUB CATEGORÍA	Cloruro de magnesio
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Evaporado de sales naturales (lago o agua del mar)
DOSIFICACIÓN	Líquido con concentraciones entre 28% y 33% en agua
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Higroscópico: Absorbe humedad del ambiente • Delicuescente: se puede disolver a líquido absorbiendo la humedad del ambiente • Exotérmico • Aglomera las partículas y las mantiene unidas por tensión superficial • Absorbe agua para humedades relativas >30% independientemente de la temperatura • Incrementa la tensión superficial del agua entre las partículas ayudando a desacelerar la evaporación y ayuda a compactar durante el secado • Aumenta la resistencia del material en estado seco • No reduce el índice de plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante • Incrementa la conductividad eléctrica del suelo • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados sin efectos en el desempeño
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mayor efectividad si se hace mezclado • Tasa de aplicación inicial: de 28 % a 35 % de concentración residual @ 1,4 a 2,3 L/m², la aplicación típica es de 30 % de concentración residual aplicado sin diluir @ 2,3 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras • Rejuvenecimiento: usualmente 50 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa

Cuadro B 4. Características de la subcategoría Cloruro de magnesio (continuación)

<p>IMPACTO AMBIENTAL</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Existen bastante investigaciones documentadas y estudios sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: generalmente insignificante si se mantiene una zona apropiada entre carretera y el recurso de agua • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: puede producir concentraciones de cloruro de calcio entre 400 ppm para trucha y hasta 10000 ppm para otras especies de pescado. Tasas de aplicación por razones de preservación/control de polvo usualmente no generan escorrentía • Impacto a la vegetación: algunas especies son susceptibles a deterioro, como el pino, cicuta, álamo, ceniza, abeto y arce si se utiliza altas concentraciones de aplicación • Impacto a los mamíferos: sal atrae animales a las carreteras • Problemas potenciales por derrames
<p>LIMITACIONES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un nivel de humedad relativa mínimo para poder absorber la humedad del ambiente • Corrosivo al acero en soluciones concentradas (algunos productos pueden contener un aditivo anticorrosivo), atrae la humedad por lo tanto prolonga los periodos de corrosión • El agua de lluvia tiende a generar pérdidas de los cloruros si la superficie no está bien compactada • La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200) • Las soluciones con concentraciones < 20% tiene un desempeño similar a simplemente rociar agua

Cuadro B 5. Características de la subcategoría Cloruro de sodio

CATEGORÍA	Absorores de agua
SUB CATEGORÍA	Cloruro de sodio (sal)
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Evaporado de sales naturales (lago o agua del mar) Explotado de sal gema
DOSIFICACIÓN	Cristales de sal
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomera las partículas y las mantiene unidas por tensión superficial • La capacidad de absorber agua depende de la cantidad de cloruro de magnesio, calcio y sodio en los cristales • El cloruro de sodio absorbe agua del ambiente a una humedad relativa >80% independientemente de la temperatura • Incrementa la tensión superficial del agua entre las partículas pero a un grado menor que el cloruro de calcio o magnesio • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Aumente la conductividad eléctrica del suelo • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados sin efectos en el desempeño
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales • La tasa de aplicación depende del contenido de cloruro de calcio o magnesio • Rejuvenecimiento: los intervalos dependen del contenido de cloruro de calcio o magnesio
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Existen bastante investigaciones documentadas y estudios sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: generalmente insignificante si se mantiene una zona apropiada entre carretera y el recurso de agua • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: puede producir concentraciones de cloruro de calcio entre 400 ppm para trucha y hasta 10000 ppm para otras especies de pescado. Tasas de aplicación por razones de preservación/control de polvo usualmente no generan escorrentía • Impacto a la vegetación: algunas especies son susceptibles a deterioro, como el pino, cicuta, álamo, ceniza, abeto y arce si se utiliza altas concentraciones de aplicación • Impacto a los mamíferos: sal atrae animales a las carreteras • Problemas potenciales por derrames

Cuadro B 5. Características de la subcategoría Cloruro de sodio (continuación)

LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none">• El desempeño depende del contenido de calcio y magnesio• El cloruro de calcio y de magnesio proveen mejor desempeño• Requiere un nivel de humedad relativa mínimo para poder absorber la humedad del ambiente• Corrosivo al acero en soluciones concentradas y moderadamente corrosivo en soluciones diluidas• El agua de lluvia tiende a generar pérdidas de los cloruros si la superficie no está bien compactada• La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200)
--------------	---

Cuadro B 6. Características de la subcategoría Glicerina

CATEGORÍA	Orgánicos no derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Glicerina
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Subproducto de la fabricación de aceite vegetal y biocombustible Reciclado de aceite de cocina usado
DOSIFICACIÓN	Líquida
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Usualmente se usa en combinación con otros aglomerantes orgánicos no derivados del petróleo • Aglomera las partículas del camino mediante propiedades humectantes y adhesivas. La durabilidad y efectividad depende de los componentes • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante a menos que se mezcle con torso tratamientos de estabilización • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados con algunos efectos en el desempeño. Se puede requerir retratamiento después del mantenimiento
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mucha mayor efectividad si se hace mezclado • La tasa de aplicación inicial depende de la propiedades de la glicerina y los aglomerantes añadidos, pero típicamente se utiliza 1,1 a 2,3 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras, altas temperaturas de aplicación mejoran la penetración • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> •Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales •Impacto a la calidad del agua: ningún registro •Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ningún registro •Impacto a la vegetación: ningún registro •Impacto a los mamíferos: podría atraer animales a la carretera •Glicerina proveniente de alimentos reciclados puede presentar un olor desagradable •Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere un nivel de humedad relativa mínimo para poder mantener la matriz de agregados hidratada • Precios fluctuantes, relacionados con el petróleo y otros mercados • Tiende a lavarse en periodos prolongados de lluvia

Cuadro B 7. Características de la subcategoría Lignosulfonato

CATEGORÍA	Orgánicos no derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Lignosulfonato
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Subproducto de sulfito por medio de la fabricación de papel Química depende del proceso de extracción de químicos (amonio, calcio, sodio) Desempeño depende de especies de arboles El constituyente activo es ácido sulfúrico neutralizado que contiene azúcares
DOSIFICACIÓN	Líquida con >25% de lignosulfonato Polvo
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Las ligninas y otros carbohidratos complejos adhieren las partículas del camino • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Incrementa la resistencia del material seco en condiciones secas • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Los caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados después de una ligera humidificación con bajos o ningún efecto
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mucha mayor efectividad si se hace mezclado • La tasa aplicación inicial depende del contenido de lignosulfonato: <ul style="list-style-type: none"> - 10 % a 25 % residual @2,3 a 4,5 L/m², la aplicación típica es del 25 % de concentración residual sin diluir @ 2,3 L/m² - 50 % residual aplicado diluido 1:1 con agua @ 4,5 L/m² - en forma de polvo mezclado con agua equivalente a 50 % residual diluido 1:1 @ 4,5 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Existe bastante investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: ningún registro • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: si ocurre algún derrame/escorrentía puede producir una demanda mayor por oxígeno • Impacto a la vegetación: ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: ninguno esperado • Problemas potenciales por derrames

Cuadro B 7. Características de la subcategoría Lignosulfonato (continuación)

LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none">• El desempeño varía dependiendo del proceso de extracción y el nivel de refinamiento (i.e. el contenido de azúcar)• Otros mercados de mayor valor e importancia puede afectar la calidad y disponibilidad del producto (i.e. menor contenido de aglomerantes)• Puede ser corrosivo al aluminio y sus aleaciones• La función de aglomeración superficial puede ser reducida o completamente eliminada por fuertes lluvias dado a la solubilidad de los sólidos en agua• La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200)• La superficie puede llegar a deteriorarse por largos periodos secos• Se recomienda > 8 % de finos
--------------	---

Cuadro B 8. Características de la subcategoría Melazas / Azúcar

CATEGORÍA	Orgánicos no derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Melazas / Azúcar
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Subproducto de la industria procesadora de la caña de azúcar y azúcar de remolacha
DOSIFICACIÓN	Líquida, concentraciones dependen del refinado
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Los carbohidratos complejos adhieren las partículas del camino unas con otras permitiendo que las partículas de la superficie se mantengan adheridas • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Los caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados después de una ligera humidificación con bajos efectos • Normalmente necesita retratamiento después del mantenimiento del camino
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales • La aplicación depende del contenido azúcar • Rejuvenecimiento: los intervalos dependen del contenido de azúcar
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: desconocido/ningún registro • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: si ocurre algún derrame/escorrentía puede producir una demanda mayor por oxígeno • Impacto a la vegetación: desconocido, ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: podría atraer animales e insectos a la carretera • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El desempeño varia dependiendo del proceso de extracción y el nivel de refinamiento • Periodo de efectividad limitado en comparación a otras aplicaciones de productos orgánicos no derivados del petróleo • La función de aglomeración superficial puede ser reducida o completamente eliminada por fuertes lluvias dado a la solubilidad de los sólidos en agua • La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200) • La superficie puede llegar a deteriorarse por largos periodos secos • Solo disponible en zonas cercanas a una fábrica de azúcar, usualmente no es efectivo si requiere transporte a zonas lejanas

Cuadro B 9. Características de la subcategoría Aceite vegetal

CATEGORÍA	Orgánicos no derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Aceite vegetal
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Fabricado como parte de la extracción de aceite vegetal Plantas comúnmente utilizadas como soya, colza, girasol, algodón, linaza y palma
DOSIFICACIÓN	Líquida, concentraciones dependen del refinado
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomera las partículas del camino • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados con algunos efectos en el desempeño. Se puede requerir retratamiento después del mantenimiento
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mucha mayor efectividad si se hace mezclado • La tasa aplicación inicial depende del tipo de aceite y su contenido, pero típicamente es de 1,1 a 2,3 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras, altas temperaturas de aplicación mejoran la penetración • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: desconocido/ningún registro • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: si ocurre algún derrame/escorrentía puede producir una demanda mayor por oxígeno • Impacto a la vegetación: desconocido, ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: podría atraer animales e insectos a la carretera • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El desempeño varío dependiendo del proceso de extracción y el nivel de refinamiento • Puede oxidarse rápidamente y volverse frágil • La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos es alto (>20% pasando la N° 200) • Otros mercados de mayor valor e importancia puede afectar la disponibilidad y precio del producto (i.e. comida)

Cuadro B 10. Características de la subcategoría Aceite de resina

CATEGORÍA	Orgánicos no derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Aceite de resina
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Producto destilado de la fabricación de papel Desempeño depende de las especies de arboles
DOSIFICACIÓN	Líquida, concentraciones dependen del refinado
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Las resinas adhieren las partículas unas con otras • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Incrementa la resistencia del material seco en condiciones secas • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Tiene más resistencia al agua que otros tratamientos orgánicos no derivados del petróleo
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mucha mayor efectividad si se hace mezclado. Si se usa mezclado se debe utilizar para la estabilización • La tasa aplicación inicial depende del contenido de resina: - 10 % a 20 % residual @ 1,4 a 4,5 L/m² - 40 % a 50 % residual aplicado diluido 1:4 con agua @ 2,3 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 aplicación cada 1 a 2 años
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: desconocido/ningún registro • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: si ocurre algún derrame/escorrentía puede producir una demanda mayor por oxígeno • Impacto a la vegetación: desconocido, ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: podría atraer animales e insectos a la carretera • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El desempeño varía dependiendo del proceso de extracción y el nivel de refinamiento • Otros mercados de mayor valor e importancia puede afectar la disponibilidad y precio del producto (i.e. comida) • La función de aglomeración superficial puede ser reducida por fuertes lluvias dado a la solubilidad de los sólidos en agua • La superficie puede llegar a deteriorarse por largos periodos secos

Cuadro B 11. Características de la subcategoría Aceites base y minerales

CATEGORÍA	Orgánicos derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Aceites base y minerales
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Proviene del crudo mediante el proceso de separación física durante refinamiento Aceites minerales también pueden ser derivados de procesos industriales
DOSIFICACIÓN	Líquida no diluible en agua
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomera las partículas del camino • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Efectivo a bajas temperaturas • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados sin efectos en el desempeño
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Usualmente aplicado por medio de rociadores superficiales, pero con mayor tiempo de efectividad si se hace mezclado. • Tasa inicial de aplicación usualmente 1,5 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en 2 o 3 capas ligeras • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto depende de la química del producto • Se requiere de un estudio ambiental y análisis químico por un laboratorio acreditado • Puede tener almacenamiento regulado e informe técnico de las características • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de productos disponibles dependientes de la química y el nivel de procesamiento. Productos de flujos de residuos pueden tener un desempeño variable con el tiempo • El precio está directamente relacionado con el precio del crudo y por lo tanto fluctúa • Puede tener almacenamiento regulado e informe técnico de las características

Cuadro B 12. Características de la subcategoría Resina del petróleo

CATEGORÍA	Orgánicos derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Resina del petróleo
USO	Estabilización / pasabilidad durante todo el año si se mezcla con los 150 mm de la calzada Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Combinación de resinas de petróleo derivadas de fuentes/procesos de refinamiento del crudo
DOSIFICACIÓN	Líquida
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomera las partículas del camino • Disminuye la sensibilidad a la humedad de los materiales • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado cuando se mezcla con el material pero no reduce el índice de plasticidad químicamente • Caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados con algunos efectos en el desempeño. Se puede requerir rejuvenecimiento después del mantenimiento
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mayor tiempo de efectividad si se hace mezclado. Si se usa mezclado se debe utilizar para la estabilización • Tasa inicial de aplicación generalmente 0,5 a 2,5 L/m² dependiendo de las propiedades del material • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Existe bastante investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto a la calidad del agua: ninguno después de curado • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno después de curado. Puede ser un problema si ocurre un derrame de mayor volumen • Impacto a la vegetación: ninguno presentado no existe aplicación directa • Impacto a los mamíferos: ninguno después de curado • Puede tener almacenamiento regulado e informe técnico de las características • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El precio está directamente relacionado con el precio del crudo y por lo tanto fluctúa • Se puede dificultar mantener la superficie si se forma una costa gruesa y dura.

Cuadro B 13. Características de la subcategoría Fluidos sintéticos

CATEGORÍA	Orgánicos derivados del petróleo
SUB CATEGORÍA	Fluidos sintéticos
USO	Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Fabricados específicamente para control de polvo y estabilización, derivados mediante reacciones químicas de productos Sintético es definido por los requisitos ambientales de US EPA (40 CFR 435)
DOSIFICACIÓN	Líquida no diluible en agua
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglomera las partículas del camino mediante mecanismos cohesivos vinculantes • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Mantiene la eficiencia aún a temperaturas extremas, altas o bajas • No reduce la plasticidad ni aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado • Los caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados después de una ligera humidificación con bajos o ningún efecto
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Usualmente aplicado por medio de rociadores superficiales, pero con mayor tiempo de efectividad si se hace mezclado. Si se usa mezclado se debe utilizar para la estabilización • Tasa inicial de aplicación generalmente 1,1 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en 1 o 2 capas ligeras • Rejuvenecimiento: de 50 % a 70 % de la aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 aplicaciones por temporada, la primera aplicada al final de la época lluviosa
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Debe cumplir con los criterios ambientales de EPA para sintético (toxicidad del sedimento, biodegradabilidad, contenido de PAH, toxicidad acuática y libre de brillo • Impacto a la calidad del agua: ninguno después de curado. Puede ser un problema si ocurre un derrame de mayor volumen • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno • Impacto a la vegetación: ninguno • Impacto a los mamíferos: ninguno • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • El precio está directamente relacionado con el precio del crudo y por lo tanto fluctúa • Requiere mantenimiento semianual

Cuadro B 14. Características de la subcategoría Acetato de polivinilo, polivinilo acrílico, clorato de polivinilo

CATEGORÍA	Emulsiones poliméricas sintéticas
SUB CATEGORÍA	Acetato de polivinilo, polivinilo acrílico, clorato de polivinilo
USO	Estabilización / pasabilidad durante todo el año si se mezcla con los 150 mm de la calzada Retención de finos y control de polvo
ORIGEN	Fabricado específicamente para control de polvo y estabilización para cumplir con especificaciones técnicas Puede ser subproducto de procesos de fabricación de adhesivo o pintura
DOSIFICACIÓN	Líquida
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Aglutina las partículas superficiales mediante propiedades adhesivas • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado cuando se mezcla con el material pero no reduce el índice de plasticidad químicamente • Usualmente se forma una capa rígida en la superficie que impide que se pueda hacer mantenimiento convencional con motoniveladora • Requiere re-aplicación después de mantenimiento
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Se puede aplicar por medio de rociadores superficiales o mezcla con los agregados, con mayor tiempo de efectividad si se hace mezclado. Si se usa mezclado se debe utilizar para la estabilización • Tasa de aplicación inicial depende del contenido residual de polímeros: <ul style="list-style-type: none"> - 5 % a 15 % residual @ 1,4 a 4,5 L/m² - 40 % a 50 % residual aplicado diluido 1:9 con agua @ 2,3 L/m² • Las aplicaciones con rociadores generan mejores resultados de penetración si se aplica en varias capas ligeras altamente diluidas • Requiere re aplicación después de mantenimiento • Rejuvenecimiento: en las aplicaciones por mezclado es usualmente de 50 % a 80 % de la tasa de aplicación inicial • Generalmente de 1 a 2 veces por temporada para la aplicación con rociadores • Generalmente de 1 vez al año para la aplicación por mezclado
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto depende de la química del producto • Se debe solicitar un estudio ambiental y análisis químico por un laboratorio acreditado • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno esperado • Impacto a la vegetación: ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: ninguno esperado • Problemas potenciales por derrames

Cuadro B 14. Características de la subcategoría Acetato de polivinilo, polivinilo acrílico, clorato de polivinilo (continuación)

LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none">• El precio está directamente relacionado con el precio del crudo y por lo tanto fluctúa• Gran variedad de productos disponibles dependientes de la química y el nivel de procesamiento. Productos de flujos de residuos pueden tener un desempeño variable con el tiempo• Aplicaciones por medio de rociadores superficiales generalmente tienen un periodo limitado de desempeño debido a la formación de capas o costras en la superficie.• Puede desintegrarse bajo la luz ultravioleta• Difícil de dar mantenimiento. No es posible dar mantenimiento con la mayoría de las técnicas convencionales para caminos no pavimentados• Usualmente requiere re-aplicación después de mantenimiento
--------------	--

Cuadro B 15. Características de la subcategoría Estabilizadores líquidos concentrados de Alta acidez

CATEGORÍA	Estabilizadores líquidos concentrados
SUB CATEGORÍA	Alta acidez
USO	Estabilización / pasabilidad durante todo el año si se mezcla con los 150 mm de la calzada
ORIGEN	Productos con ácido sulfúrico/fosfórico en sus propiedades
DOSIFICACIÓN	Líquida con altas concentraciones
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Al ser transportado en altas concentraciones disminuye el costo del transporte • El intercambio de cationes altera la estructura mineral de las arcillas para reducir la sensibilidad a la humectación del material • Mantiene la eficiencia aún durante largos periodos de sequía con baja humedad • Ayuda a la compactación • Aumenta la resistencia a cortante del suelo saturado cuando se mezcla con el material pero no reduce el índice de plasticidad químicamente • Los caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados después de una ligera humidificación con bajos o ningún efecto
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se pueden aplicar por medio mezclado • La tasa de aplicación varía típicamente entre 0,01 a 0,03 L/m² • La reacción química es teóricamente permanente entonces no es necesario hacer rejuvenecimientos
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto depende de la química del producto • Se debe solicitar un estudio ambiental y análisis químico por un laboratorio acreditado • pH del producto sin diluir es muy bajo • Impacto a la calidad del agua: ninguno esperado. Puede ser un problema si ocurre un derrame de mayor volumen • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno esperado • Impacto a la vegetación: ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: ninguno esperado • Problemas potenciales por derrames

cuadro B 15. Características de la subcategoría Estabilizadores líquidos concentrados de Alta acidez (continuación)

LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none">• Gran variedad de productos disponibles• Requiere un relativamente alto contenido de arcilla y finos para obtener una reacción satisfactoria• Desempeño es sumamente dependiente en la mineralogía arcillosa del material• El mecanismo de estabilización es difícil de evaluar en un laboratorio• Se puede durar varios meses para alcanzar un periodo de estabilización (i.e. ganancia de fuerza requerida)• Composición del producto se cambia a menudo para ajustarse a aplicaciones específicas• Puede requerir un tratamiento separado de control de polvo para prevenir pérdida de finos• Investigaciones científicas limitadas para apoyar afirmaciones de fabricantes
--------------	--

Cuadro B 16. Características de la subcategoría Estabilizadores líquidos concentrados de baja acidez

CATEGORÍA	Estabilizadores líquidos concentrados
SUB CATEGORÍA	Baja acidez / enzimas
USO	Estabilización / pasabilidad durante todo el año si se mezcla con los 150 mm de la calzada
ORIGEN	Productos basados de proteína enzimática
DOSIFICACIÓN	Líquida con altas concentraciones
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • Al ser transportado en altas concentraciones disminuye el costo del transporte • El mecanismo de estabilización no es muy comprendido claramente, pero las moléculas de proteína reaccionan con las moléculas del suelo para generar una unión cementicia que estabiliza la estructura del suelo y reduce la afinidad de las partículas con el agua • Aumentos en la resistencia, al ser mezclado con el material, son normalmente asociados con la contribución que da para la compactación
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se pueden aplicar por medio mezclado • La tasa de aplicación varía típicamente entre 0,01 a 0,03 L/m² • La reacción química es teóricamente permanente entonces no es necesario hacer rejuvenecimientos
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> • Cantidad limitada de investigaciones documentadas sobre las repercusiones ambientales • Impacto depende de la química del producto • Se debe solicitar un estudio ambiental y análisis químico por un laboratorio acreditado • Impacto a la calidad del agua: ninguno esperado. Puede ser un problema si ocurre un derrame de mayor volumen • Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno esperado • Impacto a la vegetación: ninguno esperado • Impacto a los mamíferos: ninguno esperado • Problemas potenciales por derrames
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • Gran variedad de productos disponibles • Requiere un relativamente alto contenido de arcilla y finos para obtener una reacción satisfactoria • Desempeño es sumamente dependiente en la mineralogía del material • El mecanismo de estabilización es difícil de evaluar en un laboratorio • Se puede durar varios meses para alcanzar un periodo de estabilización (i.e. ganancia de fuerza requerida) • Composición del producto se cambia a menudo para ajustarse a aplicaciones específicas • Puede requerir un tratamiento separado de control de polvo para prevenir pérdida de finos

Cuadro B 17. Características de la subcategoría Bentonita o arcilla

CATEGORÍA	Estabilización mecánica
SUB CATEGORÍA	Bentonita o arcilla
USO	Estabilización mecánica Retención de finos
ORIGEN	Extraído/Excavado de depósitos naturales de arcilla
DOSIFICACIÓN	Polvo
CARACTERÍSTICAS	<ul style="list-style-type: none"> • La arcilla es usada para incrementar el contenido de finos del material y mecánicamente unir las partículas más grandes para prevenir corrugaciones por lavado o segregación del material • Aumenta el índice de plasticidad pero no incrementa la resistencia a cortante del material saturado • Los caminos tratados pueden ser nivelados y re compactados después de una ligera humidificación con bajos o ningún efecto
APLICACIÓN	<ul style="list-style-type: none"> • Solo se pueden aplicar por medio mezclado • La tasa de aplicación depende de la granulometría y el índice de plasticidad del material, se obtienen mejores resultados cuando el contenido de finos después de la aplicación es entre 11 % y 20 % y el IP está entre 6% y 10 %. (Típicamente de 1 % a 3 % de arcilla por peso seco de agregado) • No es necesario hacer rejuvenecimientos
IMPACTO AMBIENTAL	<ul style="list-style-type: none"> •Suelo natural •Impacto a la calidad del agua: puede aumentar cantidad de sedimento en el agua si no se maneja adecuadamente la erosión de la carretera •Impacto a la biota acuática de los recursos de agua dulce: ninguno esperado •Impacto a la vegetación: ninguno esperado •Impacto a los mamíferos: ninguno esperado
LIMITACIONES	<ul style="list-style-type: none"> • La superficie se torna resbalosa si el contenido de finos y los limites de diseño de plasticidad se exceden • Tratamiento previo a otros tratamientos químicos

Apéndice C. Resultados de los ensayos de laboratorio

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM 136, ASTM 117)

FECHA DEL ENSAYO: 26/01/21 MUESTRA: RUTA 749 – AGUAS ZARCAS

MASA TOTAL INICIAL (g):	11 375.8
MASA ANTES LAVADO (gruesos) (g):	7311.2
MASA DESPUES DE LAVADO (gruesos) (g):	7211.3

GRUESOS

MALLA	ABERTURA	MASA RET.
No.	(mm)	(g)
1"	25	2009.7
Nº 4	4.75	4920.2

TOTAL PASANDO Nº 4 (g):	4064.6
MASA ANTES LAVADO (finos) (g):	1087.6
MASA DESPUES DE LAVADO (finos) (g):	988.8

FINOS

MALLA	ABERTURA	FINOS CUARTEO 1	FINOS CUARTEO 2
No.	(mm)	(Gruesos) (g)	(Finos) (g)
Nº 8	2.36	102	237.1
Nº 40	0.425	21.6	539.7
Nº200	0.075	135.8	204.3
CHAROLA		25.1	8.0

ANALISIS GRANULOMETRICO (ASTM 136, ASTM 117)

FECHA: 03/02/21

MUESTRA: RUTA 901 – NANDAYURE

MASA TOTAL INICIAL (g):	9816.8
MASA ANTES LAVADO (gruesos) (g):	4881.6
MASA DESPUES DE LAVADO (gruesos) (g):	4783.1

GRUESOS

MALLA	ABERTURA	MASA RET.
No.	(mm)	(g)
1"	25	401.0
Nº 4	4.75	4298.2

TOTAL PASANDO Nº 4 (g):	4935.2
MASA ANTES LAVADO (finos) (g):	1284.2
MASA DESPUES DE LAVADO (finos) (g):	1141.4

FINOS

MALLA	ABERTURA	FINOS CUARTEO 1	FINOS CUARTEO 2
No.	(mm)	(Gruesos) (g)	(Finos) (g)
Nº 8	2.36	54.8	375.8
Nº 40	0.425	12.0	618.6
Nº200	0.075	19.5	145.2
CHAROLA		4.0	4.1

Apéndice D. Información meteorológica zona de aplicación RN 901

Cuadro D 1. Humedad relativa promedio 2018 - 2020 estación meteorológica Santa Marta - Hojancha

Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2018	ene	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	80	82	79	76	79	77	77	78	76	72	68	75
2018	feb	71	68	66	64	67	69	69	66	72	74	73	69	56	58	60	59	62	61	65	64	63	62	68	71	72	72	-	-	-	-	-
2018	mar	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	60	66	69	67	72	75	67	48	54	60	62	61	61	61	63	61	56	
2018	abr	66	74	74	73	78	81	84	87	81	81	88	81	86	85	83	74	73	73	65	69	68	79	79	78	77	77	79	83	81	89	-
2018	may	77	75	74	76	84	84	82	79	83	86	83	77	87	88	88	91	90	85	92	93	91	94	88	91	89	99	98	90	89	89	92
2018	jun	90	92	87	89	96	92	97	90	85	92	88	93	92	92	92	91	91	88	91	90	86	89	91	91	93	91	89	91	92	93	-
2018	jul	85	91	90	91	92	92	87	87	84	84	88	88	91	84	87	91	87	91	87	85	92	90	92	89	86	92	93	92	92	87	91
2018	ago	92	93	90	92	88	89	94	91	94	93	90	88	93	94	89	90	90	88	89	92	89	83	93	90	91	92	92	94	91	93	92
2018	set	92	94	91	91	92	91	94	99	89	91	90	93	92	94	89	90	89	91	89	95	90	91	89	92	94	90	90	91	92	93	-
2018	oct	94	95	99	98	94	87	91	93	91	87	91	98	94	95	98	100	96	91	91	94	91	91	90	91	91	93	96	90	91	89	93
2018	nov	90	87	88	96	93	91	91	89	89	90	86	90	89	90	86	84	87	85	89	90	93	90	89	86	89	86	82	90	96	90	-
2018	dic	89	92	85	89	86	84	86	88	84	79	71	81	82	87	82	78	79	80	84	84	72	64	68	79	76	80	78	77	79	80	74
2019	ene	76	75	75	74	66	73	76	76	77	74	73	77	71	65	76	71	74	75	76	64	55	56	72	74	72	75	81	73	73	65	68
2019	feb	69	72	71	70	68	64	70	62	58	60	69	78	75	71	76	75	71	71	75	72	73	74	70	67	58	60	66	69	-	-	-
2019	mar	69	72	68	67	62	53	58	52	59	62	59	57	58	62	63	56	54	54	60	59	57	52	50	58	60	53	48	54	61	63	68
2019	abr	64	69	61	64	68	71	73	71	76	77	83	78	80	85	75	59	58	71	80	74	66	68	68	74	74	69	73	70	68	74	-
2019	may	72	74	69	79	81	73	73	81	87	92	89	89	86	92	93	86	92	90	85	91	90	96	92	96	94	98	99	98	94	90	87
2019	jun	83	88	88	88	89	89	88	90	91	90	91	96	94	89	90	89	85	85	87	93	90	92	93	90	88	84	83	89	87	91	-
2019	jul	93	91	84	87	82	82	89	92	90	92	92	90	92	87	93	89	91	92	90	89	88	93	87	90	91	88	88	87	85	85	83
2019	ago	88	93	92	92	89	89	92	91	90	93	94	93	88	92	93	93	92	92	90	90	92	90	87	86	90	90	87	83	91	89	87
2019	set	91	90	90	91	92	91	89	92	92	88	90	89	93	92	95	90	92	87	90	91	93	94	89	93	96	96	89	94	90	89	-
2019	oct	96	92	95	92	94	90	91	94	95	92	96	97	98	100	92	91	90	91	93	93	97	91	93	95	98	98	92	93	92	95	90
2019	nov	91	91	90	88	85	84	86	87	87	87	92	90	93	92	92	90	91	86	90	87	87	88	88	88	89	85	88	95	91	84	-
2019	dic	91	81	73	81	81	81	85	79	86	86	85	84	85	87	89	86	81	87	75	82	82	84	80	78	73	70	78	77	84	86	84
2020	ene	84	84	85	77	72	82	67	63	75	72	82	78	74	68	74	76	78	75	74	68	65	66	73	77	64	67	82	92	92	88	80
2020	feb	73	63	67	75	80	81	85	67	62	70	73	77	75	65	66	59	60	63	74	69	59	60	67	71	77	79	77	61	57	-	-
2020	mar	63	69	75	75	75	62	55	60	63	69	66	67	69	70	69	65	63	60	60	64	63	63	63	66	68	72	70	69	68	66	67
2020	abr	77	75	75	70	73	72	68	66	65	71	75	82	87	85	89	83	78	74	80	79	74	77	88	85	86	76	75	77	77	82	-
2020	may	81	72	69	76	78	74	83	78	84	81	83	85	88	91	85	86	84	89	92	87	87	87	88	88	91	91	93	93	93	90	95
2020	jun	96	93	93	97	90	89	87	89	91	88	87	89	94	90	94	88	89	91	91	93	87	91	91	94	88	81	93	90	89	87	-
2020	jul	88	86	93	91	91	91	84	89	94	93	87	93	95	93	92	86	81	88	90	91	92	90	92	92	93	93	92	92	91	89	86
2020	ago	91	91	89	92	92	88	88	88	88	93	87	87	92	94	92	92	88	89	89	96	95	91	86	89	86	97	92	93	90	89	88
2020	set	89	89	90	92	93	92	91	87	92	90	90	90	89	90	89	89	91	94	91	93	90	91	93	97	92	92	93	89	90	92	-
2020	oct	92	91	97	99	97	97	96	94	93	90	90	93	94	93	91	90	90	90	94	96	99	92	91	92	99	98	95	94	93	97	95
2020	nov	92	96	99	96	97	95	96	95	96	99	96	91	93	95	91	94	95	92	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	84	-
2020	dic	85	92	-	-	-	87	83	85	71	70	76	87	87	84	87	87	75	81	86	82	78	82	83	84	73	79	69	-	-	-	-

Cuadro D 2. Humedad relativa promedio 2018 - 2020 estación meteorológica Santa Rita – Nandayure

Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2017	ene	-	-	-	-	-	-	81	87	87	82	83	88	82	81	83	85	82	77	87	84	81	83	88	84	79	84	83	87	86	87	
2017	ene	86	83	88	82	85	84	82	83	86	85	93	84	82	89	87	86	90	87	91	86	88	92	95	96	90	90	90	89	91	88	-
2017	ene	92	94	93	95	90	88	87	88	85	85	88	83	83	85	84	83	82	82	85	82	86	88	89	90	93	96	97	90	87	84	86
2017	ene	83	84	85	89	83	85	84	79	83	79	80	91	86	91	95	83	78	80	80	82	85	87	81	79	74	76	77	77	80	81	-
2017	ene	78	78	79	79	80	83	87	90	81	55	59	64	65	69	77	76	75	78	76	76	74	75	74	74	72	73	72	74	73	72	78
2018	ene	73	72	63	57	58	60	53	70	74	74	77	80	67	56	58	71	65	62	66	72	73	68	71	72	65	67	68	68	67	63	66
2018	ene	66	64	64	62	63	65	64	63	65	67	65	65	61	57	61	64	64	60	62	60	62	61	59	71	68	63	59	61	-	-	-
2018	ene	62	61	57	59	57	60	60	60	63	64	67	66	63	63	57	57	59	61	64	65	57	46	52	58	57	56	54	55	57	59	54
2018	ene	57	61	63	63	66	74	78	78	71	68	70	71	80	78	72	63	63	61	60	62	60	73	76	71	70	71	71	71	74	80	-
2018	ene	64	65	67	66	73	70	75	74	76	79	74	71	73	75	81	80	87	80	82	85	85	94	87	84	86	94	95	90	87	86	84
2018	ene	78	87	81	83	89	84	92	79	78	88	89	92	83	83	87	89	85	82	85	83	80	82	81	85	87	86	81	86	85	84	-
2018	ene	82	88	82	84	85	86	83	77	77	79	80	77	85	80	82	83	77	81	76	80	78	78	84	80	78	88	89	82	84	84	83
2018	ene	87	87	84	87	82	78	88	83	85	83	81	76	85	86	77	85	79	76	80	80	79	74	82	82	85	81	80	83	82	86	87
2018	ene	86	84	83	80	87	84	86	93	89	85	84	86	83	84	85	83	83	86	82	88	84	86	84	84	90	86	83	86	82	86	-
2018	ene	89	87	94	98	97	84	83	83	86	83	86	95	93	93	92	97	92	88	82	85	82	81	82	83	87	88	89	89	86	82	87
2018	ene	84	82	84	90	87	82	81	82	81	82	83	83	82	83	80	81	82	78	82	85	88	80	79	77	78	77	81	81	86	81	-
2018	ene	83	86	82	82	79	78	79	79	78	72	73	73	74	81	74	73	74	75	76	80	67	61	69	73	72	72	72	72	73	73	70
2019	ene	70	70	72	71	68	69	71	72	71	69	70	72	68	69	69	66	64	64	68	65	58	61	67	67	67	68	72	69	70	64	64
2019	ene	62	66	65	63	63	60	61	59	59	60	63	67	67	61	65	68	62	64	65	65	68	66	65	59	61	53	60	61	-	-	-
2019	ene	64	66	63	63	56	54	55	54	54	59	57	51	57	58	59	56	53	52	59	59	54	47	47	56	58	53	47	51	59	59	60
2019	ene	57	58	54	57	58	64	66	64	66	75	77	70	68	68	62	56	50	64	70	63	57	57	61	66	67	61	63	61	58	61	-
2019	ene	60	66	63	66	65	61	64	67	75	79	77	74	71	76	84	83	80	85	86	82	85	90	87	89	89	94	96	95	91	83	81
2019	ene	79	81	77	76	76	74	79	85	85	79	82	89	84	80	77	77	77	76	76	87	84	84	79	82	87	76	76	75	76	82	-
2019	ene	82	81	77	75	72	72	81	90	85	84	86	80	82	82	86	81	82	81	81	75	80	85	76	86	86	77	79	78	73	78	74
2019	ene	78	85	84	81	82	83	89	85	80	89	82	88	77	88	87	89	85	86	85	86	88	81	77	74	82	83	78	76	86	81	79
2019	ene	83	83	81	84	87	84	85	85	89	81	84	86	81	82	88	83	86	80	84	85	88	92	89	89	93	93	85	88	85	82	-
2019	ene	89	91	90	87	89	84	89	91	89	88	93	93	95	96	88	82	81	83	84	85	92	85	86	87	85	95	84	85	83	88	86
2019	ene	85	85	81	79	80	84	82	83	83	84	86	82	86	88	85	85	83	81	79	83	79	80	80	81	80	77	82	94	84	78	-
2019	ene	83	78	72	79	82	84	83	79	80	78	79	83	80	79	80	81	78	81	74	78	76	79	77	74	70	73	74	73	79	80	78
2020	ene	77	77	79	75	66	76	66	64	67	66	72	71	68	68	69	68	70	70	69	67	65	69	71	71	68	69	76	81	84	77	72
2020	ene	68	59	65	66	69	71	74	65	60	60	66	66	66	62	60	58	63	57	60	60	58	54	57	62	70	71	67	56	52	-	-
2020	ene	60	59	64	64	64	57	54	56	53	56	56	59	60	60	58	56	58	56	55	61	56	56	55	59	58	62	57	58	60	57	56
2020	ene	66	67	65	59	62	64	58	56	56	62	63	70	82	76	77	71	64	64	71	71	72	69	77	77	76	69	69	70	68	74	-
2020	ene	78	66	64	68	72	67	73	70	74	77	76	75	75	79	78	80	78	82	84	85	86	79	82	82	88	87	88	85	86	84	90

Cuadro D 3. Humedad relativa promedio 2018 - 2020 estación meteorológica Santa Marta - Hojancha

Año	Mes	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
2017	ago	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	92	82	92	92	90	91	93	89	88	91	91	92	92	92	
2017	set	93	92	94	92	92	90	89	91	92	90	98	90	90	95	94	92	96	95	97	92	95	95	97	99	96	96	95	96	96	94	-
2017	oct	95	96	97	98	95	94	93	92	92	90	95	89	91	92	90	91	89	89	91	91	94	93	94	95	96	99	99	95	93	91	89
2017	nov	90	87	92	93	89	91	88	86	87	86	88	92	92	97	98	89	84	87	87	87	90	93	86	81	82	84	81	80	84	88	-
2017	dic	82	82	85	86	87	88	94	94	86	66	70	73	75	79	82	80	79	82	81	84	80	83	79	80	79	81	80	81	82	79	85
2018	ene	81	76	72	67	72	74	66	80	83	83	88	87	73	70	70	86	80	74	78	82	81	78	83	82	76	78	78	77	76	69	72
2018	feb	75	74	72	71	72	77	73	75	75	78	76	78	70	67	75	72	75	72	72	70	74	71	67	82	85	76	71	75	-	-	-
2018	mar	76	68	65	73	71	73	73	74	73	71	79	77	72	71	69	68	71	73	76	76	69	58	60	67	68	68	67	68	70	73	67
2018	abr	68	71	75	76	78	81	92	87	79	84	85	79	90	85	81	72	75	71	73	71	77	78	81	77	80	79	80	82	83	85	-
2018	may	67	73	79	75	85	81	85	80	83	85	81	84	81	86	89	88	91	88	90	94	93	96	90	92	93	99	#	-	-	-	-
2018	jun	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	94	91	91	90
2018	jul	92	90	90	89	93	92	92	98	93	92	90	92	91	91	90	89	86	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
2018	ago	-	-	97	98	95	87	91	89	91	89	93	98	97	97	97	100	96	93	91	92	88	89	89	91	94	94	94	92	91	87	91
2018	set	89	90	91	97	92	90	88	89	88	90	88	90	89	90	88	85	90	86	89	91	93	88	86	85	87	86	87	91	92	89	-
2018	oct	91	93	90	89	83	84	85	87	86	80	76	81	81	89	79	74	84	83	85	86	75	73	75	81	79	79	78	81	81	81	78
2019	ene	77	75	80	80	77	80	80	80	79	80	79	81	74	77	78	77	73	72	80	72	67	67	76	77	77	78	81	76	79	74	74
2019	feb	71	76	74	71	72	70	69	67	62	62	74	76	73	64	76	76	74	73	69	76	76	76	76	71	70	65	72	73	-	-	-
2019	mar	75	75	79	75	68	63	64	64	65	73	72	63	67	69	71	66	64	64	71	71	68	61	59	69	72	65	58	58	72	72	71
2019	abr	67	70	62	67	67	79	77	74	76	81	83	80	83	84	73	63	67	75	79	73	66	67	74	76	77	71	72	72	70	76	-
2019	may	79	81	73	80	76	72	77	78	84	89	88	85	83	89	89	89	89	94	91	89	86	-	-	-	-	-	-	97	93	92	88
2019	jun	84	90	86	86	90	84	87	92	93	89	91	95	93	88	87	88	85	86	89	93	91	90	86	89	92	84	85	84	85	90	-
2019	jul	87	87	85	83	82	82	88	93	90	93	90	88	89	88	93	89	91	90	88	81	89	92	84	91	91	85	86	85	82	83	81
2019	ago	89	91	89	86	90	89	95	92	88	95	91	89	86	92	94	94	91	92	91	93	94	90	87	86	89	90	84	86	91	89	89
2019	set	90	88	89	93	92	93	91	90	92	88	90	90	88	90	95	90	91	87	89	89	94	95	90	94	96	97	89	93	90	87	-
2019	oct	94	91	95	91	94	91	92	95	92	93	97	97	97	99	96	91	89	89	92	90	96	93	93	93	94	99	91	91	91	92	94
2019	nov	91	93	88	88	87	90	89	88	89	89	93	89	90	93	91	90	88	82	87	88	87	88	87	89	87	86	88	96	90	81	-
2019	dic	87	84	80	86	87	88	89	85	85	85	86	88	83	85	87	88	84	88	81	83	85	87	85	78	78	82	85	82	86	85	85
2020	ene	82	85	88	79	71	82	74	73	72	70	79	77	70	74	78	77	76	78	77	75	73	77	81	79	78	81	86	91	92	87	81
2020	feb	76	73	76	77	78	80	87	78	72	71	76	78	77	74	72	70	68	68	73	74	70	65	67	76	78	79	68	62	62	-	-
2020	mar	69	67	76	76	74	68	65	62	64	65	63	69	73	73	72	71	70	67	65	70	67	64	64	71	70	74	69	69	70	70	70
2020	abr	79	75	76	72	73	74	68	68	71	74	76	85	89	85	87	81	73	76	79	80	80	76	88	83	85	78	76	76	79	83	-
2020	may	80	71	70	77	80	76	83	79	84	84	79	81	81	88	83	89	82	89	91	87	88	85	89	87	94	91	95	94	90	89	94
2020	jun	96	94	96	96	94	92	91	89	89	90	89	88	96	90	92	92	90	90	92	92	87	89	91	93	90	84	92	96	93	90	-
2020	jul	91	92	93	92	90	93	87	90	91	93	91	90	93	90	92	84	81	86	88	90	93	87	93	93	94	91	92	95	89	86	86

Apéndice E. Resultados de las mediciones de PM mediante el dispositivo DustMate

Del Cuadro E 1 al Cuadro E 46 se muestran sombreados en verde las salidas del DustMate que corresponden al tramo tratado.

Cuadro E 1. Lecturas del dispositivo DustMate medición 1 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	11:51:50	5.5	3.7	2.2	129.9
12/15/20	11:51:52	4.2	2.8	1.7	176.5
12/15/20	11:51:54	12.0	5.0	3.4	4233.4
12/15/20	11:51:56	10.0	4.5	3.0	1303.4
12/15/20	11:51:58	12.9	6.3	4.3	1713.4
12/15/20	11:52:00	16.3	6.6	4.6	4014.3
12/15/20	11:52:02	29.4	13.0	9.0	6527.9
12/15/20	11:52:04	29.8	14.5	9.6	4692.5
12/15/20	11:52:06	41.5	18.9	12.8	6527.9
12/15/20	11:52:08	33.8	15.5	10.1	6527.9
12/15/20	11:52:10	58.0	24.9	15.9	6527.9
12/15/20	11:52:12	172.3	74.2	48.8	6527.9
12/15/20	11:52:14	80.4	33.0	21.0	6527.9
12/15/20	11:52:16	50.0	22.0	14.9	6527.9
12/15/20	11:52:18	46.4	21.1	13.7	6527.9
12/15/20	11:52:20	41.4	19.0	12.3	6527.9
12/15/20	11:52:22	33.2	16.3	10.3	6527.9
12/15/20	11:52:24	20.0	10.7	6.5	2154.3
12/15/20	11:52:26	13.9	7.3	4.7	1253.3
12/15/20	11:52:28	10.7	5.7	3.7	1149.8
12/15/20	11:52:30	10.0	6.3	4.3	712.8
12/15/20	11:52:32	8.8	5.4	3.5	371.5
12/15/20	11:52:34	8.6	5.6	3.6	549.7
12/15/20	11:52:36	14.9	7.6	4.8	1478.1
12/15/20	11:52:38	21.4	9.4	6.4	4391.8
12/15/20	11:52:40	31.2	14.6	10.0	6527.9
12/15/20	11:52:42	20.2	9.1	5.8	2078.5
12/15/20	11:52:44	24.8	12.3	8.0	4150.3
12/15/20	11:52:46	60.1	27.7	18.2	6527.9
12/15/20	11:52:48	45.6	19.8	13.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	11:52:50	101.2	44.6	29.9	6527.9
12/15/20	11:52:52	94.8	41.4	27.3	6527.9
12/15/20	11:52:54	283.4	162.8	104.6	6527.9
12/15/20	11:52:56	71.4	32.8	20.9	6527.9
12/15/20	11:52:58	75.0	30.9	20.1	6527.9
12/15/20	11:53:00	50.1	22.2	15.2	6527.9
12/15/20	11:53:02	16.1	9.0	6.2	1840.8
12/15/20	11:53:04	11.5	6.1	4.0	1163.9
12/15/20	11:53:06	20.4	10.4	6.9	2403.5
12/15/20	11:53:08	18.4	10.2	7.3	2763.8
12/15/20	11:53:10	42.9	26.0	16.8	6527.9
12/15/20	11:53:12	15.7	9.1	6.3	2139.7
12/15/20	11:53:14	11.6	7.1	4.5	1163.6
12/15/20	11:53:16	11.6	6.4	4.3	1846.8
12/15/20	11:53:18	22.8	10.4	7.0	3555.7
12/15/20	11:53:20	10.3	6.6	4.4	899.2
12/15/20	11:53:22	7.2	4.7	2.9	615.6
12/15/20	11:53:24	4.8	3.4	2.1	280.8

Cuadro E 2. Lecturas del dispositivo DustMate medición 2 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	11:55:43	7.6	5.6	3.8	1213.2
12/15/20	11:55:45	5.5	3.7	2.7	203
12/15/20	11:55:47	7.2	4.9	3.5	252.1
12/15/20	11:55:49	6.4	4.4	2.9	92.1
12/15/20	11:55:51	6.6	4.6	3.1	308
12/15/20	11:55:53	4.3	2.8	1.8	183.4
12/15/20	11:55:55	7.1	4.0	2.7	1295
12/15/20	11:55:57	12.1	5.5	3.5	2256.3
12/15/20	11:55:59	22.2	9.2	6.2	3577.1
12/15/20	11:56:01	70.4	28.7	19.6	6527.9
12/15/20	11:56:03	145.6	65.2	42.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	11:56:05	111.7	48.8	33.3	6527.9
12/15/20	11:56:07	172.0	70.8	47.1	6527.9
12/15/20	11:56:09	217.3	93.7	63.0	6527.9
12/15/20	11:56:11	165.7	69.8	47.4	6527.9
12/15/20	11:56:13	108.8	46.4	30.7	6527.9
12/15/20	11:56:15	78.1	32.3	21.4	6527.9
12/15/20	11:56:17	58.3	24.6	16.5	6527.9
12/15/20	11:56:19	93.8	40.6	27.4	6527.9
12/15/20	11:56:21	57.7	25.9	16.6	6527.9
12/15/20	11:56:23	30.2	13.5	9.0	6527.9
12/15/20	11:56:25	16.5	9.3	5.7	1723.1
12/15/20	11:56:27	8.8	4.4	2.8	945.4
12/15/20	11:56:29	9.1	5.7	3.6	819.4
12/15/20	11:56:31	7.1	4.6	3.0	490.5
12/15/20	11:56:33	7.5	4.9	3.2	559.6
12/15/20	11:56:35	8.2	5.0	3.0	344
12/15/20	11:56:37	9.2	6.2	3.8	1096.6
12/15/20	11:56:39	10.7	6.6	4.2	819.3
12/15/20	11:56:41	14.3	7.1	4.5	1665.2
12/15/20	11:56:43	42.7	20.8	13.4	6527.9
12/15/20	11:56:45	63.7	28.8	20.2	6527.9
12/15/20	11:56:47	113.0	52.3	37.5	6527.9
12/15/20	11:56:49	63.6	27.9	18.5	6527.9
12/15/20	11:56:51	43.2	19.4	12.6	6527.9
12/15/20	11:56:53	18.2	8.0	5.4	4750.2
12/15/20	11:56:55	33.8	15.5	10.0	6527.9
12/15/20	11:56:57	33.5	16.3	11.0	6527.9
12/15/20	11:56:59	21.4	9.8	6.4	4171
12/15/20	11:57:01	20.8	11.3	7.4	4011.5
12/15/20	11:57:03	14.9	8.2	5.4	1627.3
12/15/20	11:57:05	10.6	6.4	4.2	1200.9
12/15/20	11:57:07	6.3	3.9	2.8	897.4
12/15/20	11:57:09	6.2	3.5	2.2	317.1
12/15/20	11:57:11	212.3	135.2	66.7	3440

Cuadro E 3. Lecturas del dispositivo DustMate medición 3 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:03:46	2.9	2.1	1.3	10.1
12/15/20	12:03:48	5.2	4.0	2.6	45.6
12/15/20	12:03:50	4.1	3.2	2.0	33.1
12/15/20	12:03:52	4.6	3.9	2.3	23
12/15/20	12:03:54	5.6	4.4	2.6	44.4
12/15/20	12:03:56	4.5	3.8	2.3	14.2
12/15/20	12:03:58	4.2	3.4	2.0	60.6
12/15/20	12:04:00	7.5	5.3	3.8	238.8
12/15/20	12:04:02	16.8	8.9	5.8	1031.8
12/15/20	12:04:04	15.7	9.6	6.3	452.9
12/15/20	12:04:06	26.9	13.9	8.5	1950.6
12/15/20	12:04:08	27.9	15.5	9.4	1121.3
12/15/20	12:04:10	47.2	25.0	14.8	3943.5
12/15/20	12:04:12	40.1	22.9	13.5	1944.1
12/15/20	12:04:14	62.4	34.2	19.8	2458.9
12/15/20	12:04:16	76.5	41.0	25.0	4609.7
12/15/20	12:04:18	60.0	33.7	19.9	2669.9
12/15/20	12:04:20	70.8	37.3	22.4	4501.3
12/15/20	12:04:24	50.7	27.0	16.4	1907.2
12/15/20	12:04:26	29.9	17.2	10.4	1253
12/15/20	12:04:28	28.0	16.4	9.7	749
12/15/20	12:04:30	15.9	10.9	6.5	189
12/15/20	12:04:32	10.9	7.9	4.9	214.2
12/15/20	12:04:36	9.4	6.1	3.5	203.5
12/15/20	12:04:38	7.2	5.1	3.3	460.8
12/15/20	12:04:40	15.5	10.7	6.6	391.8
12/15/20	12:04:42	22.5	14.5	8.7	669.2
12/15/20	12:04:44	26.9	17.1	10.1	859
12/15/20	12:04:46	53.2	29.4	17.4	2357.5
12/15/20	12:04:48	44.7	25.6	15.6	1826.9
12/15/20	12:04:50	59.2	35.0	20.8	1756.4
12/15/20	12:04:52	56.8	33.0	19.4	1944.9
12/15/20	12:04:54	89.2	47.2	27.8	4896.6
12/15/20	12:04:56	66.5	35.2	21.0	2406.5
12/15/20	12:04:58	97.1	53.3	30.9	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:05:00	93.3	51.4	30.4	6527.9
12/15/20	12:05:02	55.9	30.0	17.8	2509.2
12/15/20	12:05:04	38.9	20.3	12.8	2656.1
12/15/20	12:05:06	37.2	19.4	12.3	2151.9
12/15/20	12:05:08	16.3	10.2	6.4	1099.6
12/15/20	12:05:10	13.2	8.5	5.2	697
12/15/20	12:05:12	9.6	5.6	3.6	658.2
12/15/20	12:05:14	9.9	6.6	4.3	260.5
12/15/20	12:05:16	188.3	124.7	62.4	3270.4
12/15/20	12:05:18	9.3	5.1	3.5	1191.9

Cuadro E 4. Lecturas del dispositivo DustMate medición 4 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:07:43	2.6	1.7	1.0	131.7
12/15/20	12:07:45	3.2	2.3	1.5	23.6
12/15/20	12:07:47	3.1	2.2	1.4	308.6
12/15/20	12:07:49	3.6	2.4	1.7	77.9
12/15/20	12:07:51	3.4	2.4	1.5	80.8
12/15/20	12:07:53	3.9	2.9	1.8	22.4
12/15/20	12:07:55	3.1	2.5	1.5	55.1
12/15/20	12:07:57	4.2	3.0	1.8	111
12/15/20	12:07:59	11.5	5.5	3.5	1103.1
12/15/20	12:08:01	43.8	22.8	13.9	3673.4
12/15/20	12:08:03	127.0	62.7	37.6	6527.9
12/15/20	12:08:05	132.0	69.0	39.9	6527.9
12/15/20	12:08:07	77.1	38.7	22.6	4939.5
12/15/20	12:08:09	150.0	75.7	44.5	6527.9
12/15/20	12:08:11	264.7	139.5	84.3	6527.9
12/15/20	12:08:13	339.8	180.7	108.8	6527.9
12/15/20	12:08:15	242.1	132.3	78.4	6527.9
12/15/20	12:08:17	143.0	78.5	46.4	6527.9
12/15/20	12:08:19	126.8	68.3	41.2	4762.2
12/15/20	12:08:21	103.6	55.5	33.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:08:23	64.7	34.0	20.1	2197.8
12/15/20	12:08:25	38.4	21.6	12.8	1834
12/15/20	12:08:27	21.0	12.2	7.3	1046.1
12/15/20	12:08:29	9.9	7.1	4.3	179.8
12/15/20	12:08:31	9.8	6.8	4.0	130.3
12/15/20	12:08:33	8.2	5.9	3.5	67.8
12/15/20	12:08:35	9.7	6.5	3.8	283
12/15/20	12:08:37	8.0	6.2	3.7	162.9
12/15/20	12:08:39	18.5	11.2	6.9	678.1
12/15/20	12:08:41	16.4	10.3	6.2	805.4
12/15/20	12:08:43	50.3	28.7	17.2	2345.1
12/15/20	12:08:45	38.9	23.0	13.9	1836.5
12/15/20	12:08:47	82.8	43.1	26.2	6527.9
12/15/20	12:08:49	139.5	73.1	43.6	6527.9
12/15/20	12:08:51	62.9	33.6	20.5	4138.1
12/15/20	12:08:53	27.1	14.1	8.7	1549.7
12/15/20	12:08:55	69.7	37.2	21.9	4808.5
12/15/20	12:08:57	33.1	18.1	10.9	1788.2
12/15/20	12:08:59	39.3	21.8	13.4	1751
12/15/20	12:09:01	22.0	13.9	8.5	1126.2
12/15/20	12:09:03	19.9	10.5	6.4	1765.2
12/15/20	12:09:05	8.5	5.8	3.4	332.4
12/15/20	12:09:07	5.8	3.5	2.3	207.1
12/15/20	12:09:09	6.4	4.4	2.7	288.6
12/15/20	12:09:11	6.6	4.3	2.5	1067.7
12/15/20	12:09:13	4.2	3.5	2.0	13.6
12/15/20	12:09:15	6.5	5.1	4.6	307.5

Cuadro E 5. Lecturas del dispositivo DustMate medición 5 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:13:34	4.1	3.6	2.2	84
12/15/20	12:13:36	4.3	3.7	2.2	39.4
12/15/20	12:13:38	4.6	3.8	2.3	32.5

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:13:40	4.5	3.6	2.0	26.6
12/15/20	12:13:42	4.0	3.2	2.0	27.3
12/15/20	12:13:44	6.3	4.5	2.9	223.7
12/15/20	12:13:46	11.7	6.9	4.2	768.7
12/15/20	12:13:48	26.6	16.7	10.3	979
12/15/20	12:13:50	33.6	16.2	10.1	1684.7
12/15/20	12:13:52	29.7	17.6	10.6	1027.3
12/15/20	12:13:54	43.1	21.2	12.4	1605.2
12/15/20	12:13:56	50.3	27.0	15.8	2098.1
12/15/20	12:13:58	52.8	29.4	17.4	1675.9
12/15/20	12:14:00	90.1	50.0	29.3	6527.9
12/15/20	12:14:02	65.3	34.6	20.7	4275.5
12/15/20	12:14:04	83.7	46.9	27.5	2718.6
12/15/20	12:14:06	62.4	31.6	18.8	2752.7
12/15/20	12:14:08	51.1	27.6	16.4	3897
12/15/20	12:14:10	41.0	24.8	14.8	1781.8
12/15/20	12:14:12	29.2	16.5	9.8	1218.8
12/15/20	12:14:14	10.9	7.9	4.8	290.8
12/15/20	12:14:16	9.2	6.4	3.8	115.5
12/15/20	12:14:18	8.7	6.4	3.8	170.3
12/15/20	12:14:20	7.8	5.4	3.4	116.8
12/15/20	12:14:22	9.1	6.9	4.2	131
12/15/20	12:14:24	12.3	8.7	5.2	396
12/15/20	12:14:26	17.7	12.3	7.3	591.1
12/15/20	12:14:28	17.4	9.8	5.9	801.8
12/15/20	12:14:30	21.5	14.0	8.3	599
12/15/20	12:14:32	31.2	18.0	10.7	1316.1
12/15/20	12:14:34	48.0	26.7	15.9	1714.6
12/15/20	12:14:36	45.7	24.6	14.3	1711.4
12/15/20	12:14:38	79.5	43.3	25.9	4476
12/15/20	12:14:40	144.2	72.8	44.1	6527.9
12/15/20	12:14:42	155.6	84.5	49.9	6527.9
12/15/20	12:14:44	145.5	81.9	47.8	6527.9
12/15/20	12:14:46	63.5	34.9	20.4	2515.7
12/15/20	12:14:48	45.0	24.3	14.8	2628.8

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:14:50	40.8	23.3	14.2	4473.6
12/15/20	12:14:52	19.9	11.2	6.9	1323.5
12/15/20	12:14:54	12.9	8.1	5.0	429
12/15/20	12:14:56	3.2	2.4	1.5	20.7
12/15/20	12:14:58	109.1	71.8	35.1	3270.2
12/15/20	12:15:00	4.9	3.6	2.2	112.2

Cuadro E 6. Lecturas del dispositivo DustMate medición 6 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:17:33	3.7	2.5	1.4	73.3
12/15/20	12:17:35	4.0	2.7	1.5	61.5
12/15/20	12:17:37	3.7	2.5	1.4	68.4
12/15/20	12:17:39	3.1	2.4	1.4	12.9
12/15/20	12:17:41	4.1	3.3	2.2	44.7
12/15/20	12:17:43	10.7	6.9	4.0	200
12/15/20	12:17:45	21.2	10.9	6.8	1630.4
12/15/20	12:17:47	64.6	32.1	19.7	4417.7
12/15/20	12:17:49	91.1	45.5	27.3	6527.9
12/15/20	12:17:51	127.3	66.3	38.8	6527.9
12/15/20	12:17:53	259.9	141.0	84.6	6527.9
12/15/20	12:17:55	288.4	149.6	91.2	6527.9
12/15/20	12:17:57	223.2	122.3	74.2	6527.9
12/15/20	12:17:59	159.7	87.5	52.2	6527.9
12/15/20	12:18:01	109.7	58.3	35.3	6527.9
12/15/20	12:18:03	90.0	50.0	29.9	6527.9
12/15/20	12:18:05	79.3	40.4	24.1	4757
12/15/20	12:18:07	70.5	37.5	22.2	4752.2
12/15/20	12:18:09	46.4	26.8	16.4	2278.7
12/15/20	12:18:11	14.0	8.2	5.1	547.6
12/15/20	12:18:13	7.5	5.5	3.5	276.9
12/15/20	12:18:15	27.9	13.7	9.2	3986.3
12/15/20	12:18:17	8.3	5.7	3.6	209.9
12/15/20	12:18:19	8.4	5.7	3.5	178

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:18:21	6.6	4.9	2.9	100.7
12/15/20	12:18:23	10.6	7.4	4.4	460.6
12/15/20	12:18:25	14.2	9.3	5.8	636.5
12/15/20	12:18:27	44.2	25.2	14.7	1616.6
12/15/20	12:18:29	71.8	37.7	22.7	4001.3
12/15/20	12:18:31	40.3	23.4	13.6	1619.4
12/15/20	12:18:33	73.8	42.5	25.4	4121.3
12/15/20	12:18:35	82.2	47.1	28.5	4934.6
12/15/20	12:18:37	31.8	16.8	10.1	1806.6
12/15/20	12:18:39	29.3	14.8	9.2	2018.8
12/15/20	12:18:41	31.4	17.2	10.5	1444.4
12/15/20	12:18:43	41.2	21.9	12.8	1834.6
12/15/20	12:18:45	20.6	11.4	7.1	860
12/15/20	12:18:47	27.0	14.5	8.9	1683.9
12/15/20	12:18:49	15.4	8.6	5.2	597.4
12/15/20	12:18:51	6.4	3.9	2.3	178.9
12/15/20	12:18:53	5.9	3.8	2.3	141.1
12/15/20	12:18:55	6.1	4.2	2.5	173.8
12/15/20	12:18:57	83.5	54.3	26.5	3404
12/15/20	12:18:59	352.5	185.1	68.5	3273.8

Cuadro E 7. Lecturas del dispositivo DustMate medición 7 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:24:21	5.1	3.9	2.7	26.8
12/15/20	12:24:23	6.9	5.5	3.9	77.6
12/15/20	12:24:25	4.0	2.5	1.9	119.9
12/15/20	12:24:27	4.5	2.9	1.9	150.6
12/15/20	12:24:29	3.7	2.4	1.6	33.7
12/15/20	12:24:31	4.0	2.9	2.0	262
12/15/20	12:24:33	5.4	3.7	2.4	563.8
12/15/20	12:24:35	13.4	6.9	4.6	1681.1
12/15/20	12:24:37	26.8	12.6	9.0	4743.3
12/15/20	12:24:39	37.3	15.4	10.9	4657

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:24:41	25.5	10.9	7.6	4178.6
12/15/20	12:24:43	57.9	25.0	16.7	6527.9
12/15/20	12:24:45	29.5	13.1	8.8	4792.3
12/15/20	12:24:47	53.8	25.7	17.6	4408.9
12/15/20	12:24:49	91.2	41.6	27.2	6527.9
12/15/20	12:24:51	67.0	28.6	18.8	6527.9
12/15/20	12:24:53	46.5	20.3	13.7	6527.9
12/15/20	12:24:55	42.2	19.5	13.0	6527.9
12/15/20	12:24:57	48.3	21.2	14.3	6527.9
12/15/20	12:24:59	27.7	13.4	8.8	6527.9
12/15/20	12:25:01	21.3	10.8	7.4	4337.5
12/15/20	12:25:03	15.9	9.6	6.0	1030.2
12/15/20	12:25:05	9.9	6.5	4.4	568.6
12/15/20	12:25:07	9.8	5.3	3.3	706.5
12/15/20	12:25:09	9.0	6.0	3.8	583.8
12/15/20	12:25:11	8.0	4.8	3.3	576.1
12/15/20	12:25:13	9.1	5.4	3.6	735.4
12/15/20	12:25:15	13.0	6.6	4.2	1529.3
12/15/20	12:25:17	15.9	8.8	5.8	1821.1
12/15/20	12:25:19	27.3	14.1	9.4	2574.5
12/15/20	12:25:21	24.2	12.2	8.7	2003
12/15/20	12:25:23	25.6	13.5	9.0	2380.6
12/15/20	12:25:25	60.7	26.8	17.8	6527.9
12/15/20	12:25:27	185.3	87.2	59.4	6527.9
12/15/20	12:25:29	81.9	36.8	24.8	6527.9
12/15/20	12:25:31	92.0	43.5	28.0	6527.9
12/15/20	12:25:33	74.3	33.8	22.6	6527.9
12/15/20	12:25:35	82.3	41.6	28.2	6527.9
12/15/20	12:25:37	66.7	38.8	27.1	6527.9
12/15/20	12:25:39	51.0	32.7	23.6	6527.9
12/15/20	12:25:41	33.9	25.0	18.9	1992.9
12/15/20	12:25:43	31.4	23.4	18.1	2335.1
12/15/20	12:25:45	30.3	23.4	17.3	1640.2
12/15/20	12:25:47	25.1	19.7	14.5	1408.3
12/15/20	12:25:49	11.1	8.2	5.9	1054.4

Cuadro E 8. Lecturas del dispositivo DustMate medición 8 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:27:44	1.9	1.1	0.7	28
12/15/20	12:27:46	1.7	0.9	0.5	89.9
12/15/20	12:27:48	2.8	1.8	1.1	53
12/15/20	12:27:50	3.5	2.1	1.3	77
12/15/20	12:27:52	4.7	2.6	1.5	103.7
12/15/20	12:27:54	2.6	1.4	1.0	15.2
12/15/20	12:27:56	2.5	1.1	0.7	55.8
12/15/20	12:27:58	9.0	5.4	3.8	1480.6
12/15/20	12:28:00	21.6	10.9	7.8	4846.8
12/15/20	12:28:02	59.4	26.5	18.3	6527.9
12/15/20	12:28:04	116.5	52.4	36.2	6527.9
12/15/20	12:28:06	224.0	100.5	67.8	6527.9
12/15/20	12:28:08	161.2	71.1	46.3	6527.9
12/15/20	12:28:10	144.8	68.5	44.7	6527.9
12/15/20	12:28:12	205.2	90.2	59.4	6527.9
12/15/20	12:28:14	109.7	45.5	30.6	6527.9
12/15/20	12:28:16	55.1	23.4	15.8	6527.9
12/15/20	12:28:18	74.6	32.6	22.5	6527.9
12/15/20	12:28:20	58.9	26.9	18.3	6527.9
12/15/20	12:28:22	33.4	15.8	10.9	6527.9
12/15/20	12:28:24	25.1	12.7	8.7	6527.9
12/15/20	12:28:26	30.9	17.5	11.7	3728.9
12/15/20	12:28:28	9.4	5.1	3.5	878
12/15/20	12:28:30	9.0	5.1	3.3	642.9
12/15/20	12:28:32	9.7	6.1	4.0	803.8
12/15/20	12:28:34	8.1	5.0	3.3	460.5
12/15/20	12:28:36	9.1	5.8	3.7	739.6
12/15/20	12:28:38	19.1	9.6	6.4	2292.8
12/15/20	12:28:40	9.0	4.2	2.8	764.9
12/15/20	12:28:42	30.4	13.5	8.8	4381.8
12/15/20	12:28:44	32.8	17.5	11.3	6527.9
12/15/20	12:28:46	53.1	25.5	16.7	6527.9
12/15/20	12:28:48	61.2	27.1	18.7	6527.9
12/15/20	12:28:50	42.4	18.6	12.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:28:52	21.2	10.2	6.7	2217.3
12/15/20	12:28:54	46.3	20.3	13.8	6527.9
12/15/20	12:28:56	28.3	14.3	9.5	4622.7
12/15/20	12:28:58	26.2	12.7	8.4	4638.1
12/15/20	12:29:00	12.6	6.4	4.2	1307.6
12/15/20	12:29:02	16.8	7.6	5.1	2472.6
12/15/20	12:29:04	12.3	5.6	3.7	2070.6
12/15/20	12:29:06	7.7	3.8	2.6	1025.6
12/15/20	12:29:08	5.7	3.1	2.0	456.3
12/15/20	12:29:10	3.6	1.9	1.2	195.4
12/15/20	12:29:12	2.0	0.9	0.6	22.5
12/15/20	12:29:14	3.8	2.4	1.6	258

