

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	
		Página 1 de 21	



IDEAM

INSTITUTO DE HIDROLOGIA,
METEOROLOGIA Y
ESTUDIOS AMBIENTALES

REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA

ESTADÍSTICAS DE MONITOREO Y SEGUIMIENTO DE LA CALIDAD DEL AIRE - EMSCA

Diciembre de 2015

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 2 de 21

CONTENIDO

1	INTRODUCCIÓN.....	5
2	ALCANCE.....	5
3	MARCO TEÓRICO	6
3.1	CONCEPTOS BÁSICOS	6
3.2	Reseña del sisaire.....	6
3.3	REGLAS DE VALIDACIÓN y consistencia	7
3.3.1	Concepto de validación y consistencia	7
3.3.2	Alcance de las reglas de validación y consistencia	7
3.3.3	Reglas de validación.....	8
3.3.3.1	Prueba del total de datos	8
3.3.3.2	Datos atípicos	8
3.3.3.3	Validación manual diaria	10
3.3.3.4	Datos fuera de intervalo.....	11
3.3.3.5	Valores negativos.....	11
3.3.3.6	Picos o aumentos repentinos	11
3.3.3.7	Características del sitio de vigilancia.....	12
3.3.3.8	Época del año y hora del día.....	13
3.3.3.9	Eventos especiales	15
3.3.3.10	Intervalo de detección del instrumento.....	15
3.3.4	Reglas de consistencia	16
3.3.4.1	Pruebas con concentraciones de otros contaminantes.....	16
3.3.4.2	Efectos de la meteorología.....	18
4	BIBLIOGRAFÍA	20

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 3 de 21

LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Concentraciones alimentadas a SISAIRE de una estación de monitoreo para el mes de mayo de 2009	9
Tabla 2 Muestra de formato condicional para concentraciones de NO ₂ , estación Las Ferias	14

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 4 de 21

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Concentración diaria de PM ₁₀ para el año 2012 en la estación Ladrillera Santafé de Soacha	8
Figura 2 Ejemplo de validación manual diaria.....	11
Figura 3 Concentración diaria de PM ₁₀ para la estación Guaymaral – Bogotá	12
Figura 4 Concentración diaria de PM ₁₀ para varias estaciones de Bogotá (01/ene/2015-09/ene/2015)	13
Figura 5 Concentración diaria de NO ₂ para varias estaciones de Bogotá (01/ene/2015-09/ene/2015).....	13
Figura 6 Concentración horaria de NO ₂ para el 21 de julio de 2015, estación Las Ferias.....	15
Figura 7 Concentración horaria de O ₃ para el 2 de enero de 2015, estación Guaymaral.....	16
Figura 8 Concentración horaria de PM ₁₀ y PM _{2,5} para la estación Las Ferias el 7/dic/2015	17
Figura 9 Concentración horaria de NO _x y NO ₂ y NO para la estación Las Ferias el 15/feb/2015.....	17
Figura 10 Concentración horaria de NO _x y O ₃ , estación Secretaría de Medio Ambiente de la AMVA 11/dic/2014.....	18
Figura 11 Concentración horaria de Ozono contra radiación solar, estación Guaymaral. 01/ene/2015 - 09/dic/2015.....	19
Figura 12 Diagrama polar de las concentraciones de PM ₁₀ , estación Guaymaral. 01/ene/2015 - 09/dic/2015	20

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 5 de 21

1 INTRODUCCIÓN

El IDEAM cuenta entre sus funciones, con la de entregar la información ambiental disponible a las entidades pertenecientes al Sistema Nacional Ambiental – SINA (MAVDT, 1994), labor que realiza a través del Sistema de Información Ambiental de Colombia – SIAC.

En lo que concierne a la contaminación atmosférica, esta entrega de información se realiza mediante uno de los componentes del SIAC, el Subsistema de Información sobre la calidad del Aire – SISAIRE (SISAIRE, 2015).

Por tratarse de registros administrativos oficiales utilizados para diseño, formulación, seguimiento y evaluación de planes, programas y políticas públicas, los datos administrados por el SISAIRE hacen parte del Sistema Estadístico Nacional – SEN, que se encuentra bajo la coordinación del Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas – DANE.

Esta entidad, ha promovido la adopción de las buenas prácticas para las estadísticas oficiales definidas por organismos como la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico - OCDE y la Oficina Estadística de la Comunidad Europea - EUROSTAT (DANE, 2014).

Con el fin de certificar el cumplimiento de estas buenas prácticas en la operación estadística “Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA”, se lleva a cabo un proceso de certificación que en su etapa de evaluación produjo entre sus hallazgos la ausencia de un documento con especificaciones de consistencia y validación y en consecuencia, entre sus acciones de mejoramiento la necesidad de elaborar dicho documento (DANE, 2014).

El actual producto tiene el propósito de satisfacer dicha necesidad, mediante la descripción de las reglas de consistencia y validación que se aplican actualmente para cada variable involucrada en el SISAIRE, utilizando un lenguaje de fácil lectura e interpretación.

Este documento se entiende como una primera versión del documento final, en el entendido de que la versión definitiva debe: i) satisfacer las observaciones sugeridas por el DANE luego de la revisión de esta primera versión, ii) incorporar las oportunidades de mejora propuestas por la oficina de informática del IDEAM y iii) plasmar las modificaciones realizadas en la operación estadística luego de la primera versión.

2 ALCANCE

En el presente documento se describen las reglas de validación y consistencia que se aplican hasta la fecha en el SISAIRE, relacionadas con la información alimentada al Sistema.

 IDEAM <small>INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, METEOROLOGÍA Y ESTUDIOS AMBIENTALES</small>	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 6 de 21

3 MARCO TEÓRICO

3.1 CONCEPTOS BÁSICOS

Crítica estadística: es un proceso en el que se depura el conjunto de datos durante su recolección y procesamiento, aplicando unas reglas que permitan garantizar que dichos datos estén completos, sean correctos y consistentes (DANE, 2014). Las reglas se aplican para los siguientes tres procesos:

Proceso de validación: define los valores que en forma individual pueden asumir las variables (DANE, 2014).

Proceso de consistencia: establece las relaciones que deberían existir entre unas variables y otras (DANE, 2014).

Proceso de imputación: determina la forma como se “asigna” el valor a un dato faltante o inconsistente (DANE, 2014). En esta operación estadística del IDEAM no se realiza imputación.

Sistema de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA. Es un conjunto de equipos de medición de calidad del aire instalados sistemáticamente para verificar el cumplimiento de uno o varios de los objetivos de vigilancia de calidad del aire previstos en el Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire. (MAVDT, 2010).

Autoridad Ambiental - AA. Se refiere a las Corporaciones Autónomas Regionales y las Autoridades Ambientales de los grandes centros urbanos y a las que se refiere el artículo 13 de la Ley 768 del 2002. (Congreso, 1993).

3.2 RESEÑA DEL SISAIRE

El SISAIRE fue creado por la resolución 651 de 2010 del MAVDT, hoy MADS (MAVDT, 2010, 3). Es un sistema bajo ambiente Web administrado por el IDEAM que permite capturar, almacenar, transmitir y procesar información de Calidad del Aire generada por los SVCA, con el que se obtiene información unificada de los SVCA del país para su consulta (SISAIRE, 2015), por parte tanto del SINA para generación de políticas, planes y programas, como del público en general.

La información es alimentada al SISAIRE por parte de las Autoridades Ambientales – AA y las Personas Jurídicas que deban reportar la información de calidad de aire de sus SVCA, quienes son responsables de la validación de los datos alimentados (MAVDT, 2010).

La validación de los datos se realiza aplicando los criterios definidos por el IDEAM en el documento “Guía práctica para la validación de datos en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA existentes en Colombia – GPVD”, el cual fue elaborado con base en el capítulo 7 del Manual de Operación de Sistemas de

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 7 de 21

Vigilancia de la Calidad del Aire emitido por el MAVDT, hoy MADS (MAVDT, 2010), que hace parte del Protocolo para el Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire

La GPVD es un documento complementario del citado Protocolo y los criterios plasmados en ésta no reemplazan ni sustituyen los definidos en el Manual de Operación de SVCA (IDEAM, 2011), por tanto durante la validación también deben tenerse en cuenta las reglas de dicho manual no contenidas en la GPVD.

Si bien la validez de la información alimentada es responsabilidad de los operadores de los SVCA, el IDEAM realiza una revisión de los datos alimentados con el fin de asegurar su calidad y en caso de presentarse hallazgos los reporta a las Autoridades Ambientales para su verificación, actividades que están contempladas en el Procedimiento para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire (IDEAM, 2015). Dicha revisión se basa en los mismos criterios definidos por el Manual de Operación de SVCA y la GPVD.

3.3 REGLAS DE VALIDACIÓN Y CONSISTENCIA

3.3.1 Concepto de validación y consistencia

El Manual de Operación de SVCA define la validación de los datos como un proceso mediante el cual se confirman los datos de vigilancia, utilizando evidencia objetiva para determinar que éstos satisfacen los requerimientos específicos según su uso final (MAVDT, 2010). Con el fin de armonizar esta definición con los criterios de validación y consistencia establecidos por el DANE, descritos en el numeral 3.1, se agruparon los criterios definidos en el Manual de Operación y la GPVD, entre los que establecen valores que pueden alcanzar las variables (validación) y los que se basan en comparación entre variables (consistencia).

3.3.2 Alcance de las reglas de validación y consistencia

La revisión de la información realizada por el IDEAM difiere de la realizada por los operadores de los SVCA en el sentido de que éstos disponen de fuentes de información adicionales que permiten aplicar más criterios para determinar la validación y la consistencia de los datos.

Por ejemplo, la obtención de las muestras está acompañada de metadatos, que son las anotaciones realizadas durante la operación de la estación relacionadas con la calibración de los equipos, la verificación del cero y el span (MAVDT, 2010), así como condiciones que pueden incidir en los resultados, como son la presencia de lluvias, fallas eléctricas, comportamiento anormal de las fuentes de contaminación, etc. Esta información permite realizar una revisión de las mediciones obtenidas para realizar los procesos de validación y consistencia, y está al alcance de los operadores de los SVCA. Sin embargo, en las condiciones actuales dichos metadatos no están asequibles una vez los datos están alimentados en el SISAIRE. Por esta razón, el IDEAM interactúa permanentemente con las Autoridades Ambientales para aclarar las posibles inconsistencias encontradas.

Ello condiciona el proceso de validación que puede realizarse con la información alimentada al SISAIRE. Las reglas de validación y consistencia que en consecuencia son aplicables de acuerdo con el contenido del Manual de Operación de SVCA y de la GPVD se mencionan a continuación.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	
		Página 8 de 21	

3.3.3 Reglas de validación

3.3.3.1 Prueba del total de datos

De acuerdo con el Protocolo para el Monitoreo y el Seguimiento de la Calidad del aire, para el cálculo del promedio de concentración de un período dado o su media móvil, debe contarse por lo menos con el 75% de información válida. Si el porcentaje de datos faltantes es superior al 25%, no se debe calcular ni reportar el promedio para dicho período. Tampoco es válida la comparación contra la norma para el período correspondiente a esos datos. Esta condición se aplica, por ejemplo, para calcular el promedio diario de concentración a partir de registros horarios, o el promedio anual a partir de datos diarios.

Por tanto, una de las verificaciones que se realiza para comprobar la validez de los resultados es determinar el porcentaje de datos válidos para determinado período, indicador que permite establecer si se calcula o no el promedio correspondiente.

Por ejemplo, los datos diarios que se muestran en la Figura 1 indican una falta de datos para 2012 mayor de tres meses, es decir > 25%. En consecuencia, para 2012 no es posible calcular el promedio anual.

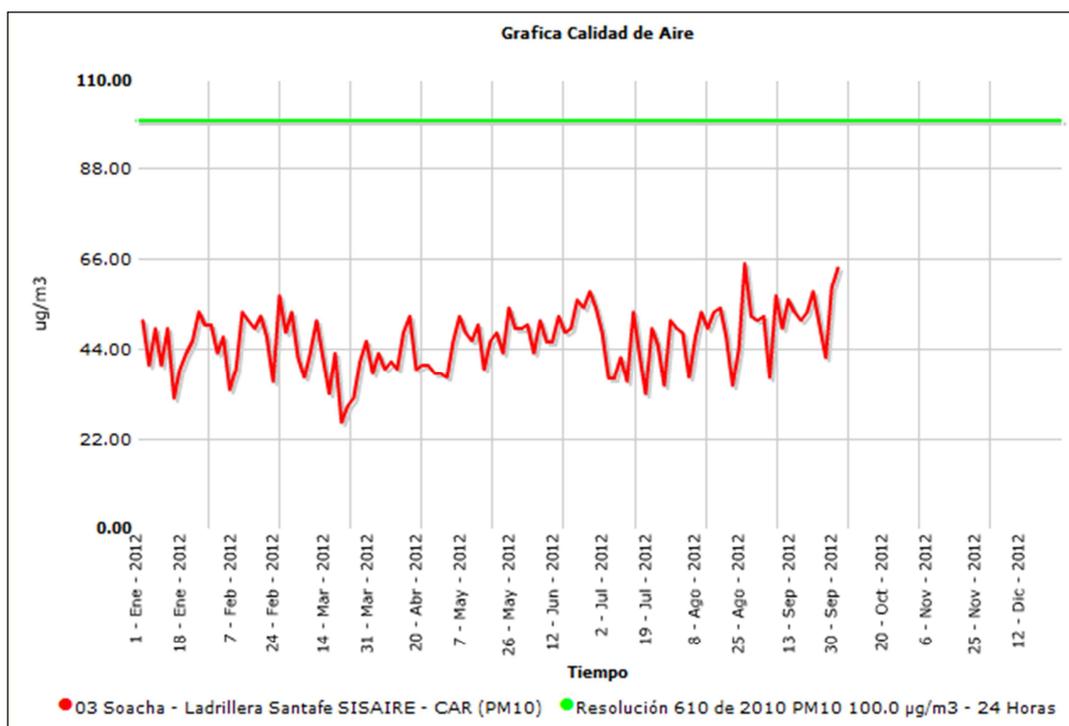


Figura 1 Concentración diaria de PM10 para el año 2012 en la estación Ladrillera Santafé de Soacha
Fuente (IDEAM, 2015, 3)

3.3.3.2 Datos atípicos

Para estaciones automáticas, un criterio para filtrar datos negativos y los que se consideran atípicamente altos o bajos, es establecer un intervalo definido por los siguientes límites:

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 9 de 21

Límite inferior: el valor mínimo positivo que ha registrado cada parámetro durante toda su historia del monitoreo

Límite superior: mediana (valor por debajo del cual está el 50% de los datos) más tres veces la amplitud intercuartílica del conjunto total de datos (diferencia entre el tercer cuartil, es decir, el valor que es excedido por el 25% de los datos y el primer cuartil que es el valor que es excedido por el 75% de los datos) (MAVDT, 2010).

Este criterio puede aplicarse, por extensión, a los resultados de estaciones manuales ajustando los períodos de toma de muestra a los datos disponibles.

Como ejemplo, considérese un conjunto de datos de mediciones como el que se muestra en la Tabla 1, correspondiente a los datos de la estación Unidad Móvil del IDEAM para el mes de mayo de 2009, alimentados al SISAIRE (SISAIRE, 2015).

Tabla 1 Concentraciones alimentadas a SISAIRE de una estación de monitoreo para el mes de mayo de 2009

Día/Hora	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	23		
1	23,0	22,4	21,6	20,2	18,7	21,3	26,3	35,8	37,2	34,5	34,0	28,9	27,4	29,4	27,2	24,2	20,3	10,7	9,1	7,4	6,4	6,6	11,2		
2	10,9	7,8	14,2	17,0	20,8	23,5	30,7	35,8	40,2	37,5	33,6	33,3	38,5	40,3	29,2	30,9	27,6	27,7	24,3	23,8	21,3	19,9	17,0		
3	15,6	15,7	11,3	12,4	12,0	16,0	14,2	11,5	19,0	23,0	22,4	19,3	19,9	17,7	17,0	14,0	17,6	16,5	16,1	16,0	16,6	20,4	15,8		
4	15,0	13,5	16,6	15,3	23,3	29,9	28,1	28,5	27,9	33,0	34,9	30,7	29,2	28,2	34,4	29,0	32,3	34,1	28,8	24,6	22,1	20,0	7,6		
5	8,5	6,4	7,6	13,5	20,1	29,9	36,7	44,7	48,6	61,7	59,4	30,3	24,3	31,4			29,6	30,6	25,6	23,1	19,3	20,1	17,1		
6	15,8	14,5	12,7	12,5	18,0	26,0	31,8	54,6	48,8	38,8	38,4	36,7	51,5	48,8	51,6	54,5	65,0	49,7	38,1	32,4	31,1	27,4	15,4		
7	19,0	18,2	11,4	7,6	25,3	33,2	39,8	33,7	23,7	32,1	14,1	16,8	10,8	11,6	20,2	30,5	27,0	21,2	23,8	19,7	22,4	17,6	6,0		
8	4,4	15,6	14,1	12,7	14,5	28,2	48,7	45,3	10,5	10,7	14,3	12,5	11,7	13,8	20,4	25,9	28,8	29,5	27,4	11,0	15,7	10,4			
9	5,8	13,1	11,3	7,5	13,9	23,6	28,1	15,5	12,7	9,3	12,8	18,9	14,0	16,2	15,6	11,0	10,9	15,6	13,2	10,4	8,8	15,6	13,4		
10	11,8	11,1	11,1	10,5	9,6	9,2																3,8	7,8		
11			4,5	3,7	11,0	17,8	22,4	22,3	20,9	12,2	9,3	12,2	11,1	14,1	14,7	11,6	18,8	20,5	9,5	10,1	8,7	9,8	11,6		
12	11,7	9,6	8,7	11,1	14,8	26,9	38,2	48,2	24,3		14,5	13,4	9,3	11,7	18,2	23,2	28,5	26,4	20,6	21,2	7,8	13,2			
13			4,7	7,1	18,6	26,5	38,3	48,0	26,9	21,3	19,1	20,2	9,0	11,1	18,0	25,4	31,3	27,0	23,9	22,9	20,6	20,7	15,4		
14	12,3	10,6	8,6	10,7	15,9	22,7	28,0	40,2	35,3	35,3	16,3	13,1	8,2	11,8	14,0	17,8	31,5	32,8	29,9	30,7	21,3	26,3	12,2		
15	13,9	12,4	11,2	13,3	17,4	26,0	39,0	49,1	14,1	17,7	20,2	22,2	19,0	24,6	33,2	33,1	25,7	28,1	25,0	21,2	19,7	25,1	16,9		
16	13,1	10,8	9,8	12,4	11,6	23,0	39,3	40,2	30,3	16,9	14,5	21,4	20,5	35,2	28,9	25,5	26,5	29,0	27,9	19,9	25,8	23,6	15,4		
17	10,8	11,0	7,8	13,6	11,5	22,1	22,8	27,3	14,6	18,7	12,5	12,7	19,5	23,5	19,3	19,4	21,4	26,1	29,9	30,7	29,5	27,5			
18				9,0	26,6	40,4	43,4	45,8	34,0	25,9	14,5	13,3	12,1	16,4	20,3	21,0	20,0	19,9	16,0	14,1	7,5	7,4	8,4		
19	5,2	7,9	11,6	14,6	17,6	30,7	28,6	16,2					12,9	8,1	9,1	8,3	9,9	12,0	12,9	9,0	9,7	9,1			
20					4,9	8,1	11,1	9,9	8,3	12,6		7,7			6,3	11,4	9,5	10,2	7,4	6,2	7,4	10,3			
21				3,1	8,0	18,5	25,9	6,9	7,9	11,4	9,9	9,1	8,3		10,1	13,4	15,4	14,5	10,4	10,7	9,1	2,8	5,9		
22		3,5	5,2	7,3	16,0	24,7	16,1	9,9	9,3	10,6	6,9	12,7	7,0	9,2	14,7	17,1	16,5	16,7	15,3	13,9	7,8	7,4	9,9		
23	7,3	5,0	4,4	8,0	10,9	23,3	21,7	18,6	23,3	25,1	29,0	19,4	11,1	9,7	13,8	17,8	24,7	19,4	19,9	20,4	20,1	8,6	12,1		
24	10,1	8,0	8,9	11,0	9,8	15,5	13,3	9,1													8,6	10,2	10,1		
25	10,7	8,6	6,7	8,8	9,2	13,9	17,4	19,5														13,6	16,5	13,6	9,5
26	12,5	7,9	7,8	11,6	15,7	27,4	42,5	49,9	16,4						19,7	28,3	25,6	38,0	32,4	26,6	20,8	31,0	28,1	25,6	
27	20,4	13,3	21,2	22,8	27,9	37,9	43,3	35,6	28,7	24,4	19,4	22,6	20,9	23,9	23,0	28,4	38,4		28,6	26,5	26,5	23,8	26,3		
28	21,2	21,9	20,6	22,1	27,4	32,7	31,6	21,5	22,3	24,6	26,0	24,7	14,3	9,6	15,5	19,1	19,1	23,9	17,6	21,3	15,4	10,7	10,6		
29	7,1	5,9	5,4	7,3	21,8	32,8	22,6	20,0	21,3	30,2	28,0	33,2	19,7	23,1	27,1	23,4	33,2	26,4	26,3	24,2	22,1	20,2	21,0		
30	18,6	15,5	16,6	18,5	22,9	33,3	60,9	48,3	41,0		11,8	11,2	8,6	9,7	8,2	7,5	8,7	14,4	16,8	18,1	16,0	11,6	9,6		
31	10,8	13,4	11,9	11,2	11,6	11,6	17,3	23,2	13,8	10,1	4,3	4,0	2,7	2,7	6,9	9,2	12,1	9,7	9,3	8,6	15,5	15,0	12,7		

Mínimo histórico de las mediciones: 1,0 µg/m³

Fuente: Estación móvil del IDEAM, archivo 15-4-2010-9-18-10-640-1-1NO2_movil.xls
<http://www.sisaire.gov.co:8080/admin/faces/mediciones/listarArchivos.jsp> (SISAIRE, 2015)

El intervalo para determinar datos atípicos es el siguiente:

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 10 de 21

Límite inferior: mínimo histórico de las mediciones = 1,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Cálculo del límite superior:

Mediana (valor por debajo del cual está el 50% de los datos)= 17,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Tercer cuartil (valor excedido por el 25% de los datos) = 25,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Primer cuartil (valor excedido por el 75% de los datos) = 11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Amplitud intercuartílica: 25,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ – 11,1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ = 14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Límite superior: 17,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ + 3 (14,8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) = 61,9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$

Como conclusión se tiene que, de los datos mostrados en la Tabla 1 para el mes analizado, puede considerarse atípico el del día 6 de mayo a las 16 horas, con una concentración de 65,0 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor se resalta en dicha tabla con sombreado rojo.

3.3.3.3 Validación manual diaria

Su propósito es identificar datos que se alejen del comportamiento histórico esperado para la variable analizada. En estaciones automáticas una forma de realizarlo es, para validar un día de medición, graficar los datos horarios incluyendo los siete días anteriores a la medición y verificando por comparación posibles anomalías en el día analizado.

Por ejemplo, la Figura 2 muestra la validación manual diaria para el día 6 de mayo de 2009, correspondiente a los datos de la Tabla 1. En esta gráfica se muestra que el comportamiento del 6 de mayo presenta una tendencia similar a los seis días anteriores, a pesar de haberse identificado una hora atípica en dicho día, como se dedujo en el apartado anterior.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 11 de 21

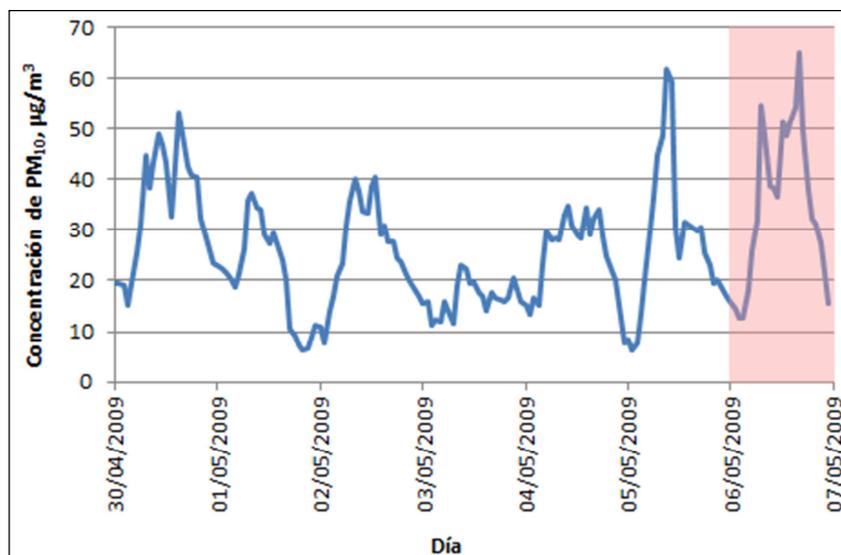


Figura 2 Ejemplo de validación manual diaria

Fuente: elaboración propia a partir de datos de estación móvil del IDEAM, archivo 15-4-2010-9-18-10-640-1-1NO2__movil.xls (SISAIRE, 2015)

3.3.3.4 Datos fuera de intervalo

3.3.3.5 Valores negativos

Las concentraciones negativas no tienen significado físico. Sin embargo, algunos equipos automáticos pueden reportar valores negativos en los primeros momentos de su estabilización (lo cual debe estar acorde con el manual del equipo), o como indicio de que el equipo está mal calibrado, mal configurado o su respuesta es defectuosa. Por tanto, los valores negativos deben ser rechazados cuando no se puedan asociar a un valor aceptable de la inexactitud del instrumento (MAVDT, 2010).

