

Aplicación de modelo tipo screening para la estimación de la variación en la calidad del aire debida a la operación del horno incinerador de residuos biopatogénicos.

1. Introducción

En los procesos de incineración la emisión de gases y material particulado puede ser considerada en el área cercana al sitio de emplazamiento del horno como uno de los aspectos ambientales más importantes. Sin embargo, en este caso el Proyecto implica un cambio en el tratamiento actual de los residuos biopatogénicos producidos por los establecimientos de atención de la salud ya que la utilización de un autoclave en conjunto con un horno pirolítico representan una configuración que desde el punto de vista ambiental es superior al tratamiento actual basado exclusivamente en la incineración pirolítica.

La restricción del uso del horno a la fracción orgánica de los residuos biopatogénicos y el enfriamiento brusco que produce el sistema de lavado de gases tiene como consecuencia deseable la significativa reducción de la emisión de metales pesados y dioxinas al evitar la incineración de elementos metálicos (agujas, bisturís, etc), y de compuestos de PVC (perfus, sachet de suero, conectores, mangueras de conexión, etc) y evitar la denominada síntesis *de novo* de las dioxinas (Stieglitz, 1987), (Siebert, 1988).

Para verificar el cumplimiento de los niveles guía de emisión y calidad de aire, el flujo másico, composición, temperatura, velocidad de salida y demás propiedades de la corriente efluente del horno se adoptan en base a resultados de ensayos empíricos de caracterización del efluente gaseoso.

Se evalúa la dispersión de las emisiones de los denominados "contaminantes atmosféricos básicos", a saber monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), material particulado (MP) y óxidos de nitrógeno (NO_x). A ese grupo se incluyen el Cloruro de Hidrógeno (HCl) por ser el gas ácido que en mayor proporción es detectado en las mediciones realizadas en chimenea y las dioxinas y furanos . Estas últimas fueron consideradas sin obtener su toxicidad equivalente, es decir sin identificación de congéneres pues así fueron determinadas en el estudio de emisiones que se utiliza para modelar.

2. Emisiones gaseosas estimadas durante la operación del horno.

2.1. Mediciones informadas por la empresa.

El cumplimiento de los límites máximos de emisión es función directa del diseño del equipo, de las condiciones de operación y de la composición del residuo a incinerar. No depende de las características geográficas ni de las condiciones atmosféricas reinantes. En la tabla N°1 se indica una estimación de las emisiones promedio, obtenida a partir de la información brindada por la empresa respecto a mediciones realizadas en la corriente gaseosa de salida de un horno de características y capacidad similar a la unidad que se utilizará a los fines del Proyecto (Informe RMEA 190.08.2016 - MGAP Ministerio de Ganadería, Agricultura y pesca – Carrasco – Montevideo – Relatório de Monitoramento de Emissões Atmosféricas).

Resultados promedio de ensayos informados por la empresa
(MGAP Ministerio de Ganadería Agricultura y pesca – Carrasco –
Montevideo – Relatório de Monitoramento de Emissões Atmosféricas –
RMEA 190.08.2016.)

Parámetro

<i>T gases de salida</i>	513.77°K
<i>Flujo de gas promedio</i>	0.53 m ³ /s
<i>Emisión de CO</i>	6.95 mg/Nm ³
<i>Emisión de MP</i>	11.44 mg/Nm ³
<i>Emisión de NOx</i>	107.95 mg/Nm ³
<i>Emisión de SO₂</i>	26.69 mg/Nm ³
<i>Emisión de HCl</i>	1.55 mg/Nm ³
<i>Emisión de dioxinas y furanos</i>	0.04 ng/Nm ³

(no se informa toxicidad)

Tabla N°1: Valores de emisión basados en ensayos con un horno similar al del Proyecto.

2.1.1 Dioxinas y furanos. Toxicidad equivalente.

De las 210 moléculas que se denominan dioxinas y furanos, los toxicólogos estiman que 17 congéneres son tóxicos y corresponden a las moléculas sustituidas en las posiciones 2,3,7 y 8. Para evaluar la toxicidad de una mezcla de dioxinas se caracteriza la toxicidad de cada isómero utilizando el factor de equivalencia tóxica (TEF, por sus siglas en inglés), el cual proviene de asignar un factor de toxicidad a cada molécula comparado

con el factor 1 atribuido a la dioxina más tóxica, la 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8 tetraclorodibenzodioxina).

A partir de los TEF y de las cantidades presentes de cada congénere tóxico puede calcularse la toxicidad de una mezcla o la contaminación global. Para ello se define la cantidad de equivalentes tóxicos (TEQ, por sus siglas en inglés) como:

$$TEQ = \sum_i Cant\ Congenere_i \times TEF_i$$

Dado que entre los 17 congéneres que presentan toxicidad hay 13 con un $TEF \leq 0,1$ resulta claro que la TEQ de la corriente gaseosa será con altísima probabilidad menor a la masa informada como resultado de los ensayos de emisión. Como los niveles guía se establecen en base a la TEQ/Nm^3 , la comparación directa de la concentración medida con dichos niveles guía es una significativa sobreestimación de la toxicidad de la corriente gaseosa.

2.2. Comparación con Niveles Guía de emisión.

Comparación con los Niveles Guía.			
Compuesto	Emisión estimada (dato empírico)	Nivel Guía (emisión)	Observaciones
Material Particulado MP₁₀	11.44 mg/Nm ³	250 mg/Nm ³ ⁽¹⁾	Corresponde a material particulado respirable, con diámetro de partícula inferior a 10 µm.
Monóxido de Carbono CO	6.95 mg/Nm ³	100 mg/Nm ³ ⁽¹⁾	
Óxidos de nitrógeno NO_x	107.95 mg/Nm ³	450 mg/Nm ³ ⁽¹⁾	Expresados en mg/Nm ³ de NO ₂ .
Dióxido de azufre SO₂	26.69 mg/Nm ³	500 mg/Nm ³ ⁽¹⁾	
Cloruro de Hidrógeno HCl	1.55 mg/Nm ³	450 mg/Nm ³ ⁽¹⁾	Puede utilizarse también como referencia el valor 18 mg/seg ⁽²⁾ . Para este caso el valor de emisión estimada es 0,44 mg/seg
Dioxinas y Furanos	0.04 ng/Nm ³ TEQ ≤ 0.04 ng/Nm ³)	0,6 ngTEQ/Nm ³ ⁽³⁾	Para tratamiento de residuos biopatógenicos en hornos cuya capacidad no exceda los 100 kg/h, la EPA establece un nivel guía de 2,3 ngTEQ/Nm ³
⁽¹⁾ Decreto Reglamentario N°3.395/96 de la Ley N°5.965 "Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera" de la provincia de Buenos Aires.			
⁽²⁾ Tabla N° 11 – Anexo II - del Decreto 831/93 reglamentario de la Ley Nacional N° 24.051 .			
⁽³⁾ EPA - Fed. Regist. 62, Sept 15-1997, 48348 – 48391.			

Tabla N°2: Comparación valores empíricos informados por la empresa con niveles –guía.

mg/Nm³ indica miligramos por metro cúbico en condiciones normales de presión y temperatura (273,15°K , 101,325 Pa).

La comparación con los niveles guía de emisión muestra que en condiciones de operación normal, las emisiones esperadas para los contaminantes básicos cumplirán con lo establecido en estos Niveles Guía.

Para el caso particular de las dioxinas y furanos, probablemente debido al sistema de enfriamiento y lavado de gases que posee la unidad incineradora, aun utilizando directamente la concentración informada (es decir asumiendo que la mezcla de dioxinas emitidas está compuesta solo por la dioxina más tóxica) se cumple con los Niveles Guía.

Los principales factores que pueden apartar las emisiones de los valores estimados son:

- Desconocimiento de la operación correcta de encendido por parte del personal que operará el horno.
- Falla del quemador secundario.
- Carga del horno por encima de la capacidad indicada.
- Temperaturas inferiores a las de operación normal.
- Falla en el sistema lavador de gases.
- Daños en cámara de post combustión y/o chimenea.
- Tiempo de residencia inferior al indicado para la etapa de pirólisis de los residuos.
- Mala segregación en origen.

3. Cumplimiento de las Normas de Calidad de Aire Ambiente. Modelización

3.1 Selección de un modelo para la estimación del aporte relativo de contaminantes.

Dado que el fenómeno de dispersión de los contaminantes en la atmósfera es un proceso muy complejo, en el que intervienen múltiples variables y parámetros, para evaluar las concentraciones promedio en los alrededores de la fuente emisora es necesaria la aplicación de modelos matemáticos (Davidowski, 1997).

Para seleccionar el modelo de cálculo se siguieron los criterios presentados por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA, 1992). De acuerdo con esta publicación en primera instancia se debe utilizar un modelo de sondeo (o de screening) para determinar **las concentraciones máximas de contaminantes esperables en las condiciones ambientales más desfavorables** (considerando todos los tipos de

meteorología posibles en cuanto a condiciones de estabilidad atmosférica y velocidades de viento).

De acuerdo a dicha publicación, si en esas condiciones las concentraciones ambientales calculadas no sobrepasan el 50% de los valores legales correspondientes no es necesario proseguir con la aplicación de otros modelos.

Dadas las características de las emisiones del horno, las condiciones topográficas en el lugar de emplazamiento del horno y la ausencia de grandes edificaciones en las cercanías se seleccionó como modelo de sondeo el Screen 3 (EPA, 2000).

La mayoría de las técnicas que se utilizan en el modelo Screen3 se basan en suposiciones y métodos de modelos de dispersión de la EPA. (EPA 454/R 92 – 019 “Screening Procedures for Estimating the Air Quality Impact of Stationary Sources” - 1992).

3.2 Descripción técnica del modelo SCREEN 3.

El modelo Screen3 emplea un modelo de pluma Gaussiana que incorpora factores relacionados a la fuente y factores meteorológicos para calcular la concentración de contaminantes de fuentes continuas. Se asume que el contaminante no experimenta ninguna reacción química, y que ningún otro proceso de remoción (como deposición húmeda o seca) actúa sobre la pluma durante su transporte desde la fuente. El modelo Gaussiano se utiliza en Screen3 para modelar impactos de pluma desde fuentes de punto, liberaciones por incineración y liberaciones volumétricas.

El modelo examina un rango de clases de estabilidad y velocidades del viento para identificar el "peor caso" de condiciones meteorológicas, es decir **la combinación de velocidad del viento y estabilidad que resulta en máximas concentraciones de contaminantes a nivel de la altura del receptor.**

Velocidad del Viento (m/s) a 10 m de altura	Día			Noche	
	Radiación solar incidente				
	Fuerte (mayor que 50 cal/cm ² h)	Moderada (entre 25 y 50 cal/cm ² h)	Débil (menor que 25 cal/cm h)	4/8< nubosidad <7/8	Nubosidad<3/8
<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

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

Tabla Nº 3 – Clases de estabilidad atmosférica

La tabla 4 presenta las clases de estabilidad atmosférica y sus combinaciones con intensidades que emplea el modelo Screen 3, que incluye la evaluación de todas las clases de estabilidad para las condiciones generalmente críticas (vientos leves y calmas).

Velocidad del Viento (m/s) a 10 m de altura													
Clase de Estabilidad	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	8	10	15	20
A													
B													
C													
D													
E													
F													

Tabla Nº4 clases de estabilidad atmosférica y sus combinaciones con velocidades del viento que emplea el modelo Screen 3

Para alturas de chimenea mayores a 10 metros (como es el caso del Proyecto), las velocidades del viento dadas en las tablas anteriores se ajustan a la altura de la chimenea. Para alturas de liberación menores a los 10 metros el modelo utiliza las velocidades del viento sin ajustar.

El usuario tiene tres opciones para examinar datos meteorológicos. La primera opción, que se debe usar en la mayoría de las aplicaciones es utilizar "Meteorología Completa" la cual examina las seis clases de estabilidad y sus correspondientes velocidades del viento. La concentración total máxima representa el valor de control de 1 hora. La segunda opción es alimentar una sola clase de estabilidad y un rango de

velocidades del viento para esa clase de estabilidad solamente. La tercera opción es especificar una sola clase de estabilidad y velocidad del viento. Las últimas dos opciones se utilizan para evaluar las condiciones meteorológicas más frecuentes, o cierta condición meteorológica cuya evaluación se considera de importancia para el Proyecto.

El modelo incorpora los efectos de terreno elevado simple en concentraciones máximas y puede calcular las concentraciones promedio de 24 horas ocasionadas por el impacto de la pluma en terreno complejo usando el procedimiento de filtrado de 24 horas del modelo Valley (EPA, 2000). Puede además calcular la concentración máxima a cualquier número de distancias especificadas por el usuario en un terreno simple elevado o plano, incluyendo distancias de hasta 100 km para transporte de contaminantes de largo alcance.

3.3 Datos de entrada utilizados.

3.3.1 Emisiones y datos relacionados con el funcionamiento del horno incinerador.

<i>Altura chimenea</i>	12.5 m
<i>Diámetro interior chimenea</i>	0.44 m
<i>Flujo volumétrico por chimenea.</i>	0.53 m ³ /s
<i>T gases de salida</i>	513,77°K

Datos de Emisión (flujo másico)

CO	1,97 mg/s
MP (<10µm)	3.2 mg/s
NOx	31,0 mg/s
SO ₂	7,6 mg/s
HCl	0,44 mg/s
Dioxinas y furanos	0,011 ng/s

Tabla Nº 5 – Datos relativos a las características del horno y de emisión provistos por la empresa responsable del Proyecto.

3.3.2 Datos de entrada dependientes de la dirección de dispersión estudiada.

3.3.2.1 Uso de la tierra.

Se evalúa de acuerdo a los requerimientos del modelo, el tipo de terreno y uso de la tierra para las distintas direcciones de dispersión evaluadas

Para definir la condición de uso de la tierra se adopta el procedimiento basado en el uso de la tierra (EPA, 2000). De acuerdo a ello se indica al modelo Screen3 calcular utilizando parámetros de dispersión urbana en aquellos casos en los cuales el uso de la

tierra para más del 50% de la zona de influencia corresponde a zonas altas o medianamente industriales, comerciales o de residencias multifamiliares. Esta zona de influencia queda determinada por el sector circular con centro en el foco emisor orientado según la dirección respectiva del viento a analizar y radio tal que abarque la zona de influencia determinada. En caso de no cumplirse lo anterior se utilizan coeficientes de dispersión para zonas rurales

En el caso del proyecto, el análisis del área de influencia combinado con las características poblacionales de las zonas aledañas a su emplazamiento, implicó la utilización de coeficientes de tipo rural para seis de las direcciones estudiadas (Tabla N°6).

Dirección Geográfica	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Condición Urbana (U) o Rural (R)	R	R	U	U	R	R	R	R

Tabla N° 6 – Uso de la tierra para las direcciones estudiadas.



Figura N° 1 – Área de influencia estudiada para definir uso de la tierra (Urbana / Rural).

3.3.2.2 Tipo de terreno

Fue determinado para un radio de 7000 m a partir de la base de la chimenea, consultando curvas de nivel de cartografía elaborada por el actual Instituto Geográfico Nacional (IGN) y mediante trabajos de georreferenciación para puntos intermedios, para los que se empleó un equipo GPS Magellán 315. Se observa que la zona de emplazamiento del horno tiene la propiedad que el relieve no presenta elevaciones significativas por encima de la altura de chimenea en al menos un radio de 4000 m. Esta ubicación resulta favorable desde el punto de vista de las emisiones gaseosas.

Por otra parte la altura prevista para la chimenea permite que aun en condiciones que impiden la elevación significativa de la pluma (vientos > 15 m/s) las hileras de árboles presentes no provoquen mayores interferencias en la dispersión de los gases a la atmósfera.

Dirección Geográfica	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Tipo de Terreno (C,SE,S)	SE C ⁽¹⁾	SE	S	S	S	S	SE C ⁽²⁾	SE C ⁽³⁾
C . Complejo: Las elevaciones del terreno exceden la altura del tope de la chimenea SE: Simple Elevado: El terreno se extiende por encima de la línea de base de la chimenea pero por debajo del tope de esta. S: Simple: El terreno se extiende por debajo de la línea de base de la chimenea del horno.								
(1) Las elevaciones del terreno por encima del tope de la chimenea comienzan a más de 6000 m de distancia del horno (2) Las elevaciones del terreno por encima del tope de la chimenea comienzan a más de 4000 m de distancia del horno (3) Las elevaciones del terreno por encima del tope de la chimenea comienzan a más de 4200 m de distancia del horno								

Tabla N° 7 – Tipo de terreno en un radio de 7000m a partir de la base de la chimenea..

3.3.2.3 Meteorología evaluada

Completa: Se evaluaron todas las condiciones meteorológicas posibles de modo de determinar aquellas condiciones en que la contaminación es máxima (“peor caso”).

Condiciones promedio: Para cada dirección de viento estudiada, se evaluaron las condiciones meteorológicas más frecuentes en la ciudad de Trelew a los fines de determinar las zonas que con mayor frecuencia pueden verse impactadas.

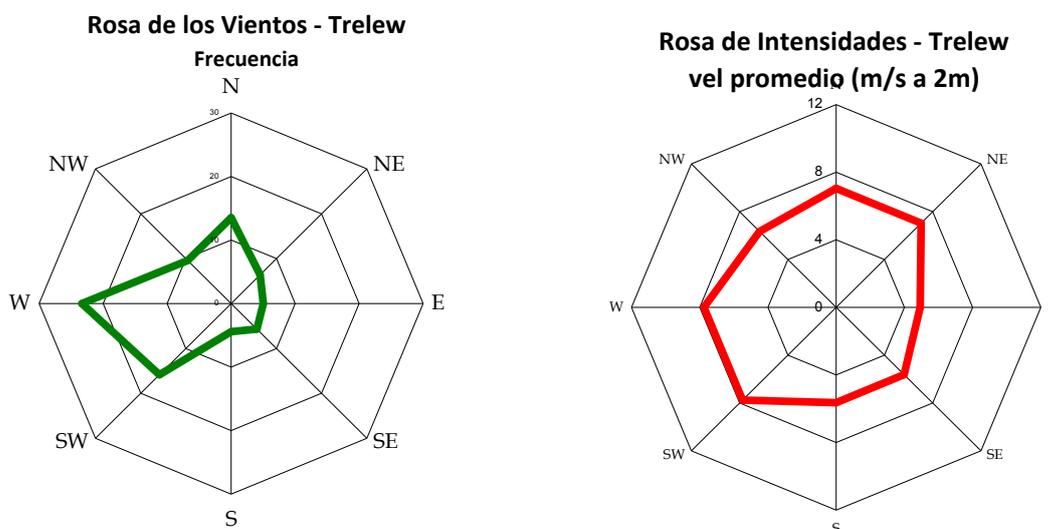


Figura N°2 – Características de los vientos, ciudad de Trelew (Fuente: Servicio Meteorológico Nacional).

3.4 Resultados obtenidos.

3.4.1 Concentraciones máximas considerando todas las direcciones de viento en todas las condiciones meteorológicas posibles (peor caso).

Se calcularon las concentraciones máximas de contaminantes suponiendo vientos desde los cuatro puntos cardinales principales (N, E, S, O), y sus intermedios (NE, SE, SO, NO).

Para cada dirección de viento dada, se ingresaron al modelo las características de la topografía (alturas del terreno) y condición de uso de la tierra en la dirección de movimiento de los contaminantes (dirección de la pluma). **Para cada una de las ocho direcciones de viento estudiadas se evaluaron con el modelo Screen3 todas las clases de estabilidad atmosférica posibles y se determinaron las concentraciones máximas de contaminantes y la distancia a la base de la chimenea en que estas concentraciones se producen.** Los resultados obtenidos se compararon con los valores máximos indicados por la legislación ambiental aplicable ó utilizada como referencia.

La tabla siguiente resume las concentraciones máximas considerando la totalidad de las condiciones meteorológicas, resaltando el peor caso identificado.

Dirección del Viento	Contaminante	Conc. max ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) 1hr a 1m del suelo	Distancia desde el emisor (m)	Condición meteorológica de máx. conc. (más desfavorable)	Observación
0° (Norte)	CO	0.36	223m en dirección Sur	Calma o vientos muy leves del Norte (< 1.5 m/s)	Condiciones de Estabilidad C
	MP (<10 μm)	0.59			
	NOx	5.53			
	SO ₂	1.37			
	HCl	0.08			
	Dioxinas	2.1 E-06			
45° (Noreste)	CO	0.33	Aprox. 234m en dirección Suroeste	Calma o vientos muy leves del Noreste (< 1.5 m/s)	Condiciones de Estabilidad C
	MP (<10 μm)	0.54			
	NOx	5.06			
	SO ₂	1.25			
	HCl	0.07			
	Dioxinas	1.9 E-06			
90° (Este)	CO	0.33	Aprox. 234m en dirección Oeste	Calma o vientos muy leves del Este (< 1.5 m/s)	Condiciones de Estabilidad C
	MP (<10 μm)	0.54			
	NOx	5.06			
	SO ₂	1.25			
	HCl	0.07			
	Dioxinas	1.9 E-06			
135° (Sureste)	CO	0.33	Aprox. 665m en dirección Noroeste	Calma o vientos muy leves del Sureste (< 1 m/s)	Condiciones de Estabilidad D
	MP (<10 μm)	0.54			
	NOx	5.06			
	SO ₂	1.25			
	HCl	0.07			
	Dioxinas	1.9 E-06			
180° (Sur)	CO	0.36	Aprox. 223m en dirección Norte	Calma o vientos muy leves del Sur (< 1.5 m/s)	Condiciones de Estabilidad C
	MP (<10 μm)	0.59			
	NOx	5.53			
	SO ₂	1.37			
	HCl	0.08			
	Dioxinas	2.1 E-06			
225° (Suroeste)	CO	0.33	Aprox. 234m en dirección Noreste	Calma o vientos muy leves del Suroeste (< 1.5 m/s)	Condiciones de Estabilidad C
	MP (<10 μm)	0.54			
	NOx	5.06			
	SO ₂	1.25			
	HCl	0.07			

	Dioxinas	1.9 E-06			
270° (Oeste)	CO	0.50	Aprox. 81m en dirección Este	Calma o vientos muy leves del Oeste (< 1.6 m/s)	Condiciones de Estabilidad C Peor condición obtenida mediante la aplicación del modelo Screen 3.
	MP (<10µm)	0.83			
	NOx	7.79			
	SO₂	1.93			
	HCl	0.11			
	Dioxinas	2.9 E-06			
315° (Noroeste)	CO	0.50	Aprox. 81m en dirección Sureste.	Calma o vientos muy leves del Noroeste (< 1.6 m/s)	Condiciones de Estabilidad C Peor condición obtenida mediante la aplicación del modelo Screen 3.
	MP (<10µm)	0.83			
	NOx	7.79			
	SO₂	1.93			
	HCl	0.11			
	Dioxinas	2.9 E-06			

Tabla N°8 – Aplicación del modelo Screen 3 - Peor condición

De acuerdo a los resultados de la aplicación del modelo, la peor condición ocurre en condiciones de calma o vientos muy débiles del Oeste y Noroeste en condiciones de radiación solar media a fuerte (estabilidad C). Sin embargo, dichas condiciones de acuerdo a la rosa de intensidades no son frecuentes en nuestra zona. La distancia a la que se produce la peor condición es menor a los 100 metros, por lo que se produce en los límites del predio del establecimiento, y la altura del centro de la pluma calculada para estas condiciones es de 23,3 m.

Se evaluó mediante Screen 3 las posibles interferencias de las hileras de de árboles existentes, modelando dichas hileras de manera conservativa como un cuerpo macizo. A pesar de ello, dada la altura de chimenea, no se obtuvo resultados que impliquen impacto directo del centro de la pluma sobre los árboles en ninguna condición meteorológica. Solamente para vientos intensos, dado que la pluma es mas dispersa pero mas baja, su porción inferior puede ser interferida por los árboles.

3.4.2 Concentraciones máximas considerando las condiciones climáticas más frecuentes en la ciudad de Trelew

Se evaluó para cada dirección de viento estudiada las condiciones climáticas más frecuentes de acuerdo a datos presentados en el ítem 3.3.2.3

Dirección del Viento	Frecuencia anual (%)	Intensidad promedio (m/s) (a 2 m de altura)	Clase de estabilidad (para condiciones frecuentes)	Distancia desde la base de la chimenea hasta la ocurrencia del los máximo (m)	Concentraciones máximas calculadas ($\mu\text{g}/\text{m}^3$ 1hr)
0° (Norte)	13.5	7.77	C	115	CO: 0.19 MP <10 μm :0.31 NOx:2.90 SO ₂ :0.71 HCl:0.042 Dioxinas: 1.08 E-06
45° (Noreste)	6.4	7.22	C	128	CO:0.17 MP <10 μm :0.28 NOx:2.60 SO ₂ :0.64 HCl:0.037 Dioxinas: 9.64 E-07
90° (Este)	5.0	5.28	D	233	CO:0.18 MP <10 μm :0.30 NOx:2.86 SO ₂ :0.71 HCl:0.041 Dioxinas: 1.06 E-06
135° (Sureste)	5.7	6.67	D	222	CO:0.16 MP <10 μm :0.26 NOx:2.48 SO ₂ :0.61 HCl:0.037 Dioxinas: 9.19 E-07
180° (Sur)	4.4	7.78	D	196	CO:0.17 MP <10 μm :0.28 NOx:2.64 SO ₂ :0.65 HCl:0.038 Dioxinas: 9.77 E-07

225° (Suroeste)	15.9	8.33	D	213	CO:0.14 MP <10µm:0.23 NOx:2.13 SO ₂ :0.53 HCl:0.031 Dioxinas: 7.91 E-07
270° (Oeste)	23.3	7.77	C	46	CO:0.24 MP <10µm:0.40 NOx:3.75 SO ₂ :0.93 HCl:0.054 Dioxinas: 1.39 E-06
315° (Noroeste)	9.6	6.67	C	47	CO:0.27 MP <10µm:0.44 NOx:4.16 SO₂:1.03 HCl:0.060 Dioxinas: 1.54 E-06

Tabla N°9 – Aplicación del modelo Screen 3 – Condiciones meteorológicas mas frecuentes. Intensidades de viento promedio para cada dirección. Las calmas se estudiaron cuando se evaluó meteorología completa.

Al igual que en el caso de estudiar meteorología completa, las peores condiciones ocurren para vientos del oeste y noroeste. Esto se debe principalmente a la necesidad de considerar conservativamente coeficientes “urbanos” en vez de “rurales” para estas direcciones de viento. Las variaciones en las concentraciones de contaminantes en las condiciones más frecuentes son aproximadamente un 50 % inferiores que las peores condiciones para cada dirección, asociadas principalmente a vientos muy leves o calmas. En la figura N°3 se presentan resultados de la aplicación del modelo para condiciones frecuentes, observándose que las primeras viviendas del barrio mas cercano al sitio de proyecto (barrio Inta) se encuentran alejadas de los máximos previstos para la variación de concentración .

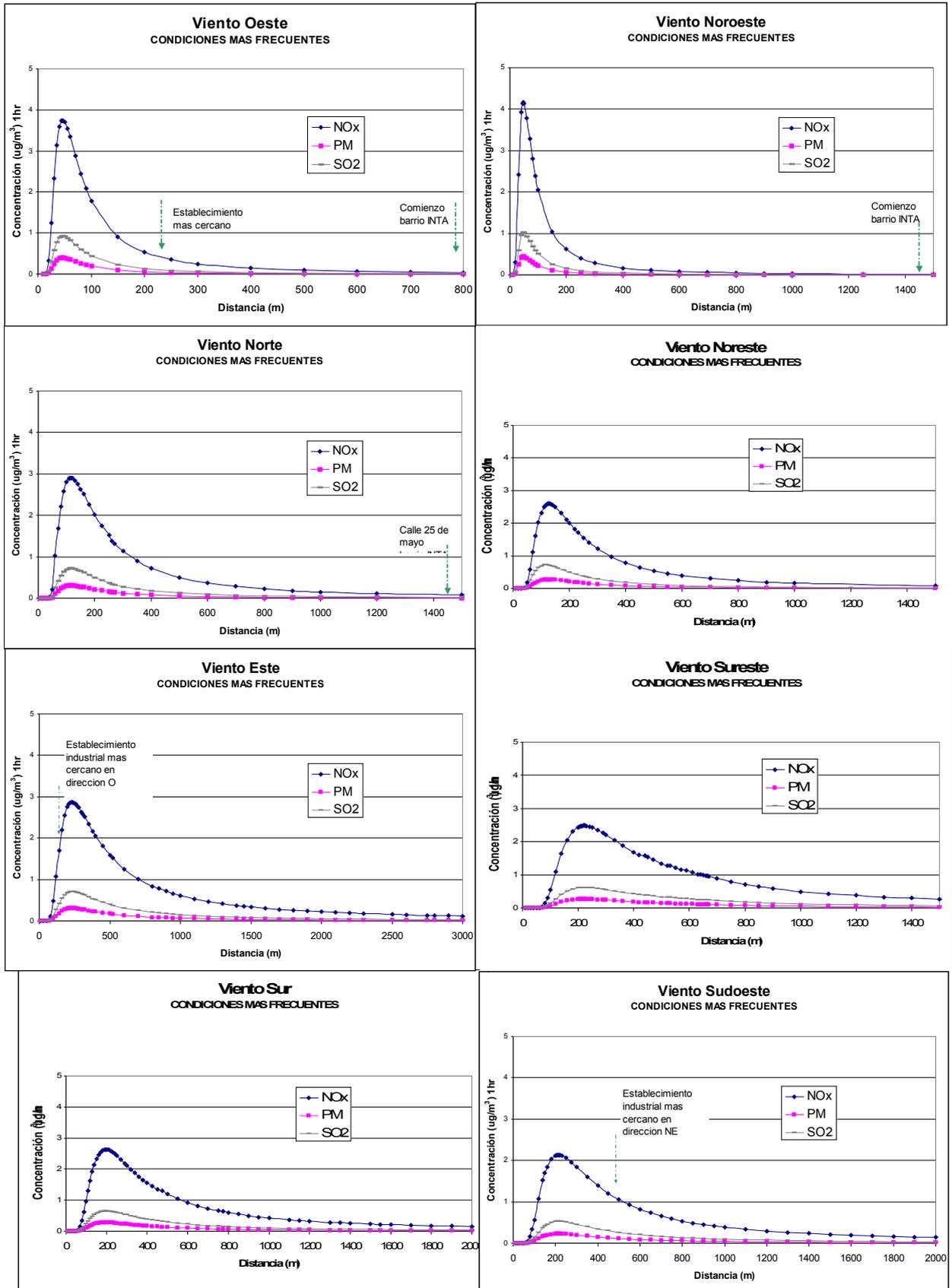


Fig.3: Variación en las concentraciones estimadas por Screen3 para contaminantes (ejemplificada para NOx , SO₂ y MP) en función de la distancia a la base de la chimenea para condiciones meteorológicas mas frecuentes.

4. Cumplimiento de las Normas de Calidad de Aire Ambiente. Comparación con los Niveles Guía.

Para los contaminantes básicos y el HCl se comparan los valores obtenidos para la peor condición mediante la modelización y los valores de legislación tomada como referencia. Se incluyen además a modo de comparación las condiciones mas frecuentes para los vientos predominantes.

Respecto a las dioxinas, no se han establecido niveles guía de calidad de aire debido a que la exposición a las dioxinas por inhalación directa constituye una pequeña proporción (<3%) de la ingesta total diaria promedio (OMS Dioxins guidelines, 2010). Tanto la EPA como la OMS indican el riguroso control de las emisiones de dioxinas haciendo uso del concepto de mejor tecnología disponible (OMS, 2000) (EPA.1997). En las Guías de Calidad de Aire para Europa (OMS 2000) se indican concentraciones de toxicidad equivalente del orden de décimas de picogramos por normal metro cúbico de aire como una concentración esperable o normal para zonas urbanas (TEQpg/Nm³).

A fin de poder comparar, las variaciones de las concentraciones máximas obtenidas mediante la modelización de las emisiones son convertidas según los períodos de tiempo requeridos en la legislación siguiendo lo indicado por la EPA (EPA 454/R-92-024). De esta manera, el estimado para la variación de concentraciones máximas en un período superior a una hora se obtiene al multiplicar el valor de concentración máxima para una hora por un factor indicado en la Tabla N° 10.

Tiempo promedio para expresar la conc. máxima	Factor a multiplicar por la Conc. Max 1hr
3 horas	0.9 (± 0.1)
8 horas	0.7 (± 0.2)
24 horas	0.4 (± 0.2)
anual	0.08 (± 0.02)

Tabla N° 10 – Factores de conversión para períodos de tiempo mayores a 1 hora.

Los números entre paréntesis son límites recomendados de divergencia a partir del factor de multiplicación, el cual representa el caso general. Si existe terreno muy complejo, presencia de edificios o altura de emisión baja, es apropiado incrementar el factor adicionándole el número entre paréntesis. Opuestamente, cuando la chimenea es alta respecto al entorno inmediato y no existen problemas de terreno, es apropiado

decrecer el factor. En este trabajo se tomaron conservativamente los valores principales sin crecimiento o decrecimiento, pese a que por la altura relativa de la chimenea y ausencia de edificaciones podría corresponder decrecer el factor.

Para tiempos distintos a los indicados en la tabla, se utiliza conservativamente el factor indicado para el tiempo inferior (por ejemplo, si se necesita la concentración promedio para 4 horas, se utiliza el factor para 3 horas).

Para tiempos menores a 1 hora, tal como es el caso del HCl, para estimaciones de concentraciones máximas se utiliza la ecuación:

$$C_t = C_{1hr} \left(\frac{60 \text{ min}}{t} \right)^{0.2}$$

donde $t \leq 30 \text{ min}$.

La tabla N° 11 muestra la comparación de los valores obtenidos para la peor condición mediante la modelización y los valores de legislación tomada como referencia. Se indican además a modo de comparación las tres condiciones mas frecuentes (vientos del O, SO y N) y aquella condición cuya modelización arrojó las mayores variaciones en la concentración (viento del NO).

Contami- nante	Valores legales de referencia ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Período de tiempo	Condición más desfavorable ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viento O 270° 7.8 m/s ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viento SO 225° 8.3 m/s ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viento N 0° 7.8 m/s ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Viento NO 325° 6.7 m/s ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
CO	$10 * 10^3$	8 hr	0.35	0.17	0.10	0.133	0.189
	$40,082 * 10^3$	1 hr	0.50	0.24	0.14	0.19	0.27
MP ($<10\mu\text{m}$)	50	1 año	0.07	0.03	0.02	0.02	0.04
	150	24 hr	0.33	0.16	0.09	0.12	0.18
NOx	400	1 hr	7.79	3.75	2.13	2.90	4.16
	100	1 año	0.62	0.30	0.17	0.23	0.33
SO ₂	1300	3 hr	1.74	0.84	0.48	0.64	0.93
	365	24 hr	0.77	0.37	0.21	0.28	0.41
	80	1 año	0.15	0.07	0.04	0.06	0.08
HCl	50	30 min	0.126	0.062	0.036	0.048	0.069
Anexo III del Decreto Reglamentario N°3.395/96 de la Ley N°5.965 "Protección a las fuentes de provisión y a los cursos y cuerpos receptores de agua y a la atmósfera" de la provincia de Buenos Aires.							
Para el HCl se utiliza Tabla N° 10 – Anexo II – del Decreto 831/93 reglamentario de la Ley Nacional N° 24.051							

Tabla N° 11 Niveles Guía de calidad de aire utilizados como referencia para comparar con los datos de variación de calidad de aire obtenidos mediante el modelado

La aplicación del modelo revela que aún en las condiciones meteorológicas más desfavorables las concentraciones máximas de contaminantes producida por las emisiones del horno (en estado de buen funcionamiento) son significativamente inferiores a los Niveles Guías de Calidad de Aire.

Si bien estos resultados están basados en experiencias con hornos similares, los valores obtenidos deben confirmarse a partir de las mediciones que se realicen una vez que el horno entre en operación. Desde el punto de vista ambiental será condición para lograr muy bajas emisiones que se realice una buena segregación en origen de modo que el horno se utilice exclusivamente para la fracción orgánica de los residuos biopatogénicos y que el sistema de lavado y enfriado de gases se mantenga en buenas condiciones de operación.

5. Referencias

- Dawidowski L., Gómez D., Reich S., 1997. Guía metodológica para la Evaluación del Impacto Ambiental Atmosférico. Comisión Nacional de Energía Atómica.
- EPA 454 – R 92-019 - Screening Procedures for Estimating the air quality impact of Stationary Sources . Octubre 1992.
- Federal Register, EPA 1997, 62 (178): 48348 – 48391
- Instituto Geográfico Nacional – Carta topográfica 4366-IV - Rawson
- MGAP Ministerio de Ganadería Agricultura y pesca – Carrasco – Montevidéo – Relatório de Monitoramento de Emissões Atmosféricas – RMEA 190.08.2016.
- Organización Mundial de la Salud , 2000, Air Quality Guidelines for Europe – 2nd edition WHO Regional Publications, European Series, No. 91.
- Organización Mundial de la Salud , 2010, Dioxins Guidelines , page 3 of Exposure to Dioxins and Dioxin like substances : A major public concern.
- Screen 3, EPA-454/B-95-004 – Año 2000. Pueden obtenerse copias del modelo Screen 3 en el Servicio Nacional de Información Técnica (NTIS), Springfield, VA22161, teléfono 01-(703) 487-4650, o pueden obtenerse del BBS del Centro de Apoyo para

Modelos Regulatorios del Aire (SCRAM) o por medio de internet a través del sitio de la EPA. www.epa.gov.

- Siebert, P., Alston, D., Walsh, J., Jones, K., 1988. Effect of control Equipment and Operating parameters on Municipal Solid Waste Incinerator Trace Emissions. Paper Nº 88-98 presented at the 81st annual meeting of APCA, June 19-24, 1988 Dallas.
- Stieglitz, L. and H. Vogg, 1987. On formation conditions of PCDD /PCDF on fly ash on Municipal Waste Incinerators. Chemosphere 16 (8-9) 1917 -1922.
- “Workbook of screening techniques for assessing impacts of toxic air pollutants” (EPA 454/R-92-024, 1992).