



HONORABLE CAMARA DE DIPUTADOS DE LA NACION

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL ATMOSFÉRICO

Laura Dawidowski, Darío Gómez y Silvia Reich

Prólogo del señor diputado Fernando W. Maurette

Unidad de Actividad Química

Centro Atómico Constituyentes

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGÍA ATÓMICA

(PÁGINA DEJADA EN BLANCO)

(PÁGINA DEJADA EN BLANCO)

(PÁGINA DEJADA EN BLANCO)

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL ATMOSFÉRICO

Laura Dawidowski, Darío Gómez y Silvia Reich

(PÁGINA DEJADA EN BLANCO)

PRÓLOGO

Las preocupaciones por la problemática ambiental surgen de la observación de las consecuencias negativas que ciertas actividades humanas han producido en el ambiente, alterando substancialmente la calidad de vida.

Las políticas sobre el uso racional de los recursos naturales y la aplicación de pautas ambientales dependen, en buena medida, del correcto manejo del impacto que produzcan las acciones del ámbito público y privado.

Ya en 1974, el general Juan D. Perón dijo que “necesitamos un hombre mentalmente nuevo en un mundo físicamente nuevo. No se puede construir una nueva sociedad basada en el pleno desarrollo de la personalidad humana en un mundo viciado por la contaminación del ambiente, exhausto por el hambre y la sed y enloquecido por el ruido, y el hacinamiento. Debemos transformar a las ciudades cárceles del presente en las ciudades jardines del futuro”¹. Perón profundizó aún más las consecuencias, para el mundo, de la contaminación ambiental y consideró, con visión de futuro que “La lucha con la contaminación del ambiente y la biosfera, el despilfarro de los recursos naturales, el ruido y el hacinamiento de las ciudades, el crecimiento explosivo de la población del planeta debe iniciarse ya a nivel municipal, nacional e internacional. Estos problemas, en el orden internacional, deben pasar a la agenda de las negociaciones entre las grandes potencias y a la vida permanente de las Naciones Unidas con el carácter de primera prioridad. Esto, en su conjunto, no es un problema más de la humanidad: es ‘él’ problema”².

Argentina está encarando, seriamente, una política capaz de dotar al Estado de los instrumentos necesarios para enfrentar la problemática medioambiental.

Hasta el presente, en el orden nacional han sido sancionadas las leyes de Obras Públicas, y la de Residuos Peligrosos y, en el orden provincial, los estados provinciales han sancionado normativas especiales para sus jurisdicciones.

La reforma constitucional de 1994 marca un hito fundamental en el sistema jurídico referente al ambiente humano y su conservación: da nacimiento a una nueva legislación que protege los recursos naturales del país. En el artículo 41 de la

¹ El Modelo Argentino, Juan D. Perón, Fundación Integración Americana, Buenos Aires, 1995, Pág. 106.

² El Modelo Argentino, Juan D. Perón, Fundación Integración Americana, Buenos Aires, 1995, Pág. 107.

actual Constitución establece el derecho a “un ambiente sano, equilibrado, apto para el desarrollo humano y para que las actividades productivas satisfagan las necesidades presentes sin comprometer los de las generaciones futuras”. Para cumplimentarlo, el Estado Nacional debe “dictar las normas que contengan los presupuestos más mínimos de producción” y corresponde a las provincias acatar, aplicar y complementar las normas nacionales, respetando las jurisdicciones locales, fortaleciendo así, un sistema jurídico que conserve el ambiente en que vivimos, debido a que la actividad humana puede afectar el medioambiente en su conjunto sin considerar fronteras de los territorios provinciales.

Este avance fundamental es la llave que permite iniciar, de inmediato un revolucionario proceso de generación normativa, a fin de dotar al país de un cuerpo legislativo ágil, moderno, sistémico y completo en materia ambiental.

Nuestro país aún no cuenta con una legislación específica para la evaluación del impacto ambiental aunque algunas provincias ya cuenten con estos instrumentos legales para aplicar este procedimiento, como son las provincias de Buenos Aires, Córdoba, Corrientes, Chaco, Chubut, Formosa, Mendoza, Misiones, Neuquén, Río Negro, San Juan, Tierra del Fuego y Tucumán. EL principio 17° de la Declaración de Río de 1992 es imperativo: establece que en todos los países deberá emprenderse la EIA (Evaluación de Impacto Ambiental). En América Latina ya han implementado este procedimiento Colombia, Brasil, México, Venezuela, Perú, Paraguay y Uruguay. Recientemente, la Oficina Regional para América Latina y el Caribe del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, ha propuesto un modelo de ley de EIA para la región que fue sometido a la consideración del Parlamento Latinoamericano. La Comisión de Medio Ambiente del mencionado Parlamento aprobó, con modificaciones, el proyecto que, a su vez ha sido la base del que he presentado en nuestra Cámara de Diputados.

Es fundamental que para su aplicación, la futura ley de Evaluación de Impacto Ambiental a sancionarse³ deberá estar acompañado por un asesoramiento técnico permanente, para la óptima aplicación del procedimiento. La Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico, elaborado por la Unidad de Actividad Química de la Comisión Nacional de Energía Atómica, constituye un documento técnico importante para la realización de una evaluación con parámetros bien definidos y estudiados. Este valioso aporte ha sido declarado de Interés Parlamentario por la Cámara de Diputados de la Nación a través de una resolución de la sesión del 11 de junio de 1997.

³ En la Comisión de Recursos Naturales y Conservación del Ambiente Humano de la Cámara de Diputados de la Nación existen Proyectos que están en tratamiento.

La presente guía metodológica responde a una necesidad fundamental de asistencia técnica, para que las futuras actividades humanas adecuen su desarrollo al ambiente en que realizan su actividad.

No quiero terminar sin felicitar a los técnicos y todos los colaboradores de la Comisión Nacional de Energía Atómica que han realizado este trabajo, aportando una importante guía en la cual propone técnicamente cómo deben ajustarse las actividades que puedan traer efectos en los factores que componen el medio ambiente. Porque, el cuidado del ambiente humano es un factor genuino de desarrollo para cualquier sociedad que aspire a emprender un crecimiento para las generaciones futuras.

FERNANDO W. MAURETTE
Diputado de la Nación Argentina
Miembro de la Comisión de
Recursos Naturales y
Conservación del Ambiente Humano

PRESENTACIÓN

La Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico fue elaborada por la Comisión Nacional de Energía Atómica a solicitud del Ente Nacional Regulador de la Electricidad y constituye un buen ejemplo de los resultados que se pueden alcanzar a través de la cooperación entre diversos sectores del ámbito de la Ciencia y de la Tecnología. La Guía es el primer documento que regula los aspectos técnicos a tener en cuenta en los estudios del impacto que tiene la generación termoeléctrica sobre la calidad del aire que respiramos. El protocolo establecido en la Guía evita ambigüedades a la hora de manejar datos, seleccionar modelos y presentar los resultados que deben avalar una adecuada gestión en la generación termoeléctrica.

La elaboración de la Guía no fue tarea corta ni sencilla. La misma surgió del trabajo conjunto ejecutado durante dos años en el marco de Convenio de Asistencia Técnica al Ente Regulador de la Electricidad, por parte de la Comisión Nacional de Energía Atómica. El personal de la Unidad de Actividad Química del Centro Atómico Constituyentes elaboró las versiones, las discutió con la Asociación Argentina de Generadores de Energía (AGEERA), y compatibilizó revisiones realizadas por AGEERA y por la Radian Corporation de los EE.UU. La exhaustiva revisión con representante de AGEERA sirvió de base para la elaboración del documento final.

En 1997, el Ente Regulador de la Electricidad realizó algunos ajustes de forma, y adoptó la Guía, declarando su observancia obligatoria para los agentes del mercado eléctrico mayorista. Ahora, La Honorable Cámara de Diputados de la Nación la ha declarado de interés parlamentario. El reconocimiento de la H.C.D. implica para nosotros la satisfacción del deber cumplido, en un área muy sensible para todos los argentinos, como es la preservación de nuestro medio ambiente. Con toda la importancia que la Guía tiene, creemos que el tema de la protección medioambiental es un problema de tanta trascendencia que hemos dado sólo un paso en la dirección requerida por la sociedad. La Comisión Nacional de Energía Atómica renueva pues a futuro su compromiso de colaborar activamente con los Organismos específicos, con los poderes del Estado, con el sector productivo, y con la sociedad toda, en la búsqueda de herramientas y mecanismos que conduzcan al desarrollo sostenible del país.

Licenciado EDUARDO SANTOS
Presidente
Comisión Nacional de Energía Atómica.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ente Nacional Regulador de la Electricidad los fondos provistos para la realización de la Guía Metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico.

La primera versión de la Guía se presentó en diciembre de 1995 en la Asociación Argentina de Generadores de Energía Eléctrica, AGEERA y recibió revisiones por parte de esta asociación y de Radian Corporation de los EE.UU. Ambas revisiones constituyeron un valioso aporte para el desarrollo de la segunda versión que incluyó el esquema sugerido por Radian que implica el uso de etapas de aproximación al problema. Una vez que la segunda versión fue analizada exhaustivamente con representantes de AGEERA, se elaboró el presente documento.

El Servicio Meteorológico brindó su asistencia para la elaboración del Apéndice 2.

La Universidad Nacional de General San Martín prestó un valioso apoyo a uno de los autores al permitir su continuidad en la labor iniciada cuando fuera miembro de la Comisión Nacional de Energía Atómica.

CONTENIDOS

	<u>Pág.</u>
Introducción	15
I. Sobre los contaminantes a analizar	15
I.1 Descripción de los contaminantes a evaluar en cada caso	15
I.1.1 Óxidos de azufre (SO _x)	16
I.1.2 Óxidos de nitrógeno (NO _x)	16
I.1.3 Material particulado(MP)	16
I.2 Límites máximos admisibles	17
I.2.1 Límites máximos de emisión	17
I.2.2 Límites de calidad de aire	17
I.3 Concentración de fondo	17
I.4. Concentración total	17
II. Definiciones	17
II.1 Receptor	17
II.2 Terreno simple o complejo	18
II.3 Estabilidad atmosférica	18
II.4 Altura efectiva de emisión	18
II.5 Altura de la capa de mezcla	18
III. Etapas de aproximación al problema	18
III.1 Etapa 1	19
III.2 Etapa 2	19
III.3 Consideraciones comunes a las dos etapas	19
III.3.1 Valores de concentración de fondo a consignar	19
III.3.2 Características de las fuentes emisoras	20
III.3.3 Características del terreno	20
III.3.4 Selección de la topografía: urbana o rural	22
III.3.5 Consideración del efecto de remoción por edificios cercanos	22
III.3.6 Selección de receptores	23
III.3.7 Tratamiento del material particulado. Suspensión y deposición	23
IV. Etapa 1	24
IV.1 Cálculo de las concentraciones horarias máximas para detectar la condición atmosférica de peor caso	25
IV.1.1 Matriz clase de estabilidad - velocidad de viento	25
IV.1.2 Altura de la capa de mezcla	26
IV.1.2.1 Condiciones neutrales e inestables	26
IV.1.2.2 Condiciones estables	27
IV.1.3 Material particulado	27