3.3.3.6 Picos o aumentos repentinos

La presencia de incrementos en la concentración muy altos puede asociarse a fallas en el proceso de medición que pueden tener su origen en condiciones tan diversas como la presencia de insectos en estaciones de material particulado, errores de escritura en las cadenas de custodia, etc.

La detección de un pico de concentración permite identificar este tipo de fallas con ayuda de un diagrama histórico de líneas como el que se muestra en la Figura 3 para la concentración diaria de PM₁₀ de la estación Guaymaral. Ésta exhibe un máximo el día viernes 27 de junio de 2014 que es inusualmente alto por tratarse de una estación de fondo (SDA, 2015). Por sí solo este evento es insuficiente para declarar la invalidez del dato, pero indica que es necesario analizar con mayor detalle las mediciones del día en cuestión.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:		PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 12 de 21

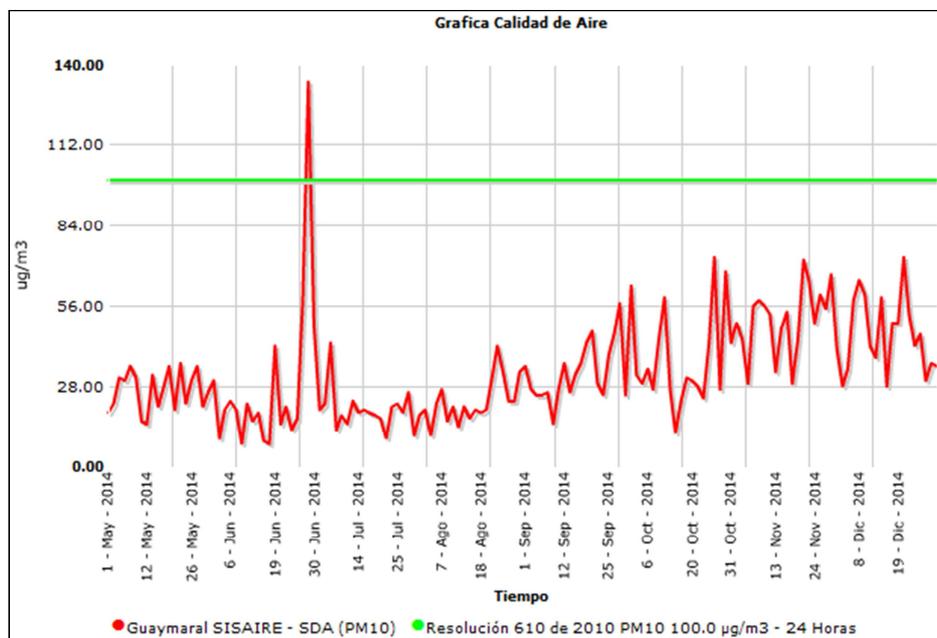


Figura 3 Concentración diaria de PM₁₀ para la estación Guaymaral – Bogotá

Fuente: SISAIRE, datos de la estación Guaymaral, 01/05/2014-31/12/2014 (SISAIRE, 2015)

3.3.3.7 Características del sitio de vigilancia

Las características del punto de monitoreo permiten obtener conclusiones sobre el intervalo reportado por la estación de monitoreo. Por ejemplo, las estaciones para medir concentración de fondo se localizan de acuerdo con la rosa de vientos de la zona, vientos arriba del área estudiada, bien sea urbana o rural. Su ubicación se selecciona de manera que se encuentren poco influenciadas por el tráfico o por la industria (MAVDT, 2010), por tanto, encontrar una serie de datos en una estación de fondo con concentraciones altas es un indicativo de la necesidad de realizar un análisis más detallado para determinar la validez de los resultados.

A manera de ilustración, la Figura 4 Muestra el comportamiento de PM₁₀ para estaciones de tres tipos distintos en Bogotá: Guaymaral que mide concentraciones de fondo, Puente Aranda, localizada en zona industrial y Las Ferias, ubicada en zona con influencia de tráfico vehicular. Estas dos últimas estaciones se denominan indicativas ya que sirven para medir el aporte de las fuentes de interés.

En esta figura, las magnitudes de las concentraciones están correlacionadas con el tipo de fuentes que influyen en cada estación y como es de esperarse, la estación Guaymaral muestra las concentraciones más bajas. Esta característica puede utilizarse como criterio para analizar posibles inconsistencias cuando en algún día de medición se detecten concentraciones en la estación de fondo más altas que en estaciones indicativas.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA	Código:
		Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
		Página 13 de 21

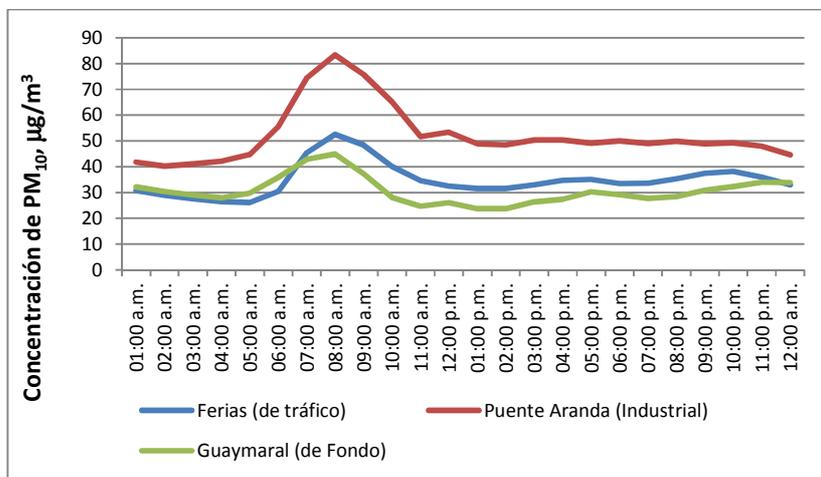


Figura 4 Concentración diaria de PM₁₀ para varias estaciones de Bogotá (01/ene/2015-09/ene/2015)

Fuente: (SDA, 2015)

3.3.3.8 Época del año y hora del día

El comportamiento de las condiciones meteorológicas, así como el de las fuentes de emisión que inciden sobre las estaciones de monitoreo, son factores que pueden marcar tendencias en la concentración de los contaminantes que permitan tomar decisiones sobre la validez de los datos.

Por ejemplo, la Figura 5 muestra las concentraciones promedio de óxidos de nitrógeno entre enero 1 y enero 9 del año 2015 para varias estaciones de Bogotá, y permite conocer la tendencia del comportamiento a lo largo del día para este contaminante.

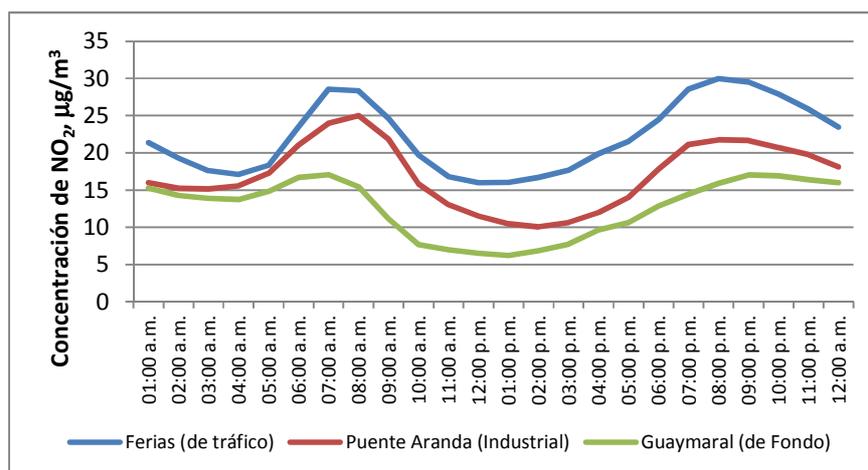


Figura 5 Concentración diaria de NO₂ para varias estaciones de Bogotá (01/ene/2015-09/ene/2015)

Fuente: (SDA, 2015)

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 14 de 21

Con base en esta información pueden identificarse posibles días anómalos con ayuda de alguna herramienta que permita diferenciar días que se salgan de la tendencia normal, como se muestra en la Tabla 2, en la que se ha resaltado el 21 de julio como un día con un probable dato anómalo. Por ejemplo, una de estas herramientas es la función “formato condicional” disponible en las hojas de cálculo actuales.

