

ANÁLISIS CUANTITATIVO DE
RIESGOS
PARCELA SUNC-O-L17
MÁLAGA




Preparado para
Ayuntamiento de Málaga


Tipo de documento
Informe final


Madrid
Marzo 2018

Localización:
Málaga

Nº Proyecto:
329000066

Revisión 01
Fecha 26/03/2018
Realizado por Aldo Rodríguez (Consultor)
Firma 

Comprobado Eduardo Ortega (Director Técnico)
Firma 

Aprobado Peter Wouters (Director General)
Firma 

Descripción **Análisis de Riesgos, Parcela SUNC-O-L17 - Málaga**

Project No. 329000066

Este informe ha sido elaborado por Ramboll Environ con profesionalidad, atención y diligencia, y teniendo en cuenta los servicios y los términos acordados entre Ramboll Environ Iberia S.L. (en adelante Ramboll Environ) y el Cliente (Ayuntamiento de Málaga). Este informe es confidencial para el cliente, y Ramboll Environ solo se responsabiliza frente a éste del contenido de dicho informe, o parte de él, a no ser que esté aceptado formalmente por Ramboll Environ de antemano.

Ramboll Environ se exime de cualquier responsabilidad respecto al cliente y otros en relación a cualquier asunto fuera del ámbito de los servicios acordados. Este informe ha sido preparado exclusivamente para el uso del cliente y no puede ser utilizado por otra persona o entidad sin el expreso permiso, solicitado previamente por escrito a Ramboll Environ.

Las condiciones del subsuelo descritas en el presente informe representan las condiciones encontradas durante el trabajo de campo desarrollado en el emplazamiento objeto de estudio. Las condiciones futuras del subsuelo pueden cambiar o diferir significativamente de las descritas en el presente informe. El juicio profesional de Ramboll Environ se basa en las condiciones del subsuelo encontradas y en la información suministrada durante el trabajo de investigación. Este juicio es cierto y correcto de acuerdo al conocimiento y experiencia de Ramboll Environ a fecha del trabajo de investigación. Ramboll Environ realiza las comprobaciones necesarias para que la información plasmada en el presente informe sea verdadera, correcta y de confianza. Sin embargo, este informe es preciso y completo en el caso de que la información suministrada a Ramboll Environ sea precisa y completa. La existencia de impactos en localizaciones no investigadas por Ramboll Environ no puede ser excluida.

El análisis de riesgos para la salud humana (ACR) se encuentra fuera del alcance de la acreditación de la entidad de inspección Ramboll Environ. Las conclusiones que se presentan en el ACR son criterios profesionales basados en la información existente y en los resultados de las distintas modelizaciones realizadas. Los algoritmos de este ACR están basados en la legislación aplicable y en la bibliografía editada por organismos internacionales de reconocido prestigio (US EPA1, ASTM2, etc). El software empleado en la modelización de riesgos ha sido RISC 4.03. Los resultados obtenidos en este ACR están basados en una serie de condiciones relacionadas con la tipología y concentración de contaminantes, vías de exposición, receptores potenciales, criterios toxicológicos, etc. En caso de que alguna de estas variables se vea modificada, se invalidarían los resultados obtenidos, siendo necesaria la actualización del análisis

¹ *Unites States Environmental Protection Agency*

² *American Society for Testing and Materials*

*: Las actividades marcadas con este asterisco se encuentran fuera del alcance de la acreditación de Ramboll Environ en UNE-EN ISO/IEC 1720:2012.

CONTENIDOS

1.	INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS	1
2.	METODOLOGÍA GENERAL DEL ACR	3
2.1	Introducción	3
2.2	Marco regulatorio y guías metodológicas	4
2.3	Definición de la exposición	5
2.4	Análisis de la toxicidad	6
2.5	Caracterización del riesgo	7
2.6	Consideraciones específicas	7
3.	MODELO CONCEPTUAL	9
3.1	Concentraciones consideradas	12
3.1.1	Suelos	12
3.1.2	Aguas subterráneas	14
3.2	Mecanismos y modelos de transporte	15
3.3	Propiedades fisicoquímicas de los compuestos considerados	17
3.4	Receptores y vías de exposición	18
4.	EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD	21
4.1	Carácter toxicológico de los compuestos considerados	21
4.2	Bases de datos toxicológicas	22
5.	EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN	25
5.1	Introducción	25
5.2	Exclusiones	25
5.3	Escenario 1. On-site, inhalación en interiores.	26
5.4	Escenario 2. On-site, inhalación en exteriores.	29
6.	CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO	33
6.1	Escenario 1	33
6.1.1	Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes interiores	33
6.1.2	Vapores provenientes de las aguas subterráneas impactadas bajo la parcela en interiores	36
6.1.3	Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes exteriores	38
6.2	Escenario 2	39
6.2.1	Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes interiores	39
6.2.2	Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes exteriores	43
7.	NIVELES OBJETIVO PARA LA REMEDIACIÓN	45
8.	ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES	46
8.1	Análisis cualitativo de incertidumbres	46
9.	CONCLUSIONES	48

APÉNDICES

APÉNDICE 1
METODOLOGÍA DEL ACR

APÉNDICE 2
PARÁMETROS DE ENTRADA DEL ACR Y RESULTADOS (RISC)

TABLAS

Tabla 1. Modelo conceptual Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcelas EQ-1 a EQ-3 para equipamiento escolar y deportivo)	9
Tabla 2. Modelo conceptual Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)	11
Tabla 3. Concentraciones máximas registradas en suelo por encima del valor de referencia durante las últimas investigaciones realizadas. ZONA NORTE (Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)	13
Tabla 4. Concentraciones máximas registradas en suelo por encima del valor de referencia durante las últimas investigaciones realizadas. ZONA CENTRO (Parcelas Residenciales)	13
Tabla 5. Concentraciones máximas detectadas en el agua subterránea por encima del valor de referencia durante la investigación ZONA NORTE (Parcelas EQ-1 a EQ-4 para equipamiento escolar y deportivo)	15
Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de los compuestos considerados	17
Tabla 7: Esquema del modelo conceptual. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)	19
Tabla 8: Vías de exposición consideradas para Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcelas EQ-1 a EQ-3 para equipamiento escolar y deportivo)	19
Tabla 9: Esquema del modelo conceptual. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)	19
Tabla 10: Vías de exposición consideradas para Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)	20
Tabla 11. Criterios toxicológicos compuestos no cancerígenos	23
Tabla 12. Criterios toxicológicos hidrocarburos por cadenas	23
Tabla 13. Criterios toxicológicos compuestos cancerígenos	24
Tabla 14. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para equipamiento escolar). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores	26
Tabla 15. Patrón de exposición, trabajador de la futura escuela. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)	28
Tabla 16. Patrón de exposición, niños alumnos de la futura escuela. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)	28
Tabla 17. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores	29
Tabla 18. Patrón de exposición, residentes adultos. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)	31
Tabla 19. Patrón de exposición, niños residentes. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)	31
Tabla 20. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	33
Tabla 21. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	33
Tabla 22. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Hidrocarburos individuales en suelo.	34
Tabla 23. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.	34
Tabla 24. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor trabajador escuela (ADULTO).	35
Tabla 25. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor alumno escuela (NIÑO).	35

Tabla 26. Síntesis de resultados mezcla de hidrocarburos por cadenas en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO).	36
Tabla 27. Síntesis de mezcla de hidrocarburos por cadenas en el agua subterránea. Receptor alumnos escuela (NIÑO).	36
Tabla 28. Síntesis de resultados hidrocarburos por compuestos individuales en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO).	37
Tabla 29. Síntesis de resultados hidrocarburos por compuestos individuales en el agua subterránea. Receptor alumnos escuela (NIÑO).	37
Tabla 30. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO)	38
Tabla 31. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el agua subterránea. Receptor alumno escuela (NIÑO)	38
Tabla 32. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	38
Tabla 33. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	39
Tabla 34. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	39
Tabla 35. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	40
Tabla 36. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Hidrocarburos individuales en suelo.	41
Tabla 37. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.	41
Tabla 38. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor residencial (ADULTO).	42
Tabla 39. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor residencial (NIÑO).	42
Tabla 40. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	43
Tabla 41. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.	43
Tabla 42. SSTL. Escenario 1. ZONA NORTE, Parcela EQ-3. Alumnos de la futura escuela.	45
Tabla 43. SSTL. Escenario 2. ZONA CENTRO. Niños residentes futuras viviendas.	45
Tabla 44. Análisis de Incertidumbres	46

ACRÓNIMOS Y ABREVIACIONES

ACR	Análisis Cuantitativo de Riesgos.
ASTM	<i>American Society for Testing and Materials.</i>
BTEX	Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Xileno.
DIV	Valores de Intervención Holandeses.
FNAS	Fase orgánica no acuosa sobrenadante.
HI	Índice de riesgo no cancerígeno.
ILRC	Índice de riesgo cancerígeno.
ITACRCAM	Instrucciones Técnicas para el análisis de riesgos para la salud humana en el ámbito del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero en la Comunidad de Madrid.
NGR	Nivel Genérico de Referencia.
POE	<i>Point of Exposure.</i> Punto de exposición.
PAH	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos.
RBCL	<i>Risk Based Clean Up Levels.</i> Niveles objetivo de remediación basado en riesgo.
RD 9/2005	Real Decreto 9/2005.
RfC	Concentración de referencia para inhalación.
RME	<i>Reasonable Maximum Exposure.</i> Exposición máxima razonable.
SSTL	<i>Site Specific Target Levels.</i> Niveles objetivo del emplazamiento.
TPH	Hidrocarburos Totales de Petróleo.
TPHCWG	<i>Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group.</i>

1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

Ramboll Environ Iberia S.L. (Ramboll) ha sido contratado por el Área de Sostenibilidad del Excmo. Ayuntamiento de Málaga para llevar a cabo un Estudio Hidrogeológico de la parcela SUNC-O-L17, situado entre las calles Av. Juan XXIII, Av. De Europa, c/ Sillita de la Reina - c/ Gallo y c/ de los Bodegueros. El emplazamiento ha sido ocupado históricamente por las instalaciones del Terminal de Crudo de Málaga. El almacenamiento de crudo en estas instalaciones ha dado lugar a una afección del subsuelo del emplazamiento. Esta afección impactó tanto al suelo como a las aguas subterráneas.

A pesar de actuaciones de mejora de la calidad ambiental que han sido realizadas, se ha comprobado que existe una afección remanente del subsuelo en la parcela. Ante esta situación, el Ayuntamiento de Málaga decidió encargar un estudio hidrogeológico y de flujo de contaminantes, con los siguientes objetivos:

1. Actualizar de la información disponible sobre las condiciones medioambientales de las aguas subterráneas en el emplazamiento y su afección por hidrocarburos,
2. Definir la potencial migración de la contaminación disuelta en las aguas subterráneas hacia zonas situadas aguas abajo;
3. Evaluar los riesgos asociados con la contaminación de las aguas subterráneas; y
4. Recomendar actuaciones complementarias enfocadas a la adecuación de las condiciones medioambientales del terreno para su futuro uso residencial y comercial.

El alcance del estudio fue especificado en el Pliego de Condiciones con número de referencia O.D.C. no 4012-4013/2017, así como en la oferta de Ramboll con número de referencia ES11PC170212 y fecha 18 de diciembre de 2017.

Tanto en el estudio realizado por Ramboll como en estudios realizados por otras entidades se han detectado diferentes compuestos en concentraciones que sobrepasan los valores de referencia aplicables para suelos y aguas subterráneas. Concretamente, dado que se han detectado concentraciones de TPH en muestras de suelo que exceden los valores de referencia marcados por el RD 9/2005, las condiciones de suelo del emplazamiento no cumplen con los requerimientos de la normativa aplicable.

Por otra parte, se han detectado concentraciones de TPH y de benzo(a)pireno y de criseno que exceden los límites marcados por los valores de referencia holandeses, por lo que las condiciones de las aguas subterráneas de la parcela no cumplen con las normativas de referencia.

Ante esta situación y siguiendo las pautas marcadas por la legislación se ha realizado un Análisis Cuantitativo de Riesgos (ACR) para determinar si las condiciones del subsuelo de la parcela dan lugar a riesgos inaceptables para la salud y/o el medioambiente. Si esto fuera el caso se deberían implementar medidas correctoras para reducir dichos riesgos hasta niveles aceptables.

El objetivo del presente ACR es la de determinar si las concentraciones detectadas durante las investigaciones realizadas por Inerco, Smarting y Ramboll Environ entre 2017 y 2018 pueden dar lugar a potenciales riesgos inaceptables para la salud humana de los futuros receptores planteados, derivados de la presencia de compuestos químicos en el subsuelo por encima de los valores de referencia, en cuyo caso se deberían implantar medidas correctoras.

Asimismo, en caso de detectarse potenciales riesgos para la salud humana, permitirá definir potenciales niveles de máxima concentración residual admisible (niveles objetivo o SSTL *Site*

Specific Target Levels) en suelos y en aguas subterráneas a los que tendría que llegarse en el transcurso de una hipotética remediación del subsuelo, que reduzcan los riesgos potenciales para los receptores identificados hasta niveles que se consideran aceptables.

2. METODOLOGÍA GENERAL DEL ACR

2.1 Introducción

Un principio fundamental de la evaluación cuantitativa de riesgo es que para cualquier riesgo que se presente, debe existir un vínculo con el contaminante. Estos vínculos describen la conexión entre una fuente de contaminación y un receptor potencial a través de una ruta de exposición definida. Para que un riesgo esté presente tiene que haber un vínculo inquebrantable entre la fuente, la vía de exposición y el receptor. Si no existe ninguna conexión entre el receptor y la contaminación, entonces no puede existir el riesgo.

La evaluación de riesgos es un enfoque científico que proporciona bases racionales para la comprensión y la toma de decisiones. La calidad del estudio depende de la validez de los diferentes datos utilizados en las distintas etapas del procedimiento. Hay muchas incertidumbres, pero estas están casi siempre presentes en el ámbito de la gestión de los riesgos ambientales.

La evaluación detallada de los riesgos para la salud humana se compone de cuatro etapas que se detallan en el siguiente esquema:

- Identificación de los riesgos potenciales: identificación de los efectos no deseados que una sustancia puede inducir en los seres humanos.
- Evaluación de la toxicidad de las sustancias: estimación de la relación entre la dosis o nivel de exposición a una sustancia, y la incidencia y la gravedad de ese efecto en la salud humana
- Evaluación de la exposición: consiste en determinar las vías de exposición de la fuente para los seres humanos, así como la estimación de la frecuencia, duración e importancia de la exposición.
- Caracterización del riesgo: consiste en resumir las informaciones de la evaluación de la exposición y la toxicidad en forma de una expresión cuantitativa del riesgo.

El proceso de evaluación del riesgo se resume en el siguiente diagrama de flujo.

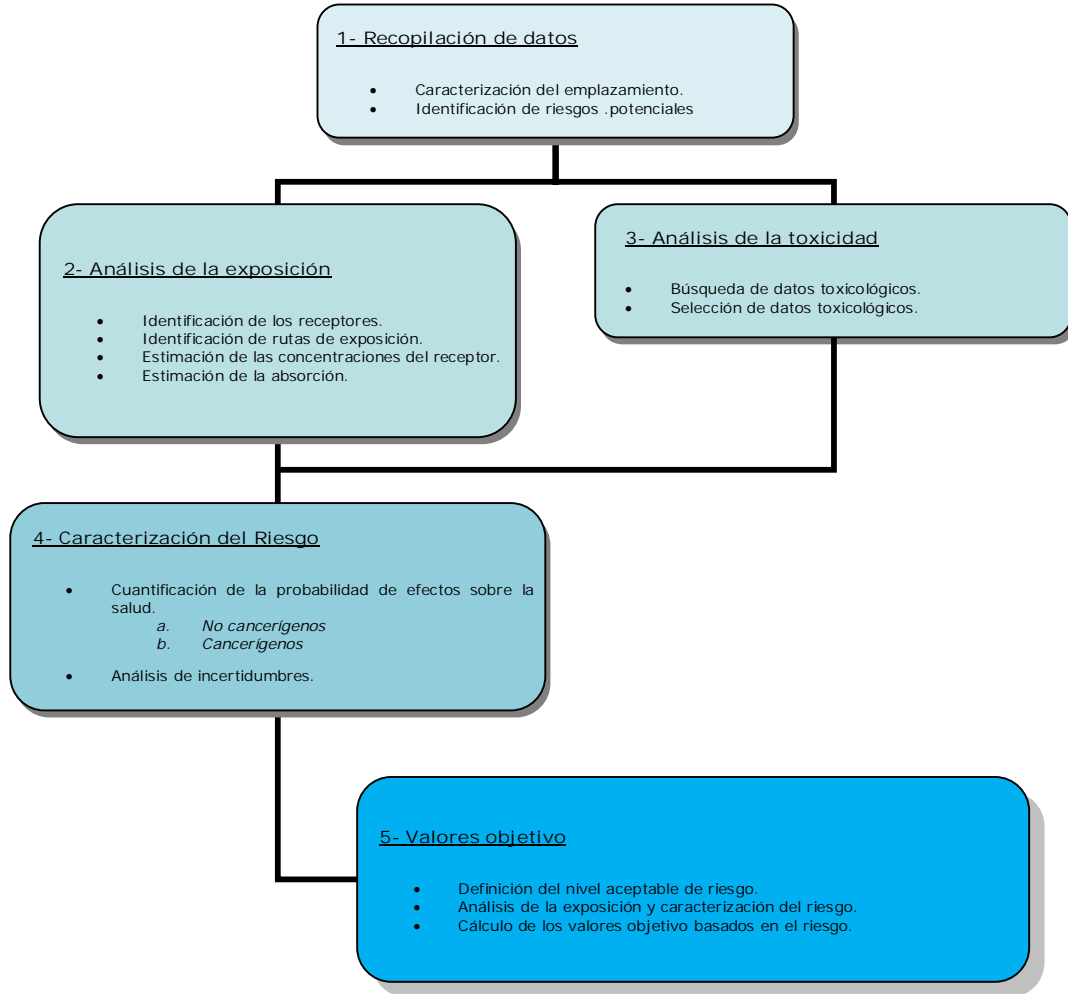


Gráfico 1. Etapas de la evaluación de riesgos

2.2 Marco regulatorio y guías metodológicas

El RD 9/2005 obliga a realizar un ACR si las concentraciones de los compuestos químicos que están presentes en el subsuelo superan los valores de referencia incluidos en el RD. Así mismo, el RD 9/2005 recoge, de forma general, los pasos a seguir para la ejecución del ACR, desde la definición del modelo conceptual del emplazamiento, identificación de receptores, análisis de toxicidad, etc.

Asimismo, existen diferentes guías publicadas por entidades nacionales y autonómicas, como por ejemplo:

- *Guía de evaluación de riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados*. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía. Enero 2017, pendiente de aprobación.
- *Guía Metodológica para la Investigación de la Contaminación del suelo, Análisis de Riesgos para la salud humana y los ecosistemas*. Gobierno Vasco e IHOBE.

- *Guía de análisis de riesgos para la salud humana y los ecosistemas. Plan Regional de actuaciones en materia de suelos contaminados de la Comunidad de Madrid (2001-2006)*, elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en año 2004.
- Guía metodológica específica para la realización de ACRs elaborado por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid en julio de 2011 y denominada "*Instrucciones Técnicas para el análisis de riesgos para la salud humana en el ámbito del Real Decreto 9/2005, de 14 de enero en la Comunidad de Madrid*" (en adelante ITACRCAM).
- *Guía Técnica de aplicación del RD 9/2005, de 14 de enero, por el que se establece la relación de actividades potencialmente contaminantes del suelo y los criterios y estándares para la declaración de suelos contaminados*. Ministerio de Medio Ambiente (Mayo 2007).

Estas guías han sido tomadas en cuenta para la ejecución del presente ACR, así como las normas ASTM-E 2081-00 *Standard Guide for Risk Based Corrective Action* y ASTM E 1739-95 (2002)-*Based Corrective Actions Applied at Petroleum Release Sites*.

2.3 Definición de la exposición

La exposición se define como el contacto de un organismo (en este caso se trata de población humana) con un determinado compuesto químico. La magnitud de la exposición se define mediante la estimación de la ingesta, es decir, la cantidad de un agente químico disponible en las zonas de intercambio (pulmones, piel, etc.), durante un periodo de tiempo determinado.

La definición de la exposición se desarrolla en dos fases; en la primera de ellas se determina, mediante el uso de modelos de transporte si es necesario, la concentración del contaminante en el punto de exposición. En la segunda fase se cuantifica la ingesta del contaminante, considerando las particularidades de los receptores potenciales.

La ingesta representa la tasa de exposición, definida en términos de masa del contaminante en contacto con el cuerpo, por peso del cuerpo y por unidad de tiempo (mg/Kg-día). Esta ingesta se determina mediante ecuaciones que incluyen variables para la concentración en el punto de exposición, tasa de contacto, frecuencia de exposición, etc. Los valores de estas variables dependen de las características propias del medio y de los potenciales receptores.

De acuerdo a la publicación USEPA *Risk Assessment Guidance for Superfund*³, la ecuación genérica de definición de la dosis recibida es la siguiente:

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EFD}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

Donde:

I: dosis de ingesta; la cantidad de contaminante inhalada (mg/kg peso-día).

C: Concentración del contaminante en el punto de exposición (mg/m³).

CR: tasa de contacto; la cantidad de medio (suelo, agua, etc.) contactada o ingerida por unidad de tiempo (m³/día).

EFD: Frecuencia y duración de la exposición.

BW: Peso corporal (kg).

³ *Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I. Human Health Evaluation Manual. USEPA/540/1-89/002, December 1989*

AT: Tiempo promedio de exposición (días).

En el caso particular de la exposición por inhalación se sigue la siguiente expresión:

$$I = \frac{C * InhR * ET * AAF * LRF * EF}{BW * 365d / yr}$$

Donde

InhR: tasa de inhalación (m³/hr).

ET: Tiempo de exposición en interiores (hr/día)

EF: Frecuencia de la exposición (eventos/año).

LRF: Factor de retención pulmonar (mg/mg).

AAF: Factor de ajuste específico del compuesto por inhalación (mg/mg)

2.4 Análisis de la toxicidad

Se trata de valorar el potencial de un compuesto químico para causar efectos adversos en el individuo. De acuerdo a la publicación US EPA *Risk Assessment Guidance for Superfund*, la valoración de la exposición para un compuesto químico se desarrolla en dos fases:

1. identificación del peligro; y
2. evaluación de la dosis-respuesta.

La identificación del peligro es el proceso de determinar si la exposición a un agente químico puede causar un aumento en la incidencia de efectos adversos a la salud, y si éstos efectos adversos pueden ocurrir en la población humana.

El establecimiento de la dosis-respuesta es el proceso mediante el cual se evalúa, de modo cuantitativo, la toxicidad de un compuesto y la relación entre la dosis administrada y los efectos causados. De esta relación cuantitativa, se deducen los valores toxicológicos específicos para cada compuesto, los cuales, son publicados por diversas fuentes.

