



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN SEGURIDAD INDUSTRIAL
Y MEDIO AMBIENTE**

DEPARTAMENTO DE INGENIERA QUÍMICA Y NUCLEAR

TESIS DE MÁSTER

**“ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL APLICADO A LA
PLANTA DE FUNDICIÓN DE ACERO DE LA EMPRESA
NOVACERO S.A. – PLANTA LASSO”**

PRESENTADO POR:

Mayra Alejandra Mendieta Cabrera

DIRIGIDA POR:

Sebastián Salvador Martorell Alsina

Valencia, septiembre del 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios y la Virgen María, por acompañarme en mi camino, dándome salud y las ganas de vivir un día a la vez.

A mis padres, Patricia y Miguel; por darme todo lo que he necesitado en la vida para ser fuerte y luchar por lo que quiero, por darme a mi hermana, sin la cual no estaría tan lejos de casa cumpliendo esta meta más de vida, gracias Abe.

A toda mi familia por que sin ellos no tendría razones para ser mejor día a día. Los quiero.

A mi tutor el Profe Sebastián Martorell, por su ayuda y la confianza que ha puesto en mi desde el primer día de trabajo.

A todos, y muchos más.... GRACIAS

RESUMEN

En el presente trabajo se realiza un análisis de riesgo medioambiental de los posibles eventos accidentales en relación a las sustancias químicas usadas en planta tanto para producción como para sistemas auxiliares en la empresa Novacero S.A. Planta Lasso, empresa que se dedica a la elaboración de laminados de acero en caliente; con el objeto de proporcionar una herramienta de gestión ambiental que les permita posteriormente desarrollar medidas de control de este tipo de riesgos, para mantener su política de seguridad y responsabilidad ambiental acorde al compromiso interno y a las exigencias legales actuales.

En el Ecuador, la legislación vigente requiere que toda actividad industrial sea responsable de manera integral de la generación de impactos ambientales, ya que se ha determinado que los problemas ambientales asociados a las actividades industriales son ocasionados principalmente por el uso de sustancias químicas y la gestión de los residuos, debiendo incorporar en sus costos las medidas necesarias para prevenir, evitar y reducir cualquier tipo de contaminación a partir de sus actividades productivas.

Con el análisis de riesgo ambiental se estudian los posibles escenarios accidentales y la frecuencia con la que pueden llevarse a cabo, de acuerdo a las actividades particulares de la empresa; lo que lleva a la determinación del valor del daño medioambiental. La metodología utilizada en este trabajo ha sido propuesta por la Fundación MAPFRE, adaptada a las condiciones particulares de la empresa evaluada y es una herramienta genérica basada en el uso de indicadores medioambientales, que permite medir la gestión de una empresa y las oportunidades de mejoras aplicables para la minimización de los riesgos, en función de la probabilidad y frecuencia de los mismos.

En la evaluación del riesgo, se hizo una clasificación inicial de las sustancias en función de su peligrosidad y cantidad usada, posteriormente se evaluaron los diferentes escenarios accidentales y de acuerdo al valor del riesgo medioambiental calculado se determinó que la empresa presenta un *riesgo moderado* en la mayoría de escenarios y que los escenarios que se ubican en la región ALARP pueden ser reducidos hasta niveles inferiores.

Palabras clave: Análisis de riesgo medioambiental, escenario accidental, riesgo, probabilidad, índice de riesgo ambiental

ABSTRACT

In this work, a risk analysis of the possible accidental events is made with the chemical substances used for production and for auxiliary systems in Novacero S.A. Planta Lasso, that is dedicated to the production of hot rolled steel; to provide an environmental management tool that allows the development of measures to control this type of risk in order to maintain its security and environmental responsibility policy in accordance with the internal commitment and current legal requirements.

In Ecuador, current legislation requires that all industrial activities are integrally responsible for the generation of environmental impacts, it has been determined that the environmental problems associated with industrial activities are mainly caused by the use of chemical substances and waste management, and must include in their costs the necessary measures to prevent, avoid and reduce any type of pollution from their productive activities.

The environmental risk analysis examines the possible accidental scenarios and the frequency with which they can be carried out, according to the particular activities of the company; determining the value of environmental damage. The methodology used in this work has been proposed by MAPFRE Foundation, adapted to the particular conditions of the company and is a generic tool based on the use of environmental indicators, which allows to measure the management of a company and the opportunities for improvements for the minimization of the risks, depending on the probability and frequency.

In the risk assessment, an initial classification of the substances was made based on their hazard and amount used, subsequently according to the value of the environmental risk it was determined that the company presents a moderate risk in most scenarios and that the scenarios that are located in the ALARP region can be reduced to lower levels.

Key words: Environmental risk analysis, accidental scenario, risk, probability, environmental risk index

TABLA DE CONTENIDO

Capítulo 1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS	12
1.1. INTRODUCCION	12
1.2. OBJETIVOS	13
1.2.1. Objetivo Principal	13
1.2.2. Objetivos Específicos	14
Capítulo 2 NORMATIVA APLICABLE.....	15
2.1. NORMATIVA INTERNACIONAL.....	15
2.2. NORMATIVA NACIONAL	15
Capítulo 3 DESCRIPCION DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL.....	16
3.1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS.....	16
3.1.1. Descripción del entorno y zona de influencia	16
3.1.2. Climatología y Meteorología	18
3.1.3. Hidrología	18
3.1.4. Red viaria y accesibilidad al establecimiento	18
3.1.5. Jornada laboral y distribución por turnos	18
3.1.6. Entidades auxiliares.....	19
3.2. ACTIVIDAD INDUSTRIAL.....	19
3.2.1. Descripción del proceso de fundición de acero	19
3.2.2. Descripción del proceso de laminación.....	20
3.3. RESIDUOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD.....	20
3.3.1. Polvo de acería	21
3.3.2. Escoria	22
3.4. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS AUXILIARES.....	23
3.4.1. Planta de Tratamiento de Humos	23
3.4.2. Planta de Tratamiento de Agua Industrial	23
3.4.3. Subestación Eléctrica.....	24
3.4.4. Almacenamiento de materias primas	24
3.4.5. Sistema de Ventilación	25
3.4.6. Herramientas, maquinaria y equipos de trabajo	25
3.5. MEDIDAS DE PROTECCION Y MITIGACION.....	25
3.5.1. Red de Agua Contra Incendios	25
3.5.2. Sistema de alarma	26
3.5.3. Medidas y distancias de seguridad.....	26

3.5.4.	Medios Auxiliares y de protección personal	26
3.5.5.	Recursos humanos, organización y procedimientos	26
3.5.6.	Control de emisiones.....	26
3.5.7.	Control de gestión de residuos.....	27
3.5.8.	Control de aguas residuales	27
Capítulo 4 METODOLOGIA DE ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL		28
4.1.	Peligrosidad de la sustancia.....	28
4.1.1.	Toxicidad.....	28
4.1.2.	Volatilidad.....	29
4.1.3.	Bioconcentración.....	30
4.1.4.	Adsorción.....	30
4.1.5.	Biodegradación.....	30
4.1.6.	Sinergia	31
4.1.7.	Estandarización del factor peligrosidad	31
4.1.8.	Caracterización del subfactor “cantidad” de sustancia implicada	31
4.1.9.	Caracterización del subfactor “Área afectada” por el incidente	32
4.1.10.	Caracterización del subfactor “Vulnerabilidad" del entorno natural y socioeconómico	33
4.2.	Determinación del índice de consecuencias ambientales	35
4.3.	Evaluación de la probabilidad de accidentes	35
4.4.	Determinación del riesgo ambiental y toma de decisiones	36
4.5.	APLICACIONES INFORMATICAS	37
4.5.1.	ALOHA 5.4.....	37
4.5.2.	EPI SUITE 4.1.....	37
Capítulo 5 ESTUDIO BÀSICO DE SEGURIDAD.....		38
5.1.	SUSTANCIAS PRESENTES EN EL ESTABLECIMIENTO	38
5.2.	ESTUDIO DE ACCIDENTES RELACIONADOS CON LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (BASE DE DATOS MHIDAS)	39
5.3.	IDENTIFICACION DE SUCESOS INICIADORES	40
5.3.1.	Sucesos iniciadores identificados.....	40
5.3.2.	Árboles de eventos.....	40
5.4.	ESCENARIOS ACCIDENTALES CONSIDERADOS.....	49
Capítulo 6 CALCULO DEL INDICE DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES (ICM)		50
6.1.	OBTENCION DEL ICM DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES	50
6.1.1.	Zona de Proceso Productivo.....	50

6.1.2.	Zona de carga/descarga	53
6.1.3.	Zona de almacenamiento de materia prima	61
6.1.4.	Zona de almacenamiento de residuos	64
6.1.5.	Zona del sistema auxiliar – Planta de humos	67
6.1.6.	Zona del sistema auxiliar – Planta de tratamiento de agua	69
6.1.7.	Zona del sistema auxiliar – GLP	72
6.1.8.	Zona del sistema auxiliar – Subestación eléctrica	77
Capítulo 7	RIESGO AMBIENTAL	80
7.1.	VALORIZACION DEL RIESGO AMBIENTAL	80
7.2.	ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL	84
Capítulo 8	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	86
8.1.	CONCLUSIONES	86
8.2.	RECOMENDACIONES	87
BIBLIOGRAFIA	89
ANEXOS	91

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Residuos generados durante el proceso de fundición de acero	21
Tabla 2 Composición aproximada del polvo de acería	22
Tabla 3 Composición aproximada de la escoria de acería	22
Tabla 4 Valoración de la toxicidad para sustancias peligrosas de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [3]	28
Tabla 5 Valoración de toxicidad [3]	29
Tabla 6 Valoración de la toxicidad, según el pictograma de la sustancia [3]	29
Tabla 7 Valoración de volatilidad de las sustancias [3]	29
Tabla 8 Valoración de Bioconcentración [3]	30
Tabla 9 Valoración de la adsorción [3]	30
Tabla 10 Valoración de biodegradación	31
Tabla 11 Valorización de la sinergia entre sustancias [3]	31
Tabla 12 Valoración de la cantidad para sustancias recogidas en el RD	32
Tabla 13 Valoración de la cantidad para sustancias no recogidas en el RD	32
Tabla 14 Valores para caracterizar el área afectada por el accidente [3]	32
Tabla 15 Valoración del tipo de entorno afectado	33
Tabla 16 Valoración de la categoría de protección de especies [3]	34
Tabla 17 Valoración del impacto en actividades económicas [3]	34
Tabla 18 Valoración de la alteración de recursos naturales e infraestructura [3]	34
Tabla 19 Valoración de la población afectada [3]	35
Tabla 20 Valoración del impacto sobre la población sensible [3]	35
Tabla 21 Criterios para el factor frecuencia[3]	36
Tabla 22 Sustancias químicas presentes en el proceso productivo	38
Tabla 23 Resumen de accidentes con las sustancias químicas de estudio – Base de datos Mhidas [17]	39
Tabla 24 Identificación de sucesos iniciadores	40
Tabla 25 Escenarios accidentales	49
Tabla 26 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de proceso productivo	51
Tabla 27 Resumen del incidente “rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de proceso productivo”	52
Tabla 28 Resumen del incidente “rotura de envase de carburo de calcio en la zona de proceso productivo”	52
Tabla 29 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de carga/descarga. 54	54

Tabla 30 Resumen del incidente “rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de carga/descarga”	55
Tabla 31 Resumen del incidente “rotura de bidón de ácido sulfúrico en la zona de carga/descarga”	55
Tabla 32 Resumen del incidente “rotura de cisterna de hipoclorito de sodio en la zona de carga/descarga”	56
Tabla 33 Resumen del incidente “bombeo en tanque de GLP en la zona de carga/descarga”	57
Tabla 34 Resumen del incidente “Jet fire, explosión de vapor, flash fire y dispersión tóxica en tanque de GLP en la zona de carga/descarga”	58
Tabla 35 Resumen del incidente “fuga en tanque de bunker en la zona de carga/descarga”	58
Tabla 36 Resumen del incidente “explosión de vapor por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”	59
Tabla 37 Resumen del incidente “flash fire por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”	60
Tabla 38 Resumen del incidente “dispersión tóxica por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”	61
Tabla 39 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de almacenamiento de materia prima	62
Tabla 40 Resumen del incidente “derrame de óxido de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima”	63
Tabla 41 Resumen del incidente “rotura de barriles de carburo de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima”	63
Tabla 42 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de almacenamiento de residuos	65
Tabla 43 Resumen del incidente “desborde de polvo de acería en la zona de almacenamiento de residuos”	65
Tabla 44 Resumen del incidente “desborde de escoria en la zona de almacenamiento de residuos”	66
Tabla 45 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de planta de tratamiento de humos	67
Tabla 46 Resumen del incidente “escape de humo de acería en la zona de planta de tratamiento de humo”	68
Tabla 47 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de planta de tratamiento de agua	69
Tabla 48 Resumen del incidente “rotura de tanque de ácido sulfúrico en la zona de la planta de tratamiento de agua”	70
Tabla 49 Resumen del incidente “rotura de tanque de hipoclorito de sodio en la zona de la planta de tratamiento de agua”	71
Tabla 50 Resumen del incidente “vertido de agua sin tratar en la zona de la planta de tratamiento de agua”	72
Tabla 51 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de GLP	73

Tabla 52 Resumen del incidente “bleve en el tanque de GLP”	74
Tabla 53 Resumen del incidente “jet fire en el tanque de GLP”	74
Tabla 54 Resumen del incidente “explosión de vapor en el tanque de GLP”	75
Tabla 55 Resumen del incidente “flash fire en el tanque de GLP”	76
Tabla 56 Resumen del incidente “dispersión tóxica en el tanque de GLP”	76
Tabla 57 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de la subestación eléctrica	78
Tabla 58 Resumen del incidente “derrame de aceite de transformador”	79
Tabla 59 Listado de escenarios accidentales valorados	80
Tabla 60 Valorización del riesgo medioambiental	82

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Mapa de ubicación de la empresa Novacero S.A. y acceso al establecimiento[8]	17
Figura 2 Esquema de evaluación de Riesgo Ambiental [3]	36
Figura 3 Índice de riesgo medioambiental de todos los escenarios accidentales	84
Figura 4 Índice de riesgo medioambiental de los escenarios que presentan mayor riesgo	85
Figura A2. 1 Representación de Blevé de GLP en la zona de carga y descarga	115
Figura A2. 2 Representación de jet fire de GLP en la zona de carga y descarga	118
Figura A2. 3 Representación de fuga en el tanque de GLP	119
Figura A2. 4 Representación de flash fire en el tanque de GLP	120
Figura A2. 5 Representación de jet fire en el tanque de GLP.....	121
Figura A2. 6 Representación del Blevé en el tanque de GLP.....	122
Figura A2. 7 Niveles de alerta de una dispersión tóxica de diésel (4000 gal)	123
Figura A2. 8 Niveles de alerta de una nube inflamable flash fire de diésel (4000 kg)	124

Capítulo 1 INTRODUCCION Y OBJETIVOS

1.1. INTRODUCCION

A nivel mundial se han considerado que los problemas ambientales directamente asociados a las industrias, son ocasionados por el mal manejo de las sustancias peligrosas, y se han planteado proyectos que minimicen los efectos adversos significativos para la salud humana y del medio ambiente, y el Ecuador por intersección del Ministerio del Ambiente está plenamente interesado en la ejecución de los programas propuestos por las Naciones Unidas[1]. Es así, que para dar mayor énfasis en temas de seguridad industrial y medio ambiente, el Gobierno Ecuatoriano mantiene planes activos para intervenir en la reducción de riesgos en todos los sectores productivos del país, los que tendrán que responder por los daños ambientales que hayan causado de acuerdo a las normas establecidas en el Código Orgánico del Ambiente.

El Ministerio del Ambiente, ha desarrollado varios proyectos enfocados a conocer el estado actual de las industrias, la gestión realizada, manejos eficientes de materias primas y gestión de residuos, entre los que consta el proyecto “Estudio para conocer los potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador” en el que dentro del Enfoque Estratégico se encuentra en intervenir en la reducción de riesgos planteando el uso de la metodología propuesta por APELL “Identificación y evaluación de riesgos en una comunidad local” permitiendo establecer el mapa de riesgos relacionada con el uso de sustancias químicas, lo que facilitará a las autoridades tomar decisiones para reducir el riesgo respecto al manejo de productos químicos. [1]

Son responsables de manera integral quien mantenga una actividad productiva que genere impactos ambientales, principalmente por el uso de sustancias, generación de residuos, desechos o materiales tóxicos o peligrosos; en todas las fases de la actividad, ciclo de vida del producto y gestión del desecho, debiendo incorporar en sus costos las medidas necesarias para prevenir, evitar o reducir cualquier tipo posible de contaminación, de la misma manera estarán obligados a la reparación integral e indemnización a los perjudicados, incluyendo el pago de las sanciones correspondientes.[2]

Respecto a las diferentes normativas, diversos organismos financieros y de seguros utilizan procedimientos no normalizados para identificar, analizar y evaluar los riesgos medioambientales de las instituciones a representar y determinan la responsabilidad si ocurriera algún incidente o accidente; con la finalidad de tener un mayor enfoque a la hora de conceder créditos, condicionar seguros, etc.[3]

Por otra parte, la Norma ISO 14001, al ser uno de los estándares más usados para la gestión ambiental, se ha implementado como certificación en muchas empresas del Ecuador y del mundo, las mismas, que, en la actualidad deben realizar la transición a la nueva ISO 14001:2015 ya vigente. Esta nueva versión presenta cambios notorios, siendo uno de los más relevantes el Tratamiento de Riesgos relacionados con el sistema de gestión y dentro de este, los riesgos de los aspectos ambientales de las actividades productivas, usando este punto como partida para el desarrollo de este trabajo

Con el fin de apoyar el cumplimiento de la normativa vigente y el compromiso empresarial en seguridad industrial y medio ambiente, se ha elaborado el análisis de riesgo ambiental, donde se estudian los posibles escenarios accidentales y la frecuencia con la que pueden llevarse a cabo, de acuerdo a las actividades particulares de la empresa; y la evaluación en conjunto lleva a la determinación del valor del daño medioambiental, el cual es una herramienta genérica basada en el uso de indicadores medioambientales, que permitirá desarrollar las oportunidades de mejora aplicables para la minimización de los riesgos, en función de la probabilidad y frecuencia de los mismos.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo Principal

El objetivo principal de este trabajo es el de desarrollar el Análisis de Riesgo Ambiental de la empresa Novacero S.A. Planta Lasso – Ecuador, a partir de las sustancias químicas usadas en los procesos productivos, las que representan mayor riesgo ambiental; tomando en cuenta sus posibles eventos accidentales.

1.2.2. Objetivos Específicos

IDENTIFICAR las sustancias que representen mayor riesgo para el ambiente, de acuerdo a sus características y presencia dentro de la empresa.

ESTABLECER las causas y peligros presentes en las instalaciones, referentes a los procesos productivos, los residuos generados y las sustancias utilizadas, lo que permitirá determinar posteriormente los escenarios accidentales.

OBTENER el Índice de Consecuencias Medioambientales de las diferentes áreas productivas, zonas de carga y descarga, almacenamiento de materias primas, almacenamiento de residuos y sistemas auxiliares (planta de humos, planta de tratamiento de agua, abastecimiento de gases y combustibles).

DETERMINAR el Valor del Riesgo Ambiental en función del Índice de Consecuencias Medioambientales y la probabilidad de que ocurran los accidentes.

Capítulo 2 NORMATIVA APLICABLE

2.1. NORMATIVA INTERNACIONAL

ISO 14001:2015: es el Sistema de Gestión Ambiental a nivel mundial publicado por la Organización Internacional de Estandarización que proporciona un marco que garantice el cumplimiento regulatorio de las normas de medioambiente y la sostenibilidad empresarial. Determina la necesidad de trabajar en aspectos ambientales relacionados con el diseño, procesos de fabricación, uso de productos y servicios, exigiendo la determinación de riesgos y su gestión íntegra. [4]

UNE 150008 “Análisis y evaluación del riesgo ambiental”: describe el método para analizar y evaluar el riesgo ambiental, la norma sirve de referencia para elaborar informes, análisis y evaluaciones del riesgo ambiental en todas las fases de desarrollo de la actividad económica.[5]

2.2. NORMATIVA NACIONAL

Código orgánico del ambiente: garantiza el derecho de las personas a vivir en un ambiente sano, regulando los derechos, deberes y garantías ambientales contenidos en la Constitución, a través de normas y parámetros que promuevan el respeto a la naturaleza [2]

Texto Unificado de Gestión Ambiental: establece los procedimientos y regula las actividades y responsabilidades en calidad ambiental. Toda actividad que cause impacto ambiental debe someterse al Sistema Único de Manejo Ambiental de acuerdo a la legislación aplicable. [6]

Norma INEN 2266:2013 Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos: sigue los lineamientos del Sistema Globalmente Armonizado de Clasificación y Etiquetado de Productos Químicos (SGA), recomendaciones para el transporte de materiales peligrosos, reglamentación Modelo de Naciones unidas y la Normativa Nacional vigente [7]

Capítulo 3 DESCRIPCION DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

En el presente capítulo se describe el establecimiento y procesos sobre los cuales se van a determinar los elementos vulnerables en la zona de influencia.

3.1. IDENTIFICACION Y CARACTERISTICAS

NOVACERO S.A. es una empresa ecuatoriana, presente en el mercado desde 1973, tiene 3 plantas productivas en Quito, Guayaquil y Lasso. Novacero Planta Lasso está ubicada en la Panamericana Norte Km 15, sector La Pradera, Parroquia Tanicuchi, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi – Ecuador; se dedica a la producción de laminados de acero al caliente, abastece al mercado nacional con productos para la construcción como son: varilla sismo resistente, mallas y perfiles, a partir de materia prima denominada chatarra la cual es fundida y posteriormente laminada en los trenes de laminación.

3.1.1. Descripción del entorno y zona de influencia

Las instalaciones industriales de la empresa se encuentran ubicadas en el sector de Lasso, al norte del cantón Latacunga en la Provincia de Cotopaxi, corresponde a las coordenadas geográficas UTM 765504E, 9912416N (datan WGS84), ocupando un área aproximada de 213.046 m²

De acuerdo al ordenamiento territorial establecido por la Municipalidad de Latacunga, la zona donde se asienta Novacero Planta Lasso se clasifica como “Zona Industrial Externa al Área Urbana”. Limita al norte con terrenos de la empresa de Lácteos INDULAC, al este con la Panamericana Norte, al sur limita con terrenos baldíos de la empresa NOVACERO S.A. y al oeste con terrenos baldíos de propiedad de la empresa NOVACERO S.A., los mismos que limitan con una línea férrea.

A continuación, en la Figura 1, se muestra la ubicación geográfica de la empresa:

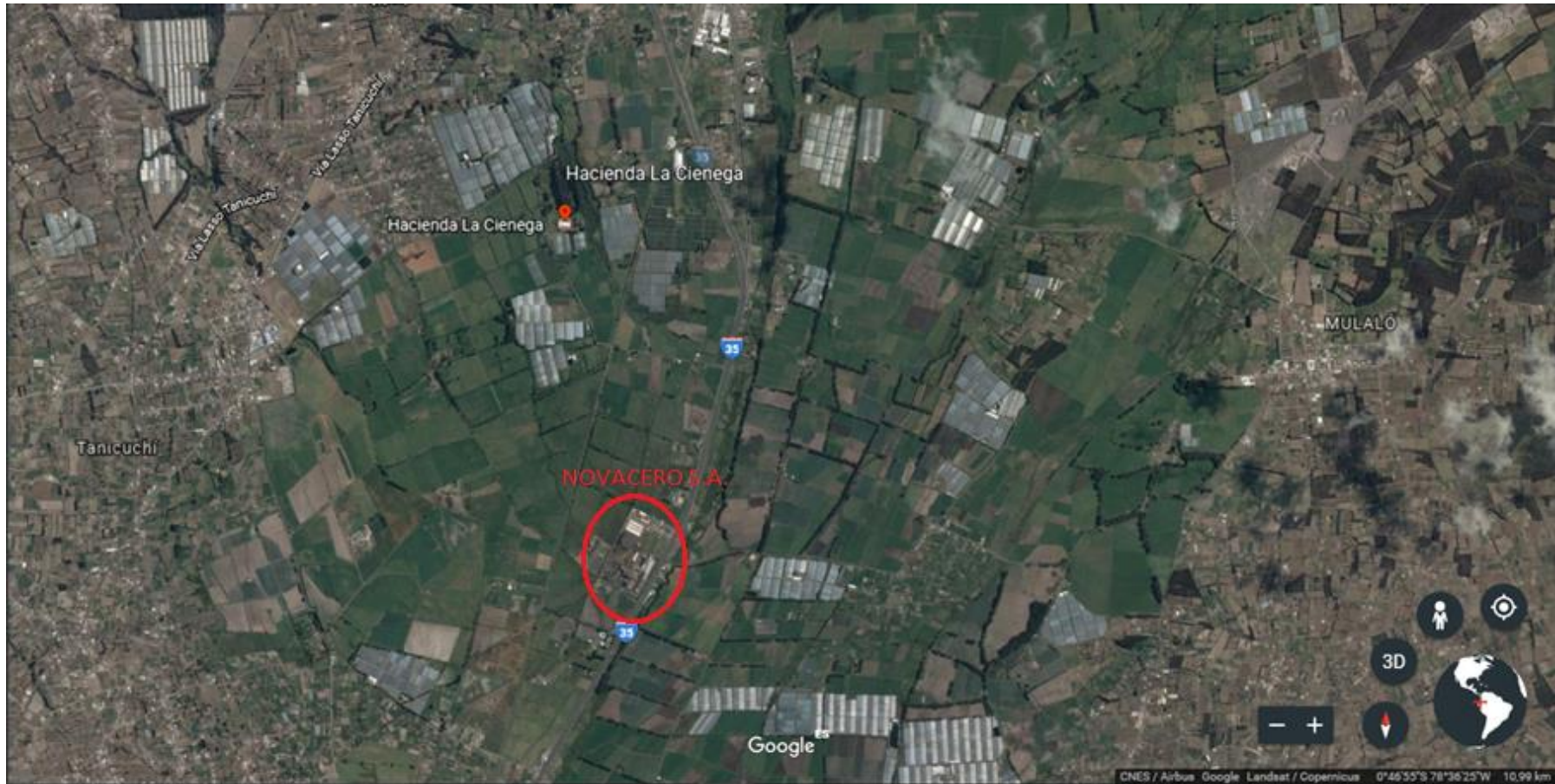


Figura 1 Mapa de ubicación de la empresa Novacero S.A. y acceso al establecimiento[8]

3.1.2. Climatología y Meteorología

De acuerdo al reporte anual del año 2015 del Instituto Ecuatoriano de Meteorología e Hidrología (INAMHI), la temperatura media en el Cantón Latacunga oscila entre los 14,4 °C, siendo que la temperatura media máxima es de 23,3 °C y la media mínima se sitúa en 3,6 °C, siendo los meses más fríos junio y agosto.[9]

La precipitación anual acumulada de la zona es de 347,3 mm, con un total de 98 días de precipitación, siendo el mes de marzo en el que se presentaron más lluvias con un aproximado de 31, 4 mm.[9]

3.1.3. Hidrología

El río más cercano a las instalaciones de la planta es el río Cutuchi ubicado a aproximadamente 200 m al este. Adicionalmente existen acequias que reciben la escorrentía superficial de la planta las cuales están ubicadas al Norte al límite con la empresa Indulac y en la parte posterior, al occidente de la planta Lasso.

3.1.4. Red viaria y accesibilidad al establecimiento

La vía de acceso directa es la Troncal de la Sierra E35 (Panamericana Norte Vía Quito), de la cual se ramifica un acceso de doble carril, permitiendo una buena circulación de vehículos de entrada y salida de la planta. Aproximadamente a 900 m al oeste de la planta, se encuentran las vías del ferrocarril, coincidiendo con los límites de la empresa.

Dentro de la instalación las principales vías de circulación se encuentran adoquinadas debido a la circulación continua de vehículos pesados y livianos, exceptuando ciertos ingresos secundarios como los accesos a la planta de fundición.

3.1.5. Jornada laboral y distribución por turnos

La jornada laboral en Novacero Lasso es de 24 horas, con 2 turnos diarios de operación durante los 7 días de la semana, en los cuales se tiene la asistencia de personal de mantenimiento eléctrico y mecánico para el soporte de los procesos, el personal de operación y supervisores de sección.

3.1.6. Entidades auxiliares

Novacero Planta Lasso, mantiene coordinación con instituciones de servicios de emergencia (Bomberos, Cruz Roja, Policía, entre otras). El servicio de bomberos más cercano (4 Km) se encuentra en el poblado de Lasso.

Se debe comunicar inmediatamente a los órganos competentes de la Provincia sobre los incidentes y accidentes y se aplicara el plan de contingencia del establecimiento.

3.2. ACTIVIDAD INDUSTRIAL

El proceso de producción inicia con la clasificación de la chatarra, la cual posteriormente es ingresada al horno de fundición donde se consigue acero líquido, éste pasa al horno cuchara para su afinado y luego a la máquina de colada continua para la formación de palanquillas; las palanquillas pasan a los trenes de laminación donde por reducción de diámetro se consiguen los productos laminados.

3.2.1. Descripción del proceso de fundición de acero

La Acería está dispuesta en un área aproximada de 2400 m², que incluye el galpón de recolección de materia prima procesada, dos puentes grúa de 20 Tn, horno de arco eléctrico, consteel, horno cuchara, sección de refractarios, máquina de colada continua, una grúa de 40 Tn y otra de 90 Tn.

- **Recepción de materia prima y alimentación de chatarra al EAF**

La chatarra (materia prima) se recibe en la nave de chatarra ubicada a un costado de la planta Acería, la cual para cumplir con las especificaciones determinadas para la producción es clasificada en chatarra dura, suave, liviana y pesada.

Mediante electroimanes, se carga la cantidad y combinación necesaria de los diferentes tipos de materia prima a la bandeja del consteel donde se precalienta la chatarra mediante la recirculación de gases del horno.

- **Fundición de chatarra en EAF**

Con el inicio de la carga de chatarra, se ingresa la lanza supersónica al EAF por la puerta de escorreo con la finalidad de generar escoria espumosa, ayudando también a cortar la chatarra y a aportar la energía química al proceso de fusión debido a la combustión de la antracita y

oxígeno, este proceso se realiza entre 1530 a 1600 °C. El ajuste químico se realiza por debajo de las especificaciones del producto que se está fabricando.

- **Fundición de chatarra en Horno Cuchara**

Cuando el acero cumple con las especificaciones químicas y temperatura adecuada, es vaciado en la cuchara para realizar el afinado del acero; durante el vaciado se da una pérdida de temperatura de 30 a 50 °C. Se conecta la cuchara y se recupera el calor perdido calentando el acero aproximadamente a 1550 a 1600 °C durante 5 minutos para garantizar que se homogenice, una vez que el acero alcanza la composición química deseada y la temperatura necesaria para colar en la MCC, se desconecta el horno, suspende la agitación y se saca la cuchara.

- **Colado del acero líquido y formación de palanquilla**

Antes de finalizar el colado de la mezcla, se abre la válvula de la siguiente colada para que el proceso sea continuo, y el acero sale de la máquina de colada continua en forma de palanquilla hacia las enderezadoras, luego es cortada automáticamente con el oxicorte, de acuerdo al tamaño especificado (4500 mm) y posteriormente es almacenada en la nave hasta que se proceda a su laminación.

3.2.2. Descripción del proceso de laminación

El proceso de laminación empieza con el calentamiento de la palanquilla en un horno hasta llegar a una temperatura de 1200 °C, una vez alcanzada la temperatura deseada, la palanquilla sale del horno y pasa al primer desbaste donde empieza la reducción del diámetro, posteriormente va por las casetas de laminación hasta llegar a la mesa de enfriamiento donde el producto es cortado a medida.

Finalmente, el material es empaquetado y trasladado hacia los galpones de almacenamiento para luego ser distribuidas a nivel Nacional.

3.3. RESIDUOS GENERADOS POR LA ACTIVIDAD

Los residuos generados en la planta productiva se ubican en recipientes correctamente identificados y se debe seguir el Método de Trabajo Gestión Integral de desechos sólidos propuesto por la empresa. Adicionalmente, la zona de almacenamiento de desechos debe permanecer en condiciones adecuadas de orden, higiene y seguridad.

A continuación, se detallan los desechos generados por la actividad de fundición, laminado y sus servicios anexos.

Tabla 1 Residuos generados durante el proceso de fundición de acero

RESIDUO	AREA / PROCESO DE ORIGEN	ALMACENAMIENTO TEMPORAL	GESTOR DEL RESIDUO	CANTIDAD ANUAL (Ton)	CANTIDAD MENSUAL (Ton)
Escoria	Fundición	Recinto descubierto	Empresa cementera	11071	922,58
Polvo	Fundición	Silo, recinto descubierto	Empresa de servicio (Gestor)	692	57,67
Aceites y Lubricantes	Maquinaria Pesada	Tanques de 55 galones	Empresa de servicio (Gestor)	23,59	1,97
Envases metálicos de grasas y aceites	Maquinaria Pesada / mantenimiento	Tanques de 55 galones	Empresa de servicio (Gestor)		
Envases de plástico de grasas	Mantenimiento	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)		
Material absorbente contaminado	Todas	Tanques de 55 galones	Empresa de servicio (Gestor)		
Material eléctrico y electrónico	Todas	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)		
Focos, fluorescentes, pilas y baterías	Todas	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)		
Toner y cartuchos de tinta	Todas	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)		
Envases plásticos no contaminados	Todas	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)	1,44	0,12
Papel y cartón	Todas	Zona de almacenamiento desechos	Empresa de servicio (Gestor)	2,85	0,24

Fuente: Novacero S.A.

Debido a la cantidad generada, se considera el polvo de acería y escoria como los principales desechos para el estudio, y se describen de manera general a continuación:

3.3.1. Polvo de acería

Durante los procesos de fundición se emiten una serie de humos y gases que son recogidos y tratados en la planta de tratamiento de humos, de los que a continuación, se presenta una composición aproximada:

Tabla 2 Composición aproximada del polvo de acería

COMPUESTO	%W/W
SiO ₂	14,5
Al ₂ O	6,7
Fe ₂ O	48,1
CaO	22,7
MgO	6,9
SO ₃	0,4
Na ₂ O	0,4
K ₂ O	0,05
Ti O ₂	0,5
P ₂ O	0,3
ZnO	0,8
Cl	0,05

Fuente: Novacero S.A.

3.3.2. Escoria

En la etapa de fusión durante la fundición de acero, se da la formación de escoria espumante donde se acumulan las impurezas para luego ser separadas del acero líquido. La composición química de la escoria está condicionada por el tipo de chatarra que se ingresa al proceso [10], de manera general se muestra en la tabla a continuación valores aproximados de composición de escoria:

Tabla 3 Composición aproximada de la escoria de acería

COMPUESTO	%W/W
MnO	3,44
FeO	15,16
MgO	9,88
Al ₂ O ₃	5,95
SiO ₂	24,63
S	0,23
CaO	38,68
TiO ₂	0,51
Cr ₂ O ₃	0,67
V ₂ O ₅	0,04
P ₂ O ₅	0,07

Fuente: Novacero S.A.

3.4. DESCRIPCION DE LOS SISTEMAS AUXILIARES

A continuación, se describen las instalaciones auxiliares sobre las cuales se realiza el trabajo de investigación, con el objetivo de identificar las fuentes de peligro ambiental existentes en el proceso de fundición de acero.

3.4.1. Planta de Tratamiento de Humos

La planta de tratamiento de humo permite procesar el polvo/humo procedente de la fundición de chatarra para la producción de acero. La generación del polvo de acería tiene lugar mientras se lleva a cabo la fundición de la chatarra en el horno de arco eléctrico, el polvo está formado por partículas finas arrastradas por los gases de escape generados en los hornos eléctricos, están compuestas por elementos provenientes del acero, escoria y de la carga, donde se incluyen hierro, zinc y metales como plomo y cadmio.

La planta produce aproximadamente 5kg de polvo de acería por tonelada de producción, se separan las partículas pesadas por medio de un ciclón y por filtros de mangas que van reteniendo las partículas, se almacena temporalmente en un silo y posteriormente se realiza la gestión como desecho peligroso mediante un gestor autorizado.

3.4.2. Planta de Tratamiento de Agua Industrial

El objetivo de la planta de tratamiento de agua (PTA) es preservar la buena calidad de agua que es utilizada para refrigerar a los diferentes sistemas de la planta de laminación y fundición. Los procesos físico-químicos a los cuales se somete el agua son con el propósito de eliminar los contaminantes que el agua adquiere en el proceso tales como escoria, polvo metálico, limalla, grasa, aceite, etc. El agua se mantiene en constante recirculación y no se descarga a ningún afluente natural.

En las plantas laminadoras el agua a presión sirve para refrigerar los cilindros de laminación (matricería), guías, elementos rodantes y de esta manera conservarlos a una temperatura que evite su desgaste prematuro o destrucción debido a las altas temperaturas de la palanquilla durante el proceso, luego es recogida por medio de un sistema de ductos y canales hasta la planta de tratamiento de agua, donde se separan los sólidos en suspensión adquiridos durante el proceso.

En el proceso de fundición de acero, se utiliza el agua para la refrigeración de la tapa del horno de arco eléctrico, el sistema de colada continua, entre otros. El agua enfría mediante el intercambio de calor sin tener contacto sobre el elemento a refrigerar y regresa a la planta de tratamiento de agua mediante un circuito cerrado, donde es enfriada mediante una torre de enfriamiento y un intercambiador de calor, dependiendo del proceso de retorno.

3.4.3. Subestación Eléctrica

NOVACERO Planta Lasso, cuenta con una subestación eléctrica que soporta el consumo energético del Horno Eléctrico de Arco Directo (EAF), cuya demanda es de 18MW, además soporta otras cargas de características más comunes como son: laminadoras, planta de agua (bombas y sistemas de agua) y otros elementos cuya potencia en total es de 15MW, siendo entonces la demanda solicitada por la empresa de 36 MW.

- **Línea de Transmisión**

La Planta cuenta con una conexión a un voltaje de 138 kV mediante una línea de transmisión de 1200 metros de longitud, conectada a la barra de 138 kV en la Subestación Mulaló de propiedad de TRANSELECTRIC S.A., por un extremo, y por el otro extremo se tiene la subestación de 138kV/ 18kV–13,8kV de propiedad de Novacero.

- **Subestación Eléctrica Novacero**

La subestación fue diseñada con un esquema de barra simple, conformada con una sola barra continua conectada directamente a los tramos de la subestación. Está ubicada al oeste de la Planta Novacero Lasso en un área de 100 x 78 metros.

3.4.4. Almacenamiento de materias primas

Con un área aproximada de 1207 m², la bodega de insumos y suministros almacena las sustancias y materiales consumibles en los procesos, su construcción es mixta de paredes de ladrillo y estructura metálica con techo de novalosa y piso pavimentado. Los productos químicos están identificados con los rombos NFPA.

Para los insumos utilizados en la planta de tratamiento de agua, la bodega está situada en la planta de tratamiento de agua, en una zona parcialmente cubierta y con aireación natural.

Existe un área de 3 m² donde se almacenan los cilindros de nitrógeno, oxígeno, GLP, acetileno, CO₂ y argón; los cuales son usados en diferentes partes del proceso. La zona es de estructura metálica, techo de metal, paredes y puerta de malla electro soldada y piso pavimentado.

3.4.5. Sistema de Ventilación

La planta cuenta con sistema de aires acondicionados en las áreas de trabajo afectadas directamente por altas temperaturas y al ser una infraestructura de grandes proporciones se mantiene la circulación de aire de las zonas productivas por las puertas y ventanas.

3.4.6. Herramientas, maquinaria y equipos de trabajo

Dependiendo de la actividad, se tienen a disposición del trabajador varias máquinas y equipos, entre los que podemos mencionar: maquinaria pesada (montacargas, palas mecánicas, garras), equipo de control de calidad, máquinas y equipo para mantenimiento de áreas verdes y puentes grúa, entre otros.

3.5. MEDIDAS DE PROTECCION Y MITIGACION

La empresa Novacero, en planta Lasso tiene descrito dentro del Plan de Emergencias y Contingencias, las diferentes actividades preventivas en caso de emergencias, así como también las instalaciones y sistemas de emergencia, las cuales se describirán de manera general a continuación:

3.5.1. Red de Agua Contra Incendios

Planta Lasso, tiene instalado un sistema de agua contra incendios que cubre toda la superficie de la planta formando un anillo cerrado que funciona bajo diferencia de presión que empieza y termina en un tanque de almacenamiento de agua en la planta de tratamiento de agua.

En la planta de fundición de acero, a pesar de estar dentro del anillo del sistema contra incendios, no se encuentra habilitada la red debido al tipo de actividad, teniendo como método de prevención el uso de extintores de incendio.

La unidad SySO anualmente identifica, ubica y mantiene actualizado el Mapa de Riesgos de la Planta los puntos de riesgo potencial de incendios y explosiones, así mismo se indica la ubicación de extintores y gabinetes contra incendios y las estaciones de equipos de primeros auxilios.

3.5.2. Sistema de alarma

Se cuenta con un sistema de detección humana, que se encarga de detectar y comunicar cualquier tipo de emergencia suscitada. Los medios de comunicación definidos son: extensiones telefónicas internas, radio canal, celulares de los miembros SySO. Mientras que, para una comunicación colectiva, se usaran los pulsadores de alarmas que se encuentran en la Garita de Servicios Generales.

3.5.3. Medidas y distancias de seguridad

Las zonas de trabajo, almacenamiento y mantenimiento se encuentran delimitadas, y deben permanecer en condiciones aptas para el desempeño de las actividades, siguiendo el procedimiento interno de las 5S's de Orden y Almacenamiento cuyo objetivo es mantener las zonas libres de materiales innecesarios que puedan generar un riesgo en las operaciones.

3.5.4. Medios Auxiliares y de protección personal

Todo el personal de planta debe tener su propio equipo de protección personal de acuerdo a su puesto de trabajo, adicionalmente para caso de emergencias, se tiene por área un kit de contingencias ambientales, y equipo de primeros auxilios.

3.5.5. Recursos humanos, organización y procedimientos

El personal que debe intervenir directamente en las situaciones de emergencia son: brigadistas y jefes de brigada, personal SySO, personal de seguridad. Las actividades que deben realizar están definidas en el Plan de Emergencias y Contingencias de la empresa.

3.5.6. Control de emisiones

Según el Plan de manejo ambiental, se debe realizar el monitoreo ambiental de ruido periódicamente cada 6 meses y su informe debe ser remitido anualmente a la entidad competente.

Paralelamente, se realiza el monitoreo periódico de emisiones a la atmósfera y de fuentes fijas, cuyo informe se presenta anualmente a la entidad correspondiente.

Adicionalmente, se ejecuta un cronograma de mantenimiento de las fuentes de emisión y se registran las horas por producción, mantenimiento preventivo y correctivo.

3.5.7. Control de gestión de residuos

Según el Plan de manejo ambiental, se debe mantener actualizado el inventario de los residuos generados por la empresa, se deben disponer los mismos con gestores calificados y su informe debe ser remitido anualmente a la entidad competente.

3.5.8. Control de aguas residuales

De manera trimestral se hace el monitoreo de aguas por parte de un laboratorio acreditado, con los cuales se realiza la comparación de los valores con los límites permitidos por la normativa aplicable y se entrega de manera periódica un informe a la entidad competente.

Capítulo 4 METODOLOGIA DE ANALISIS DE RIESGO AMBIENTAL

Para este estudio se obtendrán los Índices de Consecuencia Ambientales, basándose en dos factores que son las fuentes de peligros y los receptores [3]. Se debe determinar la peligrosidad de las sustancias, su comportamiento ambiental y la cantidad involucrada y posteriormente se debe relacionar con el entorno natural. [11]

4.1. Peligrosidad de la sustancia

Las sustancias químicas son consideradas como la principal fuente de riesgo, la peligrosidad de las sustancias está condicionada a sus propiedades químicas y las condiciones a las que se las almacenan y manipulan. [3]

Para evaluar la peligrosidad, es necesario caracterizar a la sustancia de acuerdo a varios parámetros de estudio: toxicidad, volatilidad, Bioconcentración, adsorción, biodegradación y sinergia [3], los que serán expuestos a continuación:

4.1.1. Toxicidad

La toxicidad es la característica que tienen ciertas sustancias y sus productos metabólicos de provocar un daño al ambiente o a la salud humana o animal, por acción química o físico-química, al ser ingeridas inhaladas o por contacto directo[7]. Las sustancias clasificadas como peligrosas para el medio ambiente, reciben la puntuación en el término toxicidad en función del tipo de frases R de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE. [3]

Tabla 4 Valoración de la toxicidad para sustancias peligrosas de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [3]

FRASE R Medio Acuático	FRASE R Medio No Acuático	Puntuación
R50	R54/R57	10
R50/R53	R54	10
R51/R53	R55/R57	8
R52/R53	R56/R58	5
R52 y/o R53	-	5
-	R58	4
-	R59	4

Las sustancias que no son consideradas como peligrosas para el medioambiente, serán valorados de acuerdo a los valores toxicológicos LC50, EC50 o LD50 como se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 5 Valoración de toxicidad [3]

TOXICIDAD AGUDA (LC50-EC50) (mg/L)	TOXICIDAD AGUDA (LD50) (mg/Kg)	PUNTUACION
<1	<5	10
1-6	5-50	8
6-30	50-500	6
30-200	500-5000	4
200-1000	5000-15000	2
>1000	>15000	1

Para el caso que no se tengan datos de la toxicología de la sustancia, se utilizará la siguiente tabla de valoración:

Tabla 6 Valoración de la toxicidad, según el pictograma de la sustancia [3]

TOXICIDAD	PUNTUACIÓN
Muy Tóxico	10
Tóxico	6
Nocivo	3
Irritante, corrosivo	1

4.1.2. Volatilidad

La volatilidad es la característica de una sustancia de evaporarse a una temperatura y presión determinada [11]. Para este estudio, la volatilidad de una sustancia se valorará el Log H como se muestra en la tabla, usando la constante de Henry que muestra la tendencia relativa de la sustancia a presentarse en estado vapor respecto a estar disuelto en agua.[3]

Tabla 7 Valoración de volatilidad de las sustancias [3]

VOLATILIDAD -logH	PUNTUACIÓN
Log H < -3	5
-3 ≤ Log H < -1	4
-1 ≤ Log H < 1	3
1 ≤ Log H < 2	2
Log H ≥ 3	1

4.1.3. Bioconcentración

La Bioconcentración es la capacidad que tiene una sustancia química de acumularse en los tejidos vivos en cantidades sobre a las que se encuentra en el medio [11].

En el estudio se evaluará la Bioconcentración de las sustancias mediante el Log BCF que se obtiene mediante la aplicación EPI Suite y se clasificará con la tabla:

Tabla 8 Valoración de Bioconcentración [3]

BIOCONCENTRACIÓN -Log BCF	PUNTUACIÓN
Log BFC > 2	2
1 < Log BFC ≤ 2	1
Log BFC ≤ 1	0

4.1.4. Adsorción

La adsorción es un proceso en el que el componente tóxico queda fijado al sólido adsorbente [7], el compuesto es poco soluble en agua y su comportamiento en el ambiente quedará ligado a la matriz del suelo en el que está retenido[11]. Esta característica de la sustancia será evaluada mediante el coeficiente de reparto octanol/agua (K_{ow}) que se obtendrá mediante la aplicación EPI Suite y posteriormente se valorará mediante la tabla:

Tabla 9 Valoración de la adsorción [3]

ADSORCIÓN -Log K_{ow}	PUNTUACIÓN
Log K_{ow} > 2	2
1 < Log K_{ow} ≤ 2	1
Log K_{ow} ≤ 1	0

4.1.5. Biodegradación

La biodegradación es la descomposición de una sustancia química por acción directa de microorganismos [11], siendo así, la biodegradabilidad es una propiedad que determina la persistencia de las sustancias químicas en el ambiente[12]. Esta característica será evaluada mediante el valor BD que se obtiene mediante la aplicación EPI Suite y se valorizará usando la tabla:

Tabla 10 Valoración de biodegradación

BIODEGRADACIÓN - BD	PUNTUACIÓN
BD < 2 (meses o periodos de tiempo mayores)	5
2 ≤ BD < 2,5 (meses/semanas)	4
2,5 ≤ BD < 3,5 (semanas/días)	3
3,5 ≤ BD < 4,5 (días/horas)	2
BD ≥ 4, 5 (horas)	1

4.1.6. Sinergia

La sinergia es la cooperación de agentes que resulten en un efecto igual a la suma de los efectos de los dos agentes o en un efecto mayor [13]. Se dice que cuando una sustancia es pura, su valorización de sinergia será cero y para el resto de sustancias se determinará su sinergia a raíz del estudio de los otros parámetros de peligrosidad estudiados anteriormente y se los clasificará de acuerdo a la tabla:

Tabla 11 Valorización de la sinergia entre sustancias [3]

SINERGIA	PUNTUACIÓN
Mezcla de sustancias sinérgicas	3
Mezcla de sustancias no sinérgicas	2
Sustancia Pura	0

4.1.7. Estandarización del factor peligrosidad

Se trabajará con un valor de peligrosidad estandarizado, aplicando la ecuación:

$$Peligrosidad(1 - 20) = \frac{Peligrosidad (2 - 24)}{1,2}$$

4.1.8. Caracterización del subfactor “cantidad” de sustancia implicada

Se debe tener en cuenta la Cantidad de la sustancia almacenada, ya que esta característica aporta una idea de la magnitud del accidente o incidente, ya que en sus inicios será imposible determinar la cantidad exacta involucrada y dispersa hacia los receptores vulnerables.[3]

Para dar uso a las tablas de valoración se tomará como referencia el Real Decreto 840/2015 [14]:

Tabla 12 Valoración de la cantidad para sustancias recogidas en el RD

CANTIDAD INVOLUCRADA EN EL ACCIDENTE	PUNTUACIÓN
> 100 %	10
80 -99 %	8
50 – 80%	7
20 – 50 %	5
5 – 20 %	3
1 – 5 %	2
<1 %	1

Tabla 13 Valoración de la cantidad para sustancias no recogidas en el RD

CANTIDAD INVOLUCRADA EN EL ACCIDENTE (Tm)	PUNTUACIÓN
> 500	10
250 – 500	8
100 – 250	7
50 – 100	5
5 – 50	3
0,5 – 5	2
< 0,5	1

4.1.9. Caracterización del subfactor “Área afectada” por el incidente

La extensión de un accidente es dependiente de la cantidad y vulnerabilidad del hábitat afectado. La tabla muestra los criterios para valorizar la extensión del daño.

Tabla 14 Valores para caracterizar el área afectada por el accidente [3]

MEDIO TERRESTRE Y ACUÍFEROS (Hectáreas)	MEDIO ACUÁTICO – CORRIENTES SUPERFICIALES (Río, canal, riachuelo) (Km)	MEDIO ACUÁTICO (Lagos, estanques, deltas, estuarios, zonas marítimo costeras) (Hectáreas)	PUNTUACIÓN
> 10	> 10	> 2	10
6 – 10	6 – 10	1.5 – 2	9
4 – 6	4 – 6	1.3 – 1.5	7
2.5 -4	2.5 -4	1.2 – 1.3	5
1 – 2.5	1 – 2.5	1 – 1.2	3
< 1	< 1	< 1	1

4.1.10. Caracterización del subfactor “Vulnerabilidad” del entorno natural y socioeconómico

Para caracterizar la vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico se debe clasificar el tipo de entorno afectado y la categoría de protección de las especies, siendo así, se va a evaluar el impacto a partir de las actividades económicas, alteración de los recursos naturales, infraestructura y población afectada.[3]

Tabla 15 Valoración del tipo de entorno afectado

TIPO DE ENTORNO AFECTADO	PUNTUACIÓN
Parque Nacional Humedales Ramsar Lugar de Interés comunitario (LIC) Zona de especial protección de aves (ZEPA)	10
Reserva natural Reserva natural especial, reserva natural dirigida, reserva natural parcial, reserva natural concertada, reserva integral, reserva natural integral, reserva biológica nacional	9
Reserva de la biosfera Parque natural Parque regional, parque rural	8
Monumento natural, monumento natural de interés nacional, enclave natural, árbol singular	7
Paisaje protegido Paraje natural, paraje pintoresco, paraje natural de interés nacional Sitio de interés científico, sitio natural de interés nacional Biotopo protegido	6
Refugio de fauna, micro reserva, área natural recreativa, parque periurbano, parque periurbano de conservación y ocio, régimen de protección general, corredor ecológico y de biodiversidad Otras figuras de protección no contempladas anteriormente	5
Tierras cultivadas o viveros	4
Jardines o parques	3
Suburbano: baja densidad de edificios Superficies acuáticas altamente artificiales	2
Urbano: edificios en ciudades o pueblos Industrial: emplazamientos industriales e industrias extractivas Redes de transporte y otras áreas asfaltadas Depósitos de basura y vertederos	1

Cuando el área de influencia de un escenario accidental coincida con el área de distribución de una especie animal o vegetal bajo la figura de protección a nivel nacional o su equivalente se valorará mediante la tabla:

Tabla 16 Valoración de la categoría de protección de especies [3]

CATEGORÍA DE PROTECCIÓN	PUNTUACIÓN
En peligro de extinción	5
Sensibles a la alteración de su hábitat	4
Vulnerables	3
De interés especial	2
Sin categoría de protección	1

Cuando se valora la posibilidad de afectar a actividades económicas que se desarrollan en el área se utiliza una valoración aditiva al cómputo total del impacto en actividades económicas, mediante la clasificación presentada en la siguiente tabla:

Tabla 17 Valoración del impacto en actividades económicas [3]

ACTIVIDADES ECONÓMICAS	PUNTUACIÓN
Agricultura, ganadería, caza y/o pesca	+ 1,5
Industrias y comercios agroalimentarios	+ 1,5
Otras industrias y comercios	+ 1,0
No existen industrias ni comercios	+ 0

Otra valoración aditiva al impacto en actividades económicas es el criterio de la posible afección a los recursos naturales e infraestructuras existentes en el área afectada, esto se realizará con la tabla:

Tabla 18 Valoración de la alteración de recursos naturales e infraestructura [3]

RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURA	PUNTUACIÓN
Suministros de agua	+ 0,5
Redes de transporte y comunicaciones	+ 0,5
Suministro y transporte de energía	+ 0,5
Infraestructuras de telecomunicaciones	+ 0,5
Sistemas de almacenamiento y recogida de residuos	+ 0,5
Vivienda(s) situada(s) fuera del establecimiento dañada(s) e inutilizable(s) a causa del accidente	+ 0,5
No existen recursos naturales ni infraestructuras	0

El criterio “población afectada”, permite valorar la masa de la población afectada y sensible ante un accidente medio ambiental y posible contaminación, esta evaluación se realizará con el uso de la tabla:

Tabla 19 Valoración de la población afectada [3]

POBLACIÓN AFECTADA (PERSONAS)	PUNTUACIÓN
>1 muerte o > 100 personas afectadas	4
>1 hospitalización superior a 24 h o 25 – 100 personas afectadas	3
5 – 25 personas afectadas	2
< 5 personas afectadas	1

Cuando se encuentre presencia de población sensible, se adicionará un valor obtenido en la tabla:

Tabla 20 Valoración del impacto sobre la población sensible [3]

POBLACIÓN SENSIBLE	PUNTUACIÓN
Hospitales	+ 1
Colegios y guarderías	+ 1
Asilos y centros de la tercera edad	+ 1
Polideportivos	+ 1
No existe población sensible	+ 0

4.2. Determinación del índice de consecuencias ambientales

Luego de determinar cada parámetro de acuerdo a la sustancia química y sus condiciones se determina el Índice de Consecuencias Ambientales, normalizando las calificaciones de los subfactores para trabajar con el mismo rango de calificación.

4.3. Evaluación de la probabilidad de accidentes

La probabilidad de que se dé un accidente debería ser una información de cada empresa, dada por los análisis cuantitativos de riesgos previamente analizados. De ser el caso de no tener información personalizada de la empresa, se puede recurrir a un análisis histórico de accidentes en industrias, con la premisa de que no es un método exacto debido a las características propias de cada empresa [3], o hacer el uso de los criterios basados en la Norma UNE 150008 EX “Análisis y evaluación del riesgo medioambiental” cuyos valores se muestran en la tabla:

Tabla 21 Criterios para el factor frecuencia[3]

PROBABILIDAD, ANÁLISIS CUANTITATIVO DEL RIESGO	PUNTUACIÓN
Entre una vez al año y una vez cada 5 años	5
Entre una vez cada 5 años y una vez cada 25 años	4
Entre una vez cada 25 años y una vez cada 50 años	3
Entre una vez cada 50 años y una vez cada 100 años	2
Entre una vez cada 100 años y una vez cada 500 años	1

4.4. Determinación del riesgo ambiental y toma de decisiones

Debido a que no se contempla en la legislación valores de tolerabilidad del riesgo, se evalúa respecto a los factores: Índice de Consecuencias Ambientales y Frecuencia o Probabilidad. Siendo decisión de cada empresa definir la tolerabilidad del riesgo[3]. Se han determinado 3 zonas de riesgo como se muestra en la figura, en las cuales se ubicarán los diferentes peligros estudiados:

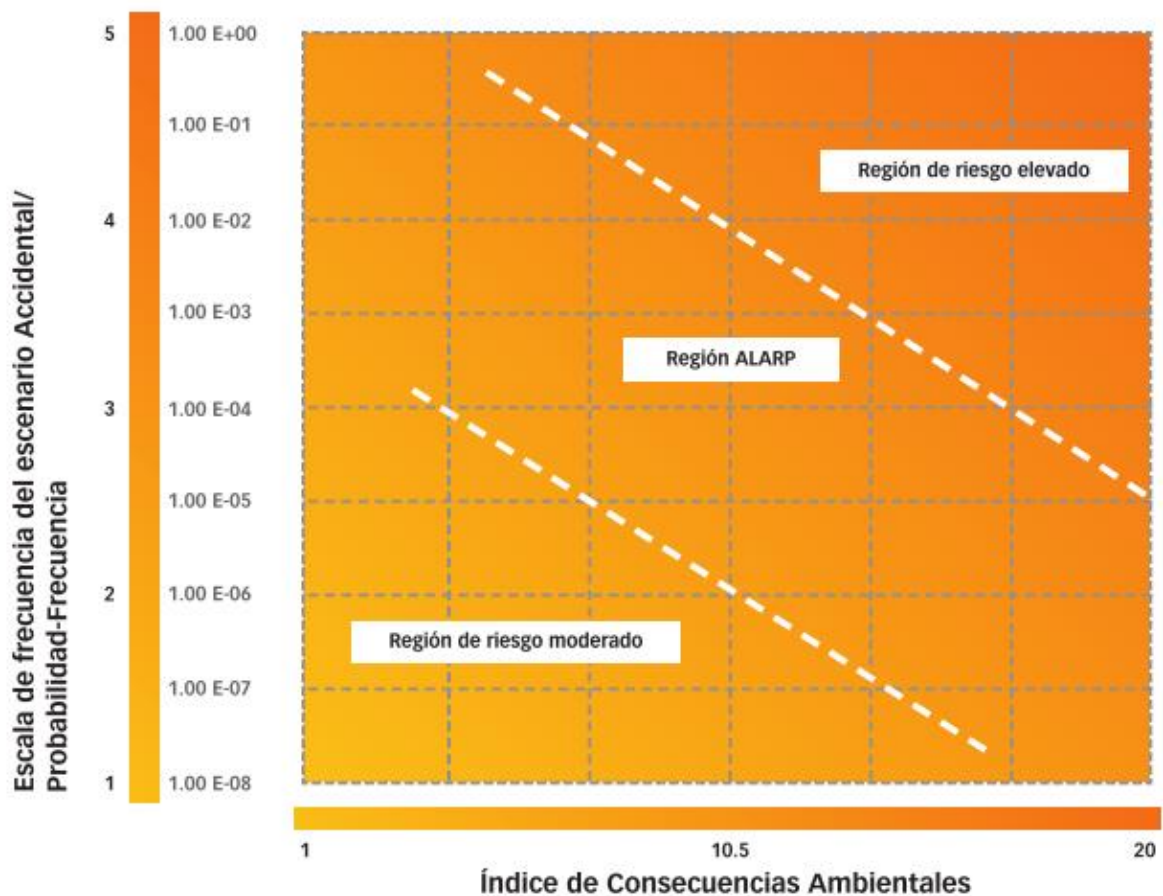


Figura 2 Esquema de evaluación de Riesgo Ambiental [3]

- **Región de riesgo elevado:** Si en función del ICM y la probabilidad, un riesgo se encuentra en esta zona, se deberán implementar medidas de reducción de riesgo, aun a pesar del valor económico que esto represente para la empresa.
- **Región ALARP (Tan bajo como sea factible):** es una zona tolerable, pero debería ser reducido hasta niveles más bajos sin que esto lleve a costes exagerados.
- **Región de riesgo moderado:** idealmente, se esperaría que todos los riesgos se encuentren en esta zona ya que no es representativo el riesgo.

4.5. APLICACIONES INFORMATICAS

Para el desarrollo de este estudio, se van a utilizar dos herramientas informáticas para realizar el análisis de riesgo ambiental, estas se explican a continuación:

4.5.1. ALOHA 5.4

ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) es un programa de modelado de riesgos desarrollado por la EPA, donde se pueden determinar los modelos de dispersión atmosférica de las sustancias peligrosas basado en datos toxicológicos, características, condiciones atmosféricas y circunstancias de la liberación. Este programa es usado para planificar y responder a emergencias químicas [15].

4.5.2. EPI SUITE 4.1

Para obtener las estimaciones de propiedades físicas, químicas y ambientales de las sustancias, se va a utilizar la herramienta EPI SUITE (Interfaz de Programas de Estimación), desarrollada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos[16].

Capítulo 5 ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

5.1. SUSTANCIAS PRESENTES EN EL ESTABLECIMIENTO

De manera general los problemas ambientales están directamente asociados a las industrias y son ocasionados por el mal manejo de las sustancias peligrosas [1], por lo que representan una pieza clave para el análisis de riesgo en caso de un accidente.

Para la actividad económica de la planta se utilizan varias sustancias e insumos químicos, en la tabla a continuación se muestran las sustancias más representativas, basados en su cantidad y peligrosidad:

Tabla 22 Sustancias químicas presentes en el proceso productivo

INSUMO	N° de CAS	ALMACENAMIENTO	APLICACIÓN	CANTIDAD ANUAL (Kg)	CANTIDAD MENSUAL (Kg)
Cal siderúrgica	1305-78-8	Big bag (1000 kg)	Producción Acería	3998750	333229
Carburo de calcio	000075-20-7	Barriles (100 kg)	Producción Acería	33500	2792
Oxígeno Líquido Industrial	7782-44-7	Tanque (60000 Kg)	Producción	735850	61321
Nitrógeno Líquido	7727-37-9	Tanque (20000 Kg)	Producción Acería	104245	8687
Argón Líquido	7440-37-1	Tanque (9000 kg)	Producción Acería	2634	220
Gas Industrial (GLP)	68476-85-7	Tanque (15000Kg)	Producción	53239	4437
Ácido sulfúrico al 98%	7664-93-9	Bidón (3000 kg)	Tratamiento de agua de refrigeración	15550	1296
Hipoclorito de sodio al 10 %	7681-52-9	Cisterna (3000 kg)	Tratamiento de agua de refrigeración	46438	3870
Coagulante (Policloruro de Al 60-80%)	1327- 41-9	Cisterna (3000 kg)	Tratamiento de agua de refrigeración	88596	7383
Bunker (Fuel oil N°6)	68553-00-4	Tanque (70% de 40000 gal)	Producción	1022218	85185
Diésel (fuel oil)	68476-34-6	Tanque (30% de 40000 gal)	Producción	890831	74236
Aceite de Transformador	64742-46-7	-	Subestación eléctrica	-	13900 L

Las cantidades presentadas en las tablas son valores anuales aproximados y se han distribuido uniformemente de manera mensual para el estudio.

5.2. ESTUDIO DE ACCIDENTES RELACIONADOS CON LAS SUSTANCIAS QUÍMICAS (BASE DE DATOS MHIDAS)

La base de datos Mhidas, es una de las más utilizadas para el análisis histórico de accidentes con sustancias químicas, y es desarrollada por el Safety and Reliability Directorate perteneciente al Health and Safety Executive.

Se realizó un estudio de los accidentes ocurridos con las sustancias implicadas en este trabajo utilizando la base de datos Mhidas, para identificar de mejor manera el tipo de accidentes posibles, el cual se muestra en la tabla a continuación:

Tabla 23 Resumen de accidentes con las sustancias químicas de estudio – Base de datos Mhidas [17]

SUSTANCIA QUÍMICA	TIPO DE ACCIDENTE				TOTAL DE ACCIDENTES
	DISPERSIÓN	INCENDIO	EXPLOSIÓN	OTROS	
Oxido de calcio	2	1	0	3	6
Carburo de calcio	3	7	5	0	15
Oxígeno	11	11	17	1	40
Nitrógeno	36	2	7	10	55
Argón	3	0	0	0	3
GLP	2	3	3	1	9
Ácido sulfúrico	149	9	8	26	192
Hipoclorito de sodio	53	4	0	2	59
Bunker	25	1	3	1	30
Diésel	237	76	42	39	394
Aceite de transformador	2	1	0	0	3
Óxido de hierro	1	0	0	0	1

5.3.IDENTIFICACION DE SUCESOS INICIADORES

Los sucesos iniciadores son hechos físicos que pueden generar un incidente o accidente, en relación a su evolución espacio-tiempo. Para realizar esta identificación se han tomado en cuenta las zonas que presentan un riesgo por lo que se han omitido las áreas sin peligro relevante.

5.3.1. Sucesos iniciadores identificados

En la tabla se muestran los sucesos iniciadores capaces de producir desviaciones del proceso identificados en el proceso de fundición de acero:

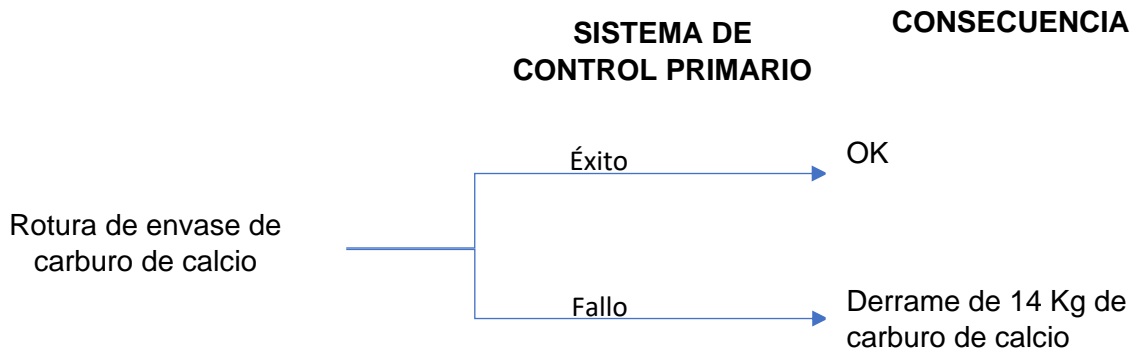
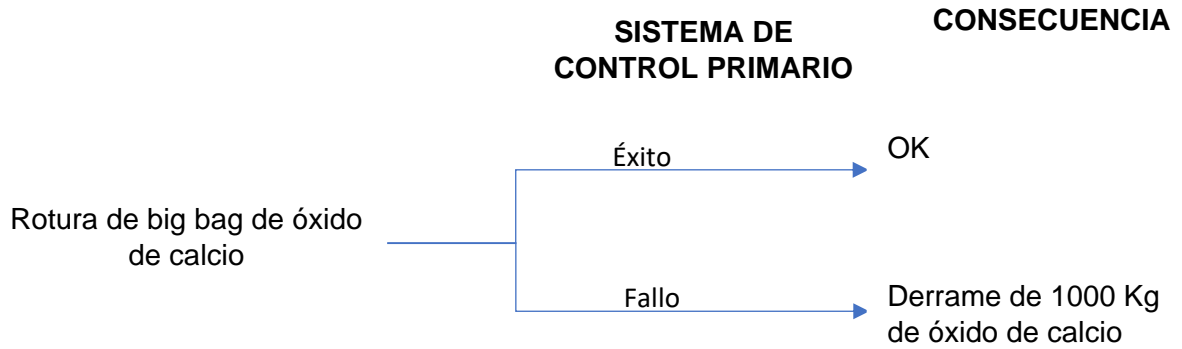
Tabla 24 Identificación de sucesos iniciadores

INSTALACIÓN – ÁREA	SUCESO INICIADOR
Proceso productivo	Rotura de envase contenedor de insumo
Carga/descarga de insumos	Rotura de envase contenedor de insumo
	Fuga en el camión cisterna
Almacenamiento de insumos	Rotura de envase contenedor de insumo
	Rotura de tanque contenedor de insumo
Almacenamiento de residuos	Rotura de envase contenedor de desecho
	Rotura de barrera contenedora de desecho
Sistema auxiliar – Planta de Humos	Fallo en sistema de extracción
Sistema auxiliar – Planta de Tratamiento de Agua	Parada de la planta de tratamiento de agua
	Rotura de envase contenedor de insumos
Sistema auxiliar – Planta de oxígeno	Rotura de envase contenedor de gases
Sistema auxiliar – Subestación Eléctrica	Corto Circuito

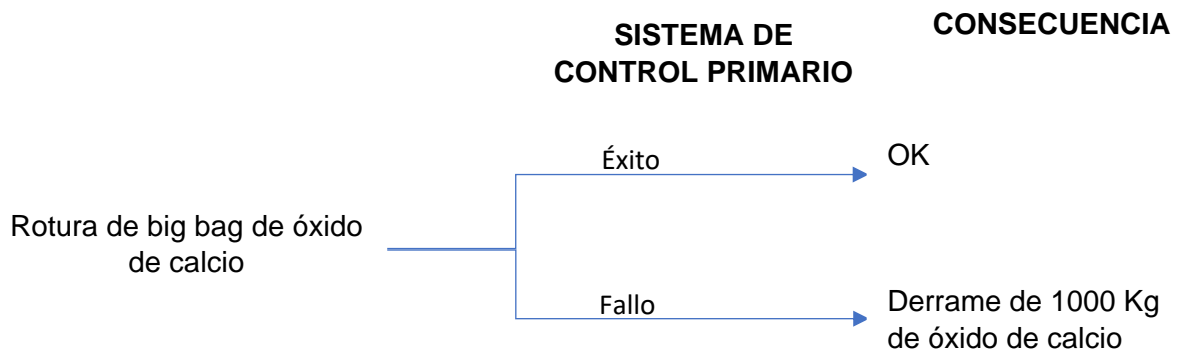
5.3.2. Árboles de eventos

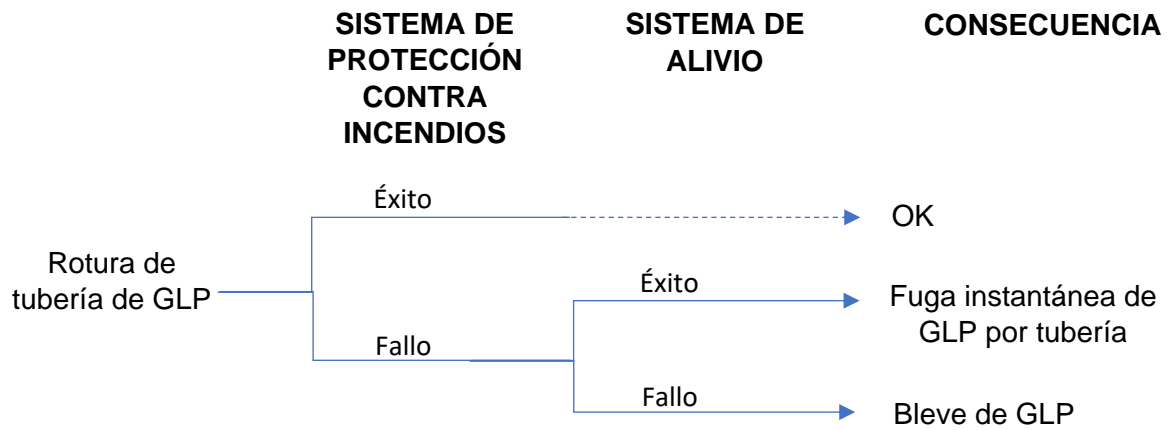
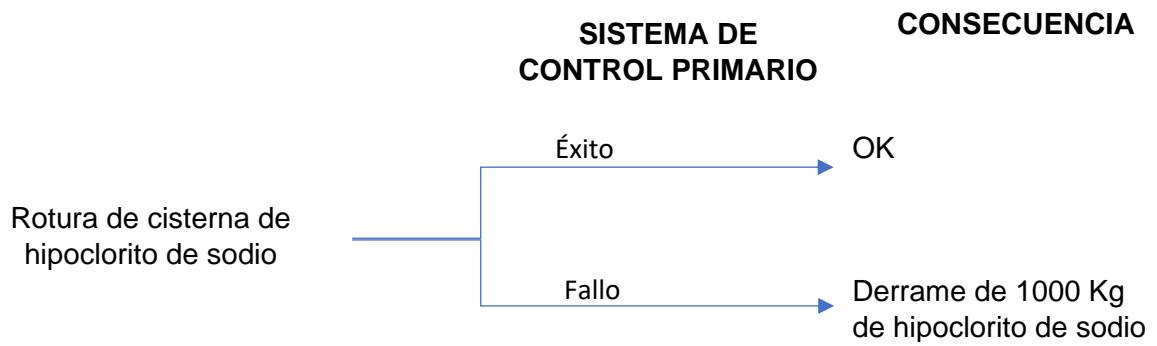
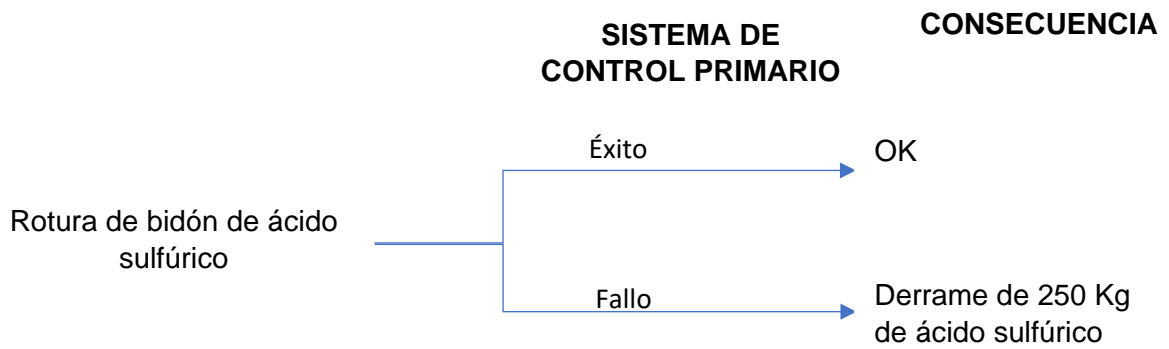
A continuación, se muestran los árboles de eventos para cada suceso iniciador descrito en el apartado anterior, los que permitirán determinar los escenarios accidentales para su posterior evaluación del riesgo:

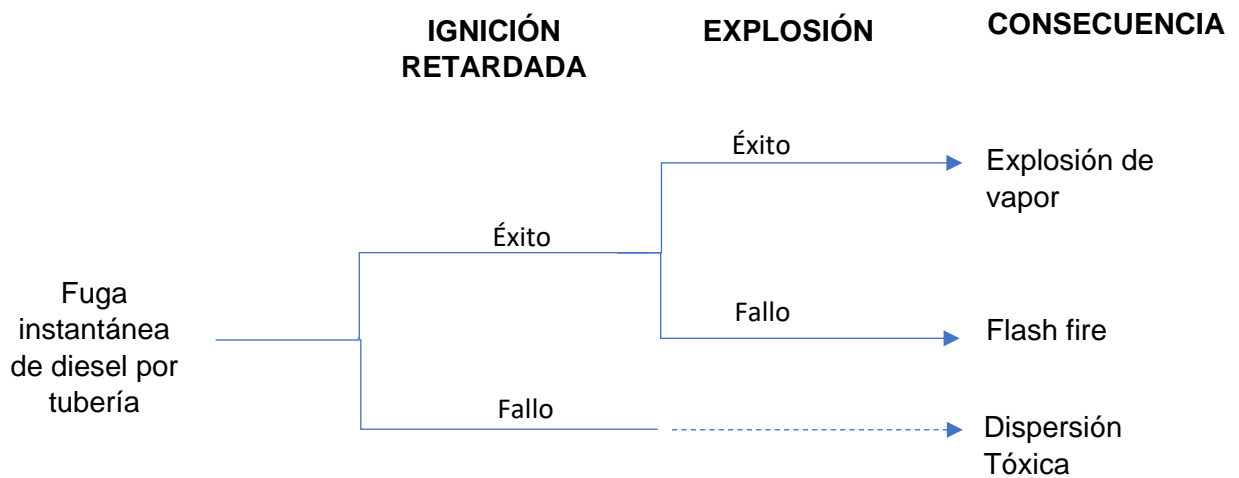
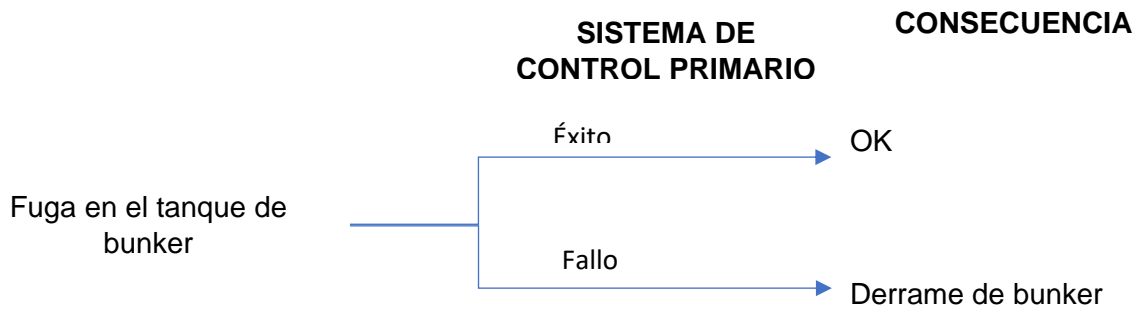
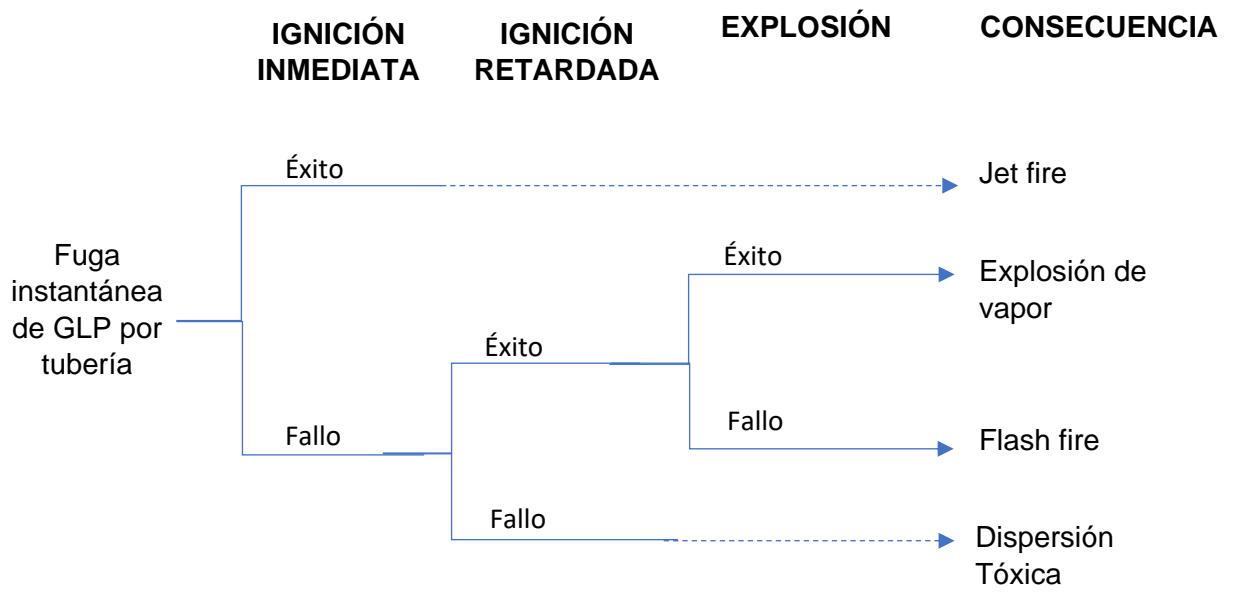
- **Zona de proceso de producción**



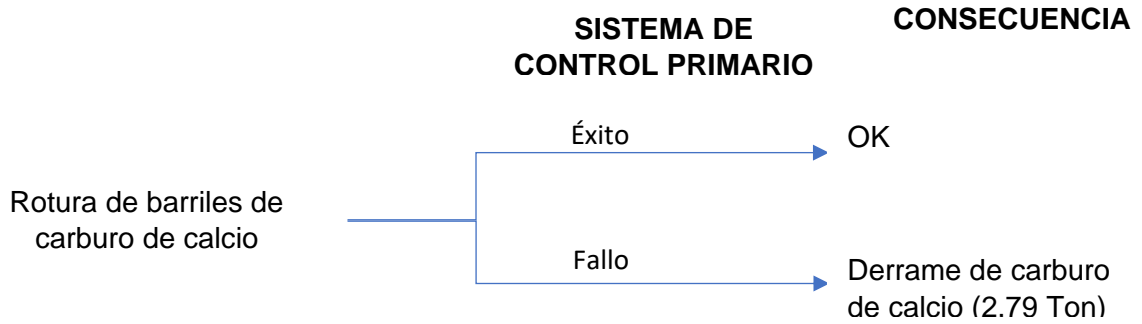
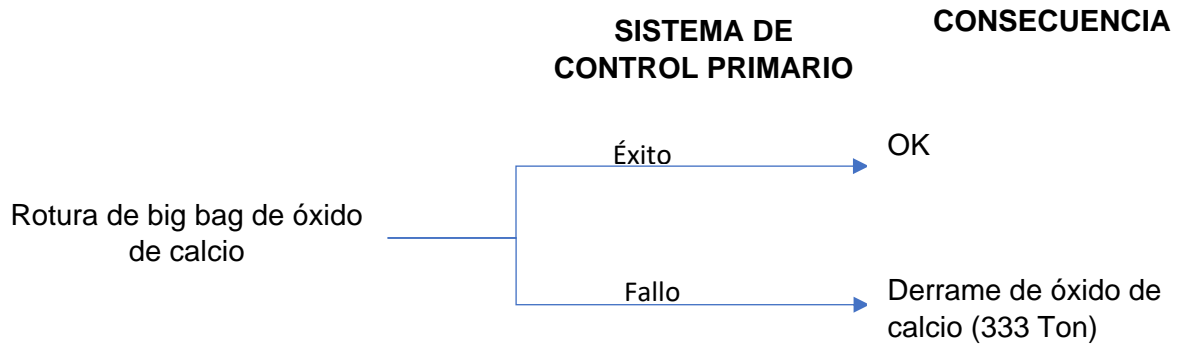
- **Zona de carga/descarga**



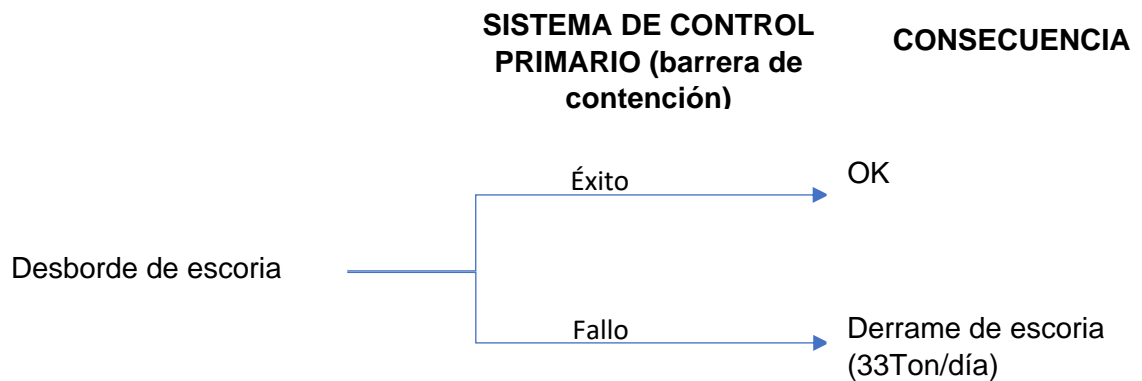


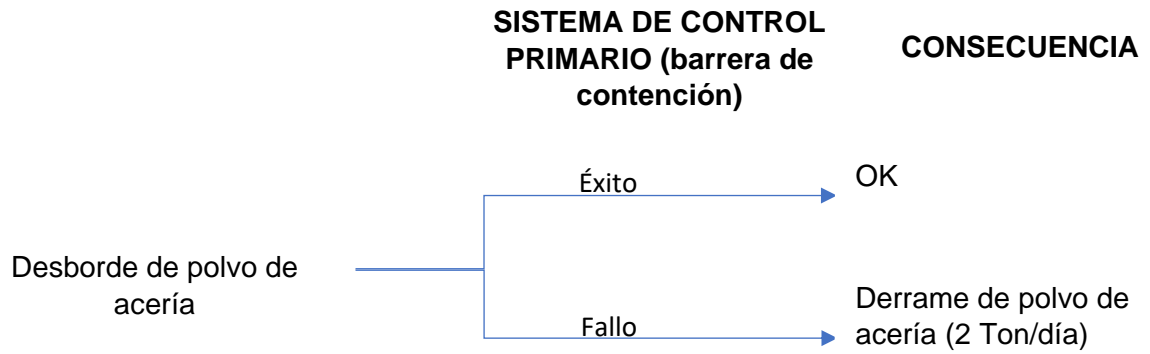


- **Zona de almacenamiento**

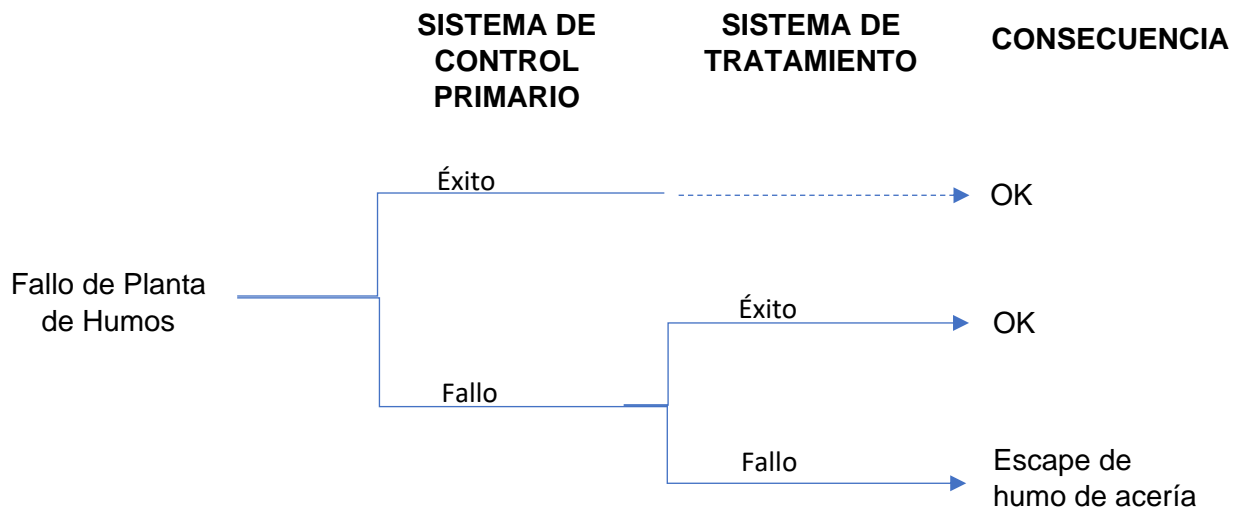


- **Zona de almacenamiento de residuos**

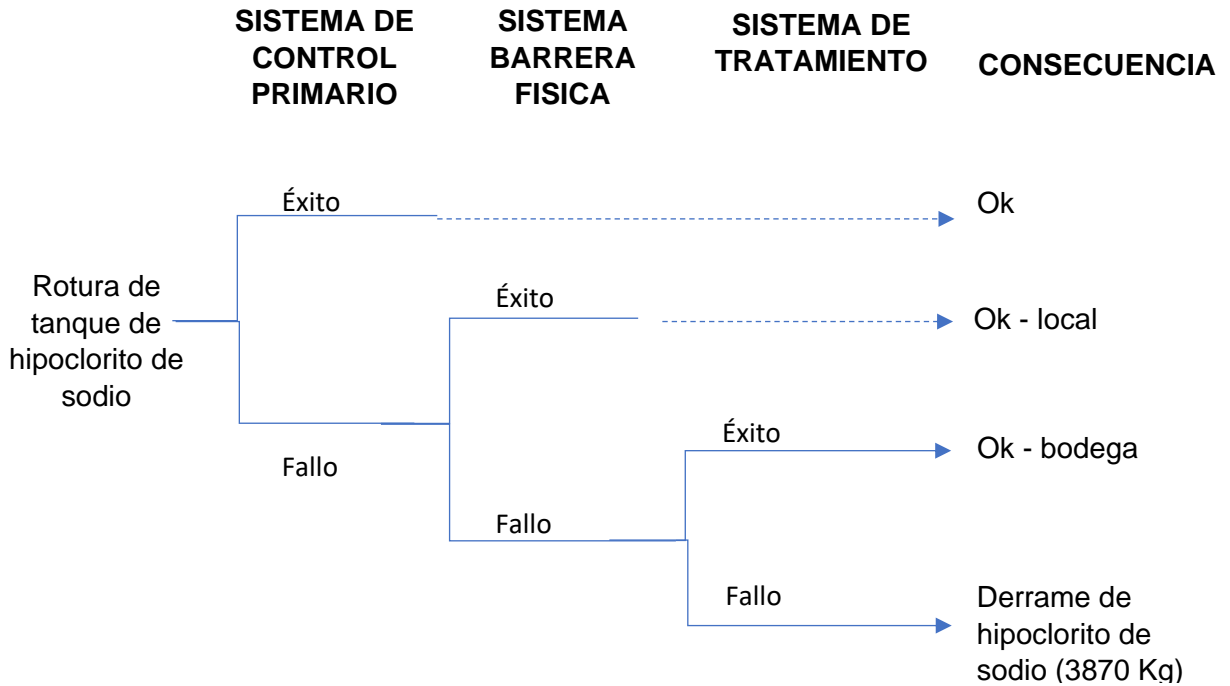
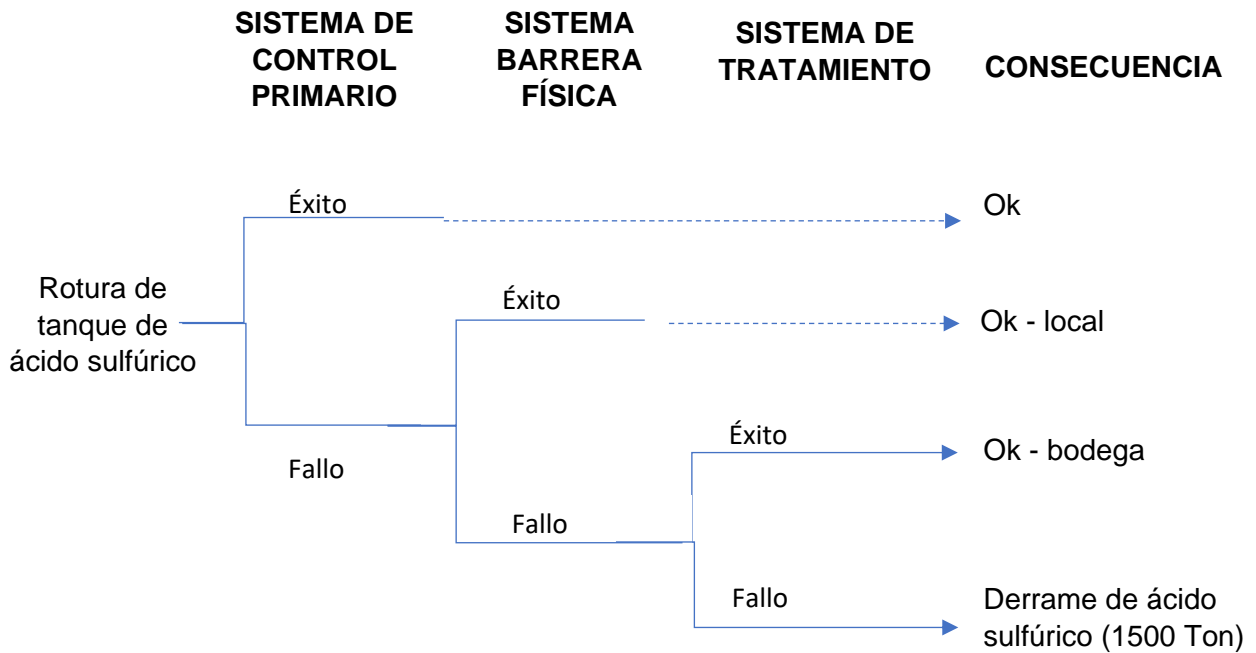


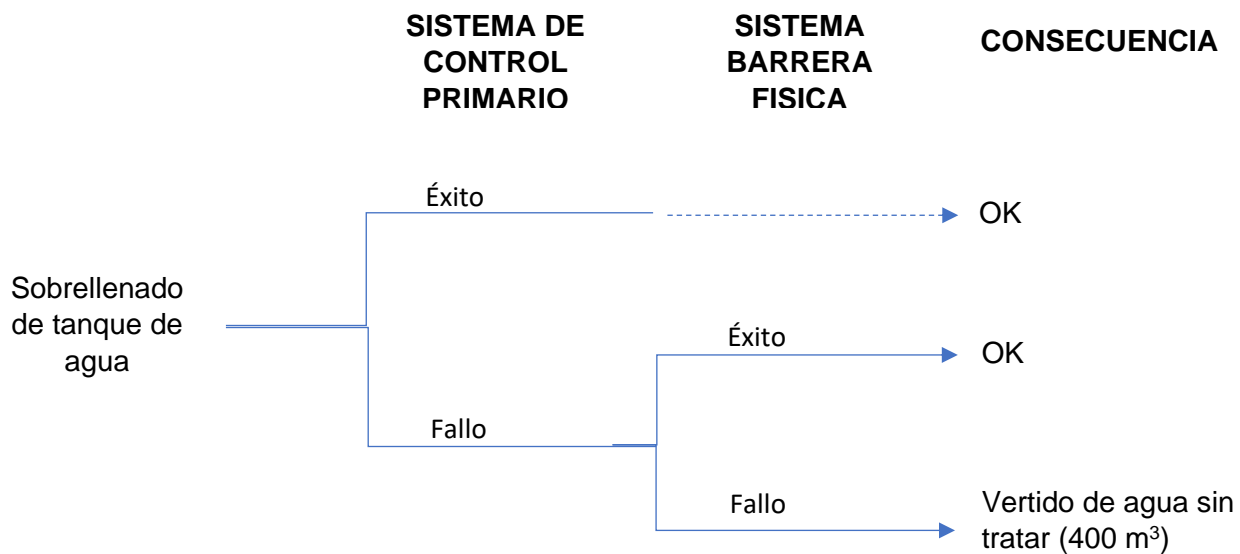


- **Zona del sistema auxiliar – Planta de humos**



- Zona del sistema auxiliar – Planta de tratamiento de agua

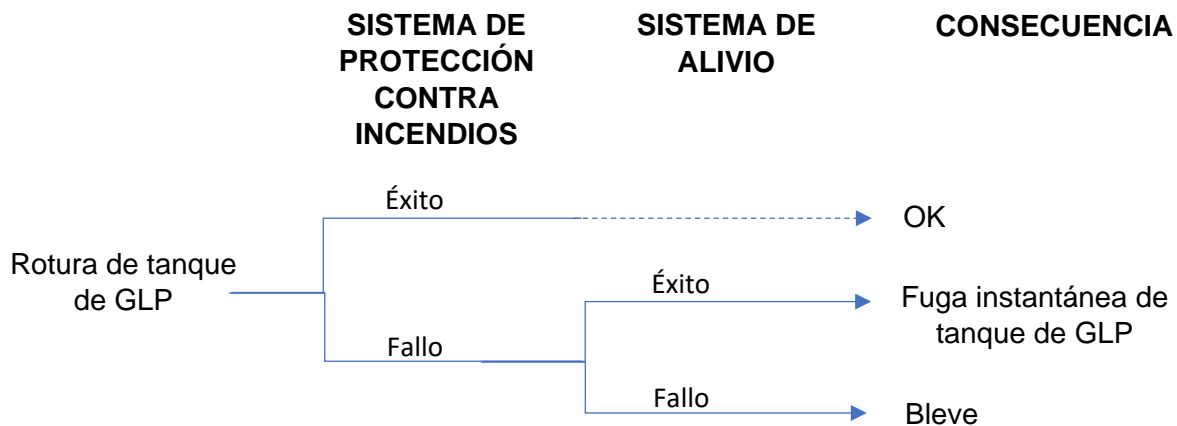


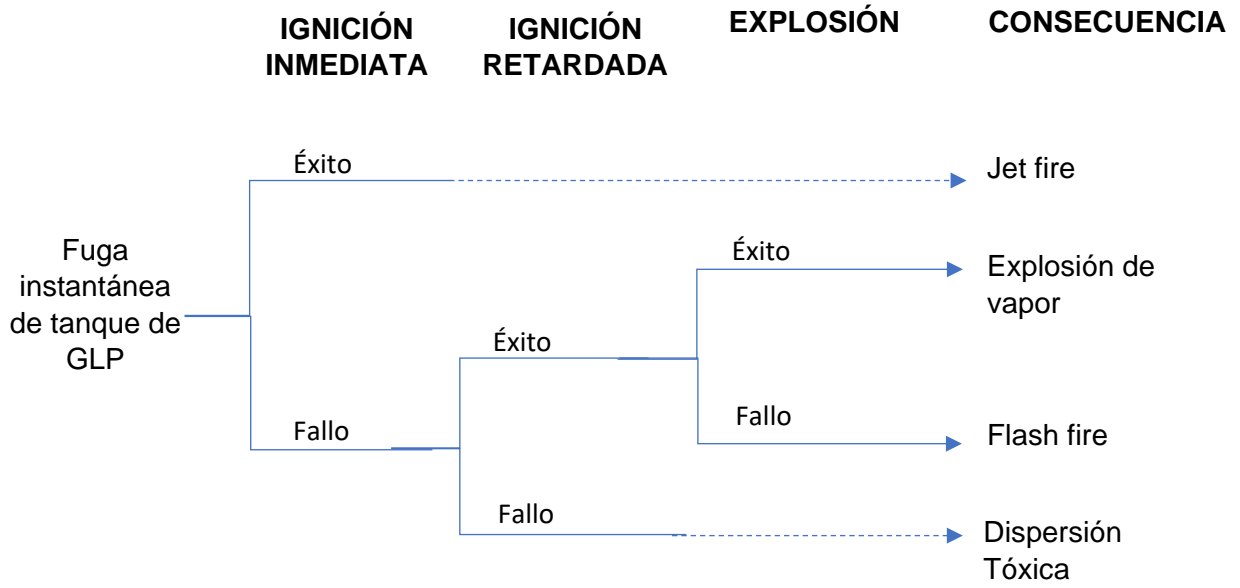


- **Zona del sistema auxiliar – Planta de oxígeno**

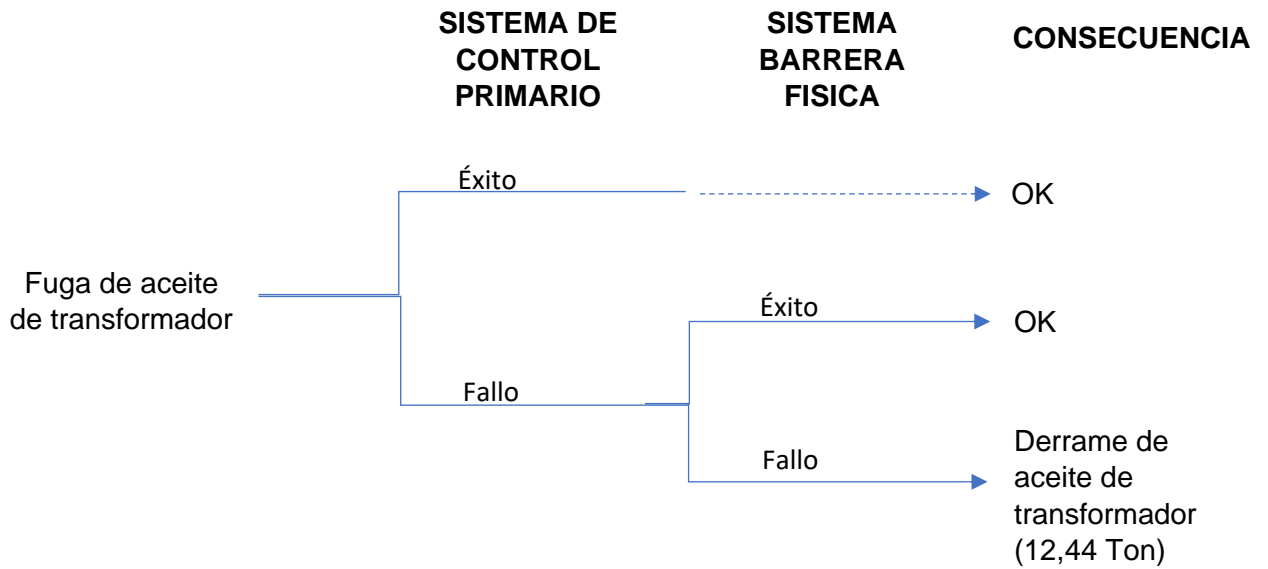
No se evalúa debido a que no representa riesgo ambiental

- **Zona del sistema auxiliar – GLP**





- **Zona del sistema auxiliar -Subestación eléctrica**



5.4. ESCENARIOS ACCIDENTALES CONSIDERADOS

En la tabla a continuación se muestran los escenarios accidentales propuestos, se han tomado en cuenta los insumos utilizados (materia prima y sustancias auxiliares) y su peligrosidad, descartándose los que no representan mayor riesgo.

Tabla 25 Escenarios accidentales

INSTALACIÓN – ÁREA	SUCESO INICIADOR	ESCENARIOS ACCIDENTABLES
Proceso Productivo	Rotura de envase contenedor de insumo	Rotura de big bag de 1000 Kg de óxido de calcio
		Rotura de envase de 14 kg de carburo de calcio
Carga/descarga	Rotura de envase contenedor de insumo	Rotura de big bag de 1000 Kg de óxido de calcio
		Rotura de bidón de 250 kg de ácido sulfúrico
		Rotura de cisterna de 1000 kg de hipoclorito de sodio
	Fuga en el camión cisterna	Bleve en el tanque de GLP
		Fuga instantánea de GLP por tubería
		Fuga en el tanque de bunker
Almacenamiento de materia prima	Rotura de envase contenedor de insumo	Fuga en el tanque de diésel
		Rotura de big bag de óxido de calcio (330 Ton)
Almacenamiento de residuos	Rotura de envase contenedor de desecho	Rotura de barriles de carburo de calcio (2,79 Ton)
		Desborde de escoria (33 Ton diarias aproximadamente)
Sistema auxiliar – Planta de Humos	Fallo en sistema de extracción	Desborde de polvo de acería (2 Ton diarias aproximadamente)
Sistema auxiliar – Planta de Tratamiento de Agua	Parada de la planta de tratamiento	Presencia de humo de acería por fallo en el sistema de extracción
	Rotura de envase contenedor de insumo	Vertido de 400 m ³ de agua sin tratar con óxido de hierro
Sistema auxiliar – Planta de oxígeno	Rotura de envase contenedor de insumo	Rotura de tanque de 1500 Kg de ácido sulfúrico
	Fuga de gases por tubería de alimentación a la planta	Rotura de tanque de 3870 Kg de hipoclorito de sodio al 10%
Sistema auxiliar - GLP	Rotura de envase contenedor de gases	Rotura de tanque de 25000 Kg de oxígeno
	Fuga de combustible por tubería de alimentación a la planta	Rotura de tubería de alimentación de Oxígeno
Sistema auxiliar – Subestación Eléctrica	Corto Circuito (Incendio por corto circuito)	Bleve en el tanque de 15000 Kg de GLP
		Rotura de la tubería de alimentación de GLP
		Derrame de 13900 L de aceite de transformadores

Capítulo 6 CALCULO DEL INDICE DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES (ICM)

6.1. OBTENCION DEL ICM DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

Con la metodología propuesta anteriormente, se procede a realizar los cálculos de cada escenario accidental identificado, con el que se obtendrá posteriormente el Índice Global de Consecuencias Medioambientales.

6.1.1. Zona de Proceso Productivo

Durante el proceso productivo se han considerado dos escenarios accidentales:

- Rotura de big bag de óxido de calcio
- Rotura de envase de carburo de calcio

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartado A1.1. Oxido de calcio y A1.2. Carburo de calcio.

Según su frase R, las sustancias no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad y la cantidad presente en un día normal de proceso.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad de sustancia usada durante un día de producción y el medio de carga hacia el proceso, es decir, para el caso del óxido de calcio se considera que se realiza la carga de la sustancia por big bag de 1000 Kg y el carburo de calcio una carga de 14 Kg.

Se considera que el evento ocurre como sustancias puras y no tienen sinergia con otras sustancias, al ser cargadas de manera individual al proceso.

Tabla 26 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de proceso productivo

SUSTANCIA	Oxido de Calcio	Carburo de Calcio
N° CAS	1305-78-8	75-20-7
TOXICIDAD		
Frase R	R41	R14
Peligrosidad	LC50 = 160 mg / lts	Tóxico
Cantidad Presente	1000 Kg	14 Kg
Valor Toxicidad	4	6
VOLATILIDAD		
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	1,77E-18	3,39E-37
Log H	-17,752	-36,470
Valor Volatilidad	5	5
BIOCONCENTRACIÓN		
Log BCF	0,5	0,5
Valor Bioconcentración	0	0
ADSORCIÓN		
Log Kwo	-0,57	-0,3
Valor Adsorción	0	0
BIODEGRADACIÓN		
BD (semanas)	3,0752	3,0575
Valor Biodegradación	3	3
SINERGIA	Sustancia pura	Sustancia pura
Valor Sinergia	0	0
VALOR TOTAL	12	14

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 27 Resumen del incidente “rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de proceso productivo”

SUSTANCIA		Oxido de Calcio			
N° CAS		1305-78-8	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	4	12	10,00	3,33
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	1000 Kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	3,5		1,17
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0,5			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,25

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,25, para rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de proceso productivo.

Tabla 28 Resumen del incidente “rotura de envase de carburo de calcio en la zona de proceso productivo”

SUSTANCIA		Carburo de calcio			
N° CAS		75-20-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	14	11,67	3,89
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	14 Kg	1		0,25
REC EPT	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	3,5		1,17

SUSTANCIA		Carbuo de calcio			
N° CAS		75-20-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0,5			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,56

6.1.2. Zona de carga/descarga

En la zona de carga/descarga se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Rotura de big bag de óxido de calcio
- Rotura de bidón de ácido sulfúrico
- Rotura de cisterna de hipoclorito de sodio
- Blevé en el tanque de GLP
- Fuga en el tanque de bunker
- Fuga en el tanque de diésel

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartados: A1.1. Oxido de calcio, A1.3. Ácido sulfúrico, A1.4. Hipoclorito de sodio, A1.5. GLP, A1.6. Diésel.

Según su frase R, las sustancias (excepto el hipoclorito de sodio) no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad.

Tabla 29 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de carga/descarga

SUSTANCIA	Oxido de Calcio	Ácido Sulfúrico	Hipoