

## HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE

Resolución de la Comisión Especial de Estadística Ambiental- CEEA 005-2016

### HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE

Con el fin de dar cumplimiento a los objetivos y metas planteados en el plan de trabajo de la Comisión y en beneficio de la construcción y definición de indicadores que repliquen la situación real del sector de Ambiente y que sirvan para la comparación nacional e internacional. La Comisión Especial de Estadística Ambiental, mediante la reunión mantenida, el día 03 de junio de 2016, estableció, discutió y consensuó la metodología de cálculo del indicador de Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire, resolviendo:

#### METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE

**Nombre del Indicador:** Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire.

**Definición:** Muestra la concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) presente en la atmosfera, como consecuencia de las actividades antropogénicas y naturales.

**Fórmula de cálculo del Indicador:**

$$CSO_2 = \frac{\sum_{k=1}^n SO_{2k}}{N}$$

**Donde:**

*CSO<sub>2</sub>* = Concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) promedio anual.

*SO<sub>2k</sub>* = Concentración promedio mensual de dióxido de azufre observado en el mes *k*.

*N* = Número de meses monitoreados en el año establecido.

**Definiciones de las Variables Relacionadas en el Cálculo Oficial del Indicador Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire.**

**Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).**- Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

**Monitoreo.**- Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con objetivos específicos. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

## HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE

**Norma de Calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.-** Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire ambiente durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán aquellas concentraciones de contaminantes que se determina fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

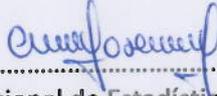
El Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, manifiesta que el promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder los sesenta microgramos por metro cúbico (60 µg/m<sup>3</sup>).

### CONCLUSIONES

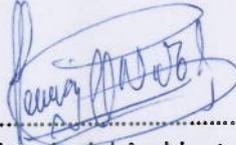
Los valores del indicador muestran la concentración promedio de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) presentes en la atmósfera en un año determinado, sea por actividades humanas o por procesos naturales, cuyo valor límite se establece en la normativa vigente para este contaminante.

**HOMOLOGACIÓN DEL CÁLCULO DEL INDICADOR DE CONCENTRACIÓN PROMEDIO ANUAL DE DIÓXIDO DE AZUFRE (SO<sub>2</sub>) EN EL AIRE**

**Instituciones Miembros de la Comisión que Sumillan el Acta: Resolución de la Comisión Especial de Estadística Ambiental- CEEA 005-2016**



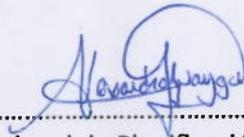
.....  
**Instituto Nacional de Estadística y Censos  
Presidencia de la Comisión**



.....  
**Ministerio del Ambiente  
Miembro de la Comisión**



.....  
**Ministerio Coordinador de Sectores Estratégicos  
Miembro de la Comisión**



.....  
**Secretaría Nacional de Planificación y Desarrollo  
Miembro de la Comisión**

## FICHA METODOLÓGICA

### NOMBRE DEL INDICADOR

Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire

### DEFINICIÓN

Muestra la concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) presente en la atmósfera, como consecuencia de las actividades antropogénicas y naturales.

### FÓRMULA DE CÁLCULO

$$CSO_2 = \frac{\sum_{k=1}^n SO_{2k}}{N}$$

Donde:

- CSO<sub>2</sub>: Concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) promedio anual  
 SO<sub>2k</sub>: Concentración promedio mensual de dióxido de azufre observado en el mes k  
 N: Número de meses monitoreados en el año establecido.