En el presente ACR, se han recopilado los datos siguiendo la jerarquía establecida por la USEPA OSWER *Directive 9285.7-53 (Human Health Toxicity Values in Superfund Risk Assessments)*. Las fuentes de información toxicológica recomendadas son las siguientes:

1. *US EPA IRIS (United-States Environmental Protection Agency Integrated Risk Information System, <http://www.epa.gov/iris>);*
2. *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values (PPRTV citado en USEPA, 2004) valores de toxicidad derivados de EPA's Superfund Health Risk Technical Support Center (STSC) para el programa de Superfunds de la EPA. (la página Web no está abierta a usuarios ajenos a la EPA, pero está abierta a consultas de usuarios externos). Agency for Toxic Substances and Disease Registry (ATSDR) minimal risk levels (MRLs);*
3. *The California Environmental Protection Agency (OEHHA) Office of Environmental Health Hazard Assessment's Chronic Reference Exposure Levels (RELS) y the Cancer Potency Values. <http://www.calepa.ca.gov>, y OEHHA California Office of Environment Health Hazard Assessment Toxicity Criteria Database - <http://www.oehha.ca.gov/risk/ChemicalDB/index.asp> ;*

Para caso particular de los hidrocarburos totales de petróleo (TPH), se han actualizado los valores propuestos en el año 2009 por US EPA (PPRTV) en base a los datos toxicológicas del TPHCWG (*Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group 1998*) así como las posteriores actualizaciones propuestas para las fracciones aromáticas y alifáticas más ligeras (RIVM⁴, IRIS⁵ y PPRTV⁶).

2.5 Caracterización del riesgo

El paso final del proceso de un análisis de riesgos para la salud es la caracterización de los riesgos. En este punto, las valoraciones de exposición y de toxicidad están resumidas e integradas en las expresiones cuantitativas y cualitativas de riesgo (US EPA 1989).

Para caracterizar los potenciales efectos no cancerígenos, se realizan comparaciones entre las dosis estimadas de las sustancias y su toxicidad. Los potenciales efectos cancerígenos se caracterizan al estimar la probabilidad de que un individuo desarrolle cáncer a lo largo del tiempo de exposición, a partir de las dosis estimadas y la información química específica sobre la respuesta a la dosis expuesta.

Los efectos no cancerígenos se evalúan comparando una tasa de exposición sobre un periodo de tiempo específico con una dosis de referencia derivada de un periodo de exposición similar. Esta tasa de exposición a la toxicidad se denomina cociente de riesgo. El índice de riesgo no cancerígeno está establecido como la unidad en el RD 9/2005.

Para los cancerígenos, el riesgo se estima como el incremento de probabilidad de un individuo a sufrir un cáncer a lo largo de su vida como consecuencia de su exposición a un compuesto cancerígeno. La dosis de referencia es el "factor de pendiente", este factor convierte la media de la dosis diaria estimada durante el tiempo de vida al incremento de riesgo de un individuo a desarrollar un cáncer. Esta probabilidad de riesgo está directamente relacionada con la dosis. Se asume como aceptable el índice de riesgo de 1×10^{-5} (1E-05, un caso de cáncer por cada 100.000 receptores). El cociente de riesgo de referencia y el índice de riesgo referido anteriormente corresponden a aquellos especificados en la legislación española aplicable sobre suelos contaminados (Real Decreto 9 /2005).

2.6 Consideraciones específicas

Para este ACR se han considerado dos escenarios de exposición en función a los dos diferentes usos de suelo propuestos en el Plan Parcial de Ordenación Urbana.

Se han asumido como concentraciones representativas del subsuelo a las máximas concentraciones registradas durante las dos campañas de investigación realizadas entre 2017 y 2018 por Inerco y Ramboll Environ, para aquellos compuestos químicos presentes en suelos y/o aguas subterráneas en concentraciones superiores a su valor de referencia. Incluyendo así mismo, aquellos compuestos que no han podido ser evaluados por carecer de un valor de referencia disponible.

Para calcular el índice de riesgo asociado a la presencia de TPH en el subsuelo, se ha procedido al fraccionamiento en cadenas alifáticas/aromáticas (C₅-C₃₅) tal y como indica la TPHCWG con el objetivo de establecer una serie de subconjuntos de compuestos que presenten características comunes, bien en cuanto a su comportamiento ambiental o en cuanto a su toxicidad.

⁴ RIVM Report 7117011025. *Re-evaluation of human-toxicological maximum permissible risk levels. 2001.*

⁵ *Valores de toxicidad de efectos sistémicos para compuestos aromáticos EC>5,7 en base a benceno y tolueno IRIS, Julio 2010.*

⁶ PPRTV, *Provisional Peer Reviewed Toxicity Values.* USEPA 2004. USEPA 2009 for TPH.

Como medida de protección adicional se ha considerado que la concentración representativa de hidrocarburo presente corresponde a las concentraciones máximas de las fracciones de hidrocarburos registradas en cada una de las muestras analizadas por fracciones de hidrocarburos aromáticos y alifáticos. Así, este hidrocarburo teórico considerado estaría compuesto por los valores máximos de cada una de las fracciones de hidrocarburo analizadas.

Ramboll Environ no ha considerado la suma de las dos vías de exposición procedentes del suelo y las aguas subterráneas (fuentes de la exposición). Esto es debido a que el programa de cálculo utilizado para la modelización del presente ACR (RISC) utiliza modelos de transporte diferentes para ambas vías de migración y no permite calcular la concentración resultante en el punto de exposición como resultado de las dos fuentes en conjunto. Por tanto, sí se sumarán los índices de riesgo calculados provenientes de estas dos fuentes, se duplicaría la exposición.

Asimismo, se ha tenido en cuenta que la zona de suelo impactada se encuentra a más de un metro de profundidad o bajo zona pavimentada y no existirá la posibilidad de que se produzca contacto directo ni con el suelo ni con el agua subterránea para los futuros receptores propuestos.

3. MODELO CONCEPTUAL

El desarrollo del modelo conceptual del emplazamiento comprende la representación del medio, mediante la caracterización de la distribución de los contaminantes detectados en el emplazamiento, la identificación de los mecanismos de transporte de los mismos y las vías de exposición de los potenciales receptores.

En las siguientes tablas se resume el modelo conceptual de los dos escenarios considerados:

Tabla 1. Modelo conceptual Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcelas EQ-1 a EQ-3 para equipamiento escolar y deportivo)

Aspectos	Descripción	Observaciones
Características del entorno	Límites del emplazamiento y entorno.	Entorno urbano de uso mixto: residencial, industrial ligero y comercial.
	Existencia de ecosistemas sensibles/ zonas protegidas	No se han identificado ecosistemas sensibles a la contaminación. El entorno es principalmente urbano, predominando el uso residencial e industrial ligero. No hay cauces permanentes de agua en la proximidad del emplazamiento.
	Presencia de sótanos	No se ha identificado.
Características del emplazamiento	Superficie	Se asume una superficie en planta baja de una escuela de 2.664 m ² en base a un potencial proyecto de construcción de un edificio de 3 plantas construido en una parcela de 15.984 m ² totales, con un índice de edificabilidad de 0.5 y un techo edificable de 7.992 m ² .
	Potenciales focos	El agua subterránea y el suelo afectados por la presencia de hidrocarburos.
	Sótanos	No se considera la construcción de sótanos habitables.
	Red de abastecimiento municipal	Si.
	Pavimento, zonas ajardinadas	Se considera que la parcela estará pavimentada en su totalidad o con escasas zonas ajardinadas, recubiertas con una cpa de suelo limpio.
Características del medio físico	Uso del suelo: Futuro	Equipamiento escolar. Escuela.
	Litología	Las principales unidades identificadas son: <ul style="list-style-type: none"> • Relleno antrópico: Relleno heterogéneo formado por arcillas, arenas y gravas, con fragmentos dispersos de ladrillo y de roca. La potencia observada que varía entre aproximadamente 1 y 5 m. • Sedimentos cuaternarios. Se puede distinguir un nivel superior con una granulometría más fina, que varía entre arcillas limosas y arenas limosas, aunque en algunos puntos se han observado gravas en una matriz arenosa. Por debajo de este nivel se han detectado en la mayoría de los puntos arenas gruesas con grava dispersa. • Arcillas probablemente terciarias, a partir de 6,5 a 9 metros de profundidad aproximadamente.
	Profundidad nivel freático	Se ha considerado la profundidad media de las medidas en los tres piezómetros existentes en la parcela EQ-3 durante la campaña realizada, de 5,175 m.

Tabla 1. Modelo conceptual Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcelas EQ-1 a EQ-3 para equipamiento escolar y deportivo)

Aspectos	Descripción	Observaciones
	Dirección del flujo subterráneo	La dirección de flujo observada en la zona es hacia el sureste.
	Presencia de captación de aguas subterráneas	Según la consulta actualizada a la base de datos de puntos de agua del IGME, en un radio inferior a mil, existen 18 pozos registrados. Ninguno de estos pozos se sitúa directamente aguas abajo (hacia el sureste) del emplazamiento. Los pozos registrados más cercanos y no situados (parcialmente) aguas arriba de la propiedad se sitúan a 650 m al suroeste y a 1,1 km al sur sureste. Existe un pozo en la rotonda al sureste de la parcela.
	Presencia de cursos de agua superficial	El emplazamiento se encuentra en un entorno urbanizado sin cursos de agua cercanos.
Identificación vías de movilización, exposición y receptores	Focos considerados	Se han considerado las máximas concentraciones de las muestras de suelo analizadas en la parcela EQ-3, durante las dos últimas de investigaciones, así como la investigación de Inerco en 2017. La superficie de suelo considerada ha sido la de la totalidad de la parcela EQ-3 sobre la que está proyectada la construcción de una escuela. Para el agua subterránea se ha considerado una pluma que afectaría a toda la superficie de la escuela proyectada (parcela EQ-3) pero con las máximas concentraciones registradas para toda la Zona Norte (parcelas EQ-1 a EQ-4).
	Vías de movilización	Volatilización hacia la superficie a partir de los contaminantes en el suelo y agua subterránea al interior del edificio escuela como escenario más sensible y vía más restrictiva.
	Puntos de exposición	Inhalación de vapores en interiores y exteriores desde el suelo y las aguas subterráneas afectadas. No se ha considerado la posibilidad de un contacto directo con suelo contaminado, dado que éste se encuentra a una profundidad de entre 3 y 5,5m y que la parcela será pavimentada, cubierta de edificios, o de una capa de suelo limpio en el caso de zonas verdes. No se ha considerado la posibilidad de un contacto directo con agua subterránea contaminada, dado que no existen pozos en el emplazamiento y no se prevé el futuro uso de agua subterránea.
	Receptores actuales	No se han identificado receptores actuales.
	Receptores futuros	Trabajadores de la futura escuela y sus alumnos como receptores más sensibles.

Tabla 2. Modelo conceptual Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Aspectos	Descripción	Observaciones
Características del entorno	Límites del emplazamiento y entorno.	Entorno urbano de uso mixto: residencial, industrial ligero y comercial.
	Existencia de ecosistemas sensibles/ zonas protegidas	No se han identificado ecosistemas sensibles a la contaminación. El entorno es principalmente urbano, predominando el uso residencial e industrial ligero. No hay cauces permanentes de agua en la proximidad del emplazamiento.
	Presencia de sótanos	No se ha identificado.
Características del emplazamiento	Superficie	Se asume una superficie en planta baja de una vivienda de 900 m ² dentro de la parcela más pequeña 1.224 m ² en base al potencial proyecto de construcción de un edificio de viviendas, con un índice de edificabilidad de 7.688 y un techo edificable de 9.411 m ² . Se desconoce el número de plantas proyectadas para el edificio.
	Potenciales focos	Los suelos afectados por la presencia de hidrocarburos.
	Sótanos	No se considera la construcción de sótanos habitables.
	Red de abastecimiento municipal	Si.
Características del medio físico	Pavimento, zonas ajardinadas	No se dispone del proyecto constructivo de las parcelas de uso residencial, por lo que se asume que la totalidad de la parcela estará construida como escenario más desfavorable para el modelo de intrusión de vapores en interiores.
	Uso del suelo: Futuro	Residencial
	Litología	<p>El subsuelo de la zona consiste en las siguientes unidades principales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Relleno antrópico: Relleno heterogéneo formado por arcillas, arenas y gravas, con fragmentos dispersos de ladrillo y de roca. La potencia observada que varía entre aproximadamente 1 y 5 m. • Sedimentos cuaternarios. Se puede distinguir un nivel superior con una granulometría más fina, que varía entre arcillas limosas y arenas limosas, aunque en algunos puntos se han observado gravas en una matriz arenosa. Por debajo de este nivel se han detectado en la mayoría de los puntos arenas gruesas con grava dispersa. • Arcillas probablemente terciarias, a partir de 6,5 a 9 metros de profundidad aproximadamente.
	Presencia de captación de aguas subterráneas	Según la consulta actualizada a la base de datos de puntos de agua del IGME, en un radio inferior a mil, existen 18 pozos registrados. Ninguno de estos pozos se sitúa directamente

Tabla 2. Modelo conceptual Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Aspectos	Descripción	Observaciones
		aguas abajo (hacia el sureste) del emplazamiento. Los pozos más cercanos y no situados (parcialmente) aguas arriba de la propiedad se sitúan a 650m al suroeste y a 1,1 km al sur sureste.
	Presencia de cursos de agua superficial	El emplazamiento se encuentra en un entorno urbanizado sin cursos de agua cercanos.
Identificación vías de movilización, exposición y receptores	Vías de movilización	Volatilización hacia la superficie a partir de los contaminantes en el suelo.
	Puntos de exposición	Inhalación de vapores en interiores desde el suelo. No se ha considerado la posibilidad de un contacto directo con suelo contaminado, dado que éste se encuentra a una profundidad de entre 3 y 5,5m y que la parcela será pavimentada, cubierta de edificios, o de una capa de suelo limpio en el caso de zonas verdes. No se ha considerado la posibilidad de un contacto directo con agua subterránea contaminada, dado que no existen pozos en el emplazamiento y no se prevé el futuro uso de agua subterránea.
	Receptores actuales	No se han identificado receptores actuales.
	Receptores futuros	Residentes.

3.1 Concentraciones consideradas

Como criterio para la elaboración del presente ACR, Ramboll Environ ha elegido un modelo conceptual conservador, en el que se han considerado las concentraciones máximas de los compuestos químicos detectados durante las investigaciones de 2017 y 2018 que hayan superado los valores de referencia y las concentraciones de aquellos compuestos que no tengan valor de referencia pero que se hayan detectado en el subsuelo. Se consideran dichas concentraciones, como las máximas concentraciones que podrían estar hipotéticamente presentes en el subsuelo.

Para el caso de los TPH, tal como indica la Guía de la Comunidad de Madrid ITACRCAM y como medida de protección adicional, se ha considerado que la concentración representativa de TPH en el subsuelo corresponde a las concentraciones máximas de las fracciones de hidrocarburos registradas en cada una de las muestras (analizadas por fracciones de hidrocarburos durante las investigaciones realizadas. Así, este hidrocarburo teórico considerado, estaría compuesto por los valores máximos de cada una de las fracciones de hidrocarburo analizadas, con una concentración total en suelo de 3.951,9 mg/kg de TPH y un peso molecular de correspondiente a un hidrocarburo de tipo gasóleo de 230 g/mol (USEPA2015).

3.1.1 Suelos

En la siguiente tabla se muestran las concentraciones consideradas como representativas de la zona impactada en el suelo. Tal y como se ha descrito en el párrafo anterior, correspondientes a las concentraciones máximas de los compuestos con concentraciones que exceden los valores de referencia de aplicación y las concentraciones máximas de los compuestos analizados que no disponen de valor de referencia con los que ser comparados de las dos investigaciones realizadas por Ramboll Environ.

Tabla 3. Concentraciones máximas registradas en suelo por encima del valor de referencia durante las últimas investigaciones realizadas. ZONA NORTE (Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)

Compuestos	Concentración máxima detectada		
	Suelo (mg/kg)	Valor de referencia (NGR) µg/l	Punto de muestreo, muestra**
Arsénico (As)	95	36	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)
Cobalto (Co)	83	25	SMa-C-06-3 (4,70-4,80)
Mercurio (Hg)	92	25	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)
TPH fracción alifática >C6-C8	91	50*	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)
TPH fracción alifática >C8-C10	390		SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)
TPH fracción alifática >C10-C12	580		
TPH fracción alifática >C12-C16	1400		SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)
TPH fracción alifática >C16-C21	1400		
TPH fracción alifática >C21-C35	3000		
TPH fracción aromática >C10-C12	360		
TPH fracción aromática >C12-C16	800		
TPH fracción aromática >C16-C21	1700		
TPH fracción aromática >C21-C35	4100		
Naftaleno	83	8	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)
Acenaftileno	72	-	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)
Fluoreno	74	50	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)
Fenantreno	68	-	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)
Pireno	72	60	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)
Benzo(a)antraceno	29	2	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)
Benzo(b)fluoranteno	79	2	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)
Benzo(a)pireno	14	0,2	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)
Benzo(ghi)perileno	17	-	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)

*: NGR Uso del suelo Industrial y/o urbano DR9/2005 para la suma de hidrocarburos totales (TPH C5-C40).

Tabla 4. Concentraciones máximas registradas en suelo por encima del valor de referencia durante las últimas investigaciones realizadas. ZONA CENTRO (Parcelas Residenciales)

Compuestos	Concentración máxima detectada		
	Suelo (mg/kg)	Valor de referencia (NGR) mg/kg	Punto de muestreo, muestra**
Arsénico (As)	83	36	SMa-Pz-05-3 (6,00-6,10)
Cobalto (Co)	91	25	SMa-C-23-3 (4,90-5,00)
Mercurio (Hg)	76	25	SMa-C-18-3

Tabla 4. Concentraciones máximas registradas en suelo por encima del valor de referencia durante las últimas investigaciones realizadas. ZONA CENTRO (Parcelas Residenciales)

Compuestos	Concentración máxima detectada		
	Suelo (mg/kg)	Valor de referencia (NGR) mg/kg	Punto de muestreo, muestra**
Plomo (Pb)	720	275	(4,80-4,90)
Alifáticos >C5 - C6	33	50*	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)
Alifáticos >C6 - C8	290		
Alifáticos >C8 - C10	1200		
Alifáticos >C10 - C12	980		
Alifáticos >C12 - C16	1600		
Alifáticos >C16 - C21	1300		
Alifáticos >C21 - C35	1900		
Suma aromáticos C8-C10	14		
Aromáticos >C10 - C12	110		
Aromáticos >C12 - C16	450		
Aromáticos >C16 - C21	1000		
Aromáticos >C21 - C35	1400		
Naftaleno	58		
Acenaftileno	84	-	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)
Acenafteno	70	60	SMa-C-23-3 (4,90-5,00)
Fluoreno	88	50	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)
Fenantreno	82	-	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)
Pireno	86	60	
Benzo(a)antraceno	51	2	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)
Benzo(b)fluoranteno	79	2	
Benzo(k)fluoranteno	32	20	
Benzo(a)pireno	77	0,2	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)
Dibenzo(ah)antraceno	15	0,3	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)
Benzo(ghi)perileno	68	-	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)
Indeno(123cd)pireno	69	3	

*: NGR Uso del suelo Industrial y/o urbano RD9/2005 para la suma de hidrocarburos totales (TPH C5-C40).

3.1.2 Aguas subterráneas

La siguiente tabla incluye las concentraciones consideradas como representativas de las aguas subterráneas. Corresponden a las máximas concentraciones de los compuestos con concentraciones que exceden los valores de referencia de aplicación y las concentraciones máximas de los compuestos analizados que no disponen de valor de referencia con los que ser comparados de las dos investigaciones realizadas por Ramboll Environ. No se han considerado las concentraciones detectadas por Inercio en 2017 dado que estos datos son menos representativos de las condiciones actuales de las aguas subterráneas que los datos obtenidos en los mismos piezómetros por Ramboll en 2018.

Tabla 5. Concentraciones máximas detectadas en el agua subterránea por encima del valor de referencia durante la investigación ZONA NORTE (Parcelas EQ-1 a EQ-4 para equipamiento escolar y deportivo)

Compuestos	Concentración máxima detectada		
	Agua subterránea (mg/l)	Valor de referencia (Valor de Intervención Holandés) (µg/l)	Punto de muestreo, muestra**
pireno	0,00028	-	GW-MAL-PZ11
criseno	0,00028	0,2	
benzo(b)fluoranteno	0,00008	-	
benzo(a)pireno	0,00006	0,05	GW-MAL-PZ03
benzo(ghi)perileno	0,00005	0,05	
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,00005	0,05	
fracción alifática >C5-C6	0,0076	600*	GW-MAL-PZ13
fracción alifática >C6-C8	0,26		
fracción alifática >C8-C10	2,6		
fracción alifática >C10-C12	2,2		GW-MAL-PZ11
fracción alifática >C12-C16	7,6		
fracción alifática >C16-C35	18,4		
fracción aromática >C8-C10	0,28		GW-MAL-PZ13
fracción aromática >C10-C12	0,53		
fracción aromática >C12-C16	2,1		
fracción aromática >C16-C21	4,3		GW-MAL-PZ11
fracción aromática >C21-C35	10		

*: Valor de Intervención Holandés de 600µg/l para la suma de TPHs.

3.2 Mecanismos y modelos de transporte

Los principales mecanismos de transporte, que influyen en la movilización de los contaminantes en el suelo son los siguientes:

- Volatilización de los contaminantes desde el suelo y las aguas subterráneas impactadas, y su dispersión atmosférica y acumulación de vapores en espacios cerrados (futura escuela y edificios residenciales).
- Volatilización de los contaminantes desde el suelo y las aguas subterráneas impactadas, y su dispersión atmosférica en espacios abiertos.

La modelización del movimiento de los vapores del suelo en edificios y otros espacios cerrados es compleja y, en general, proporciona concentraciones en interiores muy superiores a aquellas que pueden medirse. La metodología empleada para el cálculo de las concentraciones de vapores en interiores desde el suelo ha sido desarrollada por la ASTM 2000 y considera los siguientes aspectos:

- Concentración del compuesto químico constante;

- Equilibrio de partición lineal entre las fases adsorbidas, disuelta y vapor de la matriz del suelo; siendo el equilibrio de partición función de las constantes químicas y de los parámetros específicos del suelo;
- Difusión en estado estacionario de la fase vapor a través de la zona no saturada y de las grietas de la solera;
- No existe pérdida de compuesto químico (por ejemplo por biodegradación) en el proceso de difusión hacia la superficie; y
- Mezcla atmosférica ideal de los vapores que emanan del suelo en el espacio cerrado.

La concentración de una hipotética intrusión de vapores en el interior de un edificio sobre la zona de suelo impactada se define según la siguiente ecuación (ASTM 2000):

$$C_{\text{exposición}} = VF_{s,esp} \cdot C_R$$

Donde,

$C_{\text{exposición}}$ Concentración de la fase vapor en estado estacionario del contaminante en aire ambiente (g/cm^3)

$VF_{s,esp}$ Factor de volatilización del subsuelo al aire ambiente dentro de un espacio cerrado (g/cm^3)

C_R Concentración inicial en suelo (g/g)

La metodología para el cálculo de la concentración de compuestos en el aire exterior considera una tasa de emisión de compuestos volátiles y supone la dilución en una "caja imaginaria". El grado de dilución depende del tamaño y la velocidad del viento de la caja, bajo las siguientes premisas:

- Concentración del compuesto químico constante;
- Equilibrio de partición lineal entre las fases adsorbidas, disuelta y vapor de la matriz del suelo; siendo el equilibrio de partición función de las constantes químicas y de los parámetros específicos del suelo;
- Difusión en estado estacionario de la fase vapor a través de la zona no saturada y de las grietas de la solera;
- No existe pérdida de compuesto químico (por ejemplo por biodegradación) en el proceso de difusión hacia la superficie; y
- Existe una buena dispersión atmosférica de los vapores que emanan del suelo en un "espacio de respiración", basado en una caja imaginaria modelo.

La concentración de una hipotética intrusión de vapores en el aire exterior sobre la zona de suelo impactada se define según la siguiente ecuación (ASTM 2000):

$$C_{\text{air}_{so}} = V_{so} \times C_s$$

Donde $C_{\text{air}_{so}}$ es la concentración en ambiente exterior, C_s es la concentración en la fuente de los vapores, y V_{so} es el factor de volatilización desde el suelo al aire exterior.

Los factor de volatilización $VF_{s,esp}$ y V_{so} se han calculado en base al tipo de suelo considerado como "arenas limosas" para el tipo de suelo de la zona vadosa del emplazamiento (Sandy Loam), siguiendo la metodología US EPA 2004 para el evaluación de intrusión de vapores en edificios.

3.3 Propiedades fisicoquímicas de los compuestos considerados

En la siguiente tabla se muestran las propiedades fisicoquímicas empleadas en el modelo de transporte. Los datos de todos los compuestos menos de las cadenas de TPH proceden del Departamento Medioambiental del Estado de Texas USA, *Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ)*⁷, mientras que los datos de las propiedades fisicoquímicas de los TPH proceden de la TPHCWG (propiedades fisicoquímicas de las cadenas de TPH), publicados en la Tabla A-Anexo III de la instrucción técnica ITACRCAM de Julio de 2011.

Tabla 6. Propiedades fisicoquímicas de los compuestos considerados

Compuestos	Propiedades fisicoquímicas ⁸							
	Peso molecular	Dens.	Solub.	Constante de Henry	Log Koc	log Kow	Coef. Difusión en aire	Coef. Difusión en agua
	MW (g/mol)	(g/cm ³)	Sol (mg/L)	H (-)	(-)	Kow (L/kg)	DAir (cm ² /s)	Dwater (cm ² /s)
Naftaleno	1,28E+02	1,16	3,14E+01	2,00E-02	3,19E+00	3,17E+00	5,90E-02	7,50E-06
Acenaftileno	1,52E+02	1,20	3,93E+00	4,74E-03	3,84E+00	3,94E+00	4,39E-02	7,06E-06
Acenafteno	1,54E+02	1,222	4,24E+00	6,44E-03	3,60E+00	4,15E+00	4,21E-02	7,69E-06
Fluoreno	1,66E+02	1,203	1,98E+00	2,64E-03	3,88E+00	4,02E+00	3,63E-02	7,88E-06
Fenantreno	1,78E+02	1,18	1,29E+00	1,60E-03	4,15E+00	4,34E+00	5,2E-02	5,9E-06
Pireno	2,02E+02	1,271	1,35E-01	4,57E-04	4,58E+00	4,93E+00	2,72E-02	7,24E-06
Benzo(a)antraceno	2,28E+02	1,27	9,40E-03	1,37E-04	5,55E+00	5,52E+00	5,1E-02	9,0E-06
Benzo(b)fluoranteno	2,52E+02	1,35	1,50E-03	4,55E-03	6,08E+00	6,2E+00	2,3E-02	5,6E-06
Benzo(k)fluoranteno	2,52E+02	1,35	5,50E-04	4,45E-07	6,09E+00	6,11E+00	2,26E-02	5,56E-06
Benzo(a)pireno	2,52E+02	1,35	1,62E-03	4,63E-03	5,98E+00	6,1E+00	4,3E-02	9,0E-06
Dibenzo(ah)antraceno	2,78E+02	1,28	2,49E-03	6,03E-03	6,28E+00	6,7E+00	2,0E-02	5,2E-06
Benzo(ghi)perileno	2,76E+02	1,35	2,60E-04	5,82E-06	6,20E+00	6,70E+00	4,90E-02	5,65E-05
Indeno(123cd)pireno	2,76E+02	1,35	2,20E-05	6,56E-03	6,54E+00	6,7E+00	1,9E-02	5,7E-06
TPH Alif >C ₀₅ -C ₀₆	8,1E+01	0,64	3,60E+01	3,30E+01	2,90E+00	3,52E+00	1,0E-01	1,0E-05
TPH Alif >C ₀₆ -C ₀₈	1,0E+02	0,68	5,4E+00	5,0E+01	3,60E+00	3,60E+00	1,0E-01	1,0E-05
TPH Alif >C ₀₈ -C ₁₀	1,30E+02	0,72	4,30E-01	8,00E+01	4,50E+00	3,69E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Alif >C ₁₀ -C ₁₂	1,60E+02	0,72	3,40E-02	1,20E+02	5,40E+00	4,8E+00	1,0E-01	1,0E-05
TPH Alif >C ₁₂ -C ₁₆	2,00E+02	0,76	7,60E-04	5,40E+02	6,70E+00	3,85E+00	1,0E-01	1,0E-05
TPH Alif >C ₁₆ -C ₂₁	2,70E+02	0,79	1,30E-06	6,40E+03	9,00E+00	8,9E+00	1,0E-01	1,0E-05
TPH Alif >C ₂₁ -C ₄₀	2,70E+02	0,79	2,50E-06	4,90E+03	8,80E+00	3,97E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Alif >C ₂₁ -C ₄₀	2,70E+02	0,79	2,50E-06	4,90E+03	8,80E+00	3,97E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Arom >C ₀₆ -C ₀₈ (Tolueno)	9,21E+01	0,87	5,30E+02	2,76E-01	2,15E+00	3,54E+00	8,70E-02	8,60E-06
TPH Arom >C ₀₈ -C ₁₀	1,20E+02	0,88	6,50E+01	4,80E-01	3,20E+00	3,55E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Arom >C ₁₀ -C ₁₂	1,30E+02	0,88	2,50E+01	1,40E-01	3,40E+00	3,58E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Arom >C ₁₂ -C ₁₆	1,50E+02	1,00	5,80E+00	5,30E-02	3,70E+00	3,61E+00	1,00E-01	1,00E-05
TPH Arom >C ₁₆ -C ₂₁	1,90E+02	1,10	6,50E-01	1,30E-02	4,20E+00	-	1,00E-01	1,00E-05

Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ), November 12, 2014, PCL Chemical/Physical Properties Table.

⁷: *Texas Commission on Environmental Quality (TCEQ), November 12, 2014 PCL Chemical/Physical Properties Table*

3.4 Receptores y vías de exposición

De acuerdo con la información del subsuelo obtenida durante los trabajos de investigación realizados por Inerco, Smarting y Ramboll Environ entre 2017 y 2018, y teniendo en cuenta las concentraciones máximas consideradas en el punto 3.1 y el uso futuro de la parcela, se han identificado los siguientes escenarios para realizar el ACR:

- Escenario 1, exposición “*on-site*” en interiores y exteriores por los futuros trabajadores y alumnos de la futura escuela propuesta en la parcela EQ-3, expuestos a la inhalación de los compuestos volátiles considerados en ambientes interiores, provenientes del suelo y aguas subterráneas impactadas.
- Escenario 2, exposición “*on-site*” en interiores y exteriores por los niños y adultos, futuros habitantes de la futura zona residencial propuesta en la zona centro de la parcela, expuestos a la inhalación de los compuestos volátiles considerados en ambientes interiores, provenientes de los suelos impactados.

Las vías de exposición identificadas han sido las siguientes:

- Inhalación de vapores orgánicos en espacios cerrados por de los trabajadores y residentes de la escuela y zonas residenciales propuestas. También se considera la inhalación en espacios abiertos, a pesar de que la inhalación en espacios cerrados es siempre más restrictiva debido a la menor renovación del aire dentro del edificio en comparación con el aire libre. Solo se calcularán los índices de riesgo en espacios exteriores en el caso de identificarse una situación de riesgo inaceptable para el escenario más restrictivo considerado (inhalación en interiores).

La fuente de contaminación evaluada en el presente ACR incluye los suelos y aguas subterráneas afectadas por compuestos orgánicos volátiles, hidrocarburos e hidrocarburos poli-aromáticos (PAHs).

Los mecanismos y medios de transporte identificados son:

- La volatilización de compuestos desde el suelo y las aguas subterráneas, movilización a través de la zona no saturada del subsuelo hasta la superficie y acumulación en un espacio cerrado o su difusión en espacios abiertos.
- La migración de los hidrocarburos disueltos en el agua subterránea a favor de la dirección de flujo definida y su volatilización aguas abajo.

Las siguientes tablas muestra los receptores y vías de exposición considerados:

Tabla 7: Esquema del modelo conceptual. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para equipamiento escolar)

Fuente primaria	Migración principal	Medio afectado	Migración secundaria	Rutas de Exposición	Potenciales Receptores humanos
Antigua operación del emplazamiento como estación de almacenamiento de crudo.	Fugas, derrames o vertidos accidentales durante la operación dan lugar a una contaminación local del subsuelo por hidrocarburos del petróleo.	Suelos Aguas subterráneas	Volatilización <i>On-site</i>	Inhalación de vapores en ambientes abiertos y cerrados	Futuros trabajadores y alumnos de la futura escuela.

Tabla 8: Vías de exposición consideradas para Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcelas EQ-1 a EQ-3 para equipamiento escolar y deportivo)

Medio	Vías de exposición				
	Ingestión	Contacto dérmico	Inhalación de polvo	Inhalación de volátiles en el interior	Inhalación de volátiles en el exterior
Suelo	n/a	n/a	n/a	✓	✓
Agua subterránea	n/a	n/a	n/a	✓	✓

n/a: no aplicable – Vía incompleta para este los receptores considerados (alumnos y trabajadores de la futura escuela).

Tabla 9: Esquema del modelo conceptual. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Fuente primaria	Migración principal	Medio afectado	Migración secundaria	Rutas de Exposición	Potenciales Receptores humanos
Antigua operación del emplazamiento como estación de almacenamiento de crudo.	Fugas, derrames o vertidos accidentales durante la operación dan lugar a una contaminación local del subsuelo por hidrocarburos del petróleo.	Suelos	Volatilización <i>On-site</i>	Inhalación de vapores en ambientes abiertos y cerrados	Futuros residentes.

Tabla 10: Vías de exposición consideradas para Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Medio	Vías de exposición				
	Ingestión	Contacto dérmico	Inhalación de polvo	Inhalación de volátiles en el interior	Inhalación de volátiles en el exterior
Suelo	n/a	n/a	n/a	✓	✓
Agua subterránea	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a

n/a: no aplicable – Vía incompleta para este los receptores considerados (residentes).

4. EVALUACIÓN DE LA TOXICIDAD

El presente apartado recoge la información disponible acerca de las características toxicológicas de los compuestos evaluados. Los parámetros toxicológicos que definen la relación dosis-respuesta dependen del tipo de efecto que causan los contaminantes. En este sentido existen dos grupos:

- Contaminantes con efectos cancerígenos: Factor de Pendiente (FP) o por la Unidad de Riesgo de Cáncer (UR), considerando un tiempo de exposición equivalente a toda la vida del individuo (70 años). En esta evaluación, no se han identificado compuestos con efectos cancerígenos dentro de los compuestos considerados.
- Contaminantes con efectos sistémicos: Dosis de Referencia (DR) o por la Concentración de Referencia (CR), dependiente del periodo sobre el que se promedia la exposición.

4.1 Carácter toxicológico de los compuestos considerados

Los compuestos químicos tóxicos pueden tener en el organismo efectos cancerígenos y/o no cancerígenos y se clasifican de acuerdo a esta naturaleza. El compuesto puede entrar en contacto con el organismo mediante tres vías: inhalación de vapores, contacto dérmico o ingestión, por lo que se establece un criterio toxicológico para cada una de estas vías.

Los criterios toxicológicos (tanto para compuestos cancerígenos como para no cancerígenos) se obtienen de un análisis dosis – respuesta. Este análisis caracteriza la relación entre la dosis administrada o recibida de un contaminante y la incidencia de que ocurra un efecto adverso en la población expuesta.

Estos criterios se emplean posteriormente en la caracterización del riesgo, para estimar la probabilidad de que ocurra un efecto adverso en los seres humanos considerando diferentes niveles de exposición.

El criterio toxicológico empleado para determinar la toxicidad de los compuestos cancerígenos viene determinado por un "factor pendiente" (*slope factor*). Este factor pendiente estima la probabilidad de que un individuo desarrolle un cáncer a lo largo de su vida como consecuencia de la exposición a un compuesto carcinogénico.

Para los compuestos no cancerígenos se ha establecido una dosis de referencia. La dosis de referencia es el nivel de exposición diaria, para el que no parece posible que pueda producirse un efecto adverso sobre los receptores, incluso para las poblaciones más sensibles.

En cuanto a la naturaleza de los compuestos considerados en el emplazamiento no se han identificado compuesto cancerígenos.

Los TPH son absorbidos por el organismo a través de la inhalación de vapores, el contacto dérmico y la ingestión. Son sustancias irritantes de ojos y en exposiciones de corta duración provocan una disminución del nivel de conciencia pudiendo llegar a provocar arritmias. Las exposiciones prolongadas con la piel pueden generar en dermatitis. Estas sustancias pueden ser nocivas para la reproducción humana.

Para el caso de los TPH se han evaluado compuestos individuales (xilenos, etc.) así como de la sustancia o mezcla total mediante el fraccionamiento propuesto por el TPHCWG (*Total Petroleum Hydrocarbons Criteria Working Group*) basado en el tiempo de retención en la columna benceno. Este fraccionamiento divide los hidrocarburos en dos grandes grupos: alifáticos y aromáticos.

Dentro de cada grupo, se establecen una serie de fracciones de acuerdo a su número equivalente de carbonos (EC), relacionadas a su vez con el punto de ebullición de los compuestos y, por tanto, con el tiempo de retención en una columna de cromatografía de gases (normalizada al número real de carbonos n-alcenos). Esta metodología permite agrupar los compuestos en fracciones con un comportamiento ambiental y una capacidad de migración común entre ellas.

Para cada una de las fracciones establecidas por TPHCWG se han establecido criterios de toxicidad no-cancerígena (solo efectos sistémicos) de acuerdo con la información de los compuestos individuales y/o su mezcla presente en cada fracción.

Sin embargo, siguiendo los criterios propuestos en la Guía de Análisis de Riesgos Comunidad de Madrid⁸, se han adaptado ciertos parámetros toxicológicos de la fracciones propuestas por el TPHCGW.

Para el caso de los hidrocarburos aromáticos ligeros EC>5-7 y EC>7-8 se utilizan los valores toxicológicos para efectos sistémicos de la base de datos IRIS⁹ para el Benceno y el Tolueno respectivamente, al ser estos compuestos los únicos contenidos en estas fracciones.

Los PAH presentan características diferenciadoras dentro de la mezcla, lo que los convierte en un subgrupo particular dentro de los TPH. Los PAH son compuestos aromáticos con dos o más anillos bencénicos. La posición y conformación de los anillos que forman la molécula es la responsable de las diferencias en las propiedades físicas y biológicas que presentan los PAH con respecto a otros compuestos aromáticos. Los PAH, a medida que se incrementa su tamaño, su número de carbonos equivalentes (EC) sufre un incremento mayor proporcionalmente.

Algunos PAH son cancerígenos (cPAH), por lo que se convierten en analitos individuales a analizar para la evaluación del riesgo carcinogénico (como se comentó anteriormente).

El riesgo sistémico de los PAH queda englobado dentro de la fracción a la que pertenecen. No obstante, en muchas ocasiones no se han desarrollado dosis de referencia oral, y en los casos en los que sí existe, se ha comprobado que el criterio de toxicidad de la fracción de TPH a la que pertenece es más restrictivo.

En todo caso se ha considerado la aditividad del riesgo entre vías de exposición y analitos (en el caso del riesgo cancerígeno) y de las fracciones (en el caso de riesgo sistémico). Asimismo, se ha evaluado el riesgo sistémico aditivo de los PAH entre sí, teniendo en cuenta que no es necesario considerar el riesgo aditivo entre las fracciones y los PAH, para evitar contabilizarlo doblemente.

En el caso particular del fenentrano no existe ningún valor toxicológico de referencia para exposición ambiental debido a la baja volatilidad de este compuesto. Es por esto no existe la posibilidad de exposición por inhalación. Únicamente sería evaluado en caso de identificarse un potencial contacto directo con el suelo y las aguas impactadas identificadas.

4.2 Bases de datos toxicológicas

Se ha realizado una revisión de los datos toxicológicos disponibles en las fuentes bibliográficas marcadas por la jerarquía definida por la Directiva 9285.7-53 de USEPA OSWER.

Las siguientes tablas recogen los criterios toxicológicos de los compuestos considerados en este ACR.

⁸ Instrucciones técnicas para el análisis de riesgos para la salud humana en el ámbito del Real Decreto 9/2005 de 14 de Enero en la Comunidad de Madrid. Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio. Julio 2011.

⁹ Valores de toxicidad de efectos sistémicos para compuestos aromáticos EC>5,7 en base a benceno y tolueno IRIS, Julio 2010.

Tabla 11. Criterios toxicológicos compuestos no cancerígenos

Compuesto	Ruta de exposición inhalación			Fuente
	RfC (mg/m ³)	RfD (mg/kg-day)	Órgano /Sistema afectado	
Naftaleno	3,0E-03	2.0E-2	<i>Nervioso, respiratorio</i>	IRIS
Acenaftileno	2,1E-01*		-	TRRP
Acenafteno	2,1E-01*	6.0E-2*	<i>Hepático</i>	IRIS
Fluoreno	1,4E-01*	4.0E-2*	<i>Hematológico</i>	
Fenantreno	nd	nd	-	-
Pireno	1,05E-01*	3.0E-2*	<i>Renal</i>	IRIS
Benzo(a)antraceno	nd	nd	-	-
Benzo(b)fluoranteno	nd	nd	-	-
Benzo(k)fluoranteno	nd	nd	-	-
Benzo(a)pireno	2,0E-06	3.0E-04	-	IRIS (provisional value)
Dibenzo(ah)antraceno	nd	nd	-	-
Benzo(ghi)perileno	nd	nd	-	-
Indeno(123cd)pireno	nd	nd	-	-
Criseno	nd	nd	-	-

IRIS: USEPA Integrated Risk Information System.

PPRTV: Provisional Peer Reviewed Toxicity Values. USEPA 2004. USEPA 2009 for TPH

TRRP: Texas Risk Reduction Program, TCEQ Toxicology Division

TPHCWG: Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group.

*Valor de ruta Oral/Dermal¹⁰.

Nd: no definido, compuesto no volátil.

Tabla 12. Criterios toxicológicos hidrocarburos por cadenas

Compuesto	Ruta de exposición inhalación		Fuente
	RfC (mg/m ³)	RfD (mg/kg-day)	
TPH Alif. C ₅ -C ₆ / C ₆ -C ₈	0,6	0,171	PPRTV ₂₀₀₉
TPH Alif. C ₈ -C ₁₀ / C ₁₀ -C ₁₂ / C ₁₂ -C ₁₆	0,1	2,86E-2	PPRTV ₂₀₀₉
TPH Alif. C ₁₆ -C ₂₁ / C ₂₁ -C ₃₅	-	-	PPRTV ₂₀₀₉ / TPHCWG
TPH Arom. C ₅ -C ₇ (<i>Benceno</i>)	0,03	8,57E-3	IRIS
TPH Arom. C ₇ -C ₈ (<i>Tolueno</i>)	5	1,43	IRIS
TPH Arom. C ₈ -C ₁₀ / C ₁₀ -C ₁₂ / C ₁₂ -C ₁₆	0,1	2,86E-2	PPRTV ₂₀₀₉
TPH Arom. C ₁₆ -C ₂₁ / C ₂₁ -C ₃₅	-	-	PPRTV ₂₀₀₉ / TPHCWG

IRIS: USEPA Integrated Risk Information System.

PPRTV: Provisional Peer Reviewed Toxicity Values. USEPA 2004. USEPA 2009 for TPH

TPHCWG: Total Petroleum Hydrocarbon Criteria Working Group.

-: No aplicable, fracciones no volátiles

¹⁰ (*) Debido a la ausencia de valores toxicológicos disponibles para algunos compuestos para la ruta de inhalación, se ha procedido a la derivación de RfC (mg/m³) a partir de la ruta de exposición más conservadora disponible, en este caso asociados a la ingestión, mucho más restrictivos lo que origina una sobrestimación del riesgo calculado.

Tabla 13. Criterios toxicológicos compuestos cancerígenos

Compuesto	Ruta de exposición inhalación		Fuente	Clasificación (USEPA/IARC*)
	IUR (mg/m ³) ⁻¹	ISF (mg/kg-día) ⁻¹		
Naftaleno	3,4E-02	1,2E-1	Cal EPA	C / 2B
Benzo(a)antraceno	1,1E-01 ^{do}	3,1E-04	Cal EPA	B2
Benzo(b)fluoranteno	1,1E-01 ^{do}	3,1E-04	Cal EPA	B2
Benzo(k)fluoranteno	1,1E-01 ^{do}	3,1E-02	EPA93	B2
Benzo(a)pireno	1,1E+00 ^{do}	3,1E-03	Cal EPA	B2
Dibenzo(ah)antraceno	1,2E+00 ^{do}	3,1E-03	Cal EPA	B2
Indeno(123cd)pireno	1,1E-01 ^{do}	3,1E-04	Cal EPA	B2
Criseno	6,0E-04	2,1E-03	IRIS	B2

OSF: *Oral Slope Factor*

do: Valor derivado de la ruta Oral.¹¹.

IUR: *Inhalation Unit Risk*

IRIS: *USEPA Integrated Risk Information System*

EPA93: US EPA Provisional Guidance for Quantitative Risk Assessment of Polycyclic Aromatic Hydrocarbons 1993.

