

RESOLUCIÓN 242/1997

SECRETARIA DE POLITICA AMBIENTAL

La Plata, 1 de Julio de 1997

VISTO:

El expediente nº 2145-2498/97 por el cual se tramita el proyecto de Resolución complementaria del Decreto 3395/96 reglamentario en materia de Efluentes Gaseosos de la Ley N° 5965/58, y,

CONSIDERANDO:

Que, de conformidad con lo dispuesto en el artículo 3° del Decreto N° 3395/96 se crea la "Comisión Revisora Permanente" con el fin de elaborar propuestas de actualización de normas y valores fijados en el mismo;

Que, por Resolución N° 319/96, el señor Secretario de Política Ambiental en uso de las atribuciones propias de su competencia convocó a la citada Comisión;

Que, analizado el Decreto N° 3395/96, sus anexos y apéndices, la Comisión Revisora Permanente, propone aclaraciones para algunos de sus artículos y modificación de los valores en una de las tablas;

Que, la Autoridad de Aplicación según lo dispuesto en los artículos 4° y 10° del Decreto N° 3395/96, podrá incorporar sustancias nuevas consideradas contaminantes con sus límites de emisión como también establecer requisitos específicos a los fines de la obtención por los obligados del Permiso de Descarga exigido por Ley;

Que, conjugando lo dispuesto en el artículo 27° en sus incisos 1 y 17 del Decreto Ley N° 6769/58 Ley Orgánica Municipal con lo establecido en los artículos 5° y 11° de la Ley N° 5965/58, surge la necesidad de aclarar lo normado en el Decreto N° 3395/96 a los fines de poder definirse con mayor precisión la competencia municipal de fiscalización, penalización y percepción de multas sobre los sujetos obligados al cumplimiento del mismo;

Que, a fin de poder cumplimentar con lo dispuesto en el segundo párrafo del artículo 7° del Decreto 3395/96 resulta conveniente establecer pautas claras a los fines de fijar explícitamente la interpretación del mismo para la confección de la Declaración Jurada de Efluentes Gaseosos por parte de los obligados a su cumplimiento y al mismo tiempo lograr la implementación de una fiscalización y control de lo declarado ante la Autoridad Competente;

Que, el artículo 14º del Decreto mencionado, necesita de una especificación complementaria a fin de poder determinar la forma en que deberá declararse la altura de la edificación circundante, ya que la misma se constituye en una referencia para el diseño de los conductos a que se hace mención;

Por ello, y atento al dictamen favorable emitido por la Asesoría General de Gobierno,

EL SECRETARIO DE POLÍTICA AMBIENTAL DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES RESUELVE:

Artículo 1º) Los generadores de efluentes gaseosos a la atmósfera que deben solicitar permiso de descarga a la Autoridad de Aplicación del Decreto N° 3395/96, de acuerdo al artículo 4º del mismo, son los alcanzados por los rubros de actividad fijados en el Anexo I del Decreto N° 1741/96, y las enumeradas a continuación:

- a) Unidades de tratamientos móviles de residuos industriales y patogénicos que generen efluentes gaseosos.
- b) Estaciones de servicio.
- c) Hormigoneras y fabricación de concreto asfáltico, aún para aquellos supuestos en que no se encuentren alcanzados por el Decreto N° 1741/96.
- d) Almacenamiento al aire libre de productos o residuos a granel que generen efluentes gaseosos.
- e) Tratadores y centros de disposición final de residuos domiciliarios y con características asimilables que generen efluentes gaseosos.

El presente listado tiene carácter enunciativo y será actualizado en la medida que existan rubros de actividades de generadores de efluentes gaseosos que debido a sus características cuali-cuantitativas deban ser controlados por la Autoridad de Aplicación Provincial.

Artículo 2º) Será competencia municipal la emisión del permiso de descarga y fiscalización de los generadores de efluentes gaseosos no comprendidos en el artículo 1º de la presente Resolución.

Artículo 3º) Los generadores de efluentes gaseosos, alcanzados por el artículo 1º de la presente Resolución, deberán consignar en la Declaración Jurada prevista en el Anexo II del Decreto N° 3395/96 todos los conductos destinados a evacuar efluentes gaseosos, quedando exceptuados de presentar los análisis o realizar estimaciones en los casos en que justificadamente las consideren no relevantes por su cantidad y calidad, tales como termotanques, pequeños grupos electrógenos utilizados sólo como equipos de emergencia, campanas de mesadas de control de algunos productos o materias primas, ventilación de áreas de trabajo, entre otros; o provengan de ambientes o equipos emisores de sustancias no incluidas en las Tablas A, B y C del Decreto N° 3395/96, ni definidas como sustancias especiales de acuerdo por lo fijado por la Ley N° 11.720 y su Decreto reglamentario N° 806/97.

En los casos que se haga uso de esta excepción, se deberá incluir la justificación técnica pertinente en la Declaración Jurada.

Artículo 4°) Para el cumplimiento del Decreto N° 3395/96, cuando se realicen determinaciones de calidad de aire y/o de emisiones de efluentes gaseosos, podrán utilizarse las técnicas de muestreo y de análisis recomendadas por la Agencia de Protección Ambiental de los EEUU, (US-EPA).

Los métodos aprobados por la Agencia de Protección Ambiental (US-EPA) se hallan descriptos en el Título 40 Parte 60 Apéndice A del Código Federal de Regulaciones (US-EPA, Title 40 Code of Federal Regulation). Los métodos analíticos recomendados para la captación y cuantificación de los contaminantes mencionados en la Tabla A del Anexo III son:

- a) Toma de muestras y determinación de velocidad y caudal volumétrico de gases: Métodos 1 y 2.
- b) Material particulado en suspensión (PM-10): Métodos 5 y 17.
- c) Dióxido de Azufre: Métodos 6 y sus variantes.
- d) Óxidos de Nitrógeno: Métodos 7 y sus variantes.
- e) Monóxido de Carbono: Método 10.
- f) Plomo: Método 12.

Artículo 5°) Apruébase el “INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE MODELOS DE DIFUSIÓN ATMOSFÉRICA A EFLUENTES GASEOSOS” que como Anexo I se adjunta a la presente y que forma parte integrante de la misma, a los efectos de cumplimentar con lo dispuesto en el artículo 11° del Decreto N° 3395/96.

Los generadores de efluentes gaseosos existentes alcanzados por el artículo 1° de la presente Resolución, deberán cumplir lo dispuesto en el Instructivo citado en el presente artículo.

Artículo 6°) Si la aplicación de la ETAPA I contenida en el Anexo I de la presente Resolución resultara satisfactoria, se extenderá el Permiso de Descarga de Efluentes Gaseosos y no será necesario proseguir con las siguientes etapas, salvo que razones técnicas justifiquen su no otorgamiento. En caso contrario, se proseguirá con las sucesivas Etapas hasta obtener resultado satisfactorio.

En cada una de las Etapas, podrá presentarse en forma conjunta a la Declaración Jurada, un cronograma para el cumplimiento de adecuaciones y correcciones cuando el generador realice modificaciones de procesos, tecnologías, materias primas o tratamientos de efluentes gaseosos. Su aprobación evitará continuar con la etapa siguiente.

Artículo 7°) La Declaración Jurada a que hace referencia el Anexo II del Decreto N° 3395/96 deberá ser presentada en el soporte informático desarrollado y suministrado por

la Secretaría de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires y con la impresión que ésta aplicación genera.

En caso que no se correspondan los datos de la planilla con los del diskette serán considerados válidos los datos de la planilla, procediéndose a las correcciones que correspondan.

Artículo 8º) Modifícanse y acláranse las siguientes definiciones del Anexo I del Decreto N° 3395/96 por las siguientes:

Normas de calidad de aire: Son límites, (primarios y secundarios), correspondientes a niveles de contaminación en aire, durante un período de tiempo dado, (especificados en la tabla A).

Norma primaria: Son límites destinados a la protección de la salud de la población.
Norma secundaria: Son límites destinados a mejorar el bienestar público, que incluye la protección de los animales, cultivos, vegetación, bienes de la comunidad públicos y privados y las condiciones de visibilidad de los efectos de la contaminación del aire.

Artículo 9º) Debe interpretarse que las Tablas de los puntos 1 y 2 contenidas en el Anexo V del Decreto N° 3395/96 son normas de emisión de efluentes gaseosos y la Tabla C del Anexo III del mismo Decreto es norma de calidad de aire.

Artículo 10º) En el plano o croquis a que se hace referencia en el punto 6 de la Declaración Jurada del Anexo I del Decreto N° 3395/96, deberán indicarse las ubicaciones de las fuentes de emisiones acotadas a puntos de referencia adecuados y marcarse la altura de la edificación circundante más elevada indicando su posición y distancia respecto a cada fuente de emisión de efluentes gaseosos.

Artículo 11º) El permiso de descarga otorgado por la Secretaría de Política Ambiental puede ser revocado o modificado en los casos que los valores de calidad de aire alcancen valores de riesgo.