IV.2 Determinación de las concentraciones máximas	27
IV.2.1 Concentración media horaria máxima	27
IV.2.2 Concentraciones máximas para promedios de corto plazo	28
IV.2.3 Concentraciones máximas para promedios de largo plazo	28
IV.3 Presentación de resultados	29
IV.3.1 Concentración horaria máxima	29
IV.3.2 Concentraciones medias máximas	29
IV.3.3 Información intermedia	30
V. Etapa 2	30
V.1. Información meteorológica de superficie	30
V.2 Altura de la capa de mezcla	32
V.3 Determinación de las concentraciones de contaminantes en aire	33
V.3.1 Concentraciones medias en la grilla receptora	33
V.3.2 Concentraciones medias para períodos menores a una hora	33
V.3.3 Valor máximo de la concentración media	33
V.4 Presentación de resultados	33
V.4.1 Concentraciones máximas para promedios de corto plazo	33
V.4.2 Concentraciones máximas para promedios de largo plazo	34
Referencias	35
Apéndice 1: Clases de estabilidad atmosférica	37
Apéndice 2: Estaciones de medición del Servicio Meteorológico Nacional	39
2.1 Estaciones de medición de superficie	39
2.2 Estaciones de medición de datos de altura	42
Apéndice 3: Selección de modelos	43
3.1 Modelos de sondeo para terreno simple	43
3.2 Modelos de sondeo para terreno complejo	43
3.3 Modelos detallados de uso preferencial	44
3.4 Modelos detallados de uso alternativo	46
3.5 Disponibilidad de modelos	48

GUÍA METODOLÓGICA PARA LA EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL ATMOSFÉRICO

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad de aire permite verificar el cumplimiento de las correspondientes normas de calidad de aire y de emisión de contaminantes.

Aun cuando una central haya sido diseñada, o este operando, cumpliendo las normas de emisión correspondientes es conveniente una evaluación del aporte relativo de la central a la contaminación atmosférica mediante la evaluación modelística de la calidad de aire.

La dispersión de contaminantes atmosféricos es un proceso complejo para cuya evaluación es necesaria la aplicación de modelos.

Con el objeto de orientar en la elaboración de los estudios de impacto atmosférico, se hace necesario protocolizar el manejo de los datos, la selección de los modelos adecuados y la presentación de resultados en contenido y forma.

La especificación de un protocolo para la normalización de los estudios de impacto ambiental atmosférico se inscribe dentro de las normas de calidad para la gestión ambiental. Los análisis de riesgo no están dentro del alcance de este documento

I. SOBRE LOS CONTAMINANTES A ANALIZAR

I.1 DESCRIPCIÓN DE LOS CONTAMINANTES A EVALUAR EN CADA CASO

La Secretaría de Energía, en su Resolución Nº 182/95, al fijar los límites de emisiones de gases y material particulado en centrales térmicas,

reguló los siguientes compuestos como contaminantes a analizar hasta el momento:

Dióxido de Azufre (SO_2)

Óxidos de Nitrógeno (NO_x)

Material Particulado (MP)

I.1.1 ÓXIDOS DE AZUFRE (SO_x)

Cerca del 98% en peso de los óxidos de Azufre emitidos corresponden a dióxido de Azufre (SO_2), siendo el resto trióxido de Azufre (SO_3). Durante la dispersión a partir de la fuente emisora, esta proporción cambia debido a la oxidación del SO_2 a SO_3 , mediante diferentes procesos. También existe remoción de los SO_x por precipitación dependiendo de diversas condiciones de humedad, intensidad de iluminación, y reacción con otros compuestos químicos presentes en la atmósfera.

A los efectos regulatorios, se considera únicamente el impacto asociado a la dispersión de todo el SO_2 emitido, sin entrar en consideraciones sobre su tiempo de residencia en la atmósfera. Es decir se lo considera un compuesto estable.

I.1.2 ÓXIDOS DE NITRÓGENO (NO_x)

Inmediatamente después del enfriamiento del efluente gaseoso, la mayor parte de los óxidos de nitrógeno formados, están presentes como monóxido (NO). Esta especie se oxida a dióxido (NO_2) durante su residencia en la atmósfera. A los efectos regulatorios se adopta el criterio de considerar todos los NO_x emitidos en chimenea como NO_2 . Cabe mencionar que los factores de emisión adoptados en los EE.UU. por la agencia regulatoria EPA adoptan el mismo criterio (referencia 8).

I.1.3 MATERIAL PARTICULADO (MP)

La dispersión de partículas sólidas de tamaño suficientemente grande como para que sus velocidades de asentamiento resulten significativas, difiere de la dispersión de tipo gaseoso del material particulado pequeño. Las partículas grandes se depositan en la superficie por el proceso combinado de la turbulencia atmosférica y el asentamiento gravitacional. Deberá entonces discriminarse cuando la legislación lo indique, entre material particulado en suspensión (MPS) y partículas sedimentables.

El material particulado será evaluado independientemente de su composición química. En los casos en que la legislación vigente así lo requiera deberá discriminarse de acuerdo a su tamaño entre material particulado total y material particulado respirable, que corresponde a aquel cuyas partículas tienen un diámetro inferior a 10 μm , también conocido como PM_{10} .

I.2. LÍMITES MÁXIMOS ADMISIBLES

I.2.1 LÍMITES MÁXIMOS DE EMISIÓN

La Secretaría de Energía, en su Resolución N° 182/95, fija los límites de emisiones de NO_x , SO_2 y material particulado en centrales térmicas.

I.2.2 LÍMITES DE CALIDAD DEL AIRE

Un estudio de evaluación de impacto ambiental atmosférico deberá calcular para cada contaminante las concentraciones atmosféricas para todos los períodos promedio que indica la normativa correspondiente. Los límites de calidad del aire constituyen el marco de referencia para evaluar la situación ambiental asociada a la presencia de la o las centrales termoeléctricas en consideración.

I.3 CONCENTRACIÓN DE FONDO

La concentración ambiental de un contaminante debida al aporte de otras fuentes distintas a las analizadas se denomina concentración de fondo. Esta concentración puede ser fruto del aporte de fuentes naturales, otras fuentes identificadas que contribuyen a la contaminación ambiental en la zona de aporte de las fuentes en estudio y posibles fuentes no identificadas.

I.4 CONCENTRACIÓN TOTAL

En los estudios de evaluación de impacto atmosférico, la comparación con los valores estándar de calidad de aire debe hacerse considerando 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. DEFINICIONES

II.1 RECEPTOR

Se conoce como receptor a la localización (en coordenadas x,y,z) en la cual se miden o estiman las concentraciones ambientales de los contaminantes de interés.

II.2 TERRENO SIMPLE O COMPLEJO

La ubicación de receptores con respecto al terreno puede considerarse dentro de dos tipos principales: terreno simple o terreno complejo. En el terreno simple todos los receptores se hallan 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.3. ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

La turbulencia de la atmósfera se caracteriza en base a un parámetro que se denomina clase de estabilidad, que es función de la turbulencia térmica y de la turbulencia mecánica.

Para condiciones atmosféricas inestables las clases de estabilidad pueden ser A, B o C, para condiciones neutras D, y para condiciones estables pueden ser E o F (Ver Apéndice 1).

II.4 ALTURA EFECTIVA DE EMISIÓN

Entre las definiciones más utilizadas para la altura efectiva de emisión, las dos siguientes se encuentran entre las más fáciles de aplicar (referencia 4).

1. La altura a la cual una pluma no se eleva más (para condiciones estables).
2. 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.5 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 es relativamente irrestricta la mezcla vertical, debida al calentamiento radiativo de la superficie terrestre.

III. ETAPAS DE APROXIMACIÓN AL PROBLEMA

La presente Guía, si bien trata los requerimientos necesarios para una adecuada modelación del proceso de dispersión de contaminantes en la atmósfera, es insuficiente para el análisis pormenorizado de cada situación que requiere el criterio y la experiencia de profesionales expertos.

A fin de balancear el esfuerzo necesario para la realización de la evaluación del impacto atmosférico de una central térmica convencional de generación de electricidad en funcionamiento o a instalar, se adopta a los fines regulatorios un procedimiento en dos etapas (referencia 10), una de sondeo y otra más detallada, que se mencionan a continuación.

III.1 ETAPA 1

Se aplicará un procedimiento de sondeo para determinar si las fuentes en cuestión superan o no los límites de calidad del aire. El análisis de sondeo sugerido sirve para determinar de manera aproximada las concentraciones esperables en las condiciones más desfavorables.

Si las concentraciones ambientales totales de los contaminantes en estudio no sobrepasan el 50% de los valores correspondientes fijados por la regulación vigente, no será necesario proseguir con el análisis. En caso contrario, se impone un análisis más detallado indicado en la etapa 2.

III.2 ETAPA 2

La etapa 2 excluye el uso de modelos de sondeo, y requiere el uso de información meteorológica horaria para los modelos detallados.

Si bien a este nivel se debe acceder cuando los resultados del estudio de la etapa 1 indican la existencia de un problema potencial para la calidad del aire, es posible realizar el estudio comenzando con la etapa 2, sin encarar un análisis de sondeo.

III.3 CONSIDERACIONES COMUNES A LAS DOS ETAPAS.

III.3.1. VALORES DE CONCENTRACIÓN DE FONDO A CONSIGNAR.

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

1. La central o centrales en estudio están relativamente aisladas de otras fuentes.
2. La central o centrales en estudio se encuentran en la vecindad de otras fuentes.

Los valores de fondo a consignar corresponden a las concentraciones críticas promediadas, considerando los períodos correspondientes a la normativa vigente.

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.

III.3.2 CARACTERÍSTICAS DE LAS FUENTES EMISORAS

La Tabla 1, en sus secciones 1 y 2 contiene todos los datos necesarios para caracterizar físicamente cada una de las fuentes de emisión de las centrales en consideración.

TABLA 1

Información sobre las características físicas de cada fuente de emisión

1. IDENTIFICACIÓN DE LA CHIMENEA	
Código o Nombre:	
Localización (*) : Coordenadas x(m), y (m):	
2. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS	
Altura de la Chimenea (m):	
Elevación de la Base de la Chimenea (m):	
Diámetro Interior(m) o Sección del Tope de la Chimenea (m ²):	

(*) El centro del eje de coordenadas debe coincidir con la ubicación de alguna de las chimeneas en estudio.

Las fuentes emisoras deben aparecer ubicadas en un mapa que abarque la zona de influencia, definida por un radio del orden de dos veces la distancia entre el foco emisor y la zona donde se producen las máximas concentraciones. En dicho mapa se deberán consignar la escala y la ubicación del Norte geográfico.

La Tabla 2 reúne la información referente a los regímenes de operación, y deberá ser completada para cada uno de ellos, para cada chimenea. Como mínimo cada fuente será modelada para la situación de plena carga. Hará falta considerar también situaciones especiales que impliquen mayores emisiones como los casos de soplado, cambio de combustible y cambio de carga.

Si bien la sección 2 de dicha tabla no contiene información estrictamente necesaria, constituye una referencia útil para verificar los criterios empleados en la generación de los datos de la sección 1.

TABLA 2

Información asociada a cada régimen de operación

1. CARACTERÍSTICAS DE EMISIÓN POR RÉGIMEN DE OPERACIÓN	
Código o Nombre de la Chimenea:	
Régimen de Operación Considerado:	
Meses del Año Correspondientes al Régimen de Operación:	
Horas Diarias Correspondientes al Régimen de Operación:	
Caudales Másicos de Emisión de Cada Contaminante (g/s)	
SO ₂ :	
NO _x :	
MP:	
Velocidad de Salida del Efluente (m/s):	
Temperatura del Efluente (K):	
2. INFORMACIÓN COMPLEMENTARIA	
Caudal de Emisión, Húmedo (Nm ³ /h):	
Caudal de Emisión, Seco (Nm ³ /h):	
Concentración de Cada Contaminante, Base Seca (mg/Nm ³)	
SO ₂ :	
NO _x :	
MP:	
Combustible Utilizado (%)	
Gas Natural:	
Fuel Oil:	
Carbón:	
Otros (especificar):	
Energía Generada (MWh):	

III.3.3 CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO.

Si la central o las centrales están ubicadas en una zona donde sea necesario tomar en cuenta la presencia de costa o de terreno complejo, se especificará, por ejemplo, la ubicación y dimensiones de los espejos de agua cercanos, altura y ubicación de las elevaciones cercanas, así como otras consideraciones geográficas que resulten determinantes en la elección del proceso de modelación a seguir.

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.

III.3.4 SELECCIÓN DE LA TOPOGRAFÍA: URBANA O RURAL.

De los diversos criterios 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 el empleo de parámetros de dispersión urbanos en aquellos casos para los cuales el uso de la tierra para más del 50 por ciento de la zona de influencia, corresponde a zonas alta o medianamente industriales, comerciales o de residencias multifamiliares (referencia 9). 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.

III.3.5 CONSIDERACIÓN DEL EFECTO DE REMOCIÓN POR EDIFICIOS CERCANOS.

Los edificios ubicados en las inmediaciones de una chimenea⁴ influyen de manera diferente en el desarrollo de la pluma de acuerdo a la relación entre su

⁴Se considera que un edificio está lo suficientemente cerca de una chimenea como para influir en el desarrollo de su pluma, cuando la chimenea esta dentro de un rectángulo descrito por:

- una línea ubicada a una distancia $5L$ del edificio en la dirección del viento,
- otra paralela a la anterior ubicada a una distancia $2L$ en la dirección contraria al viento,

altura y su ancho. Se define entonces la altura de buen diseño técnico (h_{BDT}) (referencia 11) como:

$$h_{BDT} = \begin{cases} H_{edif} + 1,5 L & \text{Si } L < H_{edif} \\ 2,5 H_{edif} & \text{Si } L \geq H_{edif} \end{cases}$$

donde H_{edif} , es la altura del edificio y L es la menor dimensión entre el ancho 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.

III.3.6 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, que denominaremos críticos. Ejemplos de esto 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 central en estudio.

III.3.7 TRATAMIENTO DEL MATERIAL PARTICULADO. SUSPENSIÓN Y DEPOSICIÓN.

Las partículas sólidas están sometidas en forma simultánea a los efectos gravitatorio y dispersivo en la atmósfera turbulenta. El fenómeno dispersivo 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 las partículas pequeñas tienden a ser totalmente reflejadas, en tanto que las grandes pueden ser parcial o totalmente retenidas. De acuerdo entonces al tamaño de las partículas emitidas por la chimenea, existirá una concentración de partículas en suspensión, y una concentración de partículas depositadas 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

- y dos líneas paralelas ubicadas a 0,5L del edificio, en la dirección perpendicular a la del viento.

tamaño de las partículas emitidas por la chimenea. En caso de no contar con esta información se sugiere utilizar los datos consignados en la Tabla 3 (referencia 13).

Cuando el combustible quemado es gas natural no es necesario realizar el estudio de material particulado discriminando por tamaño, debido a su baja emisión.

TABLA 3

Distribución de tamaño de partículas por tipo de combustible utilizado

Tipo de combustible	Diámetro medio de la partícula d [μm]	Fracción másica (%)
Carbón	$0 \leq d < 2,5$	29
	$2,5 \leq d < 6,0$	21
	$6,0 \leq d < 10,0$	17
	$d \geq 10,0$	33
Fuel Oil	$0 \leq d < 2,5$	52
	$2,5 \leq d < 6,0$	6
	$6,0 \leq d < 10,0$	13
	$d \geq 10,0$	29

La velocidad de deposición de las partículas se calculará en base a la fórmula de Stokes, que se indica a continuación.

$$v_s = \frac{\rho \cdot g \cdot d^2}{18 \cdot \mu}$$

donde:

v_s : es la velocidad de deposición de la partícula,

ρ : la densidad de la partícula,

g : la aceleración de la gravedad,

d : el diámetro medio de la partícula. En el caso de utilizar la Tabla 5 se debe colocar el valor medio para cada uno de los rangos consignados y

μ : es viscosidad dinámica del aire ($\mu \cong 1,83 \cdot 10^{-4} \text{ g/cm s}$).

IV. ETAPA 1

El análisis de sondeo adoptado para la etapa 1 adopta 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 promedio fijados por la normativa correspondiente.

- Por un lado la evaluación del aporte relativo de las emisiones de la central 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 por la normativa en vigencia, tal como se indica en la sección III.1.

Los modelos a utilizar son los de sondeo indicados en los punto VI.1 y VI.2 y los modelos detallados incluidos en la versión de la “Guideline on Air Quality Models, Revised” (referencia 9) actualizada a la fecha de realización del estudio, según se indica en los punto VI.3 y VI.4 con el empleo de la meteorología de peor caso, sección IV.1.

IV.1 CÁLCULO DE LAS CONCENTRACIONES HORARIAS MÁXIMAS PARA DETECTAR LA CONDICIÓN ATMOSFÉRICA DE PEOR CASO

Para detectar las condiciones atmosféricas de peor caso, es decir aquellas que implican la concentración horaria más alta, se deben tener en cuenta todas las combinaciones posibles de clase de estabilidad - velocidad de viento - altura de la capa de mezcla.

IV.1.1 MATRIZ CLASE DE ESTABILIDAD - VELOCIDAD DE VIENTO

En la Tabla 4 (referencia 12, sección 3.2) 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.1.2.

TABLA 4

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.1.2 ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA

IV. 1.2.1 CONDICIONES NEUTRALES E INESTABLES

Para determinar la situación de peor caso bajo condiciones inestables y neutras (clases A, B, C y D), es necesario realizar un análisis tomando como parámetro las alturas de capa de mezcla, calculadas en base a 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 4. 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 de estar en presencia de una o más chimeneas.

- **Una Única Chimenea**

Cada celda de la Tabla 4 tiene asociada entonces una combinación de clase de estabilidad (A, B, C o D) - velocidad de viento - altura de capa de mezcla. Se calcula la concentración máxima horaria para cada una de estas combinaciones.

- **Chimeneas Múltiples**

En este caso, cada celda de la Tabla 4 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 qué combinación de chimeneas y alturas de capa de mezcla provoca la máxima concentración 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 termina 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 horaria es máxima.

IV. 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 4) para todas las chimeneas en conjunto.

IV.1.3 MATERIAL PARTICULADO.

Para el cálculo de la concentración de partículas 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 retenidas.

IV.2 DETERMINACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES MÁXIMAS

La evaluación de la concentración máxima para promedios de corto plazo (hasta 24 horas) y de largo plazo (mensual, estacional o anual), se realiza en base al cálculo de las concentraciones horarias máximas asociadas a cada combinación clase de estabilidad - velocidad de viento - altura de mezcla, indicado en la sección IV.1.

IV.2.1 CONCENTRACION MEDIA HORARIA MÁXIMA

Para el cálculo de la concentración media horaria máxima, el procedimiento adoptado en la sección IV.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 4, obtenidos siguiendo el procedimiento indicado en la sección IV.1.2.

- **Chimeneas Múltiples**

Se debe aplicar el procedimiento indicado en la sección IV.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 4, 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 las 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.2.2 CONCENTRACIONES MÁXIMAS PARA PROMEDIOS DE CORTO PLAZO

En aquellas situaciones para las cuales la normativa indica los límites máximos admisibles de corto plazo para períodos diferentes a una hora, se pueden obtener los valores de concentración máxima promedio de acuerdo a la expresión:

$$C_{\text{máx}}(\Delta t) = C_{\text{máx}}(60) (\Delta t / 60)^{-0.20}$$

donde Δt : es el período promedio regulado (minutos).

IV.2.3 CONCENTRACIONES MÁXIMAS PARA PROMEDIOS DE LARGO PLAZO

La evaluación de las concentraciones máximas para períodos 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 7). El cálculo de la concentración de largo plazo, para cada dirección de viento, se realiza en base a la concentración máxima promedio de 8 horas⁵ según se indica a continuación.

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

donde:

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

Dirección, es la dirección de viento, según las ocho direcciones informadas por el Servicio Meteorológico Nacional, en la referencia 7.

$C_{\text{máxima/ Largo plazo/ Dirección}}$, es la concentración máxima para el período en consideración.

⁵ Las estadísticas climatológicas editadas por el Servicio Meteorológico Nacional a la fecha, están basadas en datos tomados 3 veces por día. Si se modifica en una nueva edición el número de datos diarios considerados, la concentración de largo plazo se calculará en base a la concentración promedio correspondiente.

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

$C_{\text{máxima/ 8 horas/Dirección}}$, es la 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 máxima promedio, 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 $C_{\text{máxima/ 8 horas/Dirección}}$ proviene del cálculo de la concentración horaria máxima para la correspondiente dirección de viento.

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

IV.3 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS.

IV.3.1. CONCENTRACIÓN HORARIA MÁXIMA

Se organiza la información a presentar de manera similar a la organización del cálculo. Se distinguen entonces 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 horaria máxima total (ver punto I.4).
3. La localización (x,y,z) donde se encuentra la concentración horaria máxima.
4. La velocidad de viento para la cual se produce la concentración 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 analizadas.

IV.3.2 CONCENTRACIONES MEDIAS MÁXIMAS

En caso que la legislación fije concentraciones medias de corto plazo distintas de 1 hora, se presentarán las concentraciones medias máximas de interés

calculadas de acuerdo al punto IV.2.2. En el caso de tener que informar concentraciones de largo plazo se consignará la concentración máxima para cada una de las ocho direcciones del viento generada de acuerdo a lo indicado en el punto IV.2.3.

Se consignarán asimismo las concentraciones máximas totales correspondientes.

IV.3.3. INFORMACIÓN INTERMEDIA

A efectos de la verificación de los resultados presentados se deberá presentar la siguiente información que se obtiene, como valores intermedios, a lo largo del proceso de cálculo.

- **Una Única Chimenea**

Presentar 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 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 atmosférica 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.

V. ETAPA 2

La etapa 2 se debe encarar empleando exclusivamente modelos detallados, los que deberán seleccionarse entre aquéllos incluidos en la versión de la “Guideline on Air Quality Models, Revised” (referencia 9) actualizada a la fecha de realización del estudio, según se indica en el punto VI.

V.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 años⁶. El

⁶No todas las estaciones meteorológicas de superficie del Servicio Meteorológico Nacional, cuentan con 5 años de información horaria procesada para su acceso a través de una computadora, ya que recién a partir del año 1992 se comenzó a sistematizar este tipo de información. En el Apéndice 3 se presenta una lista de las estaciones de superficie con registros horarios, así como el período en el cual hay a la fecha datos procesados.

Servicio Meteorológico Nacional realiza un control de la calidad de la información, orientado a la utilización de los datos para fines climatológicos. Para el estudio de la dispersión de contaminantes es necesario realizar consistencias más cuidadosas de los datos, según se detalla en las referencias 1, 2,5 y 12.

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 1).

Con la información meteorológica horaria empleada en el estudio se deberá elaborar la Tabla 5. 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 5

**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
$v < 2$						
$2 \leq v < 3$						
$3 \leq v < 5$						
$5 \leq v < 6$						
$v \geq 6$						

Frecuencia de calma

A los fines de una evaluación rápida de posibles situaciones conflictivas es conveniente disponer de una matriz resumen de la anterior que indique la

Hasta tanto se completen los 5 años de la información requerida, se utilizarán los datos disponibles de acuerdo a lo indicado en el Apéndice 3.

frecuencia relativa de ocurrencia de estabilidad - velocidad de viento para todas las direcciones de viento en conjunto.

V.2 ALTURA DE LA CAPA DE MEZCLA

Para la evaluación de la altura de la capa de mezcla, se recomienda el empleo de dos 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, en base a parámetros tales como la velocidad de fricción, el parámetro de Coriolis y la longitud de Monin-Obukhov (referencias 15 y 16).

