



**ESTUDIO SOBRE LAS EMISIONES Y SU
POSIBLE EFECTO SOBRE EL MEDIO
AMBIENTE Y LA SALUD EN EL ENTORNO
DE PLANTAS CEMENTERAS**

Estudio realizado por URS España

ÍNDICE

GLOSARIO	7
1. INTRODUCCIÓN	10
2. DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS Y SU ENTORNO	13
2.1 PLANTA DE HOLCIM EN LORCA	13
2.1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	13
2.1.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE EMISIONES	14
2.1.3 ENTORNO NATURAL	16
2.1.4 ENTORNO HUMANO. INFRAESTRUCTURAS Y NÚCLEOS HABITADOS	17
2.2 PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA	19
2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	19
2.2.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE EMISIONES	20
2.2.3 ENTORNO NATURAL	21
2.2.4 ENTORNO HUMANO. INFRAESTRUCTURAS Y NÚCLEOS HABITADOS	23
2.3 PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS EN VALLCARCA	26
2.3.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	26
2.3.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE EMISIONES	27
2.3.3 ENTORNO NATURAL	28
2.3.4 ENTORNO HUMANO. INFRAESTRUCTURAS Y NÚCLEOS HABITADOS	30
2.4 PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO	32
2.4.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO	32
2.4.2 SISTEMAS DE MEDICIÓN DE EMISIONES	33
2.4.3 ENTORNO NATURAL	35
2.4.4 ENTORNO HUMANO. INFRAESTRUCTURAS Y NÚCLEOS HABITADOS	39

3. CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	43
3.1 IDENTIFICACIÓN DE FOCOS	43
3.2 PARÁMETROS A CONSIDERAR	43
3.3 VALORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS	44
3.3.1 VALORES DE EMISIÓN REAL	44
3.3.2 VALORES LÍMITE DE EMISIÓN	45
4. DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN	47
4.1 VÍAS DE EXPOSICIÓN	47
4.1.1 INHALACIÓN	47
4.1.2 INGESTIÓN	48
4.1.3 CONTACTO DÉRMICO	49
4.1.4 ESCENARIOS CONSIDERADOS	50
4.2 RECEPTORES	50
4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS EMISIONES	51
4.3.1 TIPOS DE EFECTOS SOBRE LA SALUD	51
4.3.2 VALORES TOXICOLÓGICOS DE REFERENCIA (VTR)	51
4.3.3 TRAZADORES PARA INHALACIÓN E INGESTIÓN	52
5. MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	55
5.1 INTRODUCCIÓN AL MODELO ADMS 4.0	55
5.1.1 FOCOS DE EMISIÓN.	56
5.1.2 DATOS METEOROLÓGICOS	57
5.1.3 RECEPTORES	58
5.1.4 DATOS TOPOGRÁFICOS	58
5.1.5 EFECTO DE LOS EDIFICIOS	58
5.1.6 USOS DEL SUELO	58
5.1.7 EVOLUCIÓN DE LA PLUMA	59
5.1.8 RESULTADOS GENERADOS POR EL MODELO	59
6. EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD	60
6.1 METODOLOGÍA	60
6.1.1 ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN	60
6.1.2 ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN	60
6.1.3 ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LAS SUSTANCIAS CON UMBRAL	61
6.1.4 ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LAS SUSTANCIAS SIN UMBRAL	62

7. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE HOLCIM EN LORCA	64
7.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN	64
7.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA	67
7.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	68
7.3.1 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN	68
7.3.2 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN	17
8. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA	74
8.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN	74
8.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA	78
8.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	79
8.3.1 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN	79
8.3.2 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN	82
9. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS EN VALLCARCA	85
9.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN	85
9.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA	88
9.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	89
9.3.1 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN	89
9.3.2 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN	92
10. ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO	96
10.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN	96
10.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA	99
10.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS	101
10.3.1 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INHALACIÓN	101
10.3.2 RESULTADOS DE LA EXPOSICIÓN POR INGESTIÓN	104
11. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES	108
11.1 DATOS DE BASE	108
11.1.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	108
11.1.2 OTRAS LIMITACIONES DEL ESTUDIO	109
11.2 EMISIONES CONSIDERADAS	109

11.3 DETERMINACIÓN DE LOS VTR	110
11.3.1 GENERALIDADES	110
11.3.2 DIOXINAS Y FURANOS	111
11.4 MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS	112
11.4.1 GENERALIDADES	112
11.4.2 DATOS METEOROLÓGICOS	112
11.4.3 DATOS TOPOGRÁFICOS	112
11.5 TRANSFERENCIA A TRAVÉS DE LA CADENA ALIMENTARIA	113
11.5.1 CONCENTRACIÓN EN EL SUELO	113
11.5.2 TRANSFERENCIA A OTROS COMPONENTES DEL MEDIO	114
11.6 CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN	114
11.6.1 DURACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	114
11.6.2 INHALACIÓN	114
11.6.3 INGESTIÓN	115
12. CONCLUSIONES	116
ANEXO I. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE HOLCIM EN LORCA	119
A.I.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	119
A.I.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0	120
A.I.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0	123
A.I.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	127
A.I.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN	129
A.I.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN	131
A.I.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA	133
ANEXO II. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA	135
A.II.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	135
A.II.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0	136
A.II.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0	139
A.II.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	143
A.II.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN	145
A.II.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN	147
A.II.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA	149

ANEXO III. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND	
VALDERRIVAS EN VALLCARCA	151
A.III.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	151
A.III.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0	152
A.III.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0	157
A.III.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	161
A.III.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN	162
A.III.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN	165
A.III.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA	167
ANEXO IV. TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO	169
A.IV.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA	169
A.IV.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0	170
A.IV.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0	175
A.IV.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES	179
A.IV.5 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN	180
A.IV.6 RESULTADO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN	183
A.IV.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA	185
ANEXO V. VTRS Y EFECTOS DE LOS TRAZADORES SOBRE LA SALUD	186
A.V.1 INTRODUCCIÓN	186
A.V.2 TERMINOLOGÍA EMPLEADA	187
A.V.2.1 DEFINICIONES	188
A.V.2.2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN	189
A.V.2.2.1 Unión Europea	189
A.V.2.2.2 Clasificación de US EPA	190
A.V.2.2.3 Clasificación del CIRC	191
A.V.3 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA SELECCIÓN DE LOS VTR	192
A.V.3.1 VTR PARA LOS EFECTOS ASOCIADOS A LAS SUSTANCIAS CON UMBRAL	193
A.V.3.2 VTR PARA LOS EFECTOS ASOCIADOS A LAS SUSTANCIAS SIN UMBRAL	194
A.V.4 TOXICOLOGÍA DE LOS TRAZADORES SELECCIONADOS	196
A.V.4.1 PARTÍCULAS	196
A.V.4.2 DIÓXIDO DE NITRÓGENO	199
A.V.4.3 DIÓXIDO DE AZUFRE	200

A.V.4.4	DIOXINAS Y FURANOS	201
A.V.4.5	ANTIMONIO	204
A.V.4.6	ARSÉNICO	205
A.V.4.7	CADMIO	208
A.V.4.8	CROMO	210
A.V.4.9	MANGANESO	213
A.V.4.10	PLOMO	215
A.V.4.11	TALIO	219
A.V.4.12	VANADIO	220
A.V.5	SÍNTESIS	222
ANEXO VI. ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA INGESTIÓN		224
A.VI.1	INTRODUCCIÓN	224
A.VI.2	ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE	225
A.VI.2.1	CONCENTRACIÓN EN EL SUELO	225
A.VI.2.2	CONCENTRACIÓN EN LAS PLANTAS	228
A.VI.2.2.1	CONCENTRACIÓN EN LAS RAÍCES DE LAS PLANTAS	229
A.VI.2.2.2	CONCENTRACIÓN EN LAS PARTES AÉREAS DE LAS PLANTAS	229
A.VI.2.3	CONCENTRACIÓN EN LA CARNE Y LA LECHE	231
A.VI.2.4	CONCENTRACIÓN EN LAS AVES Y LOS HUEVOS	231
A.VI.3	ESTIMACIÓN DE LAS DOSIS DE EXPOSICIÓN	232
A.VI.3.1	INGESTIÓN DE SUELO	232
A.VI.3.2	INGESTIÓN DE FRUTAS, VERDURAS, CARNES, LECHE Y HUEVOS	233
ANEXO VII. REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS DE VALIDACIÓN DEL SOFTWARE ADMS 4.0		238

GLOSARIO

Con objeto de facilitar la lectura y comprensión del texto, se resumen y describen a continuación los acrónimos utilizados en el presente informe:

AAI: Autorización Ambiental Integrada.

ADMS: Air Dispersion Modelling System (Modelo matemático gaussiano utilizado para modelizar la dispersión de contaminantes).

ATSDR: Agency for Toxic Substances and Disease Registry (Agencia para Sustancias Tóxicas y Registro de Enfermedades de EE.UU).

CAA: Concentración Admisible en el Aire.

CERC: Cambridge Environmental Research Consultants Ltd.

CMA: Concentración Media en el Aire.

Cr III/Cr VI: Cromo con valencia 3 y 6, respectivamente.

CO: Monóxido de Carbono.

CO₂: Dióxido de carbono

DDA: Dosis Diaria Admisible.



DDE: Dosis Diaria de Exposición.

E-05: Notación científica para indicar el cociente 1/100.000, equivalente a 0,00001.

ERI: Exceso de Riesgo Individual.

ERU: Exceso de Riesgo Unitario.

ERU_i: Exceso de Riesgo Unitario por inhalación.

ERU_o: Exceso de Riesgo Unitario por ingestión.

HAPs: Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.

HCl: Ácido Clorhídrico.

HF: Ácido Fluorhídrico.

IR: Índice de Riesgo.

IRIS: Integrated Risk Information System, base de datos de la US EPA sobre los efectos sobre la salud por exposición a diversas sustancias.

NH₃: Amoniac.

NO: Monóxido de Nitrógeno.

NO_x: Óxidos de Nitrógeno.

NO₂: Dióxido de Nitrógeno.

O₃: Ozono

OCA: Organismo de Control Autorizado.

OEHHA: Office of Environmental Health Hazard Assessment (Oficina de Evaluación del Riesgo Ambiental y para la Salud de California) cuyo objetivo es la protección y mejora del medio ambiente y la salud pública por evaluación científica de los riesgos planteados por sustancias peligrosas.

OMS: Organización Mundial de la Salud.

PCDD: Policlorodibenzodioxina (dioxina).

PCDF: Policlorodibenzofurano (furano).

PM₁₀: Partículas de diámetro inferior a 10 µm.

PM_{2,5}: Partículas de diámetro inferior a 2,5 µm.

SO₂: Dióxido de Azufre.

2,3,7,8-TCDD: 2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina.

TOC: Carbono Orgánico Total.

US EPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU).

VTR: Valor Toxicológico de Referencia.

Capítulo 1

INTRODUCCIÓN

Actualmente existe en la Unión Europea una legislación medioambiental muy restrictiva en materia de calidad del aire, disponiéndose tanto de valores límite para controlar las emisiones procedentes de cada actividad industrial, como de valores límite en inmisión que regulan las aportaciones de todas las fuentes presentes en un medio determinado.

El presente estudio se encuadra dentro del análisis de riesgos para la salud asociado a las emisiones atmosféricas procedentes de instalaciones industriales. Este estudio supone por tanto ir más allá de las pautas establecidas por la legislación vigente, y realizar una evaluación de los riesgos para la salud de las personas que residen y/o trabajan en los alrededores de una planta cementera.

En concreto, este estudio se ha realizado sobre las plantas de CEMEX en Castillejo (Toledo), HOLCIM en Lorca (Murcia), CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca (Barcelona) y LAFARGE en Montcada i Reixac (Barcelona), considerando las emisiones procedentes de los hornos de las mismas como focos de emisión.

Para la definición de la metodología a seguir URS realizó un estudio previo¹ para FUNDACIÓN CEMA en el que se evaluaban los documentos de referencia presentados hasta el momento en el ámbito del análisis de riesgos en entornos industriales. A partir de la información recogida en este estudio se elaboró una metodología de trabajo basada en la desarrollada por US EPA² acerca de la evaluación de riesgos.

1 *Comparativa Metodologías Caracterización Ecológica en Entornos Industriales, URS, 2008.*

2 US EPA: United States Environmental Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental de EE.UU.).

Esta metodología, que es la empleada en el presente estudio, comprende las siguientes etapas:

- ▶ **Caracterización de la planta y su entorno.** La primera fase consistió en realizar una evaluación preliminar de la instalación y su entorno, con el fin de identificar los focos de emisión a considerar y los receptores potenciales (puntos del territorio seleccionados por su significatividad, en los que se analizan los riesgos) que pudieran verse afectados como consecuencia de la actividad industrial.

- ▶ **Caracterización de las emisiones atmosféricas.** Una vez realizada la evaluación preliminar de la planta y su entorno se procedió a caracterizar los focos identificados en la fase anterior. Para ello se recopiló toda la información disponible acerca de las concentraciones y caudales de emisión, así como los parámetros físicos (altura, diámetro de chimenea etc.) relativos a cada foco. El estudio considera los parámetros incluidos en la Directiva 2000/76/CE de 4 de diciembre de 2000, relativa a la incineración de residuos.

- ▶ **Evaluación de la exposición.** Las vías de exposición consideradas fueron la inhalación y la ingestión. La evaluación de la exposición se realizó en dos fases:
 - Fase I. Modelización de la dispersión atmosférica mediante un modelo gaussiano de dispersión, que permite simular el transporte de los contaminantes a través del aire.

 - Fase II. Aplicación de un modelo matemático para la evaluación del paso de los contaminantes cuyas concentraciones se han calculado en la fase anterior a los vegetales, analizando su transmisión a través de la cadena trófica. Para ello se consideraron las características físico-químicas de los contaminantes evaluados, su potencial de bioacumulación, etc.

- ▶ **Evaluación del riesgo.** La cuantificación de los riesgos se realizó contrastando las concentraciones en aire, suelo y alimentos generadas a partir de los distintos modelos empleados con los valores toxicológicos de referencia (VTR) para cada compuesto evaluado.

Este estudio se planteó con el objeto de ampliar la base bibliográfica existente sobre evaluación de riesgos derivados de las emisiones de los hornos de cemento y del uso de combustibles alternativos obtenidos a partir de residuos en dichos hornos.

Capítulo 2

DESCRIPCIÓN DE LAS PLANTAS Y SU ENTORNO

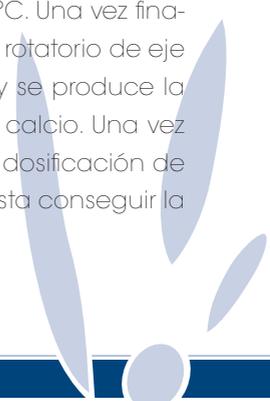
La actividad industrial de las cuatro plantas incluidas en el estudio consiste en la producción de cemento a partir de clínker y la adición posterior de yeso y otros materiales en función del tipo de cemento que se quiera obtener. La obtención del clínker se lleva a cabo a partir de la calcinación de carbonato cálcico seguida de una reacción a elevada temperatura del óxido de calcio resultante con sílice, alúmina y óxidos de hierro para formar silicatos, aluminatos y ferratos de calcio.

A continuación se describe brevemente el proceso productivo de cada una de las plantas y los sistemas de medición de emisiones disponibles, así como el entorno natural y humano de cada una de ellas.

2.1 PLANTA DE HOLCIM EN LORCA

2.1.1 Descripción del proceso productivo

La planta de Lorca utiliza el sistema de fabricación por vía seca de obtención de clínker. En este tipo de sistemas, las materias primas se someten a un proceso de molienda y homogeneización antes de ser enviadas a los ciclones para su precalentamiento, alcanzándose temperaturas de entre los 150 y 950 °C. Una vez finalizada la etapa de precalentamiento, el producto se envía al horno rotatorio de eje horizontal, donde la temperatura puede llegar hasta los 1.500 °C y se produce la calcinación del carbonato cálcico y la clinkerización del óxido de calcio. Una vez extraído el clínker del horno, se enfría y almacena para la posterior dosificación de yeso y otros componentes. Por último, el producto final es molido hasta conseguir la granulometría deseada.



Para el calentamiento del horno de clínker actualmente se están utilizando, además de los combustibles tradicionales (generalmente carbón y coque de petróleo), combustibles alternativos. En este sentido, la planta de Lorca funcionó, durante el período de recogida de datos de emisión, tanto con combustible tradicional como con combustibles alternativos, empleándose combustibles líquidos de sustitución (líquido de frenos y disolventes, etc.), combustibles viscosos de sustitución (hidrocarburos asfálticos y rechazo de recicladoras de aceite) y combustibles sólidos de sustitución (fangos de EDAR y serrín impregnado).

En el año 2008, la planta de Lorca tuvo una capacidad total de producción de cemento de 704.497 toneladas/año y un régimen de funcionamiento de 6.212 horas/año. Durante este período la producción de clínker fue de 468.959 toneladas.

2.1.2 Sistemas de medición de emisiones

La planta de Lorca dispone de un único horno. Según los datos facilitados por los representantes de la planta, el foco del horno dispone de los siguientes analizadores en continuo:

- ▶ Espectrómetro FTIR, para el análisis de NO, NO₂, SO₂, HF, HCl, NH₃, CO, CO₂ y H₂O.
- ▶ Analizador de COT, tipo FID.
- ▶ Analizador de partículas totales, mediante dispersión de luz láser.
- ▶ Analizador de O₂ mediante célula de ZrO₂.

Los analizadores se instalaron en 1998 y se calibraban externamente y mediante contrastes internos. En 2008 se instalaron analizadores nuevos y se calibraron por comparación con medidas de método de referencia tomadas por Entidades de Control Ambiental acreditadas. Desde entonces, se realiza un mantenimiento total de los analizadores cada seis meses, recalibrándose de nuevo únicamente cuando se superan los rangos de incertidumbre de cualquiera de los contaminantes medidos.

A finales de 2007, antes de la instalación de los nuevos analizadores, se cambió la ubicación de la chimenea, validándose el punto de muestreo por un Organismo de Control Autorizado (OCA).

Según información facilitada por la planta, los analizadores han sido homologados para su funcionamiento en instalaciones de estas características.

Por otra parte, también se han obtenido valores mediante medidas puntuales con método de referencia para los siguientes contaminantes:

- ▶ HAPs: Método de referencia UNE-EN 11.338 basado en retención de sólidos en filtro, condensación de gases a bajas temperaturas y adsorción en resinas específicas.
- ▶ Partículas PM_{10} .
- ▶ Metales.
- ▶ Dioxinas y furanos.
- ▶ NH_3 : Método CTM 027 y derivados, basado en la captación mediante borbotadores con ácido sulfúrico.

Una vez evaluados los sistemas de medición y análisis y teniendo en cuenta que los analizadores en continuo se cambiaron en 2008 y no se dispone de informes de calibración y verificación anteriores, se concluye que los datos más representativos de la emisión de la planta son los correspondientes al año 2008, y son los que se emplearán para la modelización.

Según la información facilitada por la planta, en el período del que se han tomado los datos para este informe el funcionamiento de la planta era el normal y no se produjo ninguna incidencia significativa. Por tanto, las emisiones se consideran representativas para cada tipo de combustible utilizado.

La planta no dispone de estación meteorológica propia.

2.1.3 Entorno natural

Medio físico y biótico

La planta se encuentra localizada en la Rambla Salada, a una altitud media de 370 m sobre el nivel del mar, en un área delimitada al este por la Sierra de Tercia, al oeste por La Serrata y al sur por la Sierra de la Peña Rubia.

La Rambla Salada y ramblas aledañas desembocan en el río Guadalentín, que fluye en sentido Sureste hasta desembocar en el río Segura.

La vegetación es fundamentalmente de carácter semiárido, por lo que presenta una potencialidad de carrascales, y se caracteriza por una vegetación de matorral esclerófilo con coscojas, lentiscos, palmitos (*Chamaerops humilis*), espinos (*Rhamnus lycioides*, *Rhamnus oleoides*) y otras plantas de lugares cálidos (termófilas), apareciendo en las ramblas matorrales de azofaifos (*Ziziphus lotus*).

Existen diversas especies protegidas en la zona, entre las que destaca el palmito (*Chamaerops humilis*), el Aguilucho cenizo (*Circus pygargus*) y el Alcaraván (*Burhinus oediconemus*), presentes en el área de la Rambla Salada.

Espacios protegidos

Al noreste de la planta se encuentra la sierra de la Tercia y, al sur de la misma, atravesando el río Guadalentín, se encuentra la Sierra de la Torrecilla. Ambas zonas se encuentran catalogadas como Lugar de Interés Comunitario de acuerdo con la Red Natura 2000, y están propuestas como Zona de Especial Protección para la Aves (ZEPA) según la Directiva 79/409/CEE, relativa a la conservación de las aves silvestres.

No hay, en un radio de 25 km, ningún área calificada dentro de la red de Parques Nacionales ni Naturales de la Península Ibérica.

Climatología de la zona

El clima de la zona es mediterráneo Subtropical Cálido o Semicálido (según la clasificación de Papadakis), con una precipitación media anual de 200-300 mm. La temperatura media oscila en el mes más frío entre 8 y 11°C, y en el más cálido entre 26 y 28°C.

Calidad del aire

La Región de Murcia se divide en zonas según unas características geográficas, las actividades humanas y las características ambientales que condicionan su calidad del aire y el tipo de contaminación predominante. En estas zonas se establecen distintas estrategias de vigilancia dependiendo de si los valores de contaminación son más o menos o elevados.

La planta de Lorca se localiza en la Zona Central o de Cuencas, con código nacional ES1402. Se trata de una zona que incluye las dos principales cuencas hidrológicas de la región, la cuenca del río Segura, desde su tramo medio hasta el límite regional con la Comunidad Valenciana, y la cuenca del río Guadalentín.

La Zona Central o de Cuencas abarca una superficie de 1.272 km² y afecta a una población de aproximadamente 204.431 habitantes. Existe un analizador fijo localizado al norte del municipio de Lorca, 2.200 m al sur de la planta, en el que se miden O₃, PM₁₀, NO_x, SO₂ y C₆H₆.

La red de vigilancia de control de la Calidad del Aire de la Región de Murcia asigna diariamente categorías de calidad del aire (mala, muy mala, admisible) para los mencionados contaminantes principales en cada punto de la red donde se dispone de analizadores, en función de los valores límites de concentración recogidos en la normativa vigente (Real Decreto 1073/2002). De acuerdo con el Informe Anual de Calidad del Aire de la Región de Murcia de 2006, en el analizador de Lorca no se superaron los Valores Límite para ninguno de los contaminantes medidos, excepto para el ozono (O₃).

2.1.4 Entorno humano. Infraestructuras y núcleos habitados

Como se ha comentado anteriormente, la planta de Holcim se encuentra situada al norte del municipio de Lorca, en una zona escasamente habitada. Las infraestructuras más cercanas son la carretera comarcal C-3211 a escasos metros al este de la planta, y la autopista A-7, a aproximadamente 1 km al sur.

Los asentamientos más cercanos son algunas antiguas viviendas de tipo rural, aparentemente en desuso, localizadas al este del emplazamiento, atravesando la carretera comarcal C-3211, a unos 100 m de la planta. En esta misma zona hacia el este, a una distancia de entre 100 y 300 m de la planta, existen una planta de harinas y grasas de origen animal (Copresa), un taller de neumáticos y una planta de curtidos. Existen también varias fábricas

cas de curtidos y de piensos hacia el sur-sureste del emplazamiento, en las proximidades de Lorca. A unos 350 m al sur de la planta existen algunos cultivos agrícolas de regadío.

El núcleo de población más cercano es el municipio de Lorca, a aproximadamente 2 km al sur de la planta.

La planta se encuentra en una zona tradicionalmente minera. Desde principios del siglo XX existen abundantes minas de azufre en la Sierra de las Serratas, al oeste del emplazamiento, si bien la mayoría se encuentran en desuso desde la segunda mitad del siglo XX. Actualmente existe a unos 200 m al oeste de la planta una planta trituradora de áridos, cuya actividad puede afectar la calidad del ambiente atmosférico.

Los receptores potenciales que se van a considerar durante la modelización han sido seleccionados después de un reconocimiento del terreno por parte de técnicos de URS, teniendo en cuenta la sensibilidad de los mismos, y han sido consensuados con representantes de la planta.

Los receptores, ordenados en función de su proximidad a la planta, son los siguientes:

- ▶ **Polígono industrial con numerosas fábricas de curtidos, piensos y cebaderos (A6)** localizados al sureste de la planta, a unos 1.000 m de la misma (UTM: 614.168, 4.173.060).
- ▶ **Zona de La Serrata (A5)**, donde se localizan algunas viviendas unifamiliares de forma dispersa, situada a unos 1.400 m al oeste de la planta (UTM: 613.741, 4.172.764).
- ▶ **Receptores de especial sensibilidad localizados en el Municipio de Lorca:**
 - **Centro de Salud San Diego (A1)**, localizado a unos 3.300 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.594, 4.171.307), en la Avda. de Europa.
 - **Instituto de Enseñanza Secundaria Príncipe de Asturias (A3)**, localizado a aproximadamente 3.400 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.615, 4.171.223).

- **Centro de Día Miguel Ángel (A2)**, localizado a aproximadamente 3.500 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.311, 4.171.065), en la calle Residencial Miguel Ángel s/n.
- **Instituto de Educación Secundaria Ramón Arcas Meca (A4)**, localizado a aproximadamente 3.500 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.235, 4.170.939), en la calle Juan Carlos I, 72.
- **Colegio José Robles (A8)**, situado a unos 4.000 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.419, 4.170.441), en la Avda. de los Tristes s/n.
- **Residencia de Ancianos "Caser Residencial" (A7)**, localizado a aproximadamente 4.600 m al sur-sureste de la planta (UTM: 615.283, 4.169.701), en la Alameda Doctor José Fernández Corredor s/n.
- **Centro de Salud Lorca Sur (A9)**, situado a unos 5.000 m de la planta (UTM: 614.349, 4.169.253), en la calle Talleres.

2.2 PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA

2.2.1 Descripción del proceso productivo

La planta de Montcada utiliza el sistema seco de obtención de clínker gris. Las materias primas (obtenidas básicamente de las canteras de Garraf, Turó de Montcada y Maçanet de la Selva), se someten a un proceso de molienda y homogeneización antes de ser enviadas a la torre de intercambio de 5 etapas para su pre-calcinación con aire terciario, alcanzándose temperaturas de entre los 150 y 500 °C. Una vez finalizada la etapa de pre-calcinación, el producto se envía al horno rotatorio de eje horizontal tipo Polysius, donde la temperatura puede llegar hasta los 1.500 °C y se produce la calcinación del carbonato cálcico y la clinkerización del óxido de calcio. Una vez extraído el clínker del horno, se enfría y almacena para la posterior dosificación de yeso y otros componentes. Por último, el producto final es molido hasta conseguir la granulometría deseada y el cemento obtenido se expide a granel o ensacado.

La fábrica tiene una capacidad de producción aproximada de 700.000 t/a de clínker gris y de unas 900.000 t/a de cemento gris.

La planta utiliza coque de petróleo como combustible principal, y no emplea combustibles alternativos.

2.2.2 Sistemas de medición de emisiones

El presente estudio se basa en los contaminantes emitidos por el foco de extracción del horno Polysius (Registrado en el DMAH³ con el libro de registro nº 17094). Según los datos revisados y las entrevistas realizadas al personal de la planta, el foco del horno dispone de los siguientes analizadores en continuo.

- ▶ Analizador de partículas totales: modelo SICK RM230, basado en el principio de dispersión de luz.
- ▶ Equipo de medición de HCl: instalado a principios de 2008, basado en el método de la correlación IR con ión selectivo.
- ▶ Analizador de NO_x, SO₂ y CO: modelo URAS 26, basado en el método infrarrojo (NDIR).
- ▶ Analizador de COT: basado en el método de ionización de llama (FID).

Para la modelización también se han empleado resultados obtenidos a partir de medidas puntuales con métodos de referencia para los siguientes contaminantes:

- ▶ Metales (Sb, As, Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Ti, V): UNE-EN 14385:2004: método isocinético basado en la captación de los metales sólidos en filtro y los gaseosos en borboteadores con solución captadora de ácido nítrico.
- ▶ Metales (Hg): UNE-EN 13211:2001, basado en la captación en borboteadores con solución de permanganato de potasio (KMnO₄).
- ▶ PCDD/ PCDF: norma UNE-EN 1948:1997 partes 1, 2 y 3 basadas en captación con substrato adsorbente dopado, filtro y condensados.

³ DMAH: Departament de Medi Ambient i Habitatge, Generalitat de Catalunya.

- ▶ CO y SO₂: método basado en célula electroquímica.
- ▶ HF: método derivado del EPA 26ª y basado en absorción con borboteadores con hidróxido de sodio.
- ▶ COT: método de referencia UNE12619-2000 basado en Detector de Ionización de llama (FID).

Según la información suministrada por el personal de la planta, los analizadores antes mencionados están homologados para este tipo de medidas e instalaciones. Cuando se recopilaban los datos, se encontraban calibrados pero no disponían de certificación según la norma UNE EN 14181. Los puntos de toma de muestras, tanto para los analizadores en continuo como para los métodos de referencia se consideran correctos. Según representantes de la planta, la ubicación de los analizadores ha superado favorablemente las pruebas de estratificación hechas por el DMAH de la Generalitat.

A principios de 2007 se sustituyó el antiguo filtro del horno por uno híbrido de electrofiltro/mangas. Por tanto, los datos a emplear en la modelización de la dispersión atmosférica de contaminantes serán los obtenidos a partir de 2007, ya que se consideran más representativos.

Según la información suministrada por la planta, el horno, los sistemas de depuración y los analizadores, tanto en continuo como puntuales, funcionaron de manera normal y sin incidencias durante el período considerado para la modelización, por lo que las medidas se consideran representativas del proceso normal de producción.

La planta no dispone de estación meteorológica propia.

2.2.3 Entorno natural

Medio físico y biótico

La planta de Montcada se encuentra en el valle del río Besòs, aguas abajo de la confluencia con el río Ripoll, entre la sierra de Collserola, al oeste y las estribaciones meridionales de la Serralada de Marina o Litoral, al este.

Al norte y al sur de la planta, siguiendo la dirección del valle del Besòs, se encuentran ambientes fuertemente antropizados, como se describe en el apartado siguiente, mientras que al este y al oeste, en las montañas que delimitan el valle, existen comunidades menos alteradas.

Al este de la planta y del municipio de Montcada i Reixac, en el río Besòs, se encuentran prados higrofilos de márgenes de ribera, considerados hábitats de interés comunitario no prioritario por la Directiva 92/43/CEE, relativa a la conservación de los hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres. Al otro lado del río, en las estribaciones de la Serralada de Marina, se encuentran comunidades de matorral silicícola de monte bajo, jaras de genista (*Spartium junceum*), encinares (de interés comunitario no prioritario por la Directiva 92/43/CEE) y prados mediterráneos ricos en anuales basófilos y en *Bachypodium retusum* (considerados prioritarios por la mencionada Directiva).

Al oeste de la planta, al otro lado de la cantera del Turó de Montcada, se encuentran pinares de pino blanco y prados mediterráneos ricos en anuales basófilos (de interés comunitario no prioritario por la Directiva 92/43/CEE).

Espacios protegidos

En las montañas que limitan el valle del Besòs, y cercanas a la planta y al municipio de Montcada i Reixac por sus vertientes este y oeste, se encuentran las siguientes figuras de protección especial:

- ▶ A 2,2 km al este de la planta, se encuentra el Espacio de La Conreria, Sant Mateu i Céllecs, incluido en el Plan de Espacios de Interés Natural de Cataluña (PEIN). Este espacio está también incluido en la Red Natura 2000 y considerado como Lugar de Interés Comunitario (LIC) para las aves, según la Directiva 79/409/CEE.
- ▶ A 1,8 km al oeste se encuentra el PEIN de la Serra de Collserola, también incluido en la ya mencionada Red Natura 2000 y considerada LIC para las aves según la ya mencionada Directiva 79/409.

Climatología de la zona

El clima de la zona es Mediterráneo seco-subhúmedo según la clasificación de Thornthwaite, con precipitaciones comprendidas entre los 550 y 600 mm anuales.

La irradiación mediana anual es de entre 14,4 y 15 MJ/m².

La velocidad media del viento anual (medida a 60 m) es inferior a 20 km/h.

Calidad del aire

En lo que se refiere al control de la calidad atmosférica, Cataluña se divide en Zonas de Calidad del Aire. Según el documento "Implantación de la nueva normativa europea sobre evaluación y gestión de la calidad del aire en Cataluña. Documento 1. Zonas de Calidad del aire. Revisión 2002", estas Áreas son Zonas de Inmisión Equivalente, y se definen en función de las condiciones de dispersión de contaminantes (determinadas básicamente por la climatología y la orografía) y por las emisiones.

La planta de Montcada está situada en la zona 2 Valles – Baix Llobregat. Esta zona, que abarca un total de 1.177 km², dispone de 26 analizadores en continuo. Los más próximos a la planta son el de la Plaça Lluís Companys, en el centro de Montcada, a 0,5 km al noreste de la planta, y las estaciones de Ripollet (3,4 km al norte) y Santa Coloma de Gramanet (3,4 km al sureste).

La planta se encuentra en la Zona de Especial Protección a la Atmósfera definida en el Decreto 226/2006 de 23 de mayo, para las PM₁₀.

2.2.4 Entorno humano. Infraestructuras y núcleos habitados

Al noroeste de la planta, colindante con la misma por el lado oeste, se encuentran la carretera Barcelona-Puigcerdá C-17 y la autopista C-33 y, al otro lado de la autopista, el monte del Turó y la zona deportiva propiedad de la fábrica. A aproximadamente 1 km en esta dirección se localiza el río Ripoll, en su confluencia con el Besòs. Al otro lado de este último, a unos 1.200 m, se encuentran los barrios de Masrampinyo y Reixac. Siguiendo el río Besòs, dirección norte, se llega a los núcleos urbanos de Ripollet y La Llagosta, a unos 4 km.

En el Turó se encuentra la antigua cantera de Lafarge, que actualmente sólo tiene activa una pequeña zona de extracción de pizarra. Los dos tercios restantes se encuentran restaurados o en proceso de restauración. En la parte más oriental, en el área más próxima a la planta y a la C-33, se encuentra la zona llamada de

pre-homogenización, donde las materias primas son trituradas y transportadas mediante cinta a la fábrica.

Al este de la planta, colindante con ésta, se encuentra un nudo ferroviario de Renfe, de la línea Barcelona-Lleida y la estación Montcada Bifurcación. Al otro lado de las vías, aproximadamente a 150 m de la fábrica, se localizan los barrios de Can Sant Joan y La Ribera del municipio de Montcada i Reixac.

Al sur, continúan las infraestructuras ferroviarias y la parte meridional del barrio de Can Sant Joan y Can Culás. Siguiendo el río Besòs en sentido sur, se localizan los barrios barceloneses de La Trinitat, a 2,5 km y el de Sant Andreu, a 4 km.

Los receptores potenciales a considerar para la modelización han sido seleccionados después de un reconocimiento del terreno por parte de técnicos de URS en función de su localización y sensibilidad, y han sido consensuados con los representantes de la planta. Éstos son:

- ▶ **Barrio de Can Sant Joan.** Se extiende al sur y al este de la planta y, tal y como se ha indicado, se trata de la zona habitada más próxima a ésta. Dentro del barrio se han considerado como receptores significativos los siguientes puntos:
 - **Barriada localizada entre el carrer de la Bateria y el carrer d'Oristà (B9)**, su ubicación, en un cerro de un máximo de 90 m de altura sobre el nivel del mar, su orientación norte y su distancia a la planta (unos 750 m del foco del horno) hacen de esta zona un receptor de especial sensibilidad (UTM 431.793, 4.591.276).
 - **CEIP El Viver (B6)**, localizado a 330 m al sureste de la planta (UTM 432.113, 5.491.717).
 - **Campo de Fútbol de Can Sant Joan (B3)**, situado a 270 m al sureste de la planta (UTM 432.066, 4.591.796).
 - **Centro social y de atención a personas mayores "La Mina" (B4)**, localizado a 200 m al este de la planta, limítrofe con el Barrio de la Ribera (UTM 432.146, 4.591.941).

- ▶ **Municipio de Montcada i Reixac.** Dentro del municipio se han considerado los siguientes receptores:
 - **CEIP El Turó (B5)**, en el centro de Montcada, situado a 840m al norte de la planta (UTM 432.235, 4.522.795).
 - **Centro de Atención Primaria Montcada i Reixac (B1)**, entre la Ribera y Montcada Centre, localizado a 845 m al norte de la planta (UTM 432.320, 4.592.761).
 - **Parque Joan Miró (B7)**, situado a 590 m al este de la planta (UTM 432.222, 4.592.539).
- ▶ **Polígono Industrial la Ferrería (B8)**, al norte del municipio, entre el río Ripoll y la Riera de Sant Cugat, situado a 1,9 km al norte de la planta (UTM 430.522, 4.593.250).
- ▶ **Can Cuyàs (B2)**, barrio localizado a 1,5 km al sur de la planta donde conviven zonas residenciales con el polígono industrial homónimo (UTM 431.092, 4.590.745).

En los alrededores de la planta existen varias actividades que pueden afectar a la calidad del ambiente atmosférico, especialmente por lo que respecta a las partículas. Entre ellas, hay que resaltar las carreteras y autovías que conforman el eje principal de salida hacia el norte de la ciudad de Barcelona, con gran cantidad de tráfico rodado que genera emisiones de NO_x, SO_x, metales y partículas. Algunas de las actividades industriales que se localizaban en la zona y que pueden influir en la calidad del aire son principalmente (según la base de datos de la Generalitat de Cataluña actualizada el 30/12/2007):

- ▶ Cantera del Turó de Montcada, propiedad de Lafarge, al otro lado de la C-17 y la C-33.
- ▶ Cantera de gravas de EGRESA, de 18 ha, a 1,4 km al norte de la planta.
- ▶ Una cantera de zahorra de 5 ha, a 2,1 km al noreste de la planta.

- ▶ Una cantera de granito de 36 ha, a 3,1 km al noreste de la planta.
- ▶ Instalaciones químicas para la fabricación de química orgánica de base, a 600 m al noreste de la planta.
- ▶ Industria de extracción y tratamiento de áridos, a 3,8 km al norte de la planta.
- ▶ Industria química de colorantes y disolventes, a 200 m al este de la planta.
- ▶ Industria de fabricación de polímeros plásticos, a 200 m al este de la planta.
- ▶ Industria de fabricación de polímeros plásticos, a 1,9 km al suroeste de la planta.
- ▶ Industria de baños galvánicos, a 3,1 km al noroeste de la planta.

2.3 PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS EN VALLCARCA

2.3.1 Descripción del proceso productivo

La planta de Vallcarca utiliza el sistema seco de obtención de clínker. En este tipo de sistemas, las materias primas se someten a un proceso de molienda y homogeneización antes de ser enviadas a los ciclones para su pre-calentamiento, alcanzándose temperaturas de entre 150 y 800 °C. Una vez finalizada la etapa de precalentamiento, el producto se envía al horno rotatorio de eje horizontal, donde la temperatura puede llegar hasta los 1.500 °C y se produce la calcinación del carbonato cálcico y la clinkerización del óxido de calcio. Una vez extraído el clínker del horno, se enfría y almacena para la posterior dosificación de yeso y otros componentes. Por último, el producto final es molido hasta conseguir la granulometría deseada.

El elevado coste, tanto a nivel económico como a efectos de balance de CO₂, del uso de combustibles fósiles para la alimentación de los hornos de clínker, hace que actualmente se estén utilizando combustibles alternativos además de los combustibles tradicionales (generalmente coque de petróleo). En este aspecto, durante el período de recogida de datos de emisión, la planta de Vallcarca funcionó tanto con combustible tradicional como con alternativo (fangos de EDAR).

2.3.2 Sistemas de medición de emisiones

El presente estudio se basa en los contaminantes emitidos por los focos de los hornos VI y VII. Según los datos facilitados por la planta, los focos de los hornos VI y VII disponen de los siguientes analizadores en continuo:

- ▶ Analizador de gases de combustión, para el análisis de:
 - NO_x , basado en el método de Quimioluminiscencia.
 - SO_2 , con metodología de Fluorescencia UV.
 - CO, basado en el método de la correlación IR.
- ▶ Analizador de COT, tipo FID.
- ▶ Analizador de partículas totales.
- ▶ Analizador de HF.
- ▶ Analizador de HCl, basado en el método de la correlación IR con ión selectivo.
- ▶ Analizador de PCDD y PCDF.

Los analizadores se instalaron en 2005 y se calibraron en 2008 por comparación con medidas de método de referencia tomadas por Entidades de Control Ambiental acreditadas por la Generalitat de Cataluña. Según los representantes de la planta, el 80% de los datos suministrados entran dentro del rango de calibración de los medidores para cada uno de los parámetros y han sido previamente validados estadísticamente.

Según información facilitada por la planta, los analizadores han sido homologados para su funcionamiento en instalaciones de estas características.

Por otra parte, también se han obtenido resultados mediante medidas puntuales con método de referencia para los siguientes contaminantes:

- ▶ Metales (Sb, As, Cd, Co, Cu, Cr, Mn, Ni, Pb, Ti, V) UNE-EN 14385:2004, método isocinético basado en la captación de los metales sólidos en filtro y los gaseosos en borboteadores con solución captadora de ácido nítrico.
- ▶ Metales (Hg): UNE-EN 13211:2001, basado en la captación en borboteadores con solución de Permanganato de Potasio (KMnO_4).

Por tanto, una vez evaluados los sistemas de medición y análisis y teniendo en cuenta que los analizadores en continuo se calibraron por primera vez en 2008, se concluye que los datos más representativo de la emisión de la planta son los correspondientes al año 2008, y son los que se emplearán para la modelización de la dispersión atmosférica de contaminantes.

Según la información facilitada por la planta, en el período del que se han tomado los datos para este informe el funcionamiento de la planta era el normal y no se produjo ninguna incidencia significativa. Por tanto, las emisiones se consideran representativas para cada tipo de combustible utilizado.

Según información suministrada por la planta, la estación meteorológica ubicada en la instalación no ha sido nunca calibrada.

2.3.3 Entorno natural

Medio físico y biótico

La planta se encuentra a unos escasos 200 m del mar Mediterráneo en la Cala de Vallcarca, en el punto de confluencia de los Torrentes de Vallcarca y Fondo de Vallcarca, en la vertiente sur de la Serralada del Garraf.

La morfología de la zona es muy abrupta, con una altura media para todo el macizo de 500 m. La planta queda literalmente encajada entre la Serra de la Costa, de 176 m de altitud máxima, al Noreste, y las estribaciones de la Penya del Llamp, de casi 200 m en el Suroeste. Los torrentes de Vallcarca y Fondo de Vallcarca, en cuya desembocadura se sitúa la planta, son cursos temporales y de escasa entidad que forman profundos valles en direcciones Norte y Noroeste respectivamente.

La vegetación predominante en la zona es la siguiente: en el norte maquias, con predominio de palmito, lentisco y acebuche, típico de zonas mediterráneas cálidas y, en el sur, bosques de pino blanco con sotobosque de maquias. Estos dos hábitats son considerados como de interés comunitario no prioritario por la Directiva hábitats (Directiva 92/43/CEE).

Existen diversas especies protegidas en la zona, entre las que destaca el palmito (*Chamaerops humilis*) y el águila perdicera (*Hieraaetus fasciatus*), de la que se han detectado ejemplares nidificantes en las inmediaciones de la planta.

Espacios protegidos

La planta está rodeada por el norte, este y oeste por el Massís del Garraf, zona incluida en el Plan de Espacios Naturales Protegidos de Cataluña (PEIN). Por su vertiente marítima (en el sur) limita con el espacio denominado Costes del Garraf, también incluido en el PEIN. Ambos espacios están también clasificados como Zona de Especial Interés para las Aves (ZEPA) y como Lugar de Interés Comunitario (LIC), según la Directiva 79/409/CEE.

Finalmente, cabe decir que el espacio del Massís del Garraf fue considerado en 1986 como Parque Natural y que actualmente, después de sucesivas ampliaciones, ocupa 12.300 ha.

Climatología de la zona

El clima de la zona es Mediterráneo seco (seco o subhúmedo según la clasificación de Thornthwaite), con precipitaciones comprendidas entre los 500 y 550 mm anuales. La irradiación mediana anual es de entre 15 y 15,5 MJ/m².

La velocidad media anual del viento (medida a 60 m) es inferior a 20 km/h.

Calidad del aire

Referente al control de la calidad atmosférica, Cataluña se divide en Zonas de Calidad del Aire. Según el documento "Implantación de la nueva normativa europea sobre evaluación y gestión de la calidad del aire en Cataluña. Documento 1. Zonas de Calidad del aire. Revisión 2002", estas Áreas son Zonas de Inmisión Equivalente, y se definen en función de las condiciones de dispersión de contaminantes (determinadas básicamente por la climatología y la orografía) y por las emisiones.

La planta de Vallcarca está situada en la zona 3 Pendès-Garraf. Esta zona, que abarca un total de 1.418 km², dispone de 9 analizadores en continuo. Los más próximos son los de Sant Pere de Ribes, a 6,7 km al noroeste y el de Begues, a 6,7 km al noreste.

Según el documento "Balance de Calidad del aire en Cataluña, 2007", del DMAH de la Generalitat de Cataluña, para la zona 3, las concentraciones de SO₂, CO, NO₂, Plomo, Arsénico, Cadmio, Níquel y Benceno son inferiores a los valores límite legalmente establecidos (Real Decreto 1073/2002 y 812/2007).

Por otra parte, las PM₁₀ superaron en 2007 los valores límite tanto en el valor límite anual medio como en el diario⁴.

2.3.4 Entorno humano. Infraestructuras y núcleos habitados

Como se ha comentado anteriormente, la planta de Vallcarca se encuentra situada en el parque Natural del Garraf, en una zona escasamente habitada. Las infraestructuras más cercanas son la vía del tren Barcelona-Tarragona y la carretera C-31, ambas a escasos metros al sur de la planta, y la autopista C-32, situada a unos 150 m al norte de la planta.

Los asentamientos más cercanos son las antiguas viviendas de los trabajadores, a unos 200 m al oeste de la planta, algunas de las cuales aún están habitadas, y una serie de masías y vecindarios situados al Noreste, como Ca l'Amell, a 1.400 m, can Robert, a 1.700 m y el vecindario de Campdàsens, a 2,5 km.

Los núcleos de población más cercanos son La Urbanización Montgavina de Sitges (2 km al oeste) y el pueblo de Garraf, 3,5 km al este.

En cuanto a núcleos importantes de población, los más cercanos son Sitges y St. Pere de Ribes, situados a 7,4 y 9,8 km al oeste respectivamente, y Castelldefels a unos 7 km al este de la planta.

En los alrededores de la planta existen varias actividades que pueden afectar la calidad del ambiente atmosférico. Entre ellas, y aparte de las mencionadas infraestruc-

4 El Real Decreto 1073/2002 establece un valor límite anual medio para PM₁₀ de 40µg/m³, y un límite diario de 50µg/m³ que no podrá ser superado más de 35 veces al año.

turas de comunicación, hay que destacar las siguientes (según base de datos de la Generalitat de Cataluña actualizada el 30/12/2007):

- ▶ 500 m al noreste de la planta, la cantera de piedra calcárea de Cementos Portland Valderrivas, de 194 ha.
- ▶ 3 km al noreste, la cantera de piedra calcárea de la Falconera, de 80 ha.
- ▶ 3,8 km al noreste la cantera de piedra calcárea de Las Cuevas, de 80 ha.
- ▶ 4,7 km al noreste, la cantera de piedra calcárea de Explotació d'Àrids Calcaris SA, de 33 ha.
- ▶ 5,1 km al noreste, la cantera de piedra calcárea de Nomsolven SA, de 20 ha.

Los receptores potenciales que se van a considerar durante la modelización han sido seleccionados después de un reconocimiento del terreno por parte de técnicos de URS, teniendo en cuenta la sensibilidad de los mismos, y han sido consensuados con representantes de la planta.

Los receptores considerados para la modelización, ordenados en función de su proximidad a la planta, son los siguientes:

- ▶ **Garraf (C5)**. Pequeño pueblo costero del término municipal de Sitges, con un puerto que, inicialmente, fue utilizado para la expedición de materiales de una cantera próxima y que ha sido reconvertido en deportivo. Está situado unos 3 km al noreste de la planta (UTM: 408.178, 4.567.677).
- ▶ **Urbanización Quint Mar (C8)**, del término municipal de Sitges, localizada al norte de la C-32, que la separa del núcleo urbano. Está localizada a 3,5 km al noroeste de la planta (UTM: 401.653, 4.567.354).
- ▶ **La Plana Novella (C7)**. Municipio localizado en un altiplano homónimo, entre los torrentes de Jafre y de la cova Fumada, en pleno Parque Natural, situado a 4 km al norte de la planta (UTM: 404.645, 4.571.703).

- ▶ **Les Botigues de Sitges (C1)**. Núcleo habitado más oriental de Sitges, colindante con el término municipal de Castelldefels, situado a 5,9 km al noreste de la planta (UTM: 410.944, 4.568.757).
- ▶ **Can Marcer (Can Lloses) (C3)**. Urbanización del término municipal de St. Pere de Ribes, formada por dos sectores, Can Marcer y Can Lloses, localizados a poco menos de 1 km del pueblo, a 6,2 km al noroeste de la planta (UTM: 399.354, 4.570.005).
- ▶ **Olivella (C6)**. Municipio situado entre la Serra del Cementiri y del Vila Sec, en la Serra del Garraf. Está formado por urbanizaciones dispersas, localizado a unos 9 km al norte de la planta (UTM: 397.775, 4.572.748).
- ▶ **Les Roquetes (C9)**. Barrio de St. Pere de Ribes, de unos 10.000 habitantes, situado más cerca de Vilanova i la Geltrú que de St. Pere. Como receptor más sensible se considerará el Centro de Atención Primaria (CAP) y el centro de día para personas de la tercera edad, ambos situados en la Avda. Catalunya nº9. El barrio se encuentra a 10 km al oeste de la planta (UTM: 394.983, 4.565.186).
- ▶ **Vilanova i la Geltrú (C4)**: Capital de la comarca del Garraf, de aproximadamente 60.000 habitantes, localizada a 12 km al oeste de la planta (UTM 393.043, 4.565.181).

2.4 PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO

2.4.1 Descripción del proceso productivo

La planta de Castillejo utiliza el sistema seco de obtención de clínker. En este tipo de sistemas, las materias primas se someten a un proceso de molienda y homogeneización antes de ser enviadas a los ciclones para su pre-calentamiento, alcanzándose temperaturas de entre los 150 y 800 °C. Una vez finalizada la etapa de precalentamiento, el producto se envía a los hornos rotatorios de eje horizontal, donde la temperatura puede llegar hasta los 1.500 °C y se produce la calcinación del carbonato cálcico y la clinkerización del óxido de calcio. Una vez extraído el clínker del horno, se enfría y almacena para la posterior dosificación de yeso y otros componentes para la obtención de cemento. Por último, el producto final es molido hasta conseguir la granulometría deseada.

La principal materia prima, el carbonato cálcico, se obtiene mayoritariamente de las canteras de Yepes y de Huerta de Valdecarábanos.

Actualmente están en funcionamiento dos hornos gemelos, el V y el VI, con una capacidad máxima de 2.000 t/día de clínker cada uno. El régimen de funcionamiento durante 2008 (período del que se han extraído los datos de emisión para este informe) ha sido de 5.089 h/año para el horno V y 2.951 h/año para el horno VI.

El combustible principal utilizado es el coque de petróleo, aunque se utilizan también combustibles alternativos en el horno VI (básicamente harinas cárnicas pero también neumáticos troceados y desecho plástico ligero de plantas de gestión de envases plásticos). La autorización ambiental de la planta limita actualmente a un 40% la cantidad de combustibles alternativos a utilizar. Según información de los representantes de la planta, el porcentaje en funcionamiento normal es del orden del 30%.

2.4.2 Sistemas de medición de emisiones

El presente estudio hace referencia exclusivamente a las emisiones de los hornos V y VI. Ambos están dotados con filtros de mangas. Los anteriores electrofiltros fueron sustituidos en 2003 (horno V) y 2007 (horno VI). Durante la visita se constató que se estaba instalando un sistema SNCR para reducción de NO_x , el cual ha entrado en funcionamiento a lo largo del primer semestre de 2009. La instalación de este tipo de sistemas tiene no afecta al caudal ni a las concentraciones de emisión. Ambos focos disponen de caudalímetros. Según los datos facilitados por los representantes de la planta, los focos de los hornos V y VI disponen de los siguientes analizadores en continuo:

- ▶ Analizador de gases de combustión tipo URAS para el análisis de:
 - NO , CO y SO_2 basado en el método de la correlación de infrarrojo no dispersivo (NDIR).
 - O_2 , con metodología de célula electroquímica.
- ▶ Analizador de COT, tipo FID.
- ▶ Analizador de partículas totales, por método óptico (opacímetro).

Según los representantes de la planta, los analizadores han sido homologados para este tipo de instalaciones y son chequeados mensualmente cuando se comprueba su respuesta a concentración de gas O₂ y un determinado gas muestra (spam). Periódicamente, el opacímetro es contrastado frente a medidas con método de referencia tomados por técnicos de CEMEX.

Además de las mediciones en continuo, en el año 2008 se realizaron tres mediciones puntuales, con métodos de referencia, en ambos hornos para los siguientes parámetros:

- ▶ Metales (As, Cd, Cu, Cr, Zn, Mn, Ni, Pb, Ti, Sn) UNE-EN 14385:2004, método isocinético basado en la captación de los metales en fase sólida en filtro y los gaseosos en borboteadores con solución captadora de ácido nítrico.
- ▶ Metales (Hg): UNE-EN 13211:2001, basado en la captación en borboteadores con solución de permanganato de potasio (KMnO₄).
- ▶ Dioxinas y furanos: UNE 1984, basado en la retención de sólidos en filtro, condensación de gases a bajas temperaturas y adsorción en resinas específicas.
- ▶ HCl: UNE 1911:1998 1, 2 y 3 basado en la captación en agua destilada y valoración en laboratorio.
- ▶ HF: ISO 15713:2006, basado en captación con solución captadora en borboteadores y determinación en laboratorio con electrodo de ión selectivo.
- ▶ COT: método basado en ionización de llama en FID portátil.
- ▶ PST: UNE 13284-1, método isocinético de captación de partículas con sonda calefactada.

Según la información facilitada por la planta, en el período del que se han tomado los datos para este informe (año 2008) el funcionamiento de la planta era el normal y no se produjo ninguna incidencia significativa. Por tanto, las emisiones se consideran representativas.

Según información suministrada por la planta, la estación meteorológica ubicada en la instalación no ha sido nunca calibrada y los datos son poco fiables. Los datos meteorológicos para este estudio han sido obtenidos de la estación propiedad de la central térmica de Aceca.

2.4.3 Entorno natural

Medio físico y biótico

La planta de Castillejo se encuentra a 530 m de altura sobre el nivel del mar, en el valle del río Tajo, entre Toledo y Aranjuez. La orografía predominante de la zona es llana, y la planta se sitúa sobre la terraza aluvial del río Tajo, caracterizada por una suave pendiente que desciende hacia el norte en dirección al río Tajo. Hacia el sur la orografía es más abrupta, pero con alturas moderadas (siempre inferiores a los 700 m).

Al norte de la planta, colindante con ésta, se encuentran los restos de la antigua colonia Iberia y algunas viviendas diseminadas actualmente habitadas. 420 m al norte se sitúa la carretera N-400, que discurre paralela al río Tajo. En el tramo de la N-400 colindante con la antigua colonia Iberia encontramos varios edificios habitados y un restaurante.

A 2,3 km al norte se encuentra el canal de riego de las Aves, a 2,7 km el río Tajo y al otro lado del río, a 5,5 km, el municipio de Añover de Tajo.

Al este de la planta, colindante con ésta, se encuentra la carretera TO-213V a Villasequilla, y al otro lado de ésta el cerro de Valdelagua, de 588 m, único accidente geográfico destacable de los alrededores. 3,6 km al este se encuentra el centro penitenciario Madrid VI (de 1.300 plazas).

Al sur, el paisaje es más abrupto con elevaciones que llegan a los 680 m, como el Cerro de las Canteras o el Cerro de Cabeza de Can, a unos 2 km de la planta. En esta zona montañosa se localizan diversas actividades extractivas, alguna de las cuales ya han sido objeto de restauración con especies arbóreas, principalmente *Pinus*. Algunas zonas restauradas se han aprovechado para el cultivo de la vid, con la posterior comercialización del vino obtenido.

A 6 km al sur se encuentra la población de Villasequilla.

Al oeste de la planta, colindante con ésta, se encuentra la vía del tren de Alcazar de San Juan a Aranjuez. Al otro lado de la vía hay campos de cultivo de secano y, a 500 m, una actividad extractiva.

Según los sistemas de información geográfica consultados de la comunidad de Madrid y Castilla-La Mancha, la planta se encuentra en una unidad paisajística definida como *Llanuras aluviales y terrazas, fondos de valle, interfluvios y vertientes, intercalado con lomas y campiñas con yesos*. Este tipo de paisaje ha sido calificado como de **calidad media/baja y fragilidad baja**.

Los ecosistemas más extendidos en la zona son barbechos y secanos del valle del Tajo, seguidos por los matorrales y cuestras y cortados yesíferos que forman las terrazas aluviales. Por su importancia ecológica, a pesar de su escasa superficie, destacan las zonas palustres de las riberas del Tajo, 2 km al norte de la planta.

Lugares de especial interés ecológico

Espacios naturales protegidos:

- ▶ Microreserva del Salobral de Ocaña, a unos 10 km al este, especialmente interesante por sus comunidades halófilas. También clasificado como LIC (Lugar de Interés Comunitario).
- ▶ Microreserva de los Salobres de Villasequilla, 5,5 km al sur, igualmente particular por sus comunidades halófilas y declarado LIC.
- ▶ Humedal del Carrizal de Villamejor (a 5 km), perteneciente al Término Municipal de Aranjuez, de 36,98 ha, declarado de importancia faunística y botánica.
- ▶ Humedal del Soto del lugar, (a 2 km), perteneciente al Término Municipal de Aranjuez, de 22,29 ha, declarado de relevancia faunística.
- ▶ Mar de Ontígola (Término Municipal de Aranjuez). Se trata de un humedal de origen artificial declarado reserva natural en 1994, y que actualmente consta de 635 ha. La vegetación predominante es de carrizo, juncos y enea. Faunísti-

camente destaca la presencia del esmerejón (*Falco columbarius*), el alcotán (*Falco subbuteo*) y el aguilucho lagunero (*Circus aeruginosus*). También destaca su población de lepidópteros, con varias especies endémicas. Se trata de la zona ecológicamente más singular de las inmediaciones de la planta.

Zonas de Especial Protección para las Aves (ZEPA) y Lugares de Interés Comunitario (LIC)

Además de los ya mencionados, en los alrededores de la planta se encuentran:

- ▶ ZEPA *Carrizales y sotos de Aranjuez*, de poco menos de 15.000 ha, código 119, declarado en 1990. Incluye varios hábitats CORINE. Los principales impactos identificados son de hábitos agrícolas y de actividades extractivas.
- ▶ ZEPA *Carrizales y sotos del Jarama y del Tajo*, de 1700 ha. La abundancia de humedales y sotos asociados a la vega del río Tajo y Jarama y sus arroyos concluyentes confieren a la ZEPA un gran valor ecológico. El bajo porcentaje de ocupación urbana en la zona favorece la buena conservación de los ecosistemas y de sus comunidades. No obstante, las explotaciones mineras de la zona configuran la estructura territorial del lugar. De esta forma, aporta importantes refugios para especies palustres como *Circus aeruginosus* e *Ixobrychus minutus*, para aves acuáticas como *Porphyrio porphyrio* e *Himantopus himantopus* y para otras especies de Charadriformes, favorecidas estas últimas por la aparición de islas de limos y remansamientos del cauce por los frecuentes azudes existentes.
- ▶ LIC *Vegas, Cuestas y Páramos del sureste*, de 51.000 ha, código ES 31 10006. Incluye el primer ZEPA citado anteriormente, además de tramos del río Tajo de interés faunístico, florístico y geomorfológico. Entre los impactos ambientales identificados en algunas zonas destacan las actividades extractivas.
- ▶ LIC *Estepas Salinas de Toledo*, de 670 ha. Afloramientos salinos de inundación temporal que albergan, en un reducido espacio, una gran diversidad de flora halófila altamente adaptada a esas particulares condiciones del medio. Estos enclaves son de vital importancia como refugio de una diversidad de flora halófila. La amenaza de estos lugares es muy alta debido a que la baja productividad agrícola de estos en-

claves ha propiciado la idea de que los mismos son de escaso valor, por lo que son susceptibles de ser empleados para otros usos, como el de vertedero de residuos.

Climatología de la zona

Se trata de una zona de clima mediterráneo continental, caracterizado por fríos y largos inviernos, con frecuentes episodios de inversión térmica en el valle del Tajo.

La temperatura media anual es de 13,8 °C, y el régimen pluviométrico es de entre 390 y 450 mm anuales.

Calidad del aire

Las estaciones de control de calidad del aire públicas más cercanas a la planta son la de Toledo, perteneciente a la red de control de Castilla la Mancha (17 km al suroeste de la planta) y la de Aranjuez (14 km al Noreste), perteneciente a la red de Madrid.

Para la red de Madrid se dispone de datos de 2008, mientras que para la de Castilla-La Mancha los más recientes son de 2007. Los datos publicados para las dos estaciones son coherentes y muestran en general una buena calidad del aire, con la excepción de las PM₁₀ en la zona de Toledo. A continuación se muestra una comparativa de un resumen de los datos obtenidos con los estándares de calidad del aire definidos en los Real Decreto 1073/2002 y Real Decreto 812/2007.

▶ PM₁₀:

- Toledo: media anual de 41 µg/m³ (cuando el límite es 40), con un total de superaciones del umbral diario (50 µg/m³) de 41 veces al año (cuando el límite es de 35).
- Aranjuez: media anual de 25 µg/m³, con un total de superaciones del umbral diario de 14 anuales.

▶ NO₂:

- Toledo: no se han producido superaciones ni de la media anual (40 µg/m³) ni del nivel umbral de protección de la salud (200 µg/m³).

- Aranjuez: media anual de $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ y 0 superaciones del umbral de protección de la salud.

▶ O_3 :

- Toledo: no se ha superado en ningún momento el umbral de información a la población (media horaria de $180 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Aranjuez: se ha superado el umbral para la protección de la salud humana en 10 ocasiones. El nivel de superaciones trianual para el período 2005-07 ha sido de 27, cuando el máximo recomendado es de 25.

▶ Pb:

- Toledo: no se han producido superaciones del límite anual ($0,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Aranjuez: no hay datos.

▶ CO:

- Toledo: no se han producido superaciones del límite medio de 8h ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).
- Aranjuez: no hay datos.

▶ Benceno:

- Toledo: no se han producido superaciones del límite para la protección de la salud humana.
- Aranjuez: no hay datos.

2.4.4 Entorno humano. Infraestructuras y núcleos habitados

La fábrica de cemento de Cemex se encuentra situada en el Término Municipal de Yepes, Toledo, al norte de la comunidad de Castilla-La Mancha, colindante con la comunidad de Madrid. Se trata de una zona poco habitada donde abundan los campos

de cultivo de secano y terrenos improductivos. El río Tajo se encuentra a menos de tres kilómetros al norte de la planta.

Las infraestructuras más cercanas a la planta son: al este, a escasos metros, la vía del tren de las líneas de media distancia de Renfe Castilla-La Mancha y, pocos metros al norte, la nacional N-400 de Aranjuez a Toledo.

Los asentamientos más cercanos son los siguientes: al norte, a unos 400 metros, el Restaurante El Rincón, y algunas viviendas aisladas en lo que anteriormente era la Colonia Iberia. Los centros habitados más cercanos son Villamejor (3,8 km. al NO), Villasequilla (6,8 km. al sur), el centro penitenciario Madrid VI, (3,7 km al noreste), Añover de Tajo y Alameda de Sagra (6,4 y 9,7 km respectivamente, al noreste), Yepes, (10,6 km al oeste) y Villasequilla (6,8 km al sur).

Los receptores potenciales que se van a considerar durante la modelización han sido seleccionados después de un reconocimiento del terreno por parte de técnicos de URS y consensuados con representantes de la planta. Los receptores seleccionados son los siguientes:

- ▶ **Restaurante El Rincón (D5)**, 370 metros al norte de la planta (UTM 436796, 4421525).
- ▶ **Antigua Colonia Iberia (D6)**, colindante a la planta por el norte. Se trata de la antigua zona de viviendas de los trabajadores de la fábrica. Actualmente solo hay algunas casas dispersas (UTM 436641, 4421663).
- ▶ **Centro penitenciario (D7)**, Madrid VI, situado a unos 3,7 km al NE de la planta. Está ubicado al lado de la carretera N-400. Alberga un total de 1300 personas (UTM 440085, 4423097).
- ▶ **Añover de Tajo (D3)**, población de la provincia de Toledo, de unos 5.300 habitantes. Se localiza 6,4 km al norte de la planta en la orilla norte del río Tajo, comunicada por la nacional N-401 (UTM 434629, 4427241).
- ▶ **Alameda de la Sagra (D4)**, población de la provincia de Toledo, de aproximadamente 3.300 habitantes. Se encuentra al norte de la planta, a 9,7 km. y a unos

3,5 km al norte de la población de Añover del Tajo. Comunicada por la nacional N-401 (UTM 432197, 4429769).

- ▶ **Yepes (D1)**, localidad de la provincia de Toledo, situada en el extremo occidental de la comarca de La Mesa de Ocaña. Se encuentra 10,6 km al este de la planta y a unos 40 km de Toledo. Cuenta con una población de unos 5.000 habitantes. Por ella pasa la carretera CM 4005 que la une con Huerta de Valdecarábanos. 10 km al este se encuentra la autopista A-4 (UTM 446693, 4417481).
- ▶ **Los Ciruelos (D9)**, pequeña población de unos 600 habitantes, situada pocos kilómetros al norte de Yepes y 10,5 km al este de la planta (UTM 447291, 4421239).
- ▶ **Villasequilla (D2)**, población de aproximadamente 2.600 habitantes, situada 6,8 km al sur de la cementera y cercana a las poblaciones de Yepes y Huerta de Valdecarábanos. Al norte de la población pasa el Arroyo de Melgar (UTM 436509, 4414441).
- ▶ **Villamejor (D8)**, pequeña población de la comunidad de Madrid, de menos de 100 habitantes. Situada 3,8 km al oeste de la planta y cercana a la carretera N-400 (UTM 432936, 4421494).

En los alrededores de la planta existen varias actividades que pueden afectar la calidad del ambiente atmosférico. Entre ellas, y aparte de las mencionadas infraestructuras de comunicación, hay que destacar:

- ▶ A unos 570 m al noreste de la planta, una cantera de piedra calcárea de 6,7 ha.
- ▶ A unos 5,9 km al este de la planta, la cantera de piedra calcárea de El Guindal, de aproximadamente 63 ha.
- ▶ A menos de 100 m al sureste de la planta, una cantera de piedra calcárea de 2,5 ha.

- ▶ A 2,1 km al sureste, las Canteras Iberia de piedra calcárea, de un total de unas 16 ha.
- ▶ A 3,3 km al sureste, la canteras de piedra calcárea del Escalón y la Cabeza Gorda, con un total aproximado de 115 ha.
- ▶ A 1,6 km al suroeste, una cantera de piedra calcárea de unas 7,2 ha.
- ▶ A 3,2 km al suroeste, una cantera de piedra calcárea de unas 5,9 ha.
- ▶ A 9,6 km al oeste, central térmica de ciclo combinado de Aceca, con 400 KW instalados y con capacidad para operar con gas y gasóleo.
- ▶ A 15 km al noroeste, fábrica de cemento de Villaluenga de la Sagra.

Capítulo 3

CARACTERIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

3.1 IDENTIFICACIÓN DE FOCOS

Las emisiones procedentes de una planta cementera pueden clasificarse en emisiones difusas de partículas, procedentes de las operaciones de carga y transporte de materias primas; emisiones canalizadas de partículas de focos menores como enfriadores, molinos y trituradoras con partículas de medio y pequeño tamaño, principalmente; y emisiones canalizadas procedentes de los hornos que contienen los gases de combustión y las partículas procedentes del calentamiento de materias primas y de la combustión en el horno de clínker.

El estudio se centra en las emisiones canalizadas de los hornos de clínker, que son las reguladas en la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos.

3.2 PARÁMETROS A CONSIDERAR

Los parámetros considerados en el estudio son los recogidos por la **Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos y las correspondientes AAI de cada planta**, y que son:

- ▶ Gases de combustión: NO_x , SO_2 , COT, HCl, HF, CO.
- ▶ Partículas totales.
- ▶ Dioxinas y furanos (PCDD y PCDF).
- ▶ Metales: Antimonio, Arsénico, Cadmio, Cobalto, Cobre, Cromo, Mercurio, Manganeso, Níquel, Plomo, Talio, Vanadio. En algunos casos se incluyen además el Zinc y Estaño.



3.3 VALORES DE EMISIÓN CONSIDERADOS

El estudio considera las siguientes situaciones para cada una de las plantas:

- ▶ Situación 1. Caracterización de los riesgos asociados a la producción de cada planta considerando las emisiones reales de la misma en cuanto a composición y caudal.
- ▶ Situación 2. Análisis de riesgos considerando como valores de emisión los valores límite regulados de los parámetros incluidos en el estudio. El caudal considerado será el real de emisión de cada instalación.

3.3.1 Valores de emisión real

El objetivo de esta parte del estudio es realizar un análisis del impacto de los contaminantes emitidos durante el funcionamiento normal de las plantas. Para ello, y con el fin de seleccionar datos de emisión que resulten representativos, se ha realizado un análisis de los datos disponibles en los últimos años. En general, se ha considerado que los datos del año 2008 son los de mayor fiabilidad, por lo que son los que se emplearán para la modelización.

- ▶ Caudal de emisión. En general se ha trabajado con los caudales de los años 2007-2008, ya que son representativos del funcionamiento de las fábricas.
- ▶ Gases (NO_x , SO_2 , COT, HCl, CO) y partículas totales. En general, se ha considerado la media obtenida a partir de los medidores en continuo para los años 2007-2008.
- ▶ Dioxinas y furanos, metales y HF. En general se han considerado los valores medios obtenidos a partir de medidas puntuales realizadas por Organismos de Control Autorizados (OCAs) durante los años 2007-2008.

Además, para la determinación de los valores de emisión real de cada trazador se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- ▶ Para la modelización de la emisión de los óxidos de nitrógeno (NO_x), se ha considerado el dato expresado como NO_2 equivalente.

- ▶ En el caso del cromo, se dispone únicamente de valores de cromo total. Con el fin de evaluar el efecto de este metal en los dos estados de oxidación en los que suele presentarse (Cr III y Cr VI), se ha realizado una estimación para evaluar la emisión de Cr III y Cr VI por separado. Para ello, se ha tomado como criterio la distribución del metal presente en la materia prima, que suele estar en torno al 30% en Cr VI. Por tanto, para el cálculo de la emisión a partir del dato de análisis de cromo se ha considerado que la cantidad de Cr III y VI corresponde al 70 y 30% respectivamente.
- ▶ Según la Directiva 2000/76/CE, las dioxinas y furanos se expresan como 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina), debido a que es el componente más tóxico. Por lo tanto, para determinar la concentración total de dioxinas y furanos es necesario considerar los factores de equivalencia tóxica antes de realizar la suma total. El conjunto de estos componentes también se asimila a un único trazador en términos de parámetros físico químicos para los cálculos de transferencias en la cadena alimentaria. Todas estas hipótesis sobrestiman el riesgo, puesto que si se considera el riesgo de cada componente de la familia de dioxinas y furanos por separado el índice de riesgo disminuye considerablemente.

En los Anexos I, II, III y IV se incluyen los criterios considerados para la selección de datos de cada una de las plantas, así como los valores de emisión de cada parámetro y de caudal por planta. Tanto las concentraciones de emisión como los datos de caudal se han expresado en base seca y corregidos al 10% de oxígeno, tal y como se establece en la Directiva 2000/76/CE (y el correspondiente Real Decreto 653/2003 de 30 de mayo) sobre incineración de residuos.

3.3.2 Valores límite de emisión

Para la determinación de los valores límite de emisión se han considerado los establecidos por la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003 sobre incineración de residuos, así como los límites establecidos en la Autorización Ambiental Integrada (AAI) de las plantas. Para aquellos parámetros no regulados por la Directiva ni incluidos en la AAI, se han considerado los siguientes criterios:

- ▶ CO: únicamente en una de las plantas se dispone de valor límite para CO, tal y como se indica en su AAI. Por tanto, sólo se ha modelizado el valor límite correspondiente a esta instalación.

- ▶ Metales pesados: excepto en el caso del mercurio, para el que se ha definido un valor límite individual, los límites establecidos por la Directiva 2000/76/CE, el Real Decreto 653/2003 o la AAI de cada planta para el resto de metales están expresados en forma de suma. Es decir, se establece que la suma de las concentraciones de emisión de un grupo de metales no puede superar un determinado valor. Por tanto, con el fin de poder evaluar cada metal de forma individual se ha realizado una estimación en función del peso de cada compuesto en la analítica real de cada planta, cuando se dispone de datos para ello. En el caso de que no sea así, se ha tomado como valor límite para cada metal el correspondiente a la suma.

En los Anexos I, II, III, IV se incluyen los valores límite de emisión considerados para cada parámetro en cada instalación.

Capítulo 4

DEFINICIÓN DE LOS ESCENARIOS DE EXPOSICIÓN

4.1 VÍAS DE EXPOSICIÓN

Se describen a continuación las distintas vías de exposición que se han considerado en el estudio:

4.1.1 Inhalación

Las personas que viven y/o trabajan en las proximidades de la planta objeto de estudio se encuentran potencialmente expuestas a los efectos de las emisiones atmosféricas por inhalación del aire ambiente.

Para la evaluación de la afección por inhalación se distinguen dos tipos de receptores:

- ▶ Personas que viven en las proximidades de la planta. Estos receptores incluyen a los adultos, así como a los niños y personas de la 3ª edad, denominados *receptores sensibles*. En un primer nivel de aproximación, la duración de la exposición se ha considerado como:
 - 24 horas al día.
 - 365 días al año.
 - durante 30 años de su vida, lo que corresponde a un valor superior al percentil 90 del tiempo de residencia en un mismo emplazamiento, según un estudio realizado en Francia⁵. Este valor sobrestima por tanto el máximo tiempo

5 ECETOC (European Center for Ecotoxicology of Chemicals), Technical Report N° 79, 2001, Table 39.



po en el que un receptor vive en un mismo emplazamiento a lo largo de toda su vida.

- ▶ Personas que trabajan en las proximidades de la planta. Este grupo de receptores incluye a los adultos en edad de trabajar, que se encuentran expuestos a las emisiones atmosféricas durante su jornada de trabajo, lo que implica:
 - 8 horas al día.
 - 220 días al año.
 - durante 30 años de vida profesional en el mismo lugar de trabajo (valor sobrestimado de la duración de la exposición, dado que la duración media de un empleo en la misma empresa, según las bases de datos francesas (ECETOC) consultadas es de 10,1 años).

La evaluación de la exposición por inhalación implica considerar tanto el efecto causado por la inhalación de partículas como los asociados a la composición química de cada contaminante. Por tanto, para la evaluación de esta exposición se tendrán en cuenta todos los compuestos seleccionados como trazadores para el estudio (ver Tabla 1).

4.1.2 Ingestión

Las partículas presentes en las emisiones atmosféricas son susceptibles de sedimentar y acumularse en el suelo. Debido a esto, puede producirse una transferencia de los contaminantes del suelo a la cadena alimentaria, lo que dependerá de la composición de estas partículas y de las características físico-químicas del mismo.

La evaluación de la exposición por ingestión se ha realizado sobre aquellas sustancias sedimentables y bioacumulables en la cadena alimentaria. Por tanto, los compuestos considerados han sido metales y dioxinas y furanos. Los COVs no se han considerado para la exposición por ingestión dado que su acumulación en la cadena alimentaria es muy reducida y no significativa.

Se han considerado dos tipos de exposición:

- ▶ Exposición directa por ingestión de suelo, la cual afecta principalmente a los niños que puedan jugar en parques, jardines y otros espacios exteriores y puedan ingerir partículas de suelo.
- ▶ Exposición indirecta por consumo de productos alimenticios con origen en la zona donde se produce la sedimentación de compuestos. Los principales alimentos susceptibles de contener este tipo de compuestos son:
 - Las frutas y verduras de los huertos situados en la zona de afección.
 - Carne de bovino y leche producidos en la zona a estudiar.
 - Aves y huevos producidos en la zona de afección.

El análisis de riesgos se ha realizado teniendo en cuenta únicamente la ingestión de suelo, frutas y verduras, ya que la cantidad de carne de bovino, aves, huevos y leche producidos y consumidos en la zona de estudio se considera despreciable comparada con la de frutas y verduras.

4.1.3 Contacto dérmico

La exposición por contacto dérmico se considera despreciable en relación a la exposición por inhalación debido a que:

- ▶ La superficie de intercambio entre el organismo y el ambiente es mucho mayor cuando se trata de inhalación que cuando se trata de contacto por la piel. En concreto, la superficie de intercambio de los alveolos pulmonares es de 50 a 200 m² para un adulto, mientras que la superficie total de la piel es de 1,7 m².
- ▶ La naturaleza de los tejidos celulares favorece el intercambio a nivel del sistema respiratorio, mientras que el intercambio dérmico está mucho más limitado.

Por estos motivos, las transferencias de contaminantes a través de la piel están poco estudiadas y no existen Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) para contacto dérmico.

co, por lo que **la exposición por contacto a través de la piel no se ha considerado en el presente estudio**.

4.1.4 Escenarios considerados

Teniendo en cuenta los aspectos mencionados anteriormente, los escenarios considerados para este estudio son los siguientes:

- ▶ Inhalación de compuestos emitidos al aire ambiente.
- ▶ Ingestión directa de partículas de suelo.
- ▶ Ingestión de frutas y verduras procedentes de huertos y de jardines localizados en la zona de afección y que son ingeridos por los habitantes de la misma.

4.2 RECEPTORES

Con el fin de estudiar los posibles riesgos para la salud de las personas que habitan/trabajan alrededor de la planta, se han seleccionado varios puntos del territorio o receptores.

Los receptores considerados para la evaluación de riesgos para la salud han sido identificados en función de su proximidad a la planta y la presencia de receptores sensibles. En la Tabla 2, Tabla 16, Tabla 28 y Tabla 41 se recogen los receptores considerados para cada una de las plantas incluidas en el estudio, indicando su distancia con respecto a la planta.

Dado que las características de cada planta son muy distintas, se ha realizado un estudio independiente de los receptores sensibles presentes en el entorno de cada una de ellas (ver Capítulo 2), determinándose así el radio de afección a considerar en cada instalación.

Algunos de los receptores seleccionados se localizan en zonas o lugares de trabajo. En estos casos, estos puntos no se han considerado en la evaluación de riesgos de población residencial. Para el receptor C2 de la planta de Cementos Portland Valderrivas (Valcarca), la población del emplazamiento no es permanente (hotel, restaurante) por lo que la exposición de los receptores a las emisiones es puntual. Por

tanto, este receptor se ha incluido en el estudio pero no se ha tenido en cuenta en el análisis de resultados.

4.3 EFECTOS SOBRE LA SALUD DE LAS EMISIONES

4.3.1 Tipos de efectos sobre la salud

Existen dos tipos de efectos sobre la salud:

Efectos asociados a las sustancias con umbral

Se trata de los efectos asociados a sustancias que, según la información disponible hasta el momento, **no presentan riesgo significativo para la salud humana cuando se encuentran presentes en el medio por debajo de una determinada concentración.**

Para los efectos con umbral, el nivel de riesgo se calcula por comparación directa entre la exposición y el valor umbral, expresado en forma de índice de riesgo ($IR = \text{Exposición}/\text{Umbral}$).

Efectos asociados a las sustancias sin umbral

Los efectos asociados a las sustancias sin umbral son de tipo estocástico. Esto implica que la exposición a estas sustancias lleva asociada la probabilidad de que aparezcan efectos adversos para la salud. Estos efectos son de tipo genotóxico, por lo que las sustancias cancerígenas y mutagénicas suelen estar clasificadas dentro de este grupo.

El riesgo de desarrollar una patología adversa debido a la exposición a un compuesto se calcula a partir del parámetro **Exceso de Riesgo Individual (ERI)**. Para el presente estudio, se ha considerado un valor de $1/100.000$ (10^{-5}) como valor de referencia para el Exceso de Riesgo Individual. Este valor es coherente con el empleado por la Administración francesa para determinar el objetivo de calidad del aire para benceno (ver Capítulo 7).

Cabe destacar que hay sustancias para las que se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral, como es el caso del benceno (ver Tabla 1).

4.3.2 Valores Toxicológicos de Referencia (VTR)

Los Valores Toxicológicos de Referencia representan la máxima concentración de un determinado compuesto admisible por el organismo sin que ésta lleve asociado un efecto adverso para el receptor.

Los Valores Toxicológicos de Referencia empleados en el presente estudio provienen de la legislación española y de diferentes bases de datos publicadas por organismos científicos especializados (US EPA, ATSDR, OMS, etc.) e internacionalmente reconocidos.

En el Anexo V se presentan los Valores Toxicológicos de Referencia elegidos y se explica detalladamente el procedimiento seguido para seleccionar estos valores.

Para las sustancias que tienen un efecto a partir de un valor umbral, los datos disponibles han sido revisados para poder eliminar las incertidumbres asociadas a la elección de los VTR pertinentes en función del tipo de exposición considerado.

Para las sustancias sin valor umbral, los datos publicados por los organismos especializados no permiten, en general, realizar una jerarquización de los VTR a partir del análisis de incertidumbres asociadas. Por tanto, se ha elegido una aproximación sobrestimada para la evaluación de riesgos, que corresponde al valor más conservador.

4.3.3 Trazadores para inhalación e ingestión

Tal y como se ha comentado anteriormente, las vías de exposición consideradas han sido la inhalación, para la que se han considerado todos los parámetros indicados en el Capítulo 3.2, y la ingestión, para la que se han considerado únicamente las sustancias sedimentables y bioacumulables en la cadena alimentaria. En la Tabla 1 se resumen los trazadores a tener en cuenta para cada vía de exposición, así como el tipo de efecto que producen.

Además, se han tenido en cuenta los siguientes aspectos:

- ▶ En el caso del COT, puesto que se trata de una forma de expresar el contenido en carbono orgánico total y no de un parámetro como tal, no existe un VTR asociado, por lo que se ha incluido en la modelización para el cálculo de la concentración en inmisión pero no se ha considerado para el análisis de riesgos.
- ▶ Para las partículas totales tampoco existe VTR, ya que únicamente se dispone de valores toxicológicos de referencia para PM_{10} y $PM_{2,5}$. Según referencias de varios estudios las PM_{10} suponen en torno al 90% de las totales, por lo que se ha considerado tomar para partículas totales el mismo VTR que para PM_{10} .

Tabla 1. Características de los trazadores seleccionados.

Familia de compuestos	Parámetro	Tipo de efecto		Vía de exposición	
		Con umbral	Sin umbral	Inhalación	Ingestión
Gases de combustión	NO _x	X	-	X	-
	SO ₂	X	-	X	-
	COT	X	-	X	-
	HCl	X	-	X	-
	HF	X	-	X	-
	CO	X	-	X	-
Partículas	PM tot	X	-	X	-
Dioxinas y furanos	Expresadas como 2,3,7,8-TCDD	X	-	X	X
Metales	Antimonio	X	-	X	X
	Arsénico	X	X	X	X
	Cadmio	X	-	X	X
	Cobalto	X	-	X	-
	Cobre	X	-	X	-
	Cromo III	X	-	X	-
	Cromo VI	X	X	X	-
	Mercurio	X	-	X	-
	Manganeso	X	-	X	-
	Níquel	X	X	X	-
	Plomo	X	X	X	X
	Talio	X	-	X	X
	Vanadio	X	-	X	X
	Estaño	X	-	X	X
Zinc	X	-	X	X	

- ▶ Para el talio y el vanadio no existe VTR asociado, por lo que se han incluido en la modelización para el cálculo de la concentración en inmisión, pero no se han considerado para el análisis de riesgos por inhalación.
- ▶ El cadmio no dispone de un valor de ERU (Exceso de Riesgo Unitario) asociado a la exposición por vía oral, dado que tanto la base de datos del IRIS como de OEHHA consideran que, con la información de la que se dispone actualmente, no es posible determinar un valor de ERU. Por lo tanto, el cadmio no se ha con-

siderado en el cálculo del exceso de riesgo individual (ERI) por vía oral en el análisis de riesgos.

Capítulo 5

MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

5.1 INTRODUCCIÓN AL MODELO ADMS 4.0

Para la estimación de las concentraciones de los contaminantes en inmisión se ha empleado el modelo matemático de dispersión atmosférica ADMS 4.0, software distribuido por CERC (Cambridge Environmental Research Consultants Ltd.).

Las principales características de este modelo son las siguientes:

- ▶ Cuenta con una potente herramienta meteorológica capaz de modelizar con precisión los comportamientos de la atmósfera bajo diferentes condiciones.
- ▶ El programa considera los posibles efectos de edificios y topografía del terreno sobre la dispersión de la emisión considerada.
- ▶ ADMS 4.0 permite calcular percentiles de concentración de emisión a largo plazo.

Las limitaciones del modelo matemático en el cálculo de dispersión de contaminantes atmosféricos son:

- ▶ El modelo permite incluir un número limitado de focos superficiales, de modo que, en el caso de contar con más focos de los permitidos, es necesario realizar la modelización de las plumas de forma independiente y realizar un cómputo global de cada una de estas plumas sobre el receptor.



- ▶ El fichero topográfico puede contar con un máximo de 5000 cotas, lo que implica realizar un análisis y selección de los datos incluidos en el modelo digital del terreno antes de llevar a cabo la simulación.

Para la simulación de la dispersión atmosférica de los contaminantes empleando el modelo ADMS 4.0 se han considerado los siguientes datos de entrada:

- ▶ Focos de emisión.
- ▶ Datos meteorológicos.
- ▶ Receptores.
- ▶ Datos topográficos.
- ▶ Efectos de los edificios.
- ▶ Usos del suelo.
- ▶ Evolución de la pluma.
- ▶ Resultados generados por el modelo ADMS 4.0.

Todos estos datos se describen en los apartados siguientes.

5.1.1 Focos de emisión

Es necesario especificar los siguientes datos:

- ▶ Tipo de fuente (puntual, superficial, volumétrica, lineal o tipo surtidor). En todos los casos se han considerado focos puntuales.
- ▶ Parámetros característicos de cada fuente:
 - Caudal de salida de los gases.
 - Diámetro de las conducciones.
 - Altura.
 - Temperatura de salida.
 - Tasas másica de emisión para cada contaminante considerado.
 - Coordenadas UTM.

5.1.2 Datos meteorológicos

Las condiciones meteorológicas del emplazamiento tienen una gran influencia en los fenómenos de dispersión atmosférica. Estos fenómenos se caracterizan por ser altamente complejos y depender de un gran número de parámetros, tales como la velocidad del viento y la turbulencia de la atmósfera.

El viento transporta las sustancias emitidas y diluye la pluma. Además, la turbulencia de la atmósfera dispersa la pluma en las tres direcciones. A su vez, estos dos factores se ven afectados por el relieve de la zona, que puede modificar la trayectoria de la pluma y el grado de turbulencia.

En los últimos años se ha realizado una mejora significativa con respecto a los modelos gaussianos, gracias a los trabajos desarrollados por Monin y Obukhov. Dichos trabajos han permitido considerar de manera diferenciada la turbulencia mecánica (que predomina al lado del suelo) y la turbulencia por convección (que se encuentra condicionada por los cambios térmicos).

El modelo ADMS se ha desarrollado a partir de estos trabajos, por lo que permite tener en cuenta la variación de la dispersión en función de la altitud (z), altura de capa límite mecánica (h) y longitud característica de Monin-Obukhov (LMO). Se trata por tanto de un modelo pseudogaussiano, de mayor precisión que los gaussianos, ya que estos proporcionan los datos de estabilidad atmosférica en cantidades discretas, las cuales son necesariamente aproximativas.

Las variables necesarias para la entrada al modelo son las siguientes:

- ▶ Velocidad del viento.
- ▶ Dirección del viento.
- ▶ Radiación solar.
- ▶ Temperatura.
- ▶ Humedad relativa.

5.1.3 Receptores

El modelo permite introducir las coordenadas UTM y la altura de los receptores, con el fin de calcular las concentraciones en esos puntos. Asimismo, es posible obtener una salida continua, especificando una superficie de terreno a modelizar y un intervalo de puntos, con lo que el modelo determinará las concentraciones en puntos equidistantes dentro del mallado predefinido.

Los receptores a analizar han sido proporcionados por las plantas cementeras y se indican en los siguientes apartados.

5.1.4 Datos topográficos

Una vez localizados los receptores, es necesario definir la malla sobre la que se obtendrán los resultados del modelo. Para ello, se ha empleado el Modelo Digital del Terreno (MDT) a escala 1:25.000 de cada zona a evaluar, estableciéndose una densidad de puntos concreta para cada emplazamiento, en función del área total a cubrir. Los datos del MDT han sido suministrados por el CNIG (Centro Nacional de Información Geográfica).

En cada uno de los puntos definidos en la malla se han estimado, hora a hora, las concentraciones en inmisión correspondientes a los trazadores considerados en el estudio.

5.1.5 Efecto de los edificios

Con el fin de considerar el posible efecto de los edificios en la dispersión de la pluma de contaminantes, se han considerado aquellos de mayor altura y que se encuentran próximos al foco de emisión. A partir de la experiencia de URS en este tipo de estudios, se han considerado para la modelización aquellos edificios cuya altura supera 1/3 de la altura del foco de emisión.

5.1.6 Usos del suelo

El modelo permite introducir un coeficiente para evaluar la rugosidad del terreno en función del uso del suelo, con el fin de representar el grado de turbulencia originada por el paso del viento a través de los impedimentos (edificios principalmente) que encuentra a su paso. La turbulencia suele ser mayor en las zonas urbanas que en las rurales debido a la presencia de edificios de mayores dimensiones y en mayor cantidad. En las zonas urbanas, la deposición de partículas suele realizarse a una distancia del foco menor que en las zonas rurales.

5.1.7 Evolución de la pluma

Una vez emitidos, los compuestos sufren transformaciones químicas durante su desplazamiento por el aire (por ejemplo, reacciones entre los óxidos de nitrógeno y el ozono bajo el efecto de la radiación solar), así como sedimentación sobre el terreno (principalmente las partículas).

La tasa de deposición se ve afectada tanto por la sedimentación de partículas como por las reacciones físico-químicas, ya sea entre varios compuestos o entre estos con moléculas de agua. Con el fin de poder evaluar los riesgos por ingestión asociados a las partículas sedimentables bioacumulables, se ha modelizado la deposición seca y húmeda de los metales y partículas. Esta tasa de deposición depende, fundamentalmente, de la granulometría del material.

En una primera aproximación, se ha considerado que todos los óxidos de nitrógeno emitidos se transforman inmediatamente en NO_2 . Es decir, los óxidos de nitrógeno se expresarán como NO_2 equivalente. Esto se debe a que no se dispone de información acerca de la proporción NO/NO_2 , por lo que se asume que todo se transforma en NO_2 (caso más desfavorable), así como al hecho de que no existe VTR para otros óxidos de nitrógeno.

5.1.8 Resultados generados por el modelo

El modelo ADMS 4.0 permite obtener distintos tipos de datos de salida, en función de la finalidad para la que se vayan a emplear los resultados. De esta forma, es posible calcular percentiles (valores que no deben superarse en más de un determinado número de horas o días por año civil), medias horarias, diarias, anuales, etc. En este caso, y dado que el objetivo de la modelización es obtener datos comparables con los valores de referencia, los cuales suelen estar expresados como valor medio, se ha considerado la media anual como salida del programa.

El modelo estima las concentraciones en inmisión de cada parámetro en cada uno de los puntos de la malla definidos, para todas las horas correspondientes a los datos introducidos en el fichero meteorológico (datos horarios de los tres últimos años). Para el cálculo del valor en inmisión, se ha considerado la media de todos los valores obtenidos para cada punto definido.

Capítulo 6

EVALUACIÓN DEL RIESGO PARA LA SALUD

6.1 METODOLOGÍA

Para la evaluación del riesgo asociado a cada uno de los parámetros es necesario tener en cuenta si cada contaminante lleva asociado un riesgo con o sin umbral. Además, para cada sustancia hay que determinar si se lleva a cabo una evaluación del riesgo por inhalación, por ingestión o por ambas vías de exposición, tal y como se indica en la Tabla 1.

6.1.1 Análisis de riesgos por inhalación

Para el análisis del riesgo por inhalación se han considerado las concentraciones en el aire en inmisión para cada contaminante determinadas a partir de la modelización con ADMS 4.0.

Para la evaluación de la afección por inhalación se distinguen dos tipos de receptores:

- ▶ Personas que viven en las proximidades de la planta, las cuales se encuentran expuestas durante 24 horas al día, 365 días al año y 30 años de su vida.
- ▶ Personas que trabajan en las proximidades de la planta, las cuales se encuentran expuestas durante 8 horas al día, 220 días al año y 30 años de su vida.

6.1.2 Análisis de riesgos por ingestión

Para el análisis del riesgo por ingestión se han evaluado las tasas de deposición para cada compuesto determinadas por el modelo de dispersión⁶, las cuales se emplean

⁶ La tasa de deposición (F) representa la cantidad de cada contaminante que sedimenta en el suelo. Este parámetro se obtiene a partir del modelo de dispersión, y se emplea como entrada al modelo de ingestión para el análisis de riesgos.

en el modelo de ingestión desarrollado por US EPA para el cálculo de la transferencia de cada compuesto a través de la cadena alimentaria. En el Anexo VI se detallan las características del modelo matemático empleado para ello.

Para el análisis del riesgo por ingestión se han considerado los siguientes escenarios:

Ingestión de suelo

Este escenario considera la ingestión directa del suelo en las proximidades de los receptores.

Ingestión de frutas y verduras cultivadas para autoconsumo

Este escenario considera la exposición para todos los residentes, incluyendo adultos y niños, que pueden consumir las frutas y verduras cultivadas directamente en un huerto situado en las proximidades donde se encuentra el receptor. Para el cálculo se ha considerado:

- ▶ Una exposición continua durante 30 años.
- ▶ Un consumo diario de verduras tipo tubérculo (patatas, zanahorias), de verduras de hoja (espinacas, lechuga) y de verduras tipo fruto (tomates, calabacín) y frutas propiamente dichas (manzanas, peras, uvas), procedentes de huerto particular. Las cantidades consumidas por los adultos y niños se han obtenido a partir de la base de datos CIBLEX⁷.

Siguiendo un criterio conservador, se ha considerado que la totalidad de las sustancias ingeridas son asimiladas por el organismo de las personas expuestas, lo que implica que la biodisponibilidad oral es del 100% para todos los compuestos.

6.1.3 Análisis de riesgos para las sustancias con umbral

Se trata de los efectos asociados a sustancias que, según la información disponible hasta el momento, no presentan riesgo significativo para la salud humana cuando se encuentran presentes en el medio por debajo de una determinada concentración.

⁷ CIBLEX, Junio de 2003. Base de datos de parámetros descriptivos de la población francesa en un entorno contaminado.

Para los efectos con umbral, el Índice de Riesgo (IR) se calcula a partir de la Concentración Media en el Aire (CMA) y la Concentración Admisible en el Aire (CAA) para una exposición por inhalación, y de la Dosis Diaria de Exposición (DDE) y la Dosis Diaria Admisible (DDA) para una exposición por ingestión:

$$IR = \frac{CMA}{CAA} \quad \text{ó} \quad IR = \frac{DDE}{DDA}$$

Los índices de riesgo se calculan para cada sustancia y vía de exposición y son ponderados en función de la duración de la exposición.

La Concentración Admisible en el Aire (CAA) y la Dosis Diaria Admisible (DDA) se obtienen a partir de los Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) para cada sustancia. Estos Valores Toxicológicos de Referencia representan la máxima concentración de un determinado compuesto que puede ser admitida por el organismo sin que ésta lleve asociada un efecto adverso para el receptor.

Un valor inferior a 1 del índice de riesgo individual indicaría que la exposición calculada es inferior a la exposición de referencia obtenida a partir de referencias legales, trabajos de expertos en este tema, etc.

En el caso de la exposición por inhalación, los VTRs considerados corresponden a los receptores más sensibles. Por tanto, no se ha calculado un índice de riesgo por inhalación en función de la vulnerabilidad de la población expuesta, ya que todos los receptores se han considerado como sensibles.

Para la exposición por ingestión, los cálculos se han realizado de forma independiente para población adulta e infantil, con el fin de considerar las distintas prácticas alimenticias de ambos grupos de población.

6.1.4 Análisis de riesgos para las sustancias sin umbral

La exposición a las sustancias sin umbral lleva asociada la probabilidad de que aparezcan efectos adversos para la salud independientemente de la dosis de exposición. Por tanto, en este caso no es posible calcular un índice de riesgo, ya que el término de concentración admisible en el aire no es aplicable para estos efectos.

Los efectos sin umbral se caracterizan a partir del parámetro Exceso de Riesgo Individual (ERI), en función del Exceso de Riesgo Unitario por inhalación o ingestión (ERU_i o ERU_o):

$$ERI = \frac{DDA \cdot ERU_o \cdot \text{Nº Años Exposición}}{\text{Duración de una vida}} \quad \text{ó} \quad ERI = \frac{CMA \cdot ERU_i \cdot \text{Nº Años Exposición}}{\text{Duración de una vida}}$$

Al igual que los índices de riesgo, los excesos de riesgo se calculan para cada sustancia.

Según las recomendaciones de la OMS, se considera que el riesgo es aceptable si el parámetro ERI es inferior a 10^5 , lo cual implica que la probabilidad de desarrollar un efecto adverso por exposición a una sustancia tóxica es inferior a 1 habitante entre 100.000. Este valor es coherente con el empleado por la Administración francesa para determinar el objetivo de calidad del aire para benceno, clasificado como sustancia sin umbral⁸.

El ERI tiene en cuenta el número de años que dura la exposición sobre la duración total de una vida. Para este estudio, se ha considerado una duración de la vida de 70 años. Este valor es coherente con el empleado para la determinación de los ERU, según la documentación consultada.

Para la exposición por ingestión, los cálculos se han realizado de forma independiente para población adulta e infantil, con el fin de considerar las distintas prácticas alimenticias de ambos grupos de población.

⁸ El exceso de riesgo unitario por inhalación (ERU_i) dado por la OMS para el benceno es de $6,0 \cdot 10^{-6}$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹. Por tanto, la concentración de exposición que dará lugar a un Exceso de Riesgo Individual (ERI) de 10^5 , para una exposición crónica durante toda una vida será de:

$$C_{REF} = \frac{ERI}{ERU_i} = \frac{10^5}{6 \cdot 10^6} = 1,67 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Este valor está por debajo de $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, que es el valor definido como objetivo de calidad del aire a nivel comunitario en la Directiva 2000/69/CE y traspuesto a la legislación española en el Real Decreto 1073/2002.

Capítulo 7

ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE HOLCIM EN LORCA

7.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN

Focos de emisión

El único foco de emisión considerado corresponde al horno de cemento, cuyo caudal de emisión es de 199.556 Nm³/h en base seca y corregido al 10% de oxígeno. En la siguiente tabla se indican las características del foco de emisión:

Tabla 2. Características del foco de emisión de la planta de Holcim en Lorca.

Altura (m)	Diámetro (m)	Tª gases salida (°C)	Velocidad salida gases (m/s)
66	3,1	177	7,34

Para el cálculo de las tasas máxicas de emisión de cada contaminante se han empleado las concentraciones en mg/Nm³ en base seca y corregidas al 10% de oxígeno, y el caudal expresado en las mismas condiciones. En el Anexo I se indican las tasas máxicas de emisión correspondientes a cada trazador.

Datos meteorológicos

Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura y humedad atmosférica se han obtenido a través de la página web de la Comunidad Autónoma de la Región en la que se encuentra la planta.

Los datos disponibles corresponden al intervalo 2006-2008. Con el fin de evaluar la calidad de los datos meteorológicos disponibles, se ha realizado un estudio estadístico analizando los siguientes parámetros:

- ▶ Número de datos disponibles para cada año.
- ▶ Porcentaje de calmas en cada año.

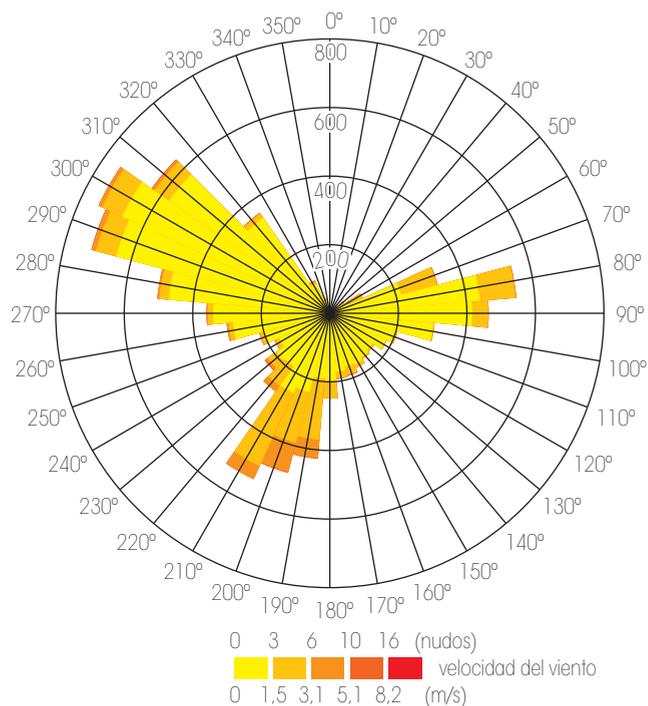
Los resultados relativos al número de datos disponibles y porcentaje de calmas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Análisis de la calidad de los datos de viento de la planta de Holcim en Lorca.			
Parámetro	Año 2006	Año 2007	Año 2008 (hasta 10/09)
Nº datos	7.798	8.355	6.069
Nº calmas	2.126	445	27
% Datos	88,97	95,32	99,56
% Calmas	27,26	5,33	0,44

Del análisis de los datos se deduce que, en general, la calidad de los mismos es buena, mejorando notablemente en el año 2008. Con el fin de disponer de una base de datos más amplia que cubra un intervalo de tiempo mayor, para la modelización se han considerado los datos correspondientes a los tres años.

En la figura adjunta (Figura 1) se muestra la rosa de los vientos de la planta de Holcim en Lorca para el intervalo de tiempo considerado:

Figura 1. Rosa de los vientos de la planta de Holcim en Lorca para el intervalo 2005-2008.



Receptores

Los receptores considerados para la modelización de las emisiones de la planta cementera de Holcim en Lorca y la distancia entre dichos receptores y la planta se presentan en la siguiente tabla:

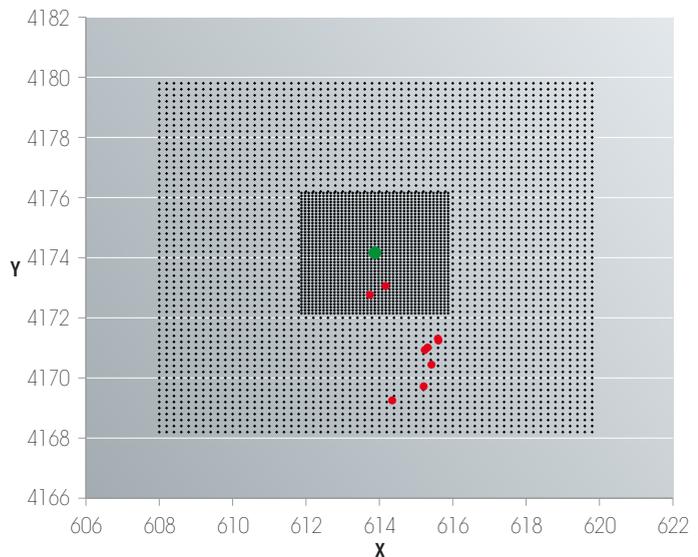
Tabla 4. Receptores considerados para el estudio de la planta de Holcim en Lorca.

Receptores	Coordenadas UTM		Distancia a la planta (m)
	X	Y	
A1	615.594	4.171.307	3.330
A2	615.316	4.171.012	3.462
A3	615.609	4.171.245	3.391
A4	615.236	4.170.927	3.507
A5	613.741	4.172.764	1.404
A6	614.168	4.173.060	1.138
A7	615.207	4.169.720	4.636
A8	615.419	4.170.441	4.026
A9	614.349	4.169.253	4.930

Datos topográficos

Para la introducción de la topografía en el modelo se ha definido una malla cuadrada de 10 x 10 km, en la que se dispone de datos de cota cada 100 metros en una malla de 4 x 4 km y cada 200 metros en el resto de los puntos de la malla. La definición de la malla se ha realizado teniendo en cuenta la situación de los receptores, aumentando la separación entre cotas a medida que aumenta la distancia a la planta.

Figura 2. Malla topográfica considerada para la modelización de la planta de Holcim en Lorca.



En la Figura 2 (Página anterior) se esquematiza la malla empleada. El indicador verde corresponde a la planta, y los de color rojo a los receptores. En la figura puede apreciarse la mayor densidad de malla de la zona central, más próxima a la planta (separación de 100 m entre cotas).

Efecto de los edificios

En la planta de Holcim existen 9 edificios cuya altura supera los 22 m correspondientes a la tercera parte de la altura total de chimenea. En la siguiente tabla se indican las dimensiones de los edificios a considerar:

Tabla 5. Edificios considerados para el estudio de la planta de Holcim en Lorca.

	Sección	Largo /Diámetro (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Torre Dopol y entrada a horno	Rectangular	14	11	56,5
Silo de crudo	Circular	17	-	49,3
Ensacadora	Rectangular	60	23	29,3
Silo de cemento I	Circular	10	-	34
Silo de cemento II	Circular	10	-	34
Silo de cemento III	Circular	10	-	34
Silo de cemento IV	Circular	10	-	34
Silo de cemento V	Circular	15	-	48
Silo de cemento VI	Circular	15	-	48

7.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

El modelo de dispersión permite obtener la concentración de cada trazador en cada punto de la malla topográfica, además de la concentración en cada uno de los receptores definidos. Asimismo, el modelo permite obtener curvas de isoconcentración por interpolación de datos. Para cada parámetro, se han calculado las concentraciones en inmisión para el caso de emisión real y valor límite para una altura media de receptores de 1,5 m.

Los vientos dominantes en la planta de Holcim en Lorca provienen del noroeste, sur y este, siendo la componente sur la que presenta velocidades más altas. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en dirección norte, mientras que en el resto de direcciones la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno inmediato de la planta.

Las concentraciones medias anuales calculadas para cada parámetro se incluyen en el Anexo I. Del análisis de los resultados se concluye que para todas las sustancias consideradas las concentraciones medias en inmisión en la zona de estudio se encuentran por debajo de los Valores Toxicológicos de Referencia (o valores límite de calidad del aire según la legislación vigente). A modo de ejemplo, se han incluido en el Anexo I las figuras correspondientes a la dispersión de NO_2 y SO_2 , si bien es necesario tener en cuenta que se trata de una representación aproximada de los resultados obtenidos. Los gráficos corresponden a la modelización con los valores límite de emisión.

7.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

7.3.1 Resultados de la exposición por inhalación

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual (ERI) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. Se han calculado los índices ERI tanto para trabajadores como para residentes. En la tabla se incluyen los resultados para residentes ya que presentan una exposición mayor que los trabajadores.

En el Anexo I se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Tabla 6a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO_x	1,11E-02	1,54E-04	-	-
SO_2	3,03E-03	4,21E-05	-	-
HCl	6,62E-05	9,19E-07	-	-
HF	7,27E-06	1,01E-07	-	-
CO	4,06E-05	5,63E-07	-	-
PM tot	3,23E-04	7,50E-06	-	-
Dioxinas y furanos	3,39E-08	1,30E-09	-	-
Sb	1,86E-06	2,70E-08	-	-
As	8,66E-05	1,26E-06	3,68E-09	5,34E-11

Tabla 6b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Cd	2,33E-05	3,33E-07	3,59E-10	5,14E-12
Co	4,65E-06	6,75E-08	-	-
Cu	7,83E-07	1,14E-08	-	-
Cr III	4,13E-09	1,10E-10	-	-
Cr VI	5,78E-06	1,54E-07	9,92E-09	2,64E-10
Mn	8,60E-05	1,25E-06	-	-
Hg	1,85E-06	2,69E-08	-	-
Ni	1,86E-05	2,71E-07	2,73E-10	3,97E-12
Pb	3,71E-06	5,39E-08	9,53E-12	1,39E-13
REFERENCIA	1		1·10 ⁵	

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 7. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación).

Contaminante	Índice de riesgo
NO _x	Entre 100 y 10.000 veces por debajo del umbral
SO ₂	Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo del umbral
Gases: CO, HCl, HF	Entre 100.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Partículas	Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral
Dioxinas y furanos	Entre 100.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 100.000 y 10.000.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

Tabla 8. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación).

Contaminante	Valor de ERI
As, Cr VI	Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Cd, Pb, Ni	Entre 100.000 y 100.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 9a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO _x	1,13E-02	1,57E-04	-	-
SO ₂	1,39E-02	1,92E-04	-	-
COT	NA	NA	-	-
HCl	2,80E-04	3,89E-06	-	-
HF	4,36E-05	6,06E-07	-	-
PM tot	5,65E-04	1,92E-05	-	-
Dioxinas y furanos	1,28E-06	4,93E-08	-	-
Sb	2,58E-05	3,74E-07	-	-
As	1,20E-03	1,75E-05	5,11E-08	7,41E-10
Cd	3,37E-04	1,29E-05	5,19E-9	2,00E-10
Co	6,45E-05	9,36E-07	-	-
Cu	1,10E-05	1,59E-07	-	-

Tabla 9b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Cr III	6,19E-08	2,38E-09	-	-
Cr VI	8,68E-05	3,34E-06	1,49E-07	5,72E-09
Mn	1,19E-03	1,73E-05	-	-
Hg	7,17E-05	1,04E-06	-	-
Ni	2,59E-04	3,76E-06	3,79E-9	5,50E-11
Pb	5,16E-05	7,48E-07	1,33E-10	1,92E-12
REFERENCIA	1		1·10 ⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

7.3.2 Resultados de la exposición por ingestión

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los Índices IR (Índice de Riesgo), y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

En el Anexo I se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 11 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 10. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	2,51E-06	1,01E-07	7,06E-07	2,83E-08	-	-
Sb	1,67E-06	2,54E-08	3,33E-07	5,09E-09	-	-
As	1,19E-06	1,82E-08	2,24E-07	3,42E-09	4,33E-11	6,60E-13
Cd	2,67E-07	4,02E-09	5,87E-08	8,83E-10	-	-
Pb	1,50E-06	2,29E-08	1,77E-07	2,70E-09	2,30E-12	3,51E-14
Tl	5,38E-06	2,16E-07	6,88E-07	2,76E-08	-	-
V	4,81E-06	7,33E-08	5,39E-07	8,22E-09	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

Tabla 11. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión).

Contaminante	Índice de riesgo
Dioxinas y furanos	Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 1.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

Tabla 12. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión).

Contaminante	Valor de ERI
As	Entre 1.000.000 y 100.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Pb	Entre 10.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión es-

tablecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 13. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	9,49E-05	3,81E-06	2,67E-05	1,07E-06	-	-
Sb	2,32E-05	3,53E-07	4,63E-06	7,06E-08	-	-
As	1,66E-05	2,52E-07	3,12E-06	4,75E-08	6,01E-10	9,16E-12
Cd	4,11E-06	1,65E-07	9,03E-07	3,62E-08	-	-
Pb	2,09E-05	3,18E-07	2,46E-06	3,75E-08	3,20E-11	4,88E-13
Tl	5,21E-05	7,93E-07	6,66E-06	1,01E-07	-	-
V	6,68E-05	1,02E-06	7,49E-06	1,14E-07	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En el Anexo I se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F). Las deposiciones obtenidas están al menos un millón de veces por debajo de esa deposición correspondiente al umbral de riesgo.

Capítulo 8

ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA

8.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN

Focos de emisión

El único foco de emisión considerado corresponde al horno de cemento, cuyo caudal de emisión es de 175.000 Nm³/h en base seca y corregido al 10% de oxígeno. En la siguiente tabla se indican las características del foco de emisión:

Tabla 14. Características del foco de emisión de la planta de Lafarge en Lorca.

Altura (m)	Diámetro (m)	Tª gases salida (°C)	Velocidad salida gases (m/s)
71	3,2	124	6,04

Para el cálculo de las tasas máxicas de emisión de cada contaminante se han empleado las concentraciones en mg/Nm³ en base seca y corregidas al 10% de oxígeno, y el caudal expresado en las mismas condiciones. En el Anexo II se indican las tasas máxicas de emisión correspondientes a cada trazador.

Datos meteorológicos

Los datos de dirección y velocidad del viento y temperatura han sido proporcionados por la estación de medición localizada en el municipio en el que se encuentra la planta de Lafarge para el periodo 2002-2005. La estación no dispone de datos meteorológicos más actuales, ya que desde 2005 la estación mide únicamente concentraciones de contaminantes en inmisión.

Con el fin de disponer de datos meteorológicos más actuales se han consultado otras estaciones meteorológicas de la zona. Sin embargo, los datos de estas estaciones no

se consideraron representativos del régimen de vientos predominante en la planta y sus inmediaciones, por lo que finalmente se consideraron para la modelización los datos de viento de la estación ubicada en el municipio donde se encuentra la planta para la modelización.

Como ya se ha comentado anteriormente, esta estación únicamente dispone de datos de velocidad, dirección de viento y temperatura. Por tanto, para la estimación de la humedad relativa y nubosidad se han considerado los datos de la estación meteorológica más cercana a la planta.

Una vez seleccionados los datos de dirección y velocidad de viento a emplear, y con el fin de evaluar la calidad de los datos meteorológicos disponibles, se ha realizado un estudio estadístico analizando los siguientes parámetros:

- ▶ Número de datos disponibles para cada año.
- ▶ Porcentaje de calmas en cada año.

Los resultados relativos al número de datos disponibles y porcentaje de calmas se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 15. Análisis de la calidad de los datos de viento de la planta de Lafarge en Montcada.

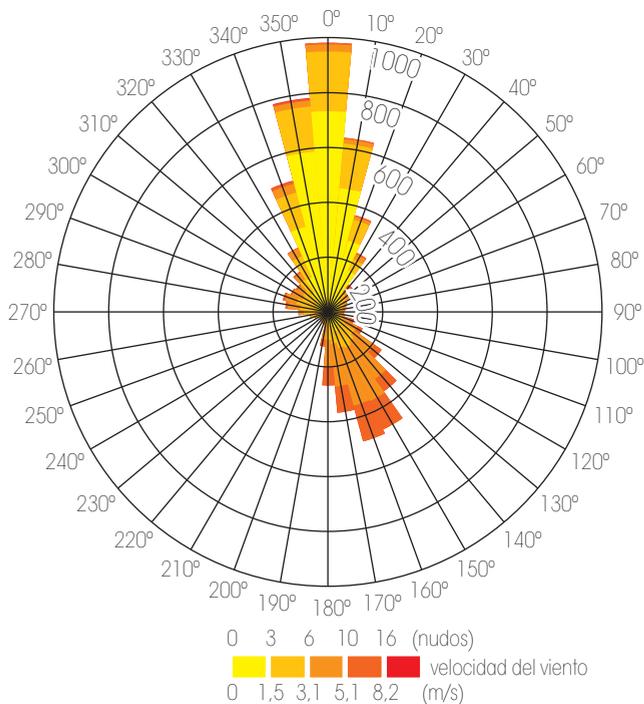
Parámetro	Año 2002	Año 2003	Año 2004	Año 2005*
Nº datos	7.964	8.631	8.368	2.057
Nº calmas	717,00	954,00	686,00	132,00
% Datos	90,91	98,53	95,53	94,14
% Calmas	9,00	11,05	8,20	6,42

* Sólo se dispone de datos hasta el día 92.

Del análisis de los datos se deduce que, en general, la calidad de los mismos es buena. Con el fin de disponer de una base de datos más amplia que cubra un intervalo de tiempo mayor, para la modelización se han considerado los datos correspondientes a los cuatro años.

En la Figura 3 se muestra la rosa de los vientos de la planta de Lafarge en Montcada para el intervalo de tiempo considerado.

Figura 3. Rosa de los vientos de la planta de Lafarge en Montcada para el intervalo 2002-2005.



Receptores

Los receptores de la planta cementera de Lafarge en Montcada y la distancia entre dichos receptores y la planta se presentan en la Tabla 16.

Datos topográficos

Para la introducción de la topografía en el modelo, se ha definido una malla de 7,2 x 7,2 km, en la que se dispone de datos de cota cada 25 metros en una malla de 1 x 1 km, cada 50 metros en una malla concéntrica de 2 x 2 km, cada 100 metros en una malla concéntrica de 4 x 4 km y cada 200 metros en el resto

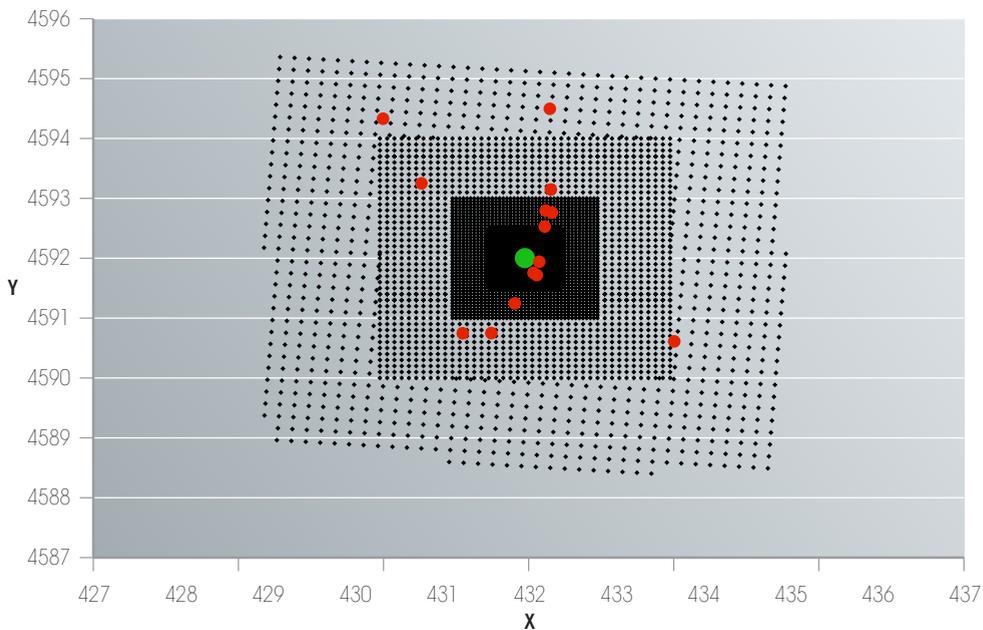
Tabla 16. Receptores considerados para el estudio de la planta de Lafarge en Montcada.

Receptores	Coordenadas UTM		Distancia a la planta (m)
	X	Y	
B4	432146,78	4591941,49	207
B3	432066,79	4591756,15	273
B6	432113,94	4591717,73	329
B7	432222,28	4592530,03	594
B9	431808,85	4591245,39	770
B5	432235,87	4592795,28	843
B1	432320,72	4592761,73	845
B2	431092,21	4590745,76	1.521
B8	430522,63	4593250,03	1.894

de los puntos de la malla. En este caso se ha considerado una malla de menor tamaño ya que la planta se encuentra situada en una zona con numerosos focos de emisión (actividades industriales, autopistas, etc.) por lo que se considera más adecuado restringir el estudio a la zona más próxima a la planta, con el fin de evaluar la afección derivada únicamente de la actividad de la planta cementera. Por este motivo, todos los receptores considerados se encuentran situados en las inmediaciones de la planta, a una distancia inferior a 4 km.

El indicador verde corresponde a la planta, y los de color rojo a los receptores. En la figura puede apreciarse la mayor densidad de malla de la zona central, la cual va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la planta.

Figura 4. Malla topográfica considerada para la modelización de la planta de Lafarge.



Efecto de los edificios

En la planta de Lafarge en Montcada existen 8 edificios cuya altura supera los 24 m correspondientes a la tercera parte de la altura total de chimenea. En la siguiente tabla se indican las dimensiones de los edificios a considerar:

Tabla 17. Edificios considerados para el estudio de la planta de Lafarge en Montcada.

	Sección	Largo /Diámetro (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Silo de clínker	Circular	21,6	-	56,1
Silos 15/16	Circular	23	-	45,6
Silo 23	Circular	15	.	40,8
Silo Flux	Circular	10	.	29,1
Silo de homogeneización I	Rectangular	10	10	70,4
Silo de homogeneización II	Rectangular	10	10	69,4
Torre de intercambio	Circular	2,5	-	72,8
Filtro híbrido	Rectangular	10	5	49,2

8.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

El modelo de dispersión permite obtener la concentración de cada trazador en cada punto de la malla topográfica, además de la concentración en cada uno de los receptores definidos. Asimismo, el modelo permite obtener curvas de isoconcentración por interpolación de datos. Para cada parámetro, se han calculado las concentraciones en inmisión para el caso de emisión real y valor límite para una altura media de receptores de 1,5 m.

Los vientos dominantes en la planta de Lafarge en Montcada provienen del norte y del sureste, siendo esta última la que presenta velocidades más altas, de hasta 8 m/s. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en las direcciones sur y noroeste, favoreciéndose la dispersión a lo largo de la dirección noroeste, mientras que en la dirección sur la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno inmediato de la planta.

Los datos meteorológicos utilizados en la planta de Montcada no se han obtenido en la propia planta (la planta carece de una estación meteorológica) por lo que tras un estudio de datos de distintas Estaciones Meteorológicas cercanas a la planta, se escogieron los datos que más se ajustaban a la realidad. Sin embargo, estos datos no son representativos de la planta dado que los vientos en la planta son más fuertes de lo que indican los datos meteorológicos empleados y los contaminantes se verían sometidos a una dispersión mayor. Se trata, por lo tanto, de datos meteorológicos claramente desfavorables.

Las concentraciones medias anuales calculadas para cada parámetro se incluyen en el Anexo II. Del análisis de los resultados se concluye que para todas las sustancias con-

sideradas las concentraciones medias en inmisión en la zona de estudio se encuentran por debajo de los Valores Toxicológicos de Referencia (o valores límite de calidad del aire según la legislación vigente). A modo de ejemplo, se han incluido en el Anexo II las figuras correspondientes a la dispersión de NO₂ y SO₂, si bien es necesario tener en cuenta que se trata de una representación aproximada de los resultados obtenidos. Los gráficos corresponden a la modelización con los valores límite de emisión.

8.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

8.3.1 Resultados de la exposición por inhalación

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual (ERI) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. Se han calculado los índices ERI tanto para trabajadores como para residentes. En la tabla se incluyen los resultados para residentes ya que presentan una exposición mayor que los trabajadores.

En el Anexo II se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Tabla 18a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO _x	2,19E-01	3,53E-02	-	-
SO ₂	1,81E-02	2,93E-03	-	-
HCl	6,03E-05	9,74E-06	-	-
HF	1,98E-04	3,21E-05	-	-
CO	8,25E-04	1,33E-04	-	-
PM tot	5,48E-03	1,19E-03	-	-
Dioxinas y furanos	1,11E-06	2,41E-07	-	-
Sb	2,90E-05	4,65E-06	-	-
As	3,55E-03	5,70E-04	1,51E-07	2,42E-08
Cd	1,24E-02	1,99E-03	1,92E-07	3,08E-08
Co	2,39E-05	3,84E-06	-	-

Tabla 18b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Cu	3,42E-04	5,49E-05	-	-
Cr III	3,44E-06	5,53E-07	-	-
Cr VI	8,85E-04	1,42E-04	1,52E-06	2,44E-07
Mn	2,20E-02	3,54E-03	-	-
Hg	2,60E-04	4,14E-05	-	-
Ni	5,00E-03	8,03E-04	7,33E-08	1,18E-08
Pb	7,87E-04	1,71E-04	2,02E-09	4,39E-10
REFERENCIA	1		1 · 10 ⁻⁵	

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 19. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación).

Contaminante	Índice de riesgo
NO _x	Entre 10 y 100 veces por debajo del umbral
SO ₂	Entre 100 y 1.000 veces por debajo del umbral
Gases: CO, HCl, HF	Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral
Partículas	Aproximadamente, 1.000 veces por debajo del umbral
Dioxinas y furanos	Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 100 y 10.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de

una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

Tabla 20. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación).

Contaminante	Valor de ERI
As, Cr VI	Entre 10 y 1.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Cd, Pb, Ni	Entre 100 y 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 21a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO _x	2,41E-01	3,89E-02	-	-
SO ₂	3,02E-02	4,86E-03	-	-
HCl	6,08E-03	9,81E-04	-	-
HF	8,87E-04	1,43E-04	-	-
PM tot	1,63E-02	3,54E-03	-	-
Dioxinas y furanos	2,72E-05	5,89E-06	-	-
Sb	5,27E-05	8,63E-06	-	-
As	6,45E-03	1,06E-03	2,73E-07	4,48E-08
Cd	1,02E-02	1,67E-03	1,57E-07	2,58E-08
Co	4,34E-05	7,11E-06	-	-
Cu	6,22E-04	1,02E-04	-	-
Cr III	6,27E-06	1,03E-06	-	-
Cr VI	1,61E-03	2,64E-04	2,76E-06	4,52E-07
Mn	4,01E-02	6,56E-03	-	-

Tabla 21b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Hg	1,87E-03	3,04E-04	-	-
Ni	9,11E-03	1,49E-03	1,34E-07	2,19E-08
Pb	1,46E-03	3,16E-04	3,75E-09	8,13E-10
REFERENCIA	1		1·10 ⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

8.3.2 Resultados de la exposición por ingestión

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los Índices IR (Índice de Riesgo), y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

En el Anexo II se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Tabla 22. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	4,86E-05	1,12E-05	1,37E-05	3,15E-06	-	-
Sb	9,48E-06	1,62E-06	2,11E-06	3,61E-07	-	-
As	2,03E-05	3,48E-06	4,62E-06	7,92E-07	8,91E-10	1,53E-10
Cd	4,72E-05	8,09E-06	1,08E-05	1,85E-06	-	-
Pb	9,87E-05	2,27E-05	1,20E-05	2,76E-06	1,56E-10	3,60E-11
Tl	5,16E-04	1,19E-04	8,53E-05	1,96E-05	-	-
V	1,32E-03	3,03E-04	1,52E-04	3,51E-05	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁵	

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 23. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión).

Contaminante	Índice de riesgo
Dioxinas y furanos	Entre 100.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

Tabla 24. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión).

Contaminante	Valor de ERI
As	Aproximadamente 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Pb	Entre 100.000 y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación (Tabla 25) se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de

acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Tabla 25. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	1,19E-03	2,73E-04	3,34E-04	7,68E-05	-	-
Sb	1,73E-05	3,01E-06	3,85E-06	6,69E-07	-	-
As	3,71E-05	6,45E-06	8,44E-06	1,47E-06	1,63E-09	2,83E-10
Cd	3,90E-05	6,78E-06	8,93E-06	1,55E-06	-	-
Pb	1,83E-04	4,21E-05	2,23E-05	5,12E-06	2,90E-10	6,66E-11
Tl	4,05E-04	9,30E-05	6,69E-05	1,54E-05	-	-
V	2,44E-03	5,62E-04	2,83E-04	6,50E-05	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En el Anexo II se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F). Las deposiciones obtenidas están al menos mil veces por debajo de esa deposición correspondiente al umbral de riesgo.

Capítulo 9

ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS EN VALLCARCA

9.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN

Focos de emisión

En la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca existen dos hornos, cuyos caudales son de 199.201 Nm³/h (Horno VI) y 336.230 Nm³/h (Horno VII), ambos en base seca y corregidos al 10% de oxígeno. En la siguiente tabla se indican las características de los dos focos de emisión:

Tabla 26. Características de los focos de emisión de la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca.

Horno	Altura (m)	Diámetro (m)	Tª gases salida (°C)	Velocidad salida gases (m/s)
VI	53,8	3,00	118	8,33
VII	48,86	3,30	177	13,39

Para el cálculo de las tasas máxicas de emisión de cada contaminante se han empleado las concentraciones en mg/Nm³ en base seca y corregidas al 10% de oxígeno, y el caudal expresado en las mismas condiciones. En el Anexo III se indican las tasas máxicas de emisión correspondientes a cada trazador.

Datos meteorológicos

Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad atmosférica y radiación solar han sido proporcionados por la planta, a partir de los datos generados por la estación meteorológica situada en la propia instalación (modelo EM-300 de la firma MCV S.A.).



Los datos disponibles corresponden al intervalo 2006-2008. Con el fin de evaluar la calidad de los datos meteorológicos disponibles, se ha realizado un estudio estadístico analizando los siguientes parámetros:

- ▶ Número de datos disponibles para cada año.
- ▶ Porcentaje de calmas en cada año.

Los resultados relativos al número de datos disponibles y porcentaje de calmas se resumen en la siguiente tabla:

Parámetro	Año 2006	Año 2007	Año 2008 (hasta 10/09)
Nº Datos	5.345	8.680	5.814
Nº calmas	391,50	389,50	70,50
% Datos	60,98	99,02	99,28
% Calmas	7,32	4,49	1,21

Del análisis de los datos se deduce que la calidad de los datos de los años 2007 y 2008 es mejor que la del año 2006, ya que se dispone de un mayor número de datos. No obstante, y con el fin de disponer de una base de datos más amplia que cubra un intervalo de tiempo mayor, para la modelización se han considerado los datos correspondientes a los tres años.

En la Figura 5 se muestra la rosa de los vientos de la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca para el intervalo de tiempo considerado.

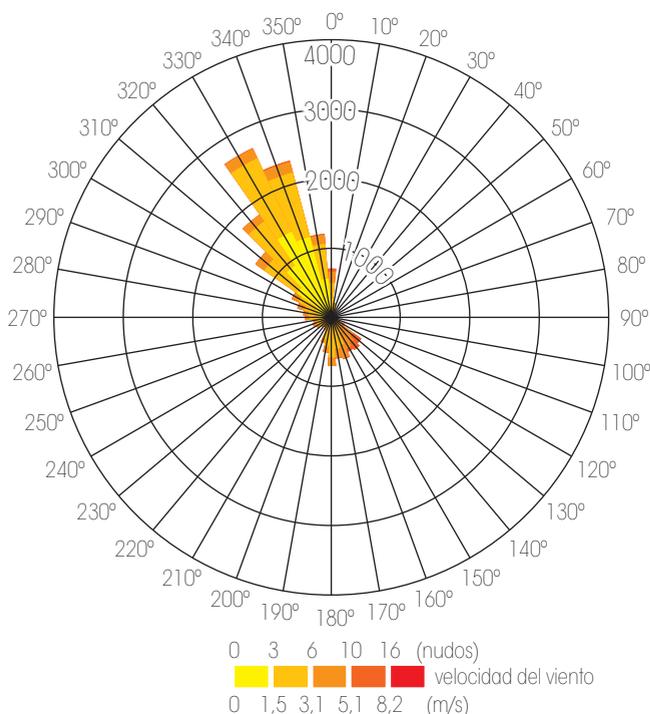
Receptores

Los receptores de la planta cementera de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca, sus coordenadas UTM y la distancia entre dichos receptores y la planta se presentan en la Tabla 28.

Datos topográficos

Para la introducción de la topografía en el modelo se ha definido una malla de 18,2 x 7,8 km, la cual incluye datos topográficos cada 100 metros en una malla de 8 x 2,7 km y

Figura 5. Rosa de los vientos de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca para el intervalo 2006-2008.



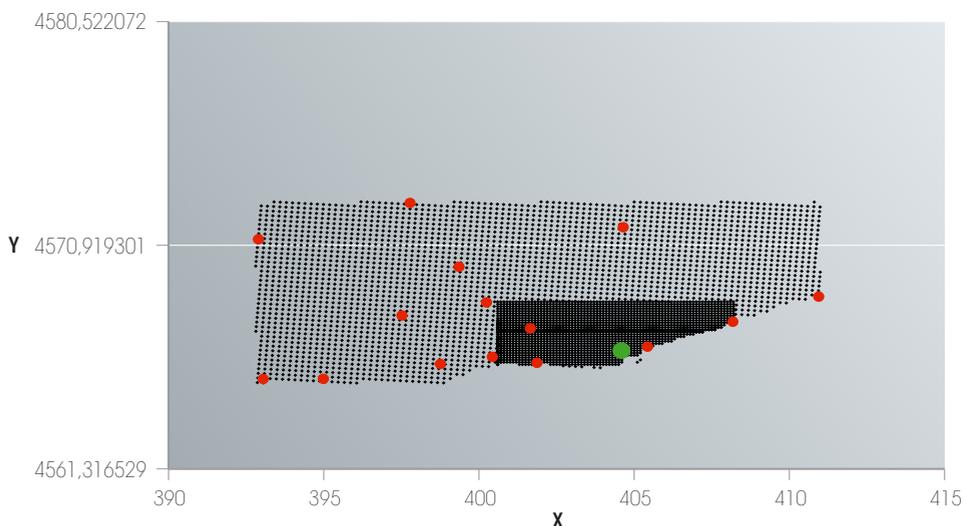
cada 200 metros en el resto de los puntos de la malla. La definición de la malla se ha realizado teniendo en cuenta la situación de los receptores, aumentándose la separación entre cotas a medida que aumenta la distancia a la planta.

En la Figura 6 se esquematiza la malla considerada para este caso. El indicador verde corresponde a la planta, y los de color rojo a los receptores. En la figura puede apreciarse la mayor densidad de malla de la zona central, la cual va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la planta.

Tabla 28. Receptores considerados para el estudio de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca.

Receptores	Coordenadas UTM		Distancia a la planta (m)
	X	Y	
C2	405.429	4.566.569	1.644,5
C5	408.178	4.567.677	2.771,1
C8	401.653	4.567.354	3.086,1
C7	404.645	4.571.703	4.168,4
C1	410.944	4.568.757	5.861,9
C3	399.354	4.570.005	6.355,2
C6	397.775	4.572.748	9.312,0
C9	394.983	4.565.186	9.681,3
C4	393.043	4.565.181	11.608,8

Figura 6. Malla topográfica considerada para la modelización de la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca.



Efecto de los edificios

En la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca existen 6 edificios cuya altura supera los 15 m correspondientes a la tercera parte de la altura total de chimenea. En la siguiente tabla se indican las dimensiones de los edificios a considerar:

Tabla 29. Edificios considerados para el estudio de la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca.

	Sección	Largo /Diámetro (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Silo IV	Circular	9	-	79
Torre horno VI	Rectangular	10	8,5	72,55
Torre horno VII	Rectangular	15	13	78,6
Silo cemento I	Circular	9	-	51
Silo cemento II	Circular	9	-	51
Silo cemento III	Circular	11	.	57,5

9.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

El modelo de dispersión permite obtener la concentración de cada trazador en cada punto de la malla topográfica, además de la concentración en cada uno de los receptores de-

finidos. Asimismo, el modelo permite obtener curvas de isoconcentración por interpolación de datos. Para cada parámetro, se han calculado las concentraciones en inmisión para el caso de emisión real y valor límite para una altura media de receptores de 1,5 m.

Los vientos dominantes en la planta de Cementos Portland Valderrivas en Vallcarca provienen del noroeste, existiendo además una pequeña contribución de la componente sureste. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en la dirección sureste y noroeste.

Las concentraciones medias anuales calculadas para cada parámetro se incluyen en el Anexo III. Del análisis de los resultados se concluye que para todas las sustancias consideradas las concentraciones medias en inmisión en la zona de estudio se encuentran por debajo de los Valores Toxicológicos de Referencia (o valores límite de calidad del aire según la legislación vigente). A modo de ejemplo, se han incluido en el Anexo III las figuras correspondientes a la dispersión de NO_2 y SO_2 , si bien es necesario tener en cuenta que se trata de una representación aproximada de los resultados obtenidos. Los gráficos corresponden a la modelización con los valores límite de emisión.

9.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

9.3.1 Resultados de la exposición por inhalación

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual (ERI) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. Se han calculado los índices ERI tanto para trabajadores como para residentes. En la tabla se incluyen los resultados para residentes ya que presentan una exposición mayor que los trabajadores.

Tabla 30a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO_x	6,84E-02	1,12E-02	-	-
SO_2	1,84E-02	2,95E-03	-	-
HCl	4,26E-05	6,93E-06	-	-

Tabla 30b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
HF	6,17E-05	9,88E-06	-	-
CO	1,23E-03	1,97E-04	-	-
PM tot	7,15E-04	9,04E-05	-	-
Dioxinas y furanos	1,58E-06	1,87E-07	-	-
Sb	1,55E-05	2,20E-06	-	-
As	7,23E-04	1,03E-04	3,07E-08	4,35E-09
Cd	1,59E-03	2,18E-04	2,45E-08	3,36E-09
Co	4,89E-05	6,92E-06	-	-
Cu	5,38E-05	7,44E-06	-	-
Cr III	2,20E-07	3,08E-08	-	-
Cr VI	5,65E-05	7,89E-06	9,68E-08	1,35E-08
Mn	3,57E-04	4,95E-05	-	-
Hg	7,65E-05	1,11E-05	-	-
Ni	2,94E-04	4,09E-05	4,31E-09	5,99E-10
Pb	2,89E-05	3,64E-06	7,43E-11	9,35E-12
REFERENCIA	1		1·10 ⁵	

En el Anexo III se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la Tabla 31 se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de

Tabla 31. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación)

Contaminante	Índice de riesgo
NO _x	Aproximadamente 100 veces por debajo del umbral
SO ₂	Entre 100 y 1.000 veces por debajo del umbral
Gases: CO, HCl, HF	Entre 1.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral
Partículas	Entre 10.000 y 100.000 veces por debajo del umbral
Dioxinas y furanos	Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 1.000 y 100.000.000 veces por debajo del umbral

una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa:

Tabla 32. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación)

Contaminante	Valor de ERI
As, Cr VI	Entre 1.000. y 10.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Cd, Pb, Ni	Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 33a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO _x	7,14E-02	1,18E-02	-	-
SO ₂	1,07E-01	1,78E-02	-	-
HCl	1,76E-03	2,92E-04	-	-
HF	2,80E-04	4,64E-05	-	-

Tabla 33b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
PM tot	8,22E-03	9,97E-04	-	-
Dioxinas y furanos	1,37E-05	1,66E-06	-	-
Sb	2,45E-04	3,59E-05	-	-
As	1,14E-02	1,68E-03	4,85E-07	7,11E-08
Cd	9,82E-03	1,52E-03	1,52E-07	2,34E-08
Co	6,91E-04	1,01E-04	-	-
Cu	2,47E-04	3,63E-05	-	-
Cr III	2,04E-06	3,00E-07	-	-
Cr VI	5,26E-04	7,72E-05	9,02E-07	1,32E-07
Mn	2,11E-03	3,09E-04	-	-
Hg	5,86E-04	8,60E-05	-	-
Ni	2,02E-03	2,96E-04	2,96E-08	4,34E-09
Pb	4,21E-04	5,54E-05	1,08E-09	1,42E-10
REFERENCIA	1		1.10 ⁻⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

9.3.2 Resultados de la exposición por ingestión

A continuación (Tabla 34) se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los Índices IR (Índice de Riesgo), y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores.

En el Anexo III se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral

Tabla 34. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	9,33E-04	7,36E-05	2,62E-04	2,07E-05	-	-
Sb	1,03E-05	1,24E-06	2,05E-06	2,47E-07	-	-
As	7,33E-06	8,85E-07	1,38E-06	1,66E-07	2,65E-10	3,20E-11
Cd	1,35E-05	1,60E-06	2,97E-06	3,52E-07	-	-
Pb	8,80E-06	9,35E-07	1,04E-06	1,10E-07	1,35E-11	1,44E-12
TI	2,65E-05	3,20E-06	3,38E-06	4,09E-07	-	-
V	5,91E-04	6,22E-05	6,63E-05	6,97E-06	-	-
REFERENCIA	1				1.10 ⁻⁵	

definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 35. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión)

Contaminante	Índice de riesgo
Dioxinas y furanos	Entre 10.000 y 100.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 10.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la Tabla 36 se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

A continuación (Tabla 37) se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de

Tabla 36. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión).

Contaminante	Valor de ERI
As	Entre 100.000 y 1.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Pb	Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

Tabla 37. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	8,02E-03	6,43E-04	2,26E-03	1,81E-04	-	-
Sb	1,62E-04	1,99E-05	3,23E-05	3,98E-06	-	-
As	1,16E-04	1,42E-05	2,17E-05	2,67E-06	4,19E-09	5,15E-10
Cd	8,28E-05	1,05E-05	1,82E-05	2,30E-06	-	-
Pb	1,28E-04	1,37E-05	1,51E-05	1,62E-06	1,96E-10	2,11E-11
Tl	2,74E-04	3,40E-05	3,50E-05	4,34E-06	-	-
V	5,56E-03	5,86E-04	6,23E-04	6,56E-05	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En el Anexo III se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de de-

posición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F). Las deposiciones obtenidas están al menos mil veces por debajo de esa deposición correspondiente al umbral de riesgo.

Capítulo 10

ANÁLISIS DE RIESGOS PARA LA PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO

10.1 DATOS DE ENTRADA AL MODELO DE DISPERSIÓN

Focos de emisión

En la planta de Cemex en Castillejo existen dos hornos cuyos caudales son de 251.168 Nm³/h (Horno V) y 248.648 Nm³/h (Horno VI), ambos en base seca y corregidos al 10% de oxígeno. En la siguiente tabla se indican las características de los dos focos de emisión:

Tabla 38. Características de los focos de emisión de la planta de Cemex en Castillejo.

Horno	Altura (m)	Diámetro (m)	T° gases salida (°C)	Velocidad salida gases (m/s)
V	42	3,8	112	9,60
VI	43	3,3	113	10,45

Para el cálculo de las tasas másicas de emisión de cada contaminante se han empleado las concentraciones en mg/Nm³ en base seca y corregidas al 10% de oxígeno, y el caudal expresado en las mismas condiciones. En el Anexo IV se indican las tasas másicas de emisión correspondientes a cada trazador.

Datos meteorológicos

Los datos horarios de dirección y velocidad del viento, temperatura, humedad atmosférica y radiación solar han sido proporcionados por una estación meteorológica localizada en una instalación cercana a la planta.

Con el fin de disponer de datos meteorológicos más actuales se han consultado otras estaciones meteorológicas de la zona. Sin embargo, los datos de estas esta-

ciones no se consideraron representativos del régimen de vientos predominante en la planta y sus inmediaciones, por lo que finalmente se han considerado los datos de la estación ubicada en la instalación situada en las inmediaciones de la planta.

Los datos disponibles corresponden al intervalo 2004-2008. Con el fin de evaluar la calidad de los datos meteorológicos disponibles, se ha realizado un estudio estadístico analizando los siguientes parámetros:

- ▶ Número de datos disponibles para cada año.
- ▶ Porcentaje de calmas en cada año.

Los resultados relativos al número de datos disponibles y porcentaje de calmas se resumen en la siguiente tabla:

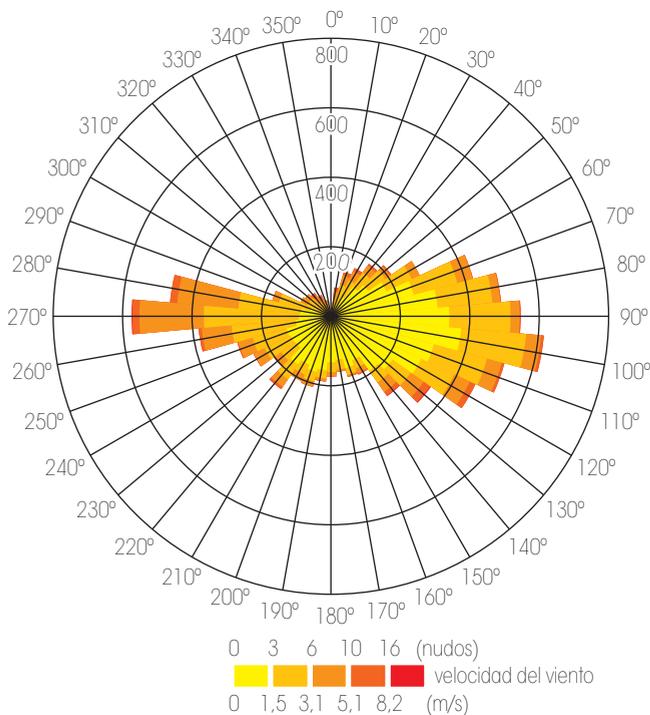
Tabla 39. Análisis de la calidad de los datos de viento de la planta de Cemex en Castillejo.

Parámetro	Año 2004 desde 01/07/04	Año 2005	Año 2006	Año 2007	Año 2008 hasta 25/03/08
Nº Datos	4.207	8.688	8.173	5.761	1.663
Nº calmas	57	209	270	173	70
% Datos	97,38	99,18	93,30	65,76	83,48
% Calmas	1,35	2,41	3,30	3,00	4,21

Del análisis de los datos se deduce que la calidad de los datos de los años 2004, 2005 y 2006 es mejor que la de los años 2007 y 2008, ya que se dispone de un mayor número de datos. No obstante, y con el fin de disponer de una base de datos más amplia que cubra un intervalo de tiempo mayor, para la modelización se han considerado los datos correspondientes a los cinco años.

En la Figura 7 se muestra la rosa de los vientos correspondiente a la planta de Cemex en Castillejo para el intervalo de tiempo considerado.

Figura 7. Rosa de los vientos de la planta de Cemex en Castillejo para el intervalo 2004 -2008.



Receptores

Los receptores considerados para la modelización de las emisiones de la planta de Cemex en Castillejo, y la distancia entre dichos receptores y la planta se presentan en la Tabla 40.

Datos topográficos

Para la consideración de la topografía en el modelo se ha definido una malla de aproximadamente 22 x 22 km, la cual incluye datos topográficos cada 25 metros en una malla de 1 x 1 km, cada 200 m en una malla de 4,4 x 4,4 km y cada 400 metros en el resto de

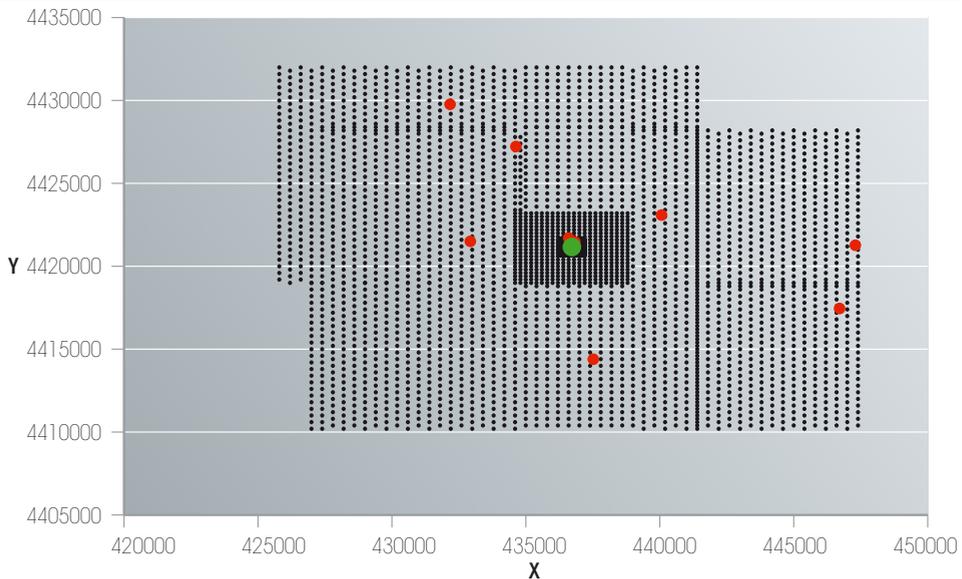
Tabla 40. Receptores considerados para el estudio de la planta de Cemex en Castillejo.

Receptores	Coordenadas UTM		Distancia a la planta (m)
	X	Y	
D2	437509	4414441	6772,7
D1	446693	4417481	10644,2
D3	434629	4427241	6420,6
D4	432197	4429769	9713,5
D5	436796	4421525	369,9
D6	436641	4421663	501,4
D7	440085	4423097	3891,0
D9	447291	4421239	10584,3
D8	432936	4421494	3785,2

los puntos de la malla. La definición de la malla se ha realizado teniendo en cuenta la situación de los receptores, aumentando la separación entre cotas a medida que aumenta la distancia a la planta.

En la siguiente figura se esquematiza la malla considerada para este caso. El indicador verde corresponde a la planta, y los de color rojo a los receptores. En la figura puede apreciarse la mayor densidad de malla de la zona central, la cual va disminuyendo a medida que aumenta la distancia a la planta.

Figura 8. Malla topográfica considerada para la modelización de la planta de Cemex en Castillejo.



Efecto de los edificios

En la planta de Cemex en Castillejo existen 35 edificios cuya altura supera los 15 m correspondientes a la tercera parte de la altura total de chimenea. En la Tabla 41 se indican las coordenadas y dimensiones de los edificios a considerar.

10.2 RESULTADOS DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA

El modelo de dispersión permite obtener la concentración de cada trazador en cada punto de la malla topográfica, además de la concentración en cada uno de los re-

Tabla 41 Edificios considerados para el estudio de la planta de Cemex en Castillejo.

	Nº	Sección	Largo /Diámetro (m)	Ancho (m)	Altura (m)
Edificio alimentación carbón horno 5	1	Rectang.	12.200	7.000	22.500
Edificio alimentación carbón horno 6	1	Rectang.	20.000	9.000	28.300
Edificio control	1	Rectang.	22.000	12.000	33.000
Edificio envase cemento	1	Rectang.	12.240	11.100	25.600
Edificio molino crudo 2	1	Rectang.	17.000	16.000	43.600
Edificio molinos cemento 5 y bis	1	Rectang.	38.000	26.000	34.000
Edificio molinos cemento 6 y 7	1	Rectang.	44.000	40.000	52.000
Edificio silos alimentación molinos cemento	1	Rectang.	31.000	8.000	39.450
Edificio molino crudo 1	1	Rectang.	15.000	9.500	29.000
Elevador Sanson	1	Rectang.	6.600	6.000	25.000
Filtro eléctrico horno 5	1	Rectang.	21.000	9.000	20.000
Filtro eléctrico horno 6	1	Rectang.	19.000	17.000	29.000
Filtro mangas horno 5	1	Rectang.	35.000	20.000	29.000
Filtro mangas horno 6	1	Rectang.	23.000	9.700	30.000
Hangar de carbón	1	Rectang.	90.000	20.000	16.500
Hangar de materiales	1	Rectang.	273.000	27.000	31.700
Nave de clínker	1	Rectang.	125.000	35.200	21.000
Parque prehomal caliza	1	Circular	96.000	-	32.000
Silo 7 de homogeneización	1	Circular	14.000	-	52.410
Silo de carbón molido	1	Rectang.	19.000	10.000	23.000
Silo de cenizas	1	Circular	14.650	-	50
Silo de clínker	1	Circular	42.400	-	59.700
Silo de harinas cárnicas	1	Circular	6.000	-	25.000
Silos de harina	1	Circular	15.000	-	57.000
Silos de hormigón para cemento	4	Circular	14.000	-	50
Silos metálicos para cemento	3	Circular	11.000	-	34.750
Torre ciclones horno 5	1	Rectang.	16.000	13.000	60.000
Torre ciclones horno 6	1	Rectang.	16.000	13.000	60
Torre transferencia silo de clínker	1	Rectang.	21.500	12.500	39.000

ceptores definidos. Asimismo, el modelo permite obtener curvas de isoconcentración por interpolación de datos. Para cada parámetro, se han calculado las concentraciones en inmisión para el caso de emisión real y valor límite para una altura media de receptores de 1,5 m.

Los vientos dominantes en la planta de Cemex en Castillejo provienen del este y oeste, siendo la componente oeste-este la que presenta velocidades más altas. Por tanto, cabe esperar que la dispersión tenga lugar en dirección este y oeste, mientras que en el resto de direcciones la dispersión será menor y la pluma se centrará en el entorno inmediato de la planta.

Las concentraciones medias anuales calculadas para cada parámetro se incluyen en el Anexo IV. Del análisis de los resultados se concluye que para todas las sustancias consideradas las concentraciones medias en inmisión en la zona de estudio se encuentran por debajo de los Valores Toxicológicos de Referencia (o valores límite de calidad del aire según la legislación vigente). A modo de ejemplo, se han incluido en el Anexo IV las figuras correspondientes a la dispersión de NO_2 y SO_2 , si bien es necesario tener en cuenta que se trata de una representación aproximada de los resultados obtenidos. Los gráficos corresponden a la modelización con los valores límite de emisión.

10.3 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

10.3.1 Resultados de la exposición por inhalación

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para inhalación, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los índices IR (Índice de Riesgo) y Exceso de Riesgo Individual (ERI) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. Se han calculado los índices ERI tanto para trabajadores como para residentes. En la Tabla 42 se incluyen los resultados para residentes ya que presentan una exposición mayor que los trabajadores.

Tabla 42a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO_x	6,07E-02	8,58E-04	-	-
SO_2	1,75E-04	2,49E-06	-	-
HCl	9,23E-04	1,32E-05	-	-
HF	3,36E-05	4,74E-07	-	-
CO	1,11E-04	1,55E-06	-	-
PM tot	1,72E-03	2,24E-05	-	-

Tabla 42b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	3,88E-07	5,75E-09	-	
Sn	8,36E-09	1,25E-10	-	
As	7,94E-04	1,18E-05	3,37E-08	5,02E-10
Cd	9,64E-04	1,42E-05	1,49E-08	2,19E-10
Zn	6,79E-08	1,01E-09	-	
Cu	8,01E-06	1,17E-07	-	
Cr III	2,04E-07	3,05E-09	-	
Cr VI	5,22E-05	7,82E-07	8,96E-08	1,34E-09
Mn	9,91E-04	1,46E-05	-	
Hg	4,19E-05	6,27E-07	-	
Ni	2,01E-04	2,99E-06	2,95E-09	4,38E-11
Pb	2,14E-04	3,23E-06	5,51E-10	8,30E-12
REFERENCIA	1		1·10 ⁻⁵	

En el Anexo IV se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 43a. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación)

Contaminante	Índice de riesgo
NO _x	Entre 100 y 10.000 veces por debajo del umbral
SO ₂	Entre 10.000 y 1.000.000 veces por debajo del umbral

Tabla 43b. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (inhalación)

Contaminante	Índice de riesgo
Gases: CO, HCl, HF	Entre 10.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Partículas	Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo del umbral
Dioxinas y furanos	Entre 10.000.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 10.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

Tabla 44. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (inhalación).

Contaminante	Valor de ERI
As, Cr VI	Entre 1.000 y 100.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Cd, Pb, Ni	Entre 1.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 45a. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
NO _x	1,12E-01	1,59E-03	-	-
SO ₂	5,61E-03	7,98E-05	-	-
HCl	2,81E-03	3,99E-05	-	-
HF	4,01E-04	5,69E-06	-	-

Tabla 45b. Rango de resultados de riesgo por inhalación obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por inhalación	Sustancias con umbral		Sustancias sin umbral	
	IR		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
CO	3,74E-04	5,60E-06	-	-
PM tot	7,72E-03	1,01E-04	-	-
Dioxinas y furanos	7,79E-06	1,17E-07	-	-
Sb	2,22E-03	3,33E-05	-	-
As	7,15E-03	1,07E-04	3,03E-07	4,55E-09
Cd	1,56E-02	2,33E-04	2,40E-07	3,60E-09
Co	3,11E-02	4,66E-04	-	-
Cu	1,36E-03	2,07E-05	-	-
Cr III	1,90E-06	2,86E-08	-	-
Cr VI	4,89E-04	7,36E-06	8,38E-07	1,26E-08
Mn	7,67E-03	1,14E-04	-	-
Hg	1,04E-03	1,55E-05	-	-
Ni	1,73E-03	2,59E-05	2,54E-08	3,80E-10
Pb	2,18E-03	3,30E-05	5,60E-09	8,48E-11
Zn	6,13E-07	9,20E-09	-	-
Sn	8,16E-08	1,23E-09	-	-
REFERENCIA	1		1·10 ⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

10.3.2 Resultados de la exposición por ingestión

A continuación se muestran los resultados de riesgo obtenidos para ingestión, a partir de los valores de emisión de la planta. Se presentan los valores de los Índices IR (Índice de Riesgo), y ERI (Exceso de Riesgo Individual) máximo y mínimo obtenidos para el conjunto de todos los receptores. En el Anexo IV se incluyen los resultados obtenidos para cada uno de los receptores.

Tabla 46. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión de la planta

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	1,76E-05	3,53E-07	4,95E-06	9,94E-08	-	-
Sn	3,25E-07	6,56E-09	9,20E-08	1,85E-09	-	-
As	5,21E-06	1,05E-07	1,13E-06	2,27E-08	2,17E-10	4,38E-12
Cd	4,49E-06	9,00E-08	1,01E-06	2,03E-08	-	-
Pb	3,37E-05	6,80E-07	4,06E-06	8,20E-08	5,28E-11	1,07E-12
Tl	2,28E-05	4,58E-07	3,52E-06	7,05E-08	-	-
Zn	1,94E-06	3,91E-08	5,55E-07	1,12E-08	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

Los resultados obtenidos para el Índice de Riesgo (IR) son menores que 1. Esto implica que los valores de exposición hallados se encuentran por debajo de los valores umbral definidos para cada parámetro. Por tanto, se considera que no existe riesgo significativo de desarrollar una afección para la salud.

Para simplificar la cuantificación del riesgo, en la siguiente tabla se indica el índice de riesgo para cada grupo de parámetros comparado con el umbral por debajo del cual se considera que no hay riesgos significativos para la salud.

Tabla 47. Índice de riesgo para cada grupo de parámetros y comparativa con umbral (ingestión).

Contaminante	Índice de riesgo
Dioxinas y furanos	Entre 100.000 y 10.000.000 veces por debajo del umbral
Metales	Entre 100.000 y 1.000.000.000 veces por debajo del umbral

Para los efectos asociados a las sustancias sin umbral, el Exceso de Riesgo Individual (ERI) expresa la probabilidad de desarrollar una afección para la salud a lo largo de una vida. A modo de resumen, en la siguiente tabla se indican los valores de ERI para cada grupo de parámetros comparados con la probabilidad considerada como no significativa.

Tabla 48. Exceso de riesgo individual para cada grupo de parámetros y comparativa con probabilidad no significativa (ingestión)

Contaminante	Índice de riesgo
As	Entre 100.000. y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*
Pb	Entre 1.000.000 y 10.000.000 veces por debajo de la probabilidad considerada como no significativa*

* Nota: En la literatura sobre toxicología se considera probabilidad no significativa para efectos sin umbral: 1 caso entre 100.000 personas.

A continuación se muestran los resultados de los índices de riesgo bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites de emisión establecidos en su autorización. Puesto que las emisiones reales son menores que estos límites, se trata de una hipótesis altamente conservadora.

Tabla 49. Rango de resultados de riesgo por ingestión obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de los valores de emisión límite de la planta.

Exposición por ingestión	Efectos con umbral				Efectos sin umbral	
	IR NIÑOS		IR ADULTOS		ERI residentes	
	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo	Máximo	Mínimo
Dioxinas y furanos	3,53E-04	7,12E-06	9,94E-05	2,00E-06	-	-
Sb	8,67E-04	1,75E-05	1,87E-04	3,76E-06	-	-
As	4,69E-05	9,46E-07	1,02E-05	2,05E-07	1,96E-09	3,95E-11
Cd	7,27E-05	1,46E-06	1,64E-05	3,31E-07	-	-
Pb	3,43E-04	6,92E-06	4,13E-05	8,34E-07	5,37E-10	1,09E-11
Tl	4,50E-04	9,07E-06	6,94E-05	1,40E-06	-	-
V	1,25E-02	2,52E-04	1,43E-03	2,88E-05	-	-
Sn	3,18E-06	6,42E-08	8,99E-07	1,82E-08	-	-
Zn	1,75E-05	3,54E-07	5,01E-06	1,01E-07	-	-
REFERENCIA	1				1·10 ⁻⁵	

Del análisis de los resultados obtenidos se desprende que, incluso bajo la hipótesis de que la planta mantuviera sus emisiones en niveles iguales a los límites permitidos de acuerdo con la legislación europea y española de modo continuado, no se apreciaría riesgo significativo por inhalación para ninguno de los receptores.

Se ha calculado, además, la deposición de contaminantes (cantidad de contaminantes sedimentada sobre el suelo) que implicaría un índice de riesgo por ingestión

igual a la unidad (umbral de riesgo) para las personas que se alimentaran a base de vegetales cultivados en ese terreno. En el Anexo IV se presentan estos valores, denominados deposición seca umbral (F_{umb}) y además se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos a partir de las emisiones de la planta en el conjunto de los receptores (F). Las deposiciones obtenidas están al menos cien mil veces por debajo de esa deposición correspondiente al umbral de riesgo.

Capítulo 11

ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES

La evaluación de riesgos lleva asociada ciertas incertidumbres debidas, entre otros, a los siguientes factores:

- ▶ Definición de los escenarios de exposición.
- ▶ Idoneidad de los modelos matemáticos empleados.
- ▶ Definición de los parámetros a incluir en el estudio.

Estas hipótesis constituyen un factor importante a considerar para la valoración de los resultados obtenidos.

A continuación se estudia la sensibilidad de las hipótesis escogidas en este estudio.

11.1 DATOS DE BASE

11.1.1 Objetivo del estudio

El estudio evalúa los riesgos para la salud de los emplazamientos cercanos a la planta que pueden estar expuestos crónicamente a las emisiones atmosféricas de la instalación, sabiendo que:

- ▶ Las fábricas de CEMEX, HOLCIM, LAFARGE Y CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS trabajan en proceso continuo.
- ▶ En el caso de una exposición crónica a una sustancia que posee un valor umbral asociado, los niveles toxicológicos de referencia considerados para cuan-

tificar los riesgos son más bajos que para las exposiciones de una duración inferior.

El estudio tiene en cuenta los riesgos directos, relacionados con la inhalación de aire ambiente en los alrededores de la fábrica. Además, se analizan los riesgos indirectos por ingestión debidos a la deposición en el suelo de sustancias bioacumulables procedentes de la planta.

11.1.2 Otras limitaciones del estudio

La evaluación previa de picos de polución atmosférica y de sus efectos eventuales sobre la salud, atribuibles a la fábrica, es compleja. La variación de las concentraciones en el aire en función del tiempo depende tanto de las oscilaciones temporales de las emisiones como de las condiciones meteorológicas. Esta cuestión no se refleja en el alcance de este estudio, ya que se centra en una exposición de tipo crónico, para lo que se ha considerado una emisión media.

11.2 EMISIONES CONSIDERADAS

El estudio realizado ha tenido en cuenta la principal fuente de emisión de cada planta, es decir, el horno de clínker, ya que se trata de la única fuente de emisión de gases de combustión y el principal foco de emisión de partículas.

El estudio se ha desarrollado considerando dos situaciones diferentes:

- ▶ Situación 1. Caracterización de los riesgos asociados a la producción de la planta considerando las emisiones reales de la misma.
- ▶ Situación 2. Análisis de riesgos considerando como valores de emisión los valores límite regulados de los parámetros incluidos en el estudio.

Las hipótesis tomadas para establecer las emisiones reales (situación 1) a considerar, así como las posibles incertidumbres asociadas, se presentan a continuación.

- ▶ Las emisiones consideradas en este estudio corresponden a un periodo de funcionamiento representativo de las fábricas.

- Las emisiones de las plantas se han especificado a partir de los datos disponibles de manera que se minimicen al máximo las incertidumbres asociadas. Se han tenido en cuenta:
- Las medidas de emisiones obtenidas a partir de los medidores en continuo para el año 2008.
 - Las medidas puntuales realizadas por Organismos de Control Autorizados (OCAs), durante los años 2007-2008.

Siempre que se disponía de datos de medidas en continuo, se han elegido estos valores dado que son los que generan menor incertidumbre. En cambio, cuando sólo se disponía de medidas discretas de algunos parámetros, se han tomado los valores promedios con el fin de minimizar la incertidumbre en estas medidas.

La elección de las emisiones reales a considerar ha sido correspondientemente supervisada y validada por la planta.

11.3 DETERMINACIÓN DE LOS VTR

11.3.1 Generalidades

Los Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) han sido seleccionados a partir de diferentes bases de datos publicadas por organismos científicos especializados (US EPA, ATSDR, OMS, etc.), los cuales están internacionalmente reconocidos.

En el Anexo V se presentan los Valores Toxicológicos de Referencia escogidos para este estudio y se explica detalladamente el procedimiento de determinación de los mismos.

Todos los VTR establecidos provienen de bases de datos científicas validadas en la fecha del presente estudio.

Para las sustancias que tienen efectos con un valor umbral asociado, se ha realizado una revisión de los datos disponibles para poder limitar las incertidumbres asociadas a la elección de los VTR pertinentes en función del tipo de exposición considerado.

Para las sustancias que no tienen un valor umbral asociado, se considera el valor existente más conservador.

11.3.2 Dioxinas y furanos

Según la Directiva 2000/76/CE y el Real Decreto 653/2003, las emisiones de dioxinas y furanos deben expresarse como 2,3,7,8-TCDD (2,3,7,8-tetraclorodibenzodioxina), considerada como la sustancia más tóxica del conjunto de dioxinas y furanos. Para determinar la concentración total de dioxinas y furanos, se multiplicaron las concentraciones en masa de todas las dioxinas y furanos por sus correspondientes factores de equivalencia antes de hacer la suma total. De este modo, todo este grupo de sustancias son consideradas como un único parámetro en términos de VTR y de parámetros físico-químicos para los cálculos de transferencia en la cadena alimentaria.

Estas hipótesis sobrestiman el riesgo. Según las conclusiones obtenidas en un estudio realizado por el Instituto Nacional para el Medio Ambiente y los Riesgos Industriales (INERIS)⁹, el índice de riesgo y el exceso de riesgo individual disminuyen considerablemente si se considera cada compuesto de la familia de dioxinas y furanos por separado.

El INERIS recomienda evaluar las concentraciones de cada compuesto en los diferentes medios y aplicar posteriormente los factores de equivalencia tóxica para calcular el riesgo, en vez de sumar los flujos emitidos por los diferentes compuestos para poder utilizar un único parámetro. Sin embargo, este método presenta limitaciones, especialmente en la búsqueda de ciertos parámetros físico-químicos y de transferencia, puesto que no están definidos o se desconocen para algunos de los compuestos.

En este estudio, se ha considerado la hipótesis simplificada que da un único valor para el conjunto de dioxinas y furanos, lo que sobrestima el riesgo según el estudio realizado por el INERIS. El valor calculado para el índice de riesgo de ingestión (el riesgo por inhalación es despreciable para estos compuestos) a través de los alimentos es, por lo tanto, el valor máximo.

⁹ INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, R. BONNARD. *Mise à jour de l'étude d'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion*. Diciembre 2004.

11.4 MODELIZACIÓN DE LAS EMISIONES ATMOSFÉRICAS

11.4.1 Generalidades

Los fenómenos de dispersión atmosférica son complejos. Dependen, en primer lugar, de las condiciones meteorológicas, principalmente de la velocidad del viento y la estabilidad atmosférica.

La dispersión de las emisiones en la atmósfera, así como la deposición en el suelo han sido calculadas con el modelo ADMS 4.0. Este software, cuya validez es reconocida internacionalmente, se basa en un modelo gaussiano.

Según numerosos estudios realizados en distintas plantas industriales (refinerías, industrias químicas, centrales térmicas, siderúrgicas y cementeras), las máximas diferencias entre las concentraciones calculadas por ADMS y las medidas en los alrededores de cada instalación está en torno al 15%.

11.4.2 Datos meteorológicos

Los datos meteorológicos considerados para el estudio son los de la estación meteorológica más representativa.

Los datos meteorológicos secuenciales varían considerablemente de un año a otro. Sin embargo, las variaciones de los datos meteorológicos medios de un año a otro son mucho más pequeñas. Para minimizar la incertidumbre inherente de la selección del periodo meteorológico de referencia, se han utilizado datos trihorarios durante 3 años para todas las modelizaciones.

11.4.3 Datos topográficos

La topografía de la zona es significativa. Puede afectar a las corrientes de masas de aire, y por consiguiente, a la dispersión de las emisiones. Por este motivo, la topografía ha de tenerse en cuenta en este tipo de estudios.

Asimismo, también se ha considerado en este estudio la presencia de edificios de grandes dimensiones cercanos al emplazamiento en este estudio, dado que pueden provocar zonas de recirculación de emisiones.

11.5 TRANSFERENCIA A TRAVÉS DE LA CADENA ALIMENTARIA

Los parámetros utilizados para los cálculos de las concentraciones en el suelo se presentan en las tablas del Anexo VI.

A continuación, se detallan las incertidumbres que se generan en cada etapa del cálculo.

11.5.1 Concentración en el suelo

Para este cálculo se cuenta con tres tipos de parámetros:

- ▶ La deposición en el suelo, dada por la modelización de la dispersión atmosférica a través del modelo ADMS 4.0.
- ▶ Los parámetros característicos del emplazamiento, como la pluviometría.
- ▶ El coeficiente de reparto suelo/agua (K_d) es un dato característico de cada compuesto bioacumulable. Para las dioxinas y furanos, se ha tomado un valor común de la constante de degradación (derivado de la vida media).

Cabe destacar que los datos disponibles del coeficiente de reparto suelo/agua (K_d) presentan una gran variación de unas sustancias a otras, pudiendo ser tres órdenes de magnitud mayores para algunos compuestos. Este parámetro depende del pH, pero también de algunos datos característicos del suelo y de los componentes del mismo, tales como el potencial redox, la fracción de carbono orgánico y el carácter aerobio o anaerobio del suelo.

Una búsqueda bibliográfica permitió identificar los valores de K_d y la constante de disipación para las dioxinas y furanos (ver tablas del Anexo VI).

Una vez determinado el bajo nivel de riesgo existente por ingestión, no parece determinante la influencia del coeficiente de reparto suelo/agua en el riesgo global.

La aproximación seguida para el cálculo de las concentraciones en el suelo atribuibles a la instalación es conservador, puesto que únicamente considera las pérdidas por lixiviación y escorrentía.

11.5.2 Transferencia a otros componentes del medio

En esta fase, todos los parámetros utilizados provienen de la bibliografía. De los valores que han sido utilizados, los coeficientes de bioacumulación (utilizados para calcular la transferencia a la planta y animales de los compuestos que se encuentran en el suelo) son los que pueden presentar una variación más importante. La disponibilidad de estos datos es limitada y la incertidumbre asociada a estos parámetros es desconocida.

Para paliar esta falta de conocimiento, se ha seguido una aproximación conservadora, considerando que todos los compuestos ingeridos son biodisponibles y totalmente asimilados.

11.6 CÁLCULO DE LA EXPOSICIÓN

11.6.1 Duración de la exposición

En este estudio se han tenido en cuenta las siguientes hipótesis:

- ▶ Se ha considerado una **exposición permanente**, llamada "residencial", para la mayoría de los receptores situados en una ciudad o pueblo. Este escenario considera una exposición durante 30 años, los 365 días del año y las 24 horas del día. Este periodo de 30 años corresponde a un valor realista, superior al percentil 90 del tiempo de residencia en Europa¹⁰ en un mismo lugar. Estas hipótesis son conservadoras puesto que no tienen en cuenta el tiempo pasado fuera del domicilio (trabajo, ocio, etc.).
- ▶ Se ha considerado una **exposición profesional** para algunos receptores específicos (por ejemplo, polígonos industriales). En este caso, la frecuencia de exposición es de 220 días al año y 8 horas al día durante 30 años. Estas cifras están razonablemente sobrestimadas, puesto que la duración media de un empleo en la misma empresa en Europa es de 10,1 años.

11.6.2 Inhalación

Esta es la vía principal de exposición para la mayor parte de los trazadores.

¹⁰ ECETOC (European Center for Ecotoxicology and Toxicology Of Chemicals), Technical Report N°79, 2001.

Los valores de referencia utilizados para la caracterización de los IR y los ERI de inhalación consideran una exposición permanente y constituyen los valores de riesgo calculados más elevados.

Sin embargo, los niveles de riesgo calculados están muy por debajo de los valores de referencias considerados.

11.6.3 Ingestión

Los parámetros utilizados para caracterizar los riesgos de una exposición por ingestión son las concentraciones en los alimentos ingeridos y los parámetros de exposición, como el peso corporal, la tasa de ingestión y la frecuencia de exposición. Estos parámetros de exposición son conocidos (en su mayoría) y corresponden generalmente a valores específicos de la población europea.

Los IR y ERI calculados son directamente proporcionales a los parámetros de exposición individuales. La variación de estos parámetros es relativamente baja, y los resultados tienen una variabilidad asociada a dichos parámetros entorno al 25%.

Para los alimentos (verduras y frutas) producidos en las inmediaciones de la planta, se ha considerado que el 100% están afectados debido a la deposición de partículas sobre el suelo que posteriormente son transferidas a estos alimentos.

En general, puede afirmarse que las hipótesis consideradas son muy conservadoras en su conjunto.

Capítulo 12

CONCLUSIONES

Se han evaluado los riesgos potenciales por inhalación e ingestión de los contaminantes emitidos por cuatro plantas cementeras con diferentes características en cuanto a su localización (entorno rural con población más lejana o entorno urbano), combustible empleado (combustibles fósiles o alternativos), orografía y condiciones meteorológicas. Los parámetros considerados se encuentran regulados por su Autorización Ambiental Integrada de acuerdo a la normativa europea y estatal (Prevención y Control Integrados de la Contaminación, incineración de residuos).

Una vez evaluados los índices de riesgo para los receptores del entorno de las plantas, considerando la exposición por inhalación e ingestión de suelo y las frutas y verduras producidas en las zonas estudiadas, se puede concluir que no existe riesgo significativo para la salud para ninguno de los receptores:

- ▶ Para las sustancias para las que las referencias internacionales han definido umbrales de exposición por debajo de los cuales no hay riesgo significativo para la salud, todas las concentraciones calculadas son muy inferiores a sus Valores Toxicológicos de Referencia correspondientes (índices de riesgo muy inferiores a 1) en todos los receptores.
- ▶ Para las sustancias para las que no hay definido un umbral, se ha calculado la probabilidad de desarrollar una afección para la salud en términos de Exceso de Riesgo Individual, ERI. Los índices ERI son también muy inferiores al valor de referencia considerado (1/100.000) para todos los receptores.

- ▶ Los índices de riesgo calculados se encuentran en rangos similares tanto en las plantas que emplean únicamente combustibles fósiles como en las que utilizan, además, combustibles alternativos derivados de residuos. Por tanto, puede concluirse que el tipo de combustible utilizado no presenta una influencia significativa en los índices de riesgos calculados.
- ▶ Estas conclusiones son válidas tanto para la evaluación realizada con los valores de emisión característicos de las fábricas como con los valores de emisión de las plantas si estas estuviesen emitiendo en concentraciones iguales a los límites de emisión establecidos en su Autorización Ambiental Integrada de acuerdo con la legislación europea y nacional. Puesto que las emisiones de las plantas son menores que los valores límite de emisión, los cálculos realizados a partir de estos últimos muestran que los índices de riesgo serían ligeramente más elevados que cuando se trabaja con los valores de emisión de las plantas, pero siguen estando muy por debajo de los valores de referencia.

En particular se han analizado los riesgos asociados a las siguientes sustancias:

- ▶ **Óxidos de nitrógeno (NO_x) y dióxido de azufre (SO₂):** riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas por debajo de los estándares de calidad del aire definidos en la normativa de acuerdo a las recomendaciones de la OMS y otros organismos.
- ▶ **Partículas:** riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas entre mil y un millón de veces por debajo de los estándares de calidad del aire definidos en la normativa de acuerdo a las recomendaciones de la OMS y otros organismos.
- ▶ **Monóxido de carbono (CO), ácido clorhídrico (HCl) y ácido fluorídrico (HF):** riesgo por inhalación evaluado como no significativo por estar las concentraciones en aire (inmisión) derivadas de la emisión de las plantas entre mil y diez millones de veces por debajo de los umbrales recomendados por varias agencias ambientales.

- ▶ **Dioxinas y furanos:** para estas sustancias no se ha detectado riesgo significativo por inhalación ni por ingestión, pues los valores de exposición de las personas alrededor de las plantas están al menos entre diez mil y diez millones de veces por debajo de los umbrales de exposición definidos por la OMS y otros organismos como aceptables.
- ▶ **Metales:** para estas sustancias no se ha detectado riesgo significativo por inhalación ni por ingestión, pues los valores de exposición de las personas alrededor de las plantas están al menos entre cien y mil millones de veces por debajo de los umbrales de exposición definidos por la OMS u otros organismos como aceptables.

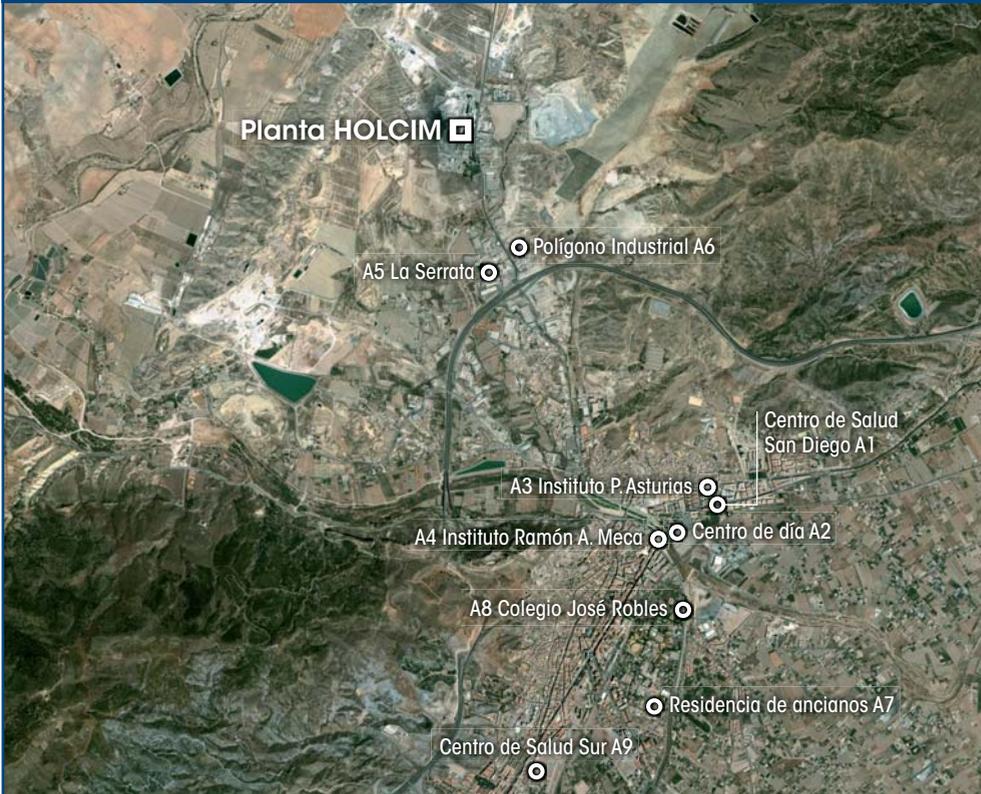
Por tanto, puede concluirse que, bajo las hipótesis de trabajo establecidas para el estudio, no existe riesgo significativo para la salud para ninguno de los receptores en ninguno de los escenarios considerados.

Anexo I

TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE HOLCIM EN LORCA

ANEXO I.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Figura A.1. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Lorca (Holcim).



ANEXO I.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.1. Datos de emisión de la planta de HOLLCIM en Lorca.			
Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
NO ₂	787,58	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
SO ₂	107,48	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
TOC	46,11	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
HCl	2,40	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
HF	0,13	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
CO	718,75	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
Partículas	18,31	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008.
Dioxinas y furanos	2,643E-09	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Antimonio	<6,05E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Arsénico	<6,05E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Cadmio	<1,08E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Cobalto	1,08E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Cobre	1,83E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Cromo total	1,75E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Manganeso	1,00E-02	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Mercurio	1,29E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Níquel	3,90E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Plomo	4,32E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Talio	3,02E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.
Vanadio	1,08E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las muestras tomadas por la ECA en enero del 2008.

Tabla A.2. Datos de caudal considerados para la planta de Lorca.

Planta	Dato de caudal	Unidades	Observaciones
HOLCIM-Lorca	199.556	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Promedio de los valores de caudal para 2008 (medición en continuo).

Tabla A.3. Valores límite de emisión de la planta de HOLLCIM en Lorca.

Parámetro	Valor límite	Unidades	Observaciones
NO _x	800	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
SO ₂	500	mg/Nm ³	Según AAI
TOC	100	mg/Nm ³	Según AAI
HCl	10	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
HF	1	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
CO	-	mg/Nm ³	-
PM tot	30	mg/Nm ³	Según AAI
Dioxinas y furanos	0,10	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Cd + Tl	0,05	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Hg	0,05	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003

Tabla A.4a. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de HOLLCIM en Lorca.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
NO ₂	43,66
SO ₂	5,96
TOC	2,56
HCl	0,13
HF	0,01
CO	39,84
Partículas	1,01
Dioxinas y furanos	1,47-E-10
Antimonio	3,35-E-04
Arsénico	3,35-E-04
Cadmio	5,99-E-05
Cobalto	5,99-E-05
Cobre	1,01-E-04

Tabla A.4b. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de HOLLCIM en Lorca.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
Cromo III	2,91·E-05
Cromo VI	6,79·E-05
Manganeso	5,54·E-04
Mercurio	7,15·E-05
Níquel	2,16·E-04
Plomo	2,39·E-04
Talio	1,67·E-04
Vanadio	5,99·E-05

Tabla A.5. Tasas másicas correspondientes a los valores límite de emisión. Planta de HOLLCIM en Lorca

Parámetro	Tasa másica (g/s)
NO _x	44,35
SO ₂	27,72
HCl	0,55
HF	0,06
PM tot	1,66
Dioxinas y furanos	5,54E-09
Antimonio	4,65E-03
Arsénico	4,65E-03
Cadmio	7,30E-04
Cobalto	8,31E-04
Cobre	1,41E-03
Cromo III	4,03E-04
Cromo VI	9,41E-04
Mercurio	2,77E-03
Manganeso	7,69E-03
Níquel	3,00E-03
Plomo	3,32E-03
Talio	2,04E-03
Vanadio	8,31E-04

ANEXO I.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.6. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NO _x	4,45E-01	2,35E-01	4,30E-01	1,91E-01	3,18E-02	2,34E-01	7,12E-02	1,73E-01	6,17E-03
SO ₂	6,07E-02	3,21E-02	5,87E-02	2,60E-02	4,33E-03	3,20E-02	9,72E-03	2,37E-02	8,43E-04
TOC	2,61E-02	1,38E-02	2,52E-02	1,12E-02	1,86E-03	1,37E-02	4,18E-03	1,02E-02	3,62E-04
HCl	1,32E-03	6,99E-04	1,28E-03	5,68E-04	9,46E-05	6,97E-04	2,12E-04	5,16E-04	1,84E-05
HF	1,02E-04	5,38E-05	9,85E-05	4,37E-05	7,27E-06	5,36E-05	1,63E-05	3,97E-05	1,41E-06
CO	4,06E-01	2,14E-01	3,93E-01	1,74E-01	2,90E-02	2,14E-01	6,50E-02	1,58E-01	5,63E-03
PM tot	6,47E-03	3,86E-03	6,20E-03	3,28E-03	3,91E-03	7,27E-03	1,23E-03	2,73E-03	1,50E-04
Dioxinas y furanos	1,36E-12	9,33E-13	1,31E-12	8,36E-13	1,36E-12	1,57E-12	3,92E-13	7,36E-13	5,21E-14
Sb	2,60E-06	1,34E-06	2,49E-06	1,08E-06	6,80E-07	1,75E-06	3,63E-07	9,27E-07	3,78E-08
As	2,60E-06	1,34E-06	2,49E-06	1,08E-06	6,80E-07	1,75E-06	3,63E-07	9,27E-07	3,78E-08
Cd	4,65E-07	2,40E-07	4,45E-07	1,93E-07	1,17E-07	3,08E-07	6,46E-08	1,66E-07	6,67E-09
Co	4,65E-07	2,40E-07	4,45E-07	1,93E-07	1,22E-07	3,13E-07	6,50E-08	1,66E-07	6,75E-09
Cu	7,83E-07	4,05E-07	7,50E-07	3,26E-07	2,05E-07	5,27E-07	1,10E-07	2,79E-07	1,14E-08
Cr III	2,48E-07	1,54E-07	2,38E-07	1,32E-07	1,47E-07	2,48E-07	5,52E-08	1,15E-07	6,61E-09
Cr VI	5,78E-07	3,59E-07	5,56E-07	3,08E-07	3,44E-07	5,78E-07	1,29E-07	2,67E-07	1,54E-08
Mn	4,30E-06	2,22E-06	4,11E-06	1,79E-06	1,12E-06	2,89E-06	6,01E-07	1,53E-06	6,25E-08
Hg	5,55E-07	2,86E-07	5,31E-07	2,31E-07	1,45E-07	3,73E-07	7,75E-08	1,98E-07	8,06E-09
Ni	1,68E-06	8,65E-07	1,60E-06	6,97E-07	4,38E-07	1,13E-06	2,34E-07	5,98E-07	2,44E-08
Pb	1,85E-06	9,57E-07	1,77E-06	7,71E-07	4,85E-07	1,25E-06	2,59E-07	6,61E-07	2,69E-08
Tl	1,54E-06	1,06E-06	1,49E-06	9,50E-07	1,55E-06	1,78E-06	4,45E-07	8,36E-07	5,92E-08
V	4,65E-07	2,40E-07	4,45E-07	1,93E-07	1,22E-07	3,13E-07	6,50E-08	1,66E-07	6,75E-09

Tabla A.7a. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	2,67E-15	1,85E-15	2,59E-15	1,66E-15	3,24E-15	3,21E-15	7,93E-16	1,49E-15	1,07E-16
Sb	4,81E-09	2,51E-09	4,62E-09	2,03E-09	1,39E-09	3,17E-09	7,13E-10	1,78E-09	7,34E-11
As	4,81E-09	2,51E-09	4,62E-09	2,03E-09	1,39E-09	3,17E-09	7,13E-10	1,78E-09	7,34E-11
Cd	8,61E-10	4,50E-10	8,26E-10	3,62E-10	2,39E-10	5,59E-10	1,27E-10	3,17E-10	1,30E-11

Tabla A.7b. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Pb	3,43E-09	1,79E-09	3,29E-09	1,45E-09	9,89E-10	2,26E-09	5,09E-10	1,27E-09	5,24E-11
Tl	3,03E-09	2,11E-09	2,94E-09	1,89E-09	3,68E-09	3,65E-09	9,01E-10	1,69E-09	1,22E-10
V	8,60E-10	4,50E-10	8,25E-10	3,63E-10	2,48E-10	5,67E-10	1,27E-10	3,18E-10	1,31E-11

Tabla A.8. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6*	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	7,06E-16	4,90E-16	6,84E-16	4,40E-16	8,57E-16	NA	2,10E-16	3,95E-16	2,83E-17
Sb	1,33E-10	6,97E-11	1,28E-10	5,63E-11	3,84E-11	NA	1,98E-11	4,92E-11	2,04E-12
As	6,73E-11	3,52E-11	6,46E-11	2,84E-11	1,94E-11	NA	9,97E-12	2,48E-11	1,03E-12
Cd	5,87E-11	3,06E-11	5,63E-11	2,47E-11	1,63E-11	NA	8,64E-12	2,16E-11	8,83E-13
Pb	6,32E-10	3,30E-10	6,07E-10	2,67E-10	1,82E-10	NA	9,37E-11	2,33E-10	9,65E-12
Tl	4,80E-11	3,34E-11	4,66E-11	3,00E-11	5,83E-11	NA	1,43E-11	2,69E-11	1,93E-12
V	1,62E-10	8,45E-11	1,55E-10	6,83E-11	4,66E-11	NA	2,40E-11	5,97E-11	2,47E-12

*NA: No Aplica. El receptor A6 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.9. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	A1	A2**	A3	A4	A5	A6	A7**	A8	A9
Dioxinas y furanos	2,51E-15	NA	2,43E-15	1,56E-15	3,05E-15	NA	NA	1,40E-15	1,01E-16
Sb	6,67E-10	NA	6,40E-10	2,82E-10	1,92E-10	NA	NA	2,46E-10	1,02E-11
As	3,58E-10	NA	3,43E-10	1,51E-10	1,03E-10	NA	NA	1,32E-10	5,46E-12
Cd	2,67E-10	NA	2,56E-10	1,12E-10	7,41E-11	NA	NA	9,84E-11	4,02E-12
Pb	5,36E-09	NA	5,14E-09	2,26E-09	1,54E-09	NA	NA	1,98E-09	8,17E-11
Tl	3,76E-10	NA	3,64E-10	2,34E-10	4,56E-10	NA	NA	2,10E-10	1,51E-11
V	1,44E-09	NA	1,38E-09	6,09E-10	4,15E-10	NA	NA	5,32E-10	2,20E-11

** NA: No Aplica puesto que en los receptores A2 y A7 no habitan niños.

Tabla A.10. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NO _x	4,52E-01	2,39E-01	4,37E-01	1,94E-01	3,23E-02	2,38E-01	7,24E-02	1,76E-01	6,27E-03
SO ₂	2,77E-01	1,46E-01	2,68E-01	1,19E-01	1,98E-02	1,46E-01	4,44E-02	1,08E-01	3,85E-03
TOC	5,65E-02	2,98E-02	5,46E-02	2,42E-02	4,03E-03	2,97E-02	9,04E-03	2,20E-02	7,84E-04
HCl	5,60E-03	2,96E-03	5,42E-03	2,40E-03	4,00E-04	2,95E-03	8,97E-04	2,18E-03	7,78E-05
HF	6,11E-04	3,23E-04	5,91E-04	2,62E-04	4,36E-05	3,22E-04	9,79E-05	2,38E-04	8,48E-06
PM tot	1,13E-02	7,49E-03	1,09E-02	6,61E-03	1,17E-02	1,49E-02	2,80E-03	5,62E-03	3,84E-04
Dioxinas y furanos	5,13E-11	3,53E-11	4,97E-11	3,16E-11	5,15E-11	5,94E-11	1,48E-11	2,78E-11	1,97E-12
Sb	3,61E-05	1,87E-05	3,46E-05	1,50E-05	9,39E-06	2,42E-05	5,04E-06	1,29E-05	5,24E-07
As	3,61E-05	1,87E-05	3,46E-05	1,50E-05	9,39E-06	2,42E-05	5,04E-06	1,29E-05	5,24E-07
Cd	6,73E-06	4,63E-06	6,52E-06	4,15E-06	6,76E-06	7,80E-06	1,94E-06	3,65E-06	2,59E-07
Co	6,45E-06	3,33E-06	6,18E-06	2,69E-06	1,68E-06	4,32E-06	9,01E-07	2,30E-06	9,36E-08
Cu	1,10E-05	5,66E-06	1,05E-05	4,56E-06	2,85E-06	7,34E-06	1,53E-06	3,91E-06	1,59E-07
Cr III	3,72E-06	2,56E-06	3,60E-06	2,29E-06	3,73E-06	4,31E-06	1,07E-06	2,02E-06	1,43E-07
Cr VI	8,68E-06	5,97E-06	8,40E-06	5,35E-06	8,71E-06	1,01E-05	2,51E-06	4,71E-06	3,34E-07
Mn	5,97E-05	3,08E-05	5,72E-05	2,48E-05	1,55E-05	4,00E-05	8,34E-06	2,13E-05	8,66E-07
Hg	2,15E-05	1,11E-05	2,06E-05	8,95E-06	5,60E-06	1,44E-05	3,00E-06	7,67E-06	3,12E-07
Ni	2,33E-05	1,20E-05	2,23E-05	9,69E-06	6,06E-06	1,56E-05	3,25E-06	8,31E-06	3,38E-07
Pb	2,58E-05	1,33E-05	2,47E-05	1,07E-05	6,71E-06	1,73E-05	3,60E-06	9,20E-06	3,74E-07
Tl	1,58E-05	8,18E-06	1,52E-05	6,59E-06	4,12E-06	1,06E-05	2,21E-06	5,65E-06	2,30E-07
V	6,45E-06	3,33E-06	6,18E-06	2,69E-06	1,68E-06	4,32E-06	9,01E-07	2,30E-06	9,36E-08

Tabla A.11. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión límite. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	1,009E-13	7,011E-14	9,784E-14	6,294E-14	1,225E-13	1,214E-13	3,001E-14	5,642E-14	4,049E-15
Sb	6,69E-08	3,49E-08	6,42E-08	2,82E-08	1,92E-08	4,39E-08	9,90E-09	2,47E-08	1,02E-09
As	6,69E-08	3,49E-08	6,42E-08	2,82E-08	1,92E-08	4,39E-08	9,90E-09	2,47E-08	1,02E-09
Cd	1,32E-08	9,20E-09	1,28E-08	8,26E-09	1,61E-08	1,59E-08	3,94E-09	7,41E-09	5,31E-10
Pb	4,77E-08	2,49E-08	4,58E-08	2,02E-08	1,37E-08	3,14E-08	7,07E-09	1,76E-08	7,27E-10
Tl	2,93E-08	1,53E-08	2,82E-08	1,24E-08	8,41E-09	1,93E-08	4,34E-09	1,08E-08	4,47E-10
V	1,19E-08	6,24E-09	1,15E-08	5,04E-09	3,42E-09	7,85E-09	1,77E-09	4,41E-09	1,82E-10

Tabla A.12. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión límite. Valores en mg/kg/día.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	2,67E-14	1,86E-14	2,59E-14	1,67E-14	3,24E-14	NA	7,94E-15	1,49E-14	1,07E-15
Sb	1,85E-09	9,69E-10	1,78E-09	7,82E-10	5,31E-10	NA	2,74E-10	6,84E-10	2,82E-11
As	9,35E-10	4,89E-10	8,98E-10	3,95E-10	2,68E-10	NA	1,38E-10	3,45E-10	1,42E-11
Cd	9,03E-10	6,27E-10	8,75E-10	5,63E-10	1,10E-09	NA	2,68E-10	5,05E-10	3,62E-11
Pb	8,79E-09	4,60E-09	8,44E-09	3,71E-09	2,52E-09	NA	1,30E-09	3,25E-09	1,34E-10
Tl	4,65E-10	2,43E-10	4,46E-10	1,96E-10	1,33E-10	NA	6,89E-11	1,72E-10	7,08E-12
V	2,25E-09	1,17E-09	2,16E-09	9,48E-10	6,43E-10	NA	3,32E-10	8,29E-10	3,42E-11

Tabla A.13. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores de emisión límite. Valores en mg/kg/día.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	9,49E-14	NA	9,20E-14	5,92E-14	1,15E-13	NA	NA	5,31E-14	3,81E-15
Sb	9,27E-09	NA	8,89E-09	3,91E-09	2,66E-09	NA	NA	3,42E-09	1,41E-10
As	4,97E-09	NA	4,77E-09	2,10E-09	1,42E-09	NA	NA	1,83E-09	7,57E-11
Cd	4,11E-09	NA	3,98E-09	2,56E-09	4,99E-09	NA	NA	2,30E-09	1,65E-10
Pb	7,45E-08	NA	7,15E-08	3,14E-08	2,13E-08	NA	NA	2,75E-08	1,13E-09
Tl	3,64E-09	NA	3,49E-09	1,53E-09	1,04E-09	NA	NA	1,34E-09	5,54E-11
V	2,00E-08	NA	1,92E-08	8,45E-09	5,74E-09	NA	NA	7,39E-09	3,05E-10

ANEXO I.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Figura A.2. Dispersión de la emisión de NO_2 para valores límite de emisión (valores en $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

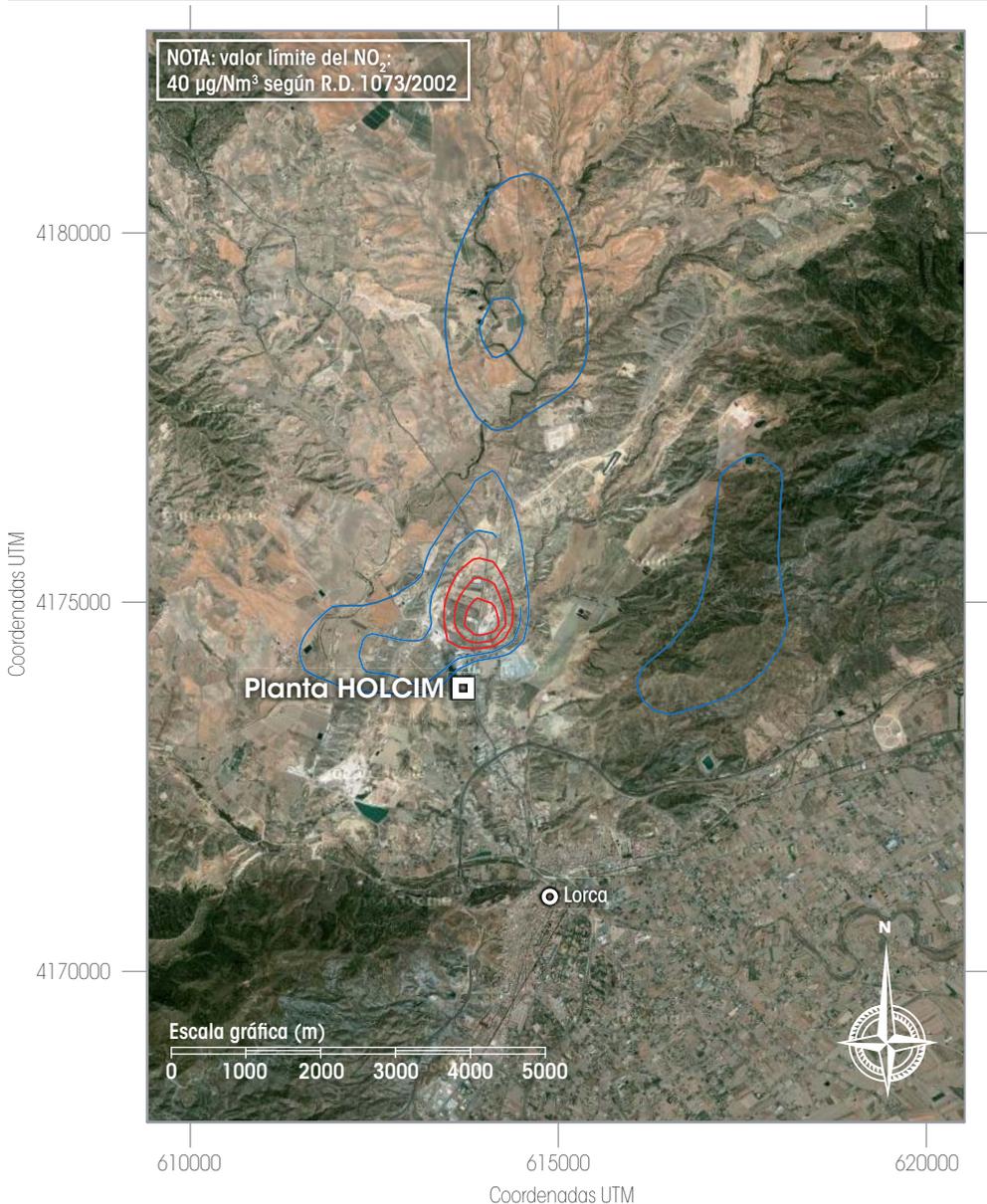
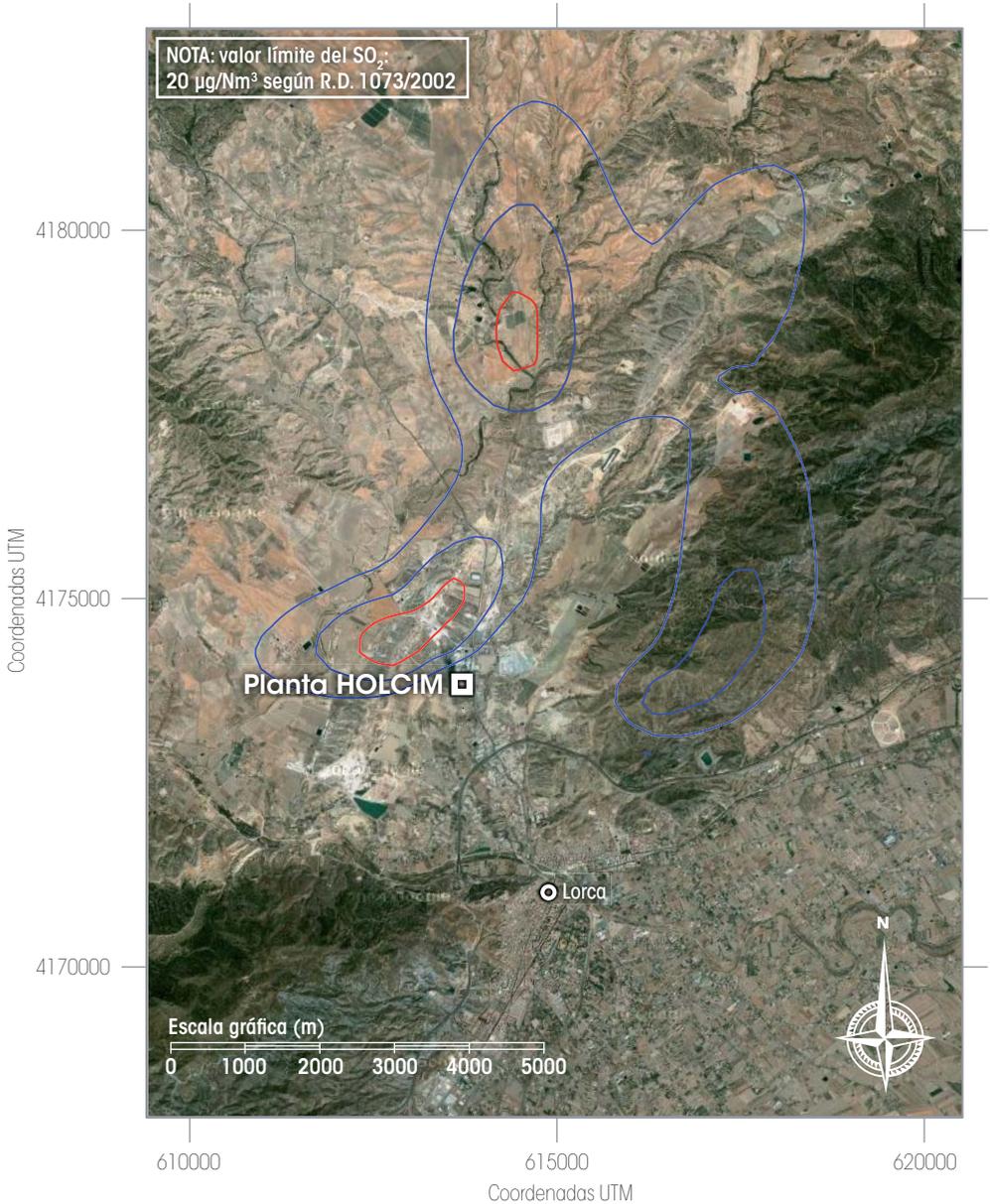


Figura A.3. Dispersión de la emisión de SO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).



ANEXO I.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN

Tabla A.14. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca. Valores de emisión real.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NO _x	1,11E-02	5,87E-03	1,08E-02	4,77E-03	7,94E-04	5,85E-03	1,78E-03	4,34E-03	1,54E-04
SO ₂	3,03E-03	1,60E-03	2,94E-03	1,30E-03	2,17E-04	1,60E-03	4,86E-04	1,18E-03	4,21E-05
HCl	6,62E-05	3,50E-05	6,40E-05	2,84E-05	4,73E-06	3,49E-05	1,06E-05	2,58E-05	9,19E-07
HF	7,27E-06	3,84E-06	7,04E-06	3,12E-06	5,20E-07	3,83E-06	1,17E-06	2,84E-06	1,01E-07
CO	4,06E-05	2,14E-05	3,93E-05	1,74E-05	2,90E-06	2,14E-05	6,50E-06	1,58E-05	5,63E-07
PM tot	3,23E-04	1,93E-04	3,10E-04	1,64E-04	1,96E-04	3,63E-04	6,15E-05	1,37E-04	7,50E-06
Dioxinas y furanos	3,39E-08	2,33E-08	3,28E-08	2,09E-08	3,40E-08	3,93E-08	9,79E-09	1,84E-08	1,30E-09
Sb	1,86E-06	9,59E-07	1,78E-06	7,72E-07	4,85E-07	1,25E-06	2,59E-07	6,62E-07	2,70E-08
As	8,66E-05	4,47E-05	8,29E-05	3,60E-05	2,27E-05	5,83E-05	1,21E-05	3,09E-05	1,26E-06
Cd	2,33E-05	1,20E-05	2,22E-05	9,65E-06	5,83E-06	1,54E-05	3,23E-06	8,28E-06	3,33E-07
Co	4,65E-06	2,40E-06	4,45E-06	1,93E-06	1,22E-06	3,13E-06	6,50E-07	1,66E-06	6,75E-08
Cu	7,83E-07	4,05E-07	7,50E-07	3,26E-07	2,05E-07	5,27E-07	1,10E-07	2,79E-07	1,14E-08
Cr III	4,13E-09	2,56E-09	3,97E-09	2,20E-09	2,46E-09	4,13E-09	9,19E-10	1,91E-09	1,10E-10
Cr VI	5,78E-06	3,59E-06	5,56E-06	3,08E-06	3,44E-06	5,78E-06	1,29E-06	2,67E-06	1,54E-07
Mn	8,60E-05	4,44E-05	8,23E-05	3,58E-05	2,25E-05	5,78E-05	1,20E-05	3,07E-05	1,25E-06
Hg	1,85E-06	9,55E-07	1,77E-06	7,69E-07	4,83E-07	1,24E-06	2,58E-07	6,59E-07	2,69E-08
Ni	1,86E-05	9,61E-06	1,78E-05	7,75E-06	4,87E-06	1,25E-05	2,60E-06	6,64E-06	2,71E-07
Pb	3,71E-06	1,91E-06	3,55E-06	1,54E-06	9,70E-07	2,49E-06	5,18E-07	1,32E-06	5,39E-08

Tabla A.15. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de HOLCIM en Lorca. Valores de emisión real.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6*	A7	A8	A9
As	3,68E-09	1,90E-09	3,52E-09	1,53E-09	9,61E-10	NA	5,14E-10	1,31E-09	5,34E-11
Cd	3,59E-10	1,85E-10	3,43E-10	1,49E-10	9,00E-11	NA	4,99E-11	1,28E-10	5,14E-12
Cr VI	9,92E-09	6,15E-09	9,54E-09	5,29E-09	5,89E-09	NA	2,21E-09	4,58E-09	2,64E-10
Ni	2,73E-10	1,41E-10	2,61E-10	1,14E-10	7,14E-11	NA	3,81E-11	9,73E-11	3,97E-12
Pb	9,53E-12	4,92E-12	9,12E-12	3,97E-12	2,49E-12	NA	1,33E-12	3,40E-12	1,39E-13

*NA: No Aplica. El receptor A6 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.16. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de HOLLCIM en Lorca. Valores de emisión real.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
As	7,38E-10	3,81E-10	7,07E-10	3,07E-10	1,93E-10	4,97E-10	1,03E-10	2,63E-10	1,07E-11
Cd	7,21E-11	3,72E-11	6,90E-11	2,99E-11	1,81E-11	4,78E-11	1,00E-11	2,57E-11	1,03E-12
Cr VI	1,99E-09	1,23E-09	1,92E-09	1,06E-09	1,18E-09	1,99E-09	4,43E-10	9,21E-10	5,31E-11
Ni	5,48E-11	2,83E-11	5,25E-11	2,28E-11	1,43E-11	3,69E-11	7,66E-12	1,96E-11	7,97E-13
Pb	1,92E-12	9,89E-13	1,83E-12	7,97E-13	5,01E-13	1,29E-12	2,68E-13	6,83E-13	2,78E-14

Tabla A.17. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de HOLLCIM en Lorca. Valores límite de emisión.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
NO _x	1,13E-02	5,96E-03	1,09E-02	4,84E-03	8,06E-04	5,95E-03	1,81E-03	4,40E-03	1,57E-04
SO ₂	1,39E-02	7,32E-03	1,34E-02	5,94E-03	9,89E-04	7,29E-03	2,22E-03	5,40E-03	1,92E-04
HCl	2,80E-04	1,48E-04	2,71E-04	1,20E-04	2,00E-05	1,47E-04	4,49E-05	1,09E-04	3,89E-06
HF	4,36E-05	2,31E-05	4,22E-05	1,87E-05	3,12E-06	2,30E-05	6,99E-06	1,70E-05	6,06E-07
PM tot	5,65E-04	3,74E-04	5,45E-04	3,31E-04	5,84E-04	7,45E-04	1,40E-04	2,81E-04	1,92E-05
Dioxinas y furanos	1,28E-06	8,83E-07	1,24E-06	7,91E-07	1,29E-06	1,49E-06	3,70E-07	6,96E-07	4,93E-08
Sb	2,58E-05	1,33E-05	2,47E-05	1,07E-05	6,71E-06	1,73E-05	3,60E-06	9,20E-06	3,74E-07
As	1,20E-03	6,22E-04	1,15E-03	5,01E-04	3,13E-04	8,06E-04	1,68E-04	4,29E-04	1,75E-05
Cd	3,37E-04	2,32E-04	3,26E-04	2,08E-04	3,38E-04	3,90E-04	9,72E-05	1,83E-04	1,29E-05
Co	6,45E-05	3,33E-05	6,18E-05	2,69E-05	1,68E-05	4,32E-05	9,01E-06	2,30E-05	9,36E-07
Cu	1,10E-05	5,66E-06	1,05E-05	4,56E-06	2,85E-06	7,34E-06	1,53E-06	3,91E-06	1,59E-07
Cr III	6,19E-08	4,26E-08	6,00E-08	3,82E-08	6,22E-08	7,18E-08	1,79E-08	3,36E-08	2,38E-09
Cr VI	8,68E-05	5,97E-05	8,40E-05	5,35E-05	8,71E-05	1,01E-04	2,51E-05	4,71E-05	3,34E-06
Mn	1,19E-03	6,17E-04	1,14E-03	4,97E-04	3,11E-04	8,00E-04	1,67E-04	4,26E-04	1,73E-05
Hg	7,17E-05	3,70E-05	6,86E-05	2,98E-05	1,87E-05	4,80E-05	1,00E-05	2,56E-05	1,04E-06
Ni	2,59E-04	1,34E-04	2,48E-04	1,08E-04	6,73E-05	1,73E-04	3,62E-05	9,23E-05	3,76E-06
Pb	5,16E-05	2,66E-05	4,94E-05	2,15E-05	1,34E-05	3,45E-05	7,20E-06	1,84E-05	7,48E-07

Tabla A.18. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de HOLLICIM en Lorca. Valores límite de emisión.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
As	5,11E-08	2,64E-08	4,89E-08	2,12E-08	1,33E-08	NA	7,13E-09	1,82E-08	7,41E-10
Cd	5,19E-09	3,57E-09	5,03E-09	3,20E-09	5,21E-09	NA	1,50E-09	2,82E-09	2,00E-10
Cr VI	1,49E-07	1,02E-07	1,44E-07	9,18E-08	1,49E-07	NA	4,30E-08	8,08E-08	5,72E-09
Ni	3,79E-09	1,96E-09	3,63E-09	1,58E-09	9,87E-10	NA	5,30E-10	1,35E-09	5,50E-11
Pb	1,33E-10	6,85E-11	1,27E-10	5,52E-11	3,45E-11	NA	1,85E-11	4,73E-11	1,92E-12

Tabla A.19. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de HOLLICIM en Lorca. Valores límite de emisión.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
As	1,03E-08	5,30E-09	9,82E-09	4,27E-09	2,67E-09	6,87E-09	1,43E-09	3,66E-09	1,49E-10
Cd	1,04E-09	7,18E-10	1,01E-09	6,44E-10	1,05E-09	1,21E-09	3,01E-10	5,66E-10	4,01E-11
Cr VI	2,99E-08	2,06E-08	2,89E-08	1,84E-08	3,00E-08	3,46E-08	8,63E-09	1,62E-08	1,15E-09
Ni	7,62E-10	3,94E-10	7,30E-10	3,17E-10	1,98E-10	5,11E-10	1,06E-10	2,72E-10	1,11E-11
Pb	2,66E-11	1,38E-11	2,55E-11	1,11E-11	6,93E-12	1,78E-11	3,72E-12	9,50E-12	3,86E-13

ANEXO I.6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN

Tabla A.20. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de HOLLICIM en Lorca, valores de emisión real.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6*	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	7,06E-07	4,90E-07	6,84E-07	4,40E-07	8,57E-07	NA	2,10E-07	3,95E-07	2,83E-08
Sb	3,33E-07	1,74E-07	3,20E-07	1,41E-07	9,60E-08	NA	4,94E-08	1,23E-07	5,09E-09
As	2,24E-07	1,17E-07	2,15E-07	9,47E-08	6,46E-08	NA	3,32E-08	8,28E-08	3,42E-09
Cd	5,87E-08	3,06E-08	5,63E-08	2,47E-08	1,63E-08	NA	8,64E-09	2,16E-08	8,83E-10
Pb	1,77E-07	9,25E-08	1,70E-07	7,48E-08	5,10E-08	NA	2,62E-08	6,54E-08	2,70E-09
TI	6,88E-07	4,78E-07	6,67E-07	4,29E-07	8,36E-07	NA	2,05E-07	3,85E-07	2,76E-08
V	5,39E-07	2,82E-07	5,17E-07	2,28E-07	1,55E-07	NA	7,98E-08	1,99E-07	8,22E-09

* NA: No Aplica. El receptor A6 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.21. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de HOLLICIM en Lorca, valores de emisión real.

	A1	A2**	A3	A4	A5	A6	A7**	A8	A9
Dioxinas y furanos	2,51E-06	NA	2,43E-06	1,56E-06	3,05E-06	NA	NA	1,40E-06	1,01E-07
Sb	1,67E-06	NA	1,60E-06	7,04E-07	4,80E-07	NA	NA	6,15E-07	2,54E-08
As	1,19E-06	NA	1,14E-06	5,04E-07	3,43E-07	NA	NA	4,40E-07	1,82E-08
Cd	2,67E-07	NA	2,56E-07	1,12E-07	7,41E-08	NA	NA	9,84E-08	4,02E-09
Pb	1,50E-06	NA	1,44E-06	6,34E-07	4,32E-07	NA	NA	5,54E-07	2,29E-08
TI	5,38E-06	NA	5,22E-06	3,36E-06	6,53E-06	NA	NA	3,01E-06	2,16E-07
V	4,81E-06	NA	4,61E-06	2,03E-06	1,38E-06	NA	NA	1,77E-06	7,33E-08

**NA: No Aplica puesto que en los receptores A2 y A7 no habitan niños.

Tabla A.22. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión en los receptores de la planta de HOLLICIM en Lorca, valores de emisión real. Para una exposición de 30 años.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
As	4,33E-11	2,26E-11	4,15E-11	1,83E-11	1,25E-11	NA	6,41E-12	1,60E-11	6,60E-13
Pb	2,30E-12	1,20E-12	2,21E-12	9,73E-13	6,63E-13	NA	3,41E-13	8,50E-13	3,51E-14

Tabla A.23. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de HOLLICIM en Lorca, valores límite de emisión.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	2,67E-05	1,86E-05	2,59E-05	1,67E-05	3,24E-05	NA	7,94E-06	1,49E-05	1,07E-06
Sb	4,63E-06	2,42E-06	4,45E-06	1,96E-06	1,33E-06	NA	6,86E-07	1,71E-06	7,06E-08
As	3,12E-06	1,63E-06	2,99E-06	1,32E-06	8,93E-07	NA	4,62E-07	1,15E-06	4,75E-08
Cd	9,03E-07	6,27E-07	8,75E-07	5,63E-07	1,10E-06	NA	2,68E-07	5,05E-07	3,62E-08
Pb	2,46E-06	1,29E-06	2,36E-06	1,04E-06	7,06E-07	NA	3,65E-07	9,09E-07	3,75E-08
TI	6,66E-06	3,48E-06	6,40E-06	2,81E-06	1,91E-06	NA	9,87E-07	2,46E-06	1,01E-07
V	7,49E-06	3,91E-06	7,18E-06	3,16E-06	2,14E-06	NA	1,11E-06	2,76E-06	1,14E-07

Tabla A.24. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de HOLCIM en Lorca, valores límite de emisión.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
Dioxinas y furanos	9,49E-05	NA	9,20E-05	5,92E-05	1,15E-04	NA	NA	5,31E-05	3,81E-06
Sb	2,32E-05	NA	2,22E-05	9,78E-06	6,64E-06	NA	NA	8,55E-06	3,53E-07
As	1,66E-05	NA	1,59E-05	7,00E-06	4,75E-06	NA	NA	6,12E-06	2,52E-07
Cd	4,11E-06	NA	3,98E-06	2,56E-06	4,99E-06	NA	NA	2,30E-06	1,65E-07
Pb	2,09E-05	NA	2,00E-05	8,81E-06	5,98E-06	NA	NA	7,70E-06	3,18E-07
Tl	5,21E-05	NA	5,00E-05	2,20E-05	1,49E-05	NA	NA	1,92E-05	7,93E-07
V	6,68E-05	NA	6,41E-05	2,82E-05	1,91E-05	NA	NA	2,46E-05	1,02E-06

Tabla A.25. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión en los receptores de la planta de HOLCIM en Lorca, valores límite de emisión. Para una exposición de 30 años.

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9
As	6,01E-10	3,14E-10	5,77E-10	2,54E-10	1,72E-10	NA	8,90E-11	2,22E-10	9,16E-12
Pb	3,20E-11	1,67E-11	3,07E-11	1,35E-11	9,18E-12	NA	4,74E-12	1,18E-11	4,88E-13

ANEXO I.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA

En la siguiente tabla se indica la tasa de deposición seca que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo), F_{umb} , tanto para niños como para adultos, para las sustancias que tienen definido un umbral de exposición. Por tanto, estos valores representan los valores umbral de deposición por debajo de los cuales se puede considerar que no existe riesgo significativo por ingestión. Además, estos valores de deposición umbral se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de las emisiones de la planta (F). La comparación se presenta como el cociente F/F_{umb} .

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos un millón de veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

Tabla A.26. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada.

TRAZADORES	F_{umb} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)*		Cociente F/F_{umb} **	
	Adultos	Niños	Adultos	Niños
Dioxinas y furanos	3,75E-09	1,05E-09	7,12E-07	2,54E-06
Sb	1,25E-02	2,51E-03	3,86E-07	1,91E-06
As	1,78E-02	3,42E-03	2,70E-07	1,40E-06
Cd	1,32E-02	2,90E-03	6,50E-08	2,96E-07
Pb	1,31E-02	1,81E-03	2,61E-07	1,89E-06
Tl	3,06E-03	4,47E-04	9,89E-07	6,78E-06
V	1,05E-03	1,41E-04	8,19E-07	6,11E-06

* Deposición seca umbral ($R=1$).

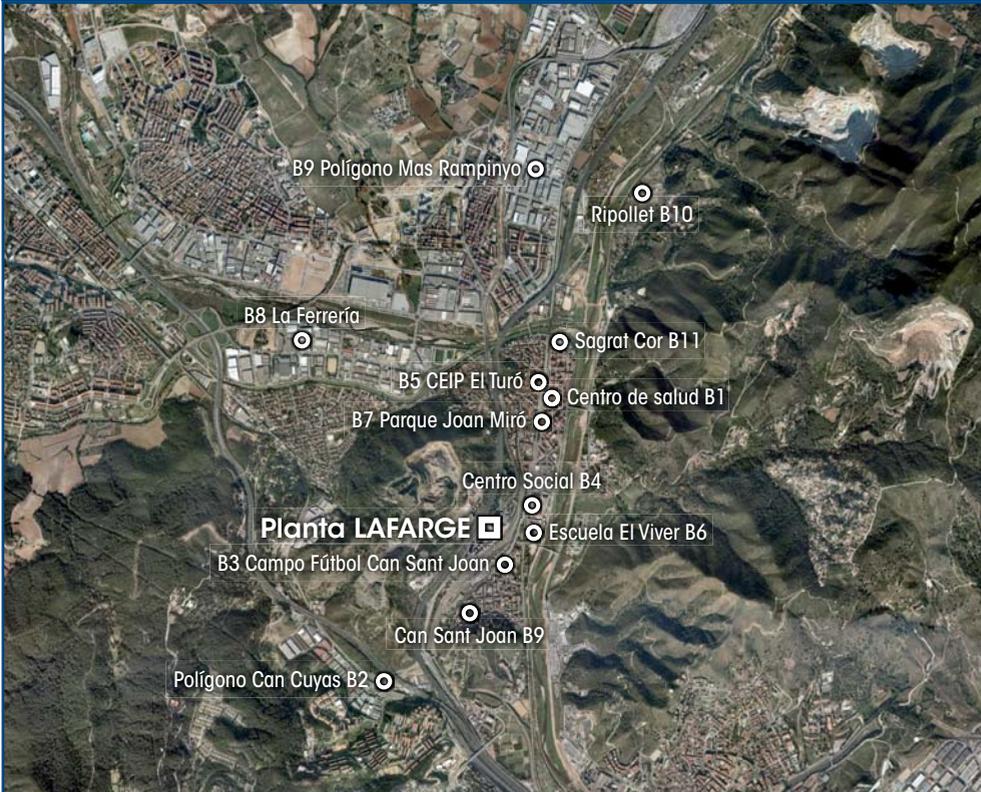
** Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

Anexo II

TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE LAFARGE EN MONTCADA

ANEXO II.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Figura A.4. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Montcada (Lafarge).



ANEXO II.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.27. Datos de emisión de la planta de LAFARGE en Montcada.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones, datos 2007-2008
NO _x	724,95	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo.
SO ₂	<30,00	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo.
TOC	62,04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo.
HCl	0,10	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo.
HF	0,23	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
CO	684,00	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo.
PM tot	10,00*	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Según Bref de cemento y cal.
Dioxinas y furanos	4,09 E-09	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de datos puntuales. Medición por OCA
Antimonio	0,0034	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Arsénico	0,0089	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Cadmio	0,0207	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Cobalto	0,0002	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Cobre	0,0286	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Cromo	0,0247	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Manganeso	0,0922	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Mercurio	0,0068	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Níquel	0,0377	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Plomo	0,0362	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Talio	0,0388	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.
Vanadio	0,0378	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Puntual. Medición por OCA.

Para las partículas no se ha tomado un valor de emisión real sino que se tomó el valor dado por el BREF (Reference Document on Best Available Techniques) sobre el cemento y la cal. Las mediciones de emisiones disponibles son menores o del orden de este valor.

Tabla A.28. Datos de caudal considerados para la planta.

Planta	Dato de caudal	Unidades	Observaciones
LAFARGE-Montcada	175.000	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Promedio de los valores de caudal de 2007

Tabla A.29. Valores límite de emisión de la planta de LAFARGE en Montcada.

Parámetro	Valor límite	Unidades
NO _x	800	mg/Nm ³
SO ₂	50	mg/Nm ³
TOC	100	mg/Nm ³
HCl	10	mg/Nm ³
HF	1	mg/Nm ³
CO	-	mg/Nm ³
PM tot	30	mg/Nm ³
Dioxinas y furanos	0,10	mg/Nm ³
Cd + Tl	0,05	mg/Nm ³
Hg	0,05	mg/Nm ³
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5	mg/Nm ³

Los valores de emisión límite presentados en la tabla aparecen recogidos en la Directiva 2000/76/CE, el Real Decreto 653/2003 y la Autorización Ambiental Integrada (con biomasa).

Tabla A.30a. Tasa máscica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de LAFARGE en Montcada.

Parámetro	Tasa máscica de emisión (g/s)
NO ₂	35,24
SO ₂	1,46
TOC	3,02
HCl	4,86E-03
HF	1,12E-02
CO	33,25
Partículas	0,49
Dioxinas y furanos	1,99E-10
Antimonio	1,65E-04
Arsénico	4,33E-04
Cadmio	1,01E-03
Cobalto	9,72E-06
Cobre	1,39E-03
Cromo III	8,40E-04
Cromo VI	3,60E-04
Manganeso	4,48E-03

Tabla A.30b. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de LAFARGE en Montcada.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
Mercurio	3,31E-04
Níquel	1,83E-3
Plomo	1,76E-03
Talio	1,89E-03
Vanadio	1,841E-03

Tabla A.31. Tasas másicas correspondientes a los valores límite de emisión. Planta de LAFARGE en Montcada.

Parámetro	Tasa másica (g/s)
NO _x	38,89
SO ₂	2,43
HCl	0,49
HF	0,05
PM tot	1,46
Dioxinas y furanos	4,86E-09
Antimonio	3,06E-04
Arsénico	8,02E-04
Cadmio	8,46E-04
Cobalto	1,80E-05
Cobre	2,58E-03
Cromo III	1,56E-03
Cromo VI	6,68E-04
Mercurio	2,43E-03
Manganeso	8,31E-03
Níquel	3,40E-03
Plomo	3,26E-03
Talio	1,48E-03
Vanadio	3,41E-03

ANEXO II.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.32. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
NO _x	1,41E+00	4,18E+00	4,54E+00	3,59E+00	1,76E+00	5,30E+00	1,67E+00	4,22E+00	8,74E+00
SO ₂	5,85E-02	1,73E-01	1,88E-01	1,49E-01	7,31E-02	2,20E-01	6,92E-02	1,75E-01	3,62E-01
TOC	1,21E-01	3,58E-01	3,89E-01	3,08E-01	1,51E-01	4,54E-01	1,43E-01	3,62E-01	7,49E-01
HCl	1,95E-04	5,77E-04	6,27E-04	4,96E-04	2,43E-04	7,31E-04	2,30E-04	5,82E-04	1,21E-03
HF	4,49E-04	1,33E-03	1,44E-03	1,14E-03	5,61E-04	1,69E-03	5,31E-04	1,34E-03	2,78E-03
CO	1,33E+00	3,95E+00	4,29E+00	3,39E+00	1,67E+00	5,00E+00	1,58E+00	3,98E+00	8,25E+00
PM tot	2,38E-02	5,28E-02	4,04E-02	6,09E-02	3,21E-02	7,35E-02	2,60E-02	4,35E-02	1,10E-01
Dioxinas y furanos	9,65E-12	2,14E-11	1,64E-11	2,47E-11	1,30E-11	2,98E-11	1,06E-11	1,77E-11	4,45E-11
Sb	6,51E-06	1,97E-05	2,19E-05	1,75E-05	8,17E-06	2,45E-05	7,79E-06	1,94E-05	4,06E-05
As	1,71E-05	5,17E-05	5,74E-05	4,60E-05	2,14E-05	6,42E-05	2,04E-05	5,09E-05	1,06E-04
Cd	3,99E-05	1,21E-04	1,34E-04	1,07E-04	5,00E-05	1,50E-04	4,77E-05	1,19E-04	2,48E-04
Co	3,84E-07	1,16E-06	1,29E-06	1,03E-06	4,81E-07	1,44E-06	4,59E-07	1,14E-06	2,39E-06
Cu	5,49E-05	1,66E-04	1,84E-04	1,48E-04	6,88E-05	2,06E-04	6,56E-05	1,63E-04	3,42E-04
Cr III	3,32E-05	1,00E-04	1,11E-04	8,93E-05	4,16E-05	1,25E-04	3,96E-05	9,88E-05	2,07E-04
Cr VI	1,42E-05	4,30E-05	4,77E-05	3,83E-05	1,78E-05	5,34E-05	1,70E-05	4,23E-05	8,85E-05
Mn	1,77E-04	5,35E-04	5,94E-04	4,76E-04	2,22E-04	6,65E-04	2,11E-04	5,27E-04	1,10E-03
Hg	1,24E-05	3,74E-05	4,22E-05	3,39E-05	1,56E-05	4,65E-05	1,49E-05	3,54E-05	7,81E-05
Ni	7,23E-05	2,19E-04	2,43E-04	1,95E-04	9,06E-05	2,72E-04	8,64E-05	2,15E-04	4,50E-04
Pb	8,54E-05	1,90E-04	1,45E-04	2,19E-04	1,15E-04	2,64E-04	9,35E-05	1,56E-04	3,93E-04
Tl	9,17E-05	2,04E-04	1,56E-04	2,35E-04	1,24E-04	2,83E-04	1,00E-04	1,68E-04	4,22E-04
V	8,92E-05	1,98E-04	1,52E-04	2,29E-04	1,21E-04	2,76E-04	9,77E-05	1,63E-04	4,11E-04

Tabla A.33a. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Dioxinas y furanos	1,19E-14	2,60E-14	1,89E-14	2,84E-14	1,64E-14	3,56E-14	1,26E-14	2,33E-14	5,17E-14
Sb	8,07E-09	2,39E-08	2,49E-08	1,98E-08	1,03E-08	2,96E-08	9,48E-09	2,55E-08	4,71E-08
As	2,12E-08	6,28E-08	6,53E-08	5,21E-08	2,69E-08	7,78E-08	2,49E-08	6,70E-08	1,24E-07

Tabla A.33b. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Cd	4,94E-08	1,46E-07	1,52E-07	1,21E-07	6,28E-08	1,81E-07	5,80E-08	1,56E-07	2,88E-07
Pb	1,05E-07	2,30E-07	1,67E-07	2,51E-07	1,45E-07	3,15E-07	1,12E-07	2,06E-07	4,57E-07
TI	1,13E-07	2,47E-07	1,79E-07	2,69E-07	1,56E-07	3,38E-07	1,20E-07	2,21E-07	4,91E-07
V	1,10E-07	2,40E-07	1,74E-07	2,62E-07	1,51E-07	3,29E-07	1,17E-07	2,16E-07	4,78E-07

Tabla A.34. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	3,15E-15	6,87E-15	4,99E-15	7,51E-15	4,33E-15	9,42E-15	3,34E-15	NA	1,37E-14
Sb	1,44E-10	4,28E-10	4,45E-10	3,55E-10	1,84E-10	5,30E-10	1,70E-10	NA	8,42E-10
As	2,38E-10	7,05E-10	7,33E-10	5,84E-10	3,02E-10	8,73E-10	2,79E-10	NA	1,39E-09
Cd	1,85E-09	5,49E-09	5,71E-09	4,56E-09	2,36E-09	6,80E-09	2,18E-09	NA	1,08E-08
Pb	9,87E-09	2,16E-08	1,57E-08	2,35E-08	1,36E-08	2,96E-08	1,05E-08	NA	4,29E-08
TI	1,37E-09	2,99E-09	2,17E-09	3,27E-09	1,89E-09	4,10E-09	1,46E-09	NA	5,95E-09
V	1,05E-08	2,30E-08	1,67E-08	2,51E-08	1,45E-08	3,15E-08	1,12E-08	NA	4,57E-08

* NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.35. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	1,12E-14	2,23E-14	1,77E-14	2,67E-14	1,54E-14	3,35E-14	1,19E-14	NA	4,86E-14
Sb	6,50E-10	1,79E-09	2,00E-09	1,60E-09	8,27E-10	2,39E-09	7,63E-10	NA	3,79E-09
As	1,05E-09	2,87E-09	3,22E-09	2,57E-09	1,33E-09	3,84E-09	1,23E-09	NA	6,10E-09
Cd	8,09E-09	2,24E-08	2,49E-08	1,99E-08	1,03E-08	2,97E-08	9,51E-09	NA	4,72E-08
Pb	8,10E-08	1,73E-07	1,29E-07	1,93E-07	1,12E-07	2,43E-07	8,61E-08	NA	3,52E-07
TI	8,29E-09	1,73E-08	1,32E-08	1,98E-08	1,14E-08	2,48E-08	8,81E-09	NA	3,60E-08
V	9,09E-08	1,95E-07	1,44E-07	2,17E-07	1,25E-07	2,72E-07	9,66E-08	NA	3,95E-07

* NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.36. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
NO _x	1,56E+00	4,62E+00	5,02E+00	3,97E+00	1,95E+00	5,86E+00	1,84E+00	4,66E+00	9,66E+00
SO ₂	9,73E-02	2,89E-01	3,13E-01	2,48E-01	1,22E-01	3,66E-01	1,15E-01	2,91E-01	6,03E-01
TOC	1,95E-01	5,77E-01	6,27E-01	4,96E-01	2,43E-01	7,31E-01	2,30E-01	5,82E-01	1,21E+00
HCl	1,96E-02	5,82E-02	6,32E-02	5,00E-02	2,45E-02	7,38E-02	2,32E-02	5,87E-02	1,22E-01
HF	2,00E-03	5,94E-03	6,45E-03	5,10E-03	2,50E-03	7,53E-03	2,37E-03	5,99E-03	1,24E-02
PM tot	7,08E-02	1,58E-01	1,20E-01	1,80E-01	9,56E-02	2,19E-01	7,75E-02	1,30E-01	3,27E-01
Dioxinas y furanos	2,36E-10	5,26E-10	4,00E-10	5,98E-10	3,18E-10	7,29E-10	2,58E-10	4,31E-10	1,09E-09
Sb	1,21E-05	4,03E-05	4,05E-05	3,25E-05	1,58E-05	4,50E-05	1,44E-05	3,59E-05	7,38E-05
As	3,17E-05	1,06E-04	1,06E-04	8,51E-05	4,14E-05	1,18E-04	3,78E-05	9,42E-05	1,93E-04
Cd	3,34E-05	1,11E-04	1,12E-04	8,98E-05	4,37E-05	1,24E-04	3,99E-05	9,93E-05	2,04E-04
Co	7,11E-07	2,37E-06	2,38E-06	1,91E-06	9,29E-07	2,64E-06	8,49E-07	2,11E-06	4,34E-06
Cu	1,02E-04	3,40E-04	3,42E-04	2,74E-04	1,33E-04	3,79E-04	1,22E-04	3,03E-04	6,22E-04
Cr III	6,16E-05	2,05E-04	2,07E-04	1,66E-04	8,06E-05	2,29E-04	7,35E-05	1,83E-04	3,76E-04
Cr VI	2,64E-05	8,79E-05	8,85E-05	7,09E-05	3,45E-05	9,82E-05	3,15E-05	7,84E-05	1,61E-04
Mn	3,28E-04	1,09E-03	1,10E-03	8,82E-04	4,29E-04	1,22E-03	3,92E-04	9,76E-04	2,00E-03
Hg	9,12E-05	3,03E-04	3,09E-04	2,48E-04	1,19E-04	3,38E-04	1,10E-04	2,61E-04	5,62E-04
Ni	1,34E-04	4,48E-04	4,50E-04	3,61E-04	1,76E-04	5,00E-04	1,60E-04	5,32E-07	8,20E-04
Pb	1,58E-04	3,53E-04	2,68E-04	4,01E-04	2,14E-04	4,89E-04	1,73E-04	2,89E-04	7,30E-04
Tl	7,18E-05	1,60E-04	1,22E-04	1,82E-04	9,69E-05	2,22E-04	7,85E-05	1,31E-04	3,31E-04
V	1,65E-04	3,69E-04	2,80E-04	4,19E-04	2,23E-04	5,11E-04	1,81E-04	3,03E-04	7,63E-04

Tabla A.37. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
Dioxinas y furanos	2,90E-13	6,38E-13	4,60E-13	6,85E-13	4,00E-13	8,70E-13	3,08E-13	5,69E-13	1,26E-12
Sb	1,50E-08	4,90E-08	4,61E-08	3,67E-08	1,98E-08	5,53E-08	1,76E-08	4,79E-08	8,61E-08
As	3,92E-08	1,28E-07	1,21E-07	9,62E-08	5,18E-08	1,45E-07	4,60E-08	1,25E-07	2,26E-07
Cd	4,14E-08	1,35E-07	1,27E-07	1,02E-07	5,47E-08	1,53E-07	4,86E-08	1,32E-07	2,38E-07
Pb	1,95E-07	4,28E-07	3,08E-07	4,60E-07	2,68E-07	5,83E-07	2,07E-07	3,82E-07	8,48E-07
Tl	8,85E-08	1,94E-07	1,40E-07	2,09E-07	1,22E-07	2,65E-07	9,39E-08	1,73E-07	3,85E-07
V	2,04E-07	4,47E-07	3,22E-07	4,81E-07	2,81E-07	6,10E-07	2,16E-07	3,99E-07	8,87E-07

Tabla A.38. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión. Valores en mg/kg/día.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	7,68E-14	1,69E-13	1,22E-13	1,81E-13	1,06E-13	2,30E-13	8,16E-14	NA	3,34E-13
Sb	2,68E-10	8,76E-10	8,24E-10	6,57E-10	3,54E-10	9,88E-10	3,14E-10	NA	1,54E-09
As	4,40E-10	1,44E-09	1,36E-09	1,08E-09	5,82E-10	1,63E-09	5,17E-10	NA	2,53E-09
Cd	1,55E-09	5,08E-09	4,78E-09	3,81E-09	2,05E-09	5,73E-09	1,82E-09	NA	8,93E-09
Pb	1,83E-08	4,01E-08	2,89E-08	4,31E-08	2,52E-08	5,47E-08	1,94E-08	NA	7,96E-08
Tl	1,07E-09	2,36E-09	1,70E-09	2,53E-09	1,48E-09	3,21E-09	1,14E-09	NA	4,67E-09
V	1,95E-08	4,28E-08	3,08E-08	4,60E-08	2,68E-08	5,84E-08	2,07E-08	NA	8,48E-08

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.39. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión en niños para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión. Valores en mg/kg/día.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	2,73E-13	5,47E-13	4,32E-13	6,44E-13	3,76E-13	8,18E-13	2,90E-13	NA	1,19E-12
Sb	1,21E-09	3,67E-09	3,71E-09	2,96E-09	1,59E-09	4,45E-09	1,41E-09	NA	6,93E-09
As	1,94E-09	5,86E-09	5,96E-09	4,75E-09	2,56E-09	7,15E-09	2,27E-09	NA	1,11E-08
Cd	6,78E-09	2,07E-08	2,09E-08	1,66E-08	8,96E-09	2,50E-08	7,95E-09	NA	3,90E-08
Pb	1,50E-07	3,22E-07	2,38E-07	3,54E-07	2,07E-07	4,49E-07	1,59E-07	NA	6,53E-07
Tl	6,49E-09	1,36E-08	1,03E-08	1,53E-08	8,94E-09	1,94E-08	6,89E-09	NA	2,83E-08
V	1,68E-07	3,63E-07	2,67E-07	3,97E-07	2,32E-07	5,04E-07	1,79E-07	NA	7,33E-07

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentran en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

ANEXO II.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

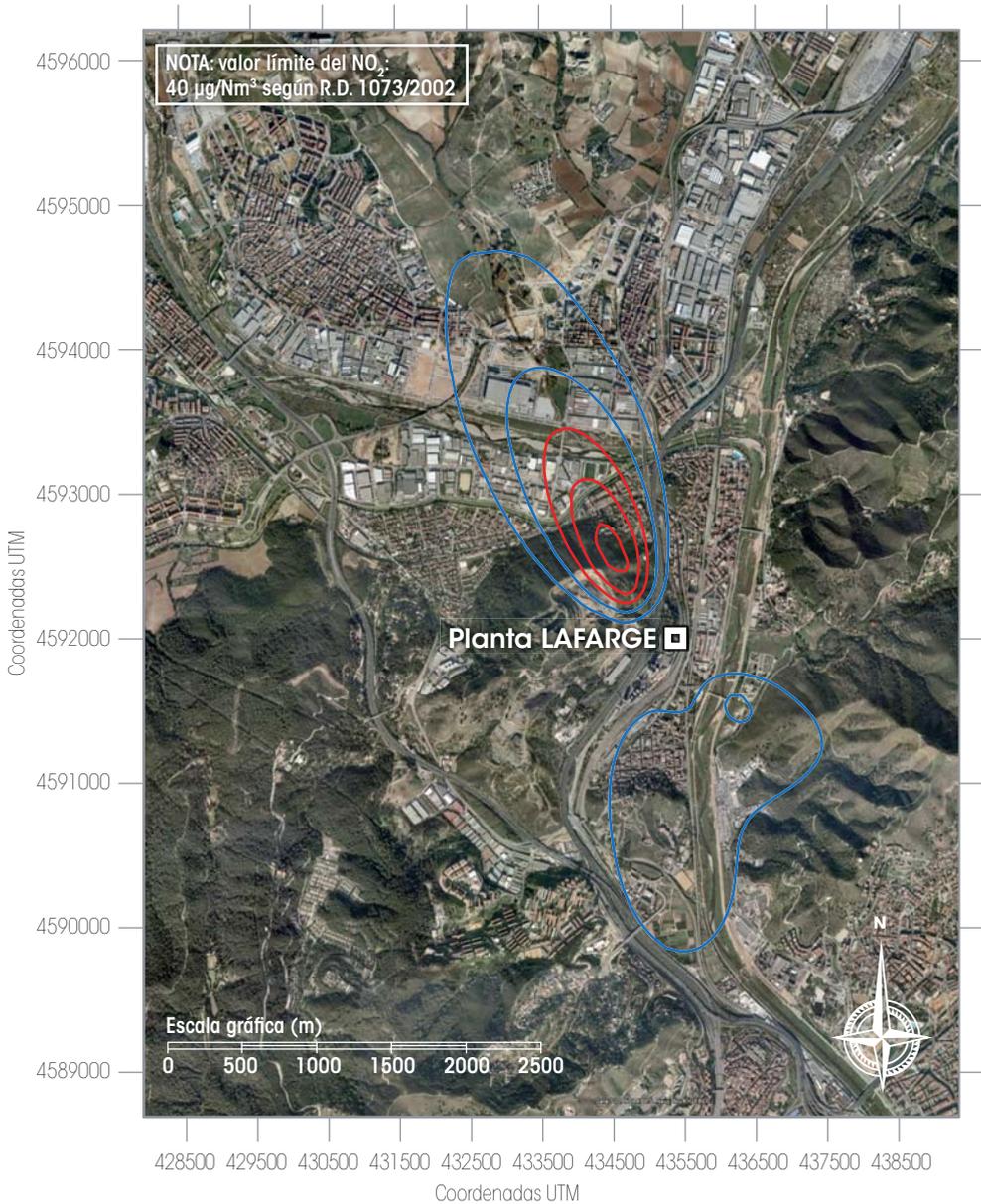
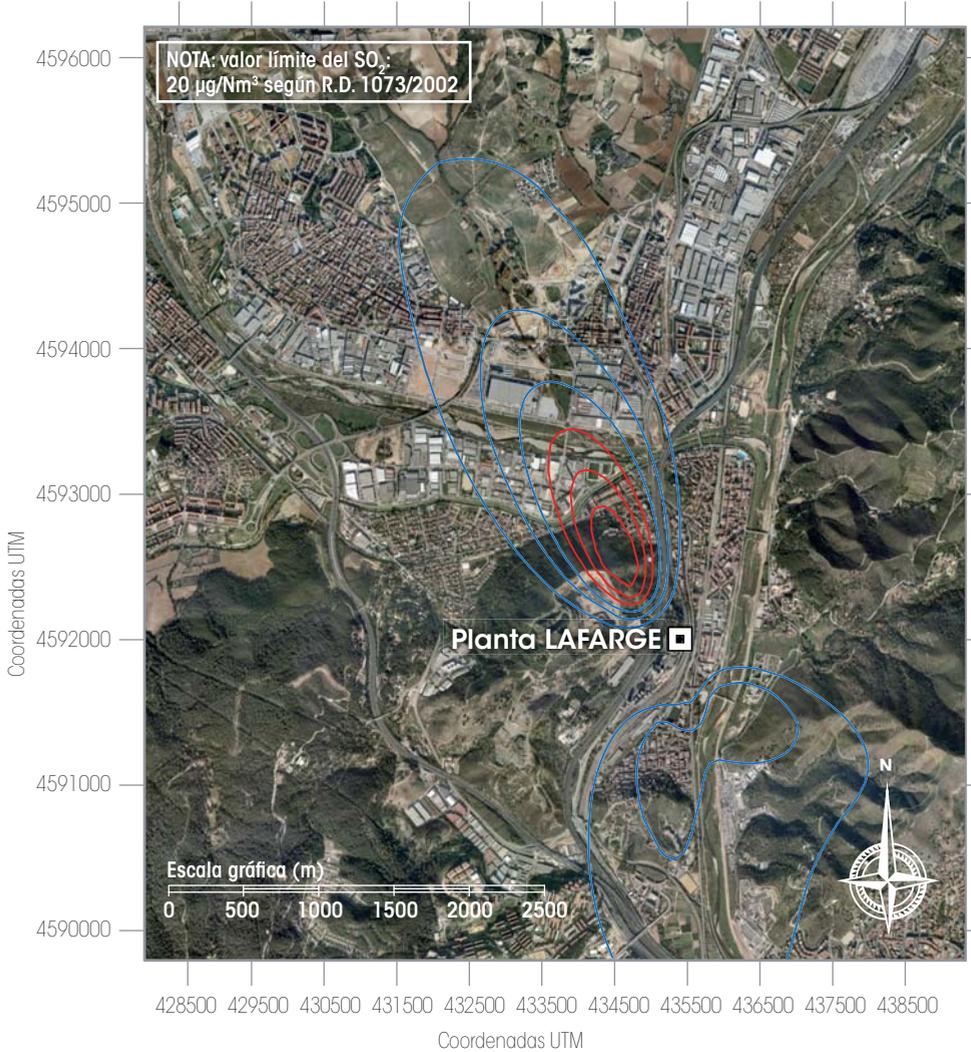
Figura A.5. Dispersión de la emisión de NO_2 para valores límite de emisión (valores en $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$).

Figura A.6. Dispersión de la emisión de SO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).



ANEXO II.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN

Tabla A.40. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores de emisión real.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
NO _x	3,53E-02	1,05E-01	1,14E-01	8,98E-02	4,41E-02	1,33E-01	4,18E-02	1,06E-01	2,19E-01
SO ₂	2,93E-03	8,66E-03	9,41E-03	7,44E-03	3,66E-03	1,10E-02	3,46E-03	8,75E-03	1,81E-02
HCl	9,74E-06	2,88E-05	3,13E-05	2,48E-05	1,22E-05	3,66E-05	1,15E-05	2,91E-05	6,03E-05
HF	3,21E-05	9,49E-05	1,03E-04	8,16E-05	4,01E-05	1,20E-04	3,79E-05	9,59E-05	1,98E-04
CO	1,33E-04	3,95E-04	4,29E-04	3,39E-04	1,67E-04	5,00E-04	1,58E-04	3,98E-04	8,25E-04
PM tot	1,19E-03	2,64E-03	2,02E-03	3,05E-03	1,61E-03	3,67E-03	1,30E-03	2,18E-03	5,48E-03
Dioxinas y furanos	2,41E-07	5,36E-07	4,10E-07	6,19E-07	3,26E-07	7,46E-07	2,64E-07	4,42E-07	1,11E-06
Sb	4,65E-06	1,41E-05	1,56E-05	1,25E-05	5,84E-06	1,75E-05	5,56E-06	1,39E-05	2,90E-05
As	5,70E-04	1,72E-03	1,91E-03	1,53E-03	7,15E-04	2,14E-03	6,81E-04	1,70E-03	3,55E-03
Cd	1,99E-03	6,03E-03	6,70E-03	5,37E-03	2,50E-03	7,49E-03	2,38E-03	5,94E-03	1,24E-02
Co	3,84E-06	1,16E-05	1,29E-05	1,03E-05	4,81E-06	1,44E-05	4,59E-06	1,14E-05	2,39E-05
Cu	5,49E-05	1,66E-04	1,84E-04	1,48E-04	6,88E-05	2,06E-04	6,56E-05	1,63E-04	3,42E-04
Cr III	5,53E-07	1,67E-06	1,86E-06	1,49E-06	6,93E-07	2,08E-06	6,61E-07	1,65E-06	3,44E-06
Cr VI	1,42E-04	4,30E-04	4,77E-04	3,83E-04	1,78E-04	5,34E-04	1,70E-04	4,23E-04	8,85E-04
Mn	3,54E-03	1,07E-02	1,19E-02	9,53E-03	4,44E-03	1,33E-02	4,23E-03	1,05E-02	2,20E-02
Hg	4,14E-05	1,25E-04	1,41E-04	1,13E-04	5,19E-05	1,55E-04	4,98E-05	1,18E-04	2,60E-04
Ni	8,03E-04	2,43E-03	2,70E-03	2,16E-03	1,01E-03	3,02E-03	9,60E-04	2,39E-03	5,00E-03
Pb	1,71E-04	3,79E-04	2,90E-04	4,38E-04	2,31E-04	5,28E-04	1,87E-04	3,13E-04	7,87E-04

Tabla A.41. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores de emisión real.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
As	2,42E-08	7,31E-08	8,12E-08	6,51E-08	3,03E-08	9,09E-08	2,89E-08	NA	1,51E-07
Cd	3,08E-08	9,30E-08	1,03E-07	8,28E-08	3,86E-08	1,16E-07	3,68E-08	NA	1,92E-07
Cr VI	2,44E-07	7,37E-07	8,18E-07	6,56E-07	3,06E-07	9,16E-07	2,91E-07	NA	1,52E-06
Ni	1,18E-08	3,56E-08	3,95E-08	3,17E-08	1,48E-08	4,42E-08	1,41E-08	NA	7,33E-08
Pb	4,39E-10	9,75E-10	7,46E-10	1,13E-09	5,93E-10	1,36E-09	4,81E-10	NA	2,02E-09

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.42. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores de emisión real.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9
As	4,86E-09	1,47E-08	1,63E-08	1,31E-08	6,09E-09	1,83E-08	5,81E-09	1,45E-08	3,03E-08
Cd	6,18E-09	1,87E-08	2,08E-08	1,66E-08	7,75E-09	2,32E-08	7,39E-09	1,84E-08	3,85E-08
Cr VI	4,90E-08	1,48E-07	1,64E-07	1,32E-07	6,14E-08	1,84E-07	5,85E-08	1,46E-07	3,05E-07
Ni	2,36E-09	7,15E-09	7,94E-09	6,37E-09	2,97E-09	8,88E-09	2,83E-09	7,04E-09	1,47E-08
Pb	8,82E-11	1,96E-10	1,50E-10	2,26E-10	1,19E-10	2,73E-10	9,66E-11	1,62E-10	4,06E-10

Tabla A.43. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores límite de emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
NO _x	3,89E-02	1,15E-01	1,25E-01	9,91E-02	4,86E-02	1,46E-01	4,60E-02	1,16E-01	2,41E-01	4,31E-02	9,08E-02	4,35E-02
SO ₂	4,86E-03	1,44E-02	1,57E-02	1,24E-02	6,08E-03	1,83E-02	5,75E-03	1,46E-02	3,02E-02	5,39E-03	1,13E-02	5,43E-03
HCl	9,81E-04	2,91E-03	3,16E-03	2,50E-03	1,23E-03	3,69E-03	1,16E-03	2,93E-03	6,08E-03	1,09E-03	2,29E-03	1,10E-03
HF	1,43E-04	4,24E-04	4,61E-04	3,64E-04	1,79E-04	5,38E-04	1,69E-04	4,28E-04	8,87E-04	1,58E-04	3,33E-04	1,60E-04
PM tot	3,54E-03	7,90E-03	6,00E-03	8,98E-03	4,78E-03	1,09E-02	3,87E-03	6,48E-03	1,63E-02	3,86E-03	5,48E-03	4,41E-03
Dioxinas y furanos	5,89E-06	1,32E-05	9,99E-06	1,49E-05	7,96E-06	1,82E-05	6,45E-06	1,08E-05	2,72E-05	6,42E-06	9,12E-06	7,34E-06
Sb	8,63E-06	2,88E-05	2,89E-05	2,32E-05	1,13E-05	3,21E-05	1,03E-05	2,57E-05	5,27E-05	1,00E-05	1,97E-05	1,00E-05
As	1,06E-03	3,52E-03	3,54E-03	2,84E-03	1,38E-03	3,93E-03	1,26E-03	3,14E-03	6,45E-03	1,23E-03	2,41E-03	1,23E-03
Cd	1,67E-03	5,57E-03	5,60E-03	4,49E-03	2,18E-03	6,22E-03	1,99E-03	4,97E-03	1,02E-02	1,94E-03	3,82E-03	1,94E-03
Co	7,11E-06	2,37E-05	2,38E-05	1,91E-05	9,29E-06	2,64E-05	8,49E-06	2,11E-05	4,34E-05	8,26E-06	1,62E-05	8,26E-06
Cu	1,02E-04	3,40E-04	3,42E-04	2,74E-04	1,33E-04	3,79E-04	1,22E-04	3,03E-04	6,22E-04	1,18E-04	2,33E-04	1,18E-04
Cr III	1,03E-06	3,42E-06	3,44E-06	2,76E-06	1,34E-06	3,82E-06	1,23E-06	3,05E-06	6,27E-06	1,19E-06	2,35E-06	1,19E-06
Cr VI	2,64E-04	8,79E-04	8,85E-04	7,09E-04	3,45E-04	9,82E-04	3,15E-04	7,84E-04	1,61E-03	3,06E-04	6,03E-04	3,07E-04
Mn	6,56E-03	2,19E-02	2,20E-02	1,76E-02	8,58E-03	2,44E-02	7,84E-03	1,95E-02	4,01E-02	7,62E-03	1,50E-02	7,63E-03
Hg	3,04E-04	1,01E-03	1,03E-03	8,28E-04	3,98E-04	1,13E-03	3,65E-04	8,69E-04	1,87E-03	3,32E-04	6,39E-04	3,50E-04
Ni	1,49E-03	4,97E-03	5,00E-03	4,01E-03	1,95E-03	5,55E-03	1,78E-03	5,91E-03	9,11E-03	1,73E-03	3,41E-03	1,73E-03
Pb	3,16E-04	7,06E-04	5,36E-04	8,02E-04	4,27E-04	9,78E-04	3,46E-04	5,79E-04	1,46E-03	3,45E-04	4,89E-04	3,94E-04

Tabla A.44. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores límite de emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9	B10*	B11	B12
As	4,48E-08	1,49E-07	1,50E-07	1,20E-07	5,86E-08	1,67E-07	5,35E-08	NA	2,73E-07	NA	1,02E-07	5,20E-08
Cd	2,58E-08	8,59E-08	8,64E-08	6,92E-08	3,37E-08	9,59E-08	3,08E-08	NA	1,57E-07	NA	5,89E-08	2,99E-08
Cr VI	4,52E-07	1,51E-06	1,52E-06	1,22E-06	5,91E-07	1,68E-06	5,40E-07	NA	2,76E-06	NA	1,03E-06	5,25E-07
Ni	2,19E-08	7,29E-08	7,33E-08	5,87E-08	2,86E-08	8,14E-08	2,61E-08	NA	1,34E-07	NA	5,00E-08	2,54E-08
Pb	8,13E-10	1,82E-09	1,38E-09	2,06E-09	1,10E-09	2,51E-09	8,89E-10	NA	3,75E-09	NA	1,26E-09	1,01E-09

*NA: No Aplica. Los receptores B8 y B10 se encuentran en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional

Tabla A.45. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de LAFARGE en Montcada. Valores límite de emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11	B12
As	9,00E-09	3,00E-08	3,02E-08	2,42E-08	1,18E-08	3,35E-08	1,07E-08	2,68E-08	5,49E-08	1,05E-08	2,06E-08	1,05E-08
Cd	5,18E-09	1,73E-08	1,74E-08	1,39E-08	6,77E-09	1,93E-08	6,18E-09	1,54E-08	3,16E-08	6,02E-09	1,18E-08	6,02E-09
Cr VI	9,08E-08	3,03E-07	3,05E-07	2,44E-07	1,19E-07	3,38E-07	1,08E-07	2,70E-07	5,55E-07	1,06E-07	2,08E-07	1,06E-07
Ni	4,39E-09	1,46E-08	1,47E-08	1,18E-08	5,74E-09	1,63E-08	5,25E-09	1,74E-11	2,68E-08	5,10E-09	1,00E-08	5,10E-09
Pb	1,63E-10	3,65E-10	2,77E-10	4,14E-10	2,21E-10	5,05E-10	1,79E-10	2,99E-10	7,54E-10	1,78E-10	2,53E-10	2,04E-10

ANEXO II.6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN

Tabla A.46. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores emisión real.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	3,15E-06	6,87E-06	4,99E-06	7,51E-06	4,33E-06	9,42E-06	3,34E-06	NA	1,37E-05
Sb	3,61E-07	1,07E-06	1,11E-06	8,87E-07	4,59E-07	1,32E-06	4,24E-07	NA	2,11E-06
As	7,92E-07	2,35E-06	2,44E-06	1,95E-06	1,01E-06	2,91E-06	9,31E-07	NA	4,62E-06
Cd	1,85E-06	5,49E-06	5,71E-06	4,56E-06	2,36E-06	6,80E-06	2,18E-06	NA	1,08E-05
Pb	2,76E-06	6,04E-06	4,38E-06	6,60E-06	3,81E-06	8,28E-06	2,94E-06	NA	1,20E-05
TI	1,96E-05	4,29E-05	3,11E-05	4,68E-05	2,70E-05	5,88E-05	2,09E-05	NA	8,53E-05
V	3,51E-05	7,66E-05	5,56E-05	8,36E-05	4,83E-05	1,05E-04	3,73E-05	NA	1,52E-04

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.47. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores reales de emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	1,12E-05	2,23E-05	1,77E-05	2,67E-05	1,54E-05	3,35E-05	1,19E-05	NA	4,86E-05
Sb	1,62E-06	4,49E-06	5,01E-06	3,99E-06	2,07E-06	5,96E-06	1,91E-06	NA	9,48E-06
As	3,48E-06	9,56E-06	1,07E-05	8,57E-06	4,43E-06	1,28E-05	4,09E-06	NA	2,03E-05
Cd	8,09E-06	2,24E-05	2,49E-05	1,99E-05	1,03E-05	2,97E-05	9,51E-06	NA	4,72E-05
Pb	2,27E-05	4,85E-05	3,60E-05	5,42E-05	3,13E-05	6,80E-05	2,41E-05	NA	9,87E-05
Tl	1,19E-04	2,48E-04	1,88E-04	2,83E-04	1,64E-04	3,56E-04	1,26E-04	NA	5,16E-04
V	3,03E-04	6,50E-04	4,81E-04	7,23E-04	4,17E-04	9,07E-04	3,22E-04	NA	1,32E-03

*NA: No Aplica: El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.48. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores de emisión real. Para una exposición de 30 años.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
As	1,53E-10	4,53E-10	4,71E-10	3,76E-10	1,94E-10	5,61E-10	1,79E-10	NA	8,91E-10
Pb	3,60E-11	7,86E-11	5,70E-11	8,58E-11	4,95E-11	1,08E-10	3,82E-11	NA	1,56E-10

*NA: No Aplica: El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.49. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	7,68E-05	1,69E-04	1,22E-04	1,81E-04	1,06E-04	2,30E-04	8,16E-05	NA	3,34E-04
Sb	6,69E-07	2,19E-06	2,06E-06	1,64E-06	8,84E-07	2,47E-06	7,85E-07	NA	3,85E-06
As	1,47E-06	4,80E-06	4,52E-06	3,60E-06	1,94E-06	5,42E-06	1,72E-06	NA	8,44E-06
Cd	1,55E-06	5,08E-06	4,78E-06	3,81E-06	2,05E-06	5,73E-06	1,82E-06	NA	8,93E-06
Pb	5,12E-06	1,12E-05	8,10E-06	1,21E-05	7,05E-06	1,53E-05	5,44E-06	NA	2,23E-05
Tl	1,54E-05	3,37E-05	2,43E-05	3,63E-05	2,12E-05	4,60E-05	1,63E-05	NA	6,69E-05
V	6,50E-05	1,43E-04	1,03E-04	1,53E-04	8,95E-05	1,95E-04	6,90E-05	NA	2,83E-04

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.50. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite emisión.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
Dioxinas y furanos	2,73E-04	5,47E-04	4,32E-04	6,44E-04	3,76E-04	8,18E-04	2,90E-04	NA	1,19E-03
Sb	3,01E-06	9,18E-06	9,28E-06	7,39E-06	3,98E-06	1,11E-05	3,54E-06	NA	1,73E-05
As	6,45E-06	1,95E-05	1,99E-05	1,58E-05	8,53E-06	2,38E-05	7,57E-06	NA	3,71E-05
Cd	6,78E-06	2,07E-05	2,09E-05	1,66E-05	8,96E-06	2,50E-05	7,95E-06	NA	3,90E-05
Pb	4,21E-05	9,03E-05	6,65E-05	9,92E-05	5,79E-05	1,26E-04	4,46E-05	NA	1,83E-04
Tl	9,30E-05	1,95E-04	1,47E-04	2,19E-04	1,28E-04	2,79E-04	9,88E-05	NA	4,05E-04
V	5,62E-04	1,21E-03	8,88E-04	1,32E-03	7,73E-04	1,68E-03	5,96E-04	NA	2,44E-03

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

Tabla A.51. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión para cada receptor de la planta de LAFARGE en Montcada, valores límite de emisión. Para una exposición de 30 años.

	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8*	B9
As	2,83E-10	9,26E-10	8,72E-10	6,94E-10	3,74E-10	1,04E-09	3,32E-10	NA	1,63E-09
Pb	6,66E-11	1,46E-10	1,05E-10	1,57E-10	9,17E-11	1,99E-10	7,07E-11	NA	2,90E-10

*NA: No Aplica. El receptor B8 se encuentra en un entorno industrial por lo que la exposición es únicamente profesional.

ANEXO II.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA

En la siguiente tabla se indica la tasa de deposición seca que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo), F_{umb} , tanto para niños como para adultos, para las sustancias que tienen definido un umbral de exposición. Por tanto, estos valores representan los valores umbral de deposición por debajo de los cuales se puede considerar que no existe riesgo significativo por ingestión. Además, estos valores de deposición umbral se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de las emisiones de la planta (F). La comparación se presenta como el cociente F/F_{umb} .

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos un millón de veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

Tabla A.52. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada.

TRAZADORES	F_{umb} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)*		Cociente F/F_{umb} **	
	Adultos	Niños	Adultos	Niños
Dioxinas y furanos	3,75E-09	1,05E-09	1,38E-05	4,91E-05
Sb	2,00E-02	4,42E-03	2,36E-06	1,07E-05
As	2,38E-02	5,38E-03	5,19E-06	2,30E-05
Cd	2,44E-02	5,54E-03	1,18E-05	5,20E-05
Pb	2,62E-02	3,68E-03	1,75E-05	1,24E-04
Tl	4,50E-03	7,83E-04	1,09E-04	6,27E-04
V	2,10E-03	2,86E-04	2,28E-04	1,67E-03

* Deposición seca umbral ($I_R=1$).

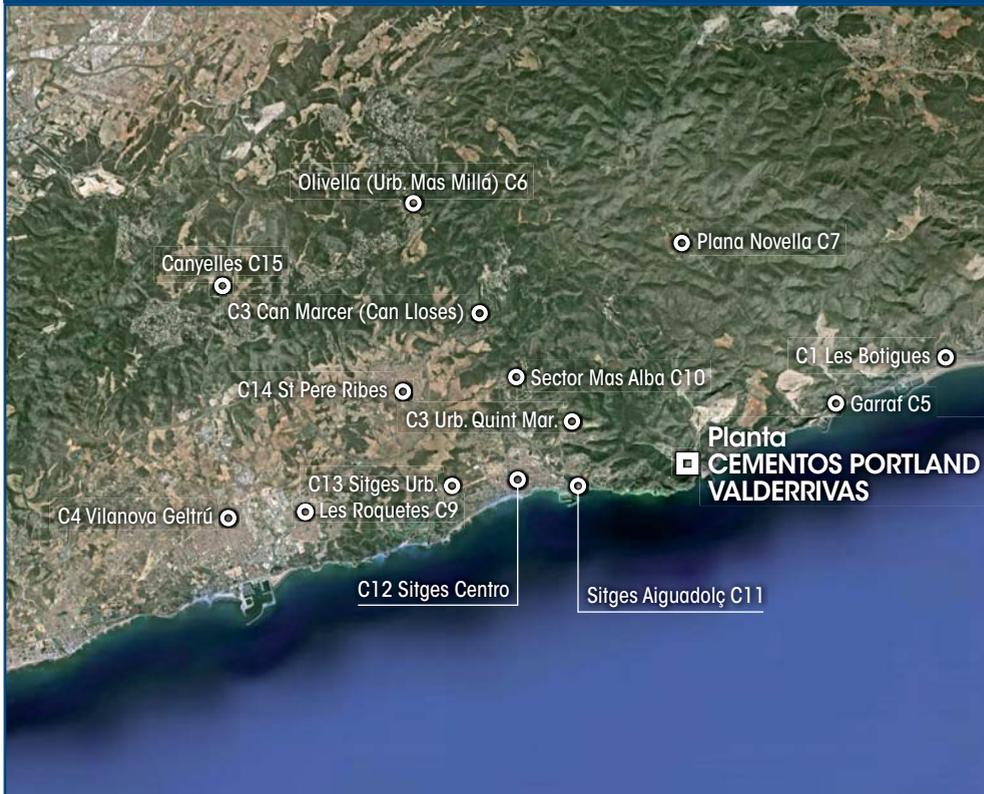
** Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

Anexo III

TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS EN VALLCARCA

ANEXO III.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Figura A.7. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Vallcarca (Cementos Portland Valderrivas).



ANEXO III.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.53. Datos de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, Horno VI.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
NO _x	601,57	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
SO ₂	49,60	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
TOC	35,34	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
HCl	0,16	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
HF	0,11	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
CO	1526,12	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
PM tot	5,13	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
Dioxinas y furanos	3,60E-09	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
Antimonio	3,18E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Arsénico	3,18E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cadmio	4,13E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cobalto	6,38E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cobre	2,28E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cromo III	1,14E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cromo VI	4,87E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Manganeso	9,73E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Mercurio	5,65E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Níquel	1,68E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Plomo	2,14E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Talio	1,63E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Vanadio	5,93E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008

Tabla A.54. Datos de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, Horno VII.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
NO _x	391,54	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
SO ₂	65,80	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
TOC	18,90	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
HCl	0,13	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
HF	0,16	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
CO	2.256,68	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
PM tot	1,45	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
Dioxinas y furanos	1,49E-08	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones en continuo de 2008
Antimonio	3,85E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Arsénico	3,85E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cadmio	7,46E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cobalto	9,03E-04	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cobre	1,19E-02	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cromo III	2,70E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Cromo VI	1,16E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Manganeso	3,87E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Mercurio	3,10E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Níquel	5,64E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Plomo	2,64E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Talio	1,93E-03	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008
Vanadio	1,82E-02	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂ .	Promedio obtenido a partir de las mediciones realizadas por ECA en 2008

Tabla A.55. Datos de caudal considerados para la planta.

Planta	Dato de caudal	Unidades	Observaciones
Cementos Portland Valderrivas - Vallcarca Horno VI	131.186	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Promedio de los valores de caudal de 2008 (hasta julio)
Cementos Portland Valderrivas - Vallcarca Horno VII	313.234	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Promedio de los valores de caudal de 2008 (hasta julio)

Tabla A.56. Valores límite de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca.

Parámetro	Valor límite	Unidades	Observaciones
NO _x	800	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
SO ₂	600	mg/Nm ³	Según AAI
TOC	100	mg/Nm ³	Según AAI
HCl	10	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
HF	1	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
PM tot	30	mg/Nm ³	Según AAI
Dioxinas y furanos	0,10	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Cd + Tl	0,05	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Hg	0,05	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003
Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5	mg/Nm ³	Según Directiva 2000/76/CE y Real Decreto 653/2003

Tabla A.57a. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VI.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
NO ₂	21,92
SO ₂	1,81
TOC	1,29
HCl	5,95E-03
HF	3,92E-03
CO	55,61
Partículas	0,19
Dioxinas y furanos	1,31E-10
Antimonio	1,16E-04
Arsénico	1,16E-04
Cadmio	1,50E-05
Cobalto	2,33E-05
Cobre	8,33E-05
Cromo III	4,14E-05
Cromo VI	1,77E-05
Mercurio	2,06E-04
Manganeso	3,54E-05
Níquel	6,11E-05

Tabla A.57b. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VI.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
Plomo	7,81E-05
Talio	5,96E-05
Vanadio	2,16E-05

Tabla A.58. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VII.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
NO ₂	34,07
SO ₂	5,73
TOC	1,64
HCl	1,15E-02
HF	1,38E-02
CO	196,35
Partículas	0,13
Dioxinas y furanos	1,30E-09
Antimonio	3,35E-04
Arsénico	3,35E-04
Cadmio	6,49E-04
Cobalto	7,86E-05
Cobre	1,04E-03
Cromo III	2,34E-04
Cromo VI	1,00E-04
Mercurio	2,70E-04
Manganeso	3,37E-04
Níquel	4,91E-04
Plomo	2,30E-04
Talio	1,68E-04
Vanadio	1,59E-03

Tabla A.59. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VI.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
NO _x	29,15
SO ₂	21,86
HCl	0,36
HF	0,04
PM tot	1,09
Dioxinas y furanos	3,64E-09
Antimonio	3,55E-03
Arsénico	3,55E-03
Cadmio	3,67E-04
Cobalto	7,15E-04
Cobre	2,56E-03
Cromo III	1,27E-03
Cromo VI	5,45E-04
Mercurio	1,82E-03
Manganeso	1,09E-03
Níquel	1,88E-03
Plomo	2,40E-03
Talio	1,45E-03
Vanadio	6,63E-04

Tabla A.60a. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VII.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
NO _x	69,61
SO ₂	52,21
HCl	0,87
HF	0,09
PM tot	2,61
Dioxinas y furanos	8,70E-09
Antimonio	3,06E-03
Arsénico	3,06E-03
Cadmio	3,46E-03

Tabla A.60b. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Horno VII.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
Cobalto	7,18E-04
Cobre	9,47E-03
Cromo III	2,14E-03
Cromo VI	9,18E-04
Mercurio	2,46E-03
Manganeso	3,08E-03
Níquel	4,48E-03
Plomo	2,10E-03
Talio	8,94E-04
Vanadio	1,45E-02

ANEXO III.3 DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0**Tabla A.61a. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.**

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
NO _x	1,50E+00	7,30E+00	1,62E+00	4,48E-01	1,60E+00	1,20E+00	1,81E+00	2,74E+00	5,00E-01
SO ₂	1,95E-01	9,44E-01	2,16E-01	5,90E-02	2,11E-01	1,59E-01	2,43E-01	3,68E-01	6,61E-02
TOC	7,92E-02	3,87E-01	8,49E-02	2,36E-02	8,41E-02	6,29E-02	9,50E-02	1,43E-01	2,63E-02
HCl	4,61E-04	2,24E-03	5,03E-04	1,39E-04	4,95E-04	3,72E-04	5,64E-04	8,52E-04	1,55E-04
HF	4,55E-04	2,21E-03	5,07E-04	1,38E-04	4,96E-04	3,74E-04	5,70E-04	8,63E-04	1,55E-04
CO	6,47E+00	3,14E+01	7,21E+00	1,97E+00	7,05E+00	5,32E+00	8,10E+00	1,23E+01	2,21E+00
PM tot	6,83E-03	4,19E-02	7,99E-03	1,81E-03	8,34E-03	5,54E-03	9,06E-03	1,43E-02	2,13E-03
Dioxinas y furanos	2,73E-11	1,64E-10	3,49E-11	7,46E-12	3,51E-11	2,41E-11	3,99E-11	6,33E-11	8,94E-12
Sb	9,32E-06	5,68E-05	1,25E-05	3,08E-06	1,21E-05	9,18E-06	1,44E-05	2,17E-05	3,53E-06
As	9,32E-06	5,68E-05	1,25E-05	3,08E-06	1,21E-05	9,18E-06	1,44E-05	2,17E-05	3,53E-06
Cd	1,30E-05	7,82E-05	1,82E-05	4,36E-06	1,73E-05	1,33E-05	2,10E-05	3,18E-05	5,03E-06
Co	2,09E-06	1,27E-05	2,82E-06	6,92E-07	2,73E-06	2,07E-06	3,25E-06	4,89E-06	7,94E-07
Cu	2,23E-05	1,34E-04	3,08E-05	7,44E-06	2,95E-05	2,26E-05	3,56E-05	5,38E-05	8,58E-06
Cr III	5,56E-06	3,37E-05	7,59E-06	1,85E-06	7,31E-06	5,57E-06	8,75E-06	1,32E-05	2,12E-06

Tabla A.61b. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Cr VI	2,38E-06	1,44E-05	3,24E-06	7,89E-07	3,12E-06	2,38E-06	3,74E-06	5,65E-06	9,08E-07
Mn	7,43E-06	4,48E-05	1,02E-05	2,47E-06	9,82E-06	7,50E-06	1,18E-05	1,78E-05	2,85E-06
Hg	1,02E-05	6,29E-05	1,33E-05	3,34E-06	1,31E-05	9,80E-06	1,53E-05	2,30E-05	3,81E-06
Ni	1,11E-05	6,67E-05	1,52E-05	3,68E-06	1,46E-05	1,11E-05	1,75E-05	2,65E-05	4,24E-06
Pb	5,85E-06	3,85E-05	8,01E-06	1,82E-06	7,79E-06	5,73E-06	8,98E-06	1,44E-05	2,05E-06
Tl	4,71E-06	2,85E-05	6,31E-06	1,55E-06	6,13E-06	4,55E-06	7,04E-06	1,09E-05	1,78E-06
V	2,91E-05	1,88E-04	4,13E-05	9,17E-06	3,95E-05	2,94E-05	4,64E-05	7,57E-05	1,05E-05

Tabla A.62. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	2,25E-13	2,37E-12	5,29E-13	7,82E-14	4,58E-13	3,45E-13	5,15E-13	9,92E-13	9,42E-14
Sb	1,08E-08	6,86E-08	1,63E-08	3,55E-09	1,42E-08	1,14E-08	1,65E-08	2,94E-08	4,00E-09
As	1,08E-08	6,86E-08	1,63E-08	3,55E-09	1,42E-08	1,14E-08	1,65E-08	2,94E-08	4,00E-09
Cd	1,51E-08	9,44E-08	2,37E-08	5,12E-09	2,03E-08	1,65E-08	2,41E-08	4,32E-08	5,80E-09
Pb	7,00E-09	4,71E-08	1,07E-08	2,12E-09	9,30E-09	7,28E-09	1,06E-08	2,00E-08	2,39E-09
Tl	5,47E-09	3,44E-08	8,22E-09	1,79E-09	7,17E-09	5,65E-09	8,10E-09	1,48E-08	2,02E-09
V	3,49E-08	2,30E-07	5,51E-08	1,10E-08	4,71E-08	3,75E-08	5,47E-08	1,05E-07	1,23E-08

Tabla A.63. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	5,96E-14	1,20E-14	1,40E-13	2,07E-14	1,21E-13	9,13E-14	1,36E-13	2,62E-13	2,49E-14
Sb	3,02E-10	3,67E-11	4,54E-10	9,90E-11	3,96E-10	3,18E-10	4,61E-10	8,20E-10	1,12E-10
As	1,52E-10	1,85E-11	2,29E-10	4,98E-11	1,99E-10	1,60E-10	2,32E-10	4,13E-10	5,62E-11
Cd	1,04E-09	1,24E-10	1,63E-09	3,52E-10	1,39E-09	1,14E-09	1,66E-09	2,97E-09	3,98E-10
Pb	1,30E-09	1,68E-10	1,98E-09	3,94E-10	1,73E-09	1,35E-09	1,97E-09	3,71E-09	4,43E-10
Tl	8,71E-11	1,05E-11	1,31E-10	2,85E-11	1,14E-10	9,00E-11	1,29E-10	2,36E-10	3,22E-11
V	6,61E-09	8,37E-10	1,04E-08	2,09E-09	8,93E-09	7,10E-09	1,04E-08	1,99E-08	2,34E-09

Tabla A.64. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Valores en mg/kg/día.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	2,12E-13	4,28E-14	4,98E-13	7,36E-14	4,31E-13	3,25E-13	4,84E-13	9,33E-13	8,86E-14
Sb	1,51E-09	1,84E-10	2,27E-09	4,95E-10	1,98E-09	1,59E-09	2,30E-09	4,10E-09	5,59E-10
As	8,10E-10	9,83E-11	1,22E-09	2,65E-10	1,06E-09	8,52E-10	1,23E-09	2,20E-09	2,99E-10
Cd	4,72E-09	5,66E-10	7,41E-09	1,60E-09	6,35E-09	5,17E-09	7,53E-09	1,35E-08	1,81E-09
Pb	1,10E-08	1,42E-09	1,68E-08	3,34E-09	1,46E-08	1,15E-08	1,67E-08	3,14E-08	3,76E-09
TI	6,83E-10	8,23E-11	1,03E-09	2,24E-10	8,95E-10	7,05E-10	1,01E-09	1,85E-09	2,52E-10
V	5,89E-08	7,46E-09	9,31E-08	1,87E-08	7,97E-08	6,33E-08	9,24E-08	1,77E-07	2,08E-08

Tabla A.65a. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Valores en µg/m³.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
NO _x	1,60E+00	7,82E+00	1,70E+00	4,74E-01	1,68E+00	1,26E+00	1,89E+00	2,85E+00	5,28E-01
SO ₂	1,20E+00	5,86E+00	1,27E+00	3,55E-01	1,26E+00	9,42E-01	1,42E+00	2,14E+00	3,96E-01
TOC	5,76E-02	3,81E-01	7,22E-02	8,36E-03	6,67E-02	5,57E-02	9,00E-02	1,09E-01	9,48E-03
HCl	1,97E-02	9,66E-02	2,09E-02	5,85E-03	2,08E-02	1,55E-02	2,34E-02	3,53E-02	6,52E-03
HF	2,19E-03	1,07E-02	2,33E-03	6,50E-04	2,31E-03	1,72E-03	2,60E-03	3,92E-03	7,24E-04
PM tot	7,40E-02	4,48E-01	9,11E-02	1,99E-02	9,30E-02	6,30E-02	1,04E-01	1,64E-01	2,37E-02
Dioxinas y furanos	2,47E-10	1,49E-09	3,04E-10	6,65E-11	3,10E-10	2,10E-10	3,46E-10	5,48E-10	7,91E-11
Sb	1,54E-04	9,48E-04	1,99E-04	5,03E-05	1,97E-04	1,44E-04	2,22E-04	3,43E-04	5,73E-05
As	1,54E-04	9,48E-04	1,99E-04	5,03E-05	1,97E-04	1,44E-04	2,22E-04	3,43E-04	5,73E-05
Cd	9,52E-05	5,96E-04	1,16E-04	3,04E-05	1,17E-04	8,42E-05	1,28E-04	1,96E-04	3,42E-05
Co	3,11E-05	1,91E-04	4,01E-05	1,01E-05	3,96E-05	2,91E-05	4,46E-05	6,91E-05	1,15E-05
Cu	1,11E-04	6,83E-04	1,44E-04	3,63E-05	1,42E-04	1,04E-04	1,60E-04	2,47E-04	4,13E-05
Cr III	5,53E-05	3,39E-04	7,13E-05	1,80E-05	7,04E-05	5,16E-05	7,93E-05	1,23E-04	2,05E-05
Cr VI	2,37E-05	1,45E-04	3,06E-05	7,72E-06	3,02E-05	2,21E-05	3,40E-05	5,26E-05	8,79E-06
Mn	4,74E-05	2,91E-04	6,12E-05	1,54E-05	6,04E-05	4,43E-05	6,80E-05	1,05E-04	1,76E-05
Hg	7,92E-05	4,86E-04	1,02E-04	2,58E-05	1,01E-04	7,40E-05	1,14E-04	1,76E-04	2,94E-05
Ni	8,18E-05	5,02E-04	1,06E-04	2,66E-05	1,04E-04	7,64E-05	1,17E-04	1,82E-04	3,03E-05

Tabla A.65b. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Pb	9,02E-05	6,04E-04	1,19E-04	2,77E-05	1,18E-04	8,55E-05	1,33E-04	2,10E-04	3,09E-05
Tl	5,22E-05	3,22E-04	6,62E-05	1,69E-05	6,59E-05	4,80E-05	7,35E-05	1,13E-04	1,92E-05
V	2,76E-04	1,78E-03	3,89E-04	8,67E-05	3,73E-04	2,78E-04	4,37E-04	7,12E-04	9,87E-05

Tabla A.66. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	1,97E-12	2,16E-11	4,59E-12	6,83E-13	4,03E-12	3,00E-12	4,46E-12	8,53E-12	8,20E-13
Sb	1,80E-07	1,14E-06	2,60E-07	5,70E-08	2,30E-07	1,79E-07	2,55E-07	4,64E-07	6,41E-08
As	1,80E-07	1,14E-06	2,60E-07	5,70E-08	2,30E-07	1,79E-07	2,55E-07	4,64E-07	6,41E-08
Cd	1,11E-07	7,19E-07	1,51E-07	3,36E-08	1,37E-07	1,04E-07	1,47E-07	2,65E-07	3,75E-08
Pb	1,08E-07	7,40E-07	1,58E-07	3,12E-08	1,41E-07	1,08E-07	1,57E-07	2,90E-07	3,53E-08
Tl	6,08E-08	3,89E-07	8,62E-08	1,90E-08	7,71E-08	5,95E-08	8,45E-08	1,53E-07	2,13E-08
V	3,30E-07	2,18E-06	5,19E-07	1,04E-07	4,45E-07	3,53E-07	5,15E-07	9,87E-07	1,16E-07

Tabla A.67. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	5,21E-13	1,10E-13	1,22E-12	1,81E-13	1,07E-12	7,93E-13	1,18E-12	2,26E-12	2,17E-13
Sb	5,01E-09	6,12E-10	7,24E-09	1,59E-09	6,42E-09	4,99E-09	7,11E-09	1,29E-08	1,79E-09
As	2,52E-09	3,08E-10	3,64E-09	8,01E-10	3,23E-09	2,51E-09	3,58E-09	6,51E-09	9,00E-10
Cd	7,62E-09	9,48E-10	1,03E-08	2,30E-09	9,44E-09	7,15E-09	1,01E-08	1,82E-08	2,57E-09
Pb	2,00E-08	2,64E-09	2,94E-08	5,79E-09	2,61E-08	2,01E-08	2,92E-08	5,39E-08	6,56E-09
Tl	9,68E-10	1,19E-10	1,37E-09	3,03E-10	1,23E-09	9,47E-10	1,35E-09	2,44E-09	3,40E-10
V	6,26E-08	7,93E-09	9,84E-08	1,97E-08	8,43E-08	6,69E-08	9,76E-08	1,87E-07	2,20E-08

Tabla A.68. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Valores en mg/kg/día.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	1,85E-12	3,89E-13	4,32E-12	6,43E-13	3,79E-12	2,82E-12	4,20E-12	8,02E-12	7,71E-13
Sb	2,51E-08	3,06E-09	3,62E-08	7,96E-09	3,21E-08	2,50E-08	3,56E-08	6,47E-08	8,95E-09
As	1,34E-08	1,64E-09	1,94E-08	4,27E-09	1,72E-08	1,34E-08	1,91E-08	3,47E-08	4,79E-09
Cd	3,47E-08	4,31E-09	4,71E-08	1,05E-08	4,30E-08	3,26E-08	4,60E-08	8,28E-08	1,17E-08
Pb	1,70E-07	2,23E-08	2,49E-07	4,91E-08	2,21E-07	1,71E-07	2,47E-07	4,57E-07	5,56E-08
TI	7,59E-09	9,31E-10	1,08E-08	2,37E-09	9,62E-09	7,42E-09	1,05E-08	1,91E-08	2,66E-09
V	1,85E-12	3,89E-13	4,32E-12	6,43E-13	3,79E-12	2,82E-12	4,20E-12	8,02E-12	7,71E-13

ANEXO III.4 MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Figura A.8. Dispersión de la emisión de NO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).

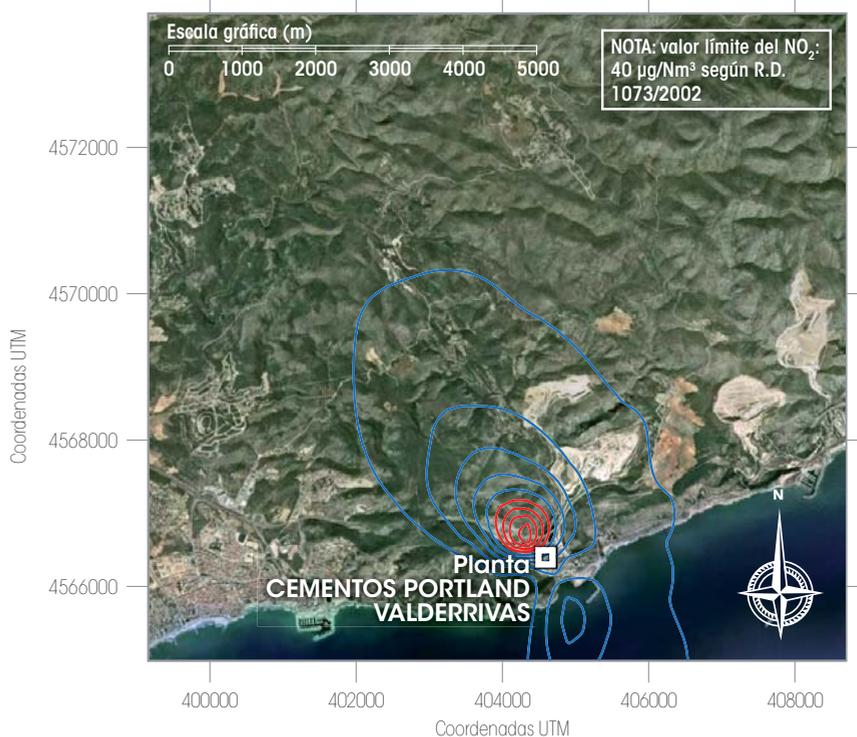
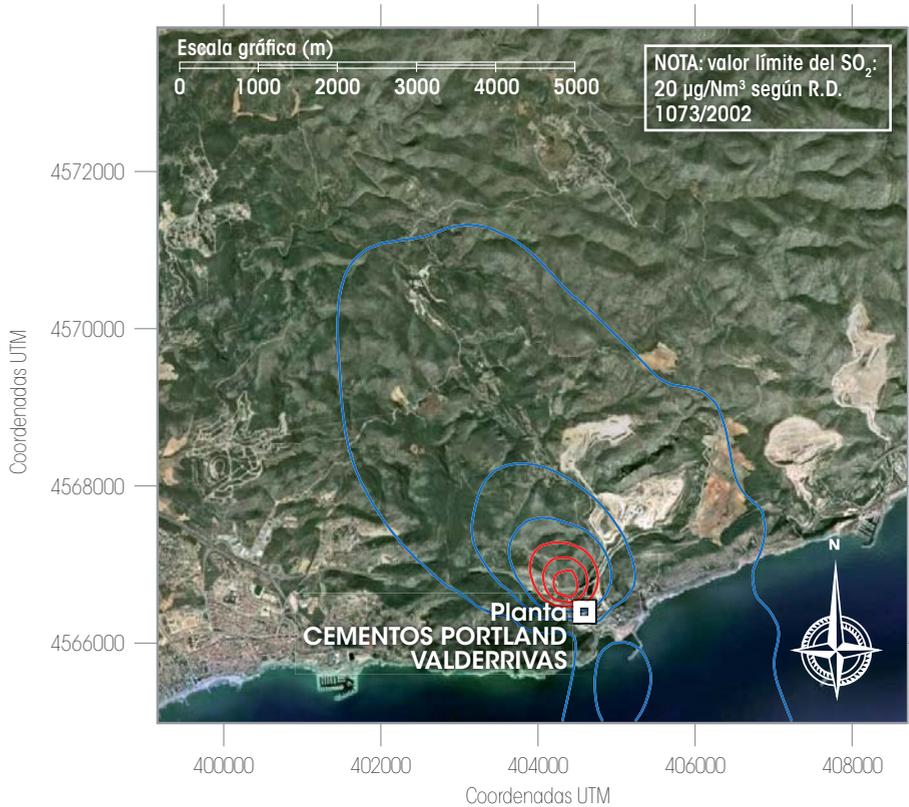


Figura A.9. Dispersión de la emisión de SO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).



ANEXO III.5 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN

Tabla A.69a. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
NO _x	3,74E-02	1,83E-01	4,05E-02	1,12E-02	3,99E-02	2,99E-02	4,53E-02	6,84E-02	1,25E-02
SO ₂	9,73E-03	4,72E-02	1,08E-02	2,95E-03	1,06E-02	7,97E-03	1,21E-02	1,84E-02	3,31E-03
HCl	2,31E-05	1,12E-04	2,51E-05	6,93E-06	2,47E-05	1,86E-05	2,82E-05	4,26E-05	7,75E-06
HF	3,25E-05	1,58E-04	3,62E-05	9,88E-06	3,54E-05	2,67E-05	4,07E-05	6,17E-05	1,11E-05
CO	6,47E-04	3,14E-03	7,21E-04	1,97E-04	7,05E-04	5,32E-04	8,10E-04	1,23E-03	2,21E-04
PM tot	3,42E-04	2,10E-03	3,99E-04	9,04E-05	4,17E-04	2,77E-04	4,53E-04	7,15E-04	1,06E-04

Tabla A.69b. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	6,83E-07	4,09E-06	8,72E-07	1,87E-07	8,78E-07	6,02E-07	9,96E-07	1,58E-06	2,24E-07
Sb	6,66E-06	4,06E-05	8,93E-06	2,20E-06	8,67E-06	6,56E-06	1,03E-05	1,55E-05	2,52E-06
As	3,11E-04	1,89E-03	4,17E-04	1,03E-04	4,04E-04	3,06E-04	4,80E-04	7,23E-04	1,18E-04
Cd	6,52E-04	3,91E-03	9,09E-04	2,18E-04	8,67E-04	6,66E-04	1,05E-03	1,59E-03	2,52E-04
Co	2,09E-05	1,27E-04	2,82E-05	6,92E-06	2,73E-05	2,07E-05	3,25E-05	4,89E-05	7,94E-06
Cu	2,23E-05	1,34E-04	3,08E-05	7,44E-06	2,95E-05	2,26E-05	3,56E-05	5,38E-05	8,58E-06
Cr III	9,27E-08	5,61E-07	1,26E-07	3,08E-08	1,22E-07	9,28E-08	1,46E-07	2,20E-07	3,54E-08
Cr VI	2,38E-05	1,44E-04	3,24E-05	7,89E-06	3,12E-05	2,38E-05	3,74E-05	5,65E-05	9,08E-06
Mn	1,49E-04	8,96E-04	2,05E-04	4,95E-05	1,96E-04	1,50E-04	2,36E-04	3,57E-04	5,70E-05
Hg	3,40E-05	2,10E-04	4,44E-05	1,11E-05	4,36E-05	3,27E-05	5,09E-05	7,65E-05	1,27E-05
Ni	1,23E-04	7,41E-04	1,69E-04	4,09E-05	1,62E-04	1,24E-04	1,95E-04	2,94E-04	4,71E-05
Pb	1,17E-05	7,69E-05	1,60E-05	3,64E-06	1,56E-05	1,15E-05	1,80E-05	2,89E-05	4,11E-06

Tabla A.70. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	1,32E-08	1,54E-09	1,77E-08	4,35E-09	1,72E-08	1,30E-08	2,03E-08	3,07E-08	4,99E-09
Cd	1,01E-08	1,16E-09	1,40E-08	3,36E-09	1,34E-08	1,03E-08	1,62E-08	2,45E-08	3,88E-09
Cr VI	4,08E-08	4,73E-09	5,56E-08	1,35E-08	5,36E-08	4,08E-08	6,41E-08	9,68E-08	1,56E-08
Ni	1,80E-09	2,08E-10	2,47E-09	5,99E-10	2,38E-09	1,81E-09	2,85E-09	4,31E-09	6,90E-10
Pb	3,01E-11	3,79E-12	4,12E-11	9,35E-12	4,01E-11	2,95E-11	4,62E-11	7,43E-11	1,06E-11

Tabla A.71. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	2,65E-09	1,61E-08	3,55E-09	8,74E-10	3,45E-09	2,61E-09	4,09E-09	6,16E-09	1,00E-09
Cd	2,02E-09	1,21E-08	2,82E-09	6,76E-10	2,69E-09	2,06E-09	3,26E-09	4,92E-09	7,80E-10
Cr VI	8,19E-09	4,96E-08	1,12E-08	2,72E-09	1,08E-08	8,20E-09	1,29E-08	1,94E-08	3,13E-09
Ni	3,62E-10	2,18E-09	4,97E-10	1,20E-10	4,77E-10	3,64E-10	5,73E-10	8,66E-10	1,39E-10
Pb	6,04E-12	3,97E-11	8,27E-12	1,88E-12	8,05E-12	5,92E-12	9,28E-12	1,49E-11	2,12E-12

Tabla A.72. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Valores límite de emisión.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
NO _x	3,99E-02	1,95E-01	4,24E-02	1,18E-02	4,21E-02	3,14E-02	4,74E-02	7,14E-02	1,32E-02
SO ₂	5,99E-02	2,93E-01	6,36E-02	1,78E-02	6,31E-02	4,71E-02	7,10E-02	1,07E-01	1,98E-02
HCl	9,87E-04	4,83E-03	1,05E-03	2,92E-04	1,04E-03	7,76E-04	1,17E-03	1,76E-03	3,26E-04
HF	1,57E-04	7,66E-04	1,66E-04	4,64E-05	1,65E-04	1,23E-04	1,86E-04	2,80E-04	5,17E-05
PM tot	3,70E-03	2,24E-02	4,55E-03	9,97E-04	4,65E-03	3,15E-03	5,19E-03	8,22E-03	1,19E-03
Dioxinas y furanos	6,17E-06	3,73E-05	7,59E-06	1,66E-06	7,76E-06	5,25E-06	8,65E-06	1,37E-05	1,98E-06
Sb	1,10E-04	6,77E-04	1,42E-04	3,59E-05	1,40E-04	1,03E-04	1,58E-04	2,45E-04	4,09E-05
As	5,15E-03	3,16E-02	6,64E-03	1,68E-03	6,56E-03	4,81E-03	7,39E-03	1,14E-02	1,91E-03
Cd	4,76E-03	2,98E-02	5,78E-03	1,52E-03	5,86E-03	4,21E-03	6,39E-03	9,82E-03	1,71E-03
Co	3,11E-04	1,91E-03	4,01E-04	1,01E-04	3,96E-04	2,91E-04	4,46E-04	6,91E-04	1,15E-04
Cu	1,11E-04	6,83E-04	1,44E-04	3,63E-05	1,42E-04	1,04E-04	1,60E-04	2,47E-04	4,13E-05
Cr III	9,21E-07	5,65E-06	1,19E-06	3,00E-07	1,17E-06	8,60E-07	1,32E-06	2,04E-06	3,41E-07
Cr VI	2,37E-04	1,45E-03	3,06E-04	7,72E-05	3,02E-04	2,21E-04	3,40E-04	5,26E-04	8,79E-05
Mn	9,49E-04	5,82E-03	1,22E-03	3,09E-04	1,21E-03	8,86E-04	1,36E-03	2,11E-03	3,52E-04
Hg	2,64E-04	1,62E-03	3,41E-04	8,60E-05	3,36E-04	2,47E-04	3,79E-04	5,86E-04	9,79E-05
Ni	9,09E-04	5,58E-03	1,17E-03	2,96E-04	1,16E-03	8,49E-04	1,30E-03	2,02E-03	3,37E-04
Pb	1,80E-04	1,21E-03	2,38E-04	5,54E-05	2,36E-04	1,71E-04	2,66E-04	4,21E-04	6,18E-05

Tabla A.73. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Valores límite de emisión

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	2,18E-07	2,57E-08	2,82E-07	7,11E-08	2,78E-07	2,04E-07	3,13E-07	4,85E-07	8,10E-08
Cd	7,34E-08	8,82E-09	8,92E-08	2,34E-08	9,05E-08	6,50E-08	9,86E-08	1,52E-07	2,64E-08
Cr VI	4,07E-07	4,78E-08	5,24E-07	1,32E-07	5,18E-07	3,80E-07	5,83E-07	9,02E-07	1,51E-07
Ni	1,33E-08	1,57E-09	1,72E-08	4,34E-09	1,70E-08	1,24E-08	1,91E-08	2,96E-08	4,94E-09
Pb	4,64E-10	5,96E-11	6,12E-10	1,42E-10	6,06E-10	4,40E-10	6,85E-10	1,08E-09	1,59E-10

Tabla A.74. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca. Valores límite de emisión

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	4,39E-08	2,69E-07	5,66E-08	1,43E-08	5,59E-08	4,10E-08	6,30E-08	9,74E-08	1,63E-08
Cd	1,48E-08	9,24E-08	1,79E-08	4,71E-09	1,82E-08	1,31E-08	1,98E-08	3,05E-08	5,31E-09
Cr VI	8,17E-08	5,01E-07	1,05E-07	2,66E-08	1,04E-07	7,63E-08	1,17E-07	1,81E-07	3,03E-08
Ni	2,68E-09	1,64E-08	3,45E-09	8,72E-10	3,41E-09	2,50E-09	3,84E-09	5,94E-09	9,92E-10
Pb	9,32E-11	6,24E-10	1,23E-10	2,86E-11	1,22E-10	8,83E-11	1,38E-10	2,17E-10	3,19E-11

ANEXO III.6 RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN

Tabla A.75. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	5,96E-05	1,20E-05	1,40E-04	2,07E-05	1,21E-04	9,13E-05	1,36E-04	2,62E-04	2,49E-05
Sb	7,55E-07	9,17E-08	1,14E-06	2,47E-07	9,90E-07	7,94E-07	1,15E-06	2,05E-06	2,79E-07
As	5,06E-07	6,15E-08	7,62E-07	1,66E-07	6,64E-07	5,33E-07	7,73E-07	1,38E-06	1,87E-07
Cd	1,04E-06	1,24E-07	1,63E-06	3,52E-07	1,39E-06	1,14E-06	1,66E-06	2,97E-06	3,98E-07
Pb	3,64E-07	4,70E-08	5,55E-07	1,10E-07	4,84E-07	3,79E-07	5,51E-07	1,04E-06	1,24E-07
TI	1,25E-06	1,50E-07	1,88E-06	4,09E-07	1,64E-06	1,29E-06	1,85E-06	3,38E-06	4,61E-07
V	2,20E-05	2,79E-06	3,48E-05	6,97E-06	2,98E-05	2,37E-05	3,45E-05	6,63E-05	7,79E-06

Tabla A.76. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	2,12E-04	4,28E-05	4,98E-04	7,36E-05	4,31E-04	3,25E-04	4,84E-04	9,33E-04	8,86E-05
Sb	3,78E-06	4,59E-07	5,68E-06	1,24E-06	4,95E-06	3,97E-06	5,76E-06	1,03E-05	1,40E-06
As	2,70E-06	3,28E-07	4,06E-06	8,85E-07	3,54E-06	2,84E-06	4,12E-06	7,33E-06	9,98E-07
Cd	4,72E-06	5,66E-07	7,41E-06	1,60E-06	6,35E-06	5,17E-06	7,53E-06	1,35E-05	1,81E-06
Pb	3,08E-06	3,98E-07	4,71E-06	9,35E-07	4,10E-06	3,21E-06	4,67E-06	8,80E-06	1,05E-06
Tl	9,78E-06	1,18E-06	1,47E-05	3,20E-06	1,28E-05	1,01E-05	1,45E-05	2,65E-05	3,61E-06
V	1,96E-04	2,49E-05	3,10E-04	6,22E-05	2,66E-04	2,11E-04	3,08E-04	5,91E-04	6,95E-05

Tabla A.77. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores de emisión real. Para una exposición de 30 años.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	9,77E-11	1,19E-11	1,47E-10	3,20E-11	1,28E-10	1,03E-10	1,49E-10	2,65E-10	3,61E-11
Pb	4,73E-12	6,11E-13	7,22E-12	1,44E-12	6,29E-12	4,93E-12	7,16E-12	1,35E-11	1,61E-12

Tabla A.78. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	5,21E-04	1,10E-04	1,22E-03	1,81E-04	1,07E-03	7,93E-04	1,18E-03	2,26E-03	2,17E-04
Sb	1,25E-05	1,53E-06	1,81E-05	3,98E-06	1,61E-05	1,25E-05	1,78E-05	3,23E-05	4,47E-06
As	8,40E-06	1,03E-06	1,21E-05	2,67E-06	1,08E-05	8,37E-06	1,19E-05	2,17E-05	3,00E-06
Cd	7,62E-06	9,48E-07	1,03E-05	2,30E-06	9,44E-06	7,15E-06	1,01E-05	1,82E-05	2,57E-06
Pb	5,61E-06	7,39E-07	8,24E-06	1,62E-06	7,31E-06	5,64E-06	8,17E-06	1,51E-05	1,84E-06
Tl	1,39E-05	1,70E-06	1,97E-05	4,34E-06	1,76E-05	1,36E-05	1,93E-05	3,50E-05	4,87E-06
V	2,09E-04	2,64E-05	3,28E-04	6,56E-05	2,81E-04	2,23E-04	3,25E-04	6,23E-04	7,34E-05

Tabla A.79. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
Dioxinas y furanos	1,85E-03	3,89E-04	4,32E-03	6,43E-04	3,79E-03	2,82E-03	4,20E-03	8,02E-03	7,71E-04
Sb	6,27E-05	7,65E-06	9,06E-05	1,99E-05	8,04E-05	6,24E-05	8,89E-05	1,62E-04	2,24E-05
As	4,48E-05	5,47E-06	6,47E-05	1,42E-05	5,74E-05	4,46E-05	6,35E-05	1,16E-04	1,60E-05
Cd	3,47E-05	4,31E-06	4,71E-05	1,05E-05	4,30E-05	3,26E-05	4,60E-05	8,28E-05	1,17E-05
Pb	4,76E-05	6,26E-06	6,98E-05	1,37E-05	6,20E-05	4,78E-05	6,92E-05	1,28E-04	1,56E-05
Tl	1,09E-04	1,33E-05	1,54E-04	3,40E-05	1,38E-04	1,06E-04	1,51E-04	2,74E-04	3,81E-05
V	1,86E-03	2,36E-04	2,93E-03	5,86E-04	2,51E-03	1,99E-03	2,90E-03	5,56E-03	6,55E-04

Tabla A.80. Exceso de Riesgo Individual (ERI) para cada receptor de la planta de CEMENTOS PORTLAND VALDERRIVAS en Vallcarca, valores límite de emisión. Para una exposición de 30 años.

	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9
As	1,62E-09	1,98E-10	2,34E-09	5,15E-10	2,08E-09	1,61E-09	2,30E-09	4,19E-09	5,78E-10
Pb	7,30E-11	9,61E-12	1,07E-10	2,11E-11	9,51E-11	7,33E-11	1,06E-10	1,96E-10	2,39E-11

ANEXO III.7 DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA

En la siguiente tabla se indica la tasa de deposición seca que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo), F_{umb} , tanto para niños como para adultos, para las sustancias que tienen definido un umbral de exposición. Por tanto, estos valores representan los valores umbral de deposición por debajo de los cuales se puede considerar que no existe riesgo significativo por ingestión. Además, estos valores de deposición umbral se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de las emisiones de la planta (F). La comparación se presenta como el cociente F/F_{umb} .

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos un millón de veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

Tabla A.81. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada.

TRAZADORES	F_{umb} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)*		Cociente F/F_{umb} **	
	Adultos	Niños	Adultos	Niños
Dioxinas y furanos	3,75E-09	1,05E-09	6,33E-04	2,26E-03
Sb	1,24E-02	2,50E-03	5,54E-06	2,75E-05
As	1,78E-02	3,40E-03	3,86E-06	2,01E-05
Cd	1,31E-02	2,88E-03	7,18E-06	3,28E-05
Pb	1,30E-02	1,80E-03	3,62E-06	2,62E-05
Tl	3,05E-03	4,43E-04	1,13E-05	7,76E-05
V	1,04E-03	1,40E-04	2,21E-04	1,65E-03

* Deposición seca umbral ($R=1$).

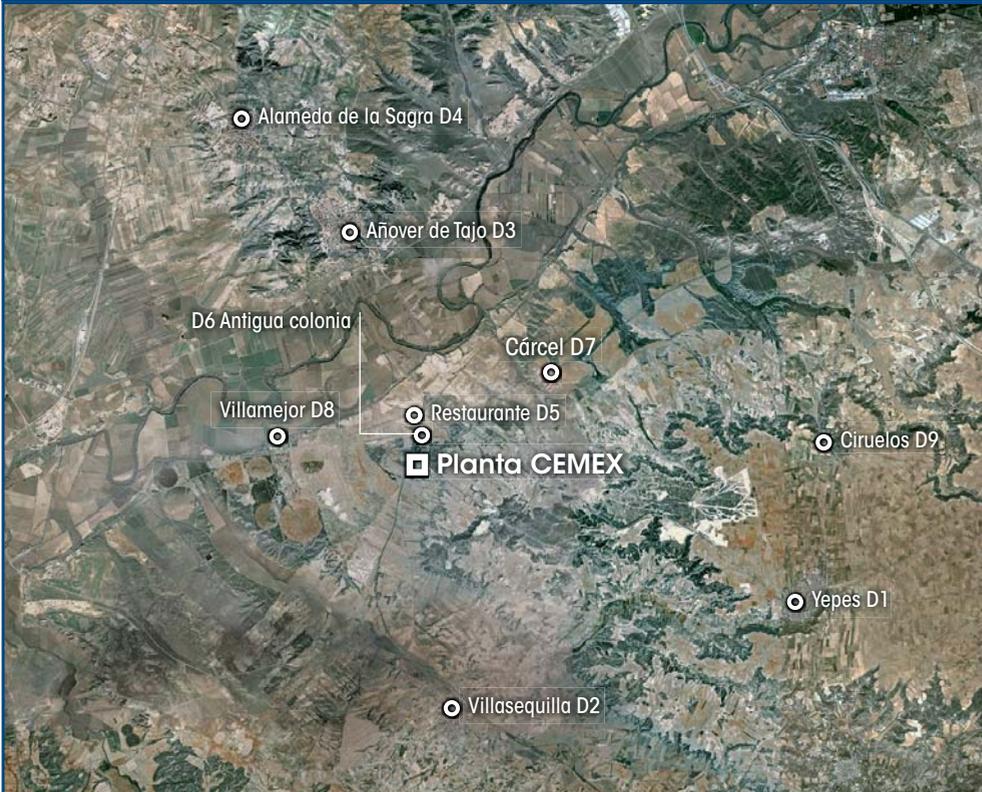
** Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

Anexo IV

TABLAS Y GRÁFICOS DE LA PLANTA DE CEMEX EN CASTILLEJO

ANEXO IV.1 MAPA DE LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

Figura A.10. Ortofoto del área de estudio considerada para la modelización. Planta de Castillejo (Cemex).



ANEXO IV.2 DATOS DE ENTRADA AL MODELO ADMS 4.0

Tabla A.82. Datos de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 5.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
HCl	2,2867	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
HF	0,1100	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
COT	5,1885	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
Cd	0,0056	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008 para la suma de Cd+Tl. Se ha considerado como valor individual el valor de la suma Cd+Tl
Tl	0,0056	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008 para la suma de Cd+Tl. Se ha considerado como valor individual el valor de la suma Cd+Tl
Hg	0,0020	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Zn	0,0133	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Cr III	0,0020	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Cr VI	0,0009	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Ni	0,0039	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
As	0,0045	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Pb	0,0122	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Mn	0,0134	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Sn	0,0082	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores puntuales medidos en 2008.
Cu	0,0027	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Dioxinas y furanos	3,80E-09	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los valores medidos en 2008.
Partículas	7,3175	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
CO	415,2926	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
NO _x	546,7352	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
SO ₂	0,5902	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008

Tabla A.83a. Datos de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
HCl	4,2000	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
HF	0,0600	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
COT	4,9611	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
Cd	0,0008	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Se ha considerado como valor individual el valor de la suma Cd+Tl

Tabla A.83b. Datos de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Parámetro	Dato emisión real	Unidades	Observaciones
Tl	0,0008	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Se ha considerado como valor individual el valor de la suma Cd+Tl
Hg	0,0020	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Zn	0,0097	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Cr III	0,0019	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Cr VI	0,0008	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Ni	0,0020	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
As	0,0032	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Pb	0,0217	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Mn	0,0030	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Sn	0,0105	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Cu		mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	No se dispone de dato para la concentración de Cu
Dioxinas y furanos	1,30E-09	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Valor puntual medido en 2008.
Partículas	6,1146	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
CO	608,7707	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
NO _x	330,6303	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008
SO ₂	0,6552	mg/Nm ³ BS, 10% O ₂	Promedio de los datos en continuo del año 2008

Tabla A.84. Datos de caudal considerados para la planta de CEMEX en Castillejo.

Horno	Dato de caudal	Unidades	Observaciones
5	251.168	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Valor proporcionado por Cemex para el año 2008
6	248.648	Nm ³ /h, BS 10%O ₂	Valor proporcionado por Cemex para el año 2008

Tabla A.85a. Valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo.

Parámetro	Valor límite	Unidades	Observaciones
NO _x	800	mg/Nm ³	Según AAI
SO ₂	20	mg/Nm ³	Según AAI
TOC	10	mg/Nm ³	Según AAI
HCl	10	mg/Nm ³	Según AAI
HF	1	mg/Nm ³	Según AAI
CO	600	mg/Nm ³	Según AAI
PM tot	30	mg/Nm ³	Según AAI
Dioxinas y furanos	5E-08	mg/Nm ³	Según AAI

Tabla A.85b. Valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo.

Parámetro	Valor límite	Unidades	Observaciones
Cd + Tl	0,05	mg/Nm ³	Según AAI
Hg	0,05	mg/Nm ³	Según AAI
Zn+Cr+Ni+Cu+As+Pb+Mn+Sn	0,4	mg/Nm ³	Según AAI

Tabla A.86. Tasa másica correspondiente a los valores de emisión real de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 5.

Parámetro	Tasa másica de emisión (g/s)
HCl	1,60E-01
HF	7,67E-03
COT	3,62E-01
Cd	3,91E-04
Tl	3,91E-04
Hg	1,42E-04
Zn	9,30E-04
Cr III	1,42E-04
Cr VI	6,07E-05
Ni	2,72E-04
As	3,14E-04
Pb	8,54E-04
Mn	9,33E-04
Sn	5,70E-04
Cu	1,88E-04
Dioxinas y furanos	2,65E-10
Partículas	5,11E-01
CO	2,90E+01
NO _x	3,81E+01
SO ₂	4,12E-02
Vanadio	5,99E-05

Tabla A.87a. Tasas másicas correspondientes a los valores reales de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Parámetro	Tasa másica (g/s)
HCl	2,90E-01
HF	4,14E-03

Tabla A.87b. Tasas máxicas correspondientes a los valores reales de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
COT	3,43E-01
Cd	5,53E-05
TI	5,53E-05
Hg	1,38E-04
Zn	6,70E-04
Cr III	1,31E-04
Cr VI	5,59E-05
Ni	1,38E-04
As	2,21E-04
Pb	1,50E-03
Mn	2,07E-04
Sn	7,25E-04
Cu	0,00E+00
Dioxinas y furanos	8,98E-11
Partículas	4,22E-01
CO	4,20E+01
NO _x	2,28E+01
SO ₂	4,53E-02
Vanadio	5,99E-05

Tabla A.88a. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 5.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
HCl	6,98E-01
HF	6,98E-02
Cd	3,49E-03
TI	3,49E-03
Hg	3,49E-03
Zn	6,24E-03
Cr III	9,50E-04
Cr VI	4,07E-04
Ni	1,83E-03

Tabla A.88b. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 5.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
As	2,11E-03
Pb	5,73E-03
Mn	6,26E-03
Sn	3,82E-03
Cu	1,26E-03
Dioxinas y furanos	3,49E-09
Partículas	2,09E+00
CO	4,19E+01
NO _x	5,58E+01
SO ₂	1,40E+00
Co	3,49E-02
Sb	3,49E-02
V	3,49E-02

Tabla A.89a. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Parámetro	Tasa máxica (g/s)
HCl	6,91E-01
HF	6,91E-02
Cd	3,45E-03
Tl	3,45E-03
Hg	3,45E-03
Zn	8,00E-03
Cr III	1,56E-03
Cr VI	6,68E-04
Ni	1,65E-03
As	2,64E-03
Pb	1,79E-02
Mn	2,47E-03
Sn	8,66E-03
Cu	2,76E-02
Dioxinas y furanos	3,45E-09

Tabla A.89b. Tasas máxicas correspondientes a los valores límite de emisión de la planta de CEMEX en Castillejo. Horno 6.

Partículas	2,07E+00
CO	4,14E+01
NO _x	5,53E+01
SO ₂	1,38E+00
Co	3,45E-02
Sb	3,45E-02
V	3,45E-02

ANEXO IV.3. DATOS DE SALIDA DEL MODELO ADMS 4.0**Tabla A.90. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMEX en castillejo, valores de emisión real. Valores en µg/m³.**

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
NO _x	4,52E-01	3,43E-02	2,78E-01	2,25E-01	4,84E-01	4,15E-01	1,32E+00	2,43E+00	9,79E-01
SO ₂	6,44E-04	4,98E-05	4,07E-04	3,26E-04	7,57E-04	6,09E-04	1,90E-03	3,50E-03	1,39E-03
TOC	5,24E-03	4,04E-04	3,29E-03	2,64E-03	6,03E-03	4,92E-03	1,54E-02	2,84E-02	1,13E-02
HCl	3,36E-03	2,64E-04	2,17E-03	1,72E-03	4,23E-03	3,25E-03	9,93E-03	1,85E-02	7,26E-03
HF	8,76E-05	6,64E-06	5,36E-05	4,34E-05	9,24E-05	8,00E-05	2,56E-04	4,70E-04	1,90E-04
CO	2,13E-01	1,55E-02	1,22E-01	1,01E-01	1,73E-01	1,81E-01	6,16E-01	1,11E+00	4,64E-01
PM tot	5,84E-03	4,48E-04	3,84E-03	3,01E-03	7,38E-03	6,09E-03	1,85E-02	3,45E-02	1,25E-02
Dioxinas y furanos	3,15E-12	2,30E-13	1,82E-12	1,52E-12	2,79E-12	2,52E-12	8,56E-12	1,55E-11	7,27E-12
Sn	1,16E-05	8,78E-07	7,07E-06	5,81E-06	1,24E-05	9,86E-06	3,18E-05	5,85E-05	2,66E-05
As	4,77E-06	3,55E-07	2,84E-06	2,35E-06	4,70E-06	3,94E-06	1,30E-05	2,38E-05	1,10E-05
Cd	3,95E-06	2,84E-07	2,23E-06	1,88E-06	3,19E-06	3,07E-06	1,07E-05	1,93E-05	9,13E-06
Zn	1,43E-05	1,06E-06	8,49E-06	7,04E-06	1,41E-05	1,18E-05	3,90E-05	7,12E-05	3,28E-05
Cu	1,66E-06	1,17E-07	9,12E-07	7,77E-07	1,21E-06	1,25E-06	4,47E-06	8,01E-06	3,84E-06
Cr III	2,44E-06	1,83E-07	1,47E-06	1,21E-06	2,50E-06	2,04E-06	6,68E-06	1,22E-05	5,61E-06
Cr VI	1,04E-06	7,82E-08	6,27E-07	5,17E-07	1,07E-06	8,72E-07	2,85E-06	5,22E-06	2,40E-06
Mn	1,01E-05	7,31E-07	5,76E-06	4,84E-06	8,51E-06	7,95E-06	2,74E-05	4,95E-05	2,33E-05
Hg	2,50E-06	1,88E-07	1,51E-06	1,24E-06	2,58E-06	2,10E-06	6,85E-06	1,26E-05	5,75E-06
Ni	3,65E-06	2,69E-07	2,14E-06	1,78E-06	3,42E-06	2,97E-06	9,94E-06	1,81E-05	8,41E-06
Pb	2,11E-05	1,61E-06	1,31E-05	1,07E-05	2,37E-05	1,82E-05	5,81E-05	1,07E-04	4,84E-05
Tl	3,23E-06	2,33E-07	1,83E-06	1,55E-06	2,66E-06	2,53E-06	8,76E-06	1,58E-05	7,48E-06

Tabla A.91. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^2\text{s}$.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	5,35E-15	3,76E-16	2,23E-15	1,91E-15	3,23E-15	3,02E-15	1,10E-14	1,87E-14	1,13E-14
Sn	1,96E-08	1,42E-09	8,68E-09	7,30E-09	1,44E-08	1,18E-08	4,08E-08	7,06E-08	4,12E-08
As	8,08E-09	5,78E-10	3,48E-09	2,95E-09	5,44E-09	4,73E-09	1,67E-08	2,87E-08	1,70E-08
Cd	6,72E-09	4,65E-10	2,72E-09	2,36E-09	3,69E-09	3,68E-09	1,37E-08	2,32E-08	1,42E-08
Pb	3,56E-08	2,61E-09	1,60E-08	1,34E-08	2,74E-08	2,19E-08	7,46E-08	1,29E-07	7,49E-08
Tl	5,50E-09	3,82E-10	2,24E-09	1,94E-09	3,08E-09	3,03E-09	1,12E-08	1,91E-08	1,16E-08
Zn	2,42E-08	1,73E-09	1,04E-08	8,83E-09	1,63E-08	1,42E-08	5,00E-08	8,59E-08	5,08E-08

Tabla A.92. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	1,42E-15	9,94E-17	5,89E-16	5,05E-16	5,05E-16	7,98E-16	2,90E-15	4,95E-15	2,98E-15
Sn	5,10E-08	3,71E-09	2,26E-08	1,90E-08	3,75E-08	3,09E-08	1,06E-07	1,84E-07	1,07E-07
As	9,52E-11	6,81E-12	4,10E-11	3,48E-11	6,41E-11	5,57E-11	1,97E-10	3,38E-10	2,00E-10
Cd	2,94E-10	2,03E-11	1,19E-10	1,03E-10	1,61E-10	1,61E-10	5,97E-10	1,01E-09	6,19E-10
Pb	3,99E-09	2,93E-10	1,80E-09	1,50E-09	3,07E-09	2,46E-09	8,36E-09	1,45E-08	8,39E-09
Tl	7,09E-11	4,92E-12	2,89E-11	2,49E-11	3,97E-11	3,90E-11	1,44E-10	2,46E-10	1,49E-10
Zn	4,68E-08	3,35E-09	2,02E-08	1,71E-08	3,16E-08	2,74E-08	9,68E-08	1,66E-07	9,84E-08

Tabla A.93. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	D1	D2	D3	D4	D5*	D6*	D7*	D8	D9
Dioxinas y furanos	5,03E-15	3,53E-16	2,09E-15	1,80E-15	NA	NA	NA	1,76E-14	1,06E-14
Sn	1,81E-07	1,31E-08	8,01E-08	6,73E-08	NA	NA	NA	6,51E-07	3,80E-07
As	4,40E-10	3,14E-11	1,89E-10	1,60E-10	NA	NA	NA	1,56E-09	9,25E-10
Cd	1,30E-09	9,00E-11	5,26E-10	4,55E-10	NA	NA	NA	4,49E-09	2,74E-09
Pb	3,31E-08	2,43E-09	1,49E-08	1,25E-08	NA	NA	NA	1,20E-07	6,97E-08
Tl	4,60E-10	3,20E-11	1,87E-10	1,62E-10	NA	NA	NA	1,59E-09	9,69E-10
Zn	1,64E-07	1,17E-08	7,06E-08	5,98E-08	NA	NA	NA	5,82E-07	3,45E-07

*NA: No Aplica puesto que en los receptores D5, D6 y D7 no habitan niños.

Tabla A.94. Concentraciones medias en el aire para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
NO _x	8,27E-01	6,38E-02	5,20E-01	4,17E-01	9,57E-01	7,78E-01	2,43E+00	4,49E+00	1,79E+00
SO ₂	2,07E-02	1,60E-03	1,30E-02	1,04E-02	2,39E-02	1,95E-02	6,08E-02	1,12E-01	4,48E-02
TOC	1,63E-02	1,45E-03	6,69E-03	6,24E-03	1,29E-02	1,01E-02	3,74E-02	5,15E-02	3,45E-02
HCl	1,03E-02	7,97E-04	6,50E-03	5,21E-03	1,20E-02	9,72E-03	3,04E-02	5,61E-02	2,24E-02
HF	1,03E-03	7,97E-05	6,50E-04	5,21E-04	1,20E-03	9,72E-04	3,04E-03	5,61E-03	2,24E-03
CO	7,44E-01	5,60E-02	4,49E-01	3,71E-01	7,71E-01	6,25E-01	2,04E+00	3,74E+00	1,71E+00
PM tot	2,61E-02	2,01E-03	1,73E-02	1,35E-02	3,38E-02	2,74E-02	8,27E-02	1,54E-01	5,60E-02
Dioxinas y furanos	6,20E-11	4,66E-12	3,74E-11	3,09E-11	6,42E-11	5,21E-11	1,70E-10	3,11E-10	1,43E-10
Sb	6,20E-04	4,66E-05	3,74E-04	3,09E-04	6,42E-04	5,21E-04	1,70E-03	3,11E-03	1,43E-03
As	4,25E-05	3,22E-06	2,59E-05	2,13E-05	4,55E-05	3,61E-05	1,17E-04	2,14E-04	9,77E-05
Cd	6,20E-05	4,66E-06	3,74E-05	3,09E-05	6,42E-05	5,21E-05	1,70E-04	3,11E-04	1,43E-04
Co	6,20E-04	4,66E-05	3,74E-04	3,09E-04	6,42E-04	5,21E-04	1,70E-03	3,11E-03	1,43E-03
Cu	2,61E-04	2,07E-05	1,70E-04	1,37E-04	3,42E-04	2,39E-04	7,26E-04	1,36E-03	5,96E-04
Cr III	2,25E-05	1,72E-06	1,39E-05	1,14E-05	2,50E-05	1,94E-05	6,19E-05	1,14E-04	5,16E-05
Cr VI	9,63E-06	7,36E-07	5,94E-06	4,87E-06	1,07E-05	8,29E-06	2,65E-05	4,89E-05	2,21E-05
Mn	7,75E-05	5,68E-06	4,51E-05	3,77E-05	7,02E-05	6,24E-05	2,11E-04	3,83E-04	1,79E-04
Hg	6,20E-05	4,66E-06	3,74E-05	3,09E-05	6,42E-05	5,21E-05	1,70E-04	3,11E-04	1,43E-04
Ni	3,11E-05	2,33E-06	1,87E-05	1,54E-05	3,18E-05	2,60E-05	8,51E-05	1,56E-04	7,15E-05
Pb	2,12E-04	1,65E-05	1,34E-04	1,09E-04	2,54E-04	1,88E-04	5,88E-04	1,09E-03	4,87E-04
Tl	6,20E-05	4,66E-06	3,74E-05	3,09E-05	6,42E-05	5,21E-05	1,70E-04	3,11E-04	1,43E-04
V	6,20E-04	4,66E-05	3,74E-04	3,09E-04	6,42E-04	5,21E-04	1,70E-03	3,11E-03	1,43E-03
Zn	1,27E-04	9,66E-06	7,78E-05	6,39E-05	1,37E-04	1,08E-04	3,50E-04	6,43E-04	2,93E-04
Sn	1,12E-04	8,63E-06	7,00E-05	5,71E-05	1,29E-04	9,78E-05	3,09E-04	5,71E-04	2,57E-04

Tabla A.95. Deposición seca (F) para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión. Valores en $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	1,05E-13	7,57E-15	4,59E-14	3,87E-14	7,44E-14	6,26E-14	2,18E-13	3,76E-13	2,21E-13
Sb	1,05E-06	7,57E-08	4,59E-07	3,87E-07	7,44E-07	6,26E-07	2,18E-06	3,76E-06	2,21E-06
As	7,18E-08	5,22E-09	3,18E-08	2,67E-08	5,27E-08	4,34E-08	1,50E-07	2,59E-07	1,51E-07
Cd	1,05E-07	7,57E-09	4,59E-08	3,87E-08	7,44E-08	6,26E-08	2,18E-07	3,76E-07	2,21E-07
Pb	3,58E-07	2,66E-08	1,65E-07	1,37E-07	2,94E-07	2,26E-07	7,55E-07	1,31E-06	7,52E-07
Tl	1,05E-07	7,57E-09	4,59E-08	3,87E-08	7,44E-08	6,26E-08	2,18E-07	3,76E-07	2,21E-07
V	1,05E-06	7,57E-08	4,59E-07	3,87E-07	7,44E-07	6,26E-07	2,18E-06	3,76E-06	2,21E-06
Sn	1,89E-07	1,39E-08	8,60E-08	7,17E-08	1,50E-07	1,18E-07	3,97E-07	6,90E-07	3,97E-07
Zn	2,15E-07	1,57E-08	9,55E-08	8,02E-08	1,59E-07	1,30E-07	4,49E-07	7,76E-07	4,53E-07

Tabla A.96. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión. Valores en $\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	2,77E-14	2,00E-15	1,22E-14	1,02E-14	1,97E-14	1,66E-14	5,77E-14	9,94E-14	5,84E-14
Sb	2,08E-08	1,50E-09	9,13E-09	7,70E-09	1,48E-08	1,24E-08	4,33E-08	7,47E-08	4,38E-08
As	8,46E-10	6,15E-11	3,75E-10	3,15E-10	6,21E-10	5,11E-10	1,76E-09	3,05E-09	1,78E-09
Cd	4,58E-09	3,31E-10	2,01E-09	1,69E-09	3,25E-09	2,73E-09	9,52E-09	1,64E-08	9,64E-09
Pb	4,01E-08	2,98E-09	1,85E-08	1,53E-08	3,29E-08	2,53E-08	8,46E-08	1,47E-07	8,43E-08
Tl	1,35E-09	9,75E-11	5,92E-10	4,99E-10	9,58E-10	8,06E-10	2,81E-09	4,84E-09	2,84E-09
V	1,20E-07	8,65E-09	5,25E-08	4,43E-08	8,50E-08	7,15E-08	2,49E-07	4,29E-07	2,52E-07
Sn	4,92E-07	3,63E-08	2,24E-07	1,87E-07	3,91E-07	3,07E-07	1,03E-06	1,80E-06	1,03E-06
Zn	4,17E-07	3,03E-08	1,85E-07	1,55E-07	3,07E-07	2,52E-07	8,70E-07	1,50E-06	8,77E-07

Tabla A.97. Dosis Diaria de Exposición (DDE) debido a la ingestión en niños para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión. Valores en mg/kg/día.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	9,86E-14	7,12E-15	4,32E-14	3,64E-14	NA	NA	NA	3,53E-13	2,07E-13
Sb	9,68E-08	6,98E-09	4,24E-08	3,57E-08	NA	NA	NA	3,47E-07	2,04E-07
As	3,91E-09	2,84E-10	1,73E-09	1,45E-09	NA	NA	NA	1,41E-08	8,22E-09
Cd	2,03E-08	1,46E-09	8,88E-09	7,49E-09	NA	NA	NA	7,27E-08	4,27E-08
Pb	3,33E-07	2,47E-08	1,53E-07	1,27E-07	NA	NA	NA	1,22E-06	7,00E-07
Tl	8,77E-09	6,33E-10	3,84E-09	3,24E-09	NA	NA	NA	3,14E-08	1,84E-08
V	1,05E-06	7,56E-08	4,58E-07	3,87E-07	NA	NA	NA	3,75E-06	2,20E-06
Sn	1,74E-06	1,28E-07	7,93E-07	6,61E-07	NA	NA	NA	6,36E-06	3,66E-06
Zn	1,46E-06	1,06E-07	6,47E-07	5,44E-07	NA	NA	NA	5,26E-06	3,07E-06

ANEXO IV.4. MAPAS DE DISPERSIÓN DE CONTAMINANTES

Figura A.11. Dispersión de la emisión de NO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).

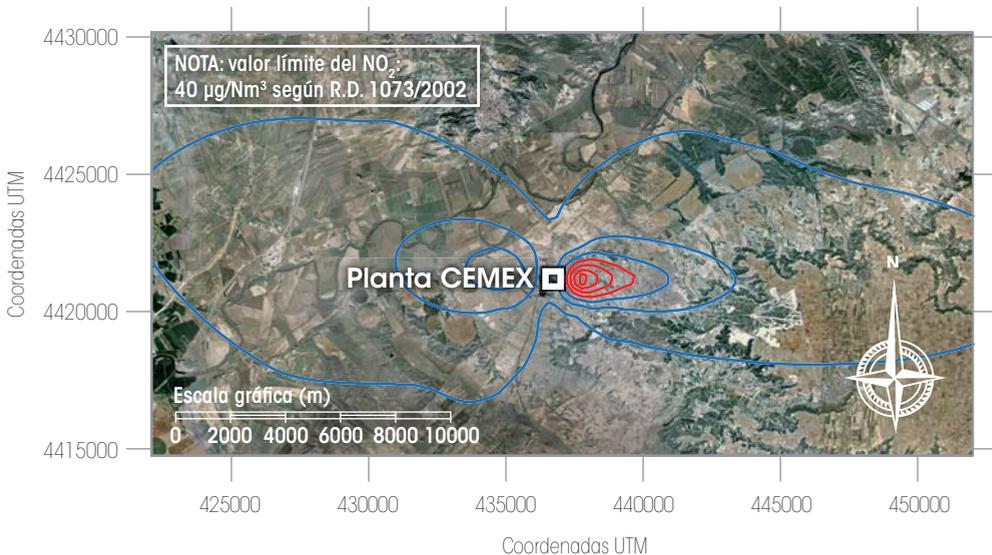
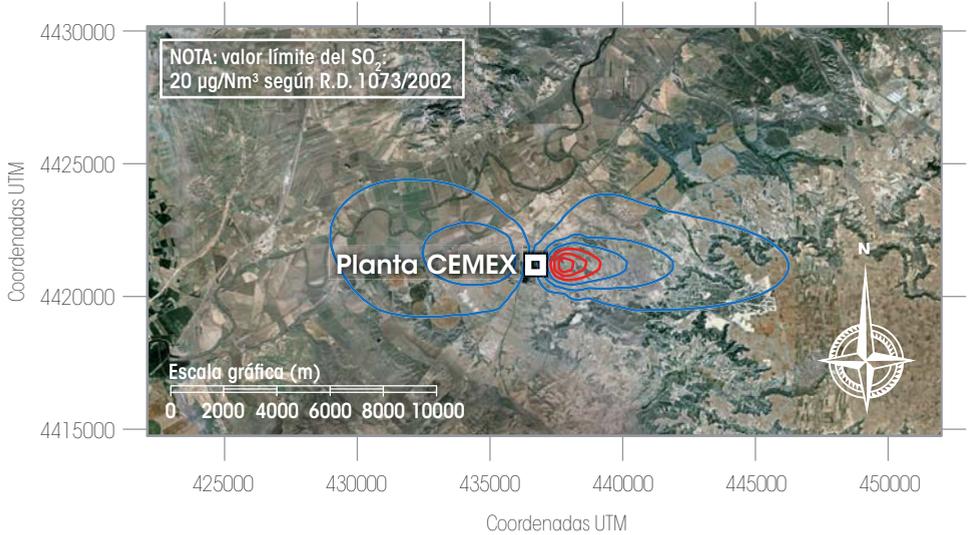


Figura A.12. Dispersión de la emisión de SO₂ para valores límite de emisión (valores en µg/Nm³).



ANEXO IV.5. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INHALACIÓN

Tabla A.98a. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores de emisión real.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
NO _x	1,13E-02	8,58E-04	6,95E-03	5,62E-03	1,21E-02	1,04E-02	3,31E-02	6,07E-02	2,45E-02
SO ₂	3,22E-05	2,49E-06	2,03E-05	1,63E-05	3,78E-05	3,05E-05	9,48E-05	1,75E-04	6,96E-05
HCl	1,68E-04	1,32E-05	1,08E-04	8,62E-05	2,11E-04	1,63E-04	4,97E-04	9,23E-04	3,63E-04
HF	6,25E-06	4,74E-07	3,83E-06	3,10E-06	6,60E-06	5,71E-06	1,83E-05	3,36E-05	1,36E-05
CO	2,13E-05	1,55E-06	1,22E-05	1,01E-05	1,73E-05	1,81E-05	6,16E-05	1,11E-04	4,64E-05
PM tot	2,92E-04	2,24E-05	1,92E-04	1,51E-04	3,69E-04	3,05E-04	9,25E-04	1,72E-03	6,27E-04
Dioxinas y furanos	7,87E-08	5,75E-09	4,55E-08	3,81E-08	6,98E-08	6,30E-08	2,14E-07	3,88E-07	1,82E-07
Sn	1,66E-09	1,25E-10	1,01E-09	8,30E-10	1,78E-09	1,41E-09	4,55E-09	8,36E-09	3,80E-09
As	1,59E-04	1,18E-05	9,46E-05	7,84E-05	1,57E-04	1,31E-04	4,34E-04	7,94E-04	3,66E-04
Cd	1,97E-04	1,42E-05	1,11E-04	9,40E-05	1,59E-04	1,54E-04	5,34E-04	9,64E-04	4,56E-04
Zn	1,36E-08	1,01E-09	8,09E-09	6,70E-09	1,34E-08	1,12E-08	3,71E-08	6,79E-08	3,13E-08
Cu	1,66E-06	1,17E-07	9,12E-07	7,77E-07	1,21E-06	1,25E-06	4,47E-06	8,01E-06	3,84E-06

Tabla A.98b. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores de emisión real.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Cr III	4,06E-08	3,05E-09	2,45E-08	2,02E-08	4,17E-08	3,40E-08	1,11E-07	2,04E-07	9,35E-08
Cr VI	1,04E-05	7,82E-07	6,27E-06	5,17E-06	1,07E-05	8,72E-06	2,85E-05	5,22E-05	2,40E-05
Mn	2,02E-04	1,46E-05	1,15E-04	9,69E-05	1,70E-04	1,59E-04	5,48E-04	9,91E-04	4,67E-04
Hg	8,34E-06	6,27E-07	5,03E-06	4,15E-06	8,61E-06	7,00E-06	2,28E-05	4,19E-05	1,92E-05
Ni	4,05E-05	2,99E-06	2,38E-05	1,98E-05	3,80E-05	3,30E-05	1,10E-04	2,01E-04	9,34E-05
Pb	4,22E-05	3,23E-06	2,61E-05	2,14E-05	4,73E-05	3,64E-05	1,16E-04	2,14E-04	9,69E-05

Tabla A.99. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores de emisión real.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	6,74E-09	5,02E-10	4,01E-09	3,33E-09	6,64E-09	5,57E-09	1,84E-08	3,37E-08	1,55E-08
Cd	3,05E-09	2,19E-10	1,72E-09	1,45E-09	2,46E-09	2,37E-09	8,24E-09	1,49E-08	7,04E-09
Cr VI	1,78E-08	1,34E-09	1,07E-08	8,87E-09	1,83E-08	2,02E-07	4,89E-08	8,96E-08	4,11E-08
Ni	5,94E-10	4,38E-11	3,48E-10	2,90E-10	5,57E-10	2,04E-10	1,62E-09	2,95E-09	1,37E-09
Pb	1,09E-10	8,30E-12	6,71E-11	5,49E-11	1,22E-10	1,05E-11	2,99E-10	5,51E-10	2,49E-10

Tabla A.100. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores de emisión real.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	1,35E-09	1,01E-10	8,06E-10	6,68E-10	1,33E-09	1,12E-09	3,70E-09	6,77E-09	3,12E-09
Cd	6,12E-10	4,40E-11	3,45E-10	2,91E-10	4,94E-10	4,76E-10	1,66E-09	2,99E-09	1,42E-09
Cr VI	3,59E-09	2,69E-10	2,16E-09	1,78E-09	3,68E-09	3,00E-09	9,82E-09	1,80E-08	8,25E-09
Ni	1,19E-10	8,80E-12	7,00E-11	5,83E-11	1,12E-10	9,71E-11	3,25E-10	5,92E-10	2,75E-10
Pb	2,18E-11	1,67E-12	1,35E-11	1,10E-11	2,44E-11	1,88E-11	6,01E-11	1,11E-10	5,01E-11

Tabla A.101. Índices de riesgo (IR) por inhalación para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores límite de emisión.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
NO _x	2,07E-02	1,59E-03	1,30E-02	1,04E-02	2,39E-02	1,94E-02	6,08E-02	1,12E-01	4,47E-02
SO ₂	1,03E-03	7,98E-05	6,50E-04	5,22E-04	1,20E-03	9,73E-04	3,04E-03	5,61E-03	2,24E-03
HCl	5,17E-04	3,99E-05	3,25E-04	2,61E-04	5,98E-04	4,86E-04	1,52E-03	2,81E-03	1,12E-03
HF	7,38E-05	5,69E-06	4,64E-05	3,72E-05	8,54E-05	6,94E-05	2,17E-04	4,01E-04	1,60E-04
CO	7,44E-05	5,60E-06	4,49E-05	3,71E-05	7,71E-05	6,25E-05	2,04E-04	3,74E-04	1,71E-04
PM tot	1,30E-03	1,01E-04	8,65E-04	6,76E-04	1,69E-03	1,37E-03	4,14E-03	7,72E-03	2,80E-03
Dioxinas y furanos	1,55E-06	1,17E-07	9,36E-07	7,72E-07	1,61E-06	1,30E-06	4,25E-06	7,79E-06	3,56E-06
Sb	4,43E-04	3,33E-05	2,67E-04	2,21E-04	4,59E-04	3,72E-04	1,21E-03	2,22E-03	1,02E-03
As	1,42E-03	1,07E-04	8,64E-04	7,10E-04	1,52E-03	1,20E-03	3,89E-03	7,15E-03	3,26E-03
Cd	3,10E-03	2,33E-04	1,87E-03	1,54E-03	3,21E-03	2,60E-03	8,50E-03	1,56E-02	7,13E-03
Co	6,20E-03	4,66E-04	3,74E-03	3,09E-03	6,42E-03	5,21E-03	1,70E-02	3,11E-02	1,43E-02
Cu	2,61E-04	2,07E-05	1,70E-04	1,37E-04	3,42E-04	2,39E-04	7,26E-04	1,36E-03	5,96E-04
Cr III	3,75E-07	2,86E-08	2,31E-07	1,89E-07	4,17E-07	3,23E-07	1,03E-06	1,90E-06	8,61E-07
Cr VI	9,63E-05	7,36E-06	5,94E-05	4,87E-05	1,07E-04	8,29E-05	2,65E-04	4,89E-04	2,21E-04
Mn	1,55E-03	1,14E-04	9,01E-04	7,53E-04	1,40E-03	1,25E-03	4,22E-03	7,67E-03	3,58E-03
Hg	2,07E-04	1,55E-05	1,25E-04	1,03E-04	2,14E-04	1,74E-04	5,66E-04	1,04E-03	4,75E-04
Ni	3,45E-04	2,59E-05	2,08E-04	1,71E-04	3,53E-04	2,89E-04	9,46E-04	1,73E-03	7,94E-04
Pb	4,25E-04	3,30E-05	2,68E-04	2,18E-04	5,07E-04	3,75E-04	1,18E-03	2,18E-03	9,74E-04
Zn	1,21E-07	9,20E-09	7,41E-08	6,09E-08	1,30E-07	1,03E-07	3,33E-07	6,13E-07	2,79E-07
Sn	1,60E-08	1,23E-09	1,00E-08	8,15E-09	1,85E-08	1,40E-08	4,42E-08	8,16E-08	3,67E-08

Tabla A.102. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos residentes en los receptores de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores límite de emisión.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	6,01E-08	4,55E-09	3,67E-08	3,01E-08	6,44E-08	5,11E-08	1,65E-07	3,03E-07	1,38E-07
Cd	4,78E-08	3,60E-09	2,89E-08	2,38E-08	4,95E-08	4,02E-08	1,31E-07	2,40E-07	1,10E-07
Cr VI	1,65E-07	1,26E-08	1,02E-07	8,34E-08	1,84E-07	1,42E-07	4,55E-07	8,38E-07	3,79E-07
Ni	5,06E-09	3,80E-10	3,04E-09	2,51E-09	5,17E-09	4,23E-09	1,39E-08	2,54E-08	1,16E-08
Pb	1,09E-09	8,48E-11	6,90E-10	5,61E-10	1,30E-09	9,65E-10	3,02E-09	5,60E-09	2,50E-09

Tabla A.103. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por inhalación para adultos profesionales en los receptores de la planta de CEMEX en Castillejo. Valores límite de emisión.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	1,21E-08	9,15E-10	7,37E-09	6,06E-09	1,29E-08	1,03E-08	3,32E-08	6,09E-08	2,77E-08
Cd	9,61E-09	7,23E-10	5,80E-09	4,79E-09	9,95E-09	8,07E-09	2,63E-08	4,83E-08	2,21E-08
Cr VI	3,32E-08	2,53E-09	2,05E-08	1,68E-08	3,69E-08	2,86E-08	9,13E-08	1,68E-07	7,62E-08
Ni	1,02E-09	7,63E-11	6,11E-10	5,05E-10	1,04E-09	8,50E-10	2,78E-09	5,10E-09	2,34E-09
Pb	2,20E-10	1,70E-11	1,39E-10	1,13E-10	2,62E-10	1,94E-10	6,07E-10	1,12E-09	5,03E-10

ANEXO IV.6. RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE RIESGOS POR INGESTIÓN**Tabla A.104. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real.**

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	1,42E-06	9,94E-08	5,89E-07	5,05E-07	5,05E-07	7,98E-07	2,90E-06	4,95E-06	2,98E-06
Sn	2,55E-08	1,85E-09	1,13E-08	9,50E-09	1,88E-08	1,54E-08	5,32E-08	9,20E-08	5,37E-08
As	3,17E-07	2,27E-08	1,37E-07	1,16E-07	2,14E-07	1,86E-07	6,56E-07	1,13E-06	6,68E-07
Cd	2,94E-07	2,03E-08	1,19E-07	1,03E-07	1,61E-07	1,61E-07	5,97E-07	1,01E-06	6,19E-07
Pb	1,12E-06	8,20E-08	5,04E-07	4,21E-07	8,60E-07	6,88E-07	2,34E-06	4,06E-06	2,35E-06
TI	1,02E-06	7,05E-08	4,14E-07	3,57E-07	5,69E-07	5,59E-07	2,07E-06	3,52E-06	2,14E-06
Zn	1,56E-07	1,12E-08	6,72E-08	5,70E-08	1,05E-07	9,14E-08	3,23E-07	5,55E-07	3,28E-07

Tabla A.105. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real.

	D1	D2	D3	D4	D5*	D6*	D7*	D8	D9
Dioxinas y furanos	5,03E-06	3,53E-07	2,09E-06	1,80E-06	NA	NA	NA	1,76E-05	1,06E-05
Sn	9,03E-08	6,56E-09	4,00E-08	3,36E-08	NA	NA	NA	3,25E-07	1,90E-07
As	1,47E-06	1,05E-07	6,31E-07	5,35E-07	NA	NA	NA	5,21E-06	3,08E-06
Cd	1,30E-06	9,00E-08	5,26E-07	4,55E-07	NA	NA	NA	4,49E-06	2,74E-06
Pb	9,28E-06	6,80E-07	4,18E-06	3,49E-06	NA	NA	NA	3,37E-05	1,95E-05
TI	6,60E-06	4,58E-07	2,68E-06	2,32E-06	NA	NA	NA	2,28E-05	1,39E-05
Zn	5,46E-07	3,91E-08	2,35E-07	1,99E-07	NA	NA	NA	1,94E-06	1,15E-06

*NA: No Aplica puesto que en los receptores D5, D6 y D7 no habitan niños.

Tabla A.106. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores de emisión real. Para una exposición de 30 años.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	6,12E-11	4,38E-12	2,63E-11	2,23E-11	4,12E-11	3,58E-11	1,27E-10	2,17E-10	1,29E-10
Pb	1,45E-11	1,07E-12	6,55E-12	5,47E-12	1,12E-11	8,95E-12	3,05E-11	5,28E-11	3,06E-11

Tabla A.107. Índices de riesgo (IR) por ingestión para adultos residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	2,77E-05	2,00E-06	1,22E-05	1,02E-05	1,97E-05	1,66E-05	5,77E-05	9,94E-05	5,84E-05
Sb	5,21E-05	3,76E-06	2,28E-05	1,92E-05	3,69E-05	3,11E-05	1,08E-04	1,87E-04	1,10E-04
As	2,82E-06	2,05E-07	1,25E-06	1,05E-06	2,07E-06	1,70E-06	5,88E-06	1,02E-05	5,93E-06
Cd	4,58E-06	3,31E-07	2,01E-06	1,69E-06	3,25E-06	2,73E-06	9,52E-06	1,64E-05	9,64E-06
Pb	1,12E-05	8,34E-07	5,18E-06	4,30E-06	9,22E-06	7,09E-06	2,37E-05	4,13E-05	2,36E-05
Tl	1,94E-05	1,40E-06	8,48E-06	7,15E-06	1,37E-05	1,15E-05	4,02E-05	6,94E-05	4,07E-05
V	4,00E-04	2,88E-05	1,75E-04	1,48E-04	2,83E-04	2,38E-04	8,30E-04	1,43E-03	8,40E-04
Sn	2,46E-07	1,82E-08	1,12E-07	9,34E-08	1,95E-07	1,53E-07	5,17E-07	8,99E-07	5,17E-07
Zn	1,39E-06	1,01E-07	6,17E-07	5,18E-07	1,02E-06	8,41E-07	2,90E-06	5,01E-06	2,92E-06

Tabla A.108. Índices de riesgo (IR) por ingestión para niños residentes en cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
Dioxinas y furanos	9,86E-05	7,12E-06	4,32E-05	3,64E-05	NA	NA	NA	3,53E-04	2,07E-04
Sb	2,42E-04	1,75E-05	1,06E-04	8,93E-05	NA	NA	NA	8,67E-04	5,09E-04
As	1,30E-05	9,46E-07	5,77E-06	4,85E-06	NA	NA	NA	4,69E-05	2,74E-05
Cd	2,03E-05	1,46E-06	8,88E-06	7,49E-06	NA	NA	NA	7,27E-05	4,27E-05
Pb	9,32E-05	6,92E-06	4,30E-05	3,57E-05	NA	NA	NA	3,43E-04	1,96E-04
Tl	1,26E-04	9,07E-06	5,50E-05	4,64E-05	NA	NA	NA	4,50E-04	2,64E-04
V	3,49E-03	2,52E-04	1,53E-03	1,29E-03	NA	NA	NA	1,25E-02	7,34E-03
Sn	8,71E-07	6,42E-08	3,97E-07	3,30E-07	NA	NA	NA	3,18E-06	1,83E-06
Zn	4,86E-06	3,54E-07	2,16E-06	1,81E-06	NA	NA	NA	1,75E-05	1,02E-05

Tabla A.109. Exceso de Riesgo Individual (ERI) por ingestión para cada receptor de la planta de CEMEX en Castillejo, valores límite de emisión. Para una exposición de 30 años.

	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9
As	5,44E-10	3,95E-11	2,41E-10	2,03E-10	3,99E-10	3,29E-10	1,13E-09	1,96E-09	1,14E-09
Pb	1,46E-10	1,09E-11	6,74E-11	5,59E-11	1,20E-10	9,22E-11	3,08E-10	5,37E-10	3,07E-10

ANEXO IV.7. DEPOSICIÓN SECA MÁXIMA

En la siguiente tabla se indica la tasa de deposición seca que implicaría un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad (umbral de riesgo), F_{umb} , tanto para niños como para adultos, para las sustancias que tienen definido un umbral de exposición. Por tanto, estos valores representan los valores umbral de deposición por debajo de los cuales se puede considerar que no existe riesgo significativo por ingestión. Además, estos valores de deposición umbral se comparan con los valores de deposición más elevados obtenidos para el conjunto de los receptores a partir de las emisiones de la planta (F). La comparación se presenta como el cociente F/F_{umb} .

Los resultados obtenidos para el cociente F/F_{umb} están muy por debajo de la unidad. Esto implica que los valores de deposición de contaminantes procedentes de la planta están al menos un millón de veces por debajo de la deposición que daría lugar a un índice de riesgo por ingestión igual a la unidad.

Tabla A.110. Deposición seca máxima y cociente entre el valor más desfavorable de deposición y la deposición máxima calculada.

TRAZADORES	F_{umb} ($\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{s}$)*		Cociente F/F_{umb} **	
	Adultos	Niños	Adultos	Niños
Dioxinas y furanos	3,78E-09	1,06E-09	4,95E-06	1,76E-05
Sb	2,01E-02	4,34E-03	-	-
As	2,55E-02	5,51E-03	1,13E-06	3,08E-06
Cd	2,29E-02	5,17E-03	1,01E-06	2,74E-06
Pb	3,19E-02	3,84E-03	4,06E-06	1,95E-05
Tl	5,42E-03	8,35E-04	3,52E-06	1,39E-05
V	2,63E-03	3,01E-04	-	-
Sn	7,68E-01	2,17E-01	9,20E-08	3,25E-07
Zn	1,55E-01	4,43E-02	5,55E-07	1,94E-06

* Deposición seca umbral ($IR=1$).

** Cociente entre la deposición seca del receptor con una deposición asociada más elevada y la deposición seca umbral.

Anexo V

VTRs Y EFECTOS DE LOS TRAZADORES SOBRE LA SALUD

ANEXO V.1 INTRODUCCIÓN

En el presente Anexo se describe la metodología seguida para la determinación de los Valores Toxicológicos de Referencia (VTRs) empleados para cada uno de los trazadores seleccionados.

Esta metodología depende de la naturaleza de los efectos toxicológicos asociados a cada compuesto, los cuales pueden clasificarse como:

- ▶ Efectos asociados a las sustancias con umbral.
- ▶ Efectos asociados a las sustancias sin umbral.

Para las sustancias que tienen un valor umbral asociado, se admite que existe una exposición mínima por debajo de la cual el peligro no es significativo, teniendo en cuenta las capacidades de desintoxicación, recuperación y compensación del organismo.

Según los conocimientos científicos disponibles hasta el momento, para estas sustancias se dispone de un nivel de exposición por debajo del cual no se observa ningún efecto (NOEL: No Observed Effect Level), no se ha observado ningún efecto adverso (NOAEL: No Observed Adverse Effect Level), o se dispone del nivel de exposición más bajo a partir del cual se ha observado algún efecto (LOEL Lowest Observed Effect Level) o un efecto adverso (LOAEL: Lowest Observed Adverse Effect Level).



Estos valores umbral se obtienen de la experimentación con animales, de estudios epidemiológicos o de ensayos de toxicología clínica; y son la base de la elaboración de las concentraciones de referencia llamadas Dosis Diaria Admisible (DDA) o Concentración Admisible en el Aire (CAA) aplicables al hombre. Estos niveles corresponden a las concentraciones de referencia a partir de las cuales se podrían detectar efectos adversos en el hombre.

Las sustancias que no disponen de umbral asociado pueden provocar efectos de tipo estocástico. Debido a la exposición a estas sustancias existe la probabilidad de aparición de efectos indeseables para la salud. Estos efectos son de tipo genotóxico. Ciertas sustancias cancerígenas, mutagénicas o tóxicas para la reproducción han sido clasificadas en esta familia.

La relación entre el nivel de exposición del hombre y la probabilidad de que se vea afectado por el efecto de una sustancia se expresa mediante el índice ERU (Exceso de Riesgo Unitario). Es decir, el ERU es la probabilidad suplementaria, con respecto a un sujeto no expuesto, de que un individuo desarrolle el efecto (por ejemplo, un cáncer) si se expone a una unidad de concentración de la sustancia tóxica.

Algunas sustancias pueden tener al mismo tiempo efectos con un valor umbral asociado y efectos sin un valor umbral asociado.

ANEXO V.2 TERMINOLOGÍA EMPLEADA

Los Valores Toxicológicos de referencia se obtienen a partir de datos empíricos y ensayos experimentales realizados para cada trazador. Para la determinación de los VTRs es necesario realizar una investigación acerca de la toxicología de cada compuesto así como los riesgos para la salud derivados de una exposición crónica a los mismos.

En los siguientes apartados se describen brevemente los efectos toxicológicos asociados a cada compuesto. Dado que la terminología en ocasiones puede resultar compleja, a continuación se resumen brevemente los conceptos empleados a lo largo de este documento así como el sistema de clasificación para cada compuesto según los siguientes organismos:

- ▶ Unión Europea.
- ▶ US EPA (Environmental Protection Agency de los Estados Unidos).
- ▶ IARC (International Agency for Research on Cancer) o CIRC (Centre International de recherche sur le cancer).

ANEXO V.2.1 DEFINICIONES

A continuación se indican las definiciones de los principales términos toxicológicos empleados en el presente anexo:

- ▶ EFECTO SISTÉMICO. Que puede afectar a cualquier parte del organismo (no localizado).
- ▶ GENOTÓXICO: Tóxico (dañino) para el ADN. Las sustancias genotóxicas pueden unirse directamente al ADN o actuar indirectamente mediante la afectación de las enzimas involucradas en la replicación del ADN y causando, en consecuencia, mutaciones que pueden o no desembocar en un cáncer. Las sustancias genotóxicas no son necesariamente cancerígenas, ya que el cáncer puede originarse por un mecanismo genotóxico o no genotóxico.
- ▶ MUTAGÉNICO: Sustancia o agente físico que causa mutaciones, es decir, que altera de forma permanente el ADN de las células. Ya que la mutagénesis es capaz de dañar el ADN de las células, es genotóxica. Todas las mutagénesis son genotóxicas, pero no todas son carcinogénicas.
- ▶ SUSTANCIA TÓXICA. El término "tóxico" se ha empleado en general para hacer referencia a las sustancias que pueden causar cualquier tipo de afección al organismo por el hecho de encontrarse expuesto a ella.
- ▶ TERATOGENICO: Sustancia que puede causar malformaciones en el feto.
- ▶ TÓXICOS PARA LA REPRODUCCIÓN: Sustancias o preparados que por inhalación, ingestión o penetración cutánea, pueden afectar de forma negativa a la función o capacidad reproductora femenina o masculina.

ANEXO V.2.2 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

ANEXO V.2.2.1 Unión Europea

Las clasificaciones del poder cancerígeno, mutagénico y tóxico para la reproducción se han obtenido a partir de la Directiva 67/548/CEE relativa a la clasificación, embalaje y etiquetado de sustancias peligrosas. Esta directiva ha sido modificada nueve veces y adaptada al progreso técnico en veintiocho ocasiones.

La Directiva 2004/73/CE del 29 de abril de 2004, rectificada, se corresponde con la vigésimo novena adaptación de la Directiva 67/548/CEE.

El Reglamento CE nº 1907/2006 del 18 de diciembre de 2006 trata del registro, evaluación y autorización de sustancias químicas, así como de las restricciones aplicables a estas sustancias (REACH) entró en vigor el 1 de julio de 2007.

► **Sustancias cancerígenas.** En función de los datos disponibles, estas sustancias se clasifican en 3 categorías:

- 1ª categoría (C1): sustancias reconocidas como cancerígenas para el hombre. Existen elementos suficientes disponibles para establecer la existencia de una relación causa efecto entre la exposición humana a tales sustancias y la aparición de cáncer.
- 2ª categoría (C2): sustancias que son asimiladas como cancerígenas para el hombre. Se dispone de elementos suficientes para justificar una fuerte presunción de que la exposición humana a estas sustancias puede provocar cáncer.
- 3ª categoría (C3): sustancias preocupantes para el hombre debido a sus posibles efectos cancerígenos pero para las cuales la información disponible no permite una evaluación satisfactoria. Existe información en estudios para animales, pero son insuficientes para poder clasificar estas sustancias en la segunda categoría.

► **Sustancias mutagénicas.** En función de los datos disponibles, las sustancias se clasifican en tres categorías:

- 1ª categoría (M1): sustancias reconocidas como mutagénicas para el hombre. Existen elementos suficientes disponibles para establecer la existencia de una relación causa efecto entre la exposición humana a tales sustancias y la aparición de defectos genéticos hereditarios.
- 2ª categoría (M2): sustancias que son asimiladas como mutagénicas para el hombre. Se dispone de elementos suficientes para justificar una fuerte presunción de que la exposición humana a estas sustancias puede dar lugar a defectos genéticos hereditarios.
- 3ª categoría (M3): sustancias preocupantes para el hombre debido a sus posibles efectos mutagénicos. Los estudios realizados sobre los efectos mutagénicos han proporcionado información pero es insuficiente para poder clasificarlas dentro de la segunda categoría.

► **Sustancias tóxicas para la reproducción.** En función de los datos disponibles, las sustancias se clasifican en tres categorías:

- 1ª categoría (R1): sustancias conocidas por alterar la fertilidad en la especie humana. Existen elementos suficientes disponibles para establecer la existencia de una relación causa efecto entre la exposición humana a tales sustancias y la alteración de la fertilidad.
- 2ª categoría (R2): sustancias que presuntamente pueden alterar la fertilidad en la especie humana. Se dispone de elementos suficientes para justificar una fuerte presunción de que la exposición humana a estas sustancias puede alterar la fertilidad y puede provocar efectos tóxicos en el desarrollo.
- 3ª categoría (T3): sustancias preocupantes para la fertilidad en la especie humana. Sustancias preocupantes para el hombre debido a los posibles efectos tóxicos que pueden conllevar en el desarrollo de la especie humana.

ANEXO V.2.2.2 Clasificación de US EPA

La clasificación de la US EPA para las sustancias tóxicas se presenta a continuación:

- ▶ A: Sustancia cancerígena para el hombre.
- ▶ B1: Sustancia que es probablemente cancerígena para el hombre. Existen datos limitados para el hombre.
- ▶ B2: Sustancia que es probablemente cancerígena para el hombre. Existen pruebas suficientes en animales pero existen pruebas no adecuadas o no existen pruebas para el hombre.
- ▶ C: Es posible que sea cancerígeno para el hombre.
- ▶ D: Sustancia que no puede clasificarse por sus efectos cancerígenos para el hombre.
- ▶ E: Sustancia para la que existen pruebas de que no existen efectos cancerígenos para el hombre.

En 2005, la US EPA ha establecido una nueva clasificación del poder cancerígeno de las sustancias. Los grupos A, B, C, D, E han sido reemplazados por las siguientes categorías:

- ▶ "*Carcinogenic to humans*": cancerígeno para el hombre.
- ▶ "*Likely to be carcinogenic to humans*": probablemente cancerígeno para el hombre.
- ▶ "*Suggestive evidence of carcinogenic potencial*": existen pruebas sugestivas del potencial cancerígeno de la sustancia.
- ▶ "*Inadequate information to assess carcinogenic potencial*": información insuficiente para la evaluación del potencial cancerígeno de una sustancia.
- ▶ "*Not likely to be carcinogenic to humans*": probablemente no cancerígeno para el hombre.

ANEXO V.2.2.3 Clasificación del CIRC

La clasificación cancerígena de cada sustancia química se define del siguiente modo:

- ▶ Grupo 1: El agente (o la mezcla) es cancerígeno para el hombre.

- ▶ Grupo 2A: El agente (o la mezcla) probablemente es cancerígeno para el hombre. Existen indicios limitados de efectos cancerígenos en el hombre e indicios suficientes de efectos cancerígenos en animales de laboratorio.

- ▶ Grupo 2B: El agente (o la mezcla) podría ser cancerígeno para el hombre: existen índices limitados de efectos cancerígenos para el hombre e índices no del todo suficientes para animales de laboratorio.

- ▶ Grupo 3: El agente (o la mezcla) no puede clasificarse como cancerígeno para el hombre: existen datos insuficientes.

- ▶ Grupo 4: El agente (o la mezcla) probablemente no es cancerígeno para el hombre.

ANEXO V.3 METODOLOGÍA EMPLEADA PARA LA SELECCIÓN DE LOS VTR

La búsqueda de los Valores Toxicológicos de Referencia se ha realizado a partir de las bases de datos españolas, de la Unión Europea, de la Organización Mundial de la Salud (OMS), de Estados Unidos (US EPA, IRIS, ATSDR, California-EPA) y del RIVM. En el caso de que exista más de un VTR para un mismo trazador, para la selección del dato a emplear en el estudio se han seguido los siguientes criterios:

- ▶ Se ha dado prioridad a los Valores Toxicológicos de Referencia correspondientes a una exposición crónica (exposición superior a un año) respecto a los valores subcrónicos (exposición de unas semanas o meses) para el cálculo de la exposición media.

- ▶ Se ha considerado el dato más conservador de los disponibles, con el fin de ser consistentes con las hipótesis asumidas a lo largo de todo el estudio, centradas siempre en la evaluación del peor escenario posible.

Tal y como se ha indicado anteriormente, se ha seleccionado un Valor Toxicológico de Referencia (VTR) para los efectos asociados a las sustancias con umbral y otro VTR para

los efectos asociados a las sustancias sin umbral. Los valores disponibles han sido determinados según la jerarquización que se presenta en los diagramas de las páginas siguientes tanto para los efectos con umbral como sin él.

Los Valores Toxicológicos de Referencia disponibles según las bases de datos mencionadas para el conjunto de compuestos considerados, así como los que han sido seleccionados para este estudio se recogen en una tabla al final de este anexo.

El término VTR hace referencia, de forma genérica, a la máxima concentración de un determinado compuesto que puede ser admitida por el organismo sin que ésta lleve asociada un efecto adverso para el receptor. En función de que la vía de exposición sea la inhalación o la ingestión, se habla de Concentración Admisible en el Aire (CAA) o Dosis Diaria Admisible (DDA), respectivamente.

ANEXO V.3.1 VTR para los efectos asociados a las sustancias con umbral

El diagrama que aparece en la página siguiente presenta la metodología seguida para la elección de estos Valores Toxicológicos de Referencia. Esta metodología permite identificar los VTR más conservadores para una exposición crónica por inhalación.

Según este método, en el caso de que no exista un VTR crónico, se seleccionará el VTR subcrónico que corresponda aplicándose un factor de seguridad de 10, tal y como se indica en el documento del InVS (Institut de Veille Sanitaire, Francia).

Como último recurso, según la metodología establecida por el documento de US EPA titulado "*Soil Screening Guidance, Technical Background Document, Appendix B*", se puede obtener el VTR a partir de un VTR establecido para la ingestión por vía oral. La transformación de la Dosis Diaria Admisible (DDA) en Concentración Admisible en el Aire (CAA) se realiza aplicando un factor de peso corporal de 70 kg y una tasa de inhalación de 20 m³/día, según la siguiente expresión:

$$CAA \text{ (mg/m}^3\text{)} = DDA \text{ (mg/Kg/día)} \frac{70 \text{ Kg}}{20\text{m}^3/\text{día}}$$

La extrapolación de una vía a otra se realiza considerando que los efectos provocados tras una exposición por inhalación o por vía oral son similares y que la tasa de

absorción es del 100%. Esta aproximación es conservadora, dado que sobreestima el riesgo.

Factores de incertidumbre

A pesar de que los VTR proporcionados por los organismos de referencia se presentan como VTR para una exposición crónica, generalmente están basados en estudios toxicológicos relativos a una exposición de mayor o menor duración (crónica o subcrónica), por vía oral o por inhalación y para uno o varios riesgos.

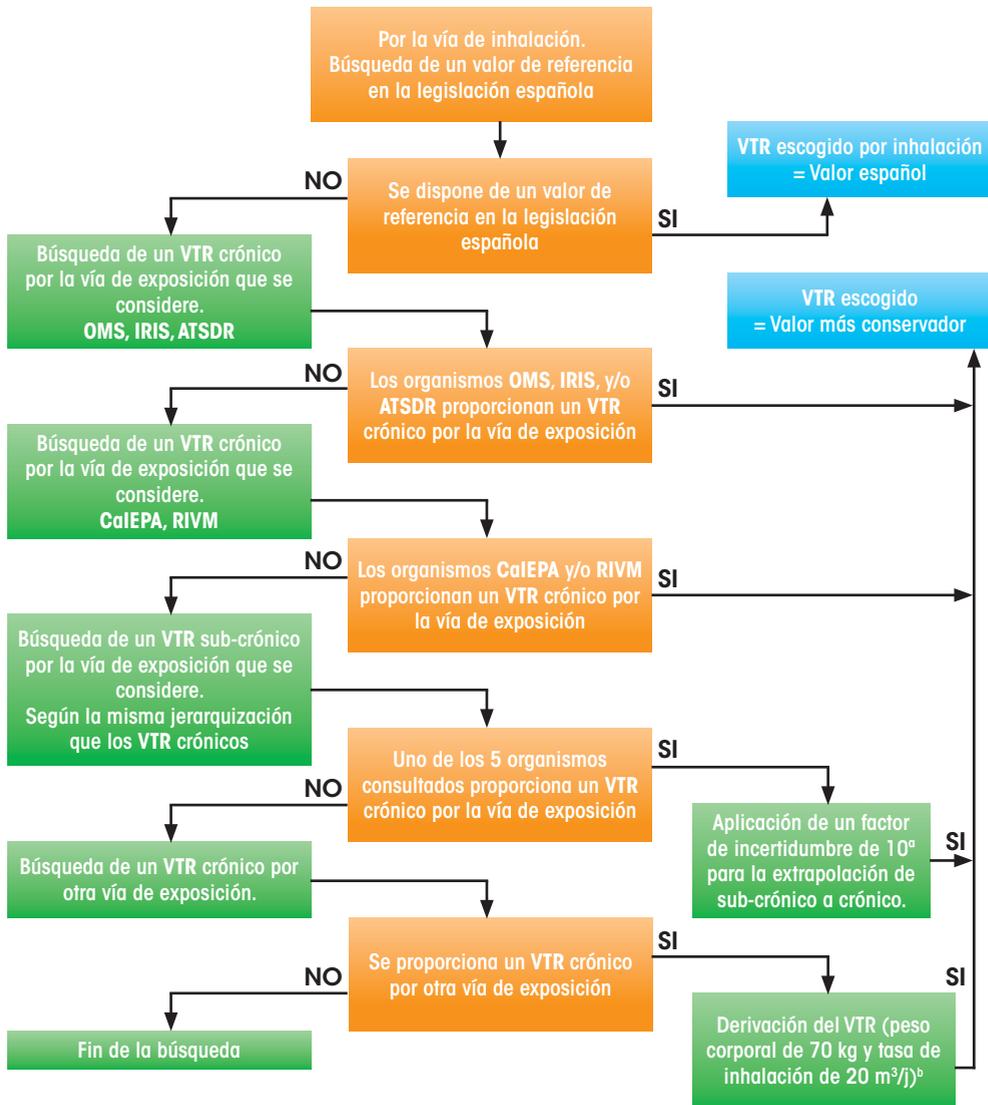
En función del origen del dato toxicológico de referencia utilizado para determinar el VTR, los organismos de referencia aplican factores de incertidumbre más o menos importantes con el fin de extrapolar un VTR para una exposición crónica tales como:

- ▶ El tiempo de exposición.
- ▶ La especie sobre la que se efectuó el estudio toxicológico (especie humana o no).
- ▶ La vía de exposición.
- ▶ El tipo de dato toxicológico (NOAEL₆, LOAEL₇, BMC₈...) determinado para el estudio considerado.
- ▶ Las variaciones entre e intra especies.

Además, estos factores de incertidumbre, determinados por organismos reconocidos (OMS, EPA, ATSDR, etc.), permiten evaluar la pertinencia del estudio toxicológico utilizado para establecer el VTR. El VTR que finalmente se escoge para los efectos por encima de un valor umbral, es aquel que tiene un factor de incertidumbre más bajo.

ANEXO V.3.2 VTR para los efectos asociados a las sustancias sin umbral

El diagrama de la página siguiente presenta la metodología seguida para la elección de los estos Valores Toxicológicos de Referencia.



a EL documento del InVS relativo a los "Valores toxicológicos de referencia: método de elaboración" indica que puede suponerse que si se ha observado una consecuencia a partir de una exposición sub-crónica también se observará a partir de una exposición crónica. En este caso, se aplica un factor de incertidumbre de 10, basado en la comparación entre los estudios de los NOAEL (No Observed Adverse Effect Levels) sub-crónicos y los estudios NOAEL crónicos.

b Esta extrapolación sólo se realiza cuando es estrictamente necesario. Como una primera aproximación, se considera que la exposición por vía oral y por la vía de inhalación tienen la misma tasa de absorción y dan lugar a las mismas consecuencias. Los parámetros de extrapolación (peso corporal y tasa de inhalación) provienen de la guía francesa del INERIS de junio de 2003.

Para las sustancias cuyos efectos no tienen un valor umbral asociado y que no disponen de factores de incertidumbre, se seleccionará el valor más conservador como primera aproximación.

ANEXO V.4 TOXICOLOGÍA DE LOS TRAZADORES SELECCIONADOS

A continuación se detalla la toxicología de los trazadores seleccionados. En los siguientes apartados sólo se han presentado los riesgos provocados tras una exposición crónica.

Para cada compuesto se han evaluado los siguientes aspectos:

- ▶ Generalidades.
- ▶ Efectos asociados a la exposición del compuesto, en el caso de que se tenga constancia de ellos:
 - Efectos sistémicos por inhalación y/o ingestión.
 - Efectos cancerígenos.
 - Otros efectos, donde se hace referencia a los posibles efectos genotóxicos, mutagénicos o que afecten a la reproducción.
- ▶ Valor Toxicológico de Referencia empleado en el estudio.

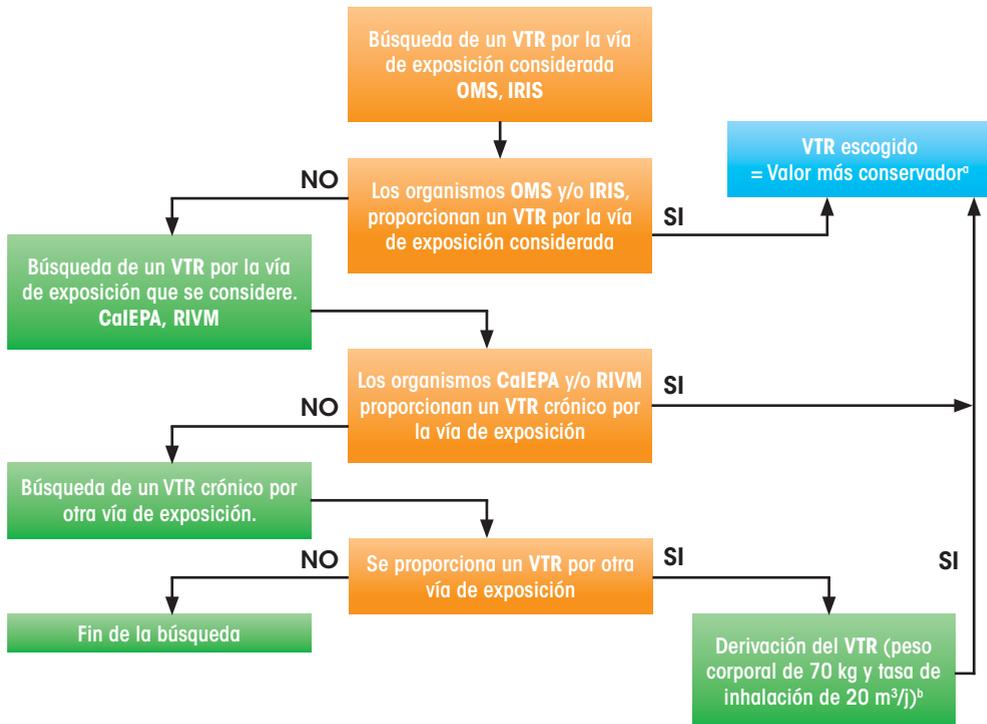
ANEXO V.4.1 PARTÍCULAS

Fuente: Real Decreto 1073/2002.

Generalidades

El término "partículas" se refiere a la materia presente en la atmósfera, en estado sólido o líquido, de tamaño pequeño (de 1 a 100 μm). La composición y naturaleza química de estas partículas es muy variable: aerosoles, hidrocarburos, ácidos, minerales, cenizas, etc.

Las partículas de un tamaño superior a 10 μm quedan bloqueadas en las vías aéreas superiores del aparato respiratorio. Las partículas de un tamaño inferior penetran en los pulmones, por lo que el riesgo para la salud es mayor.



a Como primera aproximación se ha escogido el VTR más conservativo. Sin embargo, si los valores toxicológicos propuestos para los efectos sobre la salud que no tienen un valor umbral proporcionados por los organismos considerados son significativamente diferentes, se realiza una segunda aproximación eligiendo el valor toxicológico más conservativo.

b Esta extrapolación sólo se realiza cuando es estrictamente necesario. Como una primera aproximación, se considera que la exposición por vía oral y por la vía de inhalación tienen la misma tasa de absorción y dan lugar a las mismas consecuencias. Los parámetros de extrapolación (peso corporal y tasa de inhalación) provienen de la guía francesa del INERIS de junio de 2003.

Por lo tanto, los estudios se refieren principalmente a las PM_{10} y las $PM_{2,5}$:

- ▶ Las PM_{10} se corresponden con las partículas que pasan por un orificio de entrada calibrado tal y como se define en la norma EN 12341 con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 10 μm .
- ▶ Las $PM_{2,5}$ se corresponden con las partículas que pasan por un orificio de entrada calibrado tal y como se define en la norma EN 14907 con un rendimiento de separación del 50% para un diámetro aerodinámico de 2,5 μm .

Efectos sistémicos por inhalación

Estos contaminantes pueden tener efectos tóxicos, aunque se encuentren en el medio ambiente en una concentración baja, particularmente si están combinados con dióxido de azufre (SO_2). Las partículas finas (PM_{10} y $\text{PM}_{2,5}$) pueden penetrar en las vías respiratorias, siendo las defensas naturales del organismo menos eficaces para partículas con un diámetro tan pequeño.

Los órganos susceptibles a la inhalación de partículas son esencialmente los pulmones, el resto de órganos del aparato respiratorio y los correspondientes al sistema cardiovascular. Toda la población se ve afectada por estos contaminantes, pero la sensibilidad a ellos puede variar con la edad y el estado de salud.

Valor toxicológico de referencia

Las partículas finas suponen un problema para la sanidad pública en el cual están actualmente trabajando los expertos sanitarios. La OMS ha revisado recientemente sus valores guía de calidad del aire para las partículas.

A este respecto, se ha constatado que la aparición de efectos adversos parece aumentar con la exposición, pero existen pocas pruebas que indiquen la existencia de un valor umbral. Es necesario matizar que, según la OMS, la definición de un valor guía no puede garantizar la ausencia total de riesgo ligada a una exposición a partículas para el conjunto de la población, por lo que se recomienda que dicha exposición sea lo más baja posible.

La US EPA y la Unión Europea han revisado también sus objetivos de calidad del aire para las partículas y animan a los diferentes países a tomar medidas más estrictas para vigilar y reducir sus emisiones de partículas.

Debido a la ausencia de valor guía para las partículas totales se ha tomado el valor correspondiente a las PM_{10} , lo que corresponde a una hipótesis de trabajo altamente conservadora. En el Real Decreto 1073/2002 se especifica que, de acuerdo con la normativa europea, el valor límite anual por inhalación para la protección de la salud humana de las PM_{10} es igual a $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fecha de cumplimiento del valor límite: 1 de enero de 2010). Este valor coincide con el valor guía recomendado por la OMS.

ANEXO V.4.2 DIÓXIDO DE NITRÓGENO

Fuente: INERIS, *Oxydes d'azote, version n°1, août 2005. Real Decreto 1073/2002.*

Generalidades

El dióxido de nitrógeno (NO_2) y el monóxido de nitrógeno (NO) pueden formarse por combinación del oxígeno y del nitrógeno del aire debido a fenómenos naturales (tormentas, erupciones volcánicas). El NO_2 también se forma a partir de NO a través de reacciones complejas interviniendo a su vez los hidrocarburos y el ozono (O_3).

La fuente principal de óxidos de nitrógeno, como contaminantes del aire, es la combustión de combustibles fósiles (vehículos a motor, centrales térmicas,...) y por lo tanto se encuentran principalmente en zonas urbanas. El NO_2 en altas concentraciones reduce la visibilidad atmosférica y confiere una coloración roja-marrón a las masas de aire.

El NO_2 , gas irritante y soluble en el agua, se absorbe esencialmente por inhalación y puede alcanzar las ramificaciones más finas del sistema respiratorio. El NO_2 se hidroliza en primer lugar en ácido nítrico y a continuación en iones nitratos y nitritos. En la sangre, los iones nitratos y nitritos se forman rápidamente. Se eliminan principalmente en la orina, en forma de nitratos y nitritos.

Efectos sistémicos por inhalación

Las vías respiratorias son los órganos más afectados por el NO_2 . Las personas asmáticas y los niños son particularmente sensibles.

Efectos cancerígenos

El NO_2 no está clasificado como carcinógeno de Categoría 1 ni 2 por la Unión Europea. No existen datos para el hombre, pero los metabolitos tóxicos pueden formarse en los pulmones, pudiendo provocar efectos genotóxicos, teratógenos o cancerígenos.

Otros efectos

El dióxido de nitrógeno no está clasificado como genotóxico por la Unión Europea.

Valor toxicológico de referencia

El valor guía seleccionado por inhalación para el NO_2 proviene del Real Decreto 1073/2002, de acuerdo con la normativa europea. Por tanto, el valor límite anual para

la protección de la salud humana es $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (fecha de cumplimiento del valor límite: 1 de enero de 2010).

ANEXO V.4.3 DIÓXIDO DE AZUFRE

Fuente: INERIS, Dioxyde de soufre, version n°1, août 2005. Real Decreto 1073/2002.

Generalidades

Los sulfuros de hidrógeno (H_2S) provenientes de la descomposición natural de la vegetación del suelo, en los pantanos y océanos, se oxidarán al cabo de un tiempo para formar dióxido de azufre (SO_2). Las erupciones volcánicas y los incendios de bosques son también fuentes naturales de SO_2 .

La combustión de combustibles fósiles representa entre un 75 y un 85 % de las emisiones antropogénicas de SO_2 , el resto proviene de las operaciones industriales tales como el refinado y la fusión. El hemisferio norte produce más del 90% de la contaminación de origen antropogénico.

La absorción de SO_2 se realiza principalmente por inhalación. Es un gas muy soluble en agua y como consecuencia se absorbe eficazmente por las mucosas nasales y las vías respiratorias superiores.

El SO_2 absorbido pasa a la sangre y se distribuye rápidamente por todo el organismo. Los sulfitos formados reaccionarán con las proteínas plasmáticas, pudiendo también reaccionar con el ADN.

Efectos sistémicos por inhalación

En la mayoría de los estudios, un nivel de contaminación elevado se asocia con un incremento de síntomas respiratorios y una pequeña o nula disminución de la función respiratoria.

En los adultos se han llevado a cabo pocos estudios. Los resultados sugieren que el SO_2 está relacionado con el aumento de patologías respiratorias y de ciertos síntomas como la tos y la mucosidad.

Las vías respiratorias son los órganos más afectados por el SO_2 .

Efectos cancerígenos

Se han realizado diversos estudios de exposiciones medio ambientales o profesionales al SO₂ para evaluar su poder cancerígeno. Sin embargo, ninguno de ellos ha puesto en evidencia que exista una relación significativa con el cáncer de pulmón.

Otros efectos

El SO₂ no está clasificado por la Unión Europea como genotóxico o tóxico para la reproducción y desarrollo.

Valor toxicológico de referencia

El valor toxicológico de referencia por inhalación seleccionado para el SO₂ proviene del Real Decreto 1073/2002. No existe un valor límite anual para la protección de la salud humana por lo que se ha empleado el valor límite anual para la protección de ecosistemas: 20 µg/m³. El valor escogido es conservador dado que en otras fuentes consultadas (*Article R.221-1 du Code de l'Environnement*, Francia) se emplea 50 µg/m³ como valor guía.

ANEXO V.4.4 DIOXINAS Y FURANOS

Fuentes: Ficha INERIS, Versión N° 2-1, abril 2006, "Dioxines Dans l'environnement, quels risques pour la santé ?", expertise collective, 2000. ATSDR, Toxicological Profile for chlorinated dibenzo-p-dioxins, 1998. Cal/EPA 02/2000 (doc 04/2005). ATSDR 12/1998 (doc 11/2007).

Generalidades

Las dioxinas son contaminantes originados tras numerosos procesos químicos en los cuales están implicados el cloro, carbono, oxígeno y las altas temperaturas. Las principales fuentes de emisión de dioxinas son los procesos de combustión, tanto no industriales como industriales, incluyendo la incineración de residuos domésticos; la metalurgia y siderurgia. Estos compuestos también se forman en la síntesis química de derivados aromático-clorados, en procesos biológicos, combustiones y reacciones fotoquímicas naturales (incendios forestales, actividad volcánica, etc.).

Las dioxinas están presentes en el ecosistema (en aire, suelo, sedimentos acuáticos y marinos y animales). La deposición de partículas atmosféricas es la fuente predominante de contaminación.

El término "dioxinas" se atribuye a un grupo de 75 elementos congéneres del grupo de las dibenzo-p-dioxinas policloradas (PCDD) y de 135 elementos congéneres del grupo de los dibenzofuranos policlorados (PCDF), de los cuales 17 tienen importancia toxicológica. La toxicidad de las dioxinas decrece al aumentar el número de cloros. Por encima de 5 átomos de cloro, la toxicidad disminuye. El congénere más tóxico es la 2,3,7,8-tetraclorodibenzo-p-dioxina (TCDD), llamada "dioxina de Seveso".

La toxicidad de los 17 congéneres identificados se expresa respecto al compuesto más tóxico, 2,3,7,8-TCDD, mediante los factores de equivalencia tóxicos (TEF, Toxic Equivalent Factors). El factor de equivalencia tóxico es una medida que permite dar la toxicidad de un congénere en función del más tóxico, al cual se le atribuye un factor igual a uno.

Además, para un conjunto de dioxinas y furanos, la concentración se expresa como el Equivalente Tóxico (TEQ, Toxic Equivalent Quantity). El TEQ se calcula como la suma de las concentraciones de cada dioxina y furano multiplicadas por su correspondiente factor de equivalencia tóxico, según la siguiente fórmula:

$$\text{TEQ} = \sum \text{TEF} \cdot \text{concentración de PCDD o PCDF}$$

La absorción de dioxinas depende de la vía de exposición. La principal fuente de exposición humana es la alimentación (90%). En el hombre, aproximadamente el 90% de las dosis ingeridas son absorbidas. Las dioxinas son compuestos poco volátiles y poco solubles en agua pero muy solubles en lípidos. Esto les permite atravesar las membranas celulares y acumularse en los tejidos grasos del organismo.

La lactancia es la vía predominante de eliminación de dioxinas, por lo que el almacenamiento de la dioxina 2,3,7,8-TCDD en las madres durante la lactancia disminuye, siendo ésta transferida a los hijos.

Las dioxinas son compuestos químicamente estables que se concentran a lo largo de la cadena alimentaria. Por lo tanto, la alimentación representa la vía predominante de exposición para el hombre. Globalmente, se admite que el 95% de la exposición media de la población se produce por vía alimentaria, en particular, por la ingestión de grasas animales (leche y productos lácteos, carne y pescado). El

aporte más significativo procede de productos de origen bovino (leche y derivados, carne y vísceras) Las aves y los cerdos son fuentes minoritarias, debido al modo de explotación ganadera.

Efectos sistémicos

Se ha demostrado que la exposición a dosis relativamente altas de dioxinas provoca efectos dermatológicos (cloracné). Sin embargo, no parece que exista relación directa entre el nivel de exposición y esta manifestación.

Se ha observado un incremento de enfermedades cardiovasculares y una modificación de la tasa de lípidos sanguíneos (colesterol total y triglicéridos) en ciertos estudios de trabajadores de la industria.

Efectos cancerígenos

Se han realizado numerosos estudios epidemiológicos para evaluar los efectos de las dioxinas en el desarrollo de cánceres en el hombre.

Las dioxinas y furanos no están clasificados como carcinógenos de Categoría 1 ni 2 por la Unión Europea.

El Centro Internacional OMS de Investigaciones sobre el Cáncer (CIIC) realizó en 1997 una evaluación de la TCDD. De acuerdo con los datos de las investigaciones en animales y los datos epidemiológicos humanos, el CIIC clasificó la TCDD como "carcinógeno humano". Sin embargo, esta dioxina no afectaría al material genético y habría un nivel de exposición por debajo del cual el riesgo de cáncer podría ser insignificante.

Otros efectos

Las dioxinas no han sido clasificadas por la Unión Europea como tóxicas para la reproducción y desarrollo.

La 2,3,7,8-TCDD no es mutagénica y no induce directamente lesiones sobre el ADN.

Los diferentes estudios epidemiológicos tienden a concluir que las dioxinas disminuyen la fertilidad.

La inducción de un efecto teratógeno por las dioxinas no se ha demostrado formalmente. Sin embargo, parece tener una tendencia a aumentar el número de cardiopatías congénitas y de la espina bífida.

Valor toxicológico de referencia

En el caso de las dioxinas, sólo se consideran los efectos con valor umbral asociado. Dado que la TCDD se clasifica como cancerígena según la OMS, se considera que el conjunto de dioxinas y furanos lo son, ya que este compuesto puede estar presente en dicho grupo. Aunque estos compuestos se consideren como cancerígenos, no disponen de un mecanismo de acción genotóxico. Esto da lugar a que se reconozca un valor umbral de toxicidad por debajo del cual la exposición no tiene consecuencias nefastas para el organismo. El conjunto de la comunidad científica está de acuerdo en este punto. Estos compuestos están clasificados, por lo tanto, como sustancias con un valor umbral asociado.

El valor guía por inhalación empleado es $4E-05 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Este valor ha sido derivado del valor asignado a la vía oral según la fuente Cal/EPA 02/2000 (doc 04/2005) para la dioxina 2,3,7,8-TCDD. Por ingestión se ha seleccionado el valor guía procedente de la fuente ATSDR 12/1998 (doc 11/2007): $1E-09 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$.

ANEXO V.4.5 ANTIMONIO

Fuentes: ATSDR, *Toxicological Profile*, diciembre 1992. IRIS 02/1991.

Generalidades

El antimonio y sus compuestos están presentes de forma natural en la corteza terrestre. Las emisiones del medio ambiente pueden deberse tanto a fenómenos naturales (incendios de bosques, erupciones volcánicas) como a actividades antropogénicas.

El antimonio se volatiliza durante la combustión y se adsorbe a continuación en las partículas de polvo finas ($<1 \mu\text{m}$).

La absorción de antimonio y sus compuestos por vía respiratoria no se conoce de forma cuantitativa. La absorción por inhalación en ingestión varía en función del tamaño de las partículas y de la solubilidad de sus compuestos. No existen datos sobre la absorción de antimonio a través de la piel en el hombre.

El antimonio no se metaboliza, pero puede interaccionar con proteínas del organismo. La eliminación se realiza por la orina y heces fecales.

Efectos sistémicos por ingestión

Se han observado efectos gastrointestinales (vómitos, diarreas, etc.) tras una exposición a polvo de antimonio.

Efectos cancerígenos

El antimonio no está clasificado como cancerígeno para los distintos organismos. A título informativo cabe mencionar que el trióxido de antimonio está clasificado como C3 por la Unión Europea y 2B por el CIRC.

Otros efectos

El antimonio no está clasificado por la Unión Europea por su poder genotóxico o tóxico para la reproducción.

No se ha encontrado ningún estudio de genotoxicidad tras la exposición por inhalación al antimonio.

Valor toxicológico de referencia

El valor toxicológico de referencia seleccionado para el antimonio por inhalación es 1,4 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por inhalación y 4E-04 mg/kg/día por ingestión. Dichos valores provienen de la base de datos IRIS 02/1991.

ANEXO V.4.6 ARSÉNICO

Fuentes: INERIS, version n°3, julio 2006. Cal EPA 01/2001 (doc 02/1991). IRIS 02/1993. Cal EPA 07/1990 (doc 05/2005). IRIS 04/1998.

Generalidades

El arsénico tiene varios grados de oxidación: -III, 0, +III, +V. A excepción de los sulfuros, los compuestos minerales más corrientes son las combinaciones con el oxígeno: arsenito (As+III) y arseniatos (As+V). El arsénico también forma compuestos orgánicos muy estables.

En la naturaleza, el arsénico proviene principalmente de la erosión de la corteza terrestre, los fenómenos volcánicos y los incendios de bosques. Sin embargo, la mayor parte

del arsénico atmosférico procede de las industrias de producción de As_2O_3 y de la combustión de productos fósiles (carbón, etc.).

Paso al organismo

La principal vía de absorción del arsénico es la vía oral. Los arseniatos y los arsenitos son absorbidos por vía oral o por inhalación. En el hombre, se estima que la absorción es del 95% por vía oral y del 30-40% por inhalación. La vía cutánea es una vía minoritaria de absorción. Tras la absorción oral, el arsénico se distribuye por todos los órganos. No hay un órgano objetivo, pero en caso de intoxicación aguda, las tasas más importantes se encuentran en el hígado y riñón. Las concentraciones más elevadas se encuentran en los cabellos y las uñas. Los estudios efectuados en animales muestran que tras una exposición por inhalación, el arsénico se encuentra en todos los órganos internos.

Efectos sistémicos

Por inhalación

La mayor parte de las consecuencias relacionadas con los derivados del arsénico están inducidas por los derivados inorgánicos.

Uno de los órganos objetivos de los derivados inorgánicos del arsénico es la piel.

Se han reportado neuropatías periféricas sensoriales y motrices y encefalopatías tras la exposición por inhalación a derivados inorgánicos del arsénico. Estos efectos son parcialmente reversibles cuando cesa la exposición.

Se ha observado que los empleados expuestos a niveles elevados de polvo y vapores de arsénico orgánico por inhalación, sufren náuseas, vómitos y diarreas. Estos efectos son reversibles y no se presentan cuando los niveles de exposición profesional son bajos.

Al contrario que en la exposición por ingestión, la exposición por inhalación de derivados inorgánicos del arsénico no induce efectos hematológicos.

Por ingestión

En la mayor parte de los estudios de exposiciones sub-agudas o crónicas se han reportado efectos cutáneos y hematológicos del arsénico.

Efectos cancerígenos

Según los resultados obtenidos en estudios de poblaciones expuestas profesionalmente al arsénico inorgánico, es posible establecer una relación entre la inhalación del arsénico y el cáncer de vías respiratorias. El riesgo de padecer cáncer parece aumentar más rápidamente si se está expuesto a pequeñas dosis acumulativas que si se está expuesto a fuertes dosis de forma puntual. El cáncer de pulmón también se ha detectado en pacientes que ingirieron compuestos del arsénico en medicamentos.

Los cánceres de piel asociados a la exposición de arsénico debido a su uso médico, por ingestión de agua contaminada, o debido a exposiciones profesionales, se detectan después de más de 5 años. Los cánceres cutáneos inducidos por el arsénico se dan en zonas que no han sido expuestas, como las palmas de las manos y los pies. La ingestión de agua potable es la principal vía de exposición asociada al aumento del riesgo de cáncer cutáneo.

El ácido arsénico y sus sales, el pentóxido de diarsénico y el trióxido de diarsénico están clasificados como carcinógenos de Categoría 1 (C1) por la Unión Europea.

Otros efectos

El arsénico metálico y sus derivados más corrientes (trioxido y pentóxido de arsénico) están clasificados como no mutagénicos por la Unión Europea.

La Unión Europea no ha clasificado al arsénico metálico, trióxido y pentóxido de arsénico como tóxicos para la reproducción y el desarrollo (aunque el arseniato de plomo está clasificado como R1/R3).

Valor toxicológico de referencia

Para el arsénico, se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral.

Para los efectos con umbral, el valor toxicológico de referencia arsénico por inhalación se ha obtenido de la base de datos Cal EPA 01/2001 (doc 02/1991): $0,03 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por ingestión, se ha seleccionado $3\text{E}-04 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$ como valor guía (IRIS 02/1993).

Para los efectos sin umbral, se ha seleccionado como valor guía por inhalación $3,30E-03$ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)⁻¹, publicado en Cal EPA 07/1990 (doc 05/2005). Por ingestión, el valor de referencia es $1,5$ ($\text{mg}/\text{kg}/\text{día}$)⁻¹ (IRIS 04/1998).

ANEXO V.4.7 CADMIO

Fuentes: Fiche INERIS, Version 2-3, février 2005. CalEPA 01/2001 (doc 05/2008). IRIS 02/1994. IRIS 06/1992.

El cadmio es un elemento relativamente raro y no existe en estado natural. Está presente en la corteza terrestre, encontrándose principalmente asociado al zinc y al plomo. El cadmio se obtiene igualmente como subproducto del refinado de plomo y cobre. Este elemento se puede encontrar en diferentes estados: óxido, cloruro, sulfuro y sulfato de cadmio.

Las dos principales vías de absorción son la inhalación y la ingestión. Por vía pulmonar, el cadmio se absorbe a lo largo del tracto respiratorio en función de la solubilidad, de su estado y de su tamaño. La absorción puede proseguir durante varias semanas tras la inhalación. Por vía digestiva, la absorción es del 5% aproximadamente, pero esta tasa está directamente relacionada con su estado químico. Dicha tasa puede verse incrementada debido a carencias alimentarias de calcio, hierro, zinc, cobre o proteínas.

El cadmio se transporta en la sangre fijándose a la hemoglobina o a las metalotioneínas. Se concentra principalmente en el hígado y los riñones (entre el 50 y 70% de la carga total). El cadmio también se encuentra en el páncreas, la glándula tiroidea, los testículos y las glándulas salivares. En los tejidos, el cadmio se fija a las proteínas y su vida media puede alcanzar los 30 años.

El cadmio se expulsa en las heces fecales, la orina y otros tejidos cutáneos (pelo, uñas).

Efectos sistémicos

Por inhalación e ingestión

El órgano más afectado es el riñón. Diversos estudios han observado fallos renales irreversibles (insuficiencia renal) tras exposiciones por inhalación o por ingestión.

El cadmio presenta toxicidad ósea, tras la inhalación o ingestión, debido a que interfiere con el calcio.

Después de inhalar cadmio, se han observado problemas respiratorios, inducidos por los efectos irritantes de las partículas de cadmio: disminución de las funciones respiratorias y del olfato, rinitis, bronquitis, enfisema (dilatación anormal de los alvéolos, provocando la ruptura de las paredes y permitiendo el paso del aire en los tejidos intersticiales). Estos efectos fueron observados 20 años después de la exposición profesional al cadmio.

Efectos cancerígenos

Según los estudios realizados en el medio profesional, la inhalación de cadmio incrementa la mortalidad por cáncer pulmonar y, en menor medida, provoca cánceres de próstata.

La ingestión de cadmio puede incrementar la mortalidad por cáncer de próstata, así como el riesgo de desarrollar cáncer hepático.

A modo indicativo, el cloruro de cadmio y el óxido de cadmio están clasificados como carcinógenos de Categoría 2 (C2) por la Unión Europea.

Otros efectos

La Unión Europea clasifica el cloruro, fluoruro y sulfato de cadmio en la categoría M2, es decir, como sustancias mutagénicas para el hombre. El elemento cadmio, el óxido y el sulfuro de cadmio están clasificados en la categoría M3. Las demás formas del cadmio no están clasificadas por su efecto mutagénico.

Los estudios que han intentado identificar el efecto del cadmio sobre la función reproductora del hombre no concluyen que exista una disminución de la fertilidad, ni consecuencias sobre la función endocrina (testosterona, hormona lutenina, hormona de estimulación de folículos).

Sin embargo, el cloruro, fluoruro y sulfato de cadmio están clasificados como R2 por la Unión Europea; y el elemento cadmio, el óxido y el sulfuro de cadmio, como R3.

Valor toxicológico de referencia

Para el cadmio se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral.

Para los efectos con umbral, según la fuente CalEPA 01/2001 (doc 05/2008) se ha tomado como valor guía por inhalación $0,02 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Por ingestión, el valor de referencia seleccionado es $1\text{E-}03 \text{ mg}/\text{kg}/\text{día}$ (IRIS 02/1994).

Para los efectos sin umbral, el valor guía seleccionado para inhalación es igual a $1,80\text{E-}03 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (IRIS 06/1992).

ANEXO V.4.8 CROMO

Fuentes: Fiche INERIS, version 2-4, février 2005. RIVM 03/2001. IRIS 09/2008. OMS 1999 (doc 2000, 2ª edición)

El cromo no se encuentra en estado natural, pero está presente en el medioambiente. El mineral más importante es la cromita (FeCr_2O_4). El cromo se encuentra principalmente concentrado en las rocas.

En el medio ambiente, sólo se detectan en cantidades significativas los compuestos trivalentes (cromo III) y hexavalentes (cromo VI). En el suelo, el cromo procedente de las rocas se encuentra en estado trivalente. El cromo VI puede encontrarse en el suelo de forma natural, pero proviene principalmente de actividades industriales. En el aire, los compuestos de cromo se presentan en forma de finas partículas que se depositan en el suelo y superficies acuáticas.

Los derivados hexavalentes del cromo penetran fácilmente en el organismo por todas las vías posibles (en especial a través de membranas). Los compuestos solubles de cromo se absorben fácilmente a través de los pulmones.

La mayor parte del cromo VI absorbido se reduce, por lo que la mayor parte del cromo presente en el organismo se encuentra como cromo III, el cual se distribuye por todo el organismo. Se ha observado que el cromo III penetra débilmente en los eritrocitos, mientras que el cromo VI (que a continuación se reduce a cromo III) lo hace rápidamente. La concentración de cromo en los tejidos disminuye con la edad a excepción de los pulmones.

El cromo se elimina por excreción urinaria. Un adulto con buena salud recibe cotidianamente entre 30 y 100 µg de cromo en su alimentación y entre 2 y 10 µg/L son eliminados en la orina. La excreción biliar elimina aproximadamente el 10% del cromo.

No se conoce el mecanismo exacto de la toxicidad del cromo. Los intermediarios intracelulares formados en el proceso de reducción del cromo VI en cromo III están probablemente asociados a una acción genotóxica del cromo VI.

Efectos sistémicos por inhalación

La toxicidad del cromo se atribuye generalmente a los derivados hexavalentes. El cromo trivalente es un compuesto natural del organismo, pero aún así presenta cierta toxicidad.

Las vías respiratorias son las más afectadas por la exposición por inhalación a derivados del cromo VI. Se trata, por tanto, de lesiones por contacto. Los principales efectos observados son la epistaxis, rinitis crónica, irritación y picor nasal, atrofia de la mucosa nasal, úlceras y perforaciones del tabique nasal, bronquitis, neumoconiosis, disminución de la función pulmonar y neumonías.

Tras la solubilización, el cromo y sus derivados pueden provocar un efecto de sensibilización al cromo, que se manifiesta por asma o dermatitis. Se estima que aproximadamente un 0,7% de la población experimenta un aumento de la sensibilidad al cromo. La sensibilidad a los derivados del cromo VI es claramente superior a la sensibilidad a los derivados del cromo III, lo cual se debe en parte a su mejor absorción.

Se han detectado casos de lesiones gastrointestinales debidas a exposiciones profesionales por inhalación. Los efectos observados fueron dolores de estómago, calambres, úlceras gástricas y del duodeno, y gastritis.

Efectos cancerígenos

Los estudios relativos a los efectos cancerígenos del cromo se centran en la inhalación. Los resultados de numerosos estudios epidemiológicos realizados en industrias de diferentes países para empleados de la producción de cromatos mostraron que existía riesgo de contraer cáncer de pulmón para los trabajadores, los cuales a menudo se encontraban expuestos al cromo III y el cromo VI.

En general, los cromatos hidrosolubles (cromato de sodio y de potasio, dicromatos) tienen un potencial cancerígeno más importante que los cromatos menos hidrosolubles, exceptuando los cromatos de zinc y de calcio.

Según estudios recientes, los efectos cancerígenos de los derivados hexavalentes del cromo están relacionados con la solubilidad de estos últimos en medio acuoso. Además, los iones Cr (VI) en solución acuosa son los que inducen efectos cancerígenos.

La exposición a los cromatos podría favorecer cánceres localizados en la cavidad nasal, laringe o estómago. Los derivados del cromo VI pueden inducir cánceres no pulmonares situados en huesos, estómago, próstata, órganos genitales, riñones, vesícula y sangre.

A modo indicativo, los cromatos de cinc y el trióxido de cromo están clasificados como carcinógenos de Categoría 1 (C1) por la Unión Europea. El cromato de cromo III, el cromato de estroncio y el cromato de potasio están clasificados como carcinógenos de Categoría 2 (C2) por la Unión Europea.

Otros efectos

El cromo VI no se encuentra clasificado como mutagénico y tóxico para la reproducción en la Unión Europea.

El cromo VI está presente como impureza en los cementos. Está clasificado por la Unión Europea en la categoría 2, pero no existe en la actualidad ningún documento que relacione la exposición al cemento y el exceso de cáncer de piel. Muchos factores medioambientales (frío, sudor, manipulación de ladrillos, lavado con productos agresivos...) agravan los síntomas de lesiones cutáneas debidas al cemento, provocando mayor fragilidad a la piel.

Valor toxicológico de referencia

Para el cromo, se han definido valores toxicológicos tanto para el cromo trivalente como hexavalente.

El cromo III, según la fuente RIVM 03/2001 tiene un valor de referencia de 60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ por inhalación.

Para el cromo VI, se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral considerando como única vía de exposición la inhalación. Para los efectos con umbral, el valor guía escogido es $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (IRIS 09/2008). El valor toxicológico asociado a los efectos sin umbral es igual a $4,00\text{E}-02 (\mu\text{g}/\text{m}^3)^{-1}$ (OMS 1999, doc 2000 2ª edición).

ANEXO V.4.9 MANGANESO

Fuentes: OMS, Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, 2001; Environmental Health Criteria n° 17, 1981. IRIS 12/1993.

El manganeso es un elemento que se encuentra presente en la corteza terrestre y en el medio ambiente. El manganeso no existe en la naturaleza como elemento puro. Los óxidos, carbonatos y silicatos de manganeso predominan en los minerales.

El manganeso se encuentra en la atmósfera debido a procesos naturales y antropogénicos, tales como la suspensión de polvo debida al tráfico, la erosión de las rocas o el movimiento de tierras asociado a determinadas actividades agrícolas y constructivas. Las emisiones procedentes de la industria se centran en las industrias de aleaciones.

El manganeso es un elemento esencial en el hombre y los animales. Es necesario para la formación del tejido conjuntivo y de los huesos en el crecimiento, el metabolismo de lípidos, el desarrollo embrionario del oído interno y las funciones reproductoras. La dosis cotidiana de manganeso necesaria es de 2 a 3 mg/kg para adultos y 1,25 mg/kg para niños. Se considera que una persona media de 70 kg contiene en torno a 10 - 20 mg de manganeso.

La principal vía de exposición al manganeso es la alimentación, pero también puede ser absorbido por vía respiratoria. Tras la inhalación, parte de las partículas de manganeso son eliminadas y parte son absorbidas por el tracto gastrointestinal.

A continuación, el manganeso es transportado en el plasma que se encuentra unido a las proteínas y que se distribuye por todo el organismo, especialmente por el hígado, páncreas, riñones e intestino. También puede atravesar la placenta.

El manganeso inorgánico se elimina esencialmente en las heces.

Efectos sistémicos por inhalación

Los experimentos realizados sugieren que los mecanismos de toxicidad dependen del estado de oxidación del manganeso.

Los resultados obtenidos en varios estudios epidemiológicos realizados en obreros expuestos a concentraciones inferiores a 5 mg/m³ de manganeso muestran que la exposición puede causar efectos neurológicos (problemas motores tales como la dificultad de controlar los movimientos de la mano y tiempos de reacción largos) y respiratorios. Además, el "manganismo" observado en algunos trabajadores (minas de manganeso, industrias de aleaciones, etc.) se caracteriza por la aparición de diversos trastornos psiquiátricos y de movimientos. Los síntomas son parecidos a los del Parkinson en términos de dificultad en el control de movimientos y en la pérdida de la expresión facial.

Se han descrito frecuentemente incidencias relativas a neumonías en trabajadores expuestos al manganeso. Sin embargo, no es posible establecer una relación causa-efecto a partir de los datos disponibles. Parece que las partículas de polvo son las causantes de problemas respiratorios no específicos, en lugar del manganeso en particular. Además, el tabaquismo y el manganeso tienen un efecto sinérgico en cuanto a las consecuencias que provocan.

Efectos cancerígenos

Las pruebas existentes no permiten determinar si el manganeso es cancerígeno. Algunos estudios sugieren incluso que podría tener un efecto protector contra el cáncer.

El manganeso no está clasificado como carcinógeno de Categoría 1 ni 2 por la Unión Europea.

Otros efectos

El manganeso no está clasificado por la Unión Europea por sus efectos genotóxicos. Varios estudios epidemiológicos realizados en obreros expuestos a concentraciones

de manganeso inferiores a 5 mg/m³ concluyeron que existían efectos sobre la reproducción. Se observaron disfunciones sexuales y un descenso en la natalidad en la población obrera expuesta al manganeso.

El manganeso ha sido clasificado por la Unión Europea por sus efectos sobre la reproducción y el desarrollo.

Valor toxicológico de referencia

Para el manganeso se ha definido un valor toxicológico de referencia por inhalación igual a 5,00 E-02 µg/m³. Dicho valor ha sido obtenido de la base de datos IRIS 12/1993.

ANEXO V.4.10 PLOMO

Fuentes: fiche INERIS, version 2-1, février 2003. Real Decreto 1073/2002. OMS, JEFCA, 1999 y GDWQ, 2006. CalEPA 04/1997, doc 05/2005. CalEPA 10/2000, doc 05/2005.

El plomo está presente de forma natural en el suelo, aire, agua y las distintas especies de la cadena trófica (plantas, animales). Se encuentra en estado metálico o combinado con otros elementos como el carbono, oxígeno y azufre. Los tres minerales principales del plomo son el carbonato de plomo, el sulfuro de plomo (galena) y el sulfato de plomo (anglesita).

Las fuentes naturales de emisiones atmosféricas de plomo (erupciones volcánicas) son despreciables con respecto a las emisiones originadas por el hombre. Con el fin de reducir la exposición de la población al plomo, se ha limitado su utilización en su utilización en la gasolina, las canalizaciones de agua potable y las pinturas.

La absorción y la metabolización del plomo dependen de su estado físico y su especiación.

El plomo penetra en el organismo principalmente por la vía digestiva y respiratoria. La vía digestiva es la principal vía de absorción de plomo. La tasa de absorción varía del 5 al 10% para un adulto y del 20 al 50% para un niño.

El plomo que se absorbe por ingestión o inhalación pasa a la sangre donde, o bien se fija a los hematíes (95%), o se encuentra como una forma plasmática que será alma-

cenada en los tejidos o eliminada en la orina. El plomo sanguíneo representa entorno al 2% del plomo total en el organismo.

Las sales de plomo (Pb^{2+}) se fijan en los diferentes tejidos y en particular en los huesos (del 80 al 90% del plomo total), donde compiten con los iones de calcio (Ca^{2+}). El plomo también se acumula en los tejidos blandos (riñones, médula ósea, hígado, bazo, cerebro), dientes, uñas y cabellos. Por ingestión, la absorción de plomo en el hígado y riñones es tres veces más importante que por inhalación.

Independientemente de la actividad profesional, las cantidades de plomo acumuladas son de media más elevadas en el hombre que en la mujer. Sin embargo, el plomo atraviesa fácilmente la barrera de la placenta por simple difusión y la exposición prenatal constituye un riesgo importante en niños de poca edad.

La orina es la vía principal de excreción de plomo (75% del plomo absorbido). El plomo también se elimina en las heces, saliva, sudor, cabellos y uñas.

El plomo modifica el funcionamiento celular perturbando numerosas vías metabólicas y diferentes procesos fisiológicos. El plomo libre ionizado inhibe la actividad de ciertas enzimas. El plomo actúa como catalizador de reacciones de peroxidación de lípidos produciendo radicales, lo que puede generar problemas en la función reproductora.

Por otro lado, el plomo altera la homeostasis cálcica e interfiere en los procesos celulares y moleculares mediados por el calcio. Estas modificaciones son previsiblemente el origen de los efectos que tiene el plomo sobre el sistema nervioso central.

Efectos sistémicos

Los efectos del plomo se identifican generalmente a partir de una medida del nivel de plomo en la sangre (plombemia).

Sistema nervioso central: Las intoxicaciones severas y crónicas de plomo (plombemia $> 1.500 \mu g/l$) se traducen en los adultos en una encefalopatía saturnina grave. Las intoxicaciones menos importantes (plombemia $< 1.000 \mu g/l$) dan lugar a problemas neurológicos (irritabilidad, problemas de sueño, ansiedad, pérdida de

memoria, confusión y fatiga). Los sujetos más expuestos presentan también una disminución de su capacidad de razonamiento y del rendimiento visual-motriz. Los estudios han mostrado que la exposición al plomo en niños puede tener consecuencias a largo plazo en el desarrollo del sistema nervioso central.

Sistema nervioso periférico: La exposición a niveles muy elevados de plomo (plombemia de 1.200 µg/l) puede provocar parálisis parciales, en particular en los miembros superiores. Niveles medios de exposición dan lugar a lesiones leves: parestesia, debilidad muscular, calambres, etc.

Sistema sanguíneo: La absorción de plomo puede producir anemia. La anemia generalmente es poco severa y bastante tardía.

Sistema renal: Los estudios epidemiológicos realizados en el medio profesional han puesto en evidencia un exceso de mortalidad por insuficiencia renal, relacionada con una exposición crónica a concentraciones atmosféricas elevadas de plomo.

Sistema cardiovascular: La relación entre una exposición a niveles bajos de plomo y la hipertensión arterial no ha podido ser demostrada con certeza.

Otros: El plomo puede tener un efecto depresor en la glándula tiroidea. En cambio, el crecimiento óseo de los niños se ve muy afectado por el plomo, incluso para una exposición baja de plomo (plombemia < 100 µg/l). El sistema inmunitario también puede verse afectado por este metal.

Efectos cancerígenos

Los estudios realizados en un medio profesional no permiten concluir con certeza que el plomo sea un elemento cancerígeno, debido a la exposición simultánea a otros factores (tabaco, etc.). Hasta el momento no se conocen estudios realizados sobre la población general.

La clasificación del carácter cancerígeno del plomo y de sus compuestos se basa esencialmente en estudios experimentales. A título indicativo, la Tabla A.112 presenta las diferentes clasificaciones del carácter cancerígeno del plomo y sus compuestos.

Figura A.111. Clasificación del carácter cancerígeno del plomo

UE	OMS (CIRC)	US EPA
El plomo metálico no está clasificado. C1: arseniato de plomo C3: acetato, cromatos, sulfocromatos y cromatomolibdatos de plomo	1: arseniats y cromatos de plomo 2B: plomo y sus derivados inorgánicos 3: compuestos orgánicos de plomo	B2: plomo y derivados inorgánicos

Otros efectos

La Unión Europea no ha clasificado el plomo por su efecto genotóxico.

En cambio, los compuestos del plomo están clasificados como tóxicos para la reproducción: de categoría 1 (R1) debido a los efectos adversos que pueden darse en el niño durante el embarazo; y de categoría 3 (R3) debido al posible riesgo de alteración de la fertilidad.

Los estudios realizados en humanos muestran que la exposición prolongada al plomo provoca una reducción de la producción de espermatozoides y perturba la secreción de hormonas sexuales.

En estudios en mujeres con un nivel de plomo comprendido entre 290 y 500 µg/L, se ha observado un descenso en la fertilidad.

Valor toxicológico de referencia

Para el plomo se han definido valores toxicológicos asociados a los efectos con y sin umbral.

Para los efectos con umbral, se ha tomado 0,5 µg/m³ como valor de referencia por inhalación (Real Decreto 1073/2002) y 3,57E-03 mg/kg/día por ingestión (OMS, JECCA, 1999 y GDWQ, 2006).

Para los efectos sin umbral, se ha empleado 1,20E-05 (µg/m³)⁻¹ como valor guía por inhalación (CalEPA 04/1997, doc 05/2005) y 8,50E-03 (mg/kg/día)⁻¹ por ingestión (CalEPA 10/2000, doc 05/2005).

ANEXO V.4.11 TALIO

Fuentes: OMS, *Environmental Health Criteria 182*, 1996. IRIS 09/1990.

La presencia de talio en el medio ambiente se debe a procesos naturales y a la actividad humana. Este metal se encuentra principalmente en minerales sulfurados y derivados metálicos pesados, en concentraciones bajas.

El talio se produce industrialmente en pequeñas cantidades. El talio se absorbe rápidamente a través de las vías digestivas y respiratorias. También penetra en el organismo a través de la piel.

El talio se distribuye rápidamente por todos los órganos (riñones, cerebro, etc.). Dado que se acumula con rapidez en las células, la concentración de talio en sangre no refleja la concentración existente en los tejidos. Atraviesa la placenta y la barrera hematoencefálica.

No existen datos en cuanto a la metabolización del talio en el organismo.

El talio se elimina principalmente en la orina, aunque también puede efectuarse a través de las vías digestivas, el cabello, la piel, el sudor y la leche materna.

Efectos sistémicos

Las sales de talio son inodoras, incoloras e insípidas, pero son muy tóxicas. En caso de intoxicación los síntomas más comunes son: gastroenteritis, estreñimiento, pérdida de peso, insomnio, alopecia y polineuritis.

Por ingestión

Sea cual sea la vía de exposición, se han descrito problemas sensoriales periféricos: dificultades para caminar, calambres musculares, hipersensibilidad en las piernas, etc. El talio también tiene efectos sobre los nervios del cráneo, lo cual provoca problemas oculares (baja agudeza visual, movimientos incontrolados) e incluso la ceguera.

La ingestión de talio está asociada a una pérdida de cabello, a priori reversible.

La exposición crónica por vía oral al talio puede provocar problemas gastrointestinales.

Efectos cancerígenos

No se ha encontrado ningún dato respecto al posible poder cancerígeno del talio en el hombre o en animales, por lo que no está clasificado como carcinógeno de Categoría 1 ni 2 por la Unión Europea.

Otros efectos

La Unión Europea no ha clasificado el talio por su poder genotóxico o tóxico para la reproducción.

Existen pocos datos respecto a los posibles efectos del talio sobre la reproducción humana. Se han descrito perturbaciones del ciclo menstrual y la potencia sexual masculina.

Valor Toxicológico de Referencia

No se dispone de ningún Valor Toxicológico de Referencia asociado a este metal. Sin embargo, se dispone de VTR para algunos compuestos de talio. Teniendo en cuenta el proceso de fabricación del cemento, en el que se utiliza caliza, se ha considerado, como valor a emplear el VTR del carbonato de talio. En la base de datos IRIS 09/1990 se da un valor toxicológico de referencia por ingestión de $8,00E-05$ mg/kg/día para el carbonato de talio. Dicho valor ha sido derivado para el talio: $6,98E-05$ mg/kg/día.

Este VTR no ha sido derivado para la vía de inhalación.

ANEXO V.4.12 VANADIO

Fuentes: WHO Regional Office for Europe, Copenhagen, Denmark, Vanadium, 2000. OMS, Environmental Health Criteria 81, 1988. ATSDR 07/1992 (doc 11/2007).

El vanadio es un metal grisáceo cuyos estados de oxidación son: -1, +2, +3, +4 y +5. Los estados de oxidación +3, +4 y +5 son los más comunes. El estado de oxidación +4 es el más estable. El pentóxido de vanadio (V_2O_5) es el compuesto comercial más común.

El vanadio metálico no existe en la naturaleza. Su producción está relacionada con la de otros metales como el hierro, uranio, titanio y aluminio, y con la combustión de

crudo, petróleo residual y carbón. La concentración media de vanadio en un medio urbano se estima que es de 0,05 – 0,18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

La principal vía de contaminación de vanadio en el hombre es la alimentación. Se estima que el aporte total de vanadio por ingestión es de 20 μg , mientras que por inhalación es de 1,5 y 0,2 μg para el medio urbano y rural respectivamente.

La tasa de adsorción pulmonar de los diversos compuestos de vanadio no ha sido determinada, pero se estima que se encuentra entorno al 25% para las formas solubles de vanadio.

El vanadio es absorbido y transportado por el plasma para posteriormente ser distribuido por los tejidos. Se concentra principalmente en el hígado, riñones, pulmones, testículos, bazo y huesos.

La eliminación de vanadio se realiza principalmente por la orina y las heces.

Efectos sistémicos por ingestión

En el hombre, el vanadio ingerido por vía oral no parece tener efectos sobre el sistema respiratorio, hepático, renal, cardiovascular e inmunológico, pero sí parece tener consecuencias gastrointestinales.

Efectos cancerígenos

Hasta el momento, no se ha demostrado que exista relación entre la exposición al vanadio por vía oral y el cáncer en el hombre o animal, por lo que el vanadio no está clasificado como carcinógeno de Categoría 1 ni 2 por la Unión Europea.

Otros efectos

El pentóxido de vanadio y el de divanadio se clasifican, según la Unión Europea, dentro de la categoría 3 por su poder mutagénico.

No se ha realizado ningún estudio sobre los efectos en el desarrollo y reproducción del hombre debidos a la ingestión de vanadio. No obstante, el pentóxido de vanadio y de divanadio se clasifican, según la Unión Europea, en la categoría R3 debido a su potencial tóxico sobre la reproducción.

Valor Toxicológico de Referencia

Según la base de datos ATSDR 07/1992 (doc 11/2007), el valor toxicológico de referencia empleado para el vanadio por la vía de ingestión es 3,00E-04 mg/kg/día. Dicho valor ha sido derivado de un valor subcrónico.

ANEXO V.5 SÍNTESIS

En las siguientes tablas se resumen las vías de exposición consideradas para cada parámetro, los órganos a los que afectan y los VTRs considerados.

Tabla A.112. Síntesis de los órganos objetivo por los trazadores seleccionados

Trazadores	Vías de exposición	Tipo de efecto evaluado		Órganos objetivo
		Con umbral	Sin umbral	
Partículas (PM ₁₀ y PM _{2.5})	inhalación	X	-	Vías respiratorias, sistema inmunitario y cardiovascular
Dióxido de nitrógeno (NO ₂)	inhalación	X	-	Vías respiratorias
Dióxido de azufre (SO ₂)	inhalación	X	-	Vías respiratorias
PCDD – PCDF (2,3,7,8-TCDD)	ingestión	X	-	Piel, sistema cardiovascular, pulmones, sangre, hígado y sistema reproductor
Antimonio (Sb)	ingestión	X	-	Tracto gastro-intestinal, sistema cardiovascular
Arsénico (As)	inhalación ingestión	X	X	Piel, sistema vascular, sanguíneo, nervioso, digestivo y hepático
Cadmio (Cd)	inhalación ingestión	X	X	Riñones, huesos, vías respiratorias y sistema nervioso
Cromo VI (CrVI)	inhalación	X	X	Piel, vías respiratorias, sistema cardiovascular, vías digestivas. Sensibilización
Manganeso (Mn)	inhalación	X	-	SNC, vías respiratorias
Plomo (Pb)	ingestión	X	X	Sistema nervioso, sangre, huesos, riñones, tiroides.
Talio (Tl)	ingestión	X	-	Tracto gastro-intestinal sistema nervioso periférico y SNC, sistema vascular, riñones e hígado
Vanadio (V)	ingestión	X	-	Tracto gastro-intestinal. (Hígado en animales)

SNC: Sistema Nervioso Central

Tabla A. 113. Valores Toxicológicos de Referencia empleados.

Parámetro	INHALACIÓN				INGESTIÓN			
	CAA ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) (con umbral)	Ref.	ERUi ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹ (sin umbral)	Ref.	DDA (mg/kg/día) (con umbral)	Ref.	ERUo (mg/kg/día) ⁻¹ (sin umbral)	Ref.
NO _x	4,00E+01	1	-	-	-	-	-	-
SO ₂	2,00E+01	1	-	-	-	-	-	-
TOC	NA	-	-	-	-	-	-	-
HCl	2,00E+01	2	-	-	-	-	-	-
HF	1,40E+01	3	-	-	-	-	-	-
CO	10.000	1	-	-	-	-	-	-
PM tot	20	1*	-	-	-	-	-	-
Dioxinas y furanos	4,00E-05	4	-	-	1,00E-09	17	-	-
Sb	1,40E+00	5	-	-	4,00E-04	5	-	-
As	3,00E-02	6	3,30E-03	13	3,00E-04	18	1,50E+00	23
Cd	0,02	6	1,80E-03	14	1,00E-03	19	-	-
Co	1,00E-01	7	-	-	-	-	-	-
Cu	1,00E+00	8	-	-	-	-	-	-
Cr III	60	8	-	-	-	-	-	-
Cr VI	0,1	9	4,00E-02	15	-	-	-	-
Mn	5,00E-02	10	-	-	-	-	-	-
Hg	3,00E-01	11	-	-	-	-	-	-
Ni	9,00E-02	12	3,80E-04	15	-	-	-	-
Pb	5,00E-01	1	1,20E-05	16	3,57E-03	20	8,50E-03	24
Tl	NA	-	-	-	6,98E-05	21	-	-
V	NA	-	-	-	3,00E-04	22	-	-
Sn	7,00E+03	25	-	-	2,00E+00	27	-	-
Zn	1,05E+03	26	-	-	3,00E-01	28	-	-

1. Real Decreto 1073/2002

1*. Se asimila que el VTR para PM total es el mismo que para PM 10

2. IRIS, 07/1995

3. CalEPA, 08/2003 (doc 04/2005)

4. CalEPA, 02/2000 (doc 04/2005) (derivado de la vía oral). Valor dado para la dioxina 2,3,7,8-TCDD

5. IRIS 02/1991 (derivado de la vía oral)

6. INERIS 12/2006: CalEPA, 01/2001 (doc 05/2008)

7. ATSDR, 10/2004, partículas (doc 11/2007)

8. INERIS, 2004: RVM, 03/2001 (sales insolubles y metales)

9. INERIS, 2004: IRIS, 09/2008

10. IRIS, 12/1993

11. IRIS, 06/1995, elemental

12. ATSDR, 09/2005, partículas (doc 11/2007)

13. INERIS, 12/2006 : Cal EPA, 07/1990 (doc 05/2005)

14. INERIS, 2004 : IRIS, 06/1992

15. INERIS 2004 : OMS, 1999 (doc 2000, 2ª edición)

16. CalEPA, 04/1997, inorgánico (doc 05/2005)

17. INERIS 2004 : ATSDR, 12/1998 (doc 11/2007)

18. INERIS 12/2006 : IRIS, 02/1993 (inorgánico)

19. INERIS 2004 : IRIS, 02/1994 (alimentación)

20. INERIS 2004 : OMS, JECFA, 1999, (PTWI = 25 $\mu\text{g}/\text{kg}/\text{semana}$) y GDWQ, 200621. IRIS, 09/1990, valor para el carbonato de talio ($8 \cdot 10^{-5}$, convertido en talio)

22. ATSDR, 07/1992, (doc 11/2007, derivado de un valor subcrónico)

23. INERIS 12/2006 : IRIS, 04/1998 (inorgánico)

24. Cal EPA, 10/2000, inorgánico (doc 05/2005)

25. OMS, JECFA, 2000, inorgánico, derivado de la vía oral

26. INERIS 2004 : IRIS, 08/2005, derivado de la vía oral

27. OMS, JECFA, 2005, inorgánico

28. INERIS 2004 : IRIS, 08/2005

Anexo VI

ESTIMACIÓN DE LOS RIESGOS ASOCIADOS A LA INGESTIÓN

ANEXO VI.1 INTRODUCCIÓN

Este anexo presenta las ecuaciones utilizadas para estimar de manera cuantitativa los riesgos existentes para las poblaciones vecinas a la planta, en las que la presencia de huertos hace que la población pueda ingerir productos de verduras cultivadas en el entorno de la misma. De hecho, estas poblaciones pueden estar expuestas a compuestos emitidos por la planta que pueden acumularse en la cadena alimentaria (metales, dioxinas).

En general, se pueden considerar las siguientes vías de transferencia:

- ▶ La deposición en el suelo y su ingestión directa por niños o adultos.
- ▶ La deposición en el suelo y la transferencia a las raíces de las plantas: los compuestos emitidos a la atmósfera por el emplazamiento industrial se depositan por vía seca (por gravedad) y por vía húmeda (por las precipitaciones) sobre el suelo, mezclándose en los primeros centímetros de suelo y provocando su contaminación. Los compuestos que se encuentran en el suelo pueden ser, por lo tanto, transferidos a la planta en los intercambios suelo-planta que se producen en las raíces de las mismas.
- ▶ La deposición sobre las hojas de las plantas y la transferencia directa al interior de la misma.
- ▶ La deposición en el suelo y la transferencia a la carne y leche del ganado bovino, y la carne y huevos de las aves, debido a que los animales ingieren directamente del suelo.

- ▶ La deposición sobre la planta y la transferencia a la carne y leche debido a que el ganado bovino ingiere la planta.
- ▶ El consumo humano de frutas y verduras del huerto, y de carne, leche y huevos.

Los parámetros intermedios que han de calcularse son la concentración en suelos, en las raíces y en las partes aéreas de las plantas, en la carne de ganado bovino y en la leche. Estas concentraciones permiten determinar la dosis de exposición de los receptores (población) expuestos. A continuación, estas dosis se comparan con los Valores Toxicológicos de Referencia (VTR) determinados para la ingestión.

ANEXO VI.2 ESTIMACIÓN DE LAS CONCENTRACIONES EN EL MEDIO AMBIENTE

Las ecuaciones que permiten modelizar las transferencias que ocurren en el medio ambiente provienen de la US EPA y se presentan en los siguientes documentos:

- ▶ US EPA, 2005. Human Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities, US EPA Office of Solid Waste Emergency Response (OSWER), EPA520-R-05-006.
- ▶ US EPA, 1994. Estimation Exposure to Dioxin-Like compounds. EPA/600/6-88/005Cc. Office of Research and Development, National Centre of Exposure Assessment, Washington DC.
- ▶ United States Environmental Protection Agency, 1991. Risk Assessment Guidance for Superfund: Volume I – Human Health Evaluation Manual (Part B, Development of Risk-Based Preliminary Remediation Goals. Office of Emergency and Remedial Response, Washington, DC.
- ▶ Radiation Site Cleanup Regulations: Technical Support Document for the Development of Radiation Cleanup Levels for Soil (EPA 402-R-96-011 A).

ANEXO VI.2.1 Concentración en el suelo

Para estimar la concentración de los compuestos retenidos en el suelo, se calcula la tasa de deposición F mediante la modelización de la dispersión atmosférica de las

emisiones del emplazamiento. La dispersión atmosférica se realiza utilizando el modelo pseudo-gaussiano ADMS. La tasa de deposición modelizada resulta de la media anual.

El cálculo de la concentración en los suelos se basa en las siguientes hipótesis:

- ▶ La capa superficial del suelo (de poco espesor) es contaminada directamente por la deposición.
- ▶ En esta capa, los suelos se mezclan en función de la actividad que tiene lugar en la superficie.
- ▶ La degradación de las sustancias orgánicas en la superficie se rige por su vida media.
- ▶ Los fenómenos de pérdidas de compuestos debidos a diferentes procesos físicos y químicos, como la erosión o la volatilización, no se tienen en cuenta.
- ▶ Las pérdidas por lixiviación (infiltración del agua de lluvia) y escorrentía sí son estimadas.

Se toma un valor de 20 cm como espesor de la capa superficial del suelo afectada para huertos y pastos. Para otros tipos de suelos (suelos donde se crían aves, exposición por ingestión directa del suelo), se toma un valor de 2 cm de profundidad, valor recomendado por la US EPA (HHRAP).

El balance de materia ΔC se define como el aporte por deposición de partículas emitidas menos las pérdidas del medio a lo largo del tiempo (disipación de compuestos). Se considera que las pérdidas del suelo siguen las leyes cinéticas de primer orden:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{F}{M} - k \cdot C$$

C = concentración en el suelo del emplazamiento, en mg/kg

F = deposición total anual en mg/m²/año

M = masa por unidad de superficie de suelo del emplazamiento expuesto en la que el contaminante se ha distribuido, en kg/m^2

k = constante de primer orden de disipación del compuesto, an^{-1}

La solución de esta ecuación es:

$$C = \frac{F}{k \cdot M} (1 - e^{-kt})$$

" C " se calcula en función del tiempo. Se estiman los riesgos para una duración de la explotación del emplazamiento suficientemente larga para poder considerar un estado estacionario. La solución para un estado estacionario es:

$$C = \frac{F}{k \cdot M}$$

La masa de suelo sobre la que se distribuye el contaminante, " M ", se calcula como el producto de la profundidad sobre la que se distribuye el contaminante y la densidad seca del suelo.

La constante de disipación, " k ", generalmente no se conoce. Se puede estimar como la suma de dos términos:

$$k = k_{\text{degradación}} + k_{\text{lixiviación+escorrentía}}$$

- ▶ La constante de degradación, $k_{\text{degradación}}$, concierne particularmente los compuestos orgánicos. Se toma de la literatura y se calcula a partir de la constante de vida media de los compuestos del suelo.
- ▶ La constante de pérdida por lixiviación y escorrentía, $k_{\text{lixiviación+escorrentía}}$, que tiene en cuenta el arrastre de los compuestos por debajo de la capa de mezcla a medida que se produce la infiltración de agua en el suelo y la escorrentía en la superficie del suelo. Esta constante se define según la siguiente ecuación:

$$k_{\text{lixiviación+escorrentía}} = \frac{RF}{\theta_{\text{SW}} \cdot M_d + M \cdot K_d_s}$$

$k_{\text{lixiviación+escorrentía}}$ = constante de primer orden de pérdida por lixiviación y escorrentía, en an^{-1} .

RF = precipitaciones anuales, en $\text{m}/\text{año}$.

θ_{sw} = cantidad de agua por unidad de volumen de suelo, sin unidades.

M_d = profundidad de la mezcla de suelos, en m.

M = masa por unidad de superficie de suelo, del emplazamiento expuesto, en la que el contaminante se distribuye, en kg/m^2

Kd_s = coeficiente de reparto suelo-agua, en m^3/kg

Las propiedades físico-químicas de los compuestos y los parámetros utilizados para el emplazamiento se presentan en las Tablas D.1 y D.2 de este anexo.

ANEXO VI.2.2 Concentración en las plantas

El cálculo de la concentración en las plantas permite estimar la exposición de las poblaciones vecinas al emplazamiento debida al consumo de frutas y hortalizas producidas en los huertos; incluyendo la exposición debida a la transferencia a través de la cadena alimentaria (carne y leche), cuyo origen es la hierba contaminada ingerida por el ganado bovino.

Se consideran los siguientes tipos de plantas:

- ▶ Verduras tipo tubérculo, como la zanahoria o patata, cuya raíz es consumida por el hombre;
- ▶ Verduras de hoja, como la lechuga o la col, de las cuales el hombre sólo consume la parte aérea de las mismas. Este tipo de plantas presenta una superficie expuesta a la deposición de partículas relativamente importante;
- ▶ Las verduras tipo fruto (tomates, calabacines, etc.) y las comúnmente denominadas frutas (manzanas, cerezas, fresas, etc.), de las cuales el hombre sólo consume ciertas partes (el fruto) de la planta. Las verduras tipo fruto tienen una superficie expuesta a la deposición mucho menor que las verduras de hoja.

La concentración en la planta se calcula por separado para las distintas partes de la misma que son consumidas. Se considera que la concentración en la parte aérea de la planta y la concentración en los frutos, es la misma. Por lo tanto, los cálculos se realizan para las raíces y las partes aéreas de las plantas.

ANEXO VI.2.2.1 Concentración en las raíces de las plantas

La concentración de compuestos en las raíces se calcula mediante la ecuación desarrollada por Briggs et al. (1982), para el caso de las dioxinas. La concentración en los tejidos viene dada por la siguiente expresión.

$$C_{\text{rac}} = C \cdot \text{BCF}$$

C_{rac} = concentración en las raíces, en mg/kg de planta fresca,

C = concentración de contaminantes en el suelo, en mg/kg de materia seca

BCF = factor de bioconcentración en la planta (razón entre la concentración del elemento en la planta y en los poros del suelo), sin unidad.

ANEXO VI.2.2.2 Concentración en las partes aéreas de las plantas

Se tienen en cuenta dos procesos para la estimación de la concentración en la parte aérea de las plantas: la transferencia de los contaminantes de las raíces hacia las partes aéreas y la deposición directa de los compuestos sobre las partes aéreas que están expuestas. Se considera despreciable y, por lo tanto, no se tiene en cuenta, la vía de transferencia del vapor del aire a la parte aérea de la planta. Se hace uso de la siguiente expresión:

$$C_{\text{aér}} = C_{\text{trans}} + C_{\text{ppa}}$$

$C_{\text{aér}}$ = concentración de contaminantes por peso de materia fresca de la parte aérea de las plantas, en mg/kg

C_{trans} = parte de la concentración que se debe a la transferencia a través de las raíces

C_{ppa} = parte de la concentración que se debe a la deposición seca y húmeda de las partículas sobre las plantas, en mg/kg.

Distintos estudios (Fries and Paustenbach 1990; Stevens and Gerbec, 1988; Connett and Webster, 1987; Travis and Hattermer-Frey, 1991) han modelizado la acumulación de la 2,3,7,8-TCDD en la material vegetal (hierba, hortalizas, plantas) que resulta de la deposición de partículas atmosféricas. Esta aproximación también se ha utilizado para estimar la concentración de los compuestos inorgánicos de las plantas, los cuales están relacionados con la deposición. Este estudio se basa en los siguientes elementos:

- ▶ Las concentraciones en las plantas se deben a la deposición de partículas sobre su superficie, esta superficie varía en función de las especies y en función de la cantidad de materia seca;
- ▶ No todas las partículas se depositan sobre la planta, una parte se deposita directamente en la superficie del suelo, por lo que la "parte interceptada" reduce la tasa de deposición total.

La concentración en las plantas debida a la deposición se calcula mediante la siguiente expresión en estado estacionario:

$$C_{ppa} = \frac{F \cdot I_j (1 - e^{-(K_w \cdot T_p)})}{K_w \cdot I_j} T_{ms}$$

C_{ppa} : concentración en las plantas debida a la deposición seca y húmeda de partículas sobre las mismas, en mg/kg.

F: tasa unitaria de deposición seca y húmeda en la superficie de las plantas, en mg/m²/año.

I_j : fracción de partículas interceptadas por los cultivos j durante la deposición, sin unidades.

K_w : constante meteorológica que tiene en cuenta las pérdidas de compuestos depositados sobre plantas que se encuentran bajo la acción del viento, la lluvia y la dilución relacionada con el crecimiento de la planta (se supone una cinética de primer orden), año⁻¹.

T_p : tiempo transcurrido entre la siembra y la recolecta del cultivo, en fracción de año sin unidades.

Y_j : rendimiento en materia seca de la recolecta j, en kg/m²

T_{ms} : factor de conversión de materia seca en materia fresca de los cultivos j, sin unidades.

Para los compuestos retenidos, se considera que no existe un sistema de regulación de transferencia, lo cual es una hipótesis que sobreestima la concentración en la planta:

$$C_{trans} = C_{rac}$$

ANEXO VI.2.3 Concentración en la carne y la leche

Las concentraciones en la carne y la leche se estiman directamente a partir del régimen alimentario del ganado bovino (suelo y plantas aéreas: hierba, etc.), con la ayuda de los siguientes factores empíricos:

$$C_{\text{carne}} = (\text{BCF}_{\text{carne}} \cdot Q_{\text{suelo-c}} \cdot B_{\text{suelo}} \cdot C_{\text{pasto}}) + (\text{BCF}_{\text{carne}} \cdot Q_{\text{hierba-c}} \cdot C_{\text{aéreo-hierba}})$$

$$C_{\text{leche}} = (\text{BCF}_{\text{leche}} \cdot Q_{\text{suelo-l}} \cdot B_{\text{suelo}} \cdot C_{\text{pasto}}) + (\text{BCF}_{\text{leche}} \cdot Q_{\text{hierba-l}} \cdot C_{\text{aéreo-hierba}})$$

C_{carne} : concentración en la carne, en mg/kg

$\text{BCF}_{\text{carne}}$: factor de bioconcentración en la carne, en día/kg

C_{leche} : concentración en la leche, en mg/L

$\text{BCF}_{\text{leche}}$: factor de bioconcentración en la leche, en día/L

B_{suelo} : biodisponibilidad del contaminante en el suelo con respecto al vector vegetal, sin unidades

$Q_{\text{suelo-c}}$: cantidad de suelo ingerida por una vaca que produce carne, en kg/día

$Q_{\text{hierba-c}}$: cantidad de hierba ingerida por una vaca que produce carne, en kg/día

$Q_{\text{suelo-l}}$: cantidad de suelo ingerida por una vaca que produce leche, en kg/día

$Q_{\text{hierba-l}}$: cantidad de hierba ingerida por una vaca que produce leche, en kg/día

C_{pasto} : concentración media de contaminante en el suelo del pasto, en mg/kg

$C_{\text{aéreo-hierba}}$: concentración media de contaminante en la hierba del pasto, en mg/kg

ANEXO VI.2.4 Concentración en las aves y los huevos

La concentración en aves y huevos se estiman directamente a partir del régimen alimentario de las aves, el cual se compone de un 90% de grano (cereales) y un 10% de suelo.

Sin embargo, sólo se considerará la ingestión directa del suelo, dado que si se compara la ingestión de grano y la ingestión de suelo, esta última es más significativa en términos de riesgo, dado que no existe transferencia suelo-grano, y los contaminantes son ingeridos directamente.

La concentración en la carne y los huevos se estima directamente a partir de la concentración en el suelo, haciendo uso de las siguientes expresiones:

$$C_{ave} = BCF_{ave} \cdot Q_{suelo-a} \cdot B_{suelo} \cdot C_{huerto}$$

$$C_{huevos} = BCF_{huevos} \cdot Q_{suelo-a} \cdot B_{suelo} \cdot C_{huerto}$$

C_{ave} : concentración en la carne del ave, en mg/kg

BCF_{ave} : factor de bioconcentración en la carne del ave, en día/kg

C_{huevos} : concentración en los huevos, en mg/kg

BCF_{huevos} : factor de bioconcentración en los huevos, en día/kg

B_{suelo} : biodisponibilidad del contaminante en el suelo, sin unidades

$Q_{suelo-a}$: cantidad de suelo ingerida por un ave, en kg/día

C_{huerto} : concentración media de contaminante en el suelo del huerto, donde se crían las aves, en mg/kg

ANEXO VI.3 ESTIMACIÓN DE LAS DOSIS DE EXPOSICIÓN

ANEXO VI.3.1 Ingestión de suelo

La exposición de las personas por ingestión de suelo se estima del siguiente modo:

$$DDEs = \frac{C_s \cdot Q_s \cdot FE \cdot EF \cdot ABS}{P \cdot 365}$$

DDEs: Dosis diaria de exposición debida a la ingestión de suelo, en mg/kg/día

C_s : Concentración del contaminante en los suelos, en mg/kg

Q_s : Cantidad de suelo ingerida en un día de media, en mg/día

FE: Tasa de exposición en la fuente (fracción de tiempo), igual a 1 por hipótesis

EF: Frecuencia de exposición: número de días al año en los cuales el receptor está expuesto a la fuente.

ABS: tasa de asimilación o tasa de biodisponibilidad. Razón dada por la cantidad que entra realmente en el organismo respecto a la cantidad ingerida.

P: Masa corporal, en kg.

La tasa de asimilación (o tasa de biodisponibilidad) corresponde a la proporción de compuesto ingerida que se absorbe en los tejidos. Como primera aproximación, esta tasa ha sido considerada igual a 1 para todos los compuestos retenidos.

Los parámetros utilizados para estimar la exposición debida a la ingestión de suelo se muestran en la tabla D.3.

ANEXO VI.3.2 Ingestión de frutas, verduras, carnes, leche y huevos

La exposición humana total debida a la ingestión de frutas y verduras producidas por el hombre, carne de ganado bovino y leche, se estima del siguiente modo:

$$DDE = \sum_i \frac{(IR_i \cdot FC_i \cdot EF_i)}{P \cdot 365} \cdot C_i$$

DDE: Dosis diaria de exposición por ingestión de frutas y verduras producidas por el hombre, carne de ganada bovino y de aves, leche y huevos, en mg/kg.día

i: varía según el producto ingerido, es decir:

- verduras tipo tubérculo producidas por el hombre
- verduras de hoja producidas por el hombre
- verduras tipo fruto producidas por el hombre
- carne de ganado
- leche
- carne de ave
- huevos

IR_i: tasa de ingestión de producto, en kg/día

FC_i: fracción de productos consumidos procedentes de la zona de impacto, sin unidades

EF_i: frecuencia de exposición al producto i: número de días al año en los cuales el receptor está expuesto a la fuente.

P: masa corporal, en kg

C_i: concentración de contaminantes en el producto, en mg/kg

Los parámetros utilizados para el cálculo de las dosis de exposición para niños y adultos se presentan en la tabla D.3 de este anexo.

Tabla A.114. Parámetros de entrada del emplazamiento y su medio ambiente.

Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor	Ref.
Masa por unidad de volumen de suelo	kg/m ³	r _b	1500	2
Cantidad de agua por unidad de volumen de suelo	ml/cm ³	θ _{sw}	0,2	2
Profundidad de la mezcla (huerto)	M	MD _{huerto}	0,2	2
Masa por unidad de superficie (huerto)	kg/m ²	M _{huerto}	300	calculado
Profundidad de la mezcla (pasto)	M	MD _{pastos}	0,2	2
Masa por unidad de superficie (pasto)	kg/m ²	M _{pât}	300	calculado
Profundidad de la mezcla (otro)	M	MD _x	0,02	2
Masa por unidad de superficie (otro)	kg/m ²	M _x	30	calculado
Coefficiente de pérdida meteorológica	an ⁻¹	K _w	18	2
Duración del cultivo de verduras tipo hoja (fracción de año)	sin unidad	T _{phoja}	0,164	2
Duración del cultivo de verduras tipo fruto (fracción de año)	sin unidad	T _{pfuto}	0,164	2
Duración del cultivo de hierba (fracción de año)	sin unidad	T _{phierba}	1	1
Fracción de partículas interceptadas por las verduras de hoja	sin unidad	I _{hoja}	0,982	2
Fracción de partículas interceptadas por las verduras tipo fruto	sin unidad	I _{fruto}	0,053	2
Fracción de partículas interceptadas por la hierba	sin unidad	I _{hierba}	0,5	2
Rendimiento en m ² de las verduras de hoja (seco)	kg/m ²	Y _{hoja}	5,66	2
Rendimiento m ² de las verduras tipo fruto (seco)	kg/m ²	Y _{fruto}	0,252	2
Rendimiento m ² de la hierba (seco)	kg/m ²	Y _{hierba}	0,24	2
Porcentaje de materia seca de las verduras de hoja	sin unidad	T _{mshoja}	0,086	3
Porcentaje de materia seca de las verduras tipo fruto	sin unidad	T _{mstruto}	0,1065	3
Porcentaje de materia seca en la hierba	sin unidad	T _{mshierba}	0,2	4
Cantidad de suelo ingerido al día por una vaca productora de carne	kg/día	Q _{suelo-v}	0,5	2
Cantidad de hierba ingerida al día por una vaca productora de carne	kg/día	Q _{hierba-v}	8,8	2
Cantidad de suelo ingerido al día por una vaca productora de leche	kg/día	Q _{suelo-l}	0,4	2
Cantidad de hierba ingerida al día por una vaca productora de leche	kg/día	Q _{hierba-l}	13,2	2
Cantidad de suelo ingerida al día por una gallina	kg/día	Q _{suelo-v}	0,022	2
Cantidad de granos ingerida al día por una gallina	kg/día	Q _{hierba-v}	0,2	2
Pluviometría anual	m/año	RF	*	**

1: Valor específico para cada emplazamiento – hipótesis conservadora

2: Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities, US EPA Office of Solid Waste Emergency Response (OSWER), EPA520-R-05-006, September 2005 (<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/finalmact/ssra/05hhrap5.pdf>) – valores recomendados

3: INERIS, Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Groupe de travail Grandes installations de combustion, Juin 2003.

4: INERIS, Mise à jour de l'évaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches charbon d'une grande installation de combustion, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Groupe de travail Grandes installations de combustion, Décembre 2004

* Valor específico para cada planta

** Fuente de datos meteorológicos proporcionados por cada planta.

Tabla A.115. Parámetros físico-químicos de las sustancias retenidas.

Trazadores	Constante de disipación en suelos (an ⁻¹)	Ref.	Kás (L/kg)	Ref.
Antimonio	-	-	4,50E+01	1
Arsénico	-	-	2,90E+01	1
Cadmio	-	-	7,50E+01	1
Plomo	-	-	9,00E+02	1
Talio	-	-	7,10E+01	1
Vanadio	-	-	1,00E+03	2
2,3,7,8-TCDD	3,00E-02	1	3,89E+04	1

Trazadores	Coefficiente de transferencia en carne de ganado bovino (día/kg)	Ref.	Coefficiente de transferencia en leche (día/L)	Ref.	Coefficiente de transferencia en aves (día/kg)	Ref.	Coefficiente de transferencia en huevos (día/kg)	Ref.	BCF (raíces)	Ref.	Biodisponibilidad en suelos	Ref.
Antimonio	1,00E-03	1	1,00E-04	1	-	-	-	-	5,58E-03	1*	1,00	3
Arsénico	2,00E-03	1	6,00E-05	1	2,00E-02	4	2,00E-02	4	1,49E-03	1*	1,00	3
Cadmio	1,20E-04	1	6,50E-06	1	1,06E-01	1	2,50E-03	1	1,19E-02	1*	1,00	3
Plomo	3,00E-04	1	2,50E-04	1	1,20E+00	4	1,20E+00	4	1,67E-03	1*	1,00	3
Talio	4,00E-02	1	2,00E-03	1	-	-	-	-	7,44E-05	1*	1,00	3
Vanadio	2,50E-03	2	2,00E-05	2	-	-	-	-	1,40E-03	2	1,00	3
2,3,7,8-TCDD	2,61E-02	1	5,50E-03	1	1,93E-02	1	1,10E-02	1	1,92E-01	1*	0,01	3

1: Human Health Risk Assessment Protocol for Hazardous Waste Combustion Facilities (HHRAP), US EPA Office of Solid Waste Emergency Response (OSWER), The Hazardous Waste Compton Database, September 2005 (<http://www.epa.gov/epaoswer/hazwaste/combust/risk.htm>)

1*: Valor HHRAP correspondiente a $B_{\text{raícesveg}} = \text{coeficiente de bioconcentración en las raíces de los vegetales, en (mg/kg.seca)/(mg/kg.suelo)}$. Para convertir el RCF en BCF, expresado en (mg/kg fresco)/(mg/kg suelo), se utiliza la siguiente expresión: $\text{BCF} = \text{RCF} \times \text{fracción de materia seca en las verduras tipo tubérculo, siendo } \text{fms}_{\text{veg}} = 0,186$ según el INERS.

2: Valor tomado de FAIS, Risk Assessment Information System, ORNL (Oak Ridge National Laboratory managed for the U.S. Department of Energy). Organismo que cumple las guías de la EPA (<http://rais.ornl.gov/>).

3: HHRAP US EPA Office of Solid Waste Emergency Response (OSWER), EPA520-R-05-006, September 2005 - VGr = 1 cuando $\log Kow > 4$ y VGr = 1 cuando $\log Kow < 4$ - A los metales que no tienen log Kow, se les atribuye el valor de 1 para ese factor.

4: INERS, Evaluation de l'impact sur la santé des rejets atmosphériques des tranches carbone de une grande installation de combustion, Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable - Groupe de travail Grandes installations de combustion, Mai 2003. (Valores tomados del IRSN).

Tabla A.116a. Parámetros de exposición de los receptores para todas las vías de exposición especificadas.

Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor	Referencia
Parámetros globales				
Duración de la exposición toda la vida	años	ED _{vida}	70	2
Peso del NIÑO	kg	P _{niño}	15	1
Peso del ADULTO	kg	P _{adulto}	70	1
Tasa de biodisponibilidad oral de las sustancias	-	ABS	1	hipótesis
Exposición residencial				
Frecuencia de exposición para un NIÑO	días/año	EF _{niño}	365	hipótesis
Frecuencia de exposición para un ADULTO	días/año	EF _{adulto}	365	hipótesis
Tasa de exposición diaria para un NIÑO	-	TX _{niño}	1	hipótesis
Tasa de exposición diaria para un ADULTO	-	TX _{adulto}	1	hipótesis
Duración de la exposición (inhalación)	años	ED	30	2
Duración de la exposición para un NIÑO	años	ED _{niño}	6	2
Duración de la exposición para un ADULTO	años	ED _{adulto}	24	2
Exposición profesional				
Frecuencia de exposición para un ADULTO	días/año	Ef _{adulto}	220	
Tasa de exposición diaria para un ADULTO	-	TX _{adulto}	0,33	hipótesis
Duración de la exposición para un ADULTO	años	ED _{adulto}	30	2
Ingestión de suelo y polvo				
Tasa diaria de ingestión de suelo y de polvo NIÑO	mg/día	IR _{suelo-niño}	200	4
Tasa diaria de ingestión de suelo y de polvo ADULTO	mg/día	IR _{suelo-adulto}	100	4
Consumo de frutas y hortalizas				
Frecuencia de exposición a plantas de un huerto particular próximo al emplazamiento	días/año	EF _{planta}	365	hipótesis
Tasa de ingestión NIÑO de verduras tipo tubérculo de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{raiz-niño}	0,0187	3
Tasa de ingestión NIÑO de verduras de hoja de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{hoja-niño}	0,0156	3
Tasa de ingestión NIÑO de verduras tipo fruto de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{fruto-niño}	0,0104	3
Tasa de ingestión ADULTO de verduras tipo tubérculo de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{raiz-adulto}	0,0236	3
Tasa de ingestión ADULTO de verduras de hoja de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{hoja-adulto}	0,0116	3
Tasa de ingestión ADULTO de verduras tipo fruto de un huerto particular próximo al emplazamiento	kg/día	IR _{fruto-adulto}	0,0247	3

Tabla A.116b. Parámetros de exposición de los receptores para todas las vías de exposición especificadas.

Parámetro	Unidad	Símbolo	Valor	Referencia
Fracción de plantas procedentes de un huerto particular próximo al emplazamiento que son consumidas en la zona de impacto	-	FC _{planta}	0,5	hipótesis *
Consumo de carne bovina				
Frecuencia de exposición a la carne de ganado bovino	días/año	EF _{carne}	365	hipótesis
Tasa de ingestión NIÑO de carne de ganado bovino	kg/día	IR _{carne-niño}	0,015	3
Tasa de ingestión ADULTO de ganado bovino	kg/día	IR _{carne-adulto}	0,041	3
Fracción de carne bovina consumida en la zona de impacto	-	FC _{carne}	0,5	hipótesis *
Consumo de leche				
Frecuencia de exposición a la leche	días/año	EF _{leche}	365	hipótesis
Tasa de ingestión NIÑO de leche	kg/día	IR _{leche-niño}	0,41	3
Tasa de ingestión ADULTO de leche	kg/día	IR _{leche-adulto}	0,18	3
Fracción de leche contaminada	-	FC _{leche}	0,5	hipótesis *
Consumo de carne de ave				
Frecuencia de exposición a la carne de ave	días/año	EF _{ave}	365	hipótesis
Tasa de ingestión NIÑO de carne de ave	kg/día	IR _{ave-niño}	0,003	3
Tasa de ingestión ADULTO de carne de ave	kg/día	IR _{ave-adulto}	0,007	3
Fracción de carne de ave consumida en la zona de impacto	-	FC _{ave}	1	hipótesis *
Consumo de huevos				
Frecuencia de exposición a los huevos	días/año	EF _{huevos}	365	hipótesis
Tasa de ingestión NIÑO de huevos	kg/día	IR _{huevos-niño}	0,001	3
Tasa de ingestión ADULTO de huevos	kg/día	IR _{huevos-adulto}	0,005	3
Fracción de huevos contaminados	-	FC _{huevos}	1	hipótesis *

1: ECETOC. 2001. Exposure Factors Sourcebook for European Populations, Technical Report No 79, European Centre for Ecotoxicology and Toxicology of Chemicals.

2: INERIS, Méthode de calcul des Valeurs de Constat d'Impact dans les sols, Ministère de l'Aménagement du Territoire, Novembre 2001.

3: CIBLEX, juin 2003. Base de datos de parámetros descriptivos de la población francesa.

4: IHOBE, S.A.: Investigación de la contaminación del suelo.

* Se considera que los alimentos producidos en las proximidades del emplazamiento están contaminados por la deposición de partículas, por lo que se supone que el 100% de la autoproducción ha sido contaminada. En el caso de la carne de bovino, frutas y hortalizas, se considera que parte de los productos están destinados a la venta y no al consumo directo del productor. Por lo tanto, para el análisis de riesgos se ha considerado un FC (fracción de productos consumidos procedentes de la zona de impacto) de 0,5.

Anexo VII

REFERENCIAS DE LOS ESTUDIOS DE VALIDACIÓN DEL SOFTWARE ADMS 4.0

El software informático ADMS fue desarrollado por CERC (Cambridge Environmental Research Consultants), una sociedad fundada en el Reino Unido Se trata de una herramienta de fácil manejo basada en un modelo gaussiano.

El uso del software ADMS se extiende a nivel internacional, por lo que los artículos relativos a la validación del modelo se encuentran en inglés. Estos están disponibles en la página web del CERC : "<http://www.cerc.co.uk/>". La siguiente lista enumera las referencias de los artículos de validación:

- [1] ADMS 3 Technical Specification (2000) *Cambridge Environmental Research Consultants*. Available to download from the website or on CD @ £30 per copy
- [2] ADMS 3 Validation Summary (2000) Cambridge Environmental Research Consultants. (PDF).
- [3] Carruthers D. J., McKeown A. M., Hall D. J. and Porter S. (1999) Validation of ADMS against Wind Tunnel Data of Dispersion from Chemical Warehouse Fires. *Atmospheric Environment, Vol 33 pp1937-1953*.
- [4] Carruthers DJ, Dixon P, McHugh CA, Nixon SG, and Oates W. (1999) Determination of Compliance with UK and EU Air Quality Objectives From High Resolution Pollutant Concentration Maps Calculated Using ADMS Urban. *Proc of Rouen Conference 11-14 October 1999, To be published in Int. J. Environment and Pollution* (PDF).
- [5] McHugh CA, Carruthers DJ, Higson H & Dyster SJ (1999). Comparison of Model Evaluation Methodologies With Application To ADMS 3 And US Models. *Proc of Rouen*

Conference 11-14 October 1999, To be published in Int. J. Environment and Pollution (PDF).

- [6] KL Simms, S Wilkinson, S Bethan (1999) Odour Nuisance and Dispersion Modelling: An Objective Approach to a Very Subjective Problem *Cambridge Environmental Research Consultants (PDF).*
- [7] Dyster SJ, Thompson DJ, McHugh CA and Carruthers DJ (1999) Turbulent Fluctuations And Their Use In Estimating Compliance Standards And In Model Evaluation. *Proc of Rouen Conference 11-14 October 1999, To be published in Int. J. Environment and Pollution (PDF).*
- [8] Robins A. and McHugh C. (1999). Development And Evaluation Of The ADMS Buildings Effects Module. *Proc of Rouen Conference 11-14 October 1999, To be published in Int. J. Environment and Pollution (PDF).*
- [9] Hanna SR, Egan BA, Purdum J and Wagler J. (1999) Evaluation Of The ADMS, Aremod, And ISC3 Dispersion Models With The Optex, Duke Forese, Kincaid, Indianapolis, And Lovett Field Data Sets *Proc of Rouen Conference 11-14 October 1999, To be published in Int. J. Environment and Pollution (PDF).*
- [10] Turbulence, Fluctuations & Averaging Times (1998) *Cambridge Environmental Research Consultants.*
- [11] Davies B. M., Jones C. D., Manning A.J. and Thomson D. J. (1998) "Some field experiments on the interaction of plumes from two sources", *Internal Met office Note TDN 252 and to be published in the Q. J. of Royal Met. Soc.*
- [12] Carruthers D. J., Dyster, S. and McHugh C. A. (1998) Contrasting Methods for Validating ADMS using the Indianapolis Dataset. *Proc. 5th Int. Conf. on Harmonisation Within Dispersion Modelling for Regulatory Purposes pp104 110. To be published in Int. J. Environment and Pollution.*
- [13] Carruthers D. J., Edmunds H. A., Lester A. E., McHugh C. A. and Singles R. J. (1998) Use and Validation of ADMS Urban in Contrasting Urban and Industrial

Locations. *Proc. 5th Int. Conf. on Harmonisation Within Dispersion Modelling for Regulatory Purposes* pp360 367 To be published in *Int. J. Environment and Pollution* (PDF).

- [14] Timmis R. Wilkinson S., Carruthers D. and McHugh C. (1998) Recent Studies to Validate and Compare Atmospheric Dispersion Models for Regulatory Purposes in the UK. *Proc. 5th Int. Conf. on Harmonisation Within Dispersion Modelling for Regulatory Purposes* pp429 436 To be published in *Int. J. Environment and Pollution*.
- [15] Carruthers D. J., Edmunds H. A., Bennett M., Woods P.T., Milton M. J. T., Robinson R., Underwood B.Y. and Franklyn C. J. (1997). Validation of the ADMS Dispersion Model and Assessment of its Performance Relative to R 91 and ISC using Archived LIDAR Data *Int. J. Environment and Pollution* Vol. 8, Nos. 3 6.
- [16] Robins A. G., Carruthers D. J. and McHugh C. A. (1997) The ADMS Building Effects Module *Int. J. Environment and Pollution* Vol. 8, Nos. 3 6.
- [17] McHugh C. A., Carruthers D. J. and Edmunds H. A. (1997) ADMS Urban: an air quality management system for traffic, domestic and industrial pollution *Int. J. Environment and Pollution* Vol. 8, Nos.3 6, pp666 675.
- [18] McHugh C. A., Carruthers D. J. and Edmunds H. A. (1997) ADMS and ADMS Urban *Int. J. Environment and Pollution* Vol 8, Nos.306, pp437 440.
- [19] Thomson D J. (1997) "The 'inertial-meander' sub-range of a dispersing plume." *J. Applied Meteorology*, 36 pp1046-1049.
- [20] Carruthers D.J., McKeown A. M., Ellis K. L. and McHugh C.A. (1997) "Air dispersion climate from the Castle Cement Works at Ribblesdale", Environment Agency Report NW-7/97-20-BAZSQ Contact Environment Agency.
- [21] Carruthers D. J., McKeown A. M., and McHugh C. A. (1997) "Air dispersion study of options for abatement of SO₂ emissions at Castle Cement, Clitheroe", Environment Agency Report NW-9/97-25/B-BADQ Contact Environment Agency.

- [22] Carruthers D. J., Edmunds H. A., Bennett M., Woods P.T., Milton M. J. T., Robinson R., Underwood B. Y. and Franklyn C. J. (1995). Validation of the UK ADMS Dispersion Model and Assessment of its Performance Relative to R 91 and ISC using Archived LIDAR Data. Study commissioned by Her Majesty's Inspectorate of Pollution (published by DoE). DoE/HMP/RR/95/022.
- [23] Carruthers D.J., Holroyd R.J., Hunt J.C.R., Weng W S., Robins A.G., Apsley D.D., Thompson D.J. and Smith F.B. (1994). UK ADMS: A new approach to modelling dispersion in the earth's atmospheric boundary layer. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics* 52 139 153. Elsevier Science B.V.
- [24] Carruthers D. J., McHugh C. A., Robins A. G., Thomson D. J., Davies B. and Montgomery M., (1993) UK Atmospheric Dispersion Modelling System Validation Studies *Proc 20th Int. Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application*.
- [25] Carruthers D.J., Holroyd R.J., Hunt J.C.R., Weng W S., Robins A.G., Apsley D.D., Smith F.B., Thomson D.J., and Hudson B. (1991). UK Atmospheric Dispersion Modelling System. *Proceedings of the 19th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, September 1991, in Crete, Greece (Edited by Han van Dop and George Kallos)*. Plenum Publishing Corporation, New York.
- [26] Thomson D.J. (1990) "A stochastic model for the motion of particle pairs in isotropic high-Reynolds number turbulence and its application to the problem of concentration variance." *J. Fluid Mechanics* 210, pp113-153. Available through Libraries.
- [27] J.C.R Hunt, R.J. Holroyd, D.J. Carruthers, Robins A.G., Apsley D.D., Smith F.B. and Thomson D.J. (1990). Developments in Modelling Air Pollution for Regulatory Purposes *Proceedings of the 18th NATO/CCMS International Technical Meeting on Air Pollution Modelling and its Application, 1990, in Vancouver, Canada*.
- [28] Carruthers D.J., Hunt J.C.R., and Weng W S. (1988). A computational model of stratified turbulent airflow over hills FLOWSTAR I. *Proceedings of Envirossoft. In: Computer Techniques in Environmental Studies (Editor) P.Zanetti*, pp481 492. Springer Verlag.

- [29] Fackerell J. E. and Robins A. G. (1982) "Concentration fluctuations and fluxes in plumes from point sources in a turbulent boundary layer". *J Fluid Mechanics*, 117, pp1-26.

Estudio realizado por URS España.

Diseño y maquetación: Alcubo.



Fundación Laboral del Cemento
y el Medio Ambiente

C/ José Abascal 57, 4º
28003, MADRID
Tel.: (+34) 91 451 81 18 - Fax: (+34) 91 401 05 86
www.fundacioncema.org



oficemen
Agrupación de fabricantes de cemento de España