Artículo 12º) Modifícase la Tabla A del Anexo III del Decreto N° 3395/96 la cual quedará confeccionada de la siguiente manera:

ANEXO III

NORMA DE CALIDAD DE AIRE AMBIENTE

TABLA A CONTAMINANTES BASICOS

Contaminante	Símbolo	mg/m ³	ppm	Período de tiempo
Dióxido de azufre	SO ₂	1,300 ⁽⁷⁾	0,50 ⁽⁷⁾	3 horas ⁽²⁾
		0,365 ⁽⁷⁾	0,14 ⁽⁷⁾	24 horas ⁽¹⁾⁽³⁾
		0,080	0,03	1 año ⁽¹⁾⁽⁴⁾
Material particulado en suspensión ⁽⁶⁾	PM-10	0,050		1 año ⁽¹⁾⁽²⁾
		0,150 ⁽⁷⁾		24 horas ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾
Monóxido de carbono	CO	10,000 ⁽⁷⁾	9 ⁽⁷⁾	8 horas ⁽¹⁾
		40,082 ⁽⁷⁾	35 ⁽⁷⁾	1 hora ⁽¹⁾
Ozono (Oxidantes fotoquímicos)	O ₃	0,235 ⁽⁷⁾	0,12 ⁽⁷⁾	1 hora ⁽¹⁾⁽²⁾
Oxidos de nitrógeno (expresado como dióxido de nitrógeno)	NO _x	0,367 ⁽⁷⁾	0,2 ⁽⁷⁾	1 hora ⁽¹⁾⁽²⁾
		0,100	0,053	1 año ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾
Plomo ⁽⁵⁾	Pb	0,0015 (media aritmética)		3 meses ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾

- 1) Norma primaria.
- 2) Norma secundaria.
- 3) 24 horas medidas entre las 10.00 horas del día 1 y las 10.00 horas del día 2.
- 4) Media aritmética en el período considerado.
- 5) Determinado a partir de material particulado total (MPT).
- 6) Partículas con diámetro menor o igual que 10 micrones.
- 7) No puede ser superado más de una vez al año.
- 8) Observaciones: Los valores de la presente tabla están referidos a condiciones estándares (Temperatura: 25 °C y Presión de 1 atmósfera).

Referencia: National Ambiental Air Quality Standards de EEUU, (NAAQS).

Artículo 13º) La Secretaría de Política Ambiental extenderá el “PERMISO DE DESCARGA DE EFLUENTES GASEOSOS A LA ATMOSFERA”, conforme al modelo que como Anexo II, forma parte integrante de la presente, entregando copia original al peticionante, disponiéndose el archivo de una copia fiel.

Artículo 14º) Regístrese, comuníquese, dése al Boletín Oficial para su publicación y oportunamente archívese.

Firmado:

Dr. Osvaldo Mario Sonzini.

Secretario de Política Ambiental de la Provincia de Buenos Aires

ANEXO I

INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE MODELOS DE DIFUSIÓN ATMOSFÉRICA A EFLUENTES GASEOSOS

I. INTRODUCCIÓN

El objetivo de la Secretaría de Política Ambiental (SPA) es basar la fiscalización de los efluentes gaseosos en el control del impacto que producen los mismos en la calidad del aire, lo que conlleva a la necesidad de medir dicha calidad o estimarla mediante modelación matemática simulando el comportamiento de contaminantes en la atmósfera. El presente INSTRUCTIVO PARA LA APLICACIÓN DE MODELOS DE DIFUSIÓN ATMOSFÉRICA A EFLUENTES GASEOSOS tiene como objeto brindar una herramienta válida de trabajo para relacionar la emisión de un efluente gaseoso y la calidad del aire ambiente, y con ello, poder comparar con las normas y los niveles guía de calidad del aire ambiente fijados por el Decreto N° 3395/96.

Las metodologías para relacionar los efluentes gaseosos con la calidad del aire son bastante complejas, por lo que la S.P.A. consideró necesario elaborar un instructivo constituido por etapas que resulte accesible a quienes deban cumplir con el Decreto citado.

El objetivo de las etapas es la aplicación de modelos de complejidad creciente en la medida que las situaciones lo requieran, evitando mayores costos en especial para la pequeña y mediana industria.

II. DEFINICIONES

Las definiciones que se incorporan a continuación, se refieren a conceptos utilizados en la aplicación de los modelos de calidad de aire.

II.1. CONCENTRACIÓN DE FONDO: Concentración de un contaminante en aire debida al aporte de otras fuentes distintas a las analizadas. Esta concentración puede deberse al aporte de fuentes naturales, de otras fuentes identificadas que contribuyen a la contaminación atmosférica en la zona de aporte de las fuentes en estudio y de posibles fuentes no identificadas.

II.2. CONCENTRACIÓN TOTAL: En los estudios de evaluación de impacto ambiental atmosférico, la comparación con los valores fijados por las normas de calidad de aire debe hacerse determinando la concentración total, es decir la suma de la concentración de fondo y de la concentración proveniente del aporte relativo de las fuentes en cuestión.

II.3. RECEPTOR: La localización (en coordenadas x,y,z) en la cual se miden o estiman las concentraciones en aire de los contaminantes de interés .

II.4. TERRENO SIMPLE O COMPLEJO: En el terreno simple todos los receptores se encuentran ubicados entre la altura de la base y el tope de la chimenea, mientras que en el terreno complejo algunos receptores se encuentran por encima del tope de la chimenea.

II.5. ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA: La turbulencia de la atmósfera puede ser caracterizada mediante la clase de estabilidad atmosférica, que es función de la turbulencia térmica y de la turbulencia mecánica.

En esta Guía las condiciones atmosféricas inestables corresponden a las clases de estabilidad A, B o C, las condiciones neutras a la D y las condiciones estables a las E o F (Ver Apéndice 2).

II.6. ALTURA EFECTIVA DE EMISIÓN: De las definiciones más utilizadas para la altura efectiva de emisión, las dos siguientes se encuentran entre las más simple de aplicar (referencia 7):

- a) La altura a la cual una pluma no se eleva más (para condiciones estables).
- b) La altura de una pluma por encima del punto en el que se verifica la concentración máxima a nivel del suelo (la más práctica para condiciones neutras o inestables).

II.7. ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA: La altura de la capa de mezcla es la altura de la capa de la atmósfera dentro de la cual se produce una fuerte mezcla vertical del aire debida al calentamiento radiactivo de la superficie terrestre, (referencia 3).

III. ETAPAS DE ELABORACIÓN

III.1. CONSIDERACIONES GENERALES

La presente Metodología identifica aquéllas técnicas y bases de datos disponibles y de reconocida performance necesarias para una adecuada aplicación de los modelos de dispersión de contaminantes en la atmósfera.

No tiene el alcance de un compendio de la tecnología de la modelación de la calidad del aire. En tal sentido, es insuficiente para el análisis pormenorizado de cada situación.

En esta Metodología, se ha considerado conveniente alentar la aplicación de modelos evaluados y aprobados por la Agencia de Protección Ambiental de EEUU (E.P.A.), ya que el conjunto de modelos reconocidos por esta Agencia, cubren con suficiente

aproximación los distintos tipos de situaciones que pueden encontrarse en la Provincia de Buenos Aires.

A los fines del cumplimiento del Decreto N° 3395/96, la metodología desarrollada está dividida en tres etapas: Etapa I: análisis mediante sondeo simple, Etapa II: análisis mediante sondeo detallado y Etapa III: análisis mediante modelación detallada. (Referencia 8).

ETAPA I SONDEO SIMPLE

El análisis de sondeo simple puede ser utilizado para determinar de manera aproximada las concentraciones de contaminantes en aire esperables en las condiciones más desfavorables. Se aplica para determinar si las emisiones procedentes de las fuentes en cuestión superan una fracción de los límites de calidad del aire establecidos por el Decreto N° 3395/96 y Resoluciones complementarias. Si las concentraciones totales en aire de los contaminantes en estudio no sobrepasan el 30% de los valores correspondientes establecidos en el Decreto N° 3395/96, la o las fuentes en estudio pueden considerarse ambientalmente adecuadas y no será necesario proseguir con las siguientes etapas. En caso contrario, corresponde aplicar el análisis por Sondeo Detallado indicado en la Etapa II.

ETAPA II SONDEO DETALLADO

Posee los mismos objetivos que la Etapa I pero su metodología de cálculo es más compleja para obtener mayor exactitud.

Si las concentraciones ambientales totales de los contaminantes en estudio no sobrepasan el 50% de los valores correspondientes establecido por el Decreto N° 3395/96, la o las fuentes en estudio pueden considerarse ambientalmente adecuadas y no será necesario proseguir con las siguientes etapas. En caso contrario, corresponde aplicar el análisis por Modelación Detallada indicado en la Etapa III.

ETAPA III MODELACION DETALLADA

Excluye el uso de modelos de sondeo, y requiere la utilización de información meteorológica horaria como base de entrada de modelos detallados.

Si bien a este nivel se debe acceder cuando los resultados del estudio de la Etapa II indican la existencia de un problema potencial para la calidad del aire, es posible, a criterio del generador, realizar el estudio comenzando con la Etapa III, sin encarar los análisis de sondeos, (Etapa I y II).

III.2. CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS

La aplicación de modelos de difusión atmosférica requiere de la selección y procesamiento de información, que es necesaria tanto para quien le fuera suficiente con el desarrollo de la ETAPA I como para los que deban presentar los resultados de la ETAPA II o III. Por ello se incorporan en este punto, los aspectos comunes a todas las Etapas.