Cal EPA: *The California Environmental Protection Agency (OEHHA) Toxicity Criteria Database*. (A=cancerígeno a humanos, B2=probable cancerígeno a humanos, C= posible cancerígeno a humanos)

*IARC: *International Agency for Research on Cancer*. (1= Cancerígeno a humanos, 2B= Posiblemente cancerígeno a humanos, 3= No probable). <http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/ClassificationsAlphaOrder.pdf>

¹¹ (*) Debido a la ausencia de valores toxicológicos disponibles para algunos compuestos para la ruta de inhalación, se ha procedido a la derivación de IUR (mg/m³)⁻¹ a partir de la ruta de exposición más conservadora disponible, en este caso asociados a la ingestión, mucho más restrictivos lo que origina una sobrestimación del riesgo calculado.

5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

5.1 Introducción

La fase de evaluación de la exposición tiene por objeto estimar el tipo y magnitud de la exposición a los contaminantes en el punto de exposición. El análisis debe incluir las poblaciones expuestas, la ruta, la duración y la frecuencia de la exposición para cada una de las rutas. El resultado final es el cálculo de la dosis que recibe el receptor para cada vía.

Los resultados de la caracterización de las vías de exposición permiten cuantificar la exposición para cada receptor a cada compuesto químico y a través de cada vía de exposición. Esta etapa se desarrolla en dos fases:

1. Mediante el cálculo de las concentraciones de exposición y
2. Con la estimación de la dosis humana.

El objetivo de la estimación de las concentraciones de exposición es determinar la concentración del compuesto químico que entrará en contacto con el receptor durante el periodo de exposición.

Las concentraciones de exposición se calculan por mediciones en campo o mediante modelos de transporte y migración de compuestos químicos en el medio ambiente.

En el presente análisis de riesgos se han utilizado el modelo de transporte de vapores en el suelo incluido en el software RISC. Este modelo se ha desarrollado a partir del modelo de *Johnson y Ettinger*¹² de Intrusión de Vapores en Edificios (utilizado para estimar la exposición a vapores procedentes del suelo afectado en el interior de los edificios).

Para los escenarios considerados, se ha determinado que los parámetros de exposición corresponden a un trabajador tipo RME (trabajador bajo los parámetros de *Reasonable Maximum Exposure*, que representa el percentil 95 de la población expuesta), según los parámetros de exposición definidos en el *US Exposure Factors Handbook* (1997, 1992 y 1991), en la guía ASTM (1995), así como los parámetros recogidos en la Guías descritas en el apartado 2 del presente documento.

5.2 Exclusiones

No se ha considerado:

- El contacto dérmico y la ingestión accidental del agua subterránea al no esperarse el uso del agua subterránea bajo la parcela.
- Inhalación de partículas, ingestión o contacto directo con el suelo, ya que el suelo impactado está a más de un metro de profundidad.
- La migración de los contaminantes disueltos en el flujo del agua subterránea. Transporte de los contaminantes a través de las aguas subterráneas, a favor del gradiente hidráulico hacia receptores fuera del emplazamiento.

A continuación, se expone en más detalle los escenarios considerados.

¹² Johnson and Ettinger (1991) *Model for Subsurface Vapour Intrusion into Buildings* (USEPA December 2000)

5.3 Escenario 1. *On-site*, inhalación en interiores.

En este escenario, se considera como vía de exposición la inhalación de vapores orgánicos en el interior de la una futura escuela, generados a partir de los compuestos considerados, presentes en el suelo y las aguas subterránea bajo la parcela.

Los receptores contemplados son los trabajadores y alumnos de la escuela, por lo que los parámetros de exposición se corresponden con los indicados para un uso industrial del suelo (ver Tabla 13).

También han sido considerados los clientes de la zonas deportivas como receptores, sin embargo, no se ha simulado este escenario mediante el modelo de cálculo, dado que ya se evalúan a los trabajadores y alumnos de la escuela que son receptores con mayor exposición que los propios usuarios de estas posibles zonas deportivas. La exposición periódica de un usuario de estas futuras áreas deportivas puede considerarse despreciable frente a la exposición laboral de un trabajador o de un alumno de un centro educativo.

Se han seleccionado aquellos compuestos que han superado los valores de referencia durante las campañas de investigación realizadas y aquellos para los que no se disponía de un valor de referencia de comparación.

Las concentraciones seleccionadas para en el ACR corresponden a las concentraciones máximas de los compuestos considerados teniendo en cuenta las dos investigaciones realizadas por Inerco y Ramboll Environ entre 2017 y 2018. Como se ha mencionado en el apartado 3.1, para el caso de los TPH, se ha considerado que la concentración representativa de TPH en el subsuelo corresponde a las concentraciones máximas de las fracciones de hidrocarburos registradas en cada una de las muestras analizadas por fracciones de hidrocarburos durante las investigaciones realizadas. Así, este hidrocarburo teórico considerado, estaría compuesto por los valores máximos de cada una de las fracciones de hidrocarburo analizadas.

Las tasas de inhalación consideradas corresponde a la tasas de inhalación para niños y adultos, de corta duración y alta actividad, propuestas en la *Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía*.

Para el modelo de migración de vapores en el interior del edificio de la escuela se ha considerado que toda la superficie del mismo se encuentra afectada por el máximo de las concentraciones registradas.

En las siguientes tablas se resumen los parámetros texturales y del edificio considerados.

Tabla 14. Escenario 1 (**ZONA NORTE**, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Suelo: Arenas con algo de limos y arcillas (20% de finos) con algo de gravas (15%). "SANDY LOAM" EPA2004/2017		
Porosidad total (cm ³ /cm ³)	0,25	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).
Contenido en agua (cm ³ /cm ³)	0,15	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).

Tabla 14. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Fracción de carbono orgánico (-)	0,00783	Valor medio de las muestras S-MAL-PZ12-4,6-4,8 y S-MAL-TPH7-(4,6m), seleccionadas entre las 11 muestras analizadas (de zonas no impactadas y próximas a zona saturada). Correspondiente a una materia orgánica media de 1,35% entre las dos, según ASTM D2974-87.
Densidad del suelo (g/cm ³)	1,62	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).
Distancia desde el nivel freático hasta el edificio (m)	5,175	Profundidad media de las medidas en los tres piezómetros existentes en la parcela durante la campaña realizada.
Distancia desde el nivel suelo afectado hasta el edificio (m)	4,80	Profundidad más somera de las muestras consideradas: SMA-C-03-3 y SMA-C-09-3.
Características del edificio propuesto (escuela)		
Área del edificio (m ²) bajo la pluma de agua subterránea y suelo afectado.	2,664	Se asume una superficie en planta baja de un edificio escuela de 2.664 m ² (240 m de perímetro) en base a un potencial proyecto de construcción de un edificio de 3 plantas construido en una parcela de 15.984 m ² totales, con un índice de edificabilidad de 0.5 y un techo edificable de 7.992 m ² .
Volumen del edificio (m ³)	6,660	Asumiendo una superficie de 2.664 m ² y una altura de planta de 2,5 m
Número de intercambios de aire al día (1/día)	8	Valor RITE para aulas de ocupación no permanente (0,83 m ³ /h*m ²).
Espesor de la solera (m)	0,15	Espesor por defecto USEPA2004 para edificios sin sótano.
Porcentaje de fracturas (-)	3,77E-4	Valor por defecto: USEPA, 2004 <i>User's Guide for Evaluating Subsurface Vapor Intrusion Into Buildings</i> (Nazaroff, W.W. 1992. <i>Radon Transport from Soil to Air. Review of Geophysics</i> 30:137-160.)
Porosidad en las fracturas (-)	0,26	Valor por defecto ASTM E1739-95: 0.26
Porcentaje de agua en las fracturas (-)	0,0002	Valor por defecto sugerido por la <i>Guía de evaluación de riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Diferencial de presión ΔP (Pa)	2	Valor por defecto sugerido por la <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía (según EPA y CLEA Briefing Notes 1-3 2005)
Características del modelo de caja de dilución propuesta para la exposición en exteriores		
Altura de la caja de dilución en exteriores (m)	2	Valor por defecto USEPA
Longitud de la caja de dilución en exteriores en dirección al flujo del viento (m)	10	Valor por defecto USEPA

Tabla 14. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Velocidad de viento (m/s)	2	Valor por defecto USEPA

Tabla 15. Patrón de exposición, trabajador de la futura escuela. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar)

Parámetro	RME	Referencia
Años de vida (años)	78	<i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Peso corporal (kg)	70	
Frecuencia de exposición (días/año)	250	
Duración de la exposición (años)	25	
Factor de retención en los pulmones (-)	1	Valor por defecto
Tasa de inhalación interiores (m ³ /hr)	0,83	Tasa de inhalación crónica para adultos (19.9m ³ /día).
Horas en el interior (h/día)	8	Valor por defecto
Tasa de inhalación exteriores (m ³ /hr)	4,29	Tasa de inhalación de corta duración y alta actividad para adultos. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía

Tabla 16. Patrón de exposición, niños alumnos de la futura escuela. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar)

Parámetro	RME	Referencia
Años de vida (años)	78	<i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017.
Peso corporal (kg)	15	
Frecuencia de exposición (días/año)	180	Media días lectivos España. Mínimo 175 días, <i>Ley Orgánica de Educación</i> .
Duración de la exposición (años)	6	Duración cursos de Educación Infantil y Primaria, <i>Sistema Educativo Español</i> .
Factor de retención en los pulmones (-)	1	Valor por defecto
Tasa de inhalación (m ³ /hr)	0,85	Valor actividad ligera para niños, <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017.
Horas en el interior (h/día)	5	Media de la jornada lectiva diaria en España. <i>Ley Orgánica de Educación</i> .

Tabla 16. Patrón de exposición, niños alumnos de la futura escuela. Escenario 1 (ZONA NORTE, Parcela EQ-3 para quipamiento escolar)

Parámetro	RME	Referencia
Tasa de inhalación exteriores (m ³ /hr)	2,90	Tasa de inhalación de corta duración y alta actividad para niños. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

5.4 Escenario 2. *On-site*, inhalación en exteriores.

En este escenario, se considera como vía de exposición la inhalación de vapores orgánicos en el interior de una futura vivienda en la zona centro de la parcela, generados a partir de los compuestos considerados, presentes en el suelo bajo la parcela.

Los receptores contemplados son los residentes (adultos y niños) de esta vivienda situada sobre el terreno, por lo que los parámetros de exposición se corresponden con los indicados para un uso residencial del suelo (ver Tabla 13).

Se han seleccionado aquellos compuestos que han superado los valores de referencia durante las campañas de investigación realizadas y aquellos para los que no se disponía de un valor de referencia de comparación.

Las concentraciones seleccionadas para en el ACR corresponden a las concentraciones máximas de los compuestos considerados teniendo en cuenta las dos investigaciones realizadas por Inerco y Ramboll Environ entre 2017 y 2018. Como se ha mencionado en el apartado 3.1, para el caso de los TPH, se ha considerado que la concentración representativa de TPH en el subsuelo corresponde a las concentraciones máximas de las fracciones de hidrocarburos registradas en cada una de las muestras analizadas por fracciones de hidrocarburos durante las investigaciones realizadas. Así, este hidrocarburo teórico considerado, estaría compuesto por los valores máximos de cada una de las fracciones de hidrocarburo analizadas.

Las tasas de inhalación consideradas corresponde a la tasas de inhalación para niños y adultos, de baja actividad, propuestas en la *Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía*.

Para el modelo de migración de vapores en el interior del edificio de la escuela se ha considerado que toda la superficie del mismo se encuentra afectada por el máximo de las concentraciones registradas.

En las siguientes tablas se resumen los parámetros texturales y del edificio considerados.

Tabla 17. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Suelo: Arenas con algo de limos y arcillas (20% de finos) con algo de gravas (15%). "SANDY LOAM" EPA2004/2017		

Tabla 17. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Porosidad total (cm ³ /cm ³)	0,25	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).
Contenido en agua (cm ³ /cm ³)	0,15	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).
Fracción de carbono orgánico (-)	0,00783	Valor medio de las muestras S-MAL-PZ12-4,6-4,8 y S-MAL-TPH7-(4,6m), seleccionadas entre las 11 muestras analizadas (de zonas no impactadas y próximas a zona saturada). Correspondiente a una materia orgánica media de 1,35% entre las dos, según ASTM D2974-87.
Densidad del suelo (g/cm ³)	1,62	Valor por defecto para "Sandy Loam" (USEPA 2004).
Distancia desde el nivel suelo afectado hasta el edificio (m)	3,40	Profundidad más somera de las muestras consideradas: SMA-C-16-2 (3,40-3,50)
Características del edificio propuesto (residencial)		
Área del edificio (m ²) bajo la pluma de agua subterránea y suelo afectado.	900	Se asume una superficie en planta baja de 900 m ² en la parcela más pequeña, de 1.224 m ² en base al potencial proyecto de construcción de un edificio de viviendas, con un índice de edificabilidad de 7.688 y un techo edificable de 9.411 m ² . Se desconoce el número de plantas proyectadas para el edificio.
Volumen del edificio (m ³)	2.250	Asumiendo una superficie de 900 m ² y una altura de planta de 2,5 m y un perímetro de 130 m.
Número de intercambios de aire al día (1/día)	19	Valor RITE para residencias de ocupación no permanente (0,55 dm ³ /s*m ²).
Espesor de la solera (m)	0,15	Espesor por defecto USEPA2004 para edificios sin sótano, sugerido por la <i>Guía de evaluación de riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Porcentaje de fracturas (-)	0,001	Valor por defecto edificios residenciales sin sótano sugerido por la <i>Guía de evaluación de riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Porosidad en las fracturas (-)	0,26	Valor por defecto ASTM E1739-95: 0.26
Porcentaje de agua en las fracturas (-)	0,0002	Valor por defecto sugerido por la <i>Guía de evaluación de riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Diferencial de presión ΔP (Pa)	2	Valor por defecto sugerido por la <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía (según EPA y CLEA Briefing Notes 1-3 2005)

Tabla 17. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial). Inhalación en interiores. Datos de partida del modelo de intrusión de vapores

Parámetro	Valores	Referencia
Características del modelo de caja de dilución propuesta para la exposición en exteriores		
Altura de la caja de dilución en exteriores (m)	2	Valor por defecto USEPA
Longitud de la caja de dilución en exteriores en dirección al flujo del viento (m)	10	Valor por defecto USEPA
Velocidad de viento (m/s)	2	Valor por defecto USEPA

Tabla 18. Patrón de exposición, residentes adultos. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Parámetro	RME	Referencia
Años de vida (años)	78	<i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía
Peso corporal (kg)	70	
Frecuencia de exposición (días/año)	350	
Duración de la exposición (años)	30	
Factor de retención en los pulmones (-)	1	
Tasa de inhalación (m ³ /hr)	0,42	Tasa de inhalación para adultos con actividad sedentaria. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.
Horas en el interior (h/día)	24	Valor por defecto
Tasa de inhalación exteriores (m ³ /hr)	0,96	Tasa de inhalación de actividad ligera para adultos. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

Tabla 19. Patrón de exposición, niños residentes. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Parámetro	RME	Referencia
Años de vida (años)	78	<i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017.
Peso corporal (kg)	15	
Frecuencia de exposición (días/año)	350	
Duración de la exposición (años)	6	
Factor de retención en los pulmones (-)	1	
		Valor por defecto

Tabla 19. Patrón de exposición, niños residentes. Escenario 2 (ZONA CENTRO, Parcelas de uso residencial)

Parámetro	RME	Referencia
Tasa de inhalación (m ³ /hr)	0,35	Tasa de inhalación para niños con actividad sedentaria. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.
Horas en el interior (h/día)	24	<i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017.
Tasa de inhalación exteriores (m ³ /hr)	0,85	Tasa de inhalación de actividad ligera para niños. <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía.

6. CARACTERIZACIÓN DEL RIESGO

6.1 Escenario 1

6.1.1 Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes interiores

En las tablas siguientes se especifican los índices de riesgo derivados para los trabajadores de la futura escuela planteada en el escenario 1, correspondiente a la inhalación de vapores desde el suelo en ambientes interiores.

Tabla 20. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C6-C8	91	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	1,9E+00	7.5E-01
TPH fracción alifática >C8-C10	390	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	5,19E-01	1.2E+00
TPH fracción alifática >C10-C12	580		6,00E-02	1.4E-01
TPH fracción alifática >C12-C16	1400	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	6,00E-02	1.4E-01
TPH fracción alifática >C16-C21	4400		1,22E-04	-
TPH fracción alifática >C21-C35			2,05E-01	4.7E-01
TPH fracción aromática >C10-C12	360		4,61E-03	1.0E-02
TPH fracción aromática >C12-C16	800		4,61E-03	1.0E-02
TPH fracción aromática >C16-C21	1700	7,17E-08	7,17E-08	-
TPH fracción aromática >C21-C35	4100		-	-
			HI Total	2.7E+00

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 21. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C6-C8	91	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	1,9E+00	1,6E+00
TPH fracción alifática >C8-C10	390	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	5,19E-01	2,5E+00
TPH fracción alifática >C10-C12	580		6,00E-02	2,9E-01
TPH fracción alifática >C12-C16	1400	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	6,00E-02	2,9E-01
TPH fracción alifática >C16-C21	4400		1,22E-04	-
TPH fracción alifática >C21-C35			2,05E-01	1,0E+00
TPH fracción aromática >C10-C12	360		4,61E-03	2,3E-02
TPH fracción aromática >C12-C16	800		4,61E-03	2,3E-02
TPH fracción aromática >C16-C21	1700	7,17E-08	7,17E-08	-
TPH fracción aromática >C21-C35	4100		-	-

Tabla 21. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
			HI Total	5,8E+00

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 22. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	83	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	9,34E-04	7,1E-02
Acenaftileno	72	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	7,47E-05	8,1E-05
Fluoreno	74	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,05E-05	1,7E-05
Fenantreno	68	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	5,02E-06	-
Pireno	72	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	1,98E-07	4,3E-07
Benzo(a)antraceno	29	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,22E-08	-
Benzo(b)fluoranteno	79	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	2,71E-05	-
Benzo(a)pireno	14	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)	6,37E-10	-
Benzo(ghi)perileno	17	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	2,33E-11	-
			HI Total	7,1E-02

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 23. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	83	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	9,34E-04	1,5E-01
Acenaftileno	72	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	7,47E-05	1,7E-04
Fluoreno	74	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,05E-05	3,7E-05
Fenantreno	68	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	5,02E-06	-
Pireno	72	SMa-C-11-3 (4,80-4,90)	1,98E-07	9,2E-07

Tabla 23. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Benzo(a)antraceno	29	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,22E-08	-
Benzo(b)fluoranteno	79	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	2,71E-05	-
Benzo(a)pireno	14	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)	6,37E-10	-
Benzo(ghi)perileno	17	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	2,33E-11	-
			HI Total	1,5E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 24. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor trabajador escuela (ADULTO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E-5)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	83	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	9,34E-04	2,3E-06
Benzo(a)antraceno	29	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,22E-08	7,8E-14
Benzo(b)fluoranteno	79	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	2,71E-08	1,8E-13
Benzo(a)pireno	14	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)	6,37E-10	4,1E-14
			ILCR Total	2.3E-06

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 25. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor alumno escuela (NIÑO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E-5)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	83	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	9,34E-04	1,2E-06
Benzo(a)antraceno	29	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,22E-08	4,1E-14
Benzo(b)fluoranteno	79	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	2,71E-08	9,0E-14
Benzo(a)pireno	14	SMa-C-09-3 (4,80-4,90)	6,37E-10	2,1E-14
			ILCR Total	1,2E-06

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Se ha identificado una situación potencial de riesgo inaceptable, no cancerígeno, para la inhalación de hidrocarburos provenientes del suelo para los alumnos de la escuela, de las fracciones de hidrocarburos alifáticos C₆-C₁₀ y aromáticos C₁₀-C₁₂, con las concentraciones en suelo consideradas.

6.1.2 Vapores provenientes de las aguas subterráneas impactadas bajo la parcela en interiores

En las tablas siguientes se especifican los índices de riesgo derivados para el escenario analizado, correspondiente a la inhalación de vapores desde el agua subterránea por los trabajadores y alumnos de la futura escuela.

Tabla 26. Síntesis de resultados mezcla de hidrocarburos por cadenas en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Agua (mg/l)	muestra		
fracción alifática >C5-C6	0,0076	GW-MAL-PZ13	1,72E-05	6,5E-06
fracción alifática >C6-C8	0,26		7,20E-04	2,7E-04
fracción alifática >C8-C10	2,6		9,58E-03	2,2E-02
fracción alifática >C10-C12	2,2	GW-MAL-PZ12	1,06E-02	2,4E-02
fracción alifática >C12-C16	7,6		3,65E-02	8,3E-02
fracción alifática >C16-C35	18,4		3,50E+00	-
fracción aromática >C8-C10	0,28	GW-MAL-PZ13	3,04E-04	6,9E-04
fracción aromática >C10-C12	0,53		5,76E-04	1,3E-03
fracción aromática >C12-C16	2,1		1,01E-03	2,3E-03
fracción aromática >C16-C21	4,3	GW-MAL-PZ12	2,06E-03	4,7E-03
fracción aromática >C21-C35	10		1,04E-04	-
			HI Total	1,4E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 27. Síntesis de mezcla de hidrocarburos por cadenas en el agua subterránea. Receptor alumnos escuela (NIÑO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Agua (mg/l)	muestra		
fracción alifática >C5-C6	0,0076	GW-MAL-PZ13	1,72E-05	1,4E-05
fracción alifática >C6-C8	0,26		7,20E-04	5,9E-04
fracción alifática >C8-C10	2,6		9,58E-03	4,7E-02
fracción alifática >C10-C12	2,2	GW-MAL-PZ12	1,06E-02	5,2E-02
fracción alifática >C12-C16	7,6		3,65E-02	1,8E-01
fracción alifática >C16-C35	18,4		3,50E+00	-
fracción aromática >C8-C10	0,28	GW-MAL-PZ13	3,04E-04	1,5E-03

Tabla 27. Síntesis de mezcla de hidrocarburos por cadenas en el agua subterránea. Receptor alumnos escuela (NIÑO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Agua (mg/l)	muestra		
fracción aromática >C10-C12	0,53	GW-MAL-PZ12	5,76E-04	2,8E-03
fracción aromática >C12-C16	2,1		1,01E-03	4,9E-03
fracción aromática >C16-C21	4,3		2,06E-03	1,0E-02
fracción aromática >C21-C35	10		1,04E-04	-
			HI Total	3.0E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 28. Síntesis de resultados hidrocarburos por compuestos individuales en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Agua (mg/l)	muestra		
pireno	0,00028	GW-MAL-PZ11	5,66E-10	1,2E-09
criseno	0,00028		3,96E-09	-
benzo(b)fluoranteno	0,00008		1,21E-09	-
benzo(a)pireno	0,00006	GW-MAL-PZ03	2,12E-11	4,6E-09
benzo(ghi)perileno	0,00005		3,99E-12	-
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,00005		1,10E-11	-
			HI Total	5,8E-09

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 29. Síntesis de resultados hidrocarburos por compuestos individuales en el agua subterránea. Receptor alumnos escuela (NIÑO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Agua (mg/l)	muestra		
pireno	0,00028	GW-MAL-PZ11	5,66E-10	2,6E-09
criseno	0,00028		3,96E-09	-
benzo(b)fluoranteno	0,00008		1,21E-09	-
benzo(a)pireno	0,00006	GW-MAL-PZ03	2,12E-11	9,9E-09
benzo(ghi)perileno	0,00005		3,99E-12	-
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,00005		1,10E-11	-
			HI Total	1,2E-08

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 30. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el agua subterránea. Receptor trabajador escuela (ADULTO)

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E10-5)
	Agua (mg/l)	muestra		
criseno	0,00028	GW-MAL-PZ11	3,96E-09	1,7E-13
benzo(b)fluoranteno	0,00008		1,21E-09	7,8E-15
benzo(a)pireno	0,00006	GW-MAL-PZ03	2,12E-11	1,4E-15
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,00005		1,10E-11	7,1E-17
			ILCR Total	1,8E-13

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 31. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el agua subterránea. Receptor alumno escuela (NIÑO)

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E10-5)
	Agua (mg/l)	muestra		
criseno	0,00028	GW-MAL-PZ11	3,96E-09	8,9E-16
benzo(b)fluoranteno	0,00008		1,21E-09	4,0E-15
benzo(a)pireno	0,00006	GW-MAL-PZ03	2,12E-11	7,1E-16
indeno(1,2,3-cd)pireno	0,00005		1,10E-11	3,7E-17
			ILCR Total	9,4E-14

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

6.1.3 Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes exteriores

Tabla 32. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C6-C8	91	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	5,19E-03	1,0E-02
TPH fracción alifática >C8-C10	390	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,36E-03	1,6E-02
TPH fracción alifática >C10-C12	580		1,58E-04	1,9E-03
TPH fracción alifática >C12-C16	1400	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	1,58E-04	1,9E-03
TPH fracción alifática >C16-C21	4400		3,22E-07	-
TPH fracción alifática >C21-C35			5,40E-04	6,3E-03
TPH fracción aromática >C10-C12	360		1,22E-05	1,4E-04
TPH fracción aromática >C12-C16	800			

Tabla 32. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor trabajador escuela (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción aromática >C16-C21	1700		1,22E-05	1,4E-04
TPH fracción aromática >C21-C35	4100		2,72E-10	-
			HI Total	3,7E-02

*: Punto de exposición (POE). Aire exterior, caja de dilución.