Cuadro E 9. Lecturas del dispositivo DustMate medición 9 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:32:38	5.7	4.2	2.6	91.2
12/15/20	12:32:40	5.1	3.7	2.6	73.7
12/15/20	12:32:42	5.7	3.6	2.4	198.1
12/15/20	12:32:44	5.1	3.6	2.6	131.9
12/15/20	12:32:46	4.5	3.0	1.9	107.7
12/15/20	12:32:48	4.0	2.7	1.8	48.5
12/15/20	12:32:50	2.7	1.7	1.2	36.6
12/15/20	12:32:52	3.4	1.9	1.4	82.8
12/15/20	12:32:54	4.2	2.7	1.7	55.3
12/15/20	12:32:56	2.8	2.0	1.3	65
12/15/20	12:32:58	4.4	2.9	1.9	67.7
12/15/20	12:33:00	4.8	3.3	2.2	60.9
12/15/20	12:33:02	3.3	1.8	1.2	79.6
12/15/20	12:33:04	6.9	3.7	2.6	545.8
12/15/20	12:33:06	14.4	7.1	4.5	2308.7
12/15/20	12:33:08	15.5	8.2	5.6	1247.3
12/15/20	12:33:10	28.3	12.5	8.4	6527.9
12/15/20	12:33:12	26.4	12.6	8.3	4518.2

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:33:14	72.5	32.3	21.2	6527.9
12/15/20	12:33:16	38.9	18.4	11.9	6527.9
12/15/20	12:33:18	42.6	18.5	12.7	6527.9
12/15/20	12:33:20	72.5	32.6	21.4	6527.9
12/15/20	12:33:22	67.5	29.9	20.4	6527.9
12/15/20	12:33:24	45.2	20.1	13.6	6527.9
12/15/20	12:33:26	62.8	27.5	19.5	6527.9
12/15/20	12:33:28	45.2	21.4	14.0	6527.9
12/15/20	12:33:30	39.4	18.0	11.5	3035.5
12/15/20	12:33:32	26.4	11.7	7.8	4196.6
12/15/20	12:33:34	10.8	6.3	4.2	1045.7
12/15/20	12:33:36	8.8	5.3	3.5	402
12/15/20	12:33:38	8.7	4.3	2.7	551.4
12/15/20	12:33:40	8.1	5.2	3.4	467.8
12/15/20	12:33:42	8.9	5.1	3.2	549.2
12/15/20	12:33:44	22.1	12.2	7.9	2313
12/15/20	12:33:46	36.3	18.4	12.4	4708.5
12/15/20	12:33:48	48.7	23.4	16.1	6527.9
12/15/20	12:33:50	29.9	15.3	10.0	3054.6
12/15/20	12:33:52	28.3	14.5	9.6	4431.4
12/15/20	12:33:54	54.1	26.0	17.3	6527.9
12/15/20	12:33:56	149.8	72.1	47.6	6527.9
12/15/20	12:33:58	186.7	81.5	54.8	6527.9
12/15/20	12:34:00	80.1	34.3	22.1	6527.9
12/15/20	12:34:02	109.6	48.9	31.7	6527.9
12/15/20	12:34:04	171.9	76.5	50.8	6527.9
12/15/20	12:34:06	95.3	45.3	30.6	6527.9
12/15/20	12:34:08	50.4	23.3	15.9	6527.9
12/15/20	12:34:10	23.2	11.8	8.3	3775
12/15/20	12:34:12	12.9	7.2	4.5	1221.2
12/15/20	12:34:14	8.8	4.4	2.9	1039.2
12/15/20	12:34:16	12.2	6.4	4.4	1251.2
12/15/20	12:34:18	12.4	7.9	5.3	1204.7
12/15/20	12:34:20	11.4	6.1	4.4	1243.8

Cuadro E 10. Lecturas del dispositivo DustMate medición 10 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:36:02	2.6	1.6	1.0	31.9
12/15/20	12:36:04	2.8	1.9	1.2	45.0
12/15/20	12:36:06	2.7	1.6	1.0	59.2
12/15/20	12:36:08	3.4	2.5	1.7	227.1
12/15/20	12:36:10	3.7	2.5	1.5	203.3
12/15/20	12:36:12	4.7	2.8	1.9	392.6
12/15/20	12:36:14	13.9	7.3	5.4	2276.2
12/15/20	12:36:16	35.0	15.9	11.5	6527.9
12/15/20	12:36:18	54.9	26.4	18.1	6527.9
12/15/20	12:36:20	74.7	33.2	22.6	6527.9
12/15/20	12:36:22	105.4	47.2	31.5	6527.9
12/15/20	12:36:24	168.2	76.5	50.6	6527.9
12/15/20	12:36:26	198.9	91.8	62.1	6527.9
12/15/20	12:36:28	200.8	95.6	63.7	6527.9
12/15/20	12:36:30	142.7	64.8	43.5	6527.9
12/15/20	12:36:32	78.0	35.8	24.5	6527.9
12/15/20	12:36:34	55.8	24.0	16.3	6527.9
12/15/20	12:36:36	37.0	17.4	11.8	6527.9
12/15/20	12:36:38	26.7	13.0	8.3	4774.3
12/15/20	12:36:40	18.2	8.9	6.0	2335.2
12/15/20	12:36:42	10.3	5.0	3.4	681.6
12/15/20	12:36:44	8.4	5.0	3.3	528.0
12/15/20	12:36:46	8.3	4.8	3.2	469.5
12/15/20	12:36:48	9.1	5.3	3.4	295.2
12/15/20	12:36:50	7.0	4.9	3.2	305.0
12/15/20	12:36:52	9.6	5.7	3.7	588.3
12/15/20	12:36:54	12.5	6.8	4.4	1046.9
12/15/20	12:36:56	13.6	6.8	4.5	1667.3
12/15/20	12:36:58	51.5	23.9	16.8	6527.9
12/15/20	12:37:00	39.5	20.7	13.8	6527.9
12/15/20	12:37:02	90.5	43.1	29.4	6527.9
12/15/20	12:37:04	92.2	43.0	29.4	6527.9
12/15/20	12:37:06	38.7	18.0	12.4	4287.8
12/15/20	12:37:08	20.6	8.4	5.9	4252.4
12/15/20	12:37:10	34.4	14.3	10.0	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:37:12	14.1	7.6	5.4	1472.5
12/15/20	12:37:14	20.3	10.6	7.2	4062.0
12/15/20	12:37:16	17.2	8.4	5.9	2928.6
12/15/20	12:37:18	15.6	7.8	5.7	2427.2
12/15/20	12:37:20	7.2	3.1	2.2	826.1
12/15/20	12:37:22	4.2	2.2	1.6	659.7
12/15/20	12:37:24	4.1	2.3	1.5	381.4
12/15/20	12:37:26	4.9	3.0	2.0	248.9
12/15/20	12:37:28	4.0	2.3	1.6	190.4
12/15/20	12:37:30	4.8	3.1	2.0	296.7

Cuadro E 11. Lecturas del dispositivo DustMate medición 11 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:40:05	3.5	2.0	1.4	65.7
12/15/20	12:40:07	3.3	1.8	1.1	102.2
12/15/20	12:40:09	3.1	1.9	1.2	79.7
12/15/20	12:40:11	3.9	2.5	1.5	50.7
12/15/20	12:40:13	3.3	2.0	1.4	259.4
12/15/20	12:40:15	4.9	3.1	2.0	339.8
12/15/20	12:40:17	10.2	5.2	3.4	1233.4
12/15/20	12:40:19	15.5	7.7	5.4	1424.7
12/15/20	12:40:21	29.2	12.7	9.1	3977.7
12/15/20	12:40:23	19.5	10.2	7.0	2256.7
12/15/20	12:40:25	45.7	19.7	12.9	4394.7
12/15/20	12:40:27	39.4	19.1	13.1	6527.9
12/15/20	12:40:29	28.8	14.8	9.9	4251.9
12/15/20	12:40:31	81.0	38.9	25.7	6527.9
12/15/20	12:40:33	85.9	40.4	26.7	6527.9
12/15/20	12:40:35	79.7	35.4	23.1	6527.9
12/15/20	12:40:37	128.8	53.9	36.1	6527.9
12/15/20	12:40:39	56.1	26.6	17.8	6527.9
12/15/20	12:40:41	25.7	11.8	7.6	2499
12/15/20	12:40:43	18.3	8.1	5.6	1779.3

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:40:45	12.0	6.3	4.1	724.3
12/15/20	12:40:47	13.8	7.6	5.1	1402.6
12/15/20	12:40:49	12.5	6.7	4.3	606
12/15/20	12:40:51	9.9	6.9	4.4	1063.7
12/15/20	12:40:53	12.7	8.8	5.5	413.7
12/15/20	12:40:55	25.7	16.5	10.7	2222
12/15/20	12:40:57	22.3	10.2	6.6	4049.5
12/15/20	12:40:59	24.7	11.2	7.6	4241.6
12/15/20	12:41:01	26.5	12.1	8.4	4294.8
12/15/20	12:41:03	32.7	15.2	9.9	2859.5
12/15/20	12:41:05	37.3	16.2	10.6	4797
12/15/20	12:41:07	62.9	30.3	19.8	6527.9
12/15/20	12:41:09	91.8	43.5	29.5	6527.9
12/15/20	12:41:11	108.7	48.4	32.8	6527.9
12/15/20	12:41:13	77.8	36.9	23.7	6527.9
12/15/20	12:41:15	61.1	28.2	18.5	6527.9
12/15/20	12:41:17	43.6	22.3	15.0	6527.9
12/15/20	12:41:19	28.2	14.6	10.4	6527.9
12/15/20	12:41:21	17.0	8.8	6.3	4372.9
12/15/20	12:41:23	5.6	2.5	1.6	549.6
12/15/20	12:41:25	5.9	3.4	2.1	289.2
12/15/20	12:41:27	4.9	2.6	1.7	544
12/15/20	12:41:29	3.5	1.9	1.3	144.2
12/15/20	12:41:31	2.9	2.1	1.3	166.8
12/15/20	12:41:33	6.4	4.3	2.7	362.9

Cuadro E 12. Lecturas del dispositivo DustMate medición 12 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:43:06	3.2	1.7	1.1	59.9
12/15/20	12:43:08	2.2	1.2	0.8	47.2
12/15/20	12:43:10	3.2	2.2	1.4	114.5
12/15/20	12:43:12	3.4	2.3	1.4	46.5
12/15/20	12:43:14	2.6	1.7	1.0	18.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:43:16	2.4	1.4	0.8	34.9
12/15/20	12:43:18	4.9	2.3	1.5	227.6
12/15/20	12:43:20	28.6	12.2	8.6	6527.9
12/15/20	12:43:22	43.0	19.4	13.3	4513.6
12/15/20	12:43:24	90.3	39.0	27.2	6527.9
12/15/20	12:43:26	93.2	38.5	25.8	6527.9
12/15/20	12:43:28	225.1	102.1	68.2	6527.9
12/15/20	12:43:30	205.2	96.2	63.5	6527.9
12/15/20	12:43:32	231.3	107.1	71.9	6527.9
12/15/20	12:43:34	102.1	45.6	30.3	6527.9
12/15/20	12:43:36	75.9	33.3	22.7	6527.9
12/15/20	12:43:38	81.2	38.7	26.2	6527.9
12/15/20	12:43:40	62.7	28.2	19.0	6527.9
12/15/20	12:43:42	59.5	35.5	23.0	6527.9
12/15/20	12:43:44	33.9	21.2	14.6	2286
12/15/20	12:43:46	31.5	22.6	14.8	1527.3
12/15/20	12:43:48	19.3	15.2	9.7	655.3
12/15/20	12:43:50	10.7	7.5	4.6	427.1
12/15/20	12:43:52	7.8	5.1	3.4	292.2
12/15/20	12:43:54	6.8	3.9	2.4	281.9
12/15/20	12:43:56	8.6	5.9	3.6	679.7
12/15/20	12:43:58	17.5	9.8	6.7	2110.1
12/15/20	12:44:00	18.9	9.1	5.8	2112.4
12/15/20	12:44:02	68.1	30.8	20.1	6527.9
12/15/20	12:44:04	51.8	24.0	16.4	4688.5
12/15/20	12:44:06	133.8	61.5	41.6	6527.9
12/15/20	12:44:08	91.7	41.2	27.7	6527.9
12/15/20	12:44:10	37.0	18.0	12.3	4838.7
12/15/20	12:44:12	36.1	15.6	10.4	4764
12/15/20	12:44:14	51.5	23.8	15.9	6527.9
12/15/20	12:44:16	33.3	16.6	11.5	6527.9
12/15/20	12:44:18	21.6	12.2	8.4	3556.3
12/15/20	12:44:20	15.0	8.2	5.4	2223.3
12/15/20	12:44:22	7.1	3.2	2.4	960.4
12/15/20	12:44:24	5.4	3.1	2.2	636.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:44:26	3.9	1.8	1.3	424.5
12/15/20	12:44:28	4.8	2.8	2.0	315.9
12/15/20	12:44:30	3.8	2.3	1.5	106.8
12/15/20	12:44:32	2.8	1.7	1.3	192.8
12/15/20	12:44:34	4.0	2.6	1.5	49.3

Cuadro E 13. Lecturas del dispositivo DustMate medición 13 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:46:46	3.4	2.1	1.5	76.2
12/15/20	12:46:48	3.0	2.0	1.3	96.7
12/15/20	12:46:50	3.4	1.5	0.9	41.5
12/15/20	12:46:52	2.7	1.5	1.0	86.8
12/15/20	12:46:54	4.3	3.3	2.0	98.9
12/15/20	12:46:56	4.1	2.9	1.8	61.7
12/15/20	12:46:58	5.6	3.3	2.2	268.1
12/15/20	12:47:00	17.9	9.4	6.7	2251.2
12/15/20	12:47:02	24.8	14.5	9.6	2418.8
12/15/20	12:47:04	33.4	16.4	11.3	6527.9
12/15/20	12:47:06	42.7	20.9	13.8	4776.3
12/15/20	12:47:08	63.9	30.0	19.3	6527.9
12/15/20	12:47:10	38.0	17.1	11.5	6527.9
12/15/20	12:47:12	87.5	38.7	25.8	6527.9
12/15/20	12:47:14	65.2	28.5	19.3	6527.9
12/15/20	12:47:16	84.2	37.0	24.4	6527.9
12/15/20	12:47:18	107.4	47.0	32.2	6527.9
12/15/20	12:47:20	75.6	32.5	22.1	6527.9
12/15/20	12:47:22	49.9	23.0	15.9	4784.6
12/15/20	12:47:24	23.5	11.5	7.4	4264
12/15/20	12:47:26	15.8	8.0	5.1	1172.6
12/15/20	12:47:28	7.5	4.4	3.0	400.9
12/15/20	12:47:30	6.0	3.5	2.3	491.4
12/15/20	12:47:32	7.0	4.8	3.1	277.5
12/15/20	12:47:34	6.7	3.9	2.5	211.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:47:36	9.9	6.6	4.3	625.9
12/15/20	12:47:38	35.0	21.7	14.3	4002.1
12/15/20	12:47:40	33.1	17.2	11.3	4021.7
12/15/20	12:47:42	55.3	27.9	18.4	6527.9
12/15/20	12:47:44	75.1	38.4	25.5	6527.9
12/15/20	12:47:46	93.4	47.4	31.5	6527.9
12/15/20	12:47:48	101.7	50.0	33.0	6527.9
12/15/20	12:47:50	115.6	56.6	37.3	6527.9
12/15/20	12:47:52	85.8	38.5	26.0	6527.9
12/15/20	12:47:54	148.7	66.3	44.4	6527.9
12/15/20	12:47:56	153.9	73.8	48.8	6527.9
12/15/20	12:47:58	101.8	47.4	30.8	6527.9
12/15/20	12:48:00	70.7	34.6	22.9	6527.9
12/15/20	12:48:02	68.0	34.1	24.0	6527.9
12/15/20	12:48:04	36.9	18.1	12.9	6527.9
12/15/20	12:48:06	21.6	10.1	6.8	4587
12/15/20	12:48:08	18.4	9.3	6.7	6527.9
12/15/20	12:48:10	10.8	5.7	3.9	1311.4
12/15/20	12:48:12	583.4	310.4	120.4	6527.9
12/15/20	12:48:14	3.7	1.9	1.4	194.8
12/15/20	12:48:16	7.3	4.4	2.7	333.1

Cuadro E 14. Lecturas del dispositivo DustMate medición 14 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:49:49	3.7	2.5	1.9	135.1
12/15/20	12:49:51	3.4	1.9	1.5	103.2
12/15/20	12:49:53	3.1	2.1	1.4	12.8
12/15/20	12:49:55	3.3	1.9	1.1	66.2
12/15/20	12:49:57	4.1	2.7	1.7	89.3
12/15/20	12:49:59	3.3	2.3	1.4	320.4
12/15/20	12:50:01	31.1	13.3	9.2	3999.9
12/15/20	12:50:03	95.7	41.2	28.7	6527.9
12/15/20	12:50:05	251.5	115.3	78.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
12/15/20	12:50:07	162.7	72.8	48.7	6527.9
12/15/20	12:50:09	259.4	117.0	77.9	6527.9
12/15/20	12:50:11	343.3	162.9	107.8	6527.9
12/15/20	12:50:13	259.1	123.8	82.1	6527.9
12/15/20	12:50:15	173.8	79.1	52.4	6527.9
12/15/20	12:50:17	90.6	38.7	25.9	6527.9
12/15/20	12:50:19	92.9	42.5	29.2	6527.9
12/15/20	12:50:21	62.0	27.4	18.4	6527.9
12/15/20	12:50:23	39.7	18.3	12.6	6527.9
12/15/20	12:50:25	30.9	14.8	10.2	6527.9
12/15/20	12:50:27	13.6	8.0	5.3	1867
12/15/20	12:50:29	8.6	5.5	3.5	576
12/15/20	12:50:31	10.5	6.1	3.9	894.9
12/15/20	12:50:33	8.7	4.8	3.0	425.6
12/15/20	12:50:35	7.9	4.7	3.0	420.3
12/15/20	12:50:37	7.3	5.1	3.2	528.2
12/15/20	12:50:39	18.1	9.2	6.4	2602.6
12/15/20	12:50:41	16.0	8.3	5.7	1747.6
12/15/20	12:50:43	76.6	32.3	22.8	6527.9
12/15/20	12:50:45	52.9	23.2	15.4	6527.9
12/15/20	12:50:47	120.5	58.1	38.2	6527.9
12/15/20	12:50:49	143.0	66.8	44.6	6527.9
12/15/20	12:50:51	48.3	21.0	14.1	6527.9
12/15/20	12:50:53	45.2	20.8	13.9	6527.9
12/15/20	12:50:55	98.0	42.2	29.3	6527.9
12/15/20	12:50:57	40.2	18.3	13.3	4732.9
12/15/20	12:50:59	27.3	13.3	9.6	4320.1
12/15/20	12:51:01	23.3	11.5	8.2	4598.1
12/15/20	12:51:03	23.7	12.2	8.7	6527.9
12/15/20	12:51:05	14.3	7.4	5.3	2417
12/15/20	12:51:07	6.1	2.9	2.0	1021.8
12/15/20	12:51:09	5.8	3.8	2.6	415.9
12/15/20	12:51:11	223.7	143.9	70.6	3387.5
12/15/20	12:51:13	1.7	0.9	0.6	163.9
12/15/20	12:51:15	3.7	1.9	1.3	178.9

Cuadro E 15. Lecturas del dispositivo DustMate medición 15 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:16:50	5.9	3.0	2.2	3473.3
1/11/21	12:16:52	4.8	2.9	2.1	505.4
1/11/21	12:16:54	5.2	3.1	2.1	253.3
1/11/21	12:16:56	4.6	3.2	2.0	55.2
1/11/21	12:16:58	4.9	3.2	2.1	158.4
1/11/21	12:17:00	5.1	3.3	1.9	103.5
1/11/21	12:17:02	5.8	3.7	2.4	186.0
1/11/21	12:17:04	15.5	8.1	5.3	1180.2
1/11/21	12:17:06	28.3	14.2	9.6	4508.5
1/11/21	12:17:08	60.5	35.2	22.1	6527.9
1/11/21	12:17:10	80.8	44.0	26.8	6527.9
1/11/21	12:17:12	78.9	42.5	27.2	6527.9
1/11/21	12:17:14	99.2	54.4	33.5	6527.9
1/11/21	12:17:16	89.2	48.8	30.4	6527.9
1/11/21	12:17:18	76.4	44.4	27.5	6527.9
1/11/21	12:17:20	82.0	43.8	27.3	6527.9
1/11/21	12:17:22	61.1	33.5	21.1	6527.9
1/11/21	12:17:24	59.2	33.4	20.7	2929.9
1/11/21	12:17:26	65.7	36.7	23.5	4703.9
1/11/21	12:17:28	89.6	48.6	29.8	6527.9
1/11/21	12:17:30	518.9	270.7	172.6	6527.9
1/11/21	12:17:32	1247.1	633.1	399.5	6527.9
1/11/21	12:17:34	1693.2	820.8	520.1	6527.9
1/11/21	12:17:36	2193.6	1022.2	650.8	6527.9
1/11/21	12:17:38	2321.2	1071.1	678.8	6527.9
1/11/21	12:17:40	2024.8	966.3	615.6	6527.9
1/11/21	12:17:42	2039.1	965.7	609.6	6527.9
1/11/21	12:17:44	3421.6	1525.6	952.2	6527.9
1/11/21	12:17:46	2161.1	1043.2	660.3	6527.9
1/11/21	12:17:48	1493.3	740.9	471.2	6527.9
1/11/21	12:17:50	1118.8	553.5	353.4	6527.9
1/11/21	12:17:52	748.8	377.2	238.3	6527.9
1/11/21	12:17:54	599.1	285.5	182.5	6527.9
1/11/21	12:17:56	358.9	170.1	107.1	6527.9
1/11/21	12:17:58	188.9	87.3	54.4	6527.9
1/11/21	12:18:00	419.0	204.1	128.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:18:02	247.4	120.0	74.0	6527.9
1/11/21	12:18:04	105.4	50.4	30.4	6527.9
1/11/21	12:18:06	95.3	45.6	28.1	6527.9
1/11/21	12:18:08	312.2	158.1	100.0	6527.9
1/11/21	12:18:10	418.1	207.7	131.4	6527.9
1/11/21	12:18:12	119.7	58.2	35.7	6527.9
1/11/21	12:18:14	187.0	90.8	55.6	6527.9
1/11/21	12:18:16	109.1	52.4	32.0	6527.9
1/11/21	12:18:18	93.5	47.3	29.6	6527.9
1/11/21	12:18:20	111.3	55.8	34.4	6527.9
1/11/21	12:18:22	86.6	42.9	26.1	6527.9
1/11/21	12:18:24	130.7	66.3	40.3	6527.9
1/11/21	12:18:26	87.7	44.0	26.5	6527.9
1/11/21	12:18:28	60.9	29.0	17.8	6527.9
1/11/21	12:18:30	37.2	20.1	13.1	4724.5
1/11/21	12:18:32	24.3	12.0	7.4	2445.2
1/11/21	12:18:34	23.1	10.8	6.6	1382.2
1/11/21	12:18:36	23.4	11.5	7.0	1908.9
1/11/21	12:18:38	25.3	11.9	7.4	2508.5
1/11/21	12:18:40	14.3	7.1	4.6	1059.9
1/11/21	12:18:42	30.7	13.3	8.1	2916.7
1/11/21	12:18:44	29.9	16.0	9.6	2475.1
1/11/21	12:18:46	51.5	22.8	14.4	6527.9
1/11/21	12:18:48	26.0	12.7	7.8	3602.2
1/11/21	12:18:50	30.0	14.1	8.6	2880.6
1/11/21	12:18:52	51.6	24.3	15.0	6527.9
1/11/21	12:18:54	44.3	20.5	12.6	6527.9
1/11/21	12:18:56	29.4	13.4	8.3	2503.8
1/11/21	12:18:58	43.5	19.3	11.7	4700.8
1/11/21	12:19:00	39.4	16.9	10.8	6527.9
1/11/21	12:19:02	26.6	12.6	7.7	2566.5
1/11/21	12:19:04	24.1	10.8	6.5	1751.2
1/11/21	12:19:06	26.2	12.5	7.7	2593.3
1/11/21	12:19:08	38.4	18.0	11.3	4398.8
1/11/21	12:19:10	36.7	16.9	10.6	4744.7
1/11/21	12:19:12	35.4	16.1	9.8	4442.1
1/11/21	12:19:14	21.5	11.1	6.8	1996.2
1/11/21	12:19:16	13.6	6.5	3.9	809.2

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:19:18	22.5	9.7	6.0	1840.6
1/11/21	12:19:20	24.7	11.3	7.4	6527.9
1/11/21	12:19:22	23.3	10.0	6.4	2457.5
1/11/21	12:19:24	42.9	22.6	13.9	4516.6
1/11/21	12:19:26	42.1	20.5	12.6	4442.0
1/11/21	12:19:28	22.5	9.9	6.1	2004.3
1/11/21	12:19:30	20.2	11.0	7.0	1898.9
1/11/21	12:19:32	18.0	8.8	5.3	1398.4
1/11/21	12:19:34	8.4	4.0	2.6	556.3
1/11/21	12:19:36	8.1	4.0	2.7	761.4
1/11/21	12:19:38	7.1	3.7	2.3	459.5
1/11/21	12:19:40	9.2	5.2	3.2	361.5
1/11/21	12:19:42	10.0	5.5	3.5	781.7
1/11/21	12:19:44	11.7	6.9	4.1	801.3
1/11/21	12:19:46	9.6	6.0	3.7	599.8
1/11/21	12:19:48	8.1	4.3	2.8	642.4
1/11/21	12:19:50	7.8	4.7	2.9	420.2
1/11/21	12:19:52	7.0	4.2	2.8	751.8
1/11/21	12:19:54	6.3	4.1	2.6	474.0
1/11/21	12:19:56	6.9	4.0	2.7	244.4
1/11/21	12:19:58	9.6	4.8	3.4	1005.8
1/11/21	12:20:00	8.8	4.7	2.8	519.1
1/11/21	12:20:02	9.2	4.7	3.0	326.0
1/11/21	12:20:04	8.3	4.0	2.6	844.2
1/11/21	12:20:06	9.5	4.7	3.2	932.0
1/11/21	12:20:08	10.4	5.2	3.3	840.5
1/11/21	12:20:10	10.4	4.9	3.2	868.4
1/11/21	12:20:12	13.2	6.8	4.3	1270.7
1/11/21	12:20:14	8.5	4.4	2.8	674.9
1/11/21	12:20:16	8.2	4.6	2.9	807.0
1/11/21	12:20:18	11.7	4.8	3.2	1866.4
1/11/21	12:20:20	11.3	5.7	3.5	745.1
1/11/21	12:20:22	10.9	5.9	3.7	517.3
1/11/21	12:20:24	10.2	4.9	2.9	410.8
1/11/21	12:20:26	9.3	4.9	3.2	600.9
1/11/21	12:20:28	7.9	4.6	2.9	610.2
1/11/21	12:20:30	10.9	6.8	4.2	577.1
1/11/21	12:20:32	9.8	5.8	3.8	759.6

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:20:34	5.4	3.1	2.1	202.8
1/11/21	12:20:36	4.7	2.7	1.7	296.0
1/11/21	12:20:38	5.8	3.1	1.9	418.8
1/11/21	12:20:40	6.4	3.6	2.5	294.9
1/11/21	12:20:42	6.1	3.4	2.2	233.6
1/11/21	12:20:44	11.9	6.1	3.9	1127.1
1/11/21	12:20:46	9.3	5.6	3.6	610.5
1/11/21	12:20:48	12.9	6.7	4.1	679.7
1/11/21	12:20:50	8.0	4.7	2.9	591.1
1/11/21	12:20:52	7.9	4.6	2.8	639.6
1/11/21	12:20:54	7.6	4.7	3.2	762.0
1/11/21	12:20:56	6.9	4.3	2.6	186.7
1/11/21	12:20:58	6.2	3.3	2.1	210.2
1/11/21	12:21:00	4.0	2.2	1.5	325.9
1/11/21	12:21:02	4.6	2.8	1.7	208.2
1/11/21	12:21:04	3.2	2.0	1.4	95.6
1/11/21	12:21:06	4.8	3.1	1.8	96.0
1/11/21	12:21:08	5.7	3.8	2.4	128.7
1/11/21	12:21:10	27.0	17.0	10.6	961.1
1/11/21	12:21:12	7.9	4.7	3.0	476.1
1/11/21	12:21:14	5.8	3.4	2.2	220.8
1/11/21	12:21:16	4.0	2.6	1.5	114.5
1/11/21	12:21:18	3.0	1.9	1.3	59.7
1/11/21	12:21:20	3.1	2.2	1.5	136.4
1/11/21	12:21:22	3.8	2.6	1.8	42.8
1/11/21	12:21:24	5.8	3.9	2.5	70.7
1/11/21	12:21:26	3.8	2.5	1.5	43.7
1/11/21	12:21:28	3.4	2.0	1.3	28.2
1/11/21	12:21:30	5.3	3.2	2.3	262.4
1/11/21	12:21:32	17.6	10.9	7.3	2546.7
1/11/21	12:21:34	30.4	19.6	13.1	4382.0
1/11/21	12:21:36	10.1	4.7	3.1	876.0
1/11/21	12:21:38	15.2	8.1	5.2	1747.2
1/11/21	12:21:40	30.7	15.0	10.2	4864.4
1/11/21	12:21:42	20.3	10.6	7.0	1933.1
1/11/21	12:21:44	27.9	12.8	8.5	4012.0
1/11/21	12:21:46	10.1	5.3	3.6	996.0
1/11/21	12:21:48	7.5	4.4	3.0	668.8

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:21:50	21.8	11.9	7.4	1500.9
1/11/21	12:21:52	21.2	9.7	6.4	3926.0
1/11/21	12:21:54	15.9	8.6	5.7	1714.1
1/11/21	12:21:56	17.7	10.4	6.5	1269.4
1/11/21	12:21:58	14.4	7.8	5.3	1253.6
1/11/21	12:22:00	7.4	4.9	3.2	374.0
1/11/21	12:22:02	5.1	2.7	1.9	625.2
1/11/21	12:22:04	6.6	4.5	3.1	254.0
1/11/21	12:22:06	58.5	37.5	18.6	3290.8
1/11/21	12:22:08	3.3	2.4	1.7	51.0
1/11/21	12:22:10	3.9	2.4	1.6	68.8

Cuadro E 16. Lecturas del dispositivo DustMate medición 16 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:25:03	5.4	4.6	3.3	37.0
1/11/21	12:25:05	3.1	2.5	1.7	32.2
1/11/21	12:25:07	3.8	2.9	1.9	44.2
1/11/21	12:25:09	3.3	2.4	1.7	24.1
1/11/21	12:25:11	5.0	4.4	2.9	26.5
1/11/21	12:25:13	5.2	4.4	3.0	54.6
1/11/21	12:25:15	7.8	4.9	3.2	341.5
1/11/21	12:25:17	20.0	9.2	5.8	4185.2
1/11/21	12:25:19	27.4	15.2	9.6	1464.9
1/11/21	12:25:21	43.6	22.0	13.0	2713.4
1/11/21	12:25:23	39.1	21.7	13.2	1423.0
1/11/21	12:25:25	24.2	13.9	8.5	876.4
1/11/21	12:25:27	16.4	10.1	6.2	375.9
1/11/21	12:25:29	9.0	6.5	3.8	223.0
1/11/21	12:25:31	13.7	9.1	5.3	344.5
1/11/21	12:25:33	14.8	9.2	5.5	283.2
1/11/21	12:25:35	21.1	13.4	8.2	896.0
1/11/21	12:25:37	28.6	18.3	11.1	948.4
1/11/21	12:25:39	15.8	9.3	5.4	402.9
1/11/21	12:25:41	45.1	25.9	15.7	2402.0

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:25:43	47.0	26.8	16.2	1566.8
1/11/21	12:25:45	38.2	24.4	14.9	1278.4
1/11/21	12:25:47	10.6	7.0	4.2	166.0
1/11/21	12:25:49	8.2	6.3	3.7	135.4
1/11/21	12:25:51	7.0	4.4	2.7	265.3
1/11/21	12:25:53	5.9	4.1	2.5	183.4
1/11/21	12:25:55	5.3	3.9	2.5	54.4
1/11/21	12:25:57	5.2	3.8	2.4	122.2
1/11/21	12:25:59	5.5	4.2	2.7	40.5
1/11/21	12:26:01	7.5	5.8	3.5	173.4
1/11/21	12:26:03	7.5	4.8	3.1	151.1
1/11/21	12:26:05	12.7	9.2	5.7	227.2
1/11/21	12:26:07	5.1	3.6	2.0	110.7
1/11/21	12:26:09	4.9	3.6	2.1	51.5
1/11/21	12:26:11	3.4	2.3	1.3	28.4
1/11/21	12:26:13	5.4	4.7	2.8	110.2
1/11/21	12:26:15	5.7	4.3	2.7	126.5
1/11/21	12:26:17	5.2	3.7	2.1	34.5
1/11/21	12:26:19	5.9	4.4	2.9	91.0
1/11/21	12:26:21	5.0	4.0	2.4	246.7
1/11/21	12:26:23	5.5	3.6	2.2	105.4
1/11/21	12:26:25	5.8	3.9	2.3	126.9
1/11/21	12:26:27	7.5	4.7	2.7	198.0
1/11/21	12:26:29	15.6	5.9	3.8	2281.3
1/11/21	12:26:31	5.5	3.9	2.7	261.0
1/11/21	12:26:33	6.0	3.7	2.1	180.3
1/11/21	12:26:35	6.5	4.2	2.7	416.5
1/11/21	12:26:37	5.5	3.4	2.3	133.5
1/11/21	12:26:39	4.3	2.9	1.8	84.5
1/11/21	12:26:41	5.3	3.6	2.3	76.1
1/11/21	12:26:43	10.5	6.6	4.1	627.4
1/11/21	12:26:45	6.3	4.5	2.6	105.6
1/11/21	12:26:47	9.5	6.2	3.7	155.4
1/11/21	12:26:49	7.6	5.1	3.1	133.6
1/11/21	12:26:51	7.5	5.3	3.1	128.7
1/11/21	12:26:53	9.4	6.8	3.9	172.9
1/11/21	12:26:55	6.5	4.0	2.5	192.2
1/11/21	12:26:57	10.1	6.1	3.7	524.8

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:26:59	5.8	3.7	2.2	126.0
1/11/21	12:27:01	7.1	4.4	2.6	92.2
1/11/21	12:27:03	10.7	6.9	4.0	529.8
1/11/21	12:27:05	9.8	6.5	3.9	371.8
1/11/21	12:27:07	9.7	5.9	3.6	258.5
1/11/21	12:27:09	8.2	5.5	3.4	145.1
1/11/21	12:27:11	13.0	8.3	4.9	514.7
1/11/21	12:27:13	11.8	7.6	4.4	280.0
1/11/21	12:27:15	10.2	6.3	3.6	180.6
1/11/21	12:27:17	13.8	8.1	5.2	340.0
1/11/21	12:27:19	8.8	5.5	3.1	143.3
1/11/21	12:27:21	4.9	3.3	2.0	142.4
1/11/21	12:27:23	6.1	3.6	2.3	177.9
1/11/21	12:27:25	8.1	5.6	3.4	183.3
1/11/21	12:27:27	11.3	6.1	3.8	381.1
1/11/21	12:27:29	9.8	5.6	3.4	238.9
1/11/21	12:27:31	8.4	4.5	2.6	305.8
1/11/21	12:27:33	7.6	5.2	3.0	103.4
1/11/21	12:27:35	6.6	4.7	2.6	62.6
1/11/21	12:27:37	7.8	4.7	2.8	236.5
1/11/21	12:27:39	10.4	6.9	4.1	341.1
1/11/21	12:27:41	19.9	11.8	7.0	682.9
1/11/21	12:27:43	19.6	12.1	7.2	685.8
1/11/21	12:27:45	20.1	11.5	7.0	683.6
1/11/21	12:27:47	21.1	12.4	7.1	760.5
1/11/21	12:27:49	43.0	23.9	14.6	1541.3
1/11/21	12:27:51	29.2	18.0	10.5	966.4
1/11/21	12:27:53	24.7	14.8	9.0	941.1
1/11/21	12:27:55	19.4	11.5	6.7	481.2
1/11/21	12:27:57	13.9	9.0	5.4	556.1
1/11/21	12:27:59	11.1	7.0	4.2	210.1
1/11/21	12:28:01	11.3	7.2	4.3	305.8
1/11/21	12:28:03	9.6	5.5	3.2	207.5
1/11/21	12:28:05	17.3	9.6	5.8	622.0
1/11/21	12:28:07	29.9	16.1	9.9	1782.8
1/11/21	12:28:09	34.3	19.5	11.6	1144.5
1/11/21	12:28:11	71.5	39.9	23.7	4234.3
1/11/21	12:28:13	105.5	58.5	34.5	4240.6

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:28:15	88.3	48.3	27.7	4653.2
1/11/21	12:28:17	125.3	61.8	35.9	6527.9
1/11/21	12:28:19	39.9	22.5	13.4	1607.1
1/11/21	12:28:21	20.7	12.0	7.0	694.8
1/11/21	12:28:23	27.0	15.5	9.0	1087.2
1/11/21	12:28:25	28.7	14.1	8.3	1222.6
1/11/21	12:28:27	39.3	20.5	11.8	3696.7
1/11/21	12:28:29	38.3	19.6	11.4	1620.9
1/11/21	12:28:31	33.5	17.3	10.1	1248.6
1/11/21	12:28:33	50.7	27.8	16.5	2237.7
1/11/21	12:28:35	27.7	15.4	8.9	1032.0
1/11/21	12:28:37	30.6	17.6	10.1	1010.8
1/11/21	12:28:39	24.4	14.2	8.5	966.7
1/11/21	12:28:41	23.9	13.1	7.5	901.4
1/11/21	12:28:43	27.0	15.7	9.4	882.2
1/11/21	12:28:45	86.6	42.4	24.7	3765.6
1/11/21	12:28:47	167.2	89.0	50.7	6527.9
1/11/21	12:28:49	175.6	93.4	53.6	6527.9
1/11/21	12:28:51	515.5	286.6	170.5	6527.9
1/11/21	12:28:53	816.5	458.9	274.9	6527.9
1/11/21	12:28:55	633.0	363.8	216.4	6527.9
1/11/21	12:28:57	610.4	341.8	206.0	6527.9
1/11/21	12:28:59	628.8	358.9	214.1	6527.9
1/11/21	12:29:01	563.0	330.8	199.2	6527.9
1/11/21	12:29:03	427.4	248.1	148.0	6527.9
1/11/21	12:29:05	421.0	241.3	144.9	6527.9
1/11/21	12:29:07	578.9	339.3	202.2	6527.9
1/11/21	12:29:09	177.5	105.1	61.7	6527.9
1/11/21	12:29:11	81.3	45.3	26.5	2840.1
1/11/21	12:29:13	242.8	133.9	79.9	6527.9
1/11/21	12:29:15	504.5	272.7	165.7	6527.9
1/11/21	12:29:17	517.8	303.4	178.3	6527.9
1/11/21	12:29:19	435.0	254.0	151.6	6527.9
1/11/21	12:29:21	881.4	517.4	309.6	6527.9
1/11/21	12:29:23	1297.7	723.3	440.0	6527.9
1/11/21	12:29:25	1030.6	591.1	356.4	6527.9
1/11/21	12:29:27	1555.1	874.8	532.8	6527.9
1/11/21	12:29:29	1368.1	772.4	473.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:29:31	1649.7	943.5	573.4	6527.9
1/11/21	12:29:33	2725.7	1439.5	873.8	6527.9
1/11/21	12:29:35	2747.7	1501.6	913.0	6527.9
1/11/21	12:29:37	3533.7	1890.3	1146.4	6527.9
1/11/21	12:29:39	3810.2	1980.8	1199.1	6527.9
1/11/21	12:29:41	3915.3	1957.0	1182.7	6527.9
1/11/21	12:29:43	4511.0	2141.0	1273.0	6527.9
1/11/21	12:29:45	3772.6	1933.0	1168.2	6527.9
1/11/21	12:29:47	1512.0	866.8	528.5	6527.9
1/11/21	12:29:49	451.8	290.8	175.4	6527.9
1/11/21	12:29:51	426.4	283.4	171.1	6527.9
1/11/21	12:29:53	343.1	229.3	139.1	6527.9
1/11/21	12:29:55	260.6	170.2	103.2	6527.9
1/11/21	12:29:57	322.0	218.7	132.4	6527.9
1/11/21	12:29:59	256.5	170.2	103.4	6527.9
1/11/21	12:30:01	198.0	131.1	79.6	4999.2
1/11/21	12:30:03	126.7	86.3	51.9	2413.3
1/11/21	12:30:05	97.9	66.1	40.2	1773.4
1/11/21	12:30:07	102.1	71.1	42.7	1659.4
1/11/21	12:30:09	79.4	55.2	34.1	1289.4
1/11/21	12:30:11	104.0	70.3	43.0	1863.1
1/11/21	12:30:13	88.8	59.6	36.4	2166.7
1/11/21	12:30:15	64.2	44.0	27.8	1414.0
1/11/21	12:30:17	43.0	29.5	18.4	727.5
1/11/21	12:30:19	33.9	24.2	15.5	930.9
1/11/21	12:30:21	27.3	19.8	13.0	475.7
1/11/21	12:30:23	25.2	18.5	11.7	287.7
1/11/21	12:30:25	29.5	20.0	12.8	1659.6

Cuadro E 17. Lecturas del dispositivo DustMate medición 17 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:32:40	4.9	4.0	2.7	26.7
1/11/21	12:32:42	4.6	3.6	2.2	49.0
1/11/21	12:32:44	7.4	6.1	3.8	67.5

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:32:46	6.9	5.8	4.1	21.7
1/11/21	12:32:48	8.4	6.9	4.7	54.1
1/11/21	12:32:50	8.5	7.2	4.8	37.5
1/11/21	12:32:52	18.1	12.9	8.6	572.5
1/11/21	12:32:54	37.6	24.2	15.1	1154.4
1/11/21	12:32:56	75.0	48.6	29.4	1480.3
1/11/21	12:32:58	71.9	47.1	29.1	1749.5
1/11/21	12:33:00	94.2	63.9	38.8	1924.4
1/11/21	12:33:02	68.3	47.8	28.9	1562.4
1/11/21	12:33:04	66.2	45.7	27.1	1300.3
1/11/21	12:33:06	63.0	41.2	25.4	1439.8
1/11/21	12:33:08	42.7	29.4	18.5	707.7
1/11/21	12:33:10	61.1	42.5	26.0	1241.1
1/11/21	12:33:12	55.0	38.8	23.9	966.2
1/11/21	12:33:14	68.5	47.2	29.1	1271.5
1/11/21	12:33:16	81.6	55.4	33.4	1508.1
1/11/21	12:33:18	89.9	62.4	37.8	1519.2
1/11/21	12:33:20	407.7	251.9	153.4	6527.9
1/11/21	12:33:22	747.7	472.4	285.1	6527.9
1/11/21	12:33:24	1416.1	894.6	545.4	6527.9
1/11/21	12:33:26	2041.0	1252.4	757.5	6527.9
1/11/21	12:33:28	1291.2	783.3	477.9	6527.9
1/11/21	12:33:30	1251.6	769.3	469.2	6527.9
1/11/21	12:33:32	1391.2	821.6	498.8	6527.9
1/11/21	12:33:34	2404.5	1399.8	855.8	6527.9
1/11/21	12:33:36	1789.0	1048.8	641.8	6527.9
1/11/21	12:33:38	1130.3	704.9	427.5	6527.9
1/11/21	12:33:40	924.4	562.1	341.4	6527.9
1/11/21	12:33:42	717.4	440.9	266.2	6527.9
1/11/21	12:33:44	387.2	238.9	142.2	6527.9
1/11/21	12:33:46	330.8	197.1	118.0	6527.9
1/11/21	12:33:48	123.9	70.3	41.7	4312.5
1/11/21	12:33:50	227.8	134.0	78.2	6527.9
1/11/21	12:33:52	303.6	186.2	109.7	6527.9
1/11/21	12:33:54	103.6	63.2	37.8	3858.6
1/11/21	12:33:56	59.9	36.9	21.5	1812.4
1/11/21	12:33:58	165.5	99.7	59.0	4821.2
1/11/21	12:34:00	300.6	187.7	110.7	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:34:02	276.6	165.1	97.9	6527.9
1/11/21	12:34:04	256.9	161.8	96.0	6527.9
1/11/21	12:34:06	166.4	102.0	61.0	6527.9
1/11/21	12:34:08	190.1	120.0	72.4	6527.9
1/11/21	12:34:10	256.2	160.6	96.2	6527.9
1/11/21	12:34:12	174.3	108.4	64.8	4714.2
1/11/21	12:34:14	124.2	78.0	46.2	2640.0
1/11/21	12:34:16	69.8	43.6	25.7	1335.9
1/11/21	12:34:18	59.2	35.5	21.0	1279.2
1/11/21	12:34:20	53.5	32.3	19.3	1335.5
1/11/21	12:34:22	48.2	28.7	16.5	1121.4
1/11/21	12:34:24	30.9	19.1	11.1	809.1
1/11/21	12:34:26	17.4	11.5	6.7	290.2
1/11/21	12:34:28	17.9	11.1	6.8	566.5
1/11/21	12:34:30	15.1	8.9	5.2	357.2
1/11/21	12:34:32	32.1	19.3	11.5	851.0
1/11/21	12:34:34	46.6	27.6	16.1	1461.9
1/11/21	12:34:36	55.4	31.1	18.2	1928.4
1/11/21	12:34:38	50.5	29.2	17.1	1670.7
1/11/21	12:34:40	53.2	29.8	17.1	1534.3
1/11/21	12:34:42	47.7	27.2	15.3	1388.7
1/11/21	12:34:44	28.3	16.0	9.3	686.8
1/11/21	12:34:46	24.7	14.4	8.8	924.4
1/11/21	12:34:48	114.8	63.7	36.8	4124.1
1/11/21	12:34:50	80.6	45.8	27.6	2691.5
1/11/21	12:34:52	58.3	34.8	20.4	1677.6
1/11/21	12:34:54	48.9	27.8	16.3	1743.6
1/11/21	12:34:56	46.0	26.5	15.4	1353.2
1/11/21	12:34:58	40.6	25.0	14.6	1062.3
1/11/21	12:35:00	56.7	36.0	21.5	1908.0
1/11/21	12:35:02	92.4	55.2	32.7	3248.7
1/11/21	12:35:04	47.2	28.2	17.1	2049.0
1/11/21	12:35:06	28.3	16.9	9.9	968.0
1/11/21	12:35:08	52.9	30.5	18.1	1725.4
1/11/21	12:35:10	66.3	39.1	23.5	1471.3
1/11/21	12:35:12	37.3	24.1	15.4	846.8
1/11/21	12:35:14	36.3	22.2	13.8	987.4
1/11/21	12:35:16	73.9	46.1	27.6	2507.0

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:35:18	55.6	34.6	20.1	1666.4
1/11/21	12:35:20	26.3	17.3	10.6	832.7
1/11/21	12:35:22	31.7	20.7	12.7	558.4
1/11/21	12:35:24	23.2	15.3	8.9	596.1
1/11/21	12:35:26	40.1	24.1	14.4	911.0
1/11/21	12:35:28	19.9	11.8	7.1	507.7
1/11/21	12:35:30	10.5	7.1	4.3	315.6
1/11/21	12:35:32	8.9	5.6	3.5	396.6
1/11/21	12:35:34	14.4	8.4	4.9	387.4
1/11/21	12:35:36	13.3	9.0	5.2	274.6
1/11/21	12:35:38	17.5	10.6	6.2	352.8
1/11/21	12:35:40	9.6	6.2	3.7	239.6
1/11/21	12:35:42	8.2	5.9	3.7	228.1
1/11/21	12:35:44	5.2	3.5	2.3	33.9
1/11/21	12:35:46	6.6	4.7	3.1	71.0
1/11/21	12:35:48	8.8	6.3	3.8	236.5
1/11/21	12:35:50	12.8	8.7	5.2	269.1
1/11/21	12:35:52	12.6	8.5	5.3	409.5
1/11/21	12:35:54	11.2	7.1	4.2	214.2
1/11/21	12:35:56	14.2	9.0	5.3	249.6
1/11/21	12:35:58	14.1	8.8	5.5	511.6
1/11/21	12:36:00	26.6	16.4	9.6	681.2
1/11/21	12:36:02	24.7	15.2	9.1	649.9
1/11/21	12:36:04	10.6	7.0	4.1	171.2
1/11/21	12:36:06	9.1	5.9	3.8	137.3
1/11/21	12:36:08	8.6	6.0	3.9	210.8
1/11/21	12:36:10	8.2	5.6	3.3	98.5
1/11/21	12:36:12	9.4	6.3	3.9	93.9
1/11/21	12:36:14	11.0	7.4	4.7	181.0
1/11/21	12:36:16	9.3	6.6	3.9	117.1
1/11/21	12:36:18	8.6	5.3	3.4	154.9
1/11/21	12:36:20	8.5	7.2	4.8	22.1
1/11/21	12:36:22	12.5	9.2	5.5	293.2
1/11/21	12:36:24	6.3	4.2	2.5	113.1
1/11/21	12:36:26	4.8	3.7	2.4	55.3
1/11/21	12:36:28	4.8	3.6	2.3	117.6
1/11/21	12:36:30	6.0	3.7	2.2	176.5
1/11/21	12:36:32	7.7	5.5	3.4	120.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:36:34	5.7	3.4	2.2	121.7
1/11/21	12:36:36	10.3	7.4	4.8	186.6
1/11/21	12:36:38	28.8	16.0	10.9	3947.2
1/11/21	12:36:40	9.8	6.9	4.2	138.1
1/11/21	12:36:42	8.1	4.7	3.2	295.6
1/11/21	12:36:44	8.5	5.8	3.7	197.6
1/11/21	12:36:46	5.3	3.8	2.4	57.0
1/11/21	12:36:48	5.0	3.4	2.2	36.2
1/11/21	12:36:50	5.6	4.3	2.6	52.7
1/11/21	12:36:52	5.8	3.9	2.6	54.1
1/11/21	12:36:54	7.1	5.5	3.6	122.5
1/11/21	12:36:56	5.8	4.3	3.0	103.3
1/11/21	12:36:58	7.9	5.7	4.1	118.9
1/11/21	12:37:00	23.6	18.5	11.9	205.0
1/11/21	12:37:02	20.7	16.2	10.1	107.7
1/11/21	12:37:04	5.0	4.0	2.4	42.2
1/11/21	12:37:06	5.7	4.2	2.6	66.8
1/11/21	12:37:08	4.6	3.7	2.4	27.6
1/11/21	12:37:10	5.7	4.0	2.4	85.3
1/11/21	12:37:12	4.1	3.0	1.9	62.3
1/11/21	12:37:14	4.7	3.2	2.2	77.6
1/11/21	12:37:16	3.5	2.7	1.6	16.1
1/11/21	12:37:18	4.1	3.5	2.1	74.4
1/11/21	12:37:20	4.8	4.2	2.5	16.0
1/11/21	12:37:22	16.3	10.5	6.7	570.9
1/11/21	12:37:24	35.8	22.8	14.2	2001.1
1/11/21	12:37:26	25.2	15.2	9.3	956.0
1/11/21	12:37:28	25.4	14.8	8.7	627.8
1/11/21	12:37:30	48.1	26.3	15.9	1639.1
1/11/21	12:37:32	19.7	10.7	7.0	610.5
1/11/21	12:37:34	14.5	9.3	5.7	549.5
1/11/21	12:37:36	10.6	7.5	4.5	258.7
1/11/21	12:37:38	11.1	6.8	4.1	328.0
1/11/21	12:37:40	21.2	13.4	8.4	727.8
1/11/21	12:37:42	14.8	9.8	6.1	817.0
1/11/21	12:37:44	21.7	14.8	9.0	512.4
1/11/21	12:37:46	34.2	19.9	12.0	1290.0
1/11/21	12:37:48	23.2	16.2	10.2	412.6

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:37:50	8.5	6.0	3.8	319.3
1/11/21	12:37:52	5.3	3.6	2.1	37.0
1/11/21	12:37:54	4.8	3.2	2.1	166.9
1/11/21	12:37:56	4.1	2.9	1.8	131.3
1/11/21	12:37:58	3.0	2.2	1.4	125.7
1/11/21	12:38:00	501.7	323.5	159.5	3428.1

Cuadro E 18. Lecturas del dispositivo DustMate medición 18 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:39:51	1.6	1.2	0.8	43.3
1/11/21	12:39:53	2.7	1.5	0.9	11.7
1/11/21	12:39:55	2.9	2.4	1.5	7.8
1/11/21	12:39:57	3.1	2.3	1.4	48.1
1/11/21	12:39:59	2.1	1.7	1.0	6.6
1/11/21	12:40:01	3.1	2.5	1.5	110.2
1/11/21	12:40:03	12.5	6.4	3.9	818.5
1/11/21	12:40:05	20.9	8.9	5.5	2208.0
1/11/21	12:40:07	38.9	18.6	11.5	3968.1
1/11/21	12:40:09	37.8	19.0	11.3	1418.3
1/11/21	12:40:11	40.6	22.3	13.1	1581.8
1/11/21	12:40:13	29.8	16.9	10.1	1490.5
1/11/21	12:40:15	13.6	7.3	4.4	455.5
1/11/21	12:40:17	13.7	8.0	4.5	247.4
1/11/21	12:40:19	25.3	15.8	9.6	1031.1
1/11/21	12:40:21	27.4	17.6	11.3	827.2
1/11/21	12:40:23	28.3	18.2	11.3	820.8
1/11/21	12:40:25	40.9	22.4	13.1	3764.2
1/11/21	12:40:27	24.0	14.3	8.7	688.1
1/11/21	12:40:29	58.9	36.4	22.4	2233.9
1/11/21	12:40:31	62.1	38.3	24.0	4213.2
1/11/21	12:40:33	21.8	13.2	8.1	750.3
1/11/21	12:40:35	8.1	5.6	3.5	183.6
1/11/21	12:40:37	8.5	5.4	3.6	171.1
1/11/21	12:40:39	6.5	4.6	2.9	129.8

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:40:41	5.6	3.7	2.3	52.0
1/11/21	12:40:43	5.4	3.6	2.2	196.7
1/11/21	12:40:45	3.6	2.5	1.5	43.0
1/11/21	12:40:47	3.2	2.4	1.4	21.3
1/11/21	12:40:49	5.7	3.6	2.3	66.5
1/11/21	12:40:51	8.0	5.8	3.6	197.3
1/11/21	12:40:53	6.7	4.9	3.1	70.8
1/11/21	12:40:55	6.6	4.1	2.5	90.9
1/11/21	12:40:57	6.6	4.5	3.0	72.5
1/11/21	12:40:59	4.1	2.9	1.7	62.1
1/11/21	12:41:01	3.8	2.8	1.6	86.6
1/11/21	12:41:03	5.7	4.0	2.3	136.5
1/11/21	12:41:05	14.1	10.4	6.1	249.1
1/11/21	12:41:07	17.4	11.5	7.2	380.5
1/11/21	12:41:09	9.9	7.0	4.0	208.6
1/11/21	12:41:11	8.5	5.8	3.4	92.0
1/11/21	12:41:13	7.9	4.7	3.1	123.7
1/11/21	12:41:15	7.6	4.8	2.9	203.8
1/11/21	12:41:17	6.4	4.7	2.9	81.6
1/11/21	12:41:19	6.6	4.4	2.6	152.7
1/11/21	12:41:21	6.8	5.1	3.3	166.8
1/11/21	12:41:23	7.2	5.5	3.4	95.6
1/11/21	12:41:25	4.1	2.7	1.6	102.3
1/11/21	12:41:27	4.9	3.7	2.2	52.6
1/11/21	12:41:29	5.2	3.2	2.0	138.6
1/11/21	12:41:31	72.9	58.7	39.3	720.0
1/11/21	12:41:33	8.7	6.2	3.7	98.2
1/11/21	12:41:35	6.3	4.5	2.7	120.1
1/11/21	12:41:37	9.1	5.9	3.8	153.2
1/11/21	12:41:39	11.8	7.6	4.6	379.3
1/11/21	12:41:41	9.6	6.5	3.8	432.7
1/11/21	12:41:43	7.2	4.7	2.8	187.4
1/11/21	12:41:45	9.5	5.1	2.9	413.5
1/11/21	12:41:47	10.3	5.8	3.5	216.1
1/11/21	12:41:49	9.1	5.3	3.2	175.1
1/11/21	12:41:51	9.6	5.2	3.2	212.2
1/11/21	12:41:53	18.2	10.5	6.4	460.9
1/11/21	12:41:55	13.7	8.3	4.8	415.0

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:41:57	9.4	6.0	3.5	274.6
1/11/21	12:41:59	7.6	4.8	2.8	317.9
1/11/21	12:42:01	7.4	4.6	2.8	310.4
1/11/21	12:42:03	9.7	5.1	3.0	234.0
1/11/21	12:42:05	8.9	5.7	3.2	388.3
1/11/21	12:42:07	5.6	4.0	2.3	72.8
1/11/21	12:42:09	6.4	4.2	2.7	366.3
1/11/21	12:42:11	7.5	3.9	2.3	152.7
1/11/21	12:42:13	4.8	2.8	1.7	179.7
1/11/21	12:42:15	8.6	5.3	3.2	166.4
1/11/21	12:42:17	11.0	7.5	4.3	205.5
1/11/21	12:42:19	9.1	6.7	4.0	94.2
1/11/21	12:42:21	11.7	7.5	4.7	454.3
1/11/21	12:42:23	10.0	6.8	4.0	221.1
1/11/21	12:42:25	9.4	6.3	3.8	288.8
1/11/21	12:42:27	13.0	7.8	4.9	727.8
1/11/21	12:42:29	16.6	9.9	6.1	498.0
1/11/21	12:42:31	18.3	11.1	6.9	452.9
1/11/21	12:42:33	15.9	9.8	6.0	373.2
1/11/21	12:42:35	59.2	38.1	23.2	1691.8
1/11/21	12:42:37	40.0	23.5	13.8	1196.6
1/11/21	12:42:39	19.6	11.6	6.9	619.2
1/11/21	12:42:41	35.9	22.3	13.3	1293.1
1/11/21	12:42:43	22.9	12.8	7.7	627.7
1/11/21	12:42:45	21.4	12.9	7.7	863.0
1/11/21	12:42:47	11.6	7.5	4.4	393.0
1/11/21	12:42:49	11.0	7.2	4.6	480.7
1/11/21	12:42:51	19.4	11.6	6.9	865.9
1/11/21	12:42:53	19.5	9.9	6.2	3707.1
1/11/21	12:42:55	25.1	13.0	7.9	1021.2
1/11/21	12:42:57	46.0	24.3	14.2	1943.6
1/11/21	12:42:59	44.0	23.7	13.8	1697.1
1/11/21	12:43:01	90.8	51.8	30.8	6527.9
1/11/21	12:43:03	120.4	61.4	36.5	4886.2
1/11/21	12:43:05	138.4	66.7	39.4	4190.3
1/11/21	12:43:07	44.2	21.5	12.5	1778.5
1/11/21	12:43:09	186.0	94.8	55.3	4816.8
1/11/21	12:43:11	142.6	70.5	40.7	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:43:13	52.3	27.8	16.0	1875.5
1/11/21	12:43:15	93.8	48.3	28.3	4931.1
1/11/21	12:43:17	37.3	20.4	11.9	1250.7
1/11/21	12:43:19	71.0	37.4	21.4	4087.3
1/11/21	12:43:21	67.3	34.3	19.9	3229.8
1/11/21	12:43:23	37.1	19.5	11.6	1248.7
1/11/21	12:43:25	26.3	14.3	7.9	667.2
1/11/21	12:43:27	77.5	44.3	26.6	4175.9
1/11/21	12:43:29	58.9	34.1	20.0	2350.0
1/11/21	12:43:31	93.7	51.3	30.1	2842.7
1/11/21	12:43:33	357.0	205.1	121.3	6527.9
1/11/21	12:43:35	186.7	108.8	63.2	6527.9
1/11/21	12:43:37	316.3	179.6	106.5	6527.9
1/11/21	12:43:39	635.9	378.8	229.8	6527.9
1/11/21	12:43:41	564.9	325.3	198.2	6527.9
1/11/21	12:43:43	341.8	197.9	117.6	6527.9
1/11/21	12:43:45	380.3	227.6	135.9	6527.9
1/11/21	12:43:47	436.7	257.2	156.6	6527.9
1/11/21	12:43:49	202.9	125.6	74.3	6527.9
1/11/21	12:43:51	1608.5	951.0	579.4	6527.9
1/11/21	12:43:53	1455.4	829.6	509.0	6527.9
1/11/21	12:43:55	865.9	518.9	313.3	6527.9
1/11/21	12:43:57	1615.0	953.5	582.6	6527.9
1/11/21	12:43:59	900.7	541.1	327.8	6527.9
1/11/21	12:44:01	1107.6	642.9	394.9	6527.9
1/11/21	12:44:03	747.8	411.4	252.3	6527.9
1/11/21	12:44:05	814.1	495.3	296.1	6527.9
1/11/21	12:44:07	1055.0	639.7	387.7	6527.9
1/11/21	12:44:09	1409.0	833.1	506.9	6527.9
1/11/21	12:44:11	2035.2	1173.7	712.5	6527.9
1/11/21	12:44:13	1754.2	1012.3	617.9	6527.9
1/11/21	12:44:15	2484.8	1395.2	852.8	6527.9
1/11/21	12:44:17	2709.2	1505.6	917.6	6527.9
1/11/21	12:44:19	2344.0	1380.8	839.4	6527.9
1/11/21	12:44:21	2969.2	1666.8	1013.5	6527.9
1/11/21	12:44:23	3119.1	1763.2	1064.6	6527.9
1/11/21	12:44:25	3150.3	1756.4	1062.8	6527.9
1/11/21	12:44:27	2394.0	1395.0	848.8	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:44:29	1978.8	1142.5	699.2	6527.9
1/11/21	12:44:31	1618.5	938.0	572.5	6527.9
1/11/21	12:44:33	654.6	419.4	255.2	6527.9
1/11/21	12:44:35	406.7	271.8	165.2	6527.9
1/11/21	12:44:37	260.3	175.2	106.3	6527.9
1/11/21	12:44:39	190.4	131.5	80.3	3326.7
1/11/21	12:44:41	161.4	110.2	68.1	2685.8
1/11/21	12:44:43	157.8	107.1	65.1	4624.2
1/11/21	12:44:45	132.7	92.8	57.3	2101.6
1/11/21	12:44:47	103.5	72.9	44.7	1758.2
1/11/21	12:44:49	78.7	56.3	34.3	1278.4
1/11/21	12:44:51	74.2	52.0	31.1	1043.4
1/11/21	12:44:53	118.8	81.8	48.7	2035.3
1/11/21	12:44:55	133.3	91.8	55.2	3041.7
1/11/21	12:44:57	64.0	43.1	26.2	1553.2
1/11/21	12:44:59	31.8	20.4	12.2	854.3
1/11/21	12:45:01	22.9	14.7	8.8	456.8
1/11/21	12:45:03	13.7	9.6	5.7	307.1
1/11/21	12:45:05	13.9	9.2	5.6	564.0

Cuadro E 19. Lecturas del dispositivo DustMate medición 19 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:46:28	4.7	2.3	1.7	304.2
1/11/21	12:46:30	5.0	3.0	1.9	73.0
1/11/21	12:46:32	5.9	3.6	2.4	378.2
1/11/21	12:46:34	6.2	3.9	2.5	168.3
1/11/21	12:46:36	6.7	3.8	2.4	216.6
1/11/21	12:46:38	5.1	3.1	2.2	216.3
1/11/21	12:46:40	16.2	8.5	5.4	941.2
1/11/21	12:46:42	44.7	23.2	15.1	4523.5
1/11/21	12:46:44	183.0	104.6	66.3	6527.9
1/11/21	12:46:46	101.7	59.7	37.1	6527.9
1/11/21	12:46:48	80.4	47.3	29.2	6527.9
1/11/21	12:46:50	67.6	36.0	22.0	6527.9
1/11/21	12:46:52	62.7	35.0	22.0	4730.3

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:46:54	70.0	42.0	26.1	6527.9
1/11/21	12:46:56	74.2	42.8	26.7	6527.9
1/11/21	12:46:58	78.6	47.8	29.3	6527.9
1/11/21	12:47:00	102.3	54.8	33.8	6527.9
1/11/21	12:47:02	67.9	35.9	22.3	4846.3
1/11/21	12:47:04	172.8	93.2	57.5	6527.9
1/11/21	12:47:06	700.6	380.1	239.3	6527.9
1/11/21	12:47:08	2156.1	987.0	617.2	6527.9
1/11/21	12:47:10	3355.3	1414.4	866.4	6527.9
1/11/21	12:47:12	3752.5	1681.2	1036.1	6527.9
1/11/21	12:47:14	2123.1	1021.9	648.2	6527.9
1/11/21	12:47:16	1098.9	567.1	354.5	6527.9
1/11/21	12:47:18	1209.6	615.5	386.3	6527.9
1/11/21	12:47:20	1599.8	815.8	511.1	6527.9
1/11/21	12:47:22	1261.4	645.2	404.6	6527.9
1/11/21	12:47:24	1685.4	806.3	504.2	6527.9
1/11/21	12:47:26	2382.8	1178.8	742.0	6527.9
1/11/21	12:47:28	2062.5	1010.2	640.4	6527.9
1/11/21	12:47:30	1445.7	700.5	445.6	6527.9
1/11/21	12:47:32	525.6	254.9	161.9	6527.9
1/11/21	12:47:34	426.9	208.1	131.6	6527.9
1/11/21	12:47:36	572.4	280.4	176.7	6527.9
1/11/21	12:47:38	534.6	258.0	163.5	6527.9
1/11/21	12:47:40	172.4	85.3	52.9	6527.9
1/11/21	12:47:42	70.5	34.0	20.5	6527.9
1/11/21	12:47:44	73.4	33.9	21.4	6527.9
1/11/21	12:47:46	192.8	89.3	55.9	6527.9
1/11/21	12:47:48	278.9	137.4	85.6	6527.9
1/11/21	12:47:50	194.3	98.8	60.6	6527.9
1/11/21	12:47:52	266.2	133.4	83.1	6527.9
1/11/21	12:47:54	268.3	140.6	87.7	6527.9
1/11/21	12:47:56	211.4	109.9	67.8	6527.9
1/11/21	12:47:58	303.3	154.7	98.1	6527.9
1/11/21	12:48:00	217.9	111.4	69.2	6527.9
1/11/21	12:48:02	96.5	47.4	29.3	6527.9
1/11/21	12:48:04	87.1	45.5	28.5	6527.9
1/11/21	12:48:06	72.7	35.4	21.6	6527.9
1/11/21	12:48:08	51.4	26.1	15.8	4858.5

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:48:10	56.3	26.9	16.9	6527.9
1/11/21	12:48:12	49.8	25.4	16.1	4597.8
1/11/21	12:48:14	35.8	17.1	11.1	2959.3
1/11/21	12:48:16	25.0	11.3	6.9	1991.9
1/11/21	12:48:18	38.1	17.2	11.0	6527.9
1/11/21	12:48:20	65.5	29.7	18.1	6527.9
1/11/21	12:48:22	34.5	16.8	10.9	4517.4
1/11/21	12:48:24	82.7	36.2	22.7	6527.9
1/11/21	12:48:26	38.4	18.8	11.9	4773.8
1/11/21	12:48:28	60.9	27.9	16.9	6527.9
1/11/21	12:48:30	42.7	20.0	12.7	6527.9
1/11/21	12:48:32	53.7	25.6	16.2	6527.9
1/11/21	12:48:34	40.0	19.1	11.8	4520.7
1/11/21	12:48:36	87.8	37.8	24.4	6527.9
1/11/21	12:48:38	67.8	29.5	18.6	6527.9
1/11/21	12:48:40	47.1	21.5	13.5	6527.9
1/11/21	12:48:42	51.5	22.8	14.1	6527.9
1/11/21	12:48:44	36.8	18.4	11.9	4364.7
1/11/21	12:48:46	61.0	30.5	19.2	6527.9
1/11/21	12:48:48	111.0	51.9	32.2	6527.9
1/11/21	12:48:50	118.2	54.3	34.0	6527.9
1/11/21	12:48:52	94.6	47.5	30.1	6527.9
1/11/21	12:48:54	51.0	25.1	15.4	4480.2
1/11/21	12:48:56	42.3	19.4	12.2	6527.9
1/11/21	12:48:58	31.1	14.3	8.9	4173.4
1/11/21	12:49:00	20.6	10.3	6.5	1957.5
1/11/21	12:49:02	37.9	18.5	11.2	3187.8
1/11/21	12:49:04	64.0	31.7	19.9	6527.9
1/11/21	12:49:06	37.7	18.5	11.5	6527.9
1/11/21	12:49:08	30.5	14.7	9.1	4114.4
1/11/21	12:49:10	26.2	13.6	8.4	2516.5
1/11/21	12:49:12	32.1	15.9	10.0	3903.0
1/11/21	12:49:14	42.4	19.5	12.6	4612.8
1/11/21	12:49:16	37.4	17.3	10.9	4456.1
1/11/21	12:49:18	15.6	8.7	5.4	1248.7
1/11/21	12:49:20	17.8	9.1	5.7	1578.8
1/11/21	12:49:22	12.9	6.9	4.3	954.2
1/11/21	12:49:24	14.2	7.4	4.8	1212.6

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:49:26	8.7	4.4	2.7	713.0
1/11/21	12:49:28	9.8	5.6	3.4	711.2
1/11/21	12:49:30	17.3	9.0	5.7	1090.9
1/11/21	12:49:32	14.4	8.1	4.9	861.2
1/11/21	12:49:34	8.1	4.6	3.0	709.5
1/11/21	12:49:36	9.0	4.2	2.7	553.6
1/11/21	12:49:38	16.2	7.7	4.9	1723.4
1/11/21	12:49:40	13.9	7.0	4.1	514.4
1/11/21	12:49:42	11.5	5.6	3.4	587.8
1/11/21	12:49:44	11.1	5.4	3.4	850.5
1/11/21	12:49:46	12.7	6.1	4.0	1164.3
1/11/21	12:49:48	14.1	6.5	4.3	1379.8
1/11/21	12:49:50	16.9	9.3	5.5	878.3
1/11/21	12:49:52	17.7	8.7	5.5	1754.9
1/11/21	12:49:54	9.6	4.8	2.9	863.5
1/11/21	12:49:56	13.5	6.7	4.3	946.7
1/11/21	12:49:58	14.1	7.4	4.6	812.0
1/11/21	12:50:00	17.5	8.8	5.8	1927.4
1/11/21	12:50:02	15.4	7.5	4.9	1372.9
1/11/21	12:50:04	9.5	5.0	3.2	858.0
1/11/21	12:50:06	8.3	4.2	2.6	639.8
1/11/21	12:50:08	6.8	3.2	2.3	526.0
1/11/21	12:50:10	15.2	7.7	5.1	3469.7
1/11/21	12:50:12	5.9	3.2	2.1	280.8
1/11/21	12:50:14	3.0	1.7	1.2	217.7
1/11/21	12:50:16	7.5	4.0	2.5	675.9
1/11/21	12:50:18	7.8	4.4	2.7	288.2
1/11/21	12:50:20	8.0	4.3	2.6	459.9
1/11/21	12:50:22	10.5	5.8	3.9	980.1
1/11/21	12:50:24	14.6	8.6	5.5	1178.3
1/11/21	12:50:26	18.4	10.1	6.3	1457.2
1/11/21	12:50:28	10.5	4.6	2.9	542.4
1/11/21	12:50:30	14.4	7.6	4.6	1118.9
1/11/21	12:50:32	7.9	4.2	2.8	828.4
1/11/21	12:50:34	7.7	4.0	2.7	682.4
1/11/21	12:50:36	6.9	3.8	2.4	702.8
1/11/21	12:50:38	6.3	3.8	2.4	266.3
1/11/21	12:50:40	7.0	3.7	2.2	196.8

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:50:42	5.3	2.4	1.6	519.8
1/11/21	12:50:44	4.9	2.4	1.6	295.5
1/11/21	12:50:46	10.9	6.6	4.0	991.9
1/11/21	12:50:48	36.8	22.8	14.3	1433.8
1/11/21	12:50:50	3.9	2.3	1.5	98.4
1/11/21	12:50:52	7.5	4.2	2.7	609.2
1/11/21	12:50:54	3.8	2.1	1.5	189.0
1/11/21	12:50:56	4.4	2.5	1.7	354.3
1/11/21	12:50:58	4.1	2.6	1.6	26.6
1/11/21	12:51:00	3.7	2.2	1.4	154.5
1/11/21	12:51:02	4.1	2.6	1.7	222.4
1/11/21	12:51:04	3.2	1.8	1.2	207.7
1/11/21	12:51:06	3.8	2.3	1.6	138.1
1/11/21	12:51:08	26.2	13.2	8.9	4236.2
1/11/21	12:51:10	51.3	26.3	17.6	6527.9
1/11/21	12:51:12	22.2	11.0	7.0	2485.6
1/11/21	12:51:14	18.5	9.5	6.4	2444.5
1/11/21	12:51:16	38.7	17.4	11.5	6527.9
1/11/21	12:51:18	56.4	26.6	17.1	6527.9
1/11/21	12:51:20	59.4	30.2	19.8	6527.9
1/11/21	12:51:22	19.6	9.8	6.0	1679.3
1/11/21	12:51:24	8.7	5.1	3.1	660.6
1/11/21	12:51:26	19.9	10.9	7.2	3670.3
1/11/21	12:51:28	16.0	7.6	5.0	1782.3
1/11/21	12:51:30	33.1	13.9	9.3	4513.1
1/11/21	12:51:32	25.0	12.6	8.3	2529.7
1/11/21	12:51:34	33.9	20.5	13.2	2247.2
1/11/21	12:51:36	75.4	57.2	38.5	2359.9
1/11/21	12:51:38	17.7	12.0	7.7	939.1
1/11/21	12:51:40	17.1	13.2	9.0	1186.2
1/11/21	12:51:42	12.3	8.8	5.7	496.2
1/11/21	12:51:44	9.6	7.4	5.2	343.9

Cuadro E 20. Lecturas del dispositivo DustMate medición 20 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:53:49	2.5	1.4	1.1	24.7
1/11/21	12:53:51	3.4	1.8	1.3	106.5
1/11/21	12:53:53	3.8	2.5	1.7	165.4
1/11/21	12:53:55	3.3	1.5	0.9	249.5
1/11/21	12:53:57	3.2	1.3	1.0	140.1
1/11/21	12:53:59	2.8	1.4	0.8	36.4
1/11/21	12:54:01	13.1	6.8	4.4	1571.6
1/11/21	12:54:03	29.3	13.3	8.9	6527.9
1/11/21	12:54:05	37.6	15.5	10.6	6527.9
1/11/21	12:54:07	54.2	23.7	15.5	6527.9
1/11/21	12:54:09	36.9	15.7	10.5	6527.9
1/11/21	12:54:11	21.3	10.1	6.2	1698.7
1/11/21	12:54:13	17.0	9.1	5.7	1293.7
1/11/21	12:54:15	14.6	6.0	3.9	1730.5
1/11/21	12:54:17	18.5	8.8	6.0	2100.6
1/11/21	12:54:19	16.2	8.1	5.4	1405.4
1/11/21	12:54:21	32.0	15.7	9.9	4253.1
1/11/21	12:54:23	41.8	19.1	12.3	6527.9
1/11/21	12:54:25	20.0	8.4	5.7	2471.0
1/11/21	12:54:27	76.4	37.9	25.5	6527.9
1/11/21	12:54:29	68.8	34.5	22.4	6527.9
1/11/21	12:54:31	32.0	14.6	9.6	4307.6
1/11/21	12:54:33	10.0	5.2	3.3	982.8
1/11/21	12:54:35	6.2	3.1	2.0	601.7
1/11/21	12:54:37	6.2	3.7	2.6	350.1
1/11/21	12:54:39	5.1	2.6	1.6	166.7
1/11/21	12:54:41	4.8	2.0	1.3	286.8
1/11/21	12:54:43	4.9	2.5	1.6	196.3
1/11/21	12:54:45	3.2	1.9	1.2	47.2
1/11/21	12:54:47	5.2	3.2	1.9	152.3
1/11/21	12:54:49	6.5	4.0	2.6	345.4
1/11/21	12:54:51	8.9	5.6	3.6	416.4
1/11/21	12:54:53	6.9	3.4	2.3	1315.4
1/11/21	12:54:55	4.1	2.2	1.5	248.1
1/11/21	12:54:57	4.4	2.7	1.7	368.2
1/11/21	12:54:59	4.7	2.9	1.8	216.3

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:55:01	8.3	5.0	3.2	729.0
1/11/21	12:55:03	8.1	4.6	2.9	551.1
1/11/21	12:55:05	7.0	4.1	2.8	610.4
1/11/21	12:55:07	5.3	2.5	1.9	399.5
1/11/21	12:55:09	16.6	11.7	7.9	610.8
1/11/21	12:55:11	13.5	9.1	6.1	903.9
1/11/21	12:55:13	5.9	2.8	1.8	324.0
1/11/21	12:55:15	6.1	3.5	2.3	397.0
1/11/21	12:55:17	7.4	4.5	2.9	450.4
1/11/21	12:55:19	5.9	3.2	2.2	731.2
1/11/21	12:55:21	6.3	3.6	2.5	464.9
1/11/21	12:55:23	4.8	2.7	1.9	422.1
1/11/21	12:55:25	4.0	2.1	1.4	103.9
1/11/21	12:55:27	3.9	2.1	1.4	495.7
1/11/21	12:55:29	5.0	2.9	1.7	259.5
1/11/21	12:55:31	7.6	3.9	2.7	407.1
1/11/21	12:55:33	9.2	5.8	3.9	607.6
1/11/21	12:55:35	6.0	4.0	2.6	435.5
1/11/21	12:55:37	6.0	3.0	2.0	418.9
1/11/21	12:55:39	6.6	3.1	2.3	821.2
1/11/21	12:55:41	6.4	3.6	2.3	398.8
1/11/21	12:55:43	5.5	3.2	2.1	409.2
1/11/21	12:55:45	7.6	3.6	2.4	496.2
1/11/21	12:55:47	9.0	4.9	3.3	860.9
1/11/21	12:55:49	9.0	4.3	2.8	627.1
1/11/21	12:55:51	15.7	7.8	5.3	1981.9
1/11/21	12:55:53	28.4	14.0	9.2	4531.0
1/11/21	12:55:55	17.5	8.9	6.0	1792.3
1/11/21	12:55:57	9.2	4.9	3.3	977.4
1/11/21	12:55:59	7.6	3.4	2.3	590.5
1/11/21	12:56:01	9.5	5.1	3.4	1073.5
1/11/21	12:56:03	9.1	4.1	2.8	1040.8
1/11/21	12:56:05	7.0	3.4	2.3	890.5
1/11/21	12:56:07	4.1	1.6	1.1	328.5
1/11/21	12:56:09	3.9	2.0	1.2	387.7
1/11/21	12:56:11	7.8	3.5	2.4	377.5
1/11/21	12:56:13	7.2	3.4	2.2	568.5
1/11/21	12:56:15	7.9	4.8	2.9	574.2

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:56:17	7.9	4.5	2.9	642.4
1/11/21	12:56:19	8.0	4.4	2.6	402.8
1/11/21	12:56:21	5.2	2.7	1.6	254.9
1/11/21	12:56:23	6.2	3.0	1.9	672.5
1/11/21	12:56:25	10.7	5.7	3.7	1062.1
1/11/21	12:56:27	11.1	4.8	3.4	1690.5
1/11/21	12:56:29	16.8	8.4	5.3	1846.6
1/11/21	12:56:31	11.3	5.6	3.4	1073.0
1/11/21	12:56:33	18.7	9.4	6.1	1713.7
1/11/21	12:56:35	73.9	38.6	28.1	4052.6
1/11/21	12:56:37	44.2	20.9	14.2	6527.9
1/11/21	12:56:39	48.1	22.2	14.1	6527.9
1/11/21	12:56:41	43.6	20.2	13.0	6527.9
1/11/21	12:56:43	19.0	8.3	5.5	4153.0
1/11/21	12:56:45	15.9	7.6	5.4	1886.4
1/11/21	12:56:47	10.0	5.4	3.5	916.8
1/11/21	12:56:49	9.3	3.9	2.4	790.8
1/11/21	12:56:51	9.5	4.0	2.8	846.8
1/11/21	12:56:53	11.7	5.6	3.7	1475.3
1/11/21	12:56:55	17.0	8.6	5.6	2065.5
1/11/21	12:56:57	24.3	10.5	6.9	4404.9
1/11/21	12:56:59	29.8	13.8	9.4	6527.9
1/11/21	12:57:01	38.8	16.9	11.1	6527.9
1/11/21	12:57:03	64.0	26.1	17.7	6527.9
1/11/21	12:57:05	173.6	70.6	45.5	6527.9
1/11/21	12:57:07	200.9	89.1	58.8	6527.9
1/11/21	12:57:09	49.6	24.4	16.2	4895.6
1/11/21	12:57:11	98.6	41.5	27.6	6527.9
1/11/21	12:57:13	141.1	55.5	36.1	6527.9
1/11/21	12:57:15	42.7	17.3	11.4	6527.9
1/11/21	12:57:17	84.8	37.4	25.0	6527.9
1/11/21	12:57:19	37.2	16.7	11.3	6527.9
1/11/21	12:57:21	69.3	27.7	18.1	6527.9
1/11/21	12:57:23	151.3	64.3	42.5	6527.9
1/11/21	12:57:25	51.1	20.9	14.0	6527.9
1/11/21	12:57:27	32.6	13.9	9.1	4767.6
1/11/21	12:57:29	35.6	16.3	10.3	4738.2
1/11/21	12:57:31	57.1	24.7	15.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:57:33	70.3	30.9	19.7	4448.1
1/11/21	12:57:35	268.2	121.8	76.8	6527.9
1/11/21	12:57:37	193.9	86.4	55.6	6527.9
1/11/21	12:57:39	391.7	183.7	117.3	6527.9
1/11/21	12:57:41	521.2	250.1	157.7	6527.9
1/11/21	12:57:43	458.0	224.7	142.3	6527.9
1/11/21	12:57:45	313.7	153.7	98.7	6527.9
1/11/21	12:57:47	354.6	172.5	109.2	6527.9
1/11/21	12:57:49	331.6	159.4	100.6	6527.9
1/11/21	12:57:51	276.2	142.4	89.2	6527.9
1/11/21	12:57:53	1796.6	719.2	437.4	6527.9
1/11/21	12:57:55	3407.1	1463.5	908.1	6527.9
1/11/21	12:57:57	2023.0	894.8	564.5	6527.9
1/11/21	12:57:59	719.4	363.7	226.6	6527.9
1/11/21	12:58:01	1109.1	556.8	354.6	6527.9
1/11/21	12:58:03	884.6	443.3	285.8	6527.9
1/11/21	12:58:05	1160.3	576.7	368.6	6527.9
1/11/21	12:58:07	847.5	429.2	272.8	6527.9
1/11/21	12:58:09	1124.1	556.2	357.1	6527.9
1/11/21	12:58:11	1909.0	932.9	590.8	6527.9
1/11/21	12:58:13	764.3	379.3	240.7	6527.9
1/11/21	12:58:15	904.6	436.5	277.7	6527.9
1/11/21	12:58:17	1774.4	858.1	548.7	6527.9
1/11/21	12:58:19	2061.9	970.8	617.5	6527.9
1/11/21	12:58:21	2571.3	1167.1	732.8	6527.9
1/11/21	12:58:23	3766.1	1630.5	1001.6	6527.9
1/11/21	12:58:25	3171.9	1456.1	903.7	6527.9
1/11/21	12:58:27	3885.0	1696.1	1047.9	6527.9
1/11/21	12:58:29	3952.4	1709.9	1052.3	6527.9
1/11/21	12:58:31	4710.0	1702.0	1031.2	6527.9
1/11/21	12:58:33	1991.9	953.6	602.0	6527.9
1/11/21	12:58:35	1359.0	689.9	437.4	6527.9
1/11/21	12:58:37	335.2	181.8	113.3	6527.9
1/11/21	12:58:39	165.4	95.2	58.2	6527.9
1/11/21	12:58:41	200.8	117.3	73.6	6527.9
1/11/21	12:58:43	108.4	61.4	38.2	6527.9
1/11/21	12:58:45	158.2	93.3	58.2	6527.9
1/11/21	12:58:47	185.9	107.5	67.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	12:58:49	183.0	104.7	66.2	6527.9
1/11/21	12:58:51	128.3	76.1	48.1	6527.9
1/11/21	12:58:53	124.2	75.8	47.9	6527.9
1/11/21	12:58:55	124.9	72.1	45.0	6527.9
1/11/21	12:58:57	107.6	64.6	40.3	6527.9
1/11/21	12:58:59	85.2	46.9	29.8	6527.9
1/11/21	12:59:01	91.5	53.2	33.5	6527.9
1/11/21	12:59:03	43.1	24.6	15.9	4341.2
1/11/21	12:59:05	34.3	18.8	12.1	2041.2
1/11/21	12:59:07	19.3	11.4	7.0	1078.4
1/11/21	12:59:09	16.4	9.5	6.4	1595.6
1/11/21	12:59:11	6.3	4.3	2.8	581.4

Cuadro E 21. Lecturas del dispositivo DustMate medición 21 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:00:42	4.8	3.1	1.9	139.6
1/11/21	13:00:44	4.2	3.2	1.9	27.1
1/11/21	13:00:46	30.6	20.5	13.1	1286.2
1/11/21	13:00:48	18.5	12.5	7.9	620.1
1/11/21	13:00:50	14.8	9.5	5.8	580.1
1/11/21	13:00:52	13.5	8.5	5.4	405.8
1/11/21	13:00:54	27.3	16.7	10.7	1348.0
1/11/21	13:00:56	52.6	30.0	19.0	4400.1
1/11/21	13:00:58	93.3	52.9	32.8	6527.9
1/11/21	13:01:00	67.0	39.9	24.3	4804.7
1/11/21	13:01:02	62.0	36.5	22.4	6527.9
1/11/21	13:01:04	44.3	26.5	16.2	2142.1
1/11/21	13:01:06	44.6	25.8	16.2	2264.8
1/11/21	13:01:08	56.1	33.5	21.0	4569.9
1/11/21	13:01:10	78.9	46.6	29.5	6527.9
1/11/21	13:01:12	75.0	43.9	27.9	4913.9
1/11/21	13:01:14	90.2	53.3	33.3	6527.9
1/11/21	13:01:16	97.9	52.1	32.7	6527.9
1/11/21	13:01:18	134.7	74.7	46.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:01:20	642.7	331.4	209.6	6527.9
1/11/21	13:01:22	1623.9	799.8	508.0	6527.9
1/11/21	13:01:24	1368.9	701.4	442.6	6527.9
1/11/21	13:01:26	1920.1	949.5	598.6	6527.9
1/11/21	13:01:28	1961.5	995.5	631.6	6527.9
1/11/21	13:01:30	1739.3	876.7	555.9	6527.9
1/11/21	13:01:32	1704.1	850.4	538.4	6527.9
1/11/21	13:01:34	2362.2	1126.8	710.4	6527.9
1/11/21	13:01:36	1210.9	605.0	384.4	6527.9
1/11/21	13:01:38	1848.2	929.4	589.8	6527.9
1/11/21	13:01:40	2162.8	1066.0	671.2	6527.9
1/11/21	13:01:42	1791.1	890.5	564.6	6527.9
1/11/21	13:01:44	1739.8	847.4	539.9	6527.9
1/11/21	13:01:46	314.4	157.1	98.6	6527.9
1/11/21	13:01:48	395.2	193.3	121.3	6527.9
1/11/21	13:01:50	410.4	197.3	124.5	6527.9
1/11/21	13:01:52	507.1	244.7	156.9	6527.9
1/11/21	13:01:54	256.5	128.6	80.2	6527.9
1/11/21	13:01:56	79.0	37.6	23.5	6527.9
1/11/21	13:01:58	46.0	21.8	13.6	4690.6
1/11/21	13:02:00	116.2	58.3	36.5	6527.9
1/11/21	13:02:02	165.0	76.4	47.6	6527.9
1/11/21	13:02:04	154.9	78.4	48.7	6527.9
1/11/21	13:02:06	143.5	72.8	45.5	6527.9
1/11/21	13:02:08	151.8	77.5	48.1	6527.9
1/11/21	13:02:10	210.7	100.1	62.9	6527.9
1/11/21	13:02:12	205.4	102.2	64.1	6527.9
1/11/21	13:02:14	168.2	79.2	51.6	6527.9
1/11/21	13:02:16	142.5	73.1	46.9	6527.9
1/11/21	13:02:18	83.6	42.4	25.4	6527.9
1/11/21	13:02:20	61.5	30.3	19.6	6527.9
1/11/21	13:02:22	59.7	28.6	18.1	6527.9
1/11/21	13:02:24	45.7	23.4	14.9	6527.9
1/11/21	13:02:26	32.0	15.9	9.9	4459.6
1/11/21	13:02:28	19.6	9.5	6.0	1214.3
1/11/21	13:02:30	19.5	9.5	6.0	1337.4
1/11/21	13:02:32	16.9	7.5	4.8	1561.1
1/11/21	13:02:34	31.1	15.7	9.9	2632.0

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:02:36	50.7	24.6	15.9	6527.9
1/11/21	13:02:38	58.1	28.7	18.2	6527.9
1/11/21	13:02:40	33.0	14.4	9.0	3989.9
1/11/21	13:02:42	36.8	16.1	10.2	6527.9
1/11/21	13:02:44	43.5	19.9	12.6	4883.2
1/11/21	13:02:46	28.9	14.3	8.8	2364.8
1/11/21	13:02:48	31.9	16.3	10.1	2281.9
1/11/21	13:02:50	72.1	31.3	19.9	6527.9
1/11/21	13:02:52	37.3	17.3	10.6	4211.7
1/11/21	13:02:54	60.5	28.3	17.8	6527.9
1/11/21	13:02:56	39.9	18.7	11.7	4738.1
1/11/21	13:02:58	29.7	14.7	9.1	2302.3
1/11/21	13:03:00	32.4	15.9	9.7	1832.7
1/11/21	13:03:02	58.8	28.4	17.4	6527.9
1/11/21	13:03:04	50.3	24.2	14.9	6527.9
1/11/21	13:03:06	34.8	17.1	10.6	4600.0
1/11/21	13:03:08	56.1	27.3	17.1	6527.9
1/11/21	13:03:10	65.3	31.7	20.0	6527.9
1/11/21	13:03:12	50.6	22.5	14.3	6527.9
1/11/21	13:03:14	26.2	12.1	7.3	1666.4
1/11/21	13:03:16	36.9	16.9	10.8	4584.3
1/11/21	13:03:18	43.1	22.4	14.1	4477.8
1/11/21	13:03:20	32.9	16.1	10.0	4143.1
1/11/21	13:03:22	26.4	13.1	8.2	2296.6
1/11/21	13:03:24	15.6	8.6	5.3	1129.8
1/11/21	13:03:26	15.1	8.1	5.2	783.0
1/11/21	13:03:28	12.6	6.1	3.7	669.1
1/11/21	13:03:30	10.2	5.1	3.2	704.1
1/11/21	13:03:32	13.2	6.4	4.3	931.0
1/11/21	13:03:34	12.6	6.0	3.7	711.5
1/11/21	13:03:36	11.3	5.1	3.3	823.0
1/11/21	13:03:38	7.1	3.9	2.5	491.3
1/11/21	13:03:40	8.4	4.3	2.6	534.7
1/11/21	13:03:42	6.3	4.3	2.6	260.6
1/11/21	13:03:44	6.2	3.0	1.8	308.8
1/11/21	13:03:46	4.8	2.6	1.6	229.3
1/11/21	13:03:48	4.1	2.4	1.6	67.2
1/11/21	13:03:50	4.9	2.5	1.6	310.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:03:52	6.5	3.0	1.8	318.6
1/11/21	13:03:54	11.5	5.7	3.7	890.8
1/11/21	13:03:56	10.2	5.7	3.5	692.3
1/11/21	13:03:58	14.3	8.8	5.7	1220.7
1/11/21	13:04:00	12.7	6.6	4.3	1071.1
1/11/21	13:04:02	13.3	6.8	4.4	1256.2
1/11/21	13:04:04	17.2	8.7	5.8	1529.1
1/11/21	13:04:06	9.2	4.7	3.0	808.1
1/11/21	13:04:08	8.1	4.3	3.1	828.6
1/11/21	13:04:10	11.0	6.6	4.2	749.4
1/11/21	13:04:12	9.1	5.2	3.4	563.8
1/11/21	13:04:14	10.9	5.7	3.4	529.7
1/11/21	13:04:16	9.8	4.9	3.2	603.4
1/11/21	13:04:18	8.2	4.1	2.8	623.2
1/11/21	13:04:20	5.3	3.2	2.1	553.0
1/11/21	13:04:22	7.1	4.5	2.8	407.2
1/11/21	13:04:24	8.1	3.9	2.6	463.8
1/11/21	13:04:26	6.5	3.9	2.6	540.9
1/11/21	13:04:28	6.4	3.6	2.2	478.2
1/11/21	13:04:30	6.8	3.7	2.4	354.3
1/11/21	13:04:32	15.3	7.1	4.6	1245.6
1/11/21	13:04:34	41.6	21.0	15.5	6527.9
1/11/21	13:04:36	5.4	3.3	2.1	282.7
1/11/21	13:04:38	14.4	8.2	5.1	871.1
1/11/21	13:04:40	12.6	7.9	5.2	1046.2
1/11/21	13:04:42	9.4	5.4	3.3	802.0
1/11/21	13:04:44	17.5	8.9	5.6	1751.2
1/11/21	13:04:46	10.7	6.7	4.6	513.1
1/11/21	13:04:48	5.3	2.6	1.6	254.1
1/11/21	13:04:50	4.4	2.6	1.8	188.2
1/11/21	13:04:52	5.0	2.6	1.5	213.8
1/11/21	13:04:54	4.9	2.6	1.6	202.9
1/11/21	13:04:56	3.2	1.7	1.2	226.3
1/11/21	13:04:58	3.4	2.0	1.3	108.9
1/11/21	13:05:00	4.6	2.7	1.9	300.7
1/11/21	13:05:02	5.2	2.9	1.7	214.4
1/11/21	13:05:04	6.7	3.8	2.4	145.7
1/11/21	13:05:06	4.5	3.1	1.9	81.5

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:05:08	4.4	2.9	2.1	270.2
1/11/21	13:05:10	4.6	2.9	1.6	89.1
1/11/21	13:05:12	5.4	3.2	1.9	318.6
1/11/21	13:05:14	4.0	2.6	1.6	105.6
1/11/21	13:05:16	3.5	1.7	1.2	176.6
1/11/21	13:05:18	3.4	1.8	1.2	201.0
1/11/21	13:05:20	5.0	2.6	1.8	238.8
1/11/21	13:05:22	3.1	2.0	1.5	157.1
1/11/21	13:05:24	69.2	48.8	33.3	4590.9
1/11/21	13:05:26	24.2	12.6	8.5	4207.9
1/11/21	13:05:28	16.3	7.9	5.2	3931.0
1/11/21	13:05:30	30.4	13.7	8.9	4332.3
1/11/21	13:05:32	53.8	27.0	18.3	6527.9
1/11/21	13:05:34	30.1	16.6	10.6	4410.2
1/11/21	13:05:36	23.5	11.9	7.8	2699.7
1/11/21	13:05:38	12.6	6.6	4.3	1627.1
1/11/21	13:05:40	20.9	11.2	7.3	1946.1
1/11/21	13:05:42	21.9	11.6	7.3	1770.5
1/11/21	13:05:44	31.8	15.1	9.7	2866.5
1/11/21	13:05:46	44.1	23.3	14.8	6527.9
1/11/21	13:05:48	34.3	17.2	10.9	6527.9
1/11/21	13:05:50	28.4	16.2	10.7	4186.2
1/11/21	13:05:52	11.7	6.6	4.4	1048.7
1/11/21	13:05:54	7.0	3.8	2.4	435.0
1/11/21	13:05:56	4.6	2.6	1.8	428.3
1/11/21	13:05:58	66.2	40.9	20.4	3821.3
1/11/21	13:06:00	11.4	8.6	6.9	540.5

Cuadro E 22. Lecturas del dispositivo DustMate medición 22 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:07:33	2.0	1.5	0.9	8.8
1/11/21	13:07:35	1.8	0.7	0.5	25.4
1/11/21	13:07:37	2.6	1.4	0.9	29.1
1/11/21	13:07:39	1.6	0.7	0.5	14.5

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:07:41	2.6	1.9	1.2	84.1
1/11/21	13:07:43	2.4	1.3	0.8	71.3
1/11/21	13:07:45	2.9	1.7	1.0	25.5
1/11/21	13:07:47	11.1	6.1	4.1	1335.4
1/11/21	13:07:49	17.6	8.5	5.9	2519.5
1/11/21	13:07:51	37.4	17.1	11.7	4899.7
1/11/21	13:07:53	47.7	22.0	14.4	6527.9
1/11/21	13:07:55	36.4	17.5	11.1	4286.0
1/11/21	13:07:57	14.6	7.6	4.9	1029.9
1/11/21	13:07:59	16.2	8.3	5.3	1926.3
1/11/21	13:08:01	35.3	18.4	12.0	4338.4
1/11/21	13:08:03	17.8	9.5	6.0	1488.4
1/11/21	13:08:05	30.2	15.4	10.0	4320.3
1/11/21	13:08:07	32.9	14.8	9.8	4819.9
1/11/21	13:08:09	24.2	11.3	7.1	2267.6
1/11/21	13:08:11	59.4	27.1	18.2	4561.6
1/11/21	13:08:13	89.3	40.3	27.4	6527.9
1/11/21	13:08:15	41.4	19.4	12.3	4166.6
1/11/21	13:08:17	8.5	4.6	2.9	384.0
1/11/21	13:08:19	7.9	4.4	2.6	441.5
1/11/21	13:08:21	6.0	2.8	1.8	240.9
1/11/21	13:08:23	5.3	3.2	2.1	239.0
1/11/21	13:08:25	6.2	3.8	2.3	464.5
1/11/21	13:08:27	5.1	3.0	2.0	202.7
1/11/21	13:08:29	5.0	2.8	1.9	239.2
1/11/21	13:08:31	4.1	2.2	1.5	328.1
1/11/21	13:08:33	5.6	3.8	2.4	107.6
1/11/21	13:08:35	7.6	4.4	2.8	178.8
1/11/21	13:08:37	6.4	3.9	2.6	396.2
1/11/21	13:08:39	4.8	2.8	1.8	171.8
1/11/21	13:08:41	4.8	2.9	1.9	125.1
1/11/21	13:08:43	6.9	3.5	2.3	552.8
1/11/21	13:08:45	7.7	3.9	2.5	665.1
1/11/21	13:08:47	7.9	5.1	3.4	367.3
1/11/21	13:08:49	8.8	5.3	3.3	685.8
1/11/21	13:08:51	6.1	3.5	2.4	526.1
1/11/21	13:08:53	5.6	3.1	1.9	431.5
1/11/21	13:08:55	8.2	5.1	3.3	888.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:08:57	9.4	5.2	3.4	800.7
1/11/21	13:08:59	7.7	4.2	3.0	499.2
1/11/21	13:09:01	9.6	6.4	4.0	381.8
1/11/21	13:09:03	5.3	2.8	2.0	454.9
1/11/21	13:09:05	6.2	3.2	2.1	294.6
1/11/21	13:09:07	5.2	2.8	1.8	213.7
1/11/21	13:09:09	4.6	2.6	1.7	123.6
1/11/21	13:09:11	3.4	2.0	1.3	168.6
1/11/21	13:09:13	6.6	3.5	2.3	613.5
1/11/21	13:09:15	6.0	3.3	2.4	677.9
1/11/21	13:09:17	4.4	2.1	1.4	641.2
1/11/21	13:09:19	4.9	2.4	1.5	311.8
1/11/21	13:09:21	7.5	4.2	2.9	770.5
1/11/21	13:09:23	9.0	4.8	3.0	920.5
1/11/21	13:09:25	6.3	3.0	1.9	519.8
1/11/21	13:09:27	10.9	5.9	3.7	994.6
1/11/21	13:09:29	9.3	4.5	2.9	845.2
1/11/21	13:09:31	9.0	5.6	3.6	923.0
1/11/21	13:09:33	8.1	4.3	2.8	723.8
1/11/21	13:09:35	11.2	5.2	3.5	1329.3
1/11/21	13:09:37	8.4	4.4	2.9	1001.4
1/11/21	13:09:39	6.2	3.1	2.1	459.1
1/11/21	13:09:41	6.6	3.8	2.5	726.5
1/11/21	13:09:43	8.4	4.3	2.8	793.7
1/11/21	13:09:45	7.2	4.1	2.6	377.6
1/11/21	13:09:47	8.3	4.1	2.8	661.6
1/11/21	13:09:49	10.0	5.5	3.3	904.1
1/11/21	13:09:51	7.6	3.9	2.5	568.5
1/11/21	13:09:53	9.7	5.3	3.3	721.5
1/11/21	13:09:55	13.2	7.6	4.9	1183.9
1/11/21	13:09:57	41.2	21.8	14.4	4920.0
1/11/21	13:09:59	44.3	22.8	15.2	6527.9
1/11/21	13:10:01	29.7	15.2	10.0	2782.6
1/11/21	13:10:03	14.5	7.7	5.2	1117.7
1/11/21	13:10:05	10.1	4.8	3.2	828.3
1/11/21	13:10:07	11.7	5.4	3.5	1419.7
1/11/21	13:10:09	14.8	7.0	4.3	1054.1
1/11/21	13:10:11	18.9	8.6	5.7	1847.3

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:10:13	28.9	15.1	9.4	2743.9
1/11/21	13:10:15	29.8	14.9	9.9	4151.5
1/11/21	13:10:17	57.5	29.1	18.8	6527.9
1/11/21	13:10:19	33.6	16.7	10.9	6527.9
1/11/21	13:10:21	73.4	35.8	25.0	4649.1
1/11/21	13:10:23	48.0	25.7	17.2	4785.5
1/11/21	13:10:25	19.9	9.3	5.7	1694.8
1/11/21	13:10:27	12.9	6.1	3.9	1175.6
1/11/21	13:10:29	8.5	4.0	2.6	797.0
1/11/21	13:10:31	14.3	7.3	4.7	1430.0
1/11/21	13:10:33	49.5	20.6	13.7	6527.9
1/11/21	13:10:35	35.3	17.2	11.3	6527.9
1/11/21	13:10:37	15.3	6.8	4.3	3802.7
1/11/21	13:10:39	22.5	10.3	6.5	3036.4
1/11/21	13:10:41	27.2	11.4	7.7	4447.3
1/11/21	13:10:43	58.7	26.7	17.8	6527.9
1/11/21	13:10:45	37.6	17.4	12.3	6527.9
1/11/21	13:10:47	22.5	9.7	6.7	4755.3
1/11/21	13:10:49	7.9	4.1	2.6	657.3
1/11/21	13:10:51	2.0	1.1	0.7	11.8
1/11/21	13:10:53	3.6	2.0	1.1	230.3
1/11/21	13:10:55	23.4	9.5	6.9	4534.4
1/11/21	13:10:57	40.9	21.2	15.0	6527.9
1/11/21	13:10:59	36.7	17.6	12.2	6527.9
1/11/21	13:11:01	42.9	19.3	13.3	6527.9
1/11/21	13:11:03	73.9	37.5	25.4	6527.9
1/11/21	13:11:05	84.1	41.0	27.2	6527.9
1/11/21	13:11:07	198.4	93.0	61.7	6527.9
1/11/21	13:11:09	101.2	44.4	28.7	6527.9
1/11/21	13:11:11	111.0	51.7	33.6	6527.9
1/11/21	13:11:13	170.8	71.6	46.6	6527.9
1/11/21	13:11:15	62.4	25.8	17.4	6527.9
1/11/21	13:11:17	48.6	21.0	13.4	6527.9
1/11/21	13:11:19	37.2	15.2	10.1	6527.9
1/11/21	13:11:21	45.4	20.6	13.3	6527.9
1/11/21	13:11:23	57.2	24.4	16.6	6527.9
1/11/21	13:11:25	180.1	79.5	52.4	6527.9
1/11/21	13:11:27	166.2	68.9	44.5	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:11:29	198.9	84.1	54.3	6527.9
1/11/21	13:11:31	317.7	146.6	93.5	6527.9
1/11/21	13:11:33	484.9	231.3	146.0	6527.9
1/11/21	13:11:35	516.5	250.0	159.1	6527.9
1/11/21	13:11:37	520.8	255.9	163.8	6527.9
1/11/21	13:11:39	404.4	197.5	126.2	6527.9
1/11/21	13:11:41	293.4	143.5	90.8	6527.9
1/11/21	13:11:43	266.7	132.9	86.0	6527.9
1/11/21	13:11:45	2602.4	1095.0	672.3	6527.9
1/11/21	13:11:47	2584.2	1181.1	744.1	6527.9
1/11/21	13:11:49	1224.8	598.5	383.1	6527.9
1/11/21	13:11:51	1355.1	662.8	425.2	6527.9
1/11/21	13:11:53	812.2	401.0	255.1	6527.9
1/11/21	13:11:55	945.8	460.5	295.1	6527.9
1/11/21	13:11:57	325.2	157.5	99.3	6527.9
1/11/21	13:11:59	652.8	325.5	208.0	6527.9
1/11/21	13:12:01	721.2	360.9	229.5	6527.9
1/11/21	13:12:03	1623.8	788.7	502.3	6527.9
1/11/21	13:12:05	1054.4	533.4	343.4	6527.9
1/11/21	13:12:07	1629.8	797.8	511.7	6527.9
1/11/21	13:12:09	888.5	434.8	279.4	6527.9
1/11/21	13:12:11	1694.6	842.0	531.4	6527.9
1/11/21	13:12:13	2308.9	1125.5	713.0	6527.9
1/11/21	13:12:15	2066.3	1011.7	641.8	6527.9
1/11/21	13:12:17	2620.5	1273.5	796.5	6527.9
1/11/21	13:12:19	3612.6	1583.2	980.1	6527.9
1/11/21	13:12:21	4072.7	1657.7	1015.0	6527.9
1/11/21	13:12:23	2492.2	1169.9	731.3	6527.9
1/11/21	13:12:25	2335.7	1114.8	698.3	6527.9
1/11/21	13:12:27	675.7	354.0	223.3	6527.9
1/11/21	13:12:29	277.8	155.2	97.4	6527.9
1/11/21	13:12:31	235.3	128.4	80.2	6527.9
1/11/21	13:12:33	223.6	128.9	81.1	6527.9
1/11/21	13:12:35	193.6	114.2	71.3	6527.9
1/11/21	13:12:37	122.6	72.1	45.8	6527.9
1/11/21	13:12:39	149.7	85.9	54.6	6527.9
1/11/21	13:12:41	121.4	70.2	44.4	6527.9
1/11/21	13:12:43	100.8	60.9	38.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:12:45	85.3	50.9	31.4	4812.6
1/11/21	13:12:47	96.1	56.2	35.8	6527.9
1/11/21	13:12:49	121.1	69.5	43.4	6527.9
1/11/21	13:12:51	73.7	41.2	26.2	6527.9
1/11/21	13:12:53	31.1	17.5	11.4	2171.0
1/11/21	13:12:55	14.8	8.2	5.3	968.5
1/11/21	13:12:57	10.5	5.4	3.4	741.6
1/11/21	13:12:59	7.6	4.8	3.1	425.9

Cuadro E 23. Lecturas del dispositivo DustMate medición 23 RN 749

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:15:09	61.7	46.0	32.3	2117.3
1/11/21	13:15:11	76.7	57.7	40.3	2219.6
1/11/21	13:15:13	79.3	60.0	41.6	2374.4
1/11/21	13:15:15	77.3	58.4	40.6	1869.2
1/11/21	13:15:17	112.0	83.8	59.4	4641.1
1/11/21	13:15:19	122.8	92.8	65.4	4926.2
1/11/21	13:15:21	112.2	85.9	61.1	4680.2
1/11/21	13:15:23	142.3	96.0	66.5	6527.9
1/11/21	13:15:25	171.2	102.2	68.1	6527.9
1/11/21	13:15:27	118.3	72.3	45.8	6527.9
1/11/21	13:15:29	114.1	69.1	44.6	6527.9
1/11/21	13:15:31	79.6	47.4	30.6	6527.9
1/11/21	13:15:33	73.6	42.4	26.9	6527.9
1/11/21	13:15:35	68.3	39.7	25.1	6527.9
1/11/21	13:15:37	86.6	52.9	33.7	6527.9
1/11/21	13:15:39	94.5	57.2	35.8	6527.9
1/11/21	13:15:41	137.0	80.4	49.9	6527.9
1/11/21	13:15:43	189.3	106.0	66.7	6527.9
1/11/21	13:15:45	271.2	151.1	94.1	6527.9
1/11/21	13:15:47	740.1	393.5	250.0	6527.9
1/11/21	13:15:49	1078.7	543.0	341.7	6527.9
1/11/21	13:15:51	1431.6	723.2	458.2	6527.9
1/11/21	13:15:53	1167.8	584.7	372.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:15:55	1596.2	780.1	501.1	6527.9
1/11/21	13:15:57	1267.5	630.7	402.3	6527.9
1/11/21	13:15:59	1229.6	615.3	390.1	6527.9
1/11/21	13:16:01	1906.5	936.1	590.5	6527.9
1/11/21	13:16:03	1665.5	840.6	531.9	6527.9
1/11/21	13:16:05	1338.3	673.6	427.6	6527.9
1/11/21	13:16:07	1818.7	894.4	568.3	6527.9
1/11/21	13:16:09	1202.9	613.8	394.0	6527.9
1/11/21	13:16:11	698.7	353.1	224.5	6527.9
1/11/21	13:16:13	331.1	160.9	103.9	6527.9
1/11/21	13:16:15	175.0	83.2	52.8	6527.9
1/11/21	13:16:17	109.0	50.9	31.1	6527.9
1/11/21	13:16:19	451.5	218.4	136.6	6527.9
1/11/21	13:16:21	224.4	109.1	69.4	6527.9
1/11/21	13:16:23	76.9	36.9	23.2	6527.9
1/11/21	13:16:25	52.8	25.7	16.3	6527.9
1/11/21	13:16:27	65.6	30.7	19.3	6527.9
1/11/21	13:16:29	123.6	57.6	36.8	6527.9
1/11/21	13:16:31	141.9	66.8	41.1	6527.9
1/11/21	13:16:33	116.0	55.4	34.3	6527.9
1/11/21	13:16:35	119.6	56.7	35.6	6527.9
1/11/21	13:16:37	215.4	99.9	64.5	6527.9
1/11/21	13:16:39	125.5	59.2	38.2	6527.9
1/11/21	13:16:41	95.2	45.9	28.8	6527.9
1/11/21	13:16:43	147.0	69.3	42.2	6527.9
1/11/21	13:16:45	102.8	51.4	31.5	6527.9
1/11/21	13:16:47	65.6	32.4	20.6	6527.9
1/11/21	13:16:49	32.9	16.2	10.0	2249.4
1/11/21	13:16:51	55.0	28.5	18.3	4489.4
1/11/21	13:16:53	55.5	27.6	17.1	6527.9
1/11/21	13:16:55	20.6	10.5	6.6	1720.5
1/11/21	13:16:57	19.8	9.8	6.0	1620.5
1/11/21	13:16:59	19.9	10.0	6.2	1931.3
1/11/21	13:17:01	23.0	11.2	7.4	2164.9
1/11/21	13:17:03	54.6	23.8	15.2	6527.9
1/11/21	13:17:05	70.0	31.5	19.6	6527.9
1/11/21	13:17:07	31.3	13.7	8.6	4184.4
1/11/21	13:17:09	41.9	19.3	12.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:17:11	31.0	13.6	8.8	2796.3
1/11/21	13:17:13	24.5	12.4	7.7	2002.1
1/11/21	13:17:15	100.7	46.2	28.8	4495.4
1/11/21	13:17:17	75.1	37.5	23.2	4271.7
1/11/21	13:17:19	45.8	19.9	12.9	6527.9
1/11/21	13:17:21	57.5	26.0	16.3	6527.9
1/11/21	13:17:23	39.1	17.6	11.6	6527.9
1/11/21	13:17:25	35.2	16.8	10.9	4607.4
1/11/21	13:17:27	34.2	16.1	10.1	2775.2
1/11/21	13:17:29	49.8	24.0	15.2	4638.9
1/11/21	13:17:31	48.2	24.5	15.2	4486.1
1/11/21	13:17:33	51.6	25.3	15.0	4130.7
1/11/21	13:17:35	41.4	19.1	12.1	4734.4
1/11/21	13:17:37	38.6	16.6	10.3	4569.6
1/11/21	13:17:39	28.5	13.0	8.4	2571.4
1/11/21	13:17:41	22.6	10.9	6.7	1790.2
1/11/21	13:17:43	36.3	16.9	10.7	4264.1
1/11/21	13:17:45	39.5	19.9	13.0	6527.9
1/11/21	13:17:47	13.4	6.4	3.9	881.3
1/11/21	13:17:49	18.4	9.5	6.4	1518.7
1/11/21	13:17:51	21.5	10.8	6.7	2012.2
1/11/21	13:17:53	32.9	16.5	10.3	2446.6
1/11/21	13:17:55	14.0	7.6	4.5	1142.9
1/11/21	13:17:57	11.8	6.2	3.9	989.4
1/11/21	13:17:59	8.2	4.2	2.4	645.0
1/11/21	13:18:01	8.7	4.5	2.7	367.3
1/11/21	13:18:03	8.5	4.6	2.8	595.2
1/11/21	13:18:05	8.1	3.6	2.3	762.1
1/11/21	13:18:07	6.9	3.7	2.4	412.9
1/11/21	13:18:09	7.6	4.3	2.8	649.7
1/11/21	13:18:11	5.8	3.2	1.9	145.0
1/11/21	13:18:13	8.2	4.8	3.1	532.7
1/11/21	13:18:15	5.3	3.0	1.8	192.3
1/11/21	13:18:17	10.0	5.3	3.4	736.4
1/11/21	13:18:19	18.9	10.6	6.5	1110.6
1/11/21	13:18:21	7.3	3.8	2.4	440.7
1/11/21	13:18:23	10.9	6.1	3.6	413.1
1/11/21	13:18:25	17.7	9.7	6.2	1102.1

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:18:27	10.0	5.7	3.6	784.1
1/11/21	13:18:29	11.1	5.6	3.6	847.3
1/11/21	13:18:31	10.1	6.0	3.8	475.8
1/11/21	13:18:33	6.1	3.4	2.3	248.4
1/11/21	13:18:35	5.6	3.0	1.8	272.0
1/11/21	13:18:37	12.1	7.1	4.7	3469.1
1/11/21	13:18:39	6.5	4.0	2.5	399.4
1/11/21	13:18:41	10.1	5.8	3.7	775.6
1/11/21	13:18:43	12.0	7.2	4.6	785.1
1/11/21	13:18:45	7.2	4.3	2.9	360.2
1/11/21	13:18:47	6.1	3.8	2.4	332.2
1/11/21	13:18:49	11.5	7.6	4.8	528.2
1/11/21	13:18:51	4.9	3.1	1.9	358.5
1/11/21	13:18:53	6.2	3.6	2.4	152.8
1/11/21	13:18:55	7.5	4.7	2.9	424.0
1/11/21	13:18:57	7.6	4.8	3.2	399.0
1/11/21	13:18:59	3.5	2.2	1.7	181.5
1/11/21	13:19:01	5.1	3.3	2.3	236.1
1/11/21	13:19:03	6.8	4.6	3.0	244.9
1/11/21	13:19:05	8.6	5.1	3.2	502.2
1/11/21	13:19:07	5.8	3.6	2.5	313.5
1/11/21	13:19:09	9.4	5.8	3.6	450.0
1/11/21	13:19:11	20.4	11.9	7.9	1226.5
1/11/21	13:19:13	12.3	7.6	5.1	623.8
1/11/21	13:19:15	19.9	11.6	7.3	682.3
1/11/21	13:19:17	22.2	14.3	9.5	777.5
1/11/21	13:19:19	20.6	13.5	8.6	700.6
1/11/21	13:19:21	23.5	15.7	10.4	556.3
1/11/21	13:19:23	15.7	10.4	6.7	421.7
1/11/21	13:19:25	10.9	6.7	4.5	475.5
1/11/21	13:19:27	15.9	9.3	5.9	762.8
1/11/21	13:19:29	15.8	10.6	6.5	410.1
1/11/21	13:19:31	13.9	9.3	6.0	452.2
1/11/21	13:19:33	13.3	8.2	5.3	720.3
1/11/21	13:19:35	7.9	5.2	3.5	227.6
1/11/21	13:19:37	9.6	6.1	4.0	486.2
1/11/21	13:19:39	10.1	6.8	4.9	374.3
1/11/21	13:19:41	12.1	8.2	5.3	686.7

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/11/21	13:19:43	19.3	13.7	8.7	812.6
1/11/21	13:19:45	20.3	13.7	8.9	720.2
1/11/21	13:19:47	11.1	7.1	4.7	579.3
1/11/21	13:19:49	20.4	13.7	9.2	1460.7
1/11/21	13:19:51	9.0	5.8	4.0	285.6
1/11/21	13:19:53	5.8	3.9	2.4	274.0
1/11/21	13:19:55	4.5	3.1	1.8	59.5
1/11/21	13:19:57	8.1	6.0	4.0	405.0
1/11/21	13:19:59	9.1	5.1	3.5	3312.7
1/11/21	13:20:01	10.2	6.4	4.1	296.7
1/11/21	13:20:03	4.6	2.9	1.8	53.7
1/11/21	13:20:05	7.8	5.1	3.2	1040.1
1/11/21	13:20:07	9.5	5.9	3.8	961.0
1/11/21	13:20:09	4.2	3.0	2.2	167.2
1/11/21	13:20:11	4.8	2.8	1.8	63.2
1/11/21	13:20:13	13.0	9.1	5.9	319.1
1/11/21	13:20:15	10.1	6.5	4.4	218.9
1/11/21	13:20:17	4.2	2.6	1.9	126.4
1/11/21	13:20:19	2.7	1.8	1.1	88.5
1/11/21	13:20:21	3.1	2.1	1.3	27.2
1/11/21	13:20:23	915.9	591.6	290.1	3472.5
1/11/21	13:20:25	3.5	2.5	1.7	42.1
1/11/21	13:20:27	4.7	3.2	2.2	72.4

Cuadro E 24. Lecturas del dispositivo DustMate medición 1 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:19:25	4.9	4.3	2.7	43.3
8/2/21	12:19:27	4.3	4	2.5	8.7
8/2/21	12:19:29	4.6	3	1.9	1487.6
8/2/21	12:19:31	4	3.3	2.3	44.9
8/2/21	12:19:33	3.5	3.2	2.1	8
8/2/21	12:19:35	4	3.6	2.5	18.1
8/2/21	12:19:37	3.1	2.7	1.7	9.1
8/2/21	12:19:39	3.9	3.2	2.3	24.4

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:19:41	4.4	4.1	2.6	133
8/2/21	12:19:43	2.4	2	1.3	15.2
8/2/21	12:19:45	4.2	3.6	2.6	133.5
8/2/21	12:19:47	5.1	4.1	2.7	115.5
8/2/21	12:19:49	461.5	229.7	139.3	6527.9
8/2/21	12:19:51	1357.7	672.4	416.2	6527.9
8/2/21	12:19:53	4505.6	1970.2	1183.3	6527.9
8/2/21	12:19:55	5682	2027.6	1181.7	6527.9
8/2/21	12:19:57	5901	2111.6	1223	6527.9
8/2/21	12:19:59	5698	1937.4	1125.5	6527.9
8/2/21	12:20:01	1731.1	917.5	561.1	6527.9
8/2/21	12:20:03	417.4	244.1	148.1	6527.9
8/2/21	12:20:05	394.4	221.8	134.8	6527.9
8/2/21	12:20:07	1826	978.5	605.1	6527.9
8/2/21	12:20:09	2106.9	1134.4	707.3	6527.9
8/2/21	12:20:11	1532.3	878	542.6	6527.9
8/2/21	12:20:13	2297.6	1247.4	772.4	6527.9
8/2/21	12:20:15	1747.6	948.4	583.6	6527.9
8/2/21	12:20:17	376.5	217.5	132.3	6527.9
8/2/21	12:20:19	202	126.7	77.3	6527.9
8/2/21	12:20:21	159.7	96.2	59.6	6527.9
8/2/21	12:20:23	220.7	116.2	72.2	6527.9
8/2/21	12:20:25	126.6	71.6	45	6527.9
8/2/21	12:20:27	1069.1	597.2	366.4	6527.9
8/2/21	12:20:29	1270.1	676.4	420.9	6527.9
8/2/21	12:20:31	1254.7	673.4	421.4	6527.9
8/2/21	12:20:33	1341.3	715.6	443.1	6527.9
8/2/21	12:20:35	887.1	470.5	289.5	6527.9
8/2/21	12:20:37	909.6	486.5	298.7	6527.9
8/2/21	12:20:39	978	507.1	314	6527.9
8/2/21	12:20:41	1658.6	844	516.8	6527.9
8/2/21	12:20:43	4652.6	2035.5	1221.9	6527.9
8/2/21	12:20:45	3135.5	1464.8	822.1	6527.9
8/2/21	12:20:47	6291.3	1253.3	697.9	6527.9
8/2/21	12:20:49	6129.8	2007.3	1157.1	6527.9
8/2/21	12:20:51	5184.6	2272.8	1344.4	6527.9
8/2/21	12:20:53	5269.2	2228.8	1309.8	6527.9
8/2/21	12:20:55	5920.9	1622.7	932.6	6527.9
8/2/21	12:20:57	5825.7	1781.5	1037.1	6527.9
8/2/21	12:20:59	3864.1	1791.8	1093.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:21:01	1426.9	725.1	444.2	6527.9
8/2/21	12:21:03	358.3	199.8	121.4	6527.9
8/2/21	12:21:05	445.8	252.2	154.3	6527.9
8/2/21	12:21:07	5.8	3.1	1.3	4128.9
8/2/21	12:21:09	3	2	1.2	116.2

Cuadro E 25. Lecturas del dispositivo DustMate medición 2 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:24:29	11.3	6.7	4.6	3270.1
8/2/21	12:24:31	3.6	2.8	1.9	215.4
8/2/21	12:24:33	3.7	3.1	1.9	104.2
8/2/21	12:24:35	3.5	3.1	1.9	29.4
8/2/21	12:24:37	7.6	4.6	3.1	1115.5
8/2/21	12:24:39	8.1	4.4	3	1192
8/2/21	12:24:41	4.3	3.7	2.3	22.4
8/2/21	12:24:43	3.8	3	1.9	186.2
8/2/21	12:24:45	367.2	182.7	114.3	6527.9
8/2/21	12:24:47	3566.6	1576.6	959.3	6527.9
8/2/21	12:24:49	4320.6	1779.5	1073.2	6527.9
8/2/21	12:24:51	3947.5	1773	1071.6	6527.9
8/2/21	12:24:53	3219.3	1576.6	967	6527.9
8/2/21	12:24:55	4671.8	2111.3	1259.3	6527.9
8/2/21	12:24:57	4531	1983.7	1182.3	6527.9
8/2/21	12:24:59	6380.9	1380.7	773.9	6527.9
8/2/21	12:25:01	6240.9	1119.8	631.4	6527.9
8/2/21	12:25:03	5635.2	1781	1030.1	6527.9
8/2/21	12:25:05	2340.5	1232	759.2	6527.9
8/2/21	12:25:07	1018.2	548.9	338.1	6527.9
8/2/21	12:25:09	1345.2	695.6	433.6	6527.9
8/2/21	12:25:11	1610.1	839.3	524.9	6527.9
8/2/21	12:25:13	2081.8	1108.2	688.2	6527.9
8/2/21	12:25:15	2175.2	1165.6	722.1	6527.9
8/2/21	12:25:17	2657.5	1348.7	837.7	6527.9
8/2/21	12:25:19	2577.8	1288.3	797.9	6527.9
8/2/21	12:25:21	755.6	404	251.3	6527.9
8/2/21	12:25:23	303.4	184.1	113.2	6527.9
8/2/21	12:25:25	303.5	177.4	108.7	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:25:27	177.7	108.8	65.7	6527.9
8/2/21	12:25:29	216	125.8	77.6	6527.9
8/2/21	12:25:31	1067.4	556.3	349.5	6527.9
8/2/21	12:25:33	2033.5	1061.2	662	6527.9
8/2/21	12:25:35	1483.5	795.1	492.4	6527.9
8/2/21	12:25:37	863.4	465.2	289.9	6527.9
8/2/21	12:25:39	954.2	525.6	329.8	6527.9
8/2/21	12:25:41	1356.8	699	437.6	6527.9
8/2/21	12:25:43	312	167	103.8	6527.9
8/2/21	12:25:45	634.4	350.8	217.3	6527.9
8/2/21	12:25:47	4405.7	1580.1	938.4	6527.9
8/2/21	12:25:49	6141.7	1622.6	924	6527.9
8/2/21	12:25:51	5970.8	1667.9	950.3	6527.9
8/2/21	12:25:53	6122.8	1619.6	915.2	6527.9
8/2/21	12:25:55	5553.2	2060.9	1201.7	6527.9
8/2/21	12:25:57	4944.3	1686.4	991.5	6527.9
8/2/21	12:25:59	2936.2	1361.9	836.6	6527.9
8/2/21	12:26:01	2513.3	1261.7	790.5	6527.9
8/2/21	12:26:03	1855	965.2	601.1	6527.9
8/2/21	12:26:05	211.1	119.2	73.9	4816.4

Cuadro E 26. Lecturas del dispositivo DustMate medición 3 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:28:33	4.4	2.6	1.6	328.4
8/2/21	12:28:35	4.6	3.3	2.3	436.1
8/2/21	12:28:37	3.6	3	1.8	19.8
8/2/21	12:28:39	3	2.7	1.8	100.2
8/2/21	12:28:41	3.2	2.7	1.7	50.7
8/2/21	12:28:43	8.9	5.2	3.6	1369.5
8/2/21	12:28:45	12.3	7.4	4.7	1344.5
8/2/21	12:28:47	161	74.6	46.2	4211.2
8/2/21	12:28:49	2486.5	1087.8	672.5	6527.9
8/2/21	12:28:51	4623.4	1811.9	1081.8	6527.9
8/2/21	12:28:53	5940.2	1730.8	992	6527.9
8/2/21	12:28:55	6055.7	1958.3	1121.3	6527.9
8/2/21	12:28:57	5386.3	1967.3	1154.5	6527.9
8/2/21	12:28:59	2231.8	1185.3	728	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:29:01	364.5	213.7	131.7	6527.9
8/2/21	12:29:03	804.7	435.3	271.3	6527.9
8/2/21	12:29:05	2707.6	1426.7	883.4	6527.9
8/2/21	12:29:07	2707.3	1438.5	891.7	6527.9
8/2/21	12:29:09	1813.3	992.2	618.6	6527.9
8/2/21	12:29:11	1399.7	781.6	484.1	6527.9
8/2/21	12:29:13	1328.7	724.1	451.8	6527.9
8/2/21	12:29:15	326.4	192.8	118.8	6527.9
8/2/21	12:29:17	147.8	89.1	55.1	6527.9
8/2/21	12:29:19	90.2	51.7	31.9	6527.9
8/2/21	12:29:21	90.4	56.9	36.1	6527.9
8/2/21	12:29:23	106.8	59.6	38.3	6527.9
8/2/21	12:29:25	664.7	345.3	216.1	6527.9
8/2/21	12:29:27	1143.8	585.2	368.2	6527.9
8/2/21	12:29:29	1866.6	951.5	600.4	6527.9
8/2/21	12:29:31	1994.7	1001.1	631.7	6527.9
8/2/21	12:29:33	1804.4	893.4	563.7	6527.9
8/2/21	12:29:35	1532.7	793.3	497.6	6527.9
8/2/21	12:29:37	1307.4	674.9	422.6	6527.9
8/2/21	12:29:39	3250.4	1390	834.2	6527.9
8/2/21	12:29:41	5366.2	1920.4	1124.2	6527.9
8/2/21	12:29:43	5193.5	1906.8	1120.7	6527.9
8/2/21	12:29:45	6201.9	1310.3	731.5	6527.9
8/2/21	12:29:47	5974	1952.7	1120.4	6527.9
8/2/21	12:29:49	4489.1	2092	1253.1	6527.9
8/2/21	12:29:51	4430.3	2040.3	1215.7	6527.9
8/2/21	12:29:53	4773.9	2135	1270.4	6527.9
8/2/21	12:29:55	5323.2	1922.8	1123	6527.9
8/2/21	12:29:57	5307.7	1906.8	1114.8	6527.9
8/2/21	12:29:59	3235.3	1537	948.4	6527.9
8/2/21	12:30:01	4193.2	1878.1	1134.4	6527.9
8/2/21	12:30:03	2612.6	1349.3	833.1	6527.9
8/2/21	12:30:05	1290.8	722.1	445.2	6527.9
8/2/21	12:30:07	961.6	486.7	308.9	3632.2

Cuadro E 27. Lecturas del dispositivo DustMate medición 4 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:33:01	3	2.4	1.5	223.4
8/2/21	12:33:03	4.2	3.3	2.2	287
8/2/21	12:33:05	4.2	3.2	2.1	267.9
8/2/21	12:33:07	4.1	3.1	2	53
8/2/21	12:33:09	3.8	3.3	2	99.3
8/2/21	12:33:11	3.1	2.6	1.9	31.7
8/2/21	12:33:13	7.4	4.5	3	1622.4
8/2/21	12:33:15	371.7	176.4	114.4	6527.9
8/2/21	12:33:17	1506.2	731.5	459.8	6527.9
8/2/21	12:33:19	1604	783	495.2	6527.9
8/2/21	12:33:21	1375.2	693.2	435.5	6527.9
8/2/21	12:33:23	2033.9	1049	648.9	6527.9
8/2/21	12:33:25	4186.3	1805.7	1090.7	6527.9
8/2/21	12:33:27	3021.1	1354.9	830	6527.9
8/2/21	12:33:29	6079.8	1378.1	778	6527.9
8/2/21	12:33:31	5773	778.3	429.9	6527.9
8/2/21	12:33:33	6042	1412.9	798.6	6527.9
8/2/21	12:33:35	3204.2	1436.9	884.2	6527.9
8/2/21	12:33:37	1339.8	668.5	419.2	6527.9
8/2/21	12:33:39	1778.2	902	568.3	6527.9
8/2/21	12:33:41	1649.5	852.4	533.2	6527.9
8/2/21	12:33:43	1746.7	928.7	585.7	6527.9
8/2/21	12:33:45	2388.6	1224.2	768.6	6527.9
8/2/21	12:33:47	3252.2	1552.8	947.8	6527.9
8/2/21	12:33:49	2712.2	1309.4	793.4	6527.9
8/2/21	12:33:51	395.8	239.8	149.1	6527.9
8/2/21	12:33:53	339.7	203	125.5	6527.9
8/2/21	12:33:55	241.8	143	88.5	6527.9
8/2/21	12:33:57	192.5	117.3	72.1	6527.9
8/2/21	12:33:59	883.6	475.1	296	6527.9
8/2/21	12:34:01	1768.4	949.6	593.5	6527.9
8/2/21	12:34:03	1994.9	1035.7	650.3	6527.9
8/2/21	12:34:05	1147.6	622.5	388.9	6527.9
8/2/21	12:34:07	1507.9	813.5	507.9	6527.9
8/2/21	12:34:09	2664.4	1302.1	815.8	6527.9
8/2/21	12:34:11	935.7	510.1	317.4	6527.9
8/2/21	12:34:13	510.8	292.9	181.5	6527.9
8/2/21	12:34:15	4685.1	1635.6	967.3	6527.9
8/2/21	12:34:17	5893.5	919.3	515.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:34:19	5921.3	1002.6	552.8	6527.9
8/2/21	12:34:21	5979.5	1002.6	561.3	6527.9
8/2/21	12:34:23	6135	1421.8	795.6	6527.9
8/2/21	12:34:25	5930.1	1505.7	859.4	6527.9
8/2/21	12:34:27	3874.4	1648.8	1003.6	6527.9
8/2/21	12:34:29	3084.6	1501.9	926.9	6527.9
8/2/21	12:34:31	2938.2	1448.3	892.8	6527.9
8/2/21	12:34:33	2156	1136.9	709.2	6527.9
8/2/21	12:34:35	1201.8	676.3	418.8	6527.9
8/2/21	12:34:37	93	51.8	32	6527.9