Las características de las fuentes emisoras surgen de los datos volcados en el formulario de Declaración Jurada del Decreto N° 3395/96.

h_{ch} [m]: Altura de la chimenea.

d_s [m]: Diámetro interno de la chimenea.

V_s [m/s]: Velocidad de salida de gases de la chimenea.

T_s [°K]: Temperatura salida gases.

Q [mg/s]: Caudal másico de la emisión.

CONDUCTO Nº	DATOS TECNICOS			CAUDAL DEL EFLUENTE	TEMP. T_s	V_s	TIEMPO REAL DE FUNC		FUNCIONAMIENTO			SECTOR
	SECCION	ALTURA	DIAMETRO				(1)	(2)	CONT	INTERM	FREC	
	(m ²)	h_{ch} (m)	d_s (m)	(m ³ /s)	(°K)	(m/s)	(1)	(2)				(3)
(1) Meses trabajados en el año												
(2) Horas trabajadas en el mes.												
(3) Sector de la planta al que pertenece (indicado en el croquis).												
CONTAMIANTE EMITIDOS												
Nº	NOMBRE DEL CONTAMINANTE	CONC. EN CHIMENEA a T_s C (mg/m ³)		CAUDAL MASICO Q (mg/s)		CONC. EN CHIMENEA a 0°C, 1 atm. (mg/Nm ³)						

III.3. VALORES DE CONCENTRACIÓN DE FONDO A CONSIGNAR:

Resulta conveniente considerar dos situaciones diferentes en el momento de consignar valores de concentración de fondo.

- 1) El generador del efluente gaseoso en estudio está relativamente aislado de otras fuentes.
- 2) El generador del efluente gaseoso en estudio se encuentra en la vecindad de otras fuentes.

Los valores de la concentración de fondo a consignar corresponden a las concentraciones críticas promediadas, considerando los períodos de tiempo correspondientes a cada contaminante incluido en las Tablas A, B, C del Decreto N° 3395/96 y Resoluciones complementarias.

Es importante tomar en cuenta las zonas de interacción entre las fuentes vecinas y las fuentes en estudio. Los receptores de interés se ubican en el área de máximo impacto de las fuentes en estudio, el área de máximo impacto de las fuentes vecinas y el área donde ambos tipos de fuentes se combinan para provocar un impacto conjunto máximo.

La dificultad para evaluar la concentración de fondo radica en la disponibilidad de información concerniente tanto a los datos de calidad de aire como a los datos de características de emisión de las fuentes vecinas.

Debido a las dificultades para evaluar la concentración de fondo, en los casos en que se incorporen estos valores deberán indicarse los criterios de la determinación. La metodología podrá basarse en la obtención de datos de monitoreo especialmente diseñados a este fin, o bien sobre la base de inventarios de emisiones propias y de terceros, entre otras.

En todos los casos el proponente deberá consultar a la Secretaría de Política Ambiental.

IV. ETAPAS PARA LA ELABORACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL ATMOSFÉRICO PRODUCIDO POR FUENTES DE EMISIÓN DE EFLUENTES GASEOSOS.

IV.1. ETAPA I SONDEO SIMPLE

IV.1.1. Datos de las fuentes de emisión.

Para estimar el impacto sobre la calidad del aire producido por fuentes puntuales fijas estacionarias de emisión de efluentes gaseosos se deben conocer algunas características de las fuentes de emisión, indicadas en la Declaración Jurada del Anexo II del Decreto N° 3395/96.

La siguiente información es necesaria:

- 1) Caudal másico de emisión (Q) (mg/s)**
- 2) Altura de la chimenea o conducto (h_{ch}) (m)**
- 3) Temperatura de los gases a la salida de la chimenea (T_s) (K)**
- 4) Diámetro interno de la chimenea o conducto (d_s) (m)**
- 5) Velocidad de salida de los gases de la chimenea (V_s) (m/s)**

Parámetros supuestos para la aplicación de la Etapa I:

$T_a = 293$ °K: Temperatura del aire ambiente.

$u = 1$ m/s, 2m/s, 3 m/s, 5 m/s, 10 m/s : Velocidad del viento.

IV.1.2. Consideraciones Generales:

El procedimiento descrito y utilizado en esta Etapa, (referencia 8), está basado en el modelo de difusión atmosférico bigaussiano.

El objetivo de este procedimiento de sondeo es evaluar en forma global y general en primera instancia el impacto ambiental atmosférico producido por fuentes estacionarias de emisión de efluentes gaseosos. Este procedimiento puede ser aplicado a fuentes puntuales elevadas cuando los períodos de tiempo de las concentraciones medias calculadas estén comprendidos entre 15 minutos y 1 año.

Este procedimiento es particularmente útil para fuentes que emiten contaminantes para los cuales las normas de calidad del aire para períodos de tiempo cortos son "definitorias" en relación con las de período largo de tiempo. Por ejemplo, en los casos en que el cumplimiento de las normas de corto plazo aseguran el cumplimiento de las normas a largo plazo. Las fuentes elevadas (o sea las fuentes de emisión que están alejadas del suelo) se encuentran dentro de esta categoría.

Cuando se aplica este procedimiento a fuentes puntuales elevadas, se supone que se cumplen las siguientes condiciones:

- a) No existe remoción de los contaminantes.
- b) La pluma de contaminantes no impacta sobre terreno elevado.

El procedimiento de sondeo simple (Etapa I) calcula la concentración media horaria máxima de contaminantes en aire a nivel del suelo (1° a 6° pasos). Para obtener las concentraciones medias máximas para otros tiempos de promedio, los valores medios horarios obtenidos en los pasos anteriores deben ser multiplicados por los factores de corrección adecuados (7° paso). Posteriormente, es necesario adicionar la concentración de "fondo" (8° paso) para encontrar la concentración total estimada. Esta estimación debe ser comparada con el 30 % del valor del límite máximo admisible correspondiente establecido por el Decreto 3395/96 de la Ley de la Provincia de Buenos Aires 5965 (9° paso).

1° Paso:

Estimación de la elevación normalizada de la pluma de contaminantes (uDh) que es aplicable a fuentes que emiten contaminantes a la atmósfera durante condiciones atmosféricas inestables y neutras. Las condiciones estables no son explícitamente consideradas en este procedimiento de sondeo simple debido a que el mismo no debe ser utilizado con fuentes de emisión cuya altura efectiva es menor que 10 m o casos en los que hay intercepción de la pluma con el terreno. Primero, se calculará el parámetro de empuje térmico (F_b):

$$F_b = g \cdot V_s \cdot d_s^3 \cdot \left(\frac{T_s - T_a}{4T_s} \right) \quad (3)$$

donde: g es la aceleración de la gravedad (m/seg²)

La elevación normalizada de la pluma de contaminantes (uD h) se obtiene de la siguiente manera:

a) Si $F_b < 55 \text{ m}^4 / \text{s}^3 \Rightarrow uDh (\text{m}^2 / \text{s}) = 21.4 F_b^{3/4}$ (4)

b) Si $F_b \geq 55 \text{ m}^4 / \text{s}^3 \Rightarrow uDh (\text{m}^2 / \text{s}) = 38.7 F_b^{3/4}$ (5)

2° Paso:

El valor de uD h obtenido mediante las ecuaciones (4) o (5) debe ser dividido por cada una de las cinco velocidades del viento, (u= 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 y 10.0 m/s) para obtener la elevación de la pluma de contaminantes correspondiente a cada velocidad del viento:

$$Dh = \frac{uDh}{u} \quad (6)$$

Si $T_s < T_a$ o el conducto posee sombrerete debe considerarse Dh = 0.

3° Paso:

La obtención de la altura efectiva de la emisión (h_e) se realizará para cada una de las velocidades del viento utilizadas, (u= 1.0, 2.0, 3.0, 5.0 y 10.0 m/s), sumando la elevación de la pluma de contaminantes (Dh) a la altura de la chimenea o conducto considerado (h_{ch}):

$$h_e = h_{ch} + Dh \quad (7)$$

4° Paso:

Para cada altura efectiva de emisión obtenida en el 3er. paso se calculan los valores de [Cu/Q] utilizando la siguiente expresión:

$$Cu/Q = 0.0414 \cdot h_e^{1.5} \quad (8)$$

5° Paso:

Se divide cada valor de $[Cu/Q]$ por la velocidad del viento respectivo para determinar los valores correspondientes de $[C/Q]$:

$$\frac{C}{Q} = \frac{Cu/Q}{u} \quad (9)$$

6° Paso:

Se multiplica el valor máximo de la concentración dividido por Q obtenido en el 5to. paso por el caudal másico de emisión (Q) (mg/s) y se incorpora el factor 2 como margen de seguridad para obtener la concentración media horaria máxima a nivel del suelo (C_1) (mg/m^3) originada por los contaminantes emitidos desde la chimenea considerada:

$$C_1 = 2 \cdot Q \cdot C/Q \quad (10)$$

El margen de seguridad (factor 2) es incorporado en el procedimiento de sondeo simple para tener en cuenta las inexactitudes inherentes a la estimación de la concentración obtenida mediante el cálculo de este tipo.

Si se consideran más de una chimenea es necesario aplicar este procedimiento separadamente a cada una de ellas. Luego, los valores de la concentración media horaria máxima de contaminantes en aire a nivel del suelo obtenidos para cada chimenea deben ser sumados y la concentración media horaria máxima debida a todas las fuentes en estudio es obtenida.

7° Paso:

Para encontrar la concentración media para un período de tiempo mayor que 1 hora se debe multiplicar la concentración media horaria máxima debida a todas las fuentes en estudio por el factor de corrección que corresponda según lo siguiente:

$$\begin{aligned} C_{15min} &= 1.5 \cdot C_{1hr} \\ C_{30min} &= 0.9 \cdot C_{1hr} \\ C_{45min} &= 0.7 \cdot C_{1hr} \\ C_{1hr} &= 0.4 \cdot C_{1hr} \\ C_{2hr} &= 0.12 \cdot C_{1hr} \\ C_{4hr} &= 0.08 \cdot C_{1hr} \end{aligned} \quad (11)$$

8° Paso:

Como las concentraciones calculadas se comparan con el 30% del límite máximo admisible de calidad de aire, las concentraciones calculadas deben dividirse por **0,30**.

9° Paso:

A continuación deben incorporarse las concentraciones para cada contaminante y período de tiempo establecidos en el Decreto N° 3395/96 debidas a otras fuentes o concentraciones "de fondo" (C_b), de tal manera que la concentración total estimada ($C_{máx}$) (mg/m^3) queda:

$$C_{máx} = C_p + C_b \quad (12)$$

Si las concentraciones así calculadas son inferiores al límite máximo admisible de calidad de aire establecidos en el Decreto N° 3395/96 y Resoluciones dictadas en consecuencia, la fuente o fuentes de emisión estudiadas pueden ser consideradas ambientalmente adecuadas y no es necesario realizar un análisis posterior.

IV.2. CONSIDERACIONES COMUNES A LAS ETAPAS II y III:

IV.2.1. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO:

Si el generador está ubicado en una zona donde sea necesario tomar en cuenta la presencia de costa o de terreno complejo, se especificarán la ubicación y dimensiones de los espejos de agua cercanos, altura y ubicación de las elevaciones cercanas, así como otras características geográficas que resulten determinantes en la elección del modelo a utilizar.

En el caso de terreno simple se deben consignar la ubicación y la elevación de aquellos receptores donde es posible que existan concentraciones mayores a las de nivel de la base de la chimenea.

IV.2.2. SELECCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA: URBANA O RURAL:

De los diversos criterios que se pueden adoptar para la selección de la condición urbana o rural (rugosidad de la superficie, uso de la tierra, densidad de población), se adopta el procedimiento basado en el uso de la tierra. Este procedimiento determina la utilización de parámetros de dispersión atmosférica urbanos en aquellos casos para los cuales el uso de la tierra para más del 50 por ciento de la zona de influencia, corresponda a zonas alta o medianamente industriales, comerciales o de residencias multifamiliares (referencia 7). Dicha zona de influencia queda determinada por un círculo de 3 kilómetros de radio con centro en el foco emisor y por la dirección respectiva del viento.

En aquellas situaciones para las cuales la distinción entre zona urbana o rural sea poco clara, deberán analizarse ambas posibilidades.

Algunas localizaciones pueden presentar condición urbana para algunas direcciones de viento y rural para otras.

IV.2.3. CONSIDERACIÓN DEL EFECTO DE REMOCIÓN POR EDIFICIOS CERCANOS:

Los edificios ubicados en las inmediaciones de una chimenea influyen de manera diferente en el desarrollo de la pluma de acuerdo a la relación entre su altura y su ancho. Se define entonces la altura de buen diseño técnico (h_{BDT}) (referencia 9) como:

$$h_{BDT} = H_{edif} + 1.5L \quad \text{si } L < H_{edif} \quad (13)$$

$$h_{BDT} = 2.5 \cdot H_{edif} \quad \text{si } L^3 < H_{edif} \quad (14)$$

Donde H_{edif} , es la altura del edificio y L es la menor dimensión entre: el ancho transversal proyectado en la dirección del viento y la altura. Se considera que los edificios cercanos modifican el desarrollo de la pluma si la altura de la chimenea es menor que h_{BDT} . En este caso será necesario considerar los efectos de remoción, y se deberán especificar las dimensiones de estos edificios, consignándose también su ubicación en el mismo mapa donde se localizaron las chimeneas.

IV.2.4. SELECCIÓN DE RECEPTORES:

La selección de receptores debe proveer un adecuado muestreo de la zona de influencia. Se deberá utilizar una grilla de paso 50m x 50m en las zonas de máxima concentración esperable, con el objetivo de asegurar la presencia de receptores en dichas áreas.

Existen algunas circunstancias bajo las cuales, para el cálculo de las concentraciones máximas esperables, será necesario considerar ubicaciones especiales de receptores denominados críticos. Ejemplos de estas situaciones son el caso de terreno simple con elevaciones cercanas menores a la altura de las chimeneas, y la presencia de algún edificio más alto que el resto de la edificación que rodea a la industria en estudio.

IV.2.5. TRATAMIENTO DEL MATERIAL PARTICULADO. SUSPENSIÓN Y DEPOSITO:

Las partículas sólidas están sometidas en forma simultánea a los efectos gravitatorio y dispersivo en la atmósfera turbulenta. El fenómeno de dispersión atmosférica es predominante para partículas pequeñas, mientras que las

partículas grandes se ven sometidas al proceso dispersivo y al efecto gravitatorio. Además, al tomar contacto con la superficie del suelo las partículas pequeñas tienden a ser totalmente reflejadas, en tanto que las grandes pueden ser parcial o totalmente retenidas. Entonces, de acuerdo al tamaño de las partículas emitidas por las chimeneas, existirá una concentración de partículas en suspensión, y una concentración de partículas que tienden a depositarse en la superficie terrestre. Para el cálculo de las concentraciones de partículas depositadas y en suspensión resulta necesario contar con la información de la distribución del tamaño de las partículas emitidas desde las chimeneas.

La velocidad de depósito (V_d) de las partículas se calculará mediante la fórmula de Stokes, que se indica a continuación.

$$V_d = \frac{g \cdot d \cdot D^2}{18 \cdot m} \quad (15)$$

donde:

V_d : Velocidad de deposición de la partícula.

d : Densidad de la partícula.

g : Aceleración de la gravedad.

D : Diámetro medio de la partícula.

m : Viscosidad dinámica del aire ($m @ 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm s}$).

IV.3. ETAPA II ASPECTOS ESPECÍFICOS

El análisis por sondeo detallado adoptado para la **Etapa II** presenta dos recaudos para asegurar que se están considerando las peores condiciones posibles en la evaluación de la concentración máxima total para cada uno de los períodos de tiempo fijados en el Decreto N° 3395/96.

- Por un lado la evaluación del aporte relativo de las emisiones de la Industria está basado en un barrido de condiciones atmosféricas que permite identificar la situación ambientalmente más desfavorable.
- El otro factor de seguridad para esta etapa se basa en el hecho de referenciar cada concentración máxima total calculada a la mitad del valor correspondiente fijado en el Decreto N° 3395/96.

Los modelos a utilizar son los de sondeo indicados en el Apéndice 4 (puntos 4.1 y 4.2) y los modelos detallados incluidos en la versión de la “Guideline on Air Quality Models, Revised” (referencia 7) actualizada a la fecha de realización del estudio, según se indica en los puntos 4.3. y 4.4 del Apéndice 4, con la consideración de las condiciones atmosféricas más desfavorable. (ver sección IV.3.1.).

IV.3.1. CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS HORARIAS MÁXIMAS PARA DETECTAR LA CONDICIÓN ATMOSFÉRICA MÁS DESFAVORABLE.

Para detectar las condiciones atmosféricas más desfavorable, es decir aquéllas que posibilitan la mayor concentración media horaria, se deben tener en cuenta todas las combinaciones posibles de clase de estabilidad - velocidad de viento - altura de la capa de mezcla.

IV.3.1.1. MATRIZ CLASE DE ESTABILIDAD - VELOCIDAD DE VIENTO

En la Tabla 3 (referencia 12) se indican las combinaciones clase de estabilidad - velocidad de viento a considerar en el cálculo de las concentraciones horarias. Cada celda de la matriz tendrá asociada una o más alturas de capa de mezcla como se indica en la sección IV.3.1.2.

Tabla 3. Combinaciones de velocidades de viento y clases de estabilidad

Clase de estabilidad	Velocidad de viento (m/s)												
	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5	8	10	15	20
A	*	*	*	*	*								
B	*	*	*	*	*	*	*	*	*				
C			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
D	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E			*	*	*	*	*	*	*				
F	*	*	*	*	*								

IV.3.1.2. ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA

IV.3.1.2.1. Condiciones neutrales e inestables

Para determinar la situación “de peor caso” en condiciones inestables y neutras (clases A, B, C y D), es necesario realizar un análisis considerando las alturas de capa de mezcla calculadas sobre la base de la altura efectiva de cada una de las chimeneas en estudio.

Se deberá calcular la altura efectiva de emisión para cada una de las chimeneas, para todas las velocidades de viento indicadas en la Tabla 3. Para cada una de las velocidades de viento, se asocia a cada chimenea en estudio un valor para la altura de la capa de mezcla de un metro por encima de la altura efectiva de emisión correspondiente. Para la evaluación de la concentración máxima horaria, resulta conveniente distinguir los casos en los que se está en presencia de una o más chimeneas.