Tabla 33. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor alumnos escuela (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C6-C8	91	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	5,19E-03	1,4E-02
TPH fracción alifática >C8-C10	390	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	1,36E-03	2,3E-02
TPH fracción alifática >C10-C12	580		1,58E-04	2,6E-03
TPH fracción alifática >C12-C16	1400		1,58E-04	2,6E-03
TPH fracción alifática >C16-C21	4400		3,22E-07	-
TPH fracción alifática >C21-C35				
TPH fracción aromática >C10-C12	360		5,40E-04	9,0E-03
TPH fracción aromática >C12-C16	800		1,22E-05	2,0E-04
TPH fracción aromática >C16-C21	1700		1,22E-05	2,0E-04
TPH fracción aromática >C21-C35	4100		2,72E-10	-
			HI Total	5,2E-02

*: Punto de exposición (POE). Aire exterior, caja de dilución.

No se ha identificado una situación potencial de riesgo inaceptable para la inhalación de hidrocarburos provenientes del agua subterránea para los alumnos y trabajadores de la escuela, para las condiciones y concentraciones consideradas.

6.2 Escenario 2

6.2.1 Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes interiores

Tabla 34. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Alifáticos >C5 - C6	33	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	1,84E+00	1,5E+00
Alifáticos >C6 - C8	290		3,78E+00	3,0E+00

Tabla 34. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Alifáticos >C8 - C10	1200		4,84E-01	2,3E+00
Alifáticos >C10 - C12	980		5,6E-02	2,7E-01
Alifáticos >C12 - C16	1600		5,6E-02	2,7E-01
Alifáticos >C16 – C35	3200		1,14E-04	-
Aromáticos >C8 - C10	14		7,44E-03	3,6E-02
Aromáticos >C10 - C12	110		5,85E-02	2,8E-01
Aromáticos >C12 - C16	450		4,31E-03	2,1E-02
Aromáticos >C16 - C21	1000		4,31E-03	2,1E-02
Aromáticos >C21 - C35	1400		7,04E-08	-
			HI Total	7,8E+00

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 35. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)	
	Suelo (mg/kg)	muestra			
Alifáticos >C5 - C6	33	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	1,84E+00	5,8E+00	
Alifáticos >C6 - C8	290		3,78E+00	1,2E+01	
Alifáticos >C8 - C10	1200		4,84E-01	9,1E+0	
Alifáticos >C10 - C12	980		5,6E-02	1,1E+00	
Alifáticos >C12 - C16	1600		5,6E-02	1,1E+00	
Alifáticos >C16 – C35	5100		-	-	
Suma aromáticos C8-C10	14		7,44E-03	1,4E-01	
Aromáticos >C10 - C12	110		5,85E-02	1,1E+00	
Aromáticos >C12 - C16	450		4,31E-03	8,1E-02	
Aromáticos >C16 - C21	1000		4,31E-03	8,1E-02	
Aromáticos >C21 - C35	1400		-	-	
			HI Total	3,0E+01	

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 36. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	58	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,06E-04	1,9E-01
Acenaftileno	84	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)	8,16E-05	3,7E-04
Acenafteno	70	SMa-C-23-3 (4,90-5,00)	4,96E-05	2,3E-04
Fluoreno	88	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	1,19E-05	8,1E-05
Fenantreno	82	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)	5,77E-06	-
Pireno	86		2,42E-07	2,2E-06
Benzo(a)antraceno	51	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,31E-08	-
Benzo(b)fluoranteno	79		2,52E-08	-
Benzo(k)fluoranteno	32		1,47E-10	-
Benzo(a)pireno	77	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,93E-10	-
Dibenzo(ah)antraceno	15	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,50E-12	-
Benzo(ghi)perileno	68	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	2,55E-11	-
Indeno(123cd)pireno	69		6,62E-12	-
			HI Total	1,9E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 37. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	58	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,06E-04	5,7E-01
Acenaftileno	84	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)	8,16E-05	1,1E-03
Acenafteno	70	SMa-C-23-3 (4,90-5,00)	4,96E-05	6,7E-04
Fluoreno	88	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	1,19E-05	2,4E-04
Fenantreno	82	SMa-C-16-2 (3,40-3,50)	5,77E-06	-
Pireno	86		2,42E-07	6,5E-06
Benzo(a)antraceno	51	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,31E-08	-
Benzo(b)fluoranteno	79		2,52E-08	-
Benzo(k)fluoranteno	32		1,47E-10	-
Benzo(a)pireno	77	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,93E-10	-
Dibenzo(ah)antraceno	15	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,50E-12	-
Benzo(ghi)perileno	68	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	2,55E-11	-
Indeno(123cd)pireno	69		6,62E-12	-

Tabla 37. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Hidrocarburos individuales en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
			HI Total	5,8E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 38. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor residencial (ADULTO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E-5)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	58	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,06E-04	7,6E-06
Benzo(a)antraceno	51	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,31E-08	4,3E-13
Benzo(b)fluoranteno	79		2,52E-08	8,2E-13
Benzo(k)fluoranteno	32		1,47E-10	4,8E-13
Benzo(a)pireno	77	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,93E-10	2,3E-13
Dibenzo(ah)antraceno	15	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,50E-12	4,9E-16
Indeno(123cd)pireno	69	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,62E-12	2,2E-16
			ILCR Total	7,6E-06

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Tabla 39. Índices de riesgo cancerígeno hidrocarburos individuales en el suelo. Receptor residencial (NIÑO).

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	ILCR (ref=1E-5)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
Naftaleno	58	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,06E-04	4,5E-06
Benzo(a)antraceno	51	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,31E-08	2,5E-13
Benzo(b)fluoranteno	79		2,52E-08	4,9E-13
Benzo(k)fluoranteno	32		1,47E-10	2,9E-13
Benzo(a)pireno	77	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,93E-10	1,3E-13
Dibenzo(ah)antraceno	15	SMa-C-18-3 (4,80-4,90)	1,50E-12	2,9E-16
Indeno(123cd)pireno	69	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	6,62E-12	1,3E-16
			ILCR Total	4,5E-06

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio.

Se ha identificado una situación potencial de riesgo inaceptable, no cancerígeno, para la inhalación de hidrocarburos provenientes del suelo para los futuros niños residentes de la zona centro de la parcela, de las fracciones de hidrocarburos alifáticos C₅-C₁₆ y aromáticos C₁₀-C₁₂, con las concentraciones en suelo consideradas.

6.2.2 Vapores provenientes del suelo impactado bajo la parcela en ambientes exteriores

Tabla 40. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor residencial (ADULTO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C5-C6	33	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	7,31E-03	1,3E-02
TPH fracción alifática >C6-C8	290		1,50E-02	2,8E-02
TPH fracción alifática >C8-C10	1200		1,93E-03	2,1E-02
TPH fracción alifática >C10-C12	980		2,23E-04	2,5E-03
TPH fracción alifática >C12-C16	1600		2,23E-04	2,5E-03
TPH fracción alifática >C16-C35	3200		4,54E-07	-
TPH fracción aromática >C8-C10	14		2,96E-05	3,3E-04
TPH fracción aromática >C10-C12	110		2,33E-04	2,6E-03
TPH fracción aromática >C12-C16	450		1,72E-05	1,9E-04
TPH fracción aromática >C16-C21	1000		1,72E-05	1,9E-04
TPH fracción aromática >C21-C35	1400		3,84E-10	-
			HI Total	7,1E-02

*: Punto de exposición (POE). Aire exterior, caja de dilución.

Tabla 41. INHALACIÓN EN EXTERIORES. Índices de riesgo receptor residencial (NIÑO). Mezcla de hidrocarburos por cadenas en suelo.

Compuestos	Concentración máxima considerada*		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)
	Suelo (mg/kg)	muestra		
TPH fracción alifática >C5-C6	33	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	7,31E-03	5,6E-02
TPH fracción alifática >C6-C8	290		1,50E-02	1,1E-01
TPH fracción alifática >C8-C10	1200		1,93E-03	8,8E-02
TPH fracción alifática >C10-C12	980		2,23E-04	1,0E-02
TPH fracción alifática >C12-C16	1600		2,23E-04	1,0E-02
TPH fracción alifática >C16-C35	3200		4,54E-07	-
TPH fracción aromática >C8-C10	14		2,96E-05	1,4E-03
TPH fracción aromática >C10-C12	110		2,33E-04	1,1E-02
TPH fracción aromática >C12-C16	450		1,72E-05	7,9E-04
TPH fracción aromática >C16-C21	1000		1,72E-05	7,9E-04
TPH fracción aromática >C21-C35	1400		3,84E-10	-
			HI Total	2,9E-01

*: Punto de exposición (POE). Aire exterior, caja de dilución.

No se ha identificado una situación potencial de riesgo inaceptable para la inhalación en ambientes exteriores de hidrocarburos provenientes del suelo para niños o adultos residentes de la zona centro de la parcela, para las condiciones y concentraciones consideradas.

7. NIVELES OBJETIVO PARA LA REMEDIACIÓN

Se han calculado los niveles objetivo (SSTL - *Site Specific Target Levels* - o también denominados RBCL - *Risk Based Clean Up Levels*) para los diferentes escenarios para los que se ha identificado un situación potencial de riesgo inadmisibles.

En la siguientes tablas se muestran los SSTL calculados.

Tabla 42. SSTL. Escenario 1. ZONA NORTE, Parcela EQ-3. Alumnos de la futura escuela.

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)	SSTL (mg/kg)	
	Suelo (mg/kg)	muestra				
TPH alifáticos C ₆ -C ₈	91	SMa-C-03-3 (4,80-4,90)	1,9E+00	1,6E+00	56	
TPH alifáticos C ₈ -C ₁₀	390	SMa-SPZ-07-3 (5,50-5,60)	5,19E-01	2,5E+00	43	
TPH aromaticos C ₁₀ -C ₁₂	360	SMa-SPZ-08-3 (5,50-5,60)	2,05E-01	1,0E+00	360	

*: Punto de exposición (POE). Aire interior edificio escuela.

Tabla 43. SSTL. Escenario 2. ZONA CENTRO. Niños residentes futuras viviendas.

Compuestos	Concentración máxima considerada		Conc. en el POE* (mg/m ³)	HI (ref=1)	SSTL (mg/kg)	
	Suelo (mg/kg)	muestra				
TPH alifáticos C ₅ -C ₆	33	SMa-C-22-3 (4,70-4,80)	1.84E+00	5,8E+00	5,7	
TPH alifáticos C ₆ -C ₈	290		3.78E+00	1,2E+01	16	
TPH alifáticos C ₈ -C ₁₀	1200		4.84E-01	9,1E+0	12	
TPH alifáticos C ₁₀ -C ₁₂	980		5.6E-02	1,1E+00	8,3	
TPH alifáticos C ₁₂ -C ₁₆	1600		5.6E-02	1,1E+00	8,3	
TPH aromaticos C ₁₀ -C ₁₂	110		5.85E-02	1,1E+00	100	

*: Punto de exposición (POE). Aire interior vivienda.

8. ANÁLISIS DE INCERTIDUMBRES

De manera general, se estima que existe un alto grado de definición en relación a los parámetros que contribuyen al establecimiento del medio afectado (concentraciones de compuestos, profundidad del nivel freático, etc.), ya que las investigaciones realizadas han permitido definir adecuadamente estas variables. No obstante, se ha introducido una cierta incertidumbre respecto a las dimensiones exactas de la zona impactada. En este sentido, aunque se ha podido constatar que la zona impactada está limitada en espesor y extensión, se ha considerado el escenario más conservador posible y se han asimilado las máximas concentraciones registradas a una superficie de suelo impactado equivalente a la práctica totalidad de la superficie de la vivienda considerada, sobrestimando en gran medida el riesgo derivado de la exposición a la intrusión de los vapores en el edificio.

Se estima que se tiene un alto grado de conocimiento en los parámetros de exposición y toxicológicos, ya que han sido recogidos de bases de datos de prestigio.

8.1 Análisis cualitativo de incertidumbres

La siguiente tabla sintetiza las diferentes incertidumbres identificadas y las medidas adoptadas para salvaguardar la seguridad de los receptores.

Tabla 44. Análisis de Incertidumbres

Aspecto / Variable	Valoración	Incidencia sobre los resultados
Fiabilidad información sobre usos actuales y futuros	No se dispone del proyecto constructivo previsto para la zona pero se ha podido disponer del plan futuro aprobado de ordenación urbana con los usos previstos para las diferentes parcelas.	Bajo
Definición de los focos contaminantes	El grado de definición de las plumas de afección es elevado por el número de investigaciones realizadas y del elevado número de puntos de investigación. No obstante, dado a la incertidumbre respecto a las características constructivas de los futuros edificios se han estimado las dimensiones de las zonas impactadas a las máximas de cada zona con unas dimensiones correspondientes a la totalidad de las parcelas. En el cálculo del riesgo se han introducido todos aquellos contaminantes en agua cuya concentración iguala o supera los valores de referencia propuestos.	Bajo
Evolución temporal de los contaminantes (Relacionado con las incertidumbres asociadas a las rutas de exposición)	Los compuestos volátiles irán disminuyendo lentamente su concentración con el paso del tiempo.	Bajo
Representatividad de la muestra debido a aportaciones de otras fuentes de contaminación	No se han identificado otras fuentes potenciales en el entorno del emplazamiento.	Bajo

Tabla 44. Análisis de Incertidumbres

Aspecto / Variable	Valoración	Incidencia sobre los resultados
Elementos constitutivos de las rutas de exposición seleccionadas	Se han evaluado las vías de exposición más restrictivas posibles de los escenarios escogidos, de las cuales son probables la inhalación de vapores desde el suelo y agua subterránea en interiores.	Bajo
Medio físico y mecanismos de transporte	Se estima que se dispone de un cierto grado de fiabilidad en relación a la caracterización del medio físico (litología, profundidad del nivel freático, etc.), datos obtenidos a través de la investigación realizadas.	Bajo
Receptores y parámetros de exposición	Los parámetros de exposición considerados en el análisis de riesgos se refieren a RME (receptor razonablemente más expuesto), lo que implica un alto factor de seguridad. Los parámetros de exposición se han tomado de la <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017., tomando siempre los máximos parámetros de exposición, lo que asegura unos resultados conservadores.	Bajo
Vías de exposición	Las vías de exposición consideradas se estiman en general adecuadas para los receptores.	Bajo
Características biométricas	Los datos biométricos se basan en los análisis estadísticos de población que figuran en la <i>Guía de Evaluación de Riesgos para la salud humana en suelos potencialmente contaminados</i> de la Consejería de Medioambiente de la Junta de Andalucía, 2017.	Bajo
Parámetros toxicológicos	En cuanto a la toxicidad se han utilizado los valores aportados bases de datos internacionalmente reconocidos (USEPA).	Bajo
Parámetros constructivos	No se dispone del futuro proyecto constructivo por lo que la mayoría de estos parámetros han sido estimados o se han sido seleccionados de la bibliografía disponible.	Alto

9. CONCLUSIONES

La metodología de realización de este tipo de ACR ha sido de acuerdo a las normas *ASTM-E 2081-00* y *ASTM E 1739 – 95 (2002)* así como la propia metodología definida en el Real Decreto 9/2005 y los criterios definidos en el borrador de la *Guía de evaluación de riesgos para salud humana en suelos potencialmente contaminados de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Junta de Andalucía (enero 2017)*.

Se han considerado dos escenarios en base a los usos propuestos de la parcela con receptores diferentes para la zona norte y centro de la parcela.

Para la zona norte, en la que se plantea un uso de equipamiento público para uso deportivo y escolar. Se ha evaluado la exposición de los trabajadores y alumnos de una potencial escuela, expuestos a la inhalación de vapores de compuestos volátiles que pudieran migrar desde el suelo y el agua subterránea, tanto en el interior del edificio como en ambientes exteriores. Las dimensiones y características del edificio han sido estimadas en base a la información disponible en el plano de parcelación y ordenación propuesta para la parcela (se asume un índice de edificabilidad de 0.5 y un techo edificable de 7.992 m²).

Para la zona centro, en la que se plantea un uso residencial. Se ha evaluado la exposición de los niños y adultos residentes en una potencial vivienda, expuestos a la inhalación de vapores de compuestos volátiles que pudieran migrar desde el suelo, tanto en el interior de la vivienda como en ambientes exteriores. Las dimensiones y características de la vivienda han sido estimadas en base a la información disponible en el plano de parcelación y ordenación propuesta para la parcela (se asume una superficie en planta baja de 900 m² en la parcela más pequeña, de 1.224 m² en base al potencial proyecto de construcción de un edificio de viviendas, con un índice de edificabilidad de 7.688 y un techo edificable de 9.411 m²). Se desconoce el número de plantas proyectadas para el edificio.

El ACR realizado por Ramboll ha considerado los siguientes datos analíticos recogidos durante la investigación exploratoria de *Inerco* en enero de 2017, la investigación complementaria de *Smarting* en enero de 2018 y la investigación hidrogeológica de *Ramboll* en enero y febrero de 2018.

Se han asumido las siguientes premisas conservadoras:

- Las concentraciones consideradas como representativas del subsuelo de toda la escuela son las máximas detectadas durante las investigaciones realizadas en la parcela a lo largo de 2017 y 2018.
- Que la zona afectada por los hidrocarburos se extiende por debajo de la totalidad de la superficie de la parcela.
- Como medida de protección adicional se ha considerado que la concentración representativa de hidrocarburo presente en el suelo y el agua subterránea corresponde a las concentraciones máximas de las fracciones de hidrocarburos registradas en cada una de las muestras analizadas por fracciones de hidrocarburos aromáticos y alifáticos. Así, este hidrocarburo teórico considerado estaría compuesto por los valores máximos de cada una de las fracciones de hidrocarburo analizadas.

En el caso de la zona norte, de servicios con uso educativo, se ha considerado en caso de niños una duración de la exposición de 6 años, 180 días por año, y 5 horas por día, y en el caso de los adultos de 25 años, 250 días por año y 8 horas por día.

En el caso de la zona centro, residencial y comercial, se ha considerado en caso de niños una duración de la exposición de 6 años, 350 días por año, y 24 horas por día, y en el caso de los adultos de 30 años, 350 días por año y 24 horas por día.

No se ha evaluado a ningún receptor fuera el emplazamiento (receptor *off-site*) potencialmente afectado por la migración de aguas subterráneas impactadas fuera de la propiedad.

En la zona norte, en el contexto del futuro uso como zona de equipamiento público como escuela, se ha identificado la existencia de riesgos inaceptables para trabajadores adultos y alumnos de la escuela. Estos riesgos potenciales, de tipo no cancerígeno, se producirían por la inhalación de vapores de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en ambientes interiores, en los escenarios descritos. No se han identificado riesgos no aceptables asociados con las condiciones de las aguas subterráneas.

En la zona centro, en el contexto del futuro uso como zona residencial, se ha identificado la existencia de riesgos inaceptables para residentes adultos y niños. Estos riesgos potenciales, de tipo no cancerígeno, se producirían por la inhalación de vapores de hidrocarburos alifáticos y aromáticos en ambientes interiores, en los escenarios descritos. No se han identificado riesgos no aceptables asociados con las condiciones de las aguas subterráneas.

No se han identificado riesgos inaceptables para la salud de los usuarios de la futura zona verde, que ocupará la parte sur de la parcela.

APÉNDICE 1 METODOLOGÍA DEL ACR

METODOLOGÍA DE CÁLCULO DEL ANÁLISIS DE RIESGOS

INTRODUCCIÓN

El presente apéndice resume los algoritmos matemáticos empleados en los cálculos del análisis de riesgos. Estos algoritmos han sido desarrollados e incluidos dentro software informático RISK empleado en el presente análisis. El análisis de riesgos está enfocado en determinar el “potencial de riesgo” para la salud humana, las fuentes de agua, los receptores ecológicos y la propiedad.

El análisis de riesgos para la salud humana comprende las siguientes etapas:

- Cálculo de las concentraciones de exposición;
- Estimación de la dosis humana;
- Análisis de los efectos (toxicidad);
- Estimación del riesgo; y
- Evaluación del riesgo.

Cada uno de estos aspectos se desarrolla en detalle en los siguientes apartados.

CONCENTRACIÓN DE EXPOSICIÓN

La primera etapa en el análisis del riesgo por compuestos químicos en un emplazamiento contaminado consiste en la estimación de la concentración ambiente en el punto en el cual se asume ocurrirá la exposición. Los métodos para realizar estos cálculos se describen a continuación. En ocasiones se emplearán valores predefinidos para algunas de las variables de los algoritmos. Éstos también cuentan con numerosos factores de conversión (generalmente múltiplos de 10), con el fin de alcanzar una consistencia dimensional.

Concentración de Vapores en ambientes exteriores procedentes del Suelo

La metodología para el cálculo de la concentración de compuestos en el aire exterior considera una tasa de emisión de compuestos volátiles y supone la dilución en una caja “imaginaria”. El grado de dilución depende del tamaño y la velocidad del viento de la caja

La metodología empleada para el cálculo de las concentraciones de vapores en ambientes exteriores desde el suelo ha sido desarrollada por la ASTM, 2000 y considera los siguientes aspectos:

- Concentración del compuesto químico constante;
- Equilibrio de partición lineal entre las fases adsorbidas, disuelta y vapor de la matriz del suelo; siendo el equilibrio de partición función de las constantes químicas y de los parámetros específicos del suelo;
- Difusión en estado estacionario de la fase vapor a través de la zona no saturada y de las grietas de la solera;
- No existe pérdida de compuesto químico (por ejemplo por biodegradación) en el proceso de difusión hacia la superficie; y
- Existe una buena dispersión atmosférica de los vapores que emanan del suelo en un “espacio de respiración”, basado en una caja imaginaria modelo.

Las ecuaciones son como sigue (ASTM, 2000):

$$C_{air_{so}} = V_{so} \times C_s$$

$$V_{so} = \frac{H' \times \rho_s \times 10^3}{[\theta_{ws} + (K_{oc} \times F_{oc} \times \rho_s) + (H' \times \theta_{as})] \times \left(1 + \frac{U_{air} \times \delta_{air} \times L_s}{D_s^{eff} \times W}\right)}$$

Dónde:

Vso	Factor de volatilización del subsuelo al aire exterior (g/cm ³) / (mg/kg)
ρs	Densidad del suelo seco (g/cm ³)
θws	Contenido volumétrico de agua en la zona vadosa (cm ³ -H ₂ O/cm ³ -suelo)
Koc	Coefficiente de partición carbón orgánico en suelo (ml-H ₂ O/g-C)
Foc	Fracción de carbono orgánico (-)
θas	Contenido volumétrico de aire en la zona vadosa (cm ³ -aire/cm ³ -suelo)
Uair	Velocidad del viento (m/s)
H'	Dimensionless Henry's Law constant (-)
Dseff	Coefficiente de difusión efectiva en suelo (-)
Ls	Profundidad al subsuelo (cm)
W	Anchura del área impactada paralela al viento (cm)
δair	Altura de respiración (cm)

Concentración de Vapores en Interiores procedentes del Suelo

La modelización del movimiento de los vapores del suelo en edificios y otros espacios cerrados es compleja y, en general, proporciona concentraciones en interiores muy superiores a aquellas que pueden medirse. La metodología empleada para el cálculo de las concentraciones de vapores en interiores desde el suelo ha sido desarrollada por la ASTM, 2000 y considera los siguientes aspectos:

- Concentración del compuesto químico constante;
- Equilibrio de partición lineal entre las fases adsorbidas, disuelta y vapor de la matriz del suelo; siendo el equilibrio de partición función de las constantes químicas y de los parámetros específicos del suelo;
- Difusión en estado estacionario de la fase vapor a través de la zona no saturada y de las grietas de la solera;
- No existe pérdida de compuesto químico (por ejemplo, por biodegradación) en el proceso de difusión hacia la superficie; y
- Mezcla atmosférica ideal de los vapores que emanan del suelo en el espacio cerrado.

Las ecuaciones son como sigue (ASTM, 2000):

$$C_{\text{exposición}} = VF_{s,esp} \cdot C_R$$

Donde,

C _{exposición}	Concentración de la fase vapor en estado estacionario del contaminante en aire ambiente (g/cm ³)
VF _{s,esp}	Factor de volatilización del subsuelo al aire ambiente dentro de un espacio cerrado (g/cm ³)
CR	Concentración inicial en suelo (g/g)

si $Q_s=0$

$$VF_{s,esp} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H_{eff}} \cdot \left(1 + \frac{D_{eff,vad}}{DF_{esp} \cdot L_s} + \frac{D_{eff,vad} \cdot L_{crk}}{D_{eff,crk} \cdot L_s \cdot \eta} \right) \cdot \frac{DF_{esp} \cdot L_s}{D_{eff,vad}}}$$

si $Q_s > 0$

$$\xi = \frac{Q_s \cdot L_{crk}}{A_b \cdot D_{eff,crk} \cdot \eta} \quad VF_{s,esp} = \frac{1}{\frac{K_{sw}}{H_{eff}} \cdot \left(e^\xi + \frac{D_{eff,vad}}{DF_{esp} \cdot L_s} + \frac{D_{eff,vad} \cdot A_b}{Q_s \cdot L_s} \cdot (e^\xi - 1) \right) \cdot \frac{DF_{esp} \cdot L_s}{D_{eff,vad} \cdot e^\xi}}$$

donde,

VF _{s,esp}	Factor de volatilización del subsuelo al aire ambiente dentro de un espacio cerrado (g/cm ³)
A _b	Área de la solera (cm ²)
D _{eff,crk}	Coefficiente de difusión efectiva en las grietas de la solera (cm ² /s)
D _{eff,vad}	Coefficiente de difusión efectiva en la zona no saturada del suelo (cm ² /s)
DF _{esp}	Factor de dispersión en un espacio cerrado (cm/s)
H _{eff}	Constante efectiva de Henry (cm ³ -agua/cm ³ -aire)
K _{sw}	Coefficiente de partición suelo agua (cm ³ -agua/g-suelo)
L _s	Profundidad al subsuelo (cm)
L _{crk}	Espesor de la solera o paredes del espacio cerrado (cm)
Q _s	Flujo convectivo a través de la solera (cm ³ /s)
η	Fracción de grietas en la solera (cm ² /cm ²)

Siendo,

$$H' = \frac{H \cdot 10^3}{R \cdot T_{amb}} \quad H_{eff} = H' \cdot UF$$

donde,

H _{eff}	Constante efectiva de Henry (cm ³ /cm ³)
H'	Constante de la ley de Henry (adimensional)
H	Constante de la ley de Henry (atm·m ³ /mol)
UF	Fracción de compuestos químicos no ionizados en agua (adimensional)
R	Constante ideal de los gases (atm·L/mol·K)
T _{amb}	Temperatura ambiente (K) = 293 K

$$D^{eff} = D_a \cdot \left(\frac{\theta_a^{3,33}}{n^2} \right) + \left(\frac{D_w}{H_{eff}} \right) \cdot \left(\frac{\theta_w^{3,33}}{n^2} \right)$$

donde,

Deff	Coeficiente de difusión efectiva (cm ² /s)
Da	Difusividad en aire (cm ² /s)
θa	Contenido volumétrico en aire en la porosidad del suelo (cm ³ /cm ³)
n	Porosidad total del suelo (cm ³ /cm ³)
Dw	Difusividad en agua (cm ² /s)
θw	Contenido volumétrico en agua en la porosidad del suelo (cm ³ /cm ³)
Heff	Constante efectiva de Henry (cm ³ /cm ³)

$$DF_{esp} = \frac{L_b \cdot ER}{86400}$$

donde,

DFesp	Factor de dispersión en un espacio cerrado (cm/s)
Lb	Ratio volumen/infiltración y área del espacio cerrado (cm)
ER	Potencia de intercambio de aire en el espacio cerrado (1/día)

$$K_{sw} = \frac{\theta_w + (K_d \cdot \rho_s) + (H_{eff} \cdot \theta_a)}{\rho_s}$$

donde,

Ksw	Coeficiente de partición suelo agua (cm ³ -agua/g-suelo)
θw	Contenido volumétrico en agua en la porosidad del suelo (cm ³ /cm ³)
Kd	Coeficiente de partición suelo (adsorbido) / agua (cm ³ /g)
ρs	Densidad eficaz del suelo (g/cm ³)
Heff	Constante efectiva de Henry (cm ³ /cm ³)
θa	Contenido volumétrico en aire en la porosidad del suelo (cm ³ /cm ³)

$$Q_s = \frac{2 \cdot \Pi \cdot \Delta P \cdot k_v \cdot X_{crk}}{\mu_s \cdot \ln\left(\frac{2 \cdot Z_{crk}}{R_{crk}}\right)} \quad R_{crk} = \frac{A_b \cdot \eta}{X_{crk}}$$

donde,

Qs	Flujo convectivo a través de la solera (cm ³ /s)
Ab	Área de la solera (cm ²)
ΔP	Diferencia de presión interior/externa (g/cm·s ²)
kv	Permeabilidad del suelo (cm ²)
Xcrk	Perímetro de la solera – longitud total de grietas (cm)
Zcrk	Profundidad de la solera (cm)
μair	Viscosidad del aire (g/cm·s) = 1,81·10 ⁻⁴
η	Fracción de grietas en la solera (cm ² /cm ²)

ESTIMACIÓN DE LA DÓISIS HUMANA

La segunda etapa en el análisis de riesgos en emplazamientos contaminados implica la estimación de la exposición humana. A continuación, se describen los distintos algoritmos, en base a las vías de exposición identificadas en el Modelo Conceptual del emplazamiento y a las concentraciones de exposición descritas anteriormente. La exposición a cada compuesto químico se estima para cada vía siguiendo la metodología desarrollada por US EPA 1989.

La exposición se define como el contacto de un organismo con un compuesto químico o un agente físico. Si la exposición ocurre a lo largo del tiempo, la exposición total puede dividirse dentro de un periodo de interés, para así determinar una exposición media por unidad de tiempo. Esta exposición media por unidad de tiempo también puede expresarse en función del peso del cuerpo. La exposición estandarizada para tiempo y peso de cuerpo se define como "dosis" y, se expresa en unidades de mg-compuesto/kg-cuerpo·día.

La ecuación general para el cálculo de dosis de compuestos químicos es como sigue:

$$I = \frac{C \cdot CR \cdot EFD}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

donde,

I	Dosis; la cantidad de compuesto químico en contacto con el organismo (mg/kg·día)
C	Concentración química; la concentración media que entra en contacto con el organismo a lo largo del periodo de exposición (ej., mg/l, mg/kg, ...)
CR	Ratio de contacto; la cantidad de medio contaminado que entra en contacto por unidad de tiempo con el organismo (ej. l/día, m ³ /h,...)
EFD	Frecuencia de exposición y duración; describe la duración y frecuencia con que se produce un evento. Generalmente se calcula empleando dos términos (EF y ED) EF: frecuencia de exposición (días/año) ED: duración de exposición (años)
BW	Peso del cuerpo; peso promedio del cuerpo durante el periodo de exposición (kg)
AT	Tiempo promedio (días); periodo sobre el cual se promedia la exposición (70 años para contaminantes cancerígenos y el ED para contaminantes no cancerígenos)

Existen tres categorías de variables para la estimación de la dosis:

- variables relacionadas con el compuesto químico – concentración de exposición;
- variables que describen la población expuesta – ratio de contacto, frecuencia de exposición y duración, y peso del cuerpo; y
- variables relacionadas con el análisis – tiempo promedio.

Cada una de estas variables de la ecuación de cálculo de dosis tiene un rango de valores. De acuerdo con la US EPA 1989, los valores de éstas variables deberán ser seleccionados de modo que se obtenga la máxima exposición razonable para cada vía, entendiendo por esto, la máxima exposición que cabe razonablemente esperar ocurra en el emplazamiento

Para la inhalación de vapores o polvo la ecuación genérica se reduce a:

$$I = \frac{C_A \cdot IR \cdot ET \cdot EF \cdot ED}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

donde,

I	Dosis; la cantidad de compuesto químico en contacto con el organismo (mg/kg·día)
C _A	Concentración de contaminante en aire (concentración de exposición) (mg/m ³)

IR	Ratio de inhalación (m ³ /h)
ET	Tiempo de exposición (h/día)
EF	Frecuencia de exposición (día/año)
ED	Duración de la exposición (años)
BW	Peso del cuerpo (kg)
AT	Tiempo promedio (día)

Para la ingestión de suelo la ecuación genérica se reduce a:

$$I = \frac{C_R \cdot IR \cdot CF \cdot FI \cdot EF \cdot ED}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

donde,

I	Dosis; la cantidad de compuesto químico en contacto con el organismo (mg/kg·día)
C _R	Concentración inicial de contaminante en suelo (mg/kg)
IR	Ratio de ingestión (mg/día)
CF	Factor de conversión (10 ⁻⁶ kg/mg)
FI	Fracción ingerida de la fuente contaminada (adimensional)
EF	Frecuencia de exposición (día/año)
ED	Duración de la exposición (años)
BW	Peso del cuerpo (kg)
AT	Tiempo promedio (día)

Para el contacto dérmico con el suelo la ecuación genérica se reduce a:

$$I = \frac{C_R \cdot CF \cdot SA \cdot AF \cdot ABS \cdot EF \cdot ED}{BW} \cdot \frac{1}{AT}$$

donde,

I	Dosis; la cantidad de compuesto químico en contacto con el organismo (mg/kg·día)
C _R	Concentración inicial de contaminante en suelo (mg/kg)
CF	Factor de conversión (10 ⁻⁶ kg/mg)
SA	Superficie de piel expuesta al contacto (cm ² /evento)
AF	Factor de adherencia suelo piel (mg/cm ²)
ABS	Factor de absorción (adimensional)
EF	Frecuencia de exposición (día/año)
ED	Duración de la exposición (años)
BW	Peso del cuerpo (kg)
AT	Tiempo promedio (día)

ANÁLISIS DE LOS EFECTOS

Esta etapa implica el análisis conjunto de los criterios toxicológicos, que establecen la relación entre la dosis de un compuesto químico y la posibilidad de que ocurra un efecto adverso sobre el organismo expuesto. A pesar de la gran variedad de efectos adversos que un individuo podría experimentar, estos clásicamente se subdividen en dos grupos para el propósito de un análisis de riegos:

- Efectos cancerígenos; y
- Efectos no cancerígenos.

Los efectos cancerígenos resultan en el desarrollo de un tumor o cualquier otra forma de cáncer, como por ejemplo la leucemia. Los efectos no cancerígenos consisten en todas las formas de toxicidad no relacionadas con el cáncer, tales como descoordinación, envenenamiento sistemático y taras.

Los criterios toxicológicos de efectos no cancerígenos se refieren generalmente como Dosis de Referencia (RfD). Estos valores se consideran niveles de exposición seguros, en los cuales no es de esperar que ocurran efectos adversos. Generalmente se calculan aplicando factores de “seguridad” o “incertidumbre” a dosis en las que se ha observado un efecto mínimo en seres humanos o animales. Los criterios toxicológicos de cancerígenos relacionan los niveles de dosis que incrementan la probabilidad de genera un cáncer y normalmente se refieren como Factores Pendientes (SFs).

Los criterios de toxicidad empleados en el análisis de riesgos se adjuntos a modo de tablas.

ESTIMACIÓN DEL RIESGO

Esta sección desarrolla la metodología empleada en la cuarta etapa del proceso de un análisis de riesgos de acuerdo con la US EPA 1989. La estimación del riesgo emplea los cálculos de estimación de dosis humana descrita anteriormente y los criterios de toxicidad.

Estimación del Riesgo No Cancerígeno

El potencial de un efecto no cancerígeno se evalúa por comparación de los niveles de exposición a lo largo de un periodo de tiempo específico (ej. esperanza de vida) con la dosis de referencia derivada para un periodo de tiempo equivalente. El cociente entre exposición y toxicidad se denomina Cociente de Peligrosidad y se expresa como:

$$HQ = \frac{I}{RfD}$$

donde,

HQ	Cociente de peligrosidad no cancerígeno (adimensional)
I	Dosis (mg/kg·día)
RfD	Dosis de Referencia (mg/kg·día)

El Cociente de peligrosidad no cancerígeno asume que existe un nivel de exposición (ej. RfD) por debajo del cual es poco probable, incluso para poblaciones muy sensibles, experimentar efectos de salud adversos. Así, si el nivel de exposición o la dosis (I), supera este límite (ej. si $I/RfD > 1$), podrían darse efectos adversos no cancerígenos. Como regla general, cuanto mayor sea el valor I/RfD (por encima de la unidad) mayor será el potencial grado de afección.

Estimación del Riesgo Cancerígeno

Para compuestos cancerígenos, el riesgo se estima como el incremento de la probabilidad de un individuo de desarrollar un cáncer a lo largo de su vida y como resultado de una exposición a compuestos cancerígenos. (US EPA 1989).

El Factor Pendiente (SF) convierte directamente la dosis promedio estimada, en el incremento del riesgo de un individuo de desarrollar un cáncer. En el medio ambiente la exposición es comúnmente a pequeñas concentraciones (comparadas con las concentraciones a que se exponen los animales de testeo), por lo que en general, puede asumirse una relación lineal dosis – respuesta. Bajo esta hipótesis, el factor pendiente es una constante y el riesgo será directamente proporcional a la dosis. La forma lineal (dosis bajas) se expresa con la siguiente ecuación:

$$Riesgo = I \cdot SF$$

dónde,	
Riesgo	Probabilidad adimensional de un individuo de desarrollar un cáncer (ej. $2 \cdot 10^{-5}$)
I	Dosis promediada a 70 años (mg/kg·día)
SF	Factor pendiente (mg/kg·día) ⁻¹

No obstante, esta ecuación lineal sólo es aplicable para niveles de riesgo bajos (ej. niveles inferiores a 0,01). En aquellos emplazamientos en los que las dosis a compuestos químicos puedan ser mayores (ej. Riesgo > 0,01) se deberá emplear una ecuación alternativa. La siguiente ecuación, consistente con el modelo lineal para bajas dosis, se expresa como sigue:

$$Riesgo = 1 - \exp(-I \cdot SF)$$

De acuerdo con EPA, la estimación del riesgo cancerígeno, generalmente, será una estimación "superior al límite". Esto quiere decir, que EPA se mantiene en una posición conservadora, garantizando que el "riesgo real" no superará al riesgo estimado de acuerdo con el modelo anteriormente presentado y, que en general será previsiblemente menor.

EVALUACIÓN DEL RIESGO

La relevancia de la contaminación se establece en base a una comparación de los niveles de riesgo estimados con niveles clasificados como aceptables:

- Cociente de Peligrosidad Humano (HHI) = 1
- Riesgo cancerígeno = 1×10^{-5}

Es decir, para la salud humana, los riesgos asociados a una contaminación se considerarán aceptables si las dosis estimadas son inferiores a las dosis de referencia, de modo que el HHI resulta inferior a la unidad o el riesgo de desarrollar un cáncer a lo largo de la vida resulta inferior a 1×10^{-5} .

REFERENCIAS

ASTM, 2000, E 2081-00 – Standard Guide for Risk-Based Corrective Action.
 US EPA 1989, Risk Assessment Guidance for Superfund. Volume I. Human Health Evaluation Manual (Part A). EPA/540/1-89/002, December 1989

APÉNDICE 2 PARÁMETROS DE ENTRADA DEL ACR Y RESULTADOS (RISC)

ESCENARIO 1.

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Saturated Zone Source

CASE 1:
Worker - RME

	Inhalation of	
	Indoor Air	TOTAL
Benzo(a)pyrene	1.4E-15	1.4E-15
Benzo(b)fluoranthene	7.8E-15	7.8E-15
Chrysene	1.7E-13	1.7E-13
Indeno(1,2,3CD)pyrene	7.1E-17	7.1E-17
TOTAL	1.8E-13	1.8E-13

CASE 2:
Child Resident - RME

	Inhalation of	
	Indoor Air	TOTAL
Benzo(a)pyrene	7.1E-16	7.1E-16
Benzo(b)fluoranthene	4.0E-15	4.0E-15
Chrysene	8.9E-14	8.9E-14
Indeno(1,2,3CD)pyrene	3.7E-17	3.7E-17
TOTAL	9.4E-14	9.4E-14

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Saturated Zone Source

CASE 1:
Worker - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzo(a)pyrene	4.6E-09	4.6E-09
Pyrene	1.2E-09	1.2E-09
TOTAL	5.8E-09	5.8E-09

CASE 2:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benzo(a)pyrene	9.9E-09	9.9E-09
Pyrene	2.6E-09	2.6E-09
TOTAL	1.2E-08	1.2E-08

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Title:
 Zona Norte IND agua
 03/08/18 20:38

Scenarios:
 Worker - RME
 Child Resident - RME

Routes:
 INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
 Benzo(a)pyrene
 Benzo(b)fluoranthene
 Benzo(g,h,i)perylene
 Chrysene
 Indeno(1,2,3CD)pyrene
 Pyrene

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS SCENARIO:
1 2

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	70.0	15.0
Lifetime (years)	78.0	78.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.830	0.850
Time indoors (hours/day)	8.00	5.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.	180.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
Benzo(a)pyrene	1.0	1.0
Benzo(b)fluoranthene	1.0	1.0
Benzo(g,h,i)perylene	1.0	1.0
Chrysene	1.0	1.0
Indeno(1,2,3CD)pyrene	1.0	1.0
Pyrene	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
 AVERAGE Concentration (over exposure duration)
 (used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	25.	6.0
Benzo(a)pyrene	2.12E-11	2.12E-11
Benzo(b)fluoranthene	1.21E-09	1.21E-09
Benzo(g,h,i)perylene	3.99E-12	3.99E-12
Chrysene	3.96E-09	3.96E-09
Indeno(1,2,3CD)pyrene	1.10E-11	1.10E-11
Pyrene	5.66E-10	5.66E-10

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0	6.0
Benzo(a)pyrene	2.12E-11	2.12E-11
Benzo(b)fluoranthene	1.21E-09	1.21E-09
Benzo(g,h,i)perylene	3.99E-12	3.99E-12
Chrysene	3.96E-09	3.96E-09
Indeno(1,2,3CD)pyrene	1.10E-11	1.10E-11
Pyrene	5.66E-10	5.66E-10

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Benzo(a)pyrene	3.10E-03	3.10E-03
Benzo(b)fluoranthene	3.10E-04	3.10E-04
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND
Chrysene	2.10E-03	2.10E-03
Indeno(1,2,3CD)pyrene	3.10E-04	3.10E-04
Pyrene	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Benzo(a)pyrene	3.00E-04	3.00E-04
Benzo(b)fluoranthene	ND	ND
Benzo(g,h,i)perylene	ND	ND
Chrysene	ND	ND
Indeno(1,2,3CD)pyrene	ND	ND
Pyrene	3.00E-02	3.00E-02

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : Benzo(a)pyrene

CADD (mg/kg-day)	1.37E-12	2.96E-12
LADD (mg/kg-day)	4.41E-13	2.27E-13
Cancer Risk (-)	1.366E-15	7.050E-16
Hazard Index (-)	4.583E-09	9.855E-09

Daily Doses and Risk for : Benzo(b)fluoranthene

CADD (mg/kg-day)	7.86E-11	1.69E-10
LADD (mg/kg-day)	2.52E-11	1.30E-11
Cancer Risk (-)	7.811E-15	4.032E-15
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo(g,h,i)perylene

CADD (mg/kg-day)	2.59E-13	5.58E-13
LADD (mg/kg-day)	8.31E-14	4.29E-14
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Chrysene

CADD (mg/kg-day)	2.57E-10	5.54E-10
LADD (mg/kg-day)	8.25E-11	4.26E-11
Cancer Risk (-)	1.733E-13	8.943E-14
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Indeno(1,2,3CD)pyrene

CADD (mg/kg-day)	7.17E-13	1.54E-12
LADD (mg/kg-day)	2.30E-13	1.19E-13
Cancer Risk (-)	7.127E-17	3.678E-17
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Pyrene

CADD (mg/kg-day)	3.68E-11	7.91E-11
LADD (mg/kg-day)	1.18E-11	6.09E-12
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.226E-09	2.637E-09

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Saturated Zone Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
TPH Aliphatic C5-6	1.4E-05	1.4E-05
TPH Aliphatic C6-8	5.9E-04	5.9E-04
TPH Aliphatic C8-10	4.7E-02	4.7E-02
TPH Aliphatic C10-12	5.2E-02	5.2E-02
TPH Aliphatic C12-16	1.8E-01	1.8E-01
TPH Aromatic C8-10	1.5E-03	1.5E-03
TPH Aromatic C10-12	2.8E-03	2.8E-03
TPH Aromatic C12-16	4.9E-03	4.9E-03
TPH Aromatic C16-21	1.0E-02	1.0E-02
TOTAL	3.0E-01	3.0E-01

CASE 2:
Worker - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
TPH Aliphatic C5-6	6.5E-06	6.5E-06
TPH Aliphatic C6-8	2.7E-04	2.7E-04
TPH Aliphatic C8-10	2.2E-02	2.2E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.4E-02	2.4E-02
TPH Aliphatic C12-16	8.3E-02	8.3E-02
TPH Aromatic C8-10	6.9E-04	6.9E-04
TPH Aromatic C10-12	1.3E-03	1.3E-03
TPH Aromatic C12-16	2.3E-03	2.3E-03
TPH Aromatic C16-21	4.7E-03	4.7E-03
TOTAL	1.4E-01	1.4E-01

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Title:
Zona Norte TPH agua
03/05/18 17:00

Scenarios:
Child Resident - RME
Worker - RME

Routes:
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	15.0	70.0
Lifetime (years)	78.0	78.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.850	0.830
Time indoors (hours/day)	5.00	8.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	180.	250.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	6.00	25.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
TPH Aliphatic C5-6	1.0	1.0
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aliphatic C16-35	1.0	1.0
TPH Aromatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C16-21	1.0	1.0
TPH Aromatic C21-35	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	6.0	25.
TPH Aliphatic C5-6	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aliphatic C6-8	7.20E-04	7.20E-04
TPH Aliphatic C8-10	9.58E-03	9.58E-03
TPH Aliphatic C10-12	1.06E-02	1.06E-02
TPH Aliphatic C12-16	3.65E-02	3.65E-02
TPH Aliphatic C16-35	3.5	3.5
TPH Aromatic C8-10	3.04E-04	3.04E-04
TPH Aromatic C10-12	5.76E-04	5.76E-04
TPH Aromatic C12-16	1.01E-03	1.01E-03
TPH Aromatic C16-21	2.06E-03	2.06E-03
TPH Aromatic C21-35	1.04E-04	1.04E-04

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	6.0	7.0
TPH Aliphatic C5-6	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aliphatic C6-8	7.20E-04	7.20E-04
TPH Aliphatic C8-10	9.58E-03	9.58E-03
TPH Aliphatic C10-12	1.06E-02	1.06E-02
TPH Aliphatic C12-16	3.65E-02	3.65E-02
TPH Aliphatic C16-35	3.5	3.5
TPH Aromatic C8-10	3.04E-04	3.04E-04
TPH Aromatic C10-12	5.76E-04	5.76E-04
TPH Aromatic C12-16	1.01E-03	1.01E-03
TPH Aromatic C16-21	2.06E-03	2.06E-03
TPH Aromatic C21-35	1.04E-04	1.04E-04

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

TPH Aliphatic C5-6	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

TPH Aliphatic C5-6	0.17	0.17
TPH Aliphatic C6-8	0.17	0.17
TPH Aliphatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C16-21	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6

CADD (mg/kg-day)	2.41E-06	1.12E-06
LADD (mg/kg-day)	1.85E-07	3.59E-07
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.407E-05	6.543E-06

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	1.01E-04	4.68E-05
LADD (mg/kg-day)	7.74E-06	1.50E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	5.882E-04	2.735E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	1.34E-03	6.22E-04
LADD (mg/kg-day)	1.03E-04	1.99E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	4.679E-02	2.176E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	1.48E-03	6.87E-04
LADD (mg/kg-day)	1.14E-04	2.20E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	5.164E-02	2.401E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	5.10E-03	2.37E-03
LADD (mg/kg-day)	3.92E-04	7.60E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.784E-01	8.294E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C16-35

CADD (mg/kg-day)	4.88E-01	2.27E-01
LADD (mg/kg-day)	3.76E-02	7.28E-02
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	4.25E-05	1.98E-05
LADD (mg/kg-day)	3.27E-06	6.33E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.486E-03	6.911E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	8.05E-05	3.74E-05
LADD (mg/kg-day)	6.19E-06	1.20E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00

Hazard Index (-) 2.813E-03 1.308E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	1.41E-04	6.55E-05
LADD (mg/kg-day)	1.08E-05	2.10E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	4.925E-03	2.290E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C16-21

CADD (mg/kg-day)	2.88E-04	1.34E-04
LADD (mg/kg-day)	2.22E-05	4.30E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.008E-02	4.689E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C21-35

CADD (mg/kg-day)	1.45E-05	6.75E-06
LADD (mg/kg-day)	1.12E-06	2.16E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benz (a) anthracene	7.8E-14	7.8E-14
Benzo (a) pyrene	4.1E-14	4.1E-14
Benzo (b) fluoranthene	1.8E-13	1.8E-13
Naphthalene	2.3E-06	2.3E-06
TOTAL	2.3E-06	2.3E-06

CASE 2:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air	TOTAL
Benz (a) anthracene	4.1E-14	4.1E-14
Benzo (a) pyrene	2.1E-14	2.1E-14
Benzo (b) fluoranthene	9.0E-14	9.0E-14
Naphthalene	1.2E-06	1.2E-06
TOTAL	1.2E-06	1.2E-06

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
Acenaphthylene	8.1E-05	8.1E-05	_____
Benzo(a)pyrene	1.4E-07	1.4E-07	
Fluorene	1.7E-05	1.7E-05	
Naphthalene	7.1E-02	7.1E-02	
Pyrene	4.3E-07	4.3E-07	
TOTAL	7.1E-02	7.1E-02	_____

CASE 2:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
Acenaphthylene	1.7E-04	1.7E-04	_____
Benzo(a)pyrene	3.0E-07	3.0E-07	
Fluorene	3.7E-05	3.7E-05	
Naphthalene	1.5E-01	1.5E-01	
Pyrene	9.2E-07	9.2E-07	
TOTAL	1.5E-01	1.5E-01	_____

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Title:
 Zona Norte IND suelo
 03/04/18 23:14

Scenarios:
 Worker - RME
 Child Resident - RME

Routes:
 INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
 Acenaphthylene
 Benz(a)anthracene
 Benzo(a)pyrene
 Benzo(b)fluoranthene
 Benzo(g,h,i)perylene
 Fluorene
 Naphthalene
 Phenanthrene
 Pyrene

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT		
Body Weight (kg)	70.0	15.0
Lifetime (years)	78.0	78.0
INHALATION OF INDOOR AIR		
Inhalation rate (m ³ /hr)	0.830	0.850
Time indoors (hours/day)	8.00	5.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.	180.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
Acenaphthylene	1.0	1.0
Benz(a)anthracene	1.0	1.0
Benzo(a)pyrene	1.0	1.0
Benzo(b)fluoranthene	1.0	1.0
Benzo(g,h,i)perylene	1.0	1.0
Fluorene	1.0	1.0
Naphthalene	1.0	1.0
Phenanthrene	1.0	1.0
Pyrene	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m ³)		
Obtained from Fate and Transport output		
AVERAGE Concentration (over exposure duration)		
(used to calculate carcinogenic risk)		
Exposure Duration (years)	25.	6.0
Acenaphthylene	7.47E-05	7.47E-05
Benz(a)anthracene	1.22E-08	1.22E-08
Benzo(a)pyrene	6.37E-10	6.37E-10
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-08	2.71E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2.33E-11	2.33E-11
Fluorene	1.06E-05	1.06E-05
Naphthalene	9.34E-04	9.34E-04
Phenanthrene	5.02E-06	5.02E-06
Pyrene	1.98E-07	1.98E-07
Concentration used to calculate hazard index		
(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)		
Exposure Duration (years)	7.0	6.0
Acenaphthylene	7.47E-05	7.47E-05
Benz(a)anthracene	1.22E-08	1.22E-08
Benzo(a)pyrene	6.37E-10	6.37E-10
Benzo(b)fluoranthene	2.71E-08	2.71E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2.33E-11	2.33E-11
Fluorene	1.06E-05	1.06E-05
Naphthalene	9.34E-04	9.34E-04
Phenanthrene	5.02E-06	5.02E-06
Pyrene	1.98E-07	1.98E-07

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]		
Acenaphthylene	ND	ND
Benz(a)anthracene	3.10E-04	3.10E-04
Benzo(a)pyrene	3.10E-03	3.10E-03

Benzo (b) fluoranthene	3.10E-04	3.10E-04
Benzo (g, h, i) perylene	ND	ND
Fluorene	ND	ND
Naphthalene	0.12	0.12
Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Acenaphthylene	6.00E-02	6.00E-02
Benz (a) anthracene	ND	ND
Benzo (a) pyrene	3.00E-04	3.00E-04
Benzo (b) fluoranthene	ND	ND
Benzo (g, h, i) perylene	ND	ND
Fluorene	4.00E-02	4.00E-02
Naphthalene	8.60E-04	8.60E-04
Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	3.00E-02	3.00E-02

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

 INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : Acenaphthylene

CADD (mg/kg-day)	4.85E-06	1.04E-05
LADD (mg/kg-day)	1.55E-06	8.03E-07
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	8.086E-05	1.739E-04

Daily Doses and Risk for : Benz (a) anthracene

CADD (mg/kg-day)	7.90E-10	1.70E-09
LADD (mg/kg-day)	2.53E-10	1.31E-10
Cancer Risk (-)	7.850E-14	4.052E-14
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo (a) pyrene

CADD (mg/kg-day)	4.14E-11	8.90E-11
LADD (mg/kg-day)	1.33E-11	6.84E-12
Cancer Risk (-)	4.111E-14	2.122E-14
Hazard Index (-)	1.379E-07	2.966E-07

Daily Doses and Risk for : Benzo (b) fluoranthene

CADD (mg/kg-day)	1.76E-09	3.79E-09
LADD (mg/kg-day)	5.65E-10	2.92E-10
Cancer Risk (-)	1.752E-13	9.043E-14
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo (g, h, i) perylene

CADD (mg/kg-day)	1.51E-12	3.25E-12
LADD (mg/kg-day)	4.85E-13	2.50E-13
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Fluorene

CADD (mg/kg-day)	6.85E-07	1.47E-06
LADD (mg/kg-day)	2.20E-07	1.13E-07
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.714E-05	3.685E-05

Daily Doses and Risk for : Naphthalene

CADD (mg/kg-day)	6.07E-05	1.30E-04
LADD (mg/kg-day)	1.94E-05	1.00E-05
Cancer Risk (-)	2.314E-06	1.194E-06
Hazard Index (-)	7.053E-02	1.517E-01

Daily Doses and Risk for : Phenanthrene

CADD (mg/kg-day)	3.26E-07	7.02E-07
LADD (mg/kg-day)	1.05E-07	5.40E-08
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Pyrene

CADD (mg/kg-day)	1.29E-08	2.77E-08
LADD (mg/kg-day)	4.13E-09	2.13E-09
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	4.295E-07	9.236E-07

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	7.5E-01	7.5E-01	7.5E-01
TPH Aliphatic C8-10	1.2E+00	1.2E+00	1.2E+00
TPH Aliphatic C10-12	1.4E-01	1.4E-01	1.4E-01
TPH Aliphatic C12-16	1.4E-01	1.4E-01	1.4E-01
TPH Aromatic C10-12	4.7E-01	4.7E-01	4.7E-01
TPH Aromatic C12-16	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
TPH Aromatic C16-21	1.0E-02	1.0E-02	1.0E-02
TOTAL	2.7E+00	2.7E+00	2.7E+00

CASE 2:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
TPH Aliphatic C6-8	1.6E+00	1.6E+00	1.6E+00
TPH Aliphatic C8-10	2.5E+00	2.5E+00	2.5E+00
TPH Aliphatic C10-12	2.9E-01	2.9E-01	2.9E-01
TPH Aliphatic C12-16	2.9E-01	2.9E-01	2.9E-01
TPH Aromatic C10-12	1.0E+00	1.0E+00	1.0E+00
TPH Aromatic C12-16	2.3E-02	2.3E-02	2.3E-02
TPH Aromatic C16-21	2.3E-02	2.3E-02	2.3E-02
TOTAL	5.8E+00	5.8E+00	5.8E+00

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Vapor Model Soil Source

The receptor considered is: Child Resident - RME

Exposure pathways depending on this source:
Inhalation of indoor air

Summary of Original Source Conditions
for Vapor Model Soil Source

	Original Source Conc [mg/kg]	Solubility [mg/l]	Residual Conc. [mg/kg]
TPH Aliphatic C6-8	9.1E+01	5.4E+00	1.9E+02
TPH Aliphatic C8-10	3.9E+02	4.3E-01	1.1E+02
TPH Aliphatic C10-12	5.8E+02	3.4E-02	8.8E+00
TPH Aliphatic C12-16	1.4E+03	3.4E-02	8.8E+00
TPH Aliphatic C16-35	4.4E+03	1.3E-06	1.0E+01
TPH Aromatic C10-12	3.6E+02	6.5E+01	8.2E+02
TPH Aromatic C12-16	8.0E+02	5.8E+00	2.3E+02
TPH Aromatic C16-21	1.7E+03	5.8E+00	2.3E+02
TPH Aromatic C21-35	4.1E+03	6.6E-03	6.7E+00

Site-Specific Target Levels (SSTLs)
for Vapor Model Soil Source

	SSTL [mg/kg]	
TPH Aliphatic C6-8	5.6E+01	
TPH Aliphatic C8-10	4.3E+01	
TPH Aliphatic C10-12	RES	*
TPH Aliphatic C12-16	RES	*
TPH Aliphatic C16-35	RES	*
TPH Aromatic C10-12	3.6E+02	
TPH Aromatic C12-16	RES	*
TPH Aromatic C16-21	RES	*
TPH Aromatic C21-35	RES	*

* The SSTL for this chemical is "RES": the target risk cannot be exceeded at any concentration because the SSTL exceeds the residual concentration for this chemical. (This is a non-depleting source.)

Title:
Zona Norte TPH suelo
03/04/18 22:13

Scenarios:
Worker - RME
Child Resident - RME

Routes:
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT		
Body Weight (kg)	70.0	15.0
Lifetime (years)	78.0	78.0
INHALATION OF INDOOR AIR		
Inhalation rate (m ³ /hr)	0.830	0.850
Time indoors (hours/day)	8.00	5.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	250.	180.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	25.0	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aliphatic C16-35	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C16-21	1.0	1.0
TPH Aromatic C21-35	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m ³)		
Obtained from Fate and Transport output		
AVERAGE Concentration (over exposure duration)		
(used to calculate carcinogenic risk)		
Exposure Duration (years)	25.	6.0
TPH Aliphatic C6-8	2.0	2.0
TPH Aliphatic C8-10	0.52	0.52
TPH Aliphatic C10-12	6.00E-02	6.00E-02
TPH Aliphatic C12-16	6.00E-02	6.00E-02
TPH Aliphatic C16-35	1.22E-04	1.22E-04
TPH Aromatic C10-12	0.21	0.21
TPH Aromatic C12-16	4.61E-03	4.61E-03
TPH Aromatic C16-21	4.61E-03	4.61E-03
TPH Aromatic C21-35	7.17E-08	7.17E-08
Concentration used to calculate hazard index		
(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)		
Exposure Duration (years)	7.0	6.0
TPH Aliphatic C6-8	2.0	2.0
TPH Aliphatic C8-10	0.52	0.52
TPH Aliphatic C10-12	6.00E-02	6.00E-02
TPH Aliphatic C12-16	6.00E-02	6.00E-02
TPH Aliphatic C16-35	1.22E-04	1.22E-04
TPH Aromatic C10-12	0.21	0.21
TPH Aromatic C12-16	4.61E-03	4.61E-03
TPH Aromatic C16-21	4.61E-03	4.61E-03
TPH Aromatic C21-35	7.17E-08	7.17E-08

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]		
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND

TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

TPH Aliphatic C6-8	0.17	0.17
TPH Aliphatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C16-21	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

 INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	1.28E-01	2.76E-01
LADD (mg/kg-day)	4.11E-02	2.12E-02
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	7.504E-01	1.614E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	3.37E-02	7.24E-02
LADD (mg/kg-day)	1.08E-02	5.57E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.178E+00	2.533E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	3.90E-03	8.38E-03
LADD (mg/kg-day)	1.25E-03	6.45E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.363E-01	2.931E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	3.90E-03	8.38E-03
LADD (mg/kg-day)	1.25E-03	6.45E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.363E-01	2.931E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C16-35

CADD (mg/kg-day)	7.95E-06	1.71E-05
LADD (mg/kg-day)	2.55E-06	1.32E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	1.33E-02	2.87E-02
LADD (mg/kg-day)	4.27E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	4.659E-01	1.002E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	3.00E-04	6.45E-04
LADD (mg/kg-day)	9.61E-05	4.96E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.048E-02	2.254E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C16-21

CADD (mg/kg-day)	3.00E-04	6.45E-04
LADD (mg/kg-day)	9.61E-05	4.96E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.048E-02	2.254E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C21-35

CADD (mg/kg-day)	4.66E-09	1.00E-08
LADD (mg/kg-day)	1.49E-09	7.71E-10
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Worker - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

TPH Aliphatic C6-8	1.0E-02	1.0E-02
TPH Aliphatic C8-10	1.6E-02	1.6E-02
TPH Aliphatic C10-12	1.9E-03	1.9E-03
TPH Aliphatic C12-16	1.9E-03	1.9E-03
TPH Aromatic C10-12	6.3E-03	6.3E-03
TPH Aromatic C12-16	1.4E-04	1.4E-04
TPH Aromatic C16-21	1.4E-04	1.4E-04
TOTAL	3.7E-02	3.7E-02

CASE 2:
Child Resident - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

TPH Aliphatic C6-8	1.4E-02	1.4E-02
TPH Aliphatic C8-10	2.3E-02	2.3E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.6E-03	2.6E-03
TPH Aliphatic C12-16	2.6E-03	2.6E-03
TPH Aromatic C10-12	9.0E-03	9.0E-03
TPH Aromatic C12-16	2.0E-04	2.0E-04
TPH Aromatic C16-21	2.0E-04	2.0E-04
TOTAL	5.2E-02	5.2E-02

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Title:
Zona Norte TPH suelo exteriores
03/08/18 08:31

Scenarios:
Worker - RME
Child Resident - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT		
Body Weight (kg)	70.0	15.0
Lifetime (years)	78.0	78.0
INHALATION OF OUTDOOR AIR		
Inhalation rate (m ³ /hr)	4.29	2.90
Time outdoors (hours/day)	8.00	5.00
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	250.	180.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	25.0	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aliphatic C16-35	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C16-21	1.0	1.0
TPH Aromatic C21-35	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m ³)		
Obtained from Fate and Transport output		
AVERAGE Concentration (over exposure duration)		
(used to calculate carcinogenic risk)		
Exposure Duration (years)	25.	6.0
TPH Aliphatic C6-8	5.19E-03	5.19E-03
TPH Aliphatic C8-10	1.36E-03	1.36E-03
TPH Aliphatic C10-12	1.58E-04	1.58E-04
TPH Aliphatic C12-16	1.58E-04	1.58E-04
TPH Aliphatic C16-35	3.22E-07	3.22E-07
TPH Aromatic C10-12	5.40E-04	5.40E-04
TPH Aromatic C12-16	1.22E-05	1.22E-05
TPH Aromatic C16-21	1.22E-05	1.22E-05
TPH Aromatic C21-35	2.72E-10	2.72E-10
Concentration used to calculate hazard index		
(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)		
Exposure Duration (years)	7.0	6.0
TPH Aliphatic C6-8	5.19E-03	5.19E-03
TPH Aliphatic C8-10	1.36E-03	1.36E-03
TPH Aliphatic C10-12	1.58E-04	1.58E-04
TPH Aliphatic C12-16	1.58E-04	1.58E-04
TPH Aliphatic C16-35	3.22E-07	3.22E-07
TPH Aromatic C10-12	5.40E-04	5.40E-04
TPH Aromatic C12-16	1.22E-05	1.22E-05
TPH Aromatic C16-21	1.22E-05	1.22E-05
TPH Aromatic C21-35	2.72E-10	2.72E-10

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]		
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND

TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

TPH Aliphatic C6-8	0.17	0.17
TPH Aliphatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C16-21	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

 INHALATION OF OUTDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	1.74E-03	2.48E-03
LADD (mg/kg-day)	5.59E-04	1.90E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.020E-02	1.448E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	4.58E-04	6.50E-04
LADD (mg/kg-day)	1.47E-04	5.00E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.602E-02	2.274E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	5.30E-05	7.52E-05
LADD (mg/kg-day)	1.70E-05	5.79E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.853E-03	2.630E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	5.30E-05	7.52E-05
LADD (mg/kg-day)	1.70E-05	5.79E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.853E-03	2.630E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C16-35

CADD (mg/kg-day)	1.08E-07	1.53E-07
LADD (mg/kg-day)	3.46E-08	1.18E-08
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	1.81E-04	2.57E-04
LADD (mg/kg-day)	5.81E-05	1.98E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	6.338E-03	8.998E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	4.10E-06	5.82E-06
LADD (mg/kg-day)	1.31E-06	4.47E-07
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.432E-04	2.034E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C16-21

CADD (mg/kg-day)	4.10E-06	5.82E-06
LADD (mg/kg-day)	1.31E-06	4.47E-07
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.432E-04	2.034E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C21-35

CADD (mg/kg-day)	9.14E-11	1.30E-10
LADD (mg/kg-day)	2.93E-11	9.98E-12
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

ESCENARIO 2.