Cuadro E 28. Lecturas del dispositivo DustMate medición 5 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:37:44	1.9	1.4	0.8	45.4
8/2/21	12:37:46	3.3	2.4	1.6	246.1
8/2/21	12:37:48	4.2	3.6	2.3	240.6
8/2/21	12:37:50	4	3.1	2.2	374.7
8/2/21	12:37:52	4.7	4.2	2.9	314.8
8/2/21	12:37:54	3.6	2.7	2	408.2
8/2/21	12:37:56	4.6	3.7	2.3	200.1
8/2/21	12:37:58	1632.2	772.2	479.2	6527.9
8/2/21	12:38:00	2212	1064.6	667.1	6527.9
8/2/21	12:38:02	4907.3	1850.7	1103.6	6527.9
8/2/21	12:38:04	6035	1717.9	988.3	6527.9
8/2/21	12:38:06	6067.9	1554.7	875.3	6527.9
8/2/21	12:38:08	5068.5	1683.4	988.9	6527.9
8/2/21	12:38:10	1803.2	946.1	583.4	6527.9
8/2/21	12:38:12	390.4	222.8	138.5	6527.9
8/2/21	12:38:14	1834.3	963.4	602.2	6527.9
8/2/21	12:38:16	3839.5	1822.7	1111.4	6527.9
8/2/21	12:38:18	2329.7	1267.1	792	6527.9
8/2/21	12:38:20	1902.3	1051.4	652.8	6527.9
8/2/21	12:38:22	1462.2	834.9	517.9	6527.9
8/2/21	12:38:24	857.8	486.1	302.6	6527.9
8/2/21	12:38:26	193.1	119	73.1	6527.9
8/2/21	12:38:28	134.1	80.6	50	6527.9
8/2/21	12:38:30	92.5	58.3	36.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:38:32	69.9	42.8	27.1	2990.9
8/2/21	12:38:34	396.3	187	117.2	6527.9
8/2/21	12:38:36	1380.2	686.2	432.1	6527.9
8/2/21	12:38:38	1473.2	743.5	475.2	6527.9
8/2/21	12:38:40	1232.2	618.1	397.2	6527.9
8/2/21	12:38:42	1238.2	615.8	397.1	6527.9
8/2/21	12:38:44	720.4	358.7	226.4	6527.9
8/2/21	12:38:46	1331.9	667.7	426	6527.9
8/2/21	12:38:48	582	295.6	189.2	6527.9
8/2/21	12:38:50	1883	887.3	561.8	6527.9
8/2/21	12:38:52	3506.5	1497.1	924.4	6527.9
8/2/21	12:38:54	5806	1309.7	736.6	6527.9
8/2/21	12:38:56	5902.5	1529.4	863.9	6527.9
8/2/21	12:38:58	5491.6	1635.3	948.2	6527.9
8/2/21	12:39:00	4237.6	1940.8	1164.8	6527.9
8/2/21	12:39:02	3430.1	1675.7	1024.9	6527.9
8/2/21	12:39:04	4920.4	1303.2	771.8	6527.9
8/2/21	12:39:06	5689.3	1470.5	841.7	6527.9
8/2/21	12:39:08	4948.9	1765.7	1049.3	6527.9
8/2/21	12:39:10	2078	963.1	599.5	6527.9
8/2/21	12:39:12	1037.9	526.2	335.5	6527.9
8/2/21	12:39:14	1082.7	553.4	355	6527.9
8/2/21	12:39:16	666.2	356	221.7	6527.9
8/2/21	12:39:18	563.2	276.7	182	6527.9

Cuadro E 29. Lecturas del dispositivo DustMate medición 6 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:42:47	2.9	1.9	1.3	265.2
8/2/21	12:42:49	3.4	2.6	1.8	185.9
8/2/21	12:42:51	1.8	1.1	0.8	24.2
8/2/21	12:42:53	2.7	2.1	1.4	118.7
8/2/21	12:42:55	4	3.5	2.3	129.9
8/2/21	12:42:57	3.1	2.4	1.6	111.8
8/2/21	12:42:59	6.5	4.2	2.8	1285.3
8/2/21	12:43:01	220.8	102.1	67.1	6527.9
8/2/21	12:43:03	1789.9	828.4	529.3	6527.9
8/2/21	12:43:05	2787.4	1266	793.5	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:43:07	2787.2	1280.6	803	6527.9
8/2/21	12:43:09	3313.5	1414.9	865.3	6527.9
8/2/21	12:43:11	3889.9	1722	1047.1	6527.9
8/2/21	12:43:13	4913.3	1374.1	801.1	6527.9
8/2/21	12:43:15	5735	1021.6	572.8	6527.9
8/2/21	12:43:17	5734.3	957.2	531.4	6527.9
8/2/21	12:43:19	5620.3	1427.1	819	6527.9
8/2/21	12:43:21	3905.2	1630.9	990.5	6527.9
8/2/21	12:43:23	1368.6	669.9	423.6	6527.9
8/2/21	12:43:25	760	383	244.1	6527.9
8/2/21	12:43:27	910.1	455.7	291.8	6527.9
8/2/21	12:43:29	903.8	456.1	294.1	6527.9
8/2/21	12:43:31	832.1	431.8	273.8	6527.9
8/2/21	12:43:33	2403.5	1112.3	693.7	6527.9
8/2/21	12:43:35	1969.5	735.4	455.4	6527.9
8/2/21	12:43:37	160	82.5	51.5	6527.9
8/2/21	12:43:39	133.2	66.3	41.8	6527.9
8/2/21	12:43:41	49	25.8	15.9	4488.6
8/2/21	12:43:43	37.1	19.5	12.7	4565.1
8/2/21	12:43:45	39.1	17.3	11.1	4694.6
8/2/21	12:43:47	72.4	34.5	21.3	6527.9
8/2/21	12:43:49	14.1	6.8	4.3	1640.8
8/2/21	12:43:51	23	13.8	8.8	1351.9
8/2/21	12:43:53	14.9	7.5	4.7	1811.3
8/2/21	12:43:55	7.3	5.1	3.3	389.4
8/2/21	12:43:57	6.2	4.4	2.9	234.1
8/2/21	12:43:59	104.2	51.2	31.8	6527.9
8/2/21	12:44:01	60.3	30.4	19.1	6527.9
8/2/21	12:44:03	139.7	61.9	38.7	6527.9
8/2/21	12:44:05	75.1	33.2	21.4	6527.9
8/2/21	12:44:07	51.6	23.5	14.9	6527.9
8/2/21	12:44:09	60.2	27.3	17.2	4089.3
8/2/21	12:44:11	21.5	9.7	6.1	1924.4
8/2/21	12:44:13	9.1	5.3	3.3	378.5
8/2/21	12:44:15	5.9	3.4	2.1	125.7
8/2/21	12:44:17	4.7	3.5	2.2	201.8
8/2/21	12:44:19	90.8	50.3	30.7	3325.8
8/2/21	12:44:21	216.5	117.8	74.1	6527.9

Cuadro E 30. Lecturas del dispositivo DustMate medición 7 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:51:38	2.9	2.6	1.7	5.5
8/2/21	12:51:40	7.5	4.5	2.6	3277.1
8/2/21	12:51:42	3.2	3.1	2.1	5
8/2/21	12:51:44	4.6	4.3	2.8	42.4
8/2/21	12:51:46	3.5	3.2	2	7.9
8/2/21	12:51:48	4.5	3.9	2.7	58.1
8/2/21	12:51:50	6.2	5.5	3.6	67.3
8/2/21	12:51:52	4.5	3.9	2.5	100.2
8/2/21	12:51:54	358.6	194.4	117.4	6527.9
8/2/21	12:51:56	2566.9	1315.9	805.1	6527.9
8/2/21	12:51:58	5051.6	2059	1201	6527.9
8/2/21	12:52:00	5541.1	2080.8	1207	6527.9
8/2/21	12:52:04	3138.5	1819.1	1016.3	6527.9
8/2/21	12:52:06	3083.3	1570.3	932.3	6527.9
8/2/21	12:52:08	474.8	297.5	181.9	6527.9
8/2/21	12:52:10	917.9	532	329.6	6527.9
8/2/21	12:52:12	2682.3	1535.8	935	6527.9
8/2/21	12:52:14	2982	1700.4	1032.8	6527.9
8/2/21	12:52:16	2625.7	1519.1	931.3	6527.9
8/2/21	12:52:18	2113.8	1281.1	779.6	6527.9
8/2/21	12:52:20	894.9	555.7	340.2	6527.9
8/2/21	12:52:22	232.6	153.8	92.3	4561.2
8/2/21	12:52:24	143.6	94.4	57.5	4471.7
8/2/21	12:52:26	98.8	62.4	37.8	2897
8/2/21	12:52:28	109.2	71.1	43.5	2857.6
8/2/21	12:52:30	99	60.4	36.6	4452.1
8/2/21	12:52:32	588.2	320.2	198.1	6527.9
8/2/21	12:52:34	495	260.4	159.2	6527.9
8/2/21	12:52:36	390.2	216.4	132.2	6527.9
8/2/21	12:52:38	564.4	313.9	193.1	6527.9
8/2/21	12:52:40	846.7	473.8	293.1	6527.9
8/2/21	12:52:42	994.7	548.8	339.9	6527.9
8/2/21	12:52:44	1124	617.1	379.7	6527.9
8/2/21	12:52:46	1176.6	646.1	398.8	6527.9
8/2/21	12:52:48	794.8	445.7	273	6527.9
8/2/21	12:52:50	3132.7	1489.5	905.4	6527.9
8/2/21	12:52:52	4698.2	2102.5	1243.8	6527.9
8/2/21	12:52:54	6268.8	2202.1	1241.9	6527.9
8/2/21	12:52:56	6471.8	1721.5	958	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:52:58	5578.7	2369.8	1369.4	6527.9
8/2/21	12:53:00	4808.9	2372.6	1400.7	6527.9
8/2/21	12:53:02	4729.6	2260.9	1331	6527.9
8/2/21	12:53:04	6132.5	1577.1	886.1	6527.9
8/2/21	12:53:06	6223.3	1928	1087.3	6527.9
8/2/21	12:53:08	6206.1	1722.8	968.3	6527.9
8/2/21	12:53:10	2831.5	1386.9	832	6527.9
8/2/21	12:53:12	849.2	505.4	312.7	6527.9
8/2/21	12:53:14	673.7	395.6	246.3	6527.9
8/2/21	12:53:16	997.3	590.2	362.5	6527.9
8/2/21	12:53:18	39	23.8	14.6	1047.3
8/2/21	12:53:20	7.2	6.7	6.1	56.2

Cuadro E 31. Lecturas del dispositivo DustMate medición 8 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:56:51	4.8	3.6	2.2	420.3
8/2/21	12:56:53	6.8	5.2	3.2	144.1
8/2/21	12:56:55	6.1	4.2	2.6	202.9
8/2/21	12:56:57	5.5	4	2.5	73.8
8/2/21	12:56:59	6.8	4.9	3	126.7
8/2/21	12:57:01	7.2	5.4	3.6	129
8/2/21	12:57:03	6.3	4.6	2.8	199.7
8/2/21	12:57:05	68.3	36.4	23.1	3397.6
8/2/21	12:57:07	1963.3	1034.6	631.2	6527.9
8/2/21	12:57:09	1911.8	1051.3	649.9	6527.9
8/2/21	12:57:11	4099.7	1950.4	1167.9	6527.9
8/2/21	12:57:13	3862.4	1958.2	1182.6	6527.9
8/2/21	12:57:15	3940.1	2022.9	1208.7	6527.9
8/2/21	12:57:17	5135	2228.8	1303.8	6527.9
8/2/21	12:57:19	6300.6	1469.7	820.6	6527.9
8/2/21	12:57:21	6292.4	967	530.5	6527.9
8/2/21	12:57:23	6359.2	1568.3	869.4	6527.9
8/2/21	12:57:25	4214.2	1810.1	1077.5	6527.9
8/2/21	12:57:27	1131	611.6	380.6	6527.9
8/2/21	12:57:29	515.7	272.7	168	6527.9
8/2/21	12:57:31	731.2	400.2	246	6527.9
8/2/21	12:57:33	498.2	275.1	168.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	12:57:35	1258.9	684.5	428.5	6527.9
8/2/21	12:57:37	1372.8	771.4	480	6527.9
8/2/21	12:57:39	2251.1	1228.8	765.7	6527.9
8/2/21	12:57:41	1610.2	871.7	547.5	6527.9
8/2/21	12:57:43	2251.9	1160.7	730.6	6527.9
8/2/21	12:57:45	607.2	341	211.5	6527.9
8/2/21	12:57:47	342.1	211.6	130.7	6527.9
8/2/21	12:57:49	419	264.5	163.3	6527.9
8/2/21	12:57:51	446.3	280.6	174.3	6527.9
8/2/21	12:57:53	313.8	192.9	119	6527.9
8/2/21	12:57:55	1769.7	1030.5	639.5	6527.9
8/2/21	12:57:57	1800.6	1001.6	621.9	6527.9
8/2/21	12:57:59	2677.4	1416.9	876.4	6527.9
8/2/21	12:58:01	1447.3	828.2	514.6	6527.9
8/2/21	12:58:03	1429.2	799.7	494.5	6527.9
8/2/21	12:58:05	3050.8	1538.3	939.3	6527.9
8/2/21	12:58:07	614.2	344	213	6527.9
8/2/21	12:58:09	1729.6	931.2	573.3	6527.9
8/2/21	12:58:11	5008.4	1477.4	862.2	6527.9
8/2/21	12:58:13	6028.4	1000.4	551	6527.9
8/2/21	12:58:15	6296.1	1038.2	565.8	6527.9
8/2/21	12:58:17	3238.2	1428.4	787.6	6527.9
8/2/21	12:58:19	5674.9	650.6	354.1	6527.9
8/2/21	12:58:21	5525.1	1681.6	965.3	6527.9
8/2/21	12:58:23	2941.8	1462.9	888.3	6527.9
8/2/21	12:58:25	824.4	466.7	287.1	6527.9
8/2/21	12:58:27	2985.8	1543.2	949.6	6527.9
8/2/21	12:58:29	1853.9	1060.8	658.7	6527.9
8/2/21	12:58:31	36.3	18.8	8.3	302.5

Cuadro E 32. Lecturas del dispositivo DustMate medición 9 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:00:51	9.8	4.7	3.2	2112.3
8/2/21	13:00:53	3.1	2.8	1.9	19.2
8/2/21	13:00:55	5.3	3.9	2.6	205.2
8/2/21	13:00:57	5.1	4.4	2.9	93.7
8/2/21	13:00:59	6.4	4.9	3.2	305.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:01:01	7	4.8	2.7	313.8
8/2/21	13:01:03	7.7	4.9	3.1	319.8
8/2/21	13:01:05	555.9	294.3	180.7	4696.1
8/2/21	13:01:07	3332.9	1597	975.5	6527.9
8/2/21	13:01:09	5219.7	2190.9	1282.1	6527.9
8/2/21	13:01:11	6369.5	1999.4	1125.1	6527.9
8/2/21	13:01:13	2787.1	1993.4	1133.5	6527.9
8/2/21	13:01:15	6024.7	1716.2	967.2	6527.9
8/2/21	13:01:17	2727.9	1058.4	641.6	6527.9
8/2/21	13:01:19	770.7	474	291.1	6527.9
8/2/21	13:01:21	2430.7	1283.6	777.6	6527.9
8/2/21	13:01:23	4196.9	2030	1225.9	6527.9
8/2/21	13:01:25	2661.8	1513.8	938.1	6527.9
8/2/21	13:01:27	1988.7	1177	720.9	6527.9
8/2/21	13:01:29	1690	1006.9	624.6	6527.9
8/2/21	13:01:31	626.2	386.9	237.2	6527.9
8/2/21	13:01:33	184.4	122	75	4680.3
8/2/21	13:01:35	137.8	89	55.1	2848.7
8/2/21	13:01:37	114.7	73.5	46.3	4116.8
8/2/21	13:01:39	88.8	59.2	35.9	2206.4
8/2/21	13:01:41	166.3	95.1	61.6	4429
8/2/21	13:01:43	579.8	307.1	199.2	6527.9
8/2/21	13:01:45	586.2	316.7	197.9	6527.9
8/2/21	13:01:47	1721.5	926.1	580.4	6527.9
8/2/21	13:01:49	2227	1207.8	751.5	6527.9
8/2/21	13:01:51	1149.1	642.5	404.3	6527.9
8/2/21	13:01:53	949.6	516.1	323	6527.9
8/2/21	13:01:55	1231.5	647.9	409.6	6527.9
8/2/21	13:01:57	3868.5	1751.8	1058.9	6527.9
8/2/21	13:01:59	2624.6	1338.1	832.5	6527.9
8/2/21	13:02:01	5116.2	2077.9	1213.7	6527.9
8/2/21	13:02:03	6384.3	1333	737.2	6527.9
8/2/21	13:02:05	5969.3	2093.4	1192.3	6527.9
8/2/21	13:02:07	5874.9	2216.8	1270.4	6527.9
8/2/21	13:02:09	5170.3	2356.6	1382.6	6527.9
8/2/21	13:02:11	5039.8	2169.4	1267.3	6527.9
8/2/21	13:02:13	6114	921.8	505.8	6527.9
8/2/21	13:02:15	6139.1	1254.8	702.3	6527.9
8/2/21	13:02:17	5419.6	2057.7	1203.6	6527.9
8/2/21	13:02:19	3841.6	1934.9	1171.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:02:21	3942.1	2017.2	1221.9	6527.9
8/2/21	13:02:23	4338	2216.5	1325.9	6527.9
8/2/21	13:02:25	3089	1402.4	844.3	6527.9
8/2/21	13:02:27	2132.2	976.6	572.7	6527.9

Cuadro E 33. Lecturas del dispositivo DustMate medición 10 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:05:21	2.7	2.4	1.7	63.7
8/2/21	13:05:23	3.7	3.4	2.1	40.7
8/2/21	13:05:25	2.6	2.4	1.6	5.6
8/2/21	13:05:27	3.2	2.6	1.7	170
8/2/21	13:05:29	3.1	2.8	1.9	15.3
8/2/21	13:05:31	4.2	3.9	2.3	18.4
8/2/21	13:05:33	3.5	3.2	1.9	8.3
8/2/21	13:05:35	296.2	162.7	101	6527.9
8/2/21	13:05:37	2309	1234.6	760.6	6527.9
8/2/21	13:05:39	2887.5	1487.9	913.1	6527.9
8/2/21	13:05:41	3470.9	1756.3	1070.5	6527.9
8/2/21	13:05:43	2863.5	1526.9	935.5	6527.9
8/2/21	13:05:45	4003.3	2014.3	1203	6527.9
8/2/21	13:05:47	5818.6	1359.8	777.6	6527.9
8/2/21	13:05:49	6173.9	801.4	439.8	6527.9
8/2/21	13:05:51	6379.9	1554.1	866.7	6527.9
8/2/21	13:05:53	5754.2	1918.5	1091.4	6527.9
8/2/21	13:05:55	3072.2	1447.4	888.5	6527.9
8/2/21	13:05:57	994.9	521.3	327.2	6527.9
8/2/21	13:05:59	1110.3	573.4	362.4	6527.9
8/2/21	13:06:01	1487	826.7	514.6	6527.9
8/2/21	13:06:03	1317.9	731.3	457.8	6527.9
8/2/21	13:06:05	1774.3	975.4	614.3	6527.9
8/2/21	13:06:07	2592.6	1398.6	861.8	6527.9
8/2/21	13:06:09	3251.3	1606.8	969.8	6527.9
8/2/21	13:06:11	516.1	316.7	196.3	6527.9
8/2/21	13:06:13	270.5	176.1	111.3	6527.9
8/2/21	13:06:15	224.7	145	89.9	6527.9
8/2/21	13:06:17	155.1	96.6	60.1	6527.9
8/2/21	13:06:19	724.6	397.5	250.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:06:21	1878.5	1044.7	656	6527.9
8/2/21	13:06:23	2332.5	1282.7	795	6527.9
8/2/21	13:06:25	2171.1	1184.2	735.1	6527.9
8/2/21	13:06:27	1529.2	868.5	543.9	6527.9
8/2/21	13:06:29	2334	1248.2	771.7	6527.9
8/2/21	13:06:31	1124.3	614.8	385.6	6527.9
8/2/21	13:06:33	557.4	309.2	191.9	6527.9
8/2/21	13:06:35	3683.7	1641.4	979.6	6527.9
8/2/21	13:06:37	6172.6	939	515.8	6527.9
8/2/21	13:06:39	6274.1	1203	666	6527.9
8/2/21	13:06:41	6296.9	1258.8	697.5	6527.9
8/2/21	13:06:43	6070.7	1450.4	820.4	6527.9
8/2/21	13:06:45	6088.4	1033	573.8	6527.9
8/2/21	13:06:47	4804.6	2004.9	1186.2	6527.9
8/2/21	13:06:49	1161.4	663	412.3	6527.9
8/2/21	13:06:51	924.7	531.6	330.8	6527.9
8/2/21	13:06:53	27.7	17.2	10.5	1385.5
8/2/21	13:06:55	3.3	2.8	1.6	37.5
8/2/21	13:06:57	5.6	3.9	2.1	997.5
8/2/21	13:06:59	110.1	60.5	38.5	4525.4

Cuadro E 34. Lecturas del dispositivo DustMate medición 11 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:08:46	100.3	56.2	34	6527.9
8/2/21	13:08:48	93.1	50.7	30.9	4911.5
8/2/21	13:08:50	60.4	35.2	21.5	2362.8
8/2/21	13:08:52	45.7	24.5	14.7	1703.6
8/2/21	13:08:54	56	32.4	19.3	2545.2
8/2/21	13:08:56	48	27.3	16.8	2071.3
8/2/21	13:08:58	44.1	27.6	16.3	1600.2
8/2/21	13:09:00	537	296.9	186.1	6527.9
8/2/21	13:09:02	3831.9	1667	992.1	6527.9
8/2/21	13:09:04	5963.1	1758.7	995.2	6527.9
8/2/21	13:09:06	6479.3	1673.4	927.7	6527.9
8/2/21	13:09:08	6412.3	1622.8	902	6527.9
8/2/21	13:09:10	5890.8	1589.2	906.8	6527.9
8/2/21	13:09:12	2407	1314.2	808.9	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
8/2/21	13:09:14	571.9	336.1	209.3	6527.9
8/2/21	13:09:16	1641.1	915.8	569.8	6527.9
8/2/21	13:09:18	3588.1	1857.6	1126.6	6527.9
8/2/21	13:09:20	3680.2	1898	1160.7	6527.9
8/2/21	13:09:22	3629.6	1951.6	1180.2	6527.9
8/2/21	13:09:24	2154.4	1233.5	763.2	6527.9
8/2/21	13:09:26	752.3	437.7	275.1	6527.9
8/2/21	13:09:28	388.9	211.2	137.9	6527.9
8/2/21	13:09:30	104.1	65.1	40.9	4928.5
8/2/21	13:09:32	110.2	72.8	45.5	6527.9
8/2/21	13:09:34	83.4	54.8	35.1	2590.3
8/2/21	13:09:36	252.1	142	91.2	4098.5
8/2/21	13:09:38	846.4	431.8	274.5	6527.9
8/2/21	13:09:40	935.9	497.8	316.2	6527.9
8/2/21	13:09:42	720.5	396.1	249.5	6527.9
8/2/21	13:09:44	774	425.5	270.7	6527.9
8/2/21	13:09:46	758.2	402.1	250.9	6527.9
8/2/21	13:09:48	1176.9	608.3	384.4	6527.9
8/2/21	13:09:50	1748.7	922	576.7	6527.9
8/2/21	13:09:52	1259.7	664.2	419	6527.9
8/2/21	13:09:54	1623.3	859.4	541.1	6527.9
8/2/21	13:09:56	4816.9	1966.4	1160.8	6527.9
8/2/21	13:09:58	6203.2	1789.8	1004.4	6527.9
8/2/21	13:10:00	6286.6	1756.1	981.9	6527.9
8/2/21	13:10:02	5250.9	2349.8	1367.3	6527.9
8/2/21	13:10:04	3901.9	2053.8	1229.3	6527.9
8/2/21	13:10:06	4480	2023.6	1198.7	6527.9
8/2/21	13:10:08	6176.2	1023.4	563.2	6527.9
8/2/21	13:10:10	5629.9	1007.3	557.9	6527.9
8/2/21	13:10:12	5647.9	2059	1179.9	6527.9
8/2/21	13:10:14	2184.5	1079.5	654.4	6527.9
8/2/21	13:10:16	472.2	271.3	169.3	6527.9
8/2/21	13:10:18	1097.9	648.7	406.3	6527.9
8/2/21	13:10:20	682.7	406.8	253.9	6527.9
8/2/21	13:10:22	95.1	50	32.3	4029.8

Cuadro E 35. Lecturas del dispositivo DustMate medición 12 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	11:51:25	3.8	2.9	1.9	92.2
1/3/21	11:51:27	4.3	3.3	2.3	63.9
1/3/21	11:51:29	10	5.4	3.6	1982.1
1/3/21	11:51:31	7.8	4.6	3	983.3
1/3/21	11:51:33	5.4	4	2.6	451.8
1/3/21	11:51:35	7.4	4.4	3	1254.7
1/3/21	11:51:37	4.1	3.2	2.2	269.9
1/3/21	11:51:39	4.3	2.9	2	115.1
1/3/21	11:51:41	181.9	76.9	51.8	4872.9
1/3/21	11:51:43	383.5	144	95.8	6527.9
1/3/21	11:51:45	2907.1	1081.2	693	6527.9
1/3/21	11:51:47	5106.1	1450.1	890.8	6527.9
1/3/21	11:51:49	5534.1	854.2	492.8	6527.9
1/3/21	11:51:51	5642.9	954.9	555.3	6527.9
1/3/21	11:51:53	5537.5	833.6	474.9	6527.9
1/3/21	11:51:55	5123	564.9	317.2	6527.9
1/3/21	11:51:57	5711.1	840.8	479.5	6527.9
1/3/21	11:51:59	4949.2	448.1	248.4	6527.9
1/3/21	11:52:01	4546.8	293.4	157.4	6527.9
1/3/21	11:52:03	4358.4	380.4	212.6	6527.9
1/3/21	11:52:05	4854.5	366.9	204.5	6527.9
1/3/21	11:52:07	4918.6	386.6	212.9	6527.9
1/3/21	11:52:09	4948.4	415.5	230.3	6527.9
1/3/21	11:52:11	2741	1116.6	695.4	6527.9
1/3/21	11:52:13	578.8	284.6	180.4	6527.9
1/3/21	11:52:15	515.2	255	161.9	6527.9
1/3/21	11:52:17	323.3	159.9	100.3	6527.9
1/3/21	11:52:19	299.8	136.2	84.2	6527.9
1/3/21	11:52:21	910.8	398.6	255.2	6527.9
1/3/21	11:52:23	5486.6	1673	993.4	6527.9
1/3/21	11:52:25	5824.5	1008.4	572.8	6527.9
1/3/21	11:52:27	5860.9	1109.3	639.3	6527.9
1/3/21	11:52:29	5496.2	738.3	419.7	6527.9
1/3/21	11:52:31	5243.8	568.7	321.3	6527.9
1/3/21	11:52:33	5704.1	810.5	452.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	11:52:35	5343.2	722.4	403.4	6527.9
1/3/21	11:52:37	5242.7	563.4	313.3	6527.9
1/3/21	11:52:39	4868.2	1469.5	891.1	6527.9
1/3/21	11:52:41	3829.5	1528.3	956.5	6527.9
1/3/21	11:52:43	3798.9	1410.1	879.9	6527.9
1/3/21	11:52:45	5183.4	862.7	499	6527.9
1/3/21	11:52:47	5197.8	634.1	360.5	6527.9
1/3/21	11:52:49	5107.9	964.2	563.6	6527.9
1/3/21	11:52:51	3644.7	1436.4	898.6	6527.9
1/3/21	11:52:53	3215.7	1298.4	823.2	6527.9
1/3/21	11:52:55	1944.3	893.3	575.3	6527.9
1/3/21	11:52:57	567.7	263.3	168.1	6527.9
1/3/21	11:52:59	367.2	181	113.8	6527.9
1/3/21	11:53:01	124	56.3	35.7	6527.9
1/3/21	11:53:03	3	1.5	0.8	3399.8

Cuadro E 36. Lecturas del dispositivo DustMate medición 13 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	11:58:39	6.4	4.1	3	3329.6
1/3/21	11:58:41	6.1	4.1	2.7	1234.7
1/3/21	11:58:43	3.2	2.2	1.5	31.2
1/3/21	11:58:45	3.4	2.7	1.6	46
1/3/21	11:58:47	3.1	2.3	1.5	48.7
1/3/21	11:58:49	3.4	2.6	1.6	24.8
1/3/21	11:58:51	3.1	2.2	1.6	37.4
1/3/21	11:58:53	14.4	7.5	5.1	4002.6
1/3/21	11:58:55	1227.1	527	345.9	6527.9
1/3/21	11:58:57	4961.9	1359.5	809.8	6527.9
1/3/21	11:58:59	3938.3	1361.1	839.4	6527.9
1/3/21	11:59:01	3042	1251.9	797.4	6527.9
1/3/21	11:59:03	3889	1544.7	964.2	6527.9
1/3/21	11:59:05	3821.7	1525	950.6	6527.9
1/3/21	11:59:07	5331.9	678.3	376.2	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	11:59:09	5280.6	695.1	387.1	6527.9
1/3/21	11:59:11	5113.9	513.5	289.2	6527.9
1/3/21	11:59:13	4770.1	403.3	222.4	6527.9
1/3/21	11:59:15	4953.3	520.1	287	6527.9
1/3/21	11:59:17	5268.8	662.9	371.1	6527.9
1/3/21	11:59:19	4591.2	354.6	195.5	6527.9
1/3/21	11:59:21	4625	384.1	211.4	6527.9
1/3/21	11:59:23	5167.5	1238.6	732.7	6527.9
1/3/21	11:59:25	1780.3	823.5	522.2	6527.9
1/3/21	11:59:27	510.7	247.5	157.9	6527.9
1/3/21	11:59:29	808	388.7	253	6527.9
1/3/21	11:59:31	647.6	313.3	200.6	6527.9
1/3/21	11:59:33	2738.7	894.7	546.5	6527.9
1/3/21	11:59:35	5096.2	608.2	344.8	6527.9
1/3/21	11:59:37	5124.2	587.6	331.9	6527.9
1/3/21	11:59:39	5416.8	727.2	410.2	6527.9
1/3/21	11:59:41	5303.9	671	380.1	6527.9
1/3/21	11:59:43	5337.6	854.8	485.4	6527.9
1/3/21	11:59:45	5303.6	895.8	514.3	6527.9
1/3/21	11:59:47	4881.1	465.5	259.2	6527.9
1/3/21	11:59:49	5399.9	777.6	441.3	6527.9
1/3/21	11:59:51	5293.5	777.3	442.5	6527.9
1/3/21	11:59:53	5228	737.5	415	6527.9
1/3/21	11:59:55	5191.3	640.1	359.6	6527.9
1/3/21	11:59:57	5395.6	1210.4	713.4	6527.9
1/3/21	11:59:59	5226.7	971.6	568	6527.9
1/3/21	12:00:01	4116.8	1303.9	813.5	6527.9
1/3/21	12:00:03	1564.4	657.3	425.2	6527.9
1/3/21	12:00:05	115.6	51.3	34.2	6527.9
1/3/21	12:00:07	80.3	33.3	23.4	6527.9
1/3/21	12:00:09	367.2	160	105.8	6527.9
1/3/21	12:00:11	386.8	171.6	110.5	6527.9
1/3/21	12:00:13	12.5	6.3	4.4	2048.8