- Para una Única Chimenea

Cada celda de la Tabla 3 tiene asociada una combinación de clase de estabilidad (A, B, C o D) - velocidad de viento - altura de capa de mezcla. Se calcula la concentración media horaria máxima para cada una de estas combinaciones.

- Para Chimeneas Múltiples

En este caso, cada celda de la Tabla 3 tiene asociada una combinación de clase de estabilidad (A, B, C o D) - velocidad de viento y tantas alturas de capa de mezcla como chimeneas en estudio.

Para cada celda, no se puede definir "a priori" cuál es la combinación de chimeneas y alturas de capa de mezcla que provoca la máxima concentración media horaria. El análisis debe asegurar el barrido de todas estas combinaciones. Para tal fin conviene realizar un procedimiento ordenado de cálculo. Por ejemplo, se puede comenzar con la menor altura de capa de mezcla y el sólo aporte de la chimenea correspondiente. El análisis continúa incorporando, una a una, las sucesivas alturas de capa de mezcla en orden creciente. De esta manera, en cada paso se calcula el aporte conjunto de las chimeneas analizadas previamente más el aporte de la chimenea asociada a la altura de la capa de mezcla recientemente incorporada. Este procedimiento finaliza con el cálculo del aporte conjunto de todas las chimeneas para la máxima altura de capa de mezcla. Se detecta de este modo, para cada celda, la combinación altura de capa de mezcla, velocidad de viento, clase de estabilidad y chimeneas para la cual la concentración media horaria es máxima.

IV.3.1.2.2. Condiciones estables.

Para condiciones estables se considera una altura de capa de mezcla de 10.000 m, para representar mezcla ilimitada.

En este caso el procedimiento resulta más sencillo y se limita al cálculo la concentración máxima horaria para cada una de las combinaciones clase

de estabilidad (E o F) - velocidad de viento (ver Tabla 3) para todas las chimeneas en conjunto.

IV.3.1.3. Material Particulado.

Para el cálculo de la concentración media de material particulado respirable (PM-10) en suspensión se considerará que todas las partículas son totalmente reflejadas en la superficie terrestre, mientras que para calcular la concentración de partículas sedimentables se considerará que todas ellas son totalmente depositadas en el suelo.

IV.3.2. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS:

La evaluación de la concentración media máxima para períodos de tiempo de corto plazo (hasta 24 horas) y de largo plazo (mensual, estacional o anual), se realiza en base al cálculo de las concentraciones medias horarias máximas asociadas a cada combinación clase de estabilidad - velocidad de viento - altura de mezcla, indicado en la sección IV.3.1.

IV.3.2.1. Concentración media horaria máxima.

Para el cálculo de la concentración media horaria máxima, el procedimiento adoptado en la sección IV.3.1 es válido para cada una de las direcciones de viento. Es conveniente distinguir dos situaciones posibles para discriminar si es necesario rastrear todas las direcciones de viento.

Una Única Chimenea

En este caso la concentración media horaria máxima para una única dirección de viento, es representativa de todas las direcciones. La concentración media horaria máxima está dada por el máximo de los valores consignados en las celdas de la Tabla 3, obtenidos siguiendo el procedimiento indicado en la sección IV.3.1.2.

Chimeneas Múltiples

Se debe aplicar el procedimiento indicado en la sección IV.3.1.2. para ocho direcciones de viento (N, NE, E, SE, S, SO, O y NO). El valor máximo para cada dirección se obtiene explorando la Tabla 3, como en el caso de tener una sola chimenea. La concentración media horaria máxima corresponde al mayor de los ocho valores.

En aquellas circunstancias en que sea necesario considerar receptores críticos se deberá calcular la concentración media horaria en esos puntos. Se seleccionará el máximo entre estos valores y el calculado anteriormente, para obtener el valor de la concentración media horaria máxima.

IV.3.2.2. CONCENTRACIONES MÁXIMAS PARA OTROS PERÍODOS DE TIEMPO DE CORTO PLAZO.

Para aquellos contaminantes incluidos en el Decreto N° 3395/96 cuyos límites máximos admisibles de corto plazo correspondan a períodos diferentes a una hora, se pueden obtener los valores de concentración máxima promedio de acuerdo a la expresión:

$$C_{\text{max}}(Dt) = C_{\text{max}}(60) \cdot (Dt/60)^{0.25} \quad (16)$$

donde Dt: es el período de tiempo regulado (minutos).

IV.3.2.3. CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS PARA PERÍODOS DE TIEMPO DE LARGO PLAZO.

La evaluación de las concentraciones medias máximas para períodos de tiempo de largo plazo se realiza utilizando la información sobre la frecuencia de direcciones de viento, para el sitio en cuestión, publicada por el Servicio Meteorológico Nacional (referencia 6). El cálculo de la concentración media de largo plazo, para cada dirección de viento, se realiza sobre la base de la concentración máxima promedio de 8 horas según se indica a continuación.

$$C_{\text{máxima/Largo plazo/Dirección}} = f_{\text{relativa/Largo plazo/Dirección}} \cdot C_{\text{máxima/8 horas/Dirección}}$$

donde:

Largo plazo: corresponde al período fijado por la normativa (mensual, trimestral y anual, etc.).

Dirección: es la dirección de viento, según las ocho direcciones informadas por el Servicio Meteorológico Nacional, en la referencia 6.

$C_{\text{máxima/Largo plazo/Dirección}}$: Concentración máxima para el período en consideración.

$f_{\text{relativa/Largo plazo/Dirección}}$: frecuencia relativa para el período de largo plazo estipulado para la dirección de viento correspondiente.

$C_{\text{máxima/8 horas/Dirección}}$: concentración máxima promedio de 8 horas, para cada una de las direcciones del viento. En el caso de analizar una única chimenea, existe una única concentración media máxima, representativa de todas las direcciones :

$$C_{\text{máxima/8 horas/Dirección}}(1\text{chimenea}) = C_{\text{máxima/8 horas}}.$$

Cuando se tienen dos o más chimeneas, la $C_{\text{máxima}/8 \text{ horas/Dirección}}$ proviene del cálculo de la concentración media horaria máxima para la correspondiente dirección de viento.

La concentración media horaria máxima de largo plazo es el máximo valor de las $C_{\text{máxima}/\text{Largo.plazo/Dirección}}$ calculadas anteriormente, y, en los casos que corresponda, la calculada en los receptores considerados críticos.

IV.3.3. PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

Los resultados serán presentados de la siguiente manera:

IV.3.3.1. CONCENTRACIÓN MEDIA HORARIA MÁXIMA.

Se organiza la información a presentar de manera similar a la estructura del cálculo. Se distinguen dos situaciones:

Una Única Chimenea

En caso de analizar una única chimenea se debe consignar la siguiente información:

1. Valor de la concentración horaria máxima proveniente del aporte relativo de la chimenea en estudio.
2. Valor de la concentración media horaria máxima total.
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra la concentración media horaria máxima.
4. La velocidad de viento para la cual se produce la concentración media horaria máxima.
5. La clase de estabilidad para la cual se produce la concentración horaria máxima.
6. La altura efectiva de la chimenea que da origen a la concentración horaria máxima.

Chimeneas Múltiples

Se debe consignar la información del punto anterior para cada una de las ocho direcciones de viento analizadas.

IV.3.3.2. CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS.

En caso que el Decreto 3395/96 establezca concentraciones de corto plazo para períodos de tiempo distintos de 1 hora, se presentarán las concentraciones medias máximas de interés calculadas de acuerdo al punto IV.3.2.2. En el caso de tener que informar concentraciones de largo plazo se consignará la concentración media máxima para cada una de las ocho direcciones del viento generada de acuerdo a lo indicado en el punto IV.3.2.3.

Se consignarán asimismo las concentraciones medias máximas totales correspondientes.

IV.3.3.3. ANEXO DE INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA.

A efectos de la verificación de los resultados presentados, en la presentación se deberá agregar un anexo con la siguiente información que se obtiene, como valores intermedios, obtenidos durante el proceso de cálculo.

Una Única Chimenea

Presentar un gráfico con el perfil de la concentración media horaria vs. distancia a la base de la chimenea, para las condiciones atmosféricas bajo las cuales se produce la máxima concentración horaria. La distancia a lo largo de la cual se consigna el perfil debe ser del orden del doble de la distancia entre la chimenea y el punto de máxima concentración.

Chimeneas Múltiples

Presentar gráficos con los ocho perfiles de la concentración media horaria vs. distancia a lo largo de las semirrectas que unen la chimenea de referencia (el origen de coordenadas), con los puntos respectivos de máxima concentración horaria para las condiciones atmosféricas bajo las cuales se produce cada una de las mismas. La distancia deberá consignarse hasta un valor del orden del doble de la distancia entre la chimenea considerada como centro, y el punto de máxima concentración.

IV.4. ASPECTOS ESPECÍFICOS DE LA ETAPA III

La Etapa III se debe encarar utilizando exclusivamente modelos detallados, los que deberán seleccionarse entre aquéllos incluidos en la versión de la "Guideline on Air Quality Models, Revised" (referencia 7) actualizada a la fecha de realización del estudio.

IV.4.1. INFORMACIÓN METEOROLÓGICA DE SUPERFICIE.

Para la utilización de estos modelos es necesario disponer de información meteorológica horaria, adecuadamente consistida, durante un período suficientemente representativo. Se deberá entonces contar con datos meteorológicos horarios de superficie en un período no inferior a los 5 años. El Servicio Meteorológico Nacional realiza un control de la calidad de la información, orientado a la utilización de los datos para fines climatológicos. Para estudios de la dispersión atmosférica de contaminantes es necesario realizar un análisis de consistencia más cuidadoso de los datos, según se detalla en las referencias 1, 2, 5 y 11.

Se deben consignar la estación meteorológica seleccionada, su altura sobre el nivel del mar y las alturas del termómetro y del anemómetro respecto de la superficie. Asimismo se debe presentar la metodología seguida para consistir los datos meteorológicos. De las distintas alternativas que se encuentran en la bibliografía para calcular las clases de estabilidad, sugerimos aquí dos de ellas: una a partir de datos de velocidad de viento, radiación solar global y nubosidad nocturna, y otra utilizando datos de la velocidad de viento, la nubosidad y la altura de las nubes (ver Apéndice 2).

Con la información meteorológica horaria empleada en el estudio se deberá elaborar la Tabla 4. En ella se incluye la matriz de frecuencia relativa de ocurrencia de una dada combinación intervalo de velocidades de viento - clase de estabilidad discriminada para cada una de las dieciséis direcciones del viento (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSO, SO, OSO, O, ONO, NO, NNO). Los períodos de calma se consignan al pie.

Tabla 4: Matriz de frecuencias relativas de ocurrencia clases de estabilidad - velocidad de viento

Intervalo de velocidades del viento (m/s) (a 10 m de altura)	CLASE DE ESTABILIDAD					
	A	B	C	D	E	F
$v < 2$						
$2 = v < 3$						
$3 = v < 5$						
$5 = v < 6$						
$v > 6$						

Frecuencias de calma:

A los fines de una evaluación rápida de posibles situaciones conflictivas es conveniente disponer de una matriz anual de la anterior que indique la frecuencia relativa de ocurrencia de estabilidad - velocidad de viento para todas las direcciones de viento en conjunto.

IV.4.2. ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA.

Para la evaluación de la altura de la capa de mezcla, se recomienda la utilización de alguno de los procedimientos alternativos. El primero se basa en los datos correspondientes a los perfiles de temperatura en función de la altura (referencia

3), mientras que el segundo evalúa la altura de la capa de mezcla, sobre la base de parámetros tales como la velocidad de fricción, el parámetro de Coriolis y la longitud de Monin-Obukhov (referencias 12 y 13).

Para el primer procedimiento se debe contar con datos de radiosondeos de las estaciones de altura del Servicio Meteorológico Nacional, que se enumeran en el Apéndice 3, para un período de tiempo coincidente con los datos de la estación de superficie considerada. Estos datos son válidos para el caso de terreno simple (llano, sin grandes espejos de agua intermedios) en un radio de aproximadamente 250 km. Los datos de altura a utilizar son los perfiles de temperatura vs. altura, los que deben ser consistidos (ver referencia 11) y modificados con los datos de temperatura de superficie local cuando corresponda. Sobre la base de ellos, es posible calcular las alturas de capa de mezcla correspondientes a la hora y el día en cuestión. La generación de los valores horarios de la altura de la capa de mezcla se puede realizar utilizando las temperaturas horarias de superficie locales. El segundo procedimiento se basa en el cálculo de la altura de la capa de mezcla a partir de las siguientes expresiones.

Para condiciones atmosféricas neutrales:

$$h = a \cdot \frac{u^*}{f} \quad (17)$$

Para condiciones atmosféricas inestables:

$$h = a \cdot \frac{u^*}{f} \cdot \frac{u^*}{L} \quad (18)$$

donde h es la altura de la capa de mezcla, u^* es la velocidad de fricción, L es la longitud de Monin-Obukhov, a es un parámetro igual a 0,35, f es el valor absoluto del parámetro de Coriolis, que se obtiene de la siguiente expresión:

$$f = 2 \cdot \omega \cdot \sin \phi \quad (19)$$

donde ω es la velocidad de rotación terrestre y ϕ es la latitud.

IV.4.3. DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES EN AIRE

IV.4.3.1. CONCENTRACIONES MEDIAS EN LA GRILLA RECEPTORA.

Para el período completo de datos meteorológicos y para cada escenario de emisión propuesto, se calcularán los valores de concentración media en la grilla receptora, para cada uno de los períodos de tiempo del contaminante considerado requerido por el Decreto N° 3395/96.

IV.4.3.2. VALOR MÁXIMO DE LA CONCENTRACIÓN MEDIA.

El valor máximo de la concentración media es el valor supremo de todas las concentraciones medias calculadas para la grilla de receptores. El valor máximo de la concentración total media es la suma del valor máximo de la concentración media calculado y la correspondiente concentración de fondo.

IV.4.4. PRESENTACION DE RESULTADOS.

IV.4.4.1. CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS PARA PERÍODOS DE TIEMPO DE CORTO PLAZO.

Para cada contaminante y para cada escenario de emisión, si en ningún caso, el valor máximo de la concentración total media supera el 80% del correspondiente valor límite fijado por el Decreto N° 3395/96, sólo se debe consignar la información que a continuación se detalla.

1. El valor máximo de la concentración media.
2. El valor máximo de la concentración total media.
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra el valor máximo de la concentración media
4. La velocidad del viento para la cual se produce el valor máximo de la concentración media.
5. La clase de estabilidad a la cual se produce el valor máximo de la concentración media
6. La altura de la capa de mezcla a la cual se produce el valor máximo de la concentración media.

Para cada contaminante y para cada escenario de emisión propuesto, toda vez que la concentración total media máxima supere el 80% del correspondiente valor límite fijado por la normativa en vigencia en por lo menos un punto receptor, se deberá consignar la siguiente información.

1. La concentración media máxima.
2. La concentración total media máxima.
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra la concentración media máxima.
4. Fecha y período horario de ocurrencia.
5. El área dentro de la cual se supera el 80% del correspondiente valor límite.

Tabla 5: Número de ocurrencia de altas concentraciones

Número de ocurrencias
0,8 CL = CTmáx < 0,9 CL
0,9 CL = CTmáx < 1,0 CL

1,0 CL= CTmáx <1,1 CL
1,1 CL=. CTmáx <1,2 CL
CTmáx = 1,2 CL

CL límite máximo admisible establecido por la legislación vigente

CTmáx concentración total media máxima

También se deberá presentar una Tabla que contenga el número de ocurrencias para cada intervalo de altas concentraciones, definidas como aquéllas que superan el 80% del valor límite, según se indica en la Tabla 5. Asimismo se deberá presentar el número total de ocurrencia de altas concentraciones.

IV.4.4.2. CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS PARA PERÍODOS DE TIEMPO DE LARGO PLAZO.

Para cada contaminante y para cada escenario de emisión propuesto, se deberá presentar un mapa de isopleas de concentración. Si en ningún caso, el valor máximo de la concentración total media supera el 80% del correspondiente valor límite fijado por la normativa en vigencia, sólo se debe consignar la información que a continuación se detalla.

1. El valor máximo de la concentración media.
2. El valor máximo de la concentración total media.
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra el valor máximo de la concentración media.

Toda vez que la concentración total media máxima supere el 80% del correspondiente valor límite fijado por la normativa en vigencia en por lo menos un punto receptor, se deberá consignar la siguiente información.

1. La concentración media máxima.
2. La concentración total media máxima.
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra la concentración media máxima.
4. El área dentro de la cual se supera el 80% del correspondiente valor límite.
5. El período en el cual se supera el valor límite establecido en el Decreto N° 3395/96.

También, se deberá presentar un resumen del número de ocurrencias de altas concentraciones, definidas como aquéllas que superan el 80% del valor límite, de la misma manera que lo indicado en la Tabla 5.

APENDICE I

CONTAMINANTES A EVALUAR

Los contaminantes a evaluar son los incluidos en las Tablas A, B y C del Anexo IV del Decreto 3395/96 reglamentario de la Ley de la Provincia de Buenos Aires 5965.

APENDICE II

CLASES DE ESTABILIDAD ATMOSFERICA

El siguiente cuadro sintetiza la definición de las clases de estabilidad para condiciones diurnas y nocturnas, según la radiación solar incidente, para diferentes rangos de velocidades de viento:

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche (1)	
	Radiación solar incidente			4/8 £ Nubosidad = 7/8	Nubosidad £ 3/8
	Fuerte (mayor que 50 cal/cm ² h)	Moderada (entre 25 y 50 cal/cm ² h)	Débil (menor que 25 cal/cm ² h)		
< 2	A	A - B	B	F	F
2 - 3	A - B	B	C	E	F
3 - 5	B	B - C	C	D	E
5 - 6	C	C - D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

(1) La noche se define como el período desde una hora después de la puesta de sol, hasta una hora antes de la salida del mismo.

Para cielos totalmente cubiertos, tanto para el día como para la noche, debe asumirse clase de estabilidad D.

En base a la información de la cantidad y la altura de las nubes, y calculando el ángulo de elevación solar (referencia 10), se puede calcular el nivel de radiación solar incidente, como se muestra en el siguiente cuadro.