### DEFINICIÓN DE LAS VARIABLES RELACIONADAS

**Dióxido de Azufre (SO<sub>2</sub>).**- Gas incoloro e irritante formado principalmente por la combustión de combustibles fósiles. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

**Monitoreo.**- Es el proceso programado de coleccionar muestras, efectuar mediciones, y realizar el subsiguiente registro, de varias características del ambiente, a menudo con el fin de evaluar conformidad con objetivos específicos. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

**Norma de Calidad de aire ambiente o nivel de inmisión.**- Es el valor que establece el límite máximo permisible de concentración, a nivel del suelo, de un contaminante del aire ambiente durante un tiempo promedio de muestreo determinado, definido con el propósito de proteger la salud y el ambiente. Los límites permisibles descritos en esta norma de calidad de aire ambiente se aplicarán aquellas concentraciones de contaminantes que se determina fuera de los límites del predio de los sujetos de control o regulados. (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión. Libro VI. Anexo 4).

El Anexo 4, Norma de Calidad del Aire Ambiente o Niveles de Inmisión del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, manifiesta que el promedio aritmético de la concentración de SO<sub>2</sub> de todas las muestras en un año no deberá exceder los sesenta microgramos por metro cúbico (60 µg/m<sup>3</sup>).

### METODOLOGÍA DE CÁLCULO

El monitoreo de la calidad del aire, se realiza de acuerdo a lo establecido en el Anexo 4 de la Norma de Calidad Aire Ambiente o Nivel de Inmisión del Libro VI del TULSMA. En la norma vigente se menciona en los numerales 4.1.4. De los métodos de medición de los contaminantes criterio del aire ambiente lo siguiente: "4.1.4.1. La responsabilidad de la determinación de las concentraciones de contaminantes criterio, a nivel del suelo, en el aire ambiente recaerá en la Autoridad Ambiental de Aplicación responsable acreditada ante el Sistema Único de Manejo Ambiental. Los equipos, métodos y procedimientos a utilizarse en la determinación en la concentración de contaminantes, serán aquellos descritos en la legislación ambiental federal de los Estados Unidos de América (Code of Federal Regulations) por Directiva de la Comunidad Europea y normas ASTM y cuya descripción general se presenta en la Tabla 2"

Para la obtención de la concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) en el aire, se suma las concentraciones promedio mensuales de SO<sub>2</sub> registradas en las estaciones de monitoreo de las ciudades disponibles, dividido

para el número de meses monitoreados en el período de análisis.

Tiempo de muestreo: Periodo de 24 horas continuas.

A nivel internacional, la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), en el Manual de Aseguramiento de Calidad de Aire - Sistemas de Medición de la contaminación - Volumen II, recomienda que para que un dato sea válido se requiere que el 75% de las muestras programadas deben ser recogidas y validadas con éxito (9 meses válidos).

De aplicarse el criterio anteriormente descrito, se considerará válido un monitoreo cuando:

- Equipos automáticos.- El cálculo de la concentración mensual cuenta con al menos 23 días de datos válidos
- Estaciones pasivas.- El cálculo de la concentración anual cuenta con al menos 9 meses de datos válidos.

### LIMITACIONES TÉCNICAS

Los responsables de realizar el monitoreo de la calidad del aire y de la recolección de información son los Gobiernos Autónomos Descentralizados Municipales de Quito y Cuenca, junto con el Municipio de Guayaquil que forma parte de la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire, la misma que fue implementada por el Ministerio del Ambiente a través de la firma de convenios y contratos marco de cooperación interinstitucional. Considerando que la responsabilidad del monitoreo de la calidad del aire, no está a cargo de la Autoridad Ambiental Nacional, esto se convierte en una limitación técnica respecto a la generación de información.

Dentro del monitoreo de la calidad del aire, existen factores que limitan la obtención del dato, los mismos se detallan a continuación:

1. Pérdidas de energía eléctrica.
2. Rotación de personal en la Red de Monitoreo de la Calidad del Aire.
3. Falla de los equipos. (Problemas en el motor y en los carbones del motor)
4. Problemas en la parte administrativa por parte de los GAD (Movilización de equipos para mantenimiento).
5. Falta de presupuesto para la adquisición de repuestos y accesorios.
6. Las estaciones pasivas solo permiten obtener un dato por mes.

<b>UNIDAD DE MEDIDA O EXPRESIÓN DEL INDICADOR</b>	<p>CSO<sub>2</sub>: Microgramos por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>SO<sub>2k</sub>: Microgramos por metro cúbico (µg/m<sup>3</sup>)</p> <p>N: Número (Nro.)</p>
<b>INTERPRETACIÓN DEL INDICADOR</b>	<p>Los valores del indicador muestran la concentración promedio de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>) presentes en la atmósfera en un año determinado, sea por actividades humanas o por procesos naturales, cuyo valor límite se establece en la normativa vigente para este contaminante.</p>
<b>FUENTE DE DATOS</b>	<p>Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Secretaría de Ambiente, Informes anuales sobre la calidad del aire en Quito.</p> <p>Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Cuenca, Empresa Pública Municipal de Movilidad, tránsito y transporte de Cuenca. Informes anuales sobre la calidad del aire en Cuenca.</p> <p>Ministerio del Ambiente. Dirección Nacional de Control Ambiental. Convenio Marco de Cooperación Interinstitucional entre el Ministerio del Ambiente y el Gobierno Autónomo Descentralizado de Guayaquil.</p>
<b>PERIODICIDAD DEL INDICADOR</b>	<p>Anual.</p>
<b>DISPONIBILIDAD DE LOS DATOS (SERIE DE DATOS DISPONIBLES)</b>	<p>En Quito desde el 2005 hasta el 2015, a través de las siguientes estaciones de monitoreo: Belisario, Camal, Carapungo, Cotocollao, Centro, Los Chillos, Tumbaco y Jipijapa.</p>

En Cuenca desde el 2008 hasta el 2015, a través de las siguientes estaciones de monitoreo: Balzai CEA – Universidad de Cuenca, Calle Larga, Cebollar, Colegio Borja, Carlos Arizaga Vega, Herlinda Tobar, Municipio, Carlos Crespi II, Hector Sanpertegui, Ignacio Andrade, Ignacio Escandón, Velasco Ibarra, Estación Bomberos, Facultad de Odontología, Machángara Punto Blanco, Mercado el Arenal, Misicata, Terminal Terrestre y Vega Muñoz.

En Guayaquil desde el 2013 hasta 2014.

**NIVEL DE  
DESAGR  
E-  
GACIÓN**

**GEOGRÁFICO**

Estación	X	Y
	WGS 84 17S	
<b>Quito</b>		
- Belisario	779389	9980085
- Camal	777160	9972341
- Carapungo	784154	9989120
- Centro	777160	9975660
- Cotocollao	778585	9988076
- Los Chillos	782727	9966808
- Tumbaco	789412	9976764
- Jipijapa	780503	9982298
<b>Cuenca</b>		
- Balzai CEA – Universidad de Cuenca	718544	9680491
- Calle Larga	722071	9679467
- Cebollar		
- Colegio Borja	717092	9677308
- Carlos Arizaga Vega,	724843	9681822
- Herlinda Tobar	724196	9680344
- Municipio	722201	9679917
- Carlos Crespi	722744	9681998
- Hector Sanpertegui	724612	9683855
- Ignacio Andrade	726318	9680505
- Ignacio Escandón	718810	9677826
- Velasco Ibarra	720897	9678191
- Estación Bomberos	722204	9679931
- Facultad de Odontología	723520	9678430
- Machángara Punto Blanco	728202	9681596
- Mercado el Arenal	719541	9679928
- Misicata		
- Terminal Terrestre	723343	9680506
- Vega Muñoz	722195	9680413
<b>Guayaquil</b>		
- Centro	656309	9765249

**GENERAL**

No aplica.

**OTROS ÁMBITOS**

No aplica.

**INFORMACIÓN GEO-  
REFERENCIADA**

**Sistema de referencia:**  
Sistema de Coordenadas UTM, Datum WGS 84, Zona 17S

**Formato de información georeferenciada:**  
Formato punto: Shapefile (\*.shp)

**RELACIÓN CON  
INSTRUMENTOS DE  
PLANIFICACIÓN NACIONAL E  
INTERNACIONAL**

Plan Nacional para el Buen Vivir 2013 – 2017

*Objetivo 7:* Garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental territorial y global.

*Política 7.8:* Prevenir, controlar y mitigar la contaminación ambiental en los procesos de extracción, producción, consumo y postconsumo.

	<p><u>Política Ambiental Nacional.</u></p> <p><i>Política 4:</i> Prevenir y controlar la contaminación ambiental para mejorar la calidad de vida.</p> <p><i>Estrategia 1:</i> Prevención de la contaminación y mitigación de sus efectos, así como reparación del ambiente.</p> <p><u>Comunidad Andina de Naciones (CAN).</u></p> <p>Indicador N° 43: Concentración de SO<sub>2</sub> en el aire.</p> <p><u>Marco de Desarrollo de Estadísticas Ambientales (MDEA)</u>          Componente 1 Condiciones y Calidad ambiental          1.3.1 Calidad del Aire: Niveles de concentración de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)</p>	
<p><b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS DE LA CONSTRUCCIÓN DEL INDICADOR</b></p>	<p>Acuerdo Ministerial No. 061. Reforma del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, Libro VI de la Calidad Ambiental (2015).</p> <p>Acuerdo Ministerial No. 097-A., a través del Registro Oficial No. 387 del 04 de noviembre de 2015. Expide los Anexos del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Libro VI. Anexo 4. Norma de Calidad del Aire Ambiente o Nivel de Inmisión (2015).</p> <p>Marco para el Desarrollo de Estadísticas Ambientales (MDEA) de la División de Estadística de las Naciones Unidas (2013).</p> <p>Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA), Manual de Aseguramiento de Calidad de Aire - Sistemas de Medición de la contaminación - Volumen II. (1998)</p> <p>Estándares Primarios y Secundarios Ambientales de Calidad de Aire de los Estados Unidos. Anexo 40 CFR 50, (1971).</p>	
<p><b>FECHA DE ELABORACIÓN DE LA FICHA METODOLÓGICA</b></p>	<p>Diciembre, 2009.</p>	
<p><b>FECHA DE LA ÚLTIMA ACTUALIZACIÓN DE LA FICHA</b></p>	<p>Mayo, 2016</p>	
<p><b>CLASIFICADOR SECTORIAL</b></p>	<p>Ambiente</p>	<p>02</p>
<p><b>ELABORADO POR</b></p>	<p>Comisión Especial de Estadística Ambiental</p>	

## ANEXOS

### ANEXO 1: Algoritmo de cálculo del indicador

#### SINTAXIS

##### 1. ENCABEZADO DE SINTAXIS

```
* TÍTULO DE LA SINTAXIS:  
* Concentración Promedio Anual de Dióxido de Azufre (SO2) en el Aire  
  
* OPERACIÓN ESTADÍSTICA:  
* Indicadores de Calidad de Aire-INEC  
  
* ENTIDAD EJECUTORA:  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC)  
  
* UNIDAD TÉCNICA RESPONSABLE:  
* Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)  
  
*****  
* Software estadístico: SPSS 21  
*****  
* Elaborado por:  
* Wilson Monteros.  
* Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
*****  
* Revisado por:  
* Jenny Argüello  
* Dirección de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales (DEAGA)  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
* JennyElizabeth_Arguello@inec.gob.ec  
*****  
* Aprobado por:  
* María José Murgueitio  
* Directora de Estadísticas Agropecuarias y Ambientales  
* Instituto Nacional de Estadística y Censos  
* mariajose_murgueitio@inec.gob.ec  
*****
```

##### 2. Código de la Sintaxis

```
GET  
FILE='C:\Users\wmonteros\Desktop\Base Dioxido de Azufre SO2.sav'.  
DATASET NAME Conjunto_de_datos3 WINDOW=FRONT.  
  
VARIABLE LABELS AÑO 'Año del Indicador'.  
  
VARIABLE LABELS Código 'Código del Cantón'.  
  
VARIABLE LABELS CANTÓN 'Identificador del Cantón'.  
  
VARIABLE LABELS Estación 'Nombre de la Estación'.  
  
VARIABLE LABELS Conteo 'Número de Meses'.
```

\*\*\*\*\*Estaciones\*\*\*\*\*

```
USE ALL.
COMPUTE filter_$=(Estación = 'CentroG').
VARIABLE LABEL filter_$ "Estación = 'CentroG' (FILTER)".
VALUE LABELS filter_$ 0 'Not Selected' 1 'Selected'.
FORMAT filter_$ (f1.0).
FILTER BY filter_$.
EXECUTE.
```

freq Estación.

filter off.

\*\*\*\*\*Parte I\*\*\*\*\*

```
RENAME VARIABLES Enero=CDE.
RENAME VARIABLES Febrero=CDF.
RENAME VARIABLES Marzo=CDM.
RENAME VARIABLES Abril=CDA.
RENAME VARIABLES Mayo=CDMA.
RENAME VARIABLES Junio=CDJ.
RENAME VARIABLES Julio=CDJL.
RENAME VARIABLES Agosto=CDAG.
RENAME VARIABLES Septiembre=CDS.
RENAME VARIABLES Octubre=CDO.
RENAME VARIABLES Noviembre=CDN.
RENAME VARIABLES Diciembre=CDD.
```

execute.

```
compute SO2k = sum.1(CDE, CDF, CDM, CDA, CDMA, CDJ, CDJL, CDAG, CDS, CDO, CDN, CDD).
execute.
```

```
VARIABLE LABELS SO2k 'Concentración de dióxido de azufre observado en el mes k
(Mensual)'.

```

\*\*\*\*\*Parte II\*\*\*\*\*

```
COMPUTE N=NVALID(CDE, CDF, CDM, CDA, CDMA, CDJ, CDJL, CDAG, CDS, CDO, CDN, CDD).
VARIABLE LABELS N 'Número de Meses'.
EXECUTE.
```

\*\*\*\*\*Parte III\*\*\*\*\*

\*\*\*Cálculo Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO2) en el aire\*\*\*\*\*

```
COMPUTE CSO2k=SO2k / N.
VARIABLE LABELS CSO2k 'Concentración de dióxido de azufre (SO2) promedio anual'.
EXECUTE.
```

\* Tablas personalizadas.

\*CTABLES

/VLABELS VARIABLES=AÑO Estación CSO2k DISPLAY=LABEL

/TABLE AÑO [C] BY Estación [C] > CSO2k [S][MEAN]

/CATEGORIES VARIABLES=AÑO Estación ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE

/TITLES

TITLE='Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO2) en el aire,  
según desglose de años'

CAPTION='Fuente: Inamhi' 'Elaborado por: Instituto Nacional de Estadística y  
Censos -INEC '.

\* Tablas personalizadas.

CTABLES

/VLABELS VARIABLES=AÑO Estación CSO2k DISPLAY=LABEL

/TABLE AÑO [C] BY Estación [C] > CSO2k [S][MEAN]

/CATEGORIES VARIABLES=AÑO Estación ORDER=A KEY=VALUE EMPTY=EXCLUDE

/TITLES

TITLE='Concentración promedio anual de dióxido de azufre (SO2) en el aire,  
según desglose de años'

CAPTION='Fuente: Temperaturas Inamhi' 'Elaborado por: Wilson Monteros '  
'Instituto Nacional de Estadística y Censos -INEC'.

AÑO DE REFERENCIA DE LA SINTAXIS

2016