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 2, 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 14) y modificados con los datos de temperatura de superficie local cuando corresponda. En base a 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:
$$h = \frac{\alpha u^*}{f}$$

Para condiciones atmosféricas inestables:
$$h = \frac{\alpha u^*}{f} \left(- \frac{u^*}{f L} \right)^{1/2}$$

donde: h es la altura de la capa de mezcla,

u^* es la velocidad de fricción,

L la longitud de Monin-Obukhov,

α es un parámetro igual a 0,35,

f es el valor absoluto del parámetro de Coriolis, que a su vez se obtiene de la expresión:

$$f = |2 \omega \sin \phi|$$

donde ω es la velocidad de rotación terrestre y

ϕ es la latitud.

V.3 DETERMINACION DE LAS CONCENTRACIONES DE CONTAMINANTES EN AIRE

V.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 promedio requeridos por la legislación correspondiente.

V.3.2 CONCENTRACIONES MEDIAS PARA PERÍODOS MENORES A UNA HORA

Cuando la legislación en vigencia indica estándares de corto plazo para períodos menores a una hora, se puede utilizar la expresión indicada en el punto IV.2.2. para obtener la correspondiente concentración media

V.3.3 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.

V.4 PRESENTACION DE RESULTADOS

V.4.1 CONCENTRACIONES MÁXIMAS PARA PROMEDIOS DE CORTO PLAZO

- Para cada contaminante y para cada escenario de emisión propuesto, 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
 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 6

Número de ocurrencia de altas concentraciones

	Número de ocurrencias
$0,8 C_L \leq (\overline{C_T})_{\text{máx}} < 0,9 C_L$	
$0,9 C_L \leq (\overline{C_T})_{\text{máx}} < 1,0 C_L$	
$1,0 C_L \leq (\overline{C_T})_{\text{máx}} < 1,1 C_L$	
$1,1 C_L \leq (\overline{C_T})_{\text{máx}} < 1,2 C_L$	
$(\overline{C_T})_{\text{máx}} \geq 1,2 C_L$	

C_L límite máximo admisible establecido por la legislación vigente
 $(\overline{C_T})_{\text{máx}}$ concentración total media máxima

También se deberá presentar una tabla que contenga el número de ocurrencias para cada intervalo de altas concentraciones, definidas como aquellas que superan el 80% del valor límite, según se indica en la Tabla 6. Asimismo se deberá presentar el número total de ocurrencia de altas concentraciones.

V.4.2 CONCENTRACIONES MÁXIMAS PARA PROMEDIOS DE LARGO PLAZO

Para cada contaminante y para cada escenario de emisión propuesto, se deberá presentar un mapa de isopletras 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 fijado por la normativa en vigencia.

También se deberá presentar un resumen del número de ocurrencias de altas concentraciones, definidas como aquellas que superan el 80% del valor límite, de la misma manera que lo indicado en la Tabla 6.

REFERENCIAS

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, WHO, 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. Robinson, N., Solar Radiation, Elsevier Publishing Company, 1966.
7. Servicio Meteorológico Nacional, Estadísticas Climatológicas 1981 - 1990, Serie B - N° 37, Primera Edición, Buenos Aires, 1992.
8. U.S. Environmental Protection Agency. Compilation of Pollutant Emission Factors. AP-42, Septiembre 1985.
9. U.S. Environmental Protection Agency. Guideline on Air Quality Models, Revised, (EPA-450/2-78-027R), Julio 1986.
10. U.S. Environmental Protection Agency. Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources, Revised, (EPA-450/R-92-019), Octubre 1992.
11. 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.
12. U.S. Environmental Protection Agency. SCREEN2 Model User's Guide (EPA-450/4-92-006), Septiembre 1992.
13. U.S. Environmental Protection Agency. Volatile Organic Compound (VOC) / Particulate Matter (PM) Speciate Data System, Version 1.5, (EPA-450/4-91-027), Octubre 1992.
14. 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.
15. Zilitinkevich, S.S., On the Determination of The Height of the Ekman Boundary Layer, Boundary Layer Meteorology, 3 (141 - 145), 1972.
16. Zilitinkevich, S.S., Resistance Laws and Prediction Equations for the Depth of the Planetary Boundary Layer, Journal Atmospheric Science , 32 (741 - 753), 1975.

APÉNDICE 1:

CLASES DE ESTABILIDAD ATMOSFÉRICA

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

Velocidad del viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche ⁽¹⁾	
	Radiación solar incidente			$4/8 \leq \text{Nubosidad} \leq 7/8$	Nubosidad $\leq 3/8$
	Fuerte (mayor que $50 \text{ cal/cm}^2 \text{ h}$)	Moderada (entre 25 y $50 \text{ cal/cm}^2 \text{ h}$)	Débil (menor que $25 \text{ cal/cm}^2 \text{ h}$)		
< 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 4), se puede calcular el nivel de radiación solar incidente, como se muestra en el siguiente cuadro.

Nubosidad	Angulo de elevación solar (α)		
	$60^\circ < \alpha$	$35^\circ < \alpha \leq 60^\circ$	$15^\circ < \alpha \leq 35^\circ$
Nubosidad $\leq 4/8$ ó Nubosidad a más de 4.800m	Radiación fuerte	Radiación moderada	Radiación Débil
$5/8 \leq$ Nubosidad $\leq 7/8$ y Nubosidad entre los 2.100 y los 4.800 m	Radiación moderada	Radiación Débil	Radiación Débil
$5/8 \leq$ Nubosidad $\leq 7/8$ y Nubosidad por debajo de los 2.100m	Radiación Débil	Radiación Débil	Radiación Débil

APÉNDICE 2:

ESTACIONES DE MEDICIÓN DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

2.1 Estaciones de medición de superficie

El Servicio Meteorológico Nacional 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 1992 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 AP-2.1. Además conviene indicar que esta información está disponible en una base de datos de modo que los datos son fácilmente trasladables a disquetes.