Nubosidad	Angulo de elevación solar (a)		
	60° < b	35° < b £ 60°	15° < b £ 35°
Nubosidad £ 4/8 ó Nubosidad a más de 4.800m	Radiación fuerte	Radiación moderada	Radiación Débil
5/8 £ Nubosidad £ 7/8 y Nubosidad entre los 2.100 y los 4.800 m	Radiación moderada	Radiación Débil	Radiación Débil
5/8 £ Nubosidad £ 7/8 y Nubosidad por debajo de los 2.100m	Radiación Débil	Radiación Débil	Radiación Débil

APENDICE III

ESTACIONES METEOROLÓGICAS

3.1) ESTACIONES METEOROLÓGICAS SINÓPTICAS DE SUPERFICIE

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN) tiene en sus registros históricos datos de superficie horarios, tri-diurnos y cuatri-diurnos. Para los análisis de calidad de aire que se indican en este instructivo, los datos de interés son los horarios. A partir del año 1994 el SMN realiza un control automático de la calidad en tiempo real para fines de pronóstico de aquellos datos correspondientes a las estaciones de observación horaria indicadas en la Tabla 2.1..

Tabla 2.1. Estaciones del SMN con datos horarios con control automático de la calidad

ESTACION METEOROLOGICA	LATITUD	LONGITUD	PERIODO DE DATOS DISPONIBLES
Junín Aero	34.33	60.55	94-96
San Fernando	34.27	58.35	94-96
Don Torcuato Aero	34.29	58.37	94-96
El Palomar Aero	34.36	58.36	94-96
Ezeiza Aero	34.49	58.32	94-96
Aeroparque Buenos Aires	34.34	58.25	94-96
Buenos Aires	34.35	58.29	94-96
Bolivar Aero	36.12	61.04	94-96
Tandil Aero	37.14	59.15	94-96
Mar del Plata Aero	37.56	57.35	94-96
Bahia Blanca Aero	38.44	62.10	94-96

3.2) ESTACIONES SINÓPTICAS DE OBSERVACIÓN EN ALTITUD

Las estaciones meteorológicas sinópticas de observación en altitud pertenecientes al Servicio Meteorológico Nacional y ubicadas en la Provincia de Buenos Aires son:

Ezeiza Aero (Lat. 34°49'S; Long. 58°32'W)

Comandante Espora, Base Naval (Lat. 38°44'S; Long. 62°10'W)

APENDICE IV

SELECCIÓN DE MODELOS

4.1) MODELOS DE SONDEO PARA TERRENO SIMPLE

De los modelos existentes de sondeo para terreno simple, el llamado SCREEN se adecua al procedimiento adoptado en la Etapa II (referencias 7, 8 y 10).

4.2) MODELOS DE SONDEO PARA TERRENO COMPLEJO

En el capítulo 5 de la referencia 7 figuran las recomendaciones a seguir cuando se espera que las condiciones problemáticas estén vinculadas con aquellas situaciones en la que la pluma impacta contra el terreno a alturas que superan la altura de emisión en condiciones atmosféricas estables. Las recomendaciones mencionadas no contemplan fenómenos tales como fumigación, cambio en la dirección del viento, remoción por edificios o inducida por el terreno, precipitación, transformaciones químicas, trayectorias variables de la pluma y transporte para largas distancias.

La selección de receptores ubicados en un terreno complejo requiere una atención especial ya que a menudo las altas concentraciones están asociadas a condiciones muy estables cuando una pluma está cerca o impacta sobre el terreno. En estas circunstancias la pluma puede ser muy estrecha en el sentido vertical de modo que pequeñas diferencias en la localización de los receptores pueden afectar significativamente las concentraciones calculadas.

La Tabla 4.1 presenta los nombres de los modelos de sondeo recomendados para terreno complejo. Estos están organizados de acuerdo a un orden creciente de detalle y, si bien algunos de ellos pueden emplearse en un rango de situaciones un poco más amplio, en la tabla se consignan aquellas condiciones para las cuales fueron desarrollados y para las cuales la agencia EPA de los EE.UU. no pide procedimientos especiales para demostrar su aplicabilidad. Los modelos VALLEY, COMPLEX, SHORTZ, LONGZ y RTDM deben ser usados solamente para estimar concentraciones en receptores cuya elevación iguala o supera a la altura de la fuente de emisión. Para los receptores que se encuentran a una altura menor a la de la fuente de emisión, debe emplearse un modelo para terreno simple. El modelo

CTSCREEN puede ser empleado para estimar concentraciones en todas las clases de estabilidad atmosférica para receptores que se encuentran por encima de la fuente de emisión. El cálculo de concentraciones para aquellos receptores ubicados entre la altura de la fuente de emisión y la altura media de la pluma deberá ser considerado caso por caso.

Tabla 4.1. Modelos de sondeo para terreno complejo

Nivel de Detalle	Período Promedio	Tipo de Área	Modelo Recomendado
Primero	24 horas	Rural y urbana	VALLEY(1)
Segundo	1 hora(2)	Rural y urbana	CTSCREEN
	Corto y largo plazo	Rural	COMPLEX
	Corto plazo	Urbana	SHORTZ
	Largo plazo	Urbana	LONGZ
Tercero	Corto y largo plazo	Rural	RTDM (Modo sondeo)

- (1) Como alternativa pueden emplearse los modelos COMPLEX y SCREEN con la opción equivalente al modelo VALLEY.
- (2) El cálculo se basa en concentraciones horarias, se pueden generar otras concentraciones promedio mediante el empleo de factores tal como se hace con el modelo SCREEN.

4.3) MODELOS DETALLADOS DE USO PREFERENCIAL

La "Guideline on Air Quality Models" (referencia 7) incluye aproximadamente cuarenta modelos detallados para evaluar la dispersión de contaminantes en la atmósfera. La propia agencia EPA tuvo a su cargo el desarrollo de alrededor de 10 modelos para ser aplicados en situaciones reguladas en los EE.UU.; asimismo más de 20 modelos, desarrollados fuera de la agencia, fueron puestos a consideración para ser incluidos en la guía. Estos modelos fueron organizados para su uso en ocho categorías: rural, urbana, complejo industrial, contaminantes reactivos, fuentes móviles, terreno complejo, visibilidad, y transporte a larga distancia. Fueron sometidos a un intenso proceso de evaluación que continúa en la actualidad. Un modelo es seleccionado como "de preferencia" dentro de cada categoría cuando, a través del proceso de evaluación, se encuentra que es más adecuado que los restantes. Los modelos de uso preferencial así seleccionados se incluyen en el Apéndice A.. Los modelos no recomendados dentro de cada categoría se detallan en el Apéndice B. se los considera de uso alternativo.

Tabla 4.2: Modelos detallados de uso preferencial

Período Promedio	Tipo de Fuente	Terreno	Tipo de Área	
			Rural	Urbana
Corto plazo (1 a 24 horas)	Única	Simple	CRSTER	RAM
	Múltiple	Simple	MPTER	RAM
	Fuentes complicadas(1)	Simple	ISCST	ISCST
	Fuentes lineales y puntuales con empuje térmico en sus emisiones	Simple	BLP	-
	Fuentes ubicadas sobre el agua cerca de una costa	Simple	OCD	-
	Múltiple	Complejo	CTDMPLUS	CTDMPLUS
Largo plazo (mensual, estacional y anual)	Única	Simple	CRSTER	RAM
	Múltiple	Simple	MPTER	CDM ó RAM(2)
	Fuentes complicadas(1)	Simple	ISCLT	ISCLT
	Fuentes lineales y puntuales con empuje térmico en sus emisiones	Simple	BLP	-
	Múltiple	Complejo	CTDMPLUS	CTDMPLUS

(1) Fuentes complicadas son aquellas que presentan problemas especiales tales como remoción aerodinámica, precipitación de partículas, fuentes areales y de volumen.

(2) Si sólo se modelan unas pocas fuentes en un área urbana debe usarse el modelo RAM

Las recomendaciones de la guía para la selección de modelos detallados se enumeran a continuación.

- 1) Si se requiere de un modelo detallado para un estudio particular, dicho modelo debe ser seleccionado entre los del Apéndice A. Estos modelos pueden ser empleados sin ninguna demostración formal de aplicabilidad siempre que se usen de acuerdo a las indicaciones correspondientes.
- 2) Los modelos de uso preferencial deben ser empleados con las opciones inherentes a su uso regulador.

4.4) MODELOS DETALLADOS DE USO ALTERNATIVO

Cuando ningún modelo del Apéndice A (referencia 7) es aplicable al caso en estudio, puede emplearse un modelo detallado alternativo siempre que se tengan en cuenta las siguientes consideraciones.

- 1) Se debe demostrar que el modelo es aplicable al problema en cuestión.

- 2) Se debe realizar una evaluación del modelo en base a datos de calidad de aire y los resultados de dicha evaluación deben demostrar que el desempeño del modelo alternativo es mejor que el del modelo comparable del Apéndice A.
- 3) En caso de no existir modelo de preferencia, pero de todas maneras se requiera de un modelo detallado para llevar a cabo el análisis.

En el Apéndice B (referencia 7) de la guía figuran modelos alternativos aplicables a situaciones especiales. Sin embargo, la inclusión en dicho apéndice no implica ninguna prioridad frente a otros modelos desarrollados o a ser desarrollados. A continuación se presenta la lista de los modelos alternativos incluidos en el Apéndice B de la mencionada guía.