Cuadro E 37. Lecturas del dispositivo DustMate medición 14 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:02:50	12.9	7.2	5.2	3561.4
1/3/21	12:02:52	4.5	2.7	1.7	774.5
1/3/21	12:02:54	6.1	2.7	1.8	1240.8
1/3/21	12:02:56	8.1	4.6	3.1	883.1
1/3/21	12:02:58	8.8	4.6	2.9	1688.6
1/3/21	12:03:00	11.2	6.2	4.3	4443.1
1/3/21	12:03:02	9.3	4.5	2.9	2059.9
1/3/21	12:03:04	33.8	17.1	11.6	6527.9
1/3/21	12:03:06	366	146.4	101.5	6527.9
1/3/21	12:03:08	2637.2	1008.7	647.8	6527.9
1/3/21	12:03:10	5221	1301.4	770.5	6527.9
1/3/21	12:03:12	5365.7	985.7	579.5	6527.9
1/3/21	12:03:14	4580.4	1571.6	959.6	6527.9
1/3/21	12:03:16	5018.5	1387.2	831.2	6527.9
1/3/21	12:03:18	5578.9	1319.1	776	6527.9
1/3/21	12:03:20	5535.3	912.8	533.5	6527.9
1/3/21	12:03:22	5294.3	617	350.7	6527.9
1/3/21	12:03:24	4473.6	352	198.5	6527.9
1/3/21	12:03:26	4987.5	467.8	258.7	6527.9
1/3/21	12:03:28	5555.2	903.3	512.7	6527.9
1/3/21	12:03:30	4969.8	566.9	320	6527.9
1/3/21	12:03:32	4995.8	561.2	319.7	6527.9
1/3/21	12:03:34	2988.3	1231.6	771.6	6527.9
1/3/21	12:03:36	774.3	374.2	242.6	6527.9
1/3/21	12:03:38	462.5	221.4	142.5	6527.9
1/3/21	12:03:40	327.6	161.8	102.6	6527.9
1/3/21	12:03:42	354.3	166.1	106.7	6527.9
1/3/21	12:03:44	3510.6	828.5	497	6527.9
1/3/21	12:03:46	5238.4	934.2	534.9	6527.9
1/3/21	12:03:48	4645.7	373	206	6527.9
1/3/21	12:03:50	4979.1	512.9	291	6527.9
1/3/21	12:03:52	4957.5	558	308.1	6527.9
1/3/21	12:03:54	5869.7	1261.8	720.7	6527.9
1/3/21	12:03:56	5587.8	1256.2	736.6	6527.9
1/3/21	12:03:58	5067.5	844.7	492.4	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:04:00	5256.9	1054.5	616.7	6527.9
1/3/21	12:04:02	3673.8	1456.8	905.2	6527.9
1/3/21	12:04:04	4589.7	1630.8	999.1	6527.9
1/3/21	12:04:06	4758.9	1632.6	996.2	6527.9
1/3/21	12:04:08	5159.4	1350.3	801.4	6527.9
1/3/21	12:04:10	4712.2	1404.1	855.6	6527.9
1/3/21	12:04:12	3213.3	1288.6	813.5	6527.9
1/3/21	12:04:14	1378.4	613.7	399	6527.9
1/3/21	12:04:16	1258	561.5	368.8	6527.9
1/3/21	12:04:18	1004.3	466.2	306.1	6527.9
1/3/21	12:04:20	2244.7	970.5	623	6527.9
1/3/21	12:04:22	1130.1	530	341.9	6527.9
1/3/21	12:04:24	262.3	123.4	78.5	6527.9

Cuadro E 38. Lecturas del dispositivo DustMate medición 15 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:10:23	8.3	5	3.2	709.1
1/3/21	12:10:25	6.6	4.1	2.4	453.5
1/3/21	12:10:27	11.4	5.9	3.8	1315.6
1/3/21	12:10:29	15.1	8.3	5.8	2019.7
1/3/21	12:10:31	17.9	11.1	7.2	1619.6
1/3/21	12:10:33	14.8	9.6	6.4	1613.9
1/3/21	12:10:35	18.2	9.9	6.5	1974.5
1/3/21	12:10:37	205.6	87.1	58.7	6527.9
1/3/21	12:10:39	1988.4	842.1	539.4	6527.9
1/3/21	12:10:41	3330.9	1321.2	830.7	6527.9
1/3/21	12:10:43	2772.2	1202.3	764.7	6527.9
1/3/21	12:10:45	2584.1	1087.9	697.5	6527.9
1/3/21	12:10:47	2847.6	1197.8	753.5	6527.9
1/3/21	12:10:49	4013.1	1042.3	642.3	6527.9
1/3/21	12:10:51	5728.2	1027.8	581.3	6527.9
1/3/21	12:10:53	4751.5	394.7	223.3	6527.9
1/3/21	12:10:55	4104.8	302.9	168.2	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:10:57	4645.4	362.1	198.3	6527.9
1/3/21	12:10:59	5012.7	531.3	296.1	6527.9
1/3/21	12:11:01	4829.5	396	217.1	6527.9
1/3/21	12:11:03	4365.9	339.3	186.7	6527.9
1/3/21	12:11:05	5231.5	712.5	404.6	6527.9
1/3/21	12:11:07	3787.3	1337.7	812.7	6527.9
1/3/21	12:11:09	923.8	469.2	305.6	6527.9
1/3/21	12:11:11	1006.3	488.7	316.3	6527.9
1/3/21	12:11:13	2768.6	1279.9	801.1	6527.9
1/3/21	12:11:15	1525.6	754.3	485.6	6527.9
1/3/21	12:11:17	4146.3	713.3	430.3	6527.9
1/3/21	12:11:19	4588.3	337.6	185.1	6527.9
1/3/21	12:11:21	4824.6	424.5	239.8	6527.9
1/3/21	12:11:23	5402.9	690.5	388.7	6527.9
1/3/21	12:11:25	5328.4	696.1	394.8	6527.9
1/3/21	12:11:27	4762.3	423.5	233.9	6527.9
1/3/21	12:11:29	4414.3	345.8	190.8	6527.9
1/3/21	12:11:31	5246	689.4	389.6	6527.9
1/3/21	12:11:33	4966.1	556.8	313.1	6527.9
1/3/21	12:11:35	4224.1	287.8	156.7	6527.9
1/3/21	12:11:37	4641.3	409.9	229.5	6527.9
1/3/21	12:11:39	5047.5	622.3	351.9	6527.9
1/3/21	12:11:41	5053.1	729	420.7	6527.9
1/3/21	12:11:43	3416.5	1170.6	733.5	6527.9
1/3/21	12:11:45	1869.3	797.7	519	6527.9
1/3/21	12:11:47	666.1	299.4	196.2	6527.9
1/3/21	12:11:49	1195.1	534	351	6527.9
1/3/21	12:11:51	375.4	172.5	113.3	6527.9
1/3/21	12:11:53	370.8	172.1	96.7	6527.9
1/3/21	12:11:55	203	95.7	62.1	6527.9

Cuadro E 39. Lecturas del dispositivo DustMate medición 16 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:14:20	50.6	21.8	14.6	6527.9
1/3/21	12:14:22	58.1	25.6	17.5	6527.9
1/3/21	12:14:24	40	17.1	11.3	6527.9
1/3/21	12:14:26	25.8	11.5	8.3	6527.9
1/3/21	12:14:28	29.2	14	9.5	6527.9
1/3/21	12:14:30	14.6	7.6	5.2	4138.3
1/3/21	12:14:32	57.7	27.7	19	6527.9
1/3/21	12:14:34	616.9	262	175.8	6527.9
1/3/21	12:14:36	3959.1	1246.7	777.6	6527.9
1/3/21	12:14:38	5087.6	1306.5	783.7	6527.9
1/3/21	12:14:40	5440.5	955.6	546	6527.9
1/3/21	12:14:42	5307.6	861	492.2	6527.9
1/3/21	12:14:44	5326.1	835.6	482	6527.9
1/3/21	12:14:46	5282.2	889	511.6	6527.9
1/3/21	12:14:48	5449.4	1421	834.5	6527.9
1/3/21	12:14:50	4868	420.7	230.3	6527.9
1/3/21	12:14:52	4382.6	300.3	165.6	6527.9
1/3/21	12:14:54	4358.6	295.9	163.8	6527.9
1/3/21	12:14:56	4715.7	397.4	216.9	6527.9
1/3/21	12:14:58	4801.6	424.2	232	6527.9
1/3/21	12:15:00	4938.2	467.8	259.2	6527.9
1/3/21	12:15:02	3252	1150.1	704.3	6527.9
1/3/21	12:15:04	845.9	420.3	267.4	6527.9
1/3/21	12:15:06	739.8	367.1	239.5	6527.9
1/3/21	12:15:08	620.3	312.8	201.1	6527.9
1/3/21	12:15:10	781.3	389.9	248.4	6527.9
1/3/21	12:15:12	2915.6	1147.4	707.6	6527.9
1/3/21	12:15:14	5238.8	705.3	398.4	6527.9
1/3/21	12:15:16	5516.3	1552	902.8	6527.9
1/3/21	12:15:18	5479.8	953.7	540.9	6527.9
1/3/21	12:15:20	4719.7	381.4	213.2	6527.9
1/3/21	12:15:22	5475.1	854.8	487.5	6527.9
1/3/21	12:15:24	4715	440.8	246.9	6527.9
1/3/21	12:15:26	5623.2	1407	819	6527.9
1/3/21	12:15:28	5022.4	1533.7	908.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:15:30	2882.3	1283.3	810.5	6527.9
1/3/21	12:15:32	1717.8	799.6	516.3	6527.9
1/3/21	12:15:34	3897.8	1231.4	747.8	6527.9
1/3/21	12:15:36	5434.2	902.4	512.3	6527.9
1/3/21	12:15:38	4909	1358.2	811.6	6527.9
1/3/21	12:15:40	3087	1168.8	732.4	6527.9
1/3/21	12:15:42	1281.6	577.6	378.1	6527.9
1/3/21	12:15:44	504.3	232.4	152.2	6527.9
1/3/21	12:15:46	524.4	245.7	164.2	6527.9
1/3/21	12:15:48	798.5	372.9	244	6527.9
1/3/21	12:15:50	796.6	376.7	243.7	6527.9
1/3/21	12:15:52	454.5	219.7	140.3	6527.9

Cuadro E 40. Lecturas del dispositivo DustMate medición 17 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:19:15	6	3.3	2.2	3270.5
1/3/21	12:19:17	3.1	2.3	1.5	80.2
1/3/21	12:19:19	4.2	3.6	2	58
1/3/21	12:19:21	3.5	2.7	1.9	63.4
1/3/21	12:19:23	3.5	3	1.8	65.6
1/3/21	12:19:25	3.1	2	1.2	33.6
1/3/21	12:19:27	2.9	2.4	1.6	11.7
1/3/21	12:19:29	17.2	9.3	6.1	3347.3
1/3/21	12:19:31	1255.7	533.2	349.1	6527.9
1/3/21	12:19:33	3815.3	1311.5	806.2	6527.9
1/3/21	12:19:35	5213	1227.8	723.2	6527.9
1/3/21	12:19:37	3434	1390.5	873	6527.9
1/3/21	12:19:39	3040.9	1348.9	845	6527.9
1/3/21	12:19:41	4560.6	1625.1	993.5	6527.9
1/3/21	12:19:43	4629.4	370	205.5	6527.9
1/3/21	12:19:45	4723.3	351.3	194.1	6527.9
1/3/21	12:19:47	4345.3	289.7	158.4	6527.9
1/3/21	12:19:49	4395	305.8	165.3	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:19:51	5065.7	541.4	304	6527.9
1/3/21	12:19:53	4839.2	494.3	273.5	6527.9
1/3/21	12:19:55	4316.2	383.3	212.9	6527.9
1/3/21	12:19:57	5401.2	739.9	419.8	6527.9
1/3/21	12:19:59	3572.8	1402.6	863.8	6527.9
1/3/21	12:20:01	1212.3	615	394.2	6527.9
1/3/21	12:20:03	500.5	254.2	163.3	6527.9
1/3/21	12:20:05	1322.4	659.5	425.2	6527.9
1/3/21	12:20:07	1345.3	514.7	324.6	6527.9
1/3/21	12:20:09	4067.4	681.8	409.6	6527.9
1/3/21	12:20:11	4766.5	435.8	244.6	6527.9
1/3/21	12:20:13	4844.2	466.5	258.4	6527.9
1/3/21	12:20:15	4631	353.1	192.8	6527.9
1/3/21	12:20:17	4227.9	344	189.4	6527.9
1/3/21	12:20:19	4586.3	402.7	225.2	6527.9
1/3/21	12:20:21	4817.9	448.5	246	6527.9
1/3/21	12:20:23	5575	852.4	483.1	6527.9
1/3/21	12:20:25	4962.5	553.8	308.2	6527.9
1/3/21	12:20:27	5096.2	615.3	345.3	6527.9
1/3/21	12:20:29	4472.9	398.3	220.2	6527.9
1/3/21	12:20:31	5006.6	646.8	365	6527.9
1/3/21	12:20:33	5331.8	1041.3	604	6527.9
1/3/21	12:20:35	4211.9	1321.4	813.6	6527.9
1/3/21	12:20:37	966.2	437.3	285.6	6527.9
1/3/21	12:20:39	357.2	162.9	110.8	6527.9
1/3/21	12:20:41	121.3	53.8	36.6	6527.9
1/3/21	12:20:43	40.2	18.7	12.9	6527.9
1/3/21	12:20:45	118.8	54.9	36.6	6527.9
1/3/21	12:20:47	74	32.7	21.2	6527.9

Cuadro E 41. Lecturas del dispositivo DustMate medición 18 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:22:28	11.4	6.6	4.2	921.4
1/3/21	12:22:30	12.3	6.8	4.4	1120.3
1/3/21	12:22:32	11.6	6.8	4.5	1267.2
1/3/21	12:22:34	13.1	8.2	5.3	988.7
1/3/21	12:22:36	13.1	7.6	4.9	1396
1/3/21	12:22:38	11.7	6.6	4.3	1021.3
1/3/21	12:22:40	14.7	9.8	6.2	1776.2
1/3/21	12:22:42	509.9	225.9	148.6	6527.9
1/3/21	12:22:44	2068.1	853.4	545.6	6527.9
1/3/21	12:22:46	5417.8	1291.5	757.3	6527.9
1/3/21	12:22:48	5439.5	1211.3	704.8	6527.9
1/3/21	12:22:50	5248	669.4	374.9	6527.9
1/3/21	12:22:52	4997.2	543.7	301.3	6527.9
1/3/21	12:22:54	5110.3	576.9	322.2	6527.9
1/3/21	12:22:56	5207.3	621.6	345.9	6527.9
1/3/21	12:22:58	4697.7	451.3	248.6	6527.9
1/3/21	12:23:00	3933.6	356.2	197.1	6527.9
1/3/21	12:23:02	4423.2	341.9	187.8	6527.9
1/3/21	12:23:04	4992.8	458.3	253.2	6527.9
1/3/21	12:23:06	5187	538	295	6527.9
1/3/21	12:23:08	5549	862.8	485.1	6527.9
1/3/21	12:23:10	2735.8	1218.3	758.8	6527.9
1/3/21	12:23:12	995.1	505.7	326.2	6527.9
1/3/21	12:23:14	469	238.5	151.4	6527.9
1/3/21	12:23:16	311.4	156.4	100.6	6527.9
1/3/21	12:23:18	703.5	348.3	226.6	6527.9
1/3/21	12:23:20	3777.7	886	529.3	6527.9
1/3/21	12:23:22	4454.6	345.7	189.6	6527.9
1/3/21	12:23:24	5158.4	583	324.3	6527.9
1/3/21	12:23:26	4720.7	413.6	231.1	6527.9
1/3/21	12:23:28	5107.7	566	318	6527.9
1/3/21	12:23:30	4941.4	446.4	245.9	6527.9
1/3/21	12:23:32	5360.2	649.1	360.6	6527.9
1/3/21	12:23:34	4835.4	508.4	287	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:23:36	4987.7	672.1	380.6	6527.9
1/3/21	12:23:38	4823	1727.3	1034	6527.9
1/3/21	12:23:40	3419.6	1418.8	878.3	6527.9
1/3/21	12:23:42	4090	1353.2	828.4	6527.9
1/3/21	12:23:44	4456.9	316.7	174.3	6527.9
1/3/21	12:23:46	5164	937.1	535.6	6527.9
1/3/21	12:23:48	4978.3	1441.2	857.9	6527.9
1/3/21	12:23:50	5252.7	1316.6	770.5	6527.9
1/3/21	12:23:52	4695	1587.7	959.8	6527.9
1/3/21	12:23:54	4662.6	1541	929.1	6527.9
1/3/21	12:23:56	4725.1	1565.1	944.3	6527.9
1/3/21	12:23:58	3743.8	1508.8	935.7	6527.9
1/3/21	12:24:00	3314.8	1392	874.4	6527.9
1/3/21	12:24:02	1449.2	663.9	393.7	6527.9
1/3/21	12:24:04	2023.3	882.6	556.2	6527.9

Cuadro E 42. Lecturas del dispositivo DustMate medición 19 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:27:49	11.1	5.8	3.7	1078.6
1/3/21	12:27:51	10.3	5.8	3.6	884.2
1/3/21	12:27:53	7.4	4.9	3.3	1014.2
1/3/21	12:27:55	7.5	4.7	2.9	509.1
1/3/21	12:27:57	6.5	4	2.5	288.1
1/3/21	12:27:59	8	4.9	3.2	495.8
1/3/21	12:28:01	9.9	6.2	4.1	1171.6
1/3/21	12:28:03	854	377	243.6	6527.9
1/3/21	12:28:05	2874.5	1146.4	716.5	6527.9
1/3/21	12:28:07	5013.6	1411.7	839.6	6527.9
1/3/21	12:28:09	2561.7	1112.7	713.5	6527.9
1/3/21	12:28:11	2536.3	1136	723.2	6527.9
1/3/21	12:28:13	2508.9	1124.9	708.4	6527.9
1/3/21	12:28:15	4572.9	966.5	577.2	6527.9
1/3/21	12:28:17	5000.1	561.2	312.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:28:19	4378.3	298.3	160.4	6527.9
1/3/21	12:28:21	4207.1	285.6	157.9	6527.9
1/3/21	12:28:23	4400.4	340.2	187.4	6527.9
1/3/21	12:28:25	4688.1	388.9	216.2	6527.9
1/3/21	12:28:27	4508.3	338.6	185.8	6527.9
1/3/21	12:28:29	5045.1	503.9	277.2	6527.9
1/3/21	12:28:31	5326.9	863.8	490.6	6527.9
1/3/21	12:28:33	2413.9	1058	664.3	6527.9
1/3/21	12:28:35	654.6	340.9	223.2	6527.9
1/3/21	12:28:37	1043.4	538.8	349.1	6527.9
1/3/21	12:28:39	1061.3	553.3	354.8	6527.9
1/3/21	12:28:41	1731.2	663.2	408.1	6527.9
1/3/21	12:28:43	5079.1	598.9	337.5	6527.9
1/3/21	12:28:45	4794.5	434.2	238	6527.9
1/3/21	12:28:47	4980	542.3	306.3	6527.9
1/3/21	12:28:49	4670.5	443.8	251.7	6527.9
1/3/21	12:28:51	5348.7	708.1	395.2	6527.9
1/3/21	12:28:53	4964	506.5	282.1	6527.9
1/3/21	12:28:55	4914.1	478.4	266.5	6527.9
1/3/21	12:28:57	5248.9	687.9	385.4	6527.9
1/3/21	12:28:59	5491.1	1022.8	589.1	6527.9
1/3/21	12:29:01	5356.2	790.9	444.4	6527.9
1/3/21	12:29:03	5323.8	745.9	421.4	6527.9
1/3/21	12:29:05	5272.7	851.4	487.5	6527.9
1/3/21	12:29:07	5002.3	910	517.7	6527.9
1/3/21	12:29:09	2310.4	955.7	616.5	6527.9
1/3/21	12:29:11	1175.1	525.4	346.6	6527.9
1/3/21	12:29:13	1485.6	667.5	439.2	6527.9
1/3/21	12:29:15	1599.5	721.2	472.3	6527.9
1/3/21	12:29:17	492.6	229.1	149.3	6527.9
1/3/21	12:29:19	115.1	53.2	34.5	6527.9
1/3/21	12:29:21	568.8	277.2	177.3	6527.9

Cuadro E 43. Lecturas del dispositivo DustMate medición 20 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:32:57	4.4	3	2.1	348.1
1/3/21	12:32:59	4.4	3.1	1.8	94.9
1/3/21	12:33:01	4.2	3.2	2	189.3
1/3/21	12:33:03	4.4	3.5	2.2	177.4
1/3/21	12:33:05	4.8	3.6	2.3	275.4
1/3/21	12:33:07	3.5	2.6	1.7	117.2
1/3/21	12:33:09	3.9	2.9	1.9	57.9
1/3/21	12:33:11	311.7	139.3	93	6527.9
1/3/21	12:33:13	3306.2	1180.1	732.2	6527.9
1/3/21	12:33:15	5087.2	1427.6	845.3	6527.9
1/3/21	12:33:17	5362.7	997.3	571.2	6527.9
1/3/21	12:33:19	5545.3	1065.1	615.4	6527.9
1/3/21	12:33:21	5097.5	1319.5	778.6	6527.9
1/3/21	12:33:23	5357.5	1016.6	581	6527.9
1/3/21	12:33:25	5509.5	848.4	477.1	6527.9
1/3/21	12:33:27	4885.2	558.1	311.8	6527.9
1/3/21	12:33:29	3941.5	342.3	189.7	6527.9
1/3/21	12:33:31	4090.1	353.8	196.3	6527.9
1/3/21	12:33:33	4360.3	311.6	167.9	6527.9
1/3/21	12:33:35	4713.9	420	231.8	6527.9
1/3/21	12:33:37	4638.5	365.2	197	6527.9
1/3/21	12:33:39	4618.4	1089.6	653.8	6527.9
1/3/21	12:33:41	1200.8	608.8	390.1	6527.9
1/3/21	12:33:43	532.7	269.5	175.5	6527.9
1/3/21	12:33:45	240.7	119.3	77.2	6527.9
1/3/21	12:33:47	250.1	124.1	80.6	6527.9
1/3/21	12:33:49	722.2	355.8	231.6	6527.9
1/3/21	12:33:51	4421.2	1565.6	944.5	6527.9
1/3/21	12:33:53	4913.5	866.1	498.6	6527.9
1/3/21	12:33:55	4757	394.3	214.3	6527.9
1/3/21	12:33:57	4750.7	381.4	215.8	6527.9
1/3/21	12:33:59	4692.9	391.4	216.2	6527.9
1/3/21	12:34:01	5007.6	442.9	246.7	6527.9
1/3/21	12:34:03	5222	612	340.8	6527.9
1/3/21	12:34:05	5235.7	603.3	335.2	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:34:07	5039.1	1393.5	825.8	6527.9
1/3/21	12:34:09	3776.8	1563.1	962.8	6527.9
1/3/21	12:34:11	3443.9	1406.6	875.3	6527.9
1/3/21	12:34:13	4894.7	1122.5	659.2	6527.9
1/3/21	12:34:15	4318.3	353.7	192.2	6527.9
1/3/21	12:34:17	4954.5	816.7	466	6527.9
1/3/21	12:34:19	3994.1	1510.1	929.7	6527.9
1/3/21	12:34:21	2331.9	1045.1	669	6527.9
1/3/21	12:34:23	1746.9	801.9	518.2	6527.9
1/3/21	12:34:25	1119.3	523.1	344.9	6527.9
1/3/21	12:34:27	1399.6	687.1	442.2	6527.9
1/3/21	12:34:29	527.7	251.7	161.8	6527.9

Cuadro E 44. Lecturas del dispositivo DustMate medición 21 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:39:53	4.7	4	2.5	105.9
1/3/21	12:39:55	5	4	2.6	75.9
1/3/21	12:39:57	6	5	3.3	139
1/3/21	12:39:59	10.1	6.9	4.7	989.9
1/3/21	12:40:01	8	6.4	4.3	852.3
1/3/21	12:40:03	16.4	9.6	6.2	3565.3
1/3/21	12:40:05	10.8	6.6	4.2	661.3
1/3/21	12:40:07	8.2	6.5	4.4	133.8
1/3/21	12:40:09	7.7	5.7	3.8	283.9
1/3/21	12:40:11	15.7	8.9	6.2	4347.7
1/3/21	12:40:13	1458.5	655.9	419.6	6527.9
1/3/21	12:40:15	4791.9	1366.2	813.1	6527.9
1/3/21	12:40:17	4824.2	1293.8	772.4	6527.9
1/3/21	12:40:19	3588.6	1469	915.6	6527.9
1/3/21	12:40:21	4575.4	1632.2	983.3	6527.9
1/3/21	12:40:23	3840.6	1562.4	969.1	6527.9
1/3/21	12:40:25	4828.9	886.5	511.5	6527.9
1/3/21	12:40:27	4707.9	384.5	214.6	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:40:29	4270.3	301.9	164.8	6527.9
1/3/21	12:40:31	4584.1	352.6	198.3	6527.9
1/3/21	12:40:33	5327.9	644.8	364.7	6527.9
1/3/21	12:40:35	5155	619.8	350.6	6527.9
1/3/21	12:40:37	4383.8	428.8	240.8	6527.9
1/3/21	12:40:39	5340.6	601	332.4	6527.9
1/3/21	12:40:41	5217.8	963.4	552.4	6527.9
1/3/21	12:40:43	2749.2	1173.7	727.6	6527.9
1/3/21	12:40:45	653.2	344.3	225.4	6527.9
1/3/21	12:40:47	828.4	427.7	278	6527.9
1/3/21	12:40:49	1158.2	582.4	378.7	6527.9
1/3/21	12:40:51	1453.7	657.4	414.1	6527.9
1/3/21	12:40:53	5055.5	577.1	325	6527.9
1/3/21	12:40:55	4837.2	413.4	228.2	6527.9
1/3/21	12:40:57	4599.8	365.5	200	6527.9
1/3/21	12:40:59	4446.3	308	169	6527.9
1/3/21	12:41:01	4677	385.9	210.9	6527.9
1/3/21	12:41:03	4041.8	326.1	182	6527.9
1/3/21	12:41:05	4561.3	357.3	195	6527.9
1/3/21	12:41:07	5683.7	1083.5	616.7	6527.9
1/3/21	12:41:09	5126.3	672.5	375.1	6527.9
1/3/21	12:41:11	5417.6	925.6	528.8	6527.9
1/3/21	12:41:13	5014.8	621.6	348.7	6527.9
1/3/21	12:41:15	5392.6	1133.9	647.9	6527.9
1/3/21	12:41:17	5068.3	1283.1	756.3	6527.9
1/3/21	12:41:19	3919.6	1408.6	870.7	6527.9
1/3/21	12:41:21	1608.6	734.7	478.2	6527.9
1/3/21	12:41:23	1282.6	605.8	398.7	6527.9
1/3/21	12:41:25	935.6	436.9	292.9	6527.9
1/3/21	12:41:27	664.3	307	207.2	6527.9
1/3/21	12:41:29	884.6	405.7	268.7	6527.9
1/3/21	12:41:31	8.5	4.2	2.8	4252.4

Cuadro E 45. Lecturas del dispositivo DustMate medición 22 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:45:54	5.2	3.8	2.6	213.6
1/3/21	12:45:56	5.6	4.2	2.6	294.8
1/3/21	12:45:58	15.9	8.4	5.8	6527.9
1/3/21	12:46:00	10	5.9	3.8	3524.8
1/3/21	12:46:02	11.9	6.5	4.3	2170.3
1/3/21	12:46:04	5.8	4	2.7	660.4
1/3/21	12:46:06	37.9	17.8	12.4	3633.7
1/3/21	12:46:08	1835	769.4	486.3	6527.9
1/3/21	12:46:10	1800.3	789.8	511.9	6527.9
1/3/21	12:46:12	5436.3	1061	613.2	6527.9
1/3/21	12:46:14	5078.9	1318.5	782.4	6527.9
1/3/21	12:46:16	5239	681.8	392.3	6527.9
1/3/21	12:46:18	4953.3	529.1	295.3	6527.9
1/3/21	12:46:20	5174	606.3	338.6	6527.9
1/3/21	12:46:22	4960.2	457.8	251.9	6527.9
1/3/21	12:46:24	4359.9	317.8	170.8	6527.9
1/3/21	12:46:26	5566.4	767.8	423.7	6527.9
1/3/21	12:46:28	5365.1	675.2	374.5	6527.9
1/3/21	12:46:30	5022.8	471.9	259.1	6527.9
1/3/21	12:46:32	5236.4	691.3	386.6	6527.9
1/3/21	12:46:34	5560.3	1027.9	586.7	6527.9
1/3/21	12:46:36	2197.5	1027.6	652.3	6527.9
1/3/21	12:46:38	734	382.1	250.6	6527.9
1/3/21	12:46:40	551.7	288.1	188.5	6527.9
1/3/21	12:46:42	441.7	234.5	153.9	6527.9
1/3/21	12:46:44	921.7	452.3	290	6527.9
1/3/21	12:46:46	5146.8	1492.7	882.8	6527.9
1/3/21	12:46:48	5131.3	699.8	393.5	6527.9
1/3/21	12:46:50	4648.8	382.6	211.8	6527.9
1/3/21	12:46:52	5538.1	1025	582.4	6527.9
1/3/21	12:46:54	5846.3	1078.8	607.6	6527.9
1/3/21	12:46:56	5557.4	839.9	468.4	6527.9
1/3/21	12:46:58	5721.7	988.8	557.4	6527.9
1/3/21	12:47:00	5609.5	1020.7	574.1	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:47:02	4364	1034.7	619.4	6527.9
1/3/21	12:47:04	3519.6	1584.6	975.8	6527.9
1/3/21	12:47:06	4826.3	1655.7	986	6527.9
1/3/21	12:47:08	4867.3	989.5	573	6527.9
1/3/21	12:47:10	3105.9	380.4	215.9	6527.9
1/3/21	12:47:12	4536	404.9	226.8	6527.9
1/3/21	12:47:14	4376	1243.5	753.1	6527.9
1/3/21	12:47:16	2918.8	1275.3	803.7	6527.9
1/3/21	12:47:18	1599.6	769.1	500.1	6527.9
1/3/21	12:47:20	844.9	409.6	271.4	6527.9
1/3/21	12:47:22	1120.6	558.4	362.4	6527.9
1/3/21	12:47:24	265.7	134.3	87.8	6527.9

Cuadro E 46. Lecturas del dispositivo DustMate medición 23 RN 901

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:50:01	5.4	3.8	2.5	1021.9
1/3/21	12:50:03	11.1	5.6	3.8	3501.5
1/3/21	12:50:05	5.7	3	2.3	1064.2
1/3/21	12:50:07	6.6	4.6	2.8	584.6
1/3/21	12:50:09	6.1	3.2	2.3	1259.4
1/3/21	12:50:11	4.2	2.9	2	401
1/3/21	12:50:13	4.2	2.8	1.7	48.8
1/3/21	12:50:15	4.7	3.7	2.3	160
1/3/21	12:50:17	80.6	38.6	27.2	3409.8
1/3/21	12:50:19	2906.3	1056.6	661.1	6527.9
1/3/21	12:50:21	5328.4	1064.8	611.6	6527.9
1/3/21	12:50:23	4471.4	1546	931	6527.9
1/3/21	12:50:25	3550	1454.2	906.5	6527.9
1/3/21	12:50:27	3124.7	1381.4	869.9	6527.9
1/3/21	12:50:29	3304.1	1332.2	811.6	6527.9
1/3/21	12:50:31	5659.7	1120.9	637.2	6527.9
1/3/21	12:50:33	5366.2	812.5	462.2	6527.9
1/3/21	12:50:35	4664.2	389.2	215.5	6527.9

Fecha	Hora	Partículas PM10 por cm ³	Partículas PM2.5 por cm ³	Partículas PM1 por cm ³	Partículas Totales (µg/m ³)
1/3/21	12:50:37	4716	415.8	229.9	6527.9
1/3/21	12:50:39	4775.1	412	225.6	6527.9
1/3/21	12:50:41	4637.2	367.1	200.8	6527.9
1/3/21	12:50:43	4262.4	283.9	153.8	6527.9
1/3/21	12:50:45	5079.8	632.6	357.7	6527.9
1/3/21	12:50:47	4244.1	1510.1	916.5	6527.9
1/3/21	12:50:49	1148.8	602.9	391.6	6527.9
1/3/21	12:50:51	623	326.5	216.7	6527.9
1/3/21	12:50:53	812.5	418.7	274.4	6527.9
1/3/21	12:50:55	1037.8	530.5	344.1	6527.9
1/3/21	12:50:57	4260.6	915.5	542.7	6527.9
1/3/21	12:50:59	5476.2	732.9	409.9	6527.9
1/3/21	12:51:01	5079.5	554.5	310.1	6527.9
1/3/21	12:51:03	5408.5	815.4	454.1	6527.9
1/3/21	12:51:05	4923	524	288.8	6527.9
1/3/21	12:51:07	4491.6	332.7	181.5	6527.9
1/3/21	12:51:09	4927.7	472.8	259.5	6527.9
1/3/21	12:51:11	5468.9	928.4	525.2	6527.9
1/3/21	12:51:13	5476.3	929.8	528.6	6527.9
1/3/21	12:51:15	5295.5	794.6	445.1	6527.9
1/3/21	12:51:17	4998.3	532	300	6527.9
1/3/21	12:51:19	5197	711.1	397.5	6527.9
1/3/21	12:51:21	5296.2	938.3	533.5	6527.9
1/3/21	12:51:23	4927.9	1314	779.9	6527.9
1/3/21	12:51:25	2435.3	1059.6	678.6	6527.9
1/3/21	12:51:27	2135.6	970.9	627.8	6527.9
1/3/21	12:51:29	2254.4	976.4	620.9	6527.9
1/3/21	12:51:31	1373.8	650.2	428.9	6527.9
1/3/21	12:51:33	1403	666.8	437.9	6527.9
1/3/21	12:51:35	404.6	182.6	81.1	6527.9

Apéndice F. Datos técnicos de los productos colocados en la investigación

Cuadro F 1. Datos técnicos del producto A.

Parámetro	Medición
Estado físico	Líquido
Isoalcano sintético severamente hidrotratado, de alta viscosidad (% PT)	> 10 %
Poliiolefina (% PT)	< 60 %
Solubilidad en agua	Insoluble
Viscosidad (mm ² /s)	25 a 345 a 295,15 K
Punto de inflamabilidad	> 443,15 K
Punto inicial de ebullición	> 589,15 K
Valor del pH	N/A
Temperatura de ignición espontánea	624,15 K

Cuadro F 2. Datos técnicos del producto B.

Parámetro	Medición
Estado físico	Líquido
Cloruro de Calcio (CaCl ₂) %m/v	35 % a 45 %
Ingredientes Inertes % v/v	65 % a 55 %
Valor del pH	8,5 a 10
Densidad relativa	1,25 a 1,27
Rendimiento de aplicación (L/m ²)	3,785