Tabla 2 Muestra de formato condicional para concentraciones de NO₂, estación Las Ferias

Mes	Día	DíaSemana	Concentración de NO ₂ , µg/m ³																							
			1:00 a.m.	2:00 a.m.	3:00 a.m.	4:00 a.m.	5:00 a.m.	6:00 a.m.	7:00 a.m.	8:00 a.m.	9:00 a.m.	10:00 a.m.	11:00 a.m.	12:00 p.m.	1:00 p.m.	2:00 p.m.	3:00 p.m.	4:00 p.m.	5:00 p.m.	6:00 p.m.	7:00 p.m.	8:00 p.m.	9:00 p.m.	10:00 p.m.	11:00 p.m.	12:00 a.m.
1	1	jueves	21,9	24,1	22,3	18,3	14,4	13,7	15,2	9	5,3	4,7	3,1	1,8	1,9	1,7	2	2,1	3	3,1	5,5	8,9	6,7	7,3	9,7	11,1
1	2	viernes	17,3	13,1	13,5	12,5	14,5	18,9	22,2	20,7	16,4	4	3,2	4,3	4,9	4,5	4,1	6	7,4	7,1	11,2	10,1	8,3	7,4	10	13,1
1	3	sábado	9,5	5,9	9,9	11,6	11,6	14,9	17,3	16,4	17,1	10,9	3,8	4,5	4,6	2,8	4,8	5,8	3,9	8	11,4	12	15,8	14,3	14,2	7,4
1	4	domingo	7,6	9,9	4,7	4,8	1,9	1,6	3,2	2,9	1,9	1,2	1,7	1,9	1,8	2,7	2,5	2,4	3,7	3,9	9,6	14,8	12,4	15,1	16,5	8,1
1	5	lunes	5	12	13,9	5,3	7,9	10	28,9	14,3	8,8	5,1	3,9	3,5	4,9	4	7,6	8,1	11,9	13,2	20,4	27,3	22,9	29,3	31,9	27,3
1	6	martes	30,1	25,6	11	6,1	14,9	28,2	33,6	38,3	35,8	16,2	10,4	10,2	7,5	8,7	9,1	9,8	9,8	16	22,6	27,5	26	21,9	25,8	18,9
1	7	miércoles	17	12,9	9,5	14,3	18,7	22,5	15,9	20,7	13,9	11,5	10,1	8,8	8,7	8,3	8	10,2	11,3	17,3	16,2	22,9	20	14,6	16,6	13,3
1	8	jueves	15,8	22,3	19,5	18	18,3	27,8	31,7	36,8	30,2	22,1	12,8	10,6	9,9	10	11,2	13,2	14,7	19,2	21,5	21	17	14,3	12,7	14,3
1	9	viernes	11,7	6,1	5,4	5,4	5,5	10,2	18,3	18,8	20	16,2	10,4	13,5	13,7	12,3	10,9	15,4	15	23,5	21,3	23,4	19,9	16,9	16	21,3
1	10	sábado	21	16,8	17,4	21,1	22,8	23,2	25,6	27,5	14,4	11	8	7,8	8,4	9,2	8,2	9,4	8,8	11,7	14,7	17	14,3	15,4	17,8	15,5
1	11	domingo	15,9	19,5	15,6	15,4	15	17,6	22,4	10,2	7,5	7,9	7,6	7,2	7,2	6,7	6,7	6,7	8,9	11,3	13,9	19	17,7	16,1	20,3	19,7
1	12	lunes	9,4	12,5	11,2	6	6,5	7,7	13	13,6	8,1	6,4	6,1	7,2	6,9	6,7	7,5	9,7	9,7	12,4	13,5	14,2	13,9	13,9	17,1	28,8
1	13	martes	30,1	17	9,3	17,2	20,8	28,6	34,7		30,1	25,7	23,2	13,7	10,4	28,4	27,9	24,5	26,6	30,1	34,2	38	38,2	31,5	30,4	30,6
1	14	miércoles	31	29,2	18,9	24,8	24,2	31,1	35,4	42	41,5	17,8	18,4	14,5	13,3	10,1	15,8	22	22,4	24,5	37,5		39,5	29,3	25,8	18,5
1	15	jueves	15,3	22,7	17	5,8	10,4	15,7	29,5	37,3		35,7	36,7	34,8	33,9			23,2	27,9	31,9	39,8	39,3	36,2	31,4	36,5	26,7
1	16	viernes	30,3	25,9	30,4	29,1	25,3	28,8	33,4	35	23,4	21,1	20,9	12	19,4	30,4	25,3	44,4	54,2	61,1	62,2	50,8	51,1	51,4	50,7	50,1
1	17	sábado	50,1	46,1	39,3	37,2	35,2	33,4	28	33,2	28	21,5	20,4	17,6	27,4	32,4	34	41,1	36,9	49,1	54,8	46,8	38,7	35,6	37	39,2
1	18	domingo	39,8	34,7	23,6	32,3	28,3	27,5	29,9	31,7	28,2	21,3	14,3	11,9	11,6	19,9	29,2	33,4	28,4	29,1	39,2	34,6	31,6	33,3	30,2	22,2
1	19	lunes				30,3	24,9	34,3	37,6	33,7	20,4	13,2	15,8	13,6	12,5	27,7	43,3	44,7	47,3	48,5	51,9	50,2	53,3	31,5	18,4	
7	11	sábado	9,1	7,1	5,9	4,8	5,2	7,8	11,5	14,3	17,9	16,3	14,9	14,7	15,6	14,4	13,5	14,6	15	15,1	19,8	20,6	24,2	23,2	22,5	14,3
7	12	domingo	11	7,7	7,8	6	5,9	7,7	9,5	8,9	8,1	8,9	10,2	11	11,5	13,4	10,5	12,2	13,7	12,5	15,1	16,2	16,1	17	15,8	12,3
7	13	lunes	8	6,9	7,3	17,4	15,3	27,1	38,1	43,2	38,8	31	17,4	14,4	13,5	12,9	13,8	12,6	15,4	33,1	40,3	46,3		29,4	24,3	17,5
7	14	martes	14,2	11,3	14,9	20,2	18,3	20,3	32,8	40,1	38,8	21,2	11,9	12,4		8,9	8,7	8,9	13,1	16,7	22,6	26,7	18,7	16,6	16,1	18,2
7	15	miércoles	29	28,1	23,8	20	19,7	23,4	27,4	33,8	17,5	9,7	7,5	7	7,9	10,5	17,7	13,6	8,9	11,4	16,6	15,6	14,2	15,4	16,6	13
7	16	jueves	11,7	15	13,1	9,3	14,5	21,1	25,2	27,3	36,9	9,9	6,2	6,4	6,9	6,6	9,4	8,6	8,4	10,3	17,4	19,8	27,5	21,2	26,9	25,8
7	17	viernes	22,9	28,5	21,3	16,6	21,9	27,2	33,3	30,6	22,2	13,1	8	6,6	9,9	9,4	9,8	9,8	11,1	14,4	21,4	26,3	27	33	34,7	31
7	18	sábado	24,1	24,4	23,9	22,5	19,6	21,2	22,1	22,9	19,9	23	10,5	11,8	7,1	6,4	7,2	5,7	6,3	8,5	15	19,1	25	24,8	25,2	23,5
7	19	domingo	19,9	18,6	17,6	16,5	15,3	15,6	18,3	18,5	16	15,9	21,3	18,7	13,9	20,6	21,9	18,9	21,4	20,4	26,4	27,9	25,2	25,9	26	23,7
7	20	lunes	23,1	21,5	17,4	16,2	17,2	18	17,1	15,1	17,1	11,4	11,8	11,4	6,1	4,7	7,1	9,3	6,8	8,2	10,7	17,7	26,1	28	27,2	25,9
7	21	martes	19,6	16,8	15,4	13,6	14,2	18,5	24,3	27,8	27,9	27,2	37,2	38,4	33	31,6	30,6	36,1	38,3	35,5	33	28,2	33,7	30,8	17,6	17,2
7	22	miércoles	11,8	10	3,4	6,1	12,9	21,8	25,6	18,9	11,3	8,6	7,3	10,9	9,5	7,1	9,6	11,2	13,4	16,3	22,7	22,3	17,6	15,6	11,9	12,7
7	23	jueves	7	6,8	10,5	17,4	9,9	16,6	23	24,5	19,2	16	11,2	9,1	7,4	11,6	10,9	10,8	14,4	14,1	20,3	26,2	30,8	29,8	28,6	23,3
7	24	viernes	9,3	9,4	6,8	4,9	12,1	29,5	33,4	29,7	21,6	12,6	7,8	5,6	6,7	9,4	9,5	11,5		26,2	26,4	24,2	24,2	18,1	16,6	16,5
7	25	sábado	12,3	13	14,6	12,4	8,9	8,4	14,9	15,2	12,8	11,5	7,2	7,4	9,7	8,6	8,8	6,7	8,3	14,2	17,8	14,4	19,6	14,9	15,3	12
7	26	domingo	6,7	5,4	3,6	5,3	2,8	3,4	6,6	6,2	4,4	4,6	3,4	4,4	4,9	5,2	5,7	6,7	7	9	11,3	13,6	10,3	12,5	8,1	5,4
7	27	lunes	3,8	2,2	2,8	3,9	16,7	19,6	24	19,7	17,7	15,7	7,3	7,5	6,2	7,1	7,8	8,7	7,9	10,1	14,8	16,1	20	17,5	13,9	8,3
7	28	martes	4,2	7,4	9	8,8	17,8	21,9	23,2	19,9	17,3	12,6	7,9	9,6	7,3	8,3	7,8	9,9	11,3	20	23,1	17,6	19,2	16,3	18,3	8,1
7	29	miércoles	7,1	6,5	5,7	5,3	8	15,8	24,1	19,1	13	9,8	8,5	8	5,8	6,8	8,4	8,1	11,1	13,2	18,4	19,5	16,9	18,3	12,1	8,3
7	30	jueves	7,5	6,6	6,2	8,8	12,6	19,6	25,6	22,5	14,4	11,7	11	20,6	22,7	22,6	13,4		15,6	18	20,3	17,8	12,6	15,8	18	20,9
7	31	viernes	21,5	23,2	22,2	19,1	15,6	19,7	24	18,3	12,7	11,7	11,8	13,5	10,6	12,4	12,4	16,8	18,6	18,1	23,1	25,6	25,4	25,7	29,6	29,5
8	1	sábado	25,8	24	23,1	18	18,2	24,9	24,9	21,5	22,8	10,9	10,8	8,8	9,1	11,9	12,4	9,6	14	16	20,7	22,1	21,2	21,3	17,3	17,8
8	2	domingo	26,2	26,9	15,4	8,4	8,3	9,5	11,6	9,5	10,6	12,2	11,4	11,6	10	8,2	6,5	7,1	10,5	13	16,1	16,4	18,2	17,6	13	19,7
8	3	lunes	15,6	14,8	9,6	4,3	6,8	15,2	21,4	15,2	14	8,6	6,8	6	9,2	10,5	9,7	13,5	15,4	16	19,4	19,8	18,6	14,3	15,8	11,2
8	4	martes	4,9	3,4	3,3	3,5	5,6	12,1	20,2	19,1	17,9	15,3	10,2	10,8	7,2	8,7	9,5	11	12	14,3	18,6	18,3	19,7	17,4	13,4	10,7

Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	Página 15 de 21

La Figura 6 ilustra la concentración horaria del día resaltado, que difiere de la tendencia que muestra la Figura 5. Por tanto, este día de medición sería un probable candidato para analizar con mayor detalle si hubo alguna condición que invalide el dato.



Figura 6 Concentración horaria de NO₂ para el 21 de julio de 2015, estación Las Ferias
Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

3.3.3.9 Eventos especiales

La presencia de un valor atípico no necesariamente se asocia a una falla en el proceso de medición, sino que también puede estar causado por variaciones inusuales en el comportamiento de las fuentes, por ejemplo en eventos de incendios forestales o días sin carro. Por ello, ante la presencia de concentraciones aparentemente anómalas, es necesario identificar los eventos que han sucedido durante el día de la medición o los días previos y con este propósito el IDEAM se encuentra en contacto permanente con las Autoridades Ambientales.

3.3.3.10 Intervalo de detección del instrumento

Para equipos de monitoreo automáticos, el manual del fabricante contiene las especificaciones acerca del rango de detección mínimo y máximo, así como del límite mínimo de detección. Para equipos manuales estos límites se calculan a partir los valores de precisión de los equipos utilizados (balanzas, rotámetros, analizadores). Las concentraciones que salgan de estos límites deben descartarse.

Por ejemplo, el analizador de ozono Teledyne modelo M400E tiene un límite mínimo de detección de 0,6 ppb (Teledyne, 2011), equivalente a 1,16 µg/m³. Por tanto las mediciones inferiores a dicho límite deben someterse a una evaluación para determinar si son válidas y tomar una decisión para representar el dato, por ejemplo mantener el valor marcándolo con una bandera, o reemplazarlo con la indicación “<1,16”. Este es el

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	Página 16 de 21

caso que se ilustra en la Figura 7, en el que los datos encerrados en óvalo verde tienen valores inferiores al límite de detección.

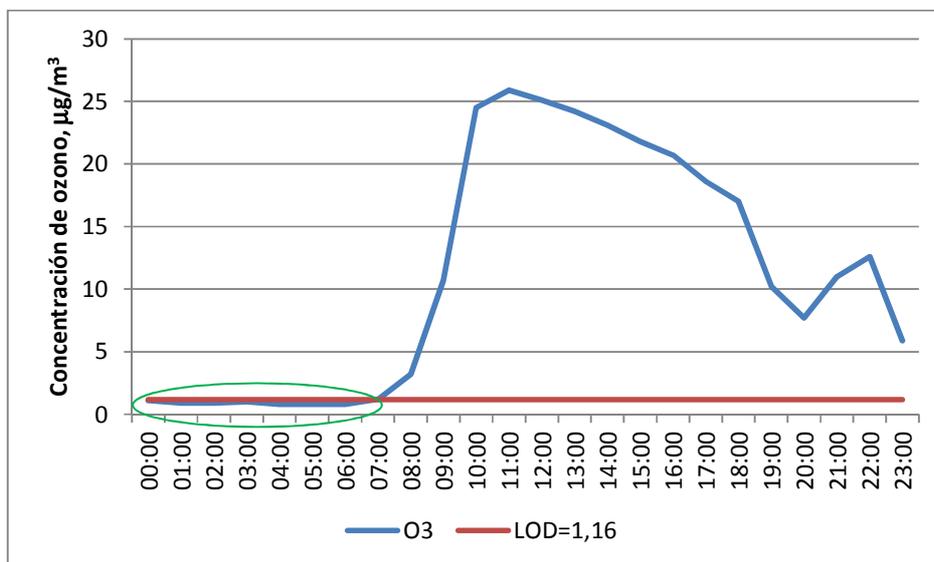


Figura 7 Concentración horaria de O₃ para el 2 de enero de 2015, estación Guaymaral
Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

3.3.4 Reglas de consistencia

3.3.4.1 Pruebas con concentraciones de otros contaminantes

Al comparar las concentraciones de ciertos parámetros se pueden obtener conclusiones en cuanto a la validez de los datos, debido a la existencia de relaciones de obligatorio cumplimiento o de muy frecuente ocurrencia, dada la naturaleza de los contaminantes. A continuación se describen las principales comparaciones en tal sentido:

- PST, PM₁₀ y PM_{2,5}

Por definición, PST corresponde a la concentración total de las partículas monitoreadas, mientras que el PM₁₀ hace alusión a la fracción de las partículas cuyo tamaño es inferior a 10 micras, por tanto la concentración de PM₁₀ siempre debe ser inferior a la de PST para un mismo conjunto de datos.

De igual manera, la concentración del PM_{2,5} – material particulado con tamaño inferior a 2,5 micras es siempre inferior a la concentración de PM₁₀.

La Figura 8 muestra un ejemplo de validación al comparar entre PM_{2,5} y PM₁₀, para la estación Las Ferias de Bogotá, para el día 7 de diciembre de 2015 (SDA, 2015). En ésta se muestran tres horas para las cuales la concentración de PM_{2,5} es mayor que la de PM₁₀, lo que indica la posibilidad de que estos valores deban ser descartados.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 17 de 21

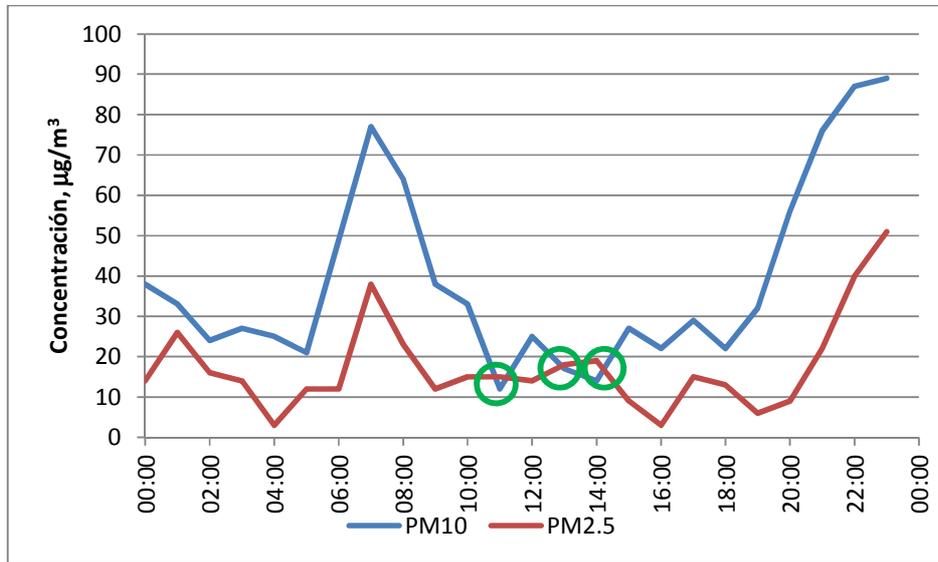


Figura 8 Concentración horaria de PM₁₀ y PM_{2,5} para la estación Las Ferias el 7/dic/2015
Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

- NO_x, NO₂ y NO

Las concentraciones de NO y de NO₂ son fracciones de la concentración de NO_x y en consecuencia, ni sus valores individuales ni su suma pueden ser mayores que las de NO_x. La Figura 9 muestra un ejemplo de un dato inválido, el cual está encerrado en un círculo verde.

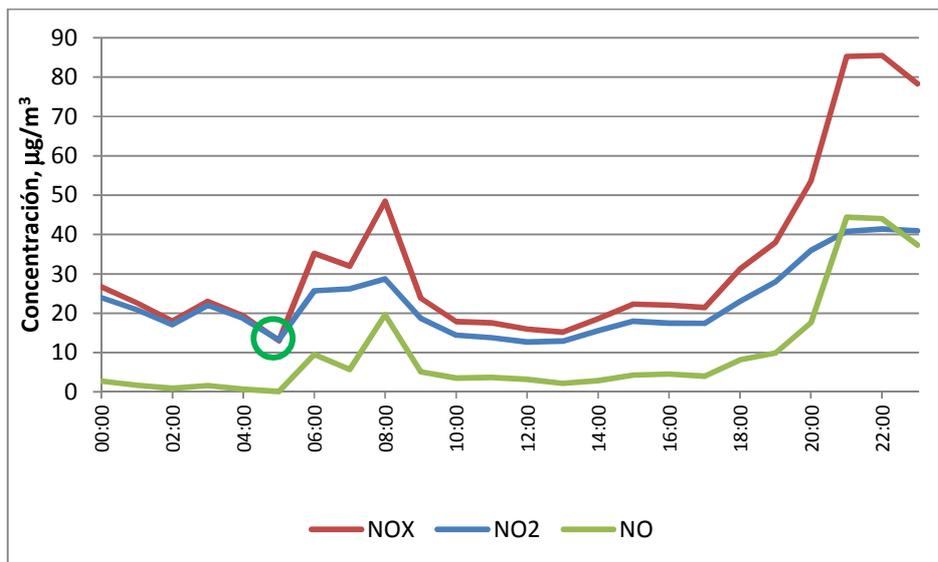


Figura 9 Concentración horaria de NO_x y NO₂ y NO para la estación Las Ferias el 15/feb/2015
Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 18 de 21

Este error es frecuente cuando la concentración de NO es cercana a cero, ya que los monitores automáticos miden la concentración de NO_x y la de NO, mientras que la de NO₂ es calculada con la diferencia matemática de estos dos parámetros. Si existe alguna falla, por ejemplo en la calibración de los sensores, la concentración obtenida de NO₂ puede exceder la de NO_x.

- Ozono y NO_x

A diferencia de los demás contaminantes, el ozono no es emitido directamente a la atmósfera, sino que se produce por la acción de la radiación solar sobre el NO_x y los compuestos orgánicos volátiles presentes en el aire (EPA, 2015). Una vez producido, el ozono se descompone en unas pocas horas (EPA, 1999). Este comportamiento se manifiesta en que los máximos de concentración horaria de O₃ por lo general están precedidos de máximos de concentración de NO_x, como se muestra en la Figura 10. De manera, que si se observa un máximo de ozono que no puede correlacionarse con un máximo de NO_x que le anteceda en unas cuantas horas, es recomendable verificar la validez del dato cruzando con la demás información disponible.

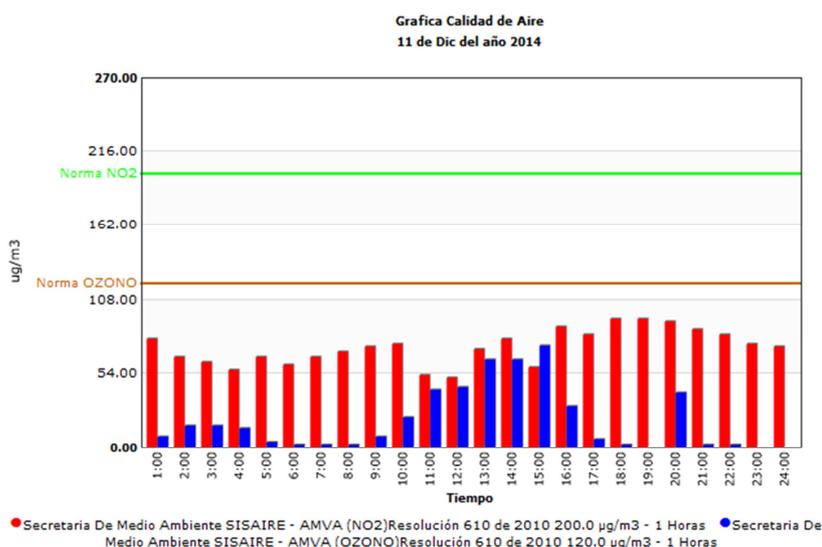


Figura 10 Concentración horaria de NO_x y O₃, estación Secretaría de Medio Ambiente de la AMVA 11/dic/2014

Fuente: SISAIRE, Estación Secretaría del Medio Ambiente del Area Metropolitana del Valle del Aburrá, consulta para 11/dic/2014 (SISAIRE, 2015)

3.3.4.2 Efectos de la meteorología

Las condiciones meteorológicas modifican la dispersión de los contaminantes e influyen directamente en las concentraciones medidas por las estaciones de monitoreo. Los parámetros que mayor influencia tienen son la precipitación, la velocidad y la dirección del viento, pero su efecto depende de las características de cada estación.

Por ejemplo, la producción de ozono está influenciada por la radiación solar. Por tanto, una gráfica de estos dos parámetros es útil para identificar posibles datos inválidos. Por ejemplo la Figura 11 para la estación Guaymaral de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá para el período enero 1 a diciembre 9 del año

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	
			Página 19 de 21

2015 muestra una relación proporcional entre la concentración de ozono y la radiación solar. Algunos datos que se salen de dicha tendencia, encerrados con círculos, son candidatos para analizar con mayor detalle la posibilidad de descartarlos, utilizando los demás criterios de validación y consistencia.

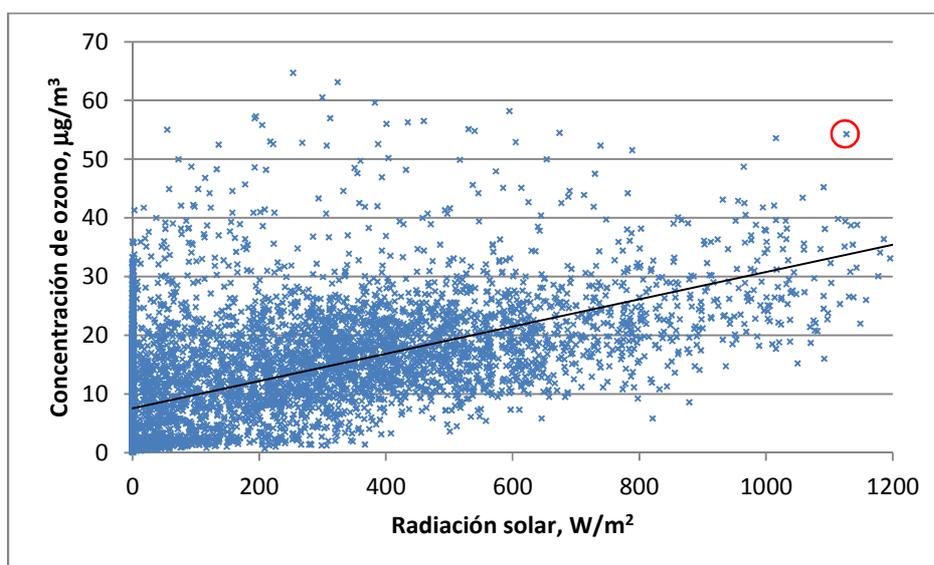


Figura 11 Concentración horaria de Ozono contra radiación solar, estación Guaymaral. 01/ene/2015 - 09/dic/2015

Fuente: Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

Un diagrama polar es útil para determinar tendencias de concentración con respecto a la dirección del viento. En la Figura 12 se muestra un diagrama polar de la concentración de PM₁₀ para la estación Guaymaral de la Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá D. C., entre el 1 de enero y el 9 de diciembre de 2015, en la que se observa que las mayores concentraciones de PM₁₀ se obtienen cuando el viento circula desde el norte, y pocos datos se generan cuando sopla desde el sur. En círculos se resaltan los datos que se alejan de esta tendencia, los cuales son candidatos para analizar su descarte, con ayuda de otros criterios de validación y consistencia.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10	
		Página 20 de 21	

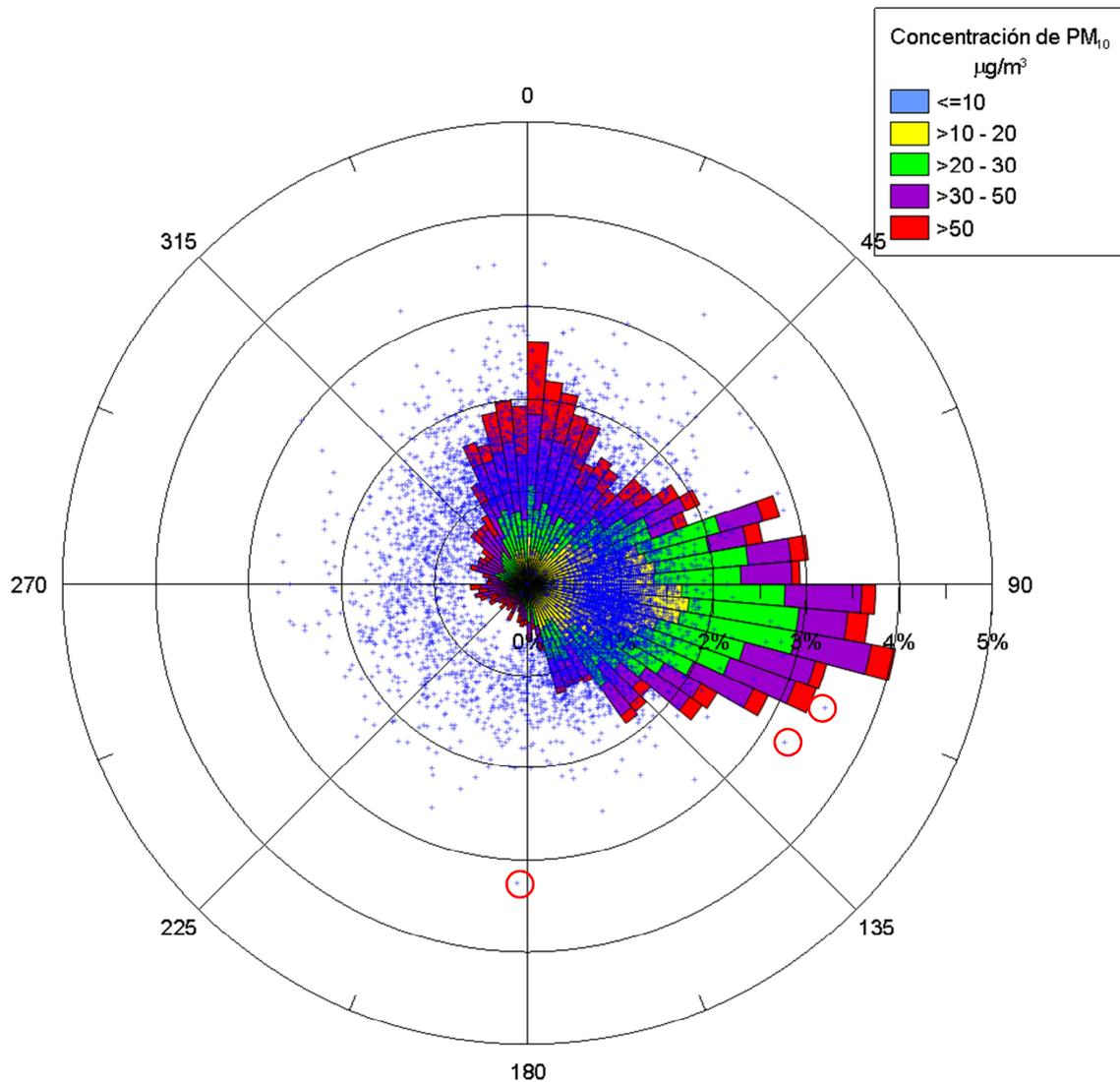


Figura 12 Diagrama polar de las concentraciones de PM₁₀, estación Guaymaral. 01/ene/2015 - 09/dic/2015

Fuente: Obtenido con el programa Grapher de Golden Software a partir de datos de la red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá (<http://201.245.192.252:81>) (SDA, 2015)

4 BIBLIOGRAFÍA

CARDER. (Octubre de 2015). *Corporación Autónoma Regional de Risaralda*. Recuperado el Octubre de 2015, de <http://www.carder.gov.co>

Congreso. (1993). *Ley 99 de 1993*. Por la cual se crea el Ministerio del Medio Ambiente, se reordena el Sector Público encargado de la gestión y conservación del medio ambiente y los recursos naturales renovables, organiza el Sistema Nacional Ambiental –SINA, dictan otras disposiciones, Bogotá D.C.

	Reglas de validación y consistencia - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire – EMSCA		Código:
			Versión: 01
	MACROPROCESO:	PROCESO:	Fecha: 2015-12-10
			Página 21 de 21

DANE. (2014). *Lineamientos generales para el diseño de la operación estadística*. Departamenteo Administrativo Nacional de Estadísticas, Bogotá D. C.

DANE. (2014). *Plan de Mejoramiento - Estadísticas de Monitoreo y Seguimiento de la Calidad del Aire*. Departamento Administrativo Nacional de Estadísticas, Bogotá D. C.

EPA. (1999). *Óxidos de Nitrógeno (NOx) Porqué y cómo se controlan*. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, North Carolina.

EPA. (19 de Sep de 2015). *Sitio web de la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos*. Recuperado el 09 de Dic de 2015, de AIRTrends 1995 Summary: <http://www3.epa.gov/airtrends/aqtrnd95/o3.html>

IDEAM. (2011). *Guía práctica para la validación de datos en los Sistemas de Vigilancia de Calidad del Aire - SVCA existentes en Colombia - GPVD*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C.

IDEAM. (8 de diciembre de 2015,1). *Página Web SISAIRES*. Recuperado el 08 de 12 de 2015, de SISAIRES - Subsistema de Información sobre Calidad del Aire: <http://www.sisaire.gov.co>

IDEAM. (2015). *Procedimiento para el monitoreo y seguimiento de la calidad del aire*. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Bogotá D. C.

MAVDT. (1994). *Decreto 1600 de 1994*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D. C.

MAVDT. (2010, 1). *Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D. C.

MAVDT. (2010,2). *Manual de operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del Aire*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D. C.

MAVDT. (29 de Marzo de 2010). *Resolución 0651 de 2010*. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, Bogotá D. C.

SDA. (09 de Diciembre de 2015). *Secretaría Distrital de Ambiente de Bogotá*. Obtenido de Red de Monitoreo de Calidad del Aire de Bogotá: <http://201.245.192.252:81/Teledyne>. (2011). *Technical Manual - Model 400E Photometric ozone analyzer*. Teledyne API, San Diego, California, USA.

HISTORIAL DE CAMBIOS

VERSIÓN	FECHA	DESCRIPCIÓN

ELABORÓ: Esteban González Montt Contrato 261 de 2015 Subdirección de Estudios Ambientales	REVISÓ:	APROBÓ:
---	----------------	----------------