AQDM	Modelo extendido de calidad de aire. Modelo estacionario climatológico de pluma gaussiana, que estima las concentraciones medias aritméticas anuales de SO ₂ y material particulado a nivel del suelo en áreas urbanas.
COMPTER	Modelo estacionario de pluma gaussiana que calcula concentraciones máximas para 24 horas, 3 horas y 1 hora. Típicamente se utiliza para áreas rurales con terrenos levemente ondulados.
IMPACT	Modelo euleriano tridimensional diseñado para calcular el impacto de contaminantes inertes o reactivos, en terreno simple o complejo, emitidos desde fuentes puntuales o de área.
LONGZ	Modelo gaussiano de largo plazo, de pluma estacionaria, para áreas urbanas o rurales en terreno simple o complejo.
PPSP	Modelo gaussiano aplicable a chimeneas altas en terreno simple, en áreas rurales o urbanas.
3141 y 4141	Modelos gaussianos de estado estacionario para áreas rurales y urbanas, modificaciones del CRSTER, aplicables a terreno complejo.
MULTIMAX	Modelo gaussiano aplicable a áreas urbanas y rurales, aplicable para calcular las concentraciones más altas y las segundas más altas, para diferentes tiempos de promedio y para hasta 100 fuentes ubicadas arbitrariamente.
SCSTER	Modificación del modelo CSTER, que permite el tratamiento de fuentes múltiples
PLUMES	Modelo gaussiano de estado estacionario aplicable a áreas urbanas y rurales, para terreno simple, que puede considerar hasta 10 fuentes de hasta 15 chimeneas cada una, y hasta 500 receptores.
PAL-DS	Modelo gaussiano para calcular concentraciones aéreas y deposición de contaminantes no reactivos, para fuentes puntuales y de área.
RADM	Modelo de dispersión lagrangeano que utiliza métodos estocásticos para simular la dispersión atmosférica, aplicable para fuentes puntuales o de área. Las concentraciones pueden ser calculadas para cualquier tiempo de promedio.
RPM-II	Modelo para estimar las concentraciones de corto plazo de contaminantes primarios y secundarios, provenientes de fuentes puntuales o de área.

SHORTZ	Modelo gaussiano de corto plazo, de pluma estacionaria, para áreas urbanas o rurales en terreno simple o complejo.
TCM-2	Modelo gaussiano de estado estacionario para determinar promedio de largo plazo de contaminantes no reactivos.
TEM-8	Modelo gaussiano de estado estacionario para determinar promedio de corto plazo de contaminantes no reactivos.
AVACTA II	Modelo gaussiano para promedios de corto plazo, que permite simular condiciones de calma, y puede ser utilizado para contaminantes primarios y secundarios.
SDM	Modelo gaussiano que calcula el impacto de la pluma en las horas del año que se esperan condiciones de fumigación, y utiliza el modelo MPTER para el resto de las horas. Puede ser utilizado para fuentes puntuales ubicadas en el mar, áreas rurales o urbanas, terreno simple, para distancias menores a 50 km, y para promedios entre 1 hora y 1 año.
WYNDvalley	Modelo reticulado euleriano multicapas, que permite flexibilidad en definir los bordes del área a ser modelada, las condiciones límites de esos bordes, las intensidades y ubicaciones, de las fuentes de emisión y los vientos y difusividades que afectan la dispersión. Puede ser utilizado para estimar las concentraciones en los períodos de estancamiento del aire durante 24 horas o más en los valles.

4.5) DISPONIBILIDAD DE MODELOS

En la Tabla 4.3 se enumeran los programas disponibles a través de la Agencia de Protección Ambiental de los EE.UU. cuyo acceso es público, en calidad de usuario anónimo, por medio de un servidor con protocolo de transferencia de archivos en las siguientes direcciones de la red Internet: ttnftp.rtpnc.epa.gov ttnbbs.rtpnc.epa.gov

ttnftp.rtpnc.epa.gov
ttnbbs.rtpnc.epa.gov

También en la misma dirección es posible acceder a las referencias 7 a 10. Una fuente alternativa para los códigos y la documentación respectiva de estos y otros modelos es:

Computer Products

National Technical Information Service (NTIS)

U.S. Department of Commerce

Springfield, VA 22161

EE. UU. de Norteamérica

At.: Mildred Johnson

Fax: (1-703) 321 - 8547 Tel: (1-703) 487 – 4753

Tabla 4.3: Modelos disponibles a través de Internet - Junio de 1996

Modelos de sondeo	Modelos de uso preferencial(1)	Modelos de uso alternativo(2)
COMPLEX1	BLP	DEGADIS21
CTSCREEN	CALINE3	MESOPUFF II
LONGZ	CDM2	PLUVUE II
RTDM	CTDMPLUS	RPM IV
SCREEN2, SCREEN3	CRSTER	SDM
SHORTZ	ISC2, ISC3	
VALLEY	MPTER	
	OCD	
	RAM	
	UAM	

1) Apéndice A, Referencia 7:

BLP Buoyancy Line and Point Source Dispersion Model

(Modelo de dispersión aplicable a fuentes de tipo punto y línea con empuje térmico)

CALINE3 Dispersion Model for Predicting Air Pollution Levels Near Highways and Arterial Streets

(Modelo de dispersión para predicción de niveles de contaminación atmosférica en la vecindad de rutas y autopistas)

CDM2 Climatological Dispersion Model

(Modelo climatológico de dispersión)

CTDMPLUS Complex Terrain Dispersion Model Plus Algorithm for Unstable Situations

(Modelo de dispersión para terreno complejo con algoritmo para situaciones inestables)

CRSTER Single Source Model

(Modelo para fuentes aisladas de tipo punto).

ISC2, ISC3 Industrial Source Complex

(Modelo complejo para fuentes industriales)

MPTER Multiple Point Gaussian Dispersion Algorithm with Terrain Adjustment

(Algoritmo de dispersión Gaussiana para fuentes múltiples con ajuste de terreno)

OCD Offshore and Coastal Dispersion Model

(Modelo de dispersión para emisiones localizadas mar adentro y en zonas costeras)

RAM Gaussian-Plume Multiple Source Air Quality Algorithm

(Algoritmo Gaussiano de calidad de aire aplicable a fuentes múltiples)

UAM Urban Airshed Model

(Modelo de dispersión en celdas urbanas)

2) Apéndice B, Referencia 7:

DEGADIS21 Dense Gas Dispersion Model (Modelo de dispersión para gases densos)

MESOPUFF II Mesoscale Puff Model (Modelo de mesoescala para fuentes instantáneas)

PLUVUE II Plume Visibility Model (Modelo de visibilidad de la pluma)

RPM IV Reactive Plume Model (Modelo de dispersión de contaminantes reactivos)

SDM Shoreline Dispersion Model (Modelo de dispersión para fuentes localizadas mar adentro).

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- 1)** Abbot, P.F., Guidelines on the Quality Control of Surface Climatological Data, WMO, TD N° 111, 1986.
- 2)** Filippov, V.V., Quality Control Procedures for Meteorological Data, WMO, P.R. N° 26, 1968.
- 3)** Holzworth, G.C., Mixing Heights, Wind Speeds, and Potential for Urban Pollution Throughout the Contiguous United States, Office of Air Programs Ap-101, U.S.EPA, (NTIS PB 207 103), 1972.
- 4)** Irwin, J.S. Estimating Plume Dispersion - A recommended Generalized Scheme. 4th Symposium on Turbulence, Diffusion and Air Pollution, Reno, Nevada, EE.UU., 1979.
- 5)** Necco, G.V., El Estudio del Clima sobre la Base de las Estadísticas. Métodos de Análisis de Series Climáticas. Curso Internacional de Posgrado en Climatología, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales - Universidad de Buenos Aires, 1984.
- 6)** Servicio Meteorológico Nacional, Estadísticas Climatológicas 1981 - 1990, Serie B - N° 37, Primera Edición, Buenos Aires, 1992.
- 7)** U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models, Revised, (EPA-450/2-78-027R), Julio 1986.

- 8)** U.S. Environmental Protection Agency. Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised, (EPA-450/R-92-019), Octubre 1992.
- 9)** U.S. Environmental Protection Agency. Guideline for Determination of Good Engineering Practice Stack Height (Technical Support Document for the Stack Height Regulations), (EPA-450/4-80-023), 1984.
- 10)** U.S. Environmental Protection Agency. SCREEN3 Model User's Guide (EPA-454/8-95-004), Septiembre 1995.
- 11)** Velasco, I. y Necco, G., Aplicación de Métodos Objetivos de Control de Datos de Radiosondeos en Estaciones Argentinas, GEOACTA, Vol. 11 N°2 (207 - 218), 1982.
- 12)** Zilintinkevich, S.S., On the Determination of The Height of the Ekman Boundary Layer, Boundary Layer Meteorology, 3 (141 - 145), 1972.
- 13)** Zilintinkevich, S.S., Resistance Laws and Prediction Equations for the Depth of the Planetary Boundary Layer, Journal Atmospheric Science , 32 (741 - 753), 1975.
- 14)** ENRE. Guía Metodológica para la Evaluación de Impacto Ambiental Atmosférico. (Anexo Resolución N° 13/97). 1997.