Tabla AP-2.1

Estaciones del SMN de datos horarios con control automático de la calidad

Nombre de la Estación	Latitud	Longitud
Tartagal Aero	22.39	63.49
Jujuy Aero	24.23	65.05
Salta Aero	24.51	65.29
Iguazú Aero	25.44	54.28
Tucumán Aero	26.51	65.06
Santiago del Estero Aero	27.46	64.18

Nombre de la Estación	Latitud	Longitud
Presidencia R.S.Peña Aero	26.49	60.27
Resistencia Aero	27.27	59.03
Formosa Aero	26.12	58.14
Posadas Aero	27.22	55.58
La Rioja Aero	29.23	66.49
Reconquista Aero	29.11	59.42
Paso de los Libres Aero	29.41	57.09
San Juan Aero	31.34	68.25
Córdoba Aero	31.19	64.13
Sauce Viejo Aero	31.42	60.49
Paraná Aero	31.47	60.29
Concordia Aero	31.18	58.01
Mendoza Aero	32.50	68.47
San Luis Aero	33.16	66.21
Villa Reynolds Aero	33.44	65.23
Rio Cuarto Aero	33.07	64.14
Marcos Juárez Aero	32.42	62.09
Rosario Aero	32.55	60.47
Gualeguaychú Aero	33.00	58.37
Malargüe Aero	35.30	69.35
San Rafael Aero	34.55	68.24
Junín Aero	34.33	60.55
San Fernando	34.27	58.35
Don Torcuato Aero	34.29	58.37
El Palomar Aero	34.36	58.36
Ezeiza Aero	34.49	58.32
Aeroparque Buenos Aires	34.34	58.25

Nombre de la Estación	Latitud	Longitud
Buenos Aires	34.35	58.29
Santa Rosa Aero	36.34	64.16
Bolívar Aero	36.12	61.04
Tandil Aero	37.14	59.15
Mar del Plata Aero	37.56	57.35
Neuquén Aero	38.57	68.08
Bahia Blanca Aero	38.44	62.10
Bariloche Aero	41.09	71.10
San Antonio Oeste Aero	40.47	65.06
Viedma Aero	40.51	63.01
Esquel Aero	42.56	71.09
Trelew Aero	43.12	65.16
Perito Moreno Aero	46.31	71.01
Comodoro Rivadavia Aero	45.47	67.30
Lago Argentino Aero	50.20	72.18
San Julián Aero	49.19	67.47
Rio Gallegos Aero	51.37	69.17
Usuhaia Aero	54.48	68.19

2.2 Estaciones de medición de datos de altura

Las estaciones de medición de datos de altura del Servicio Meteorológico Nacional están ubicadas en las siguientes ciudades:

- ⇒ Salta
- ⇒ Resistencia
- ⇒ Córdoba
- ⇒ Mendoza
- ⇒ Buenos Aires
- ⇒ Santa Rosa
- ⇒ Neuquén
- ⇒ Río Gallegos
- ⇒ Comodoro Rivadavia
- ⇒ Río Grande

APÉNDICE 3:

SELECCIÓN DE MODELOS

3.1 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 1 (referencias 7, 8 y 10).

3.2 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 donde 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 AP-3.1 presenta 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 iguale o supere 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 AP-3.1
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.

3.3 MODELOS DETALLADOS DE USO PREFERENCIAL

La “Guideline on Air Quality Models” (referencia 7) incluye alrededor de 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 de la mencionada guía. Los modelos no recomendados específicamente dentro de cada categoría se detallan en el Apéndice B de la misma guía y se los considera de uso alternativo.

TABLA AP-3.2

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	MPSTER	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	MPSTER	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.

3.4 MODELOS DETALLADOS DE USO ALTERNATIVO

Cuando ningún modelo del Apéndice A 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 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, aplicables a centrales térmicas de generación de electricidad.

AQDM

Modelo extendido de calidad de aire. Modelo estacionario climatológico de pluma gaussiana, que estima las concentraciones medias aritméticas anuales de SO₂ 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 de 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
PLUME5	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 ubicación 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.

3.5 DISPONIBILIDAD DE MODELOS

En la Tabla AP-3.3 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

También en la misma dirección es posible acceder a las referencias 6 a 10.

TABLA AP-3.3
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,	CRSTER	SDM
SCREEN3		
SHORTZ	ISC2, ISC3	
VALLEY	MPTER	
	OCD	
	RAM	
	UAM	

⁽¹⁾ Apéndice A, Referencia 9:

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

MPTEP	(Modelo complejo para fuentes industriales) 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 9:

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)

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

(PÁGINA DEJADA EN BLANCO)

ESTA OBRA SE TERMINÓ DE IMPRIMIR EN
EL MES DE SEPTIEMBRE DE 1997 EN LOS
TALLERES GRÁFICOS DE LA IMPRENTA
DEL CONGRESO DE LA NACIÓN.

Para tomar contacto con los autores:

1. Laura E. Dawidowski

correo electrónico: dawidows@cnea.gov.ar

teléfono: (54-11) 4754-7182

fax: (54-11) 4754-7130

Darío R. Gómez

correo electrónico: dgomez@cnea.gov.ar

teléfono: (54-11) 4754-7130

fax: (54-11) 4754-7130

dirección:

Comisión Nacional de Energía Atómica

Centro Atómico Constituyentes

Avenida General Paz 1499 – Villa Maipú

B1650KNA – Buenos Aires

ARGENTINA

2. Silvia L. Reich

correo electrónico: Silvia.Reich@unsam.edu.ar

teléfono: (54-11) 4512-5151

fax: (54-11) 4512-5151

dirección:

Universidad Nacional de San Martín

Escuela de Ciencia y Tecnología

Calle Alem 3301 – Villa Ballester

1653– Buenos Aires

ARGENTINA