SUMMARY OF CARCINOGENIC RISK
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Child Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
Benz (a) anthracene	2.5E-13	2.5E-13	2.5E-13
Benzo (a) pyrene	1.3E-13	1.3E-13	1.3E-13
Benzo (b) fluoranthene	4.9E-13	4.9E-13	4.9E-13
Benzo (k) fluoranthene	2.9E-13	2.9E-13	2.9E-13
Dibenz (a, h) anthracene	2.9E-16	2.9E-16	2.9E-16
Indeno (1, 2, 3CD) pyrene	1.3E-16	1.3E-16	1.3E-16
Naphthalene	4.5E-06	4.5E-06	4.5E-06
TOTAL	4.5E-06	4.5E-06	4.5E-06

CASE 2:
Adult Resident - RME

	Inhalation of Indoor Air		TOTAL
Benz (a) anthracene	4.3E-13	4.3E-13	4.3E-13
Benzo (a) pyrene	2.3E-13	2.3E-13	2.3E-13
Benzo (b) fluoranthene	8.2E-13	8.2E-13	8.2E-13
Benzo (k) fluoranthene	4.8E-13	4.8E-13	4.8E-13
Dibenz (a, h) anthracene	4.9E-16	4.9E-16	4.9E-16
Indeno (1, 2, 3CD) pyrene	2.2E-16	2.2E-16	2.2E-16
Naphthalene	7.6E-06	7.6E-06	7.6E-06
TOTAL	7.6E-06	7.6E-06	7.6E-06

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Child Resident - RME

Inhalation
of
Indoor Air TOTAL

Acenaphthene	6.7E-04	6.7E-04
Acenaphthylene	1.1E-03	1.1E-03
Fluorene	2.4E-04	2.4E-04
Naphthalene	5.7E-01	5.7E-01
Pyrene	6.5E-06	6.5E-06
TOTAL	5.8E-01	5.8E-01

CASE 2:
Adult Resident - RME

Inhalation
of
Indoor Air TOTAL

Acenaphthene	2.3E-04	2.3E-04
Acenaphthylene	3.7E-04	3.7E-04
Fluorene	8.1E-05	8.1E-05
Naphthalene	1.9E-01	1.9E-01
Pyrene	2.2E-06	2.2E-06
TOTAL	1.9E-01	1.9E-01

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Vapor Model Soil Source

The receptor considered is: Child Resident - RME

Exposure pathways depending on this source:
Inhalation of indoor air

Summary of Original Source Conditions
for Vapor Model Soil Source

	Original Source Conc [mg/kg]	Solubility [mg/l]	Residual Conc. [mg/kg]
TPH Aliphatic C5-6	3.3E+01	3.6E+01	3.0E+02
TPH Aliphatic C6-8	2.9E+02	5.4E+00	1.9E+02
TPH Aliphatic C8-10	1.2E+03	4.3E-01	1.1E+02
TPH Aliphatic C10-12	9.8E+02	3.4E-02	8.8E+00
TPH Aliphatic C12-16	1.6E+03	3.4E-02	8.8E+00
TPH Aliphatic C16-35	3.2E+03	1.3E-06	1.0E+01
TPH Aromatic C8-10	1.4E+01	6.5E+01	8.2E+02
TPH Aromatic C10-12	1.1E+02	6.5E+01	8.2E+02
TPH Aromatic C12-16	4.5E+02	5.8E+00	2.3E+02
TPH Aromatic C16-21	1.0E+03	5.8E+00	2.3E+02
TPH Aromatic C21-35	1.4E+03	6.6E-03	6.7E+00

Site-Specific Target Levels (SSTLs)
for Vapor Model Soil Source

	SSTL [mg/kg]	
TPH Aliphatic C5-6	5.7E+00	
TPH Aliphatic C6-8	1.6E+01	
TPH Aliphatic C8-10	1.2E+01	
TPH Aliphatic C10-12	8.3E+00	
TPH Aliphatic C12-16	8.3E+00	
TPH Aliphatic C16-35	RES	*
TPH Aromatic C8-10	1.0E+02	
TPH Aromatic C10-12	1.0E+02	
TPH Aromatic C12-16	RES	*
TPH Aromatic C16-21	RES	*
TPH Aromatic C21-35	RES	*

* The SSTL for this chemical is "RES": the target risk cannot be exceeded at any concentration because the SSTL exceeds the residual concentration for this chemical. (This is a non-depleting source.)

Title:
 Zona Sur IND suelo
 03/05/18 00:35

Scenarios:
 Child Resident - RME
 Adult Resident - RME

Routes:
 INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
 Acenaphthene
 Acenaphthylene
 Benz(a)anthracene
 Benzo(a)pyrene
 Benzo(b)fluoranthene
 Benzo(g,h,i)perylene
 Benzo(k)fluoranthene
 Dibenz(a,h)anthracene
 Fluorene
 Indeno(1,2,3CD)pyrene
 Naphthalene
 Phenanthrene
 Pyrene

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS SCENARIO:
1 2

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	15.0	70.0
Lifetime (years)	78.0	78.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.530	0.830
Time indoors (hours/day)	24.0	24.0
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	350.	350.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	6.00	30.0
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
Acenaphthene	1.0	1.0
Acenaphthylene	1.0	1.0
Benz(a)anthracene	1.0	1.0
Benzo(a)pyrene	1.0	1.0
Benzo(b)fluoranthene	1.0	1.0
Benzo(g,h,i)perylene	1.0	1.0
Benzo(k)fluoranthene	1.0	1.0
Dibenz(a,h)anthracene	1.0	1.0
Fluorene	1.0	1.0
Indeno(1,2,3CD)pyrene	1.0	1.0
Naphthalene	1.0	1.0
Phenanthrene	1.0	1.0
Pyrene	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
 AVERAGE Concentration (over exposure duration)
 (used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	6.0	30.
Acenaphthene	4.96E-05	4.96E-05
Acenaphthylene	8.16E-05	8.16E-05
Benz(a)anthracene	1.31E-08	1.31E-08
Benzo(a)pyrene	6.93E-10	6.93E-10
Benzo(b)fluoranthene	2.51E-08	2.51E-08
Benzo(g,h,i)perylene	2.55E-11	2.55E-11
Benzo(k)fluoranthene	1.47E-10	1.47E-10
Dibenz(a,h)anthracene	1.50E-12	1.50E-12
Fluorene	1.19E-05	1.19E-05
Indeno(1,2,3CD)pyrene	6.62E-12	6.62E-12
Naphthalene	6.07E-04	6.07E-04
Phenanthrene	5.77E-06	5.77E-06
Pyrene	2.42E-07	2.42E-07

Concentration used to calculate hazard index
 (Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	6.0	7.0
Acenaphthene	4.96E-05	4.96E-05
Acenaphthylene	8.16E-05	8.16E-05
Benz(a)anthracene	1.31E-08	1.31E-08
Benzo(a)pyrene	6.93E-10	6.93E-10
Benzo(b)fluoranthene	2.51E-08	2.51E-08

Benzo (g, h, i) perylene	2.55E-11	2.55E-11
Benzo (k) fluoranthene	1.47E-10	1.47E-10
Dibenz (a, h) anthracene	1.50E-12	1.50E-12
Fluorene	1.19E-05	1.19E-05
Indeno (1, 2, 3CD) pyrene	6.62E-12	6.62E-12
Naphthalene	6.07E-04	6.07E-04
Phenanthrene	5.77E-06	5.77E-06
Pyrene	2.42E-07	2.42E-07

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

Acenaphthene	ND	ND
Acenaphthylene	ND	ND
Benz (a) anthracene	3.10E-04	3.10E-04
Benzo (a) pyrene	3.10E-03	3.10E-03
Benzo (b) fluoranthene	3.10E-04	3.10E-04
Benzo (g, h, i) perylene	ND	ND
Benzo (k) fluoranthene	3.10E-02	3.10E-02
Dibenz (a, h) anthracene	3.10E-03	3.10E-03
Fluorene	ND	ND
Indeno (1, 2, 3CD) pyrene	3.10E-04	3.10E-04
Naphthalene	0.12	0.12
Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

Acenaphthene	6.00E-02	6.00E-02
Acenaphthylene	6.00E-02	6.00E-02
Benz (a) anthracene	ND	ND
Benzo (a) pyrene	ND	ND
Benzo (b) fluoranthene	ND	ND
Benzo (g, h, i) perylene	ND	ND
Benzo (k) fluoranthene	ND	ND
Dibenz (a, h) anthracene	ND	ND
Fluorene	4.00E-02	4.00E-02
Indeno (1, 2, 3CD) pyrene	ND	ND
Naphthalene	8.60E-04	8.60E-04
Phenanthrene	ND	ND
Pyrene	3.00E-02	3.00E-02

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : Acenaphthene

CADD (mg/kg-day)	4.03E-05	1.35E-05
LADD (mg/kg-day)	3.10E-06	5.21E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	6.722E-04	2.256E-04

Daily Doses and Risk for : Acenaphthylene

CADD (mg/kg-day)	6.63E-05	2.23E-05
LADD (mg/kg-day)	5.10E-06	8.56E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.106E-03	3.711E-04

Daily Doses and Risk for : Benz(a)anthracene

CADD (mg/kg-day)	1.07E-08	3.58E-09
LADD (mg/kg-day)	8.21E-10	1.38E-09
Cancer Risk (-)	2.544E-13	4.269E-13
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo(a)pyrene

CADD (mg/kg-day)	5.64E-10	1.89E-10
LADD (mg/kg-day)	4.34E-11	7.28E-11
Cancer Risk (-)	1.345E-13	2.256E-13
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo(b)fluoranthene

CADD (mg/kg-day)	2.05E-08	6.86E-09
LADD (mg/kg-day)	1.57E-09	2.64E-09
Cancer Risk (-)	4.877E-13	8.183E-13
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo(g,h,i)perylene

CADD (mg/kg-day)	2.08E-11	6.97E-12
LADD (mg/kg-day)	1.60E-12	2.68E-12
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00

Hazard Index (-) 0.000E+00 0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Benzo(k)fluoranthene
CADD (mg/kg-day) 1.20E-10 4.02E-11
LADD (mg/kg-day) 9.22E-12 1.55E-11
Cancer Risk (-) 2.858E-13 4.796E-13
Hazard Index (-) 0.000E+00 0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Dibenz(a,h)anthracene
CADD (mg/kg-day) 1.22E-12 4.10E-13
LADD (mg/kg-day) 9.39E-14 1.58E-13
Cancer Risk (-) 2.911E-16 4.884E-16
Hazard Index (-) 0.000E+00 0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Fluorene
CADD (mg/kg-day) 9.68E-06 3.25E-06
LADD (mg/kg-day) 7.44E-07 1.25E-06
Cancer Risk (-) 0.000E+00 0.000E+00
Hazard Index (-) 2.419E-04 8.118E-05

Daily Doses and Risk for : Indeno(1,2,3CD)pyrene
CADD (mg/kg-day) 5.38E-12 1.81E-12
LADD (mg/kg-day) 4.14E-13 6.95E-13
Cancer Risk (-) 1.284E-16 2.154E-16
Hazard Index (-) 0.000E+00 0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Naphthalene
CADD (mg/kg-day) 4.93E-04 1.65E-04
LADD (mg/kg-day) 3.79E-05 6.37E-05
Cancer Risk (-) 4.514E-06 7.575E-06
Hazard Index (-) 5.735E-01 1.924E-01

Daily Doses and Risk for : Phenanthrene
CADD (mg/kg-day) 4.69E-06 1.57E-06
LADD (mg/kg-day) 3.61E-07 6.05E-07
Cancer Risk (-) 0.000E+00 0.000E+00
Hazard Index (-) 0.000E+00 0.000E+00

Daily Doses and Risk for : Pyrene
CADD (mg/kg-day) 1.96E-07 6.59E-08
LADD (mg/kg-day) 1.51E-08 2.54E-08
Cancer Risk (-) 0.000E+00 0.000E+00
Hazard Index (-) 6.549E-06 2.198E-06

Title:
Zona Sur TPH RBCL suelo
03/06/18 16:49

Scenarios:
Child Resident - RME
Child Resident - RME

Routes:
INHALATION OF INDOOR AIR

Chemicals:
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	15.0	15.0
Lifetime (years)	70.0	78.0

INHALATION OF INDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.350	0.350
Time indoors (hours/day)	24.0	24.0
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Indoor Air (events/yr)	350.	350.
Exp. Duration Indoor Air (yr)	6.00	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
TPH Aliphatic C5-6	1.0	1.0
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aliphatic C16-35	1.0	1.0
TPH Aromatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C16-21	1.0	1.0
TPH Aromatic C21-35	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Indoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	6.0	6.0
TPH Aliphatic C5-6	0.32	0.32
TPH Aliphatic C6-8	0.32	0.32
TPH Aliphatic C8-10	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C10-12	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C12-16	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C16-35	1.14E-04	1.14E-04
TPH Aromatic C8-10	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aromatic C10-12	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aromatic C12-16	4.31E-03	4.31E-03
TPH Aromatic C16-21	4.31E-03	4.31E-03
TPH Aromatic C21-35	7.04E-08	7.04E-08

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	6.0	6.0
TPH Aliphatic C5-6	0.32	0.32
TPH Aliphatic C6-8	0.32	0.32
TPH Aliphatic C8-10	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C10-12	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C12-16	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aliphatic C16-35	1.14E-04	1.14E-04
TPH Aromatic C8-10	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aromatic C10-12	5.32E-02	5.32E-02
TPH Aromatic C12-16	4.31E-03	4.31E-03
TPH Aromatic C16-21	4.31E-03	4.31E-03
TPH Aromatic C21-35	7.04E-08	7.04E-08

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

TPH Aliphatic C5-6	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

TPH Aliphatic C5-6	0.17	0.17
TPH Aliphatic C6-8	0.17	0.17
TPH Aliphatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C16-21	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

INHALATION OF INDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6

CADD (mg/kg-day)	1.71E-01	1.71E-01
LADD (mg/kg-day)	1.47E-02	1.32E-02
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.000E+00	1.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	1.71E-01	1.71E-01
LADD (mg/kg-day)	1.47E-02	1.32E-02
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.000E+00	1.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	2.86E-02	2.86E-02
LADD (mg/kg-day)	2.45E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	9.998E-01	9.998E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	2.86E-02	2.86E-02
LADD (mg/kg-day)	2.45E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	9.998E-01	9.998E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	2.86E-02	2.86E-02
LADD (mg/kg-day)	2.45E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	9.998E-01	9.998E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C16-35

CADD (mg/kg-day)	6.13E-05	6.13E-05
LADD (mg/kg-day)	5.25E-06	4.71E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	2.86E-02	2.86E-02
LADD (mg/kg-day)	2.45E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	9.998E-01	9.998E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	2.86E-02	2.86E-02
LADD (mg/kg-day)	2.45E-03	2.20E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00

Hazard Index (-) 9.998E-01 9.998E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	2.31E-03	2.31E-03
LADD (mg/kg-day)	1.98E-04	1.78E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	8.085E-02	8.085E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C16-21

CADD (mg/kg-day)	2.31E-03	2.31E-03
LADD (mg/kg-day)	1.98E-04	1.78E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	8.085E-02	8.085E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C21-35

CADD (mg/kg-day)	3.78E-08	3.78E-08
LADD (mg/kg-day)	3.24E-09	2.91E-09
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

SUMMARY OF HAZARD QUOTIENTS
For Vapor Model Soil Source

CASE 1:
Adult Resident - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

TPH Aliphatic C5-6	1.3E-02	1.3E-02
TPH Aliphatic C6-8	2.8E-02	2.8E-02
TPH Aliphatic C8-10	2.1E-02	2.1E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.5E-03	2.5E-03
TPH Aliphatic C12-16	2.5E-03	2.5E-03
TPH Aromatic C8-10	3.3E-04	3.3E-04
TPH Aromatic C10-12	2.6E-03	2.6E-03
TPH Aromatic C12-16	1.9E-04	1.9E-04
TPH Aromatic C16-21	1.9E-04	1.9E-04
TOTAL	7.1E-02	7.1E-02

CASE 2:
Child Resident - RME

Inhalation
of
Outdoor Air TOTAL

TPH Aliphatic C5-6	5.6E-02	5.6E-02
TPH Aliphatic C6-8	1.1E-01	1.1E-01
TPH Aliphatic C8-10	8.8E-02	8.8E-02
TPH Aliphatic C10-12	1.0E-02	1.0E-02
TPH Aliphatic C12-16	1.0E-02	1.0E-02
TPH Aromatic C8-10	1.4E-03	1.4E-03
TPH Aromatic C10-12	1.1E-02	1.1E-02
TPH Aromatic C12-16	7.9E-04	7.9E-04
TPH Aromatic C16-21	7.9E-04	7.9E-04
TOTAL	2.9E-01	2.9E-01

NOTE: A zero hazard index may indicate that a RfD
was not entered for that chemical.

Title:
Zona Sur TPH suelo extertior
03/06/18 16:48

Scenarios:
Adult Resident - RME
Child Resident - RME

Routes:
INHALATION OF OUTDOOR AIR

Chemicals:
TPH Aliphatic C5-6
TPH Aliphatic C6-8
TPH Aliphatic C8-10
TPH Aliphatic C10-12
TPH Aliphatic C12-16
TPH Aliphatic C16-35
TPH Aromatic C8-10
TPH Aromatic C10-12
TPH Aromatic C12-16
TPH Aromatic C16-21
TPH Aromatic C21-35

SUMMARY OF INPUT PARAMETERS

	SCENARIO:	
	1	2

LIFETIME AND BODY WEIGHT

Body Weight (kg)	70.0	15.0
Lifetime (years)	78.0	78.0

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Inhalation rate (m ³ /hr)	0.960	0.850
Time outdoors (hours/day)	24.0	24.0
Lung Retention Factor (-)	1.00	1.00
Exp. Freq. Outdoor Air (events/yr)	350.	350.
Exp. Duration Outdoor Air (yr)	30.0	6.00
Absorption Adjustment Factor for Inhalation (-)		
TPH Aliphatic C5-6	1.0	1.0
TPH Aliphatic C6-8	1.0	1.0
TPH Aliphatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aliphatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aliphatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aliphatic C16-35	1.0	1.0
TPH Aromatic C8-10	1.0	1.0
TPH Aromatic C10-12	1.0	1.0
TPH Aromatic C12-16	1.0	1.0
TPH Aromatic C16-21	1.0	1.0
TPH Aromatic C21-35	1.0	1.0

MEDIA CONCENTRATIONS

Concentration in Outdoor Air (mg/m³)

Obtained from Fate and Transport output
AVERAGE Concentration (over exposure duration)
(used to calculate carcinogenic risk)

Exposure Duration (years)	30.	6.0
TPH Aliphatic C5-6	7.31E-03	7.31E-03
TPH Aliphatic C6-8	1.50E-02	1.50E-02
TPH Aliphatic C8-10	1.92E-03	1.92E-03
TPH Aliphatic C10-12	2.23E-04	2.23E-04
TPH Aliphatic C12-16	2.23E-04	2.23E-04
TPH Aliphatic C16-35	4.54E-07	4.54E-07
TPH Aromatic C8-10	2.96E-05	2.96E-05
TPH Aromatic C10-12	2.33E-04	2.33E-04
TPH Aromatic C12-16	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aromatic C16-21	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aromatic C21-35	3.84E-10	3.84E-10

Concentration used to calculate hazard index

(Averaged over 7 years or exposure duration, if less than 7 years)

Exposure Duration (years)	7.0	6.0
TPH Aliphatic C5-6	7.31E-03	7.31E-03
TPH Aliphatic C6-8	1.50E-02	1.50E-02
TPH Aliphatic C8-10	1.92E-03	1.92E-03
TPH Aliphatic C10-12	2.23E-04	2.23E-04
TPH Aliphatic C12-16	2.23E-04	2.23E-04
TPH Aliphatic C16-35	4.54E-07	4.54E-07
TPH Aromatic C8-10	2.96E-05	2.96E-05
TPH Aromatic C10-12	2.33E-04	2.33E-04
TPH Aromatic C12-16	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aromatic C16-21	1.72E-05	1.72E-05
TPH Aromatic C21-35	3.84E-10	3.84E-10

SLOPE FACTORS AND REFERENCE DOSES

Inhalation Slope Factor [1/(mg/kg-day)]

TPH Aliphatic C5-6	ND	ND
TPH Aliphatic C6-8	ND	ND
TPH Aliphatic C8-10	ND	ND
TPH Aliphatic C10-12	ND	ND
TPH Aliphatic C12-16	ND	ND
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	ND	ND
TPH Aromatic C10-12	ND	ND
TPH Aromatic C12-16	ND	ND
TPH Aromatic C16-21	ND	ND
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

Inhalation Reference Dose (mg/kg-day)

TPH Aliphatic C5-6	0.17	0.17
TPH Aliphatic C6-8	0.17	0.17
TPH Aliphatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aliphatic C16-35	ND	ND
TPH Aromatic C8-10	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C10-12	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C12-16	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C16-21	2.86E-02	2.86E-02
TPH Aromatic C21-35	ND	ND

SCENARIO:

SUMMARY OF RESULTS

1 2

INHALATION OF OUTDOOR AIR

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C5-6

CADD (mg/kg-day)	2.31E-03	9.54E-03
LADD (mg/kg-day)	8.88E-04	7.34E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.350E-02	5.578E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C6-8

CADD (mg/kg-day)	4.75E-03	1.96E-02
LADD (mg/kg-day)	1.83E-03	1.51E-03
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	2.776E-02	1.147E-01

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	6.08E-04	2.51E-03
LADD (mg/kg-day)	2.34E-04	1.93E-04
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	2.124E-02	8.778E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	7.03E-05	2.91E-04
LADD (mg/kg-day)	2.70E-05	2.24E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	2.459E-03	1.016E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	7.03E-05	2.91E-04
LADD (mg/kg-day)	2.70E-05	2.24E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	2.459E-03	1.016E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aliphatic C16-35

CADD (mg/kg-day)	1.43E-07	5.92E-07
LADD (mg/kg-day)	5.51E-08	4.56E-08
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C8-10

CADD (mg/kg-day)	9.35E-06	3.86E-05
LADD (mg/kg-day)	3.60E-06	2.97E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	3.270E-04	1.351E-03

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C10-12

CADD (mg/kg-day)	7.35E-05	3.04E-04
LADD (mg/kg-day)	2.83E-05	2.34E-05
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00

Hazard Index (-) 2.569E-03 1.062E-02

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C12-16

CADD (mg/kg-day)	5.44E-06	2.25E-05
LADD (mg/kg-day)	2.09E-06	1.73E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.901E-04	7.857E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C16-21

CADD (mg/kg-day)	5.44E-06	2.25E-05
LADD (mg/kg-day)	2.09E-06	1.73E-06
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	1.901E-04	7.857E-04

Daily Doses and Risk for : TPH Aromatic C21-35

CADD (mg/kg-day)	1.21E-10	5.01E-10
LADD (mg/kg-day)	4.67E-11	3.86E-11
Cancer Risk (-)	0.000E+00	0.000E+00
Hazard Index (-)	0.000E+00	0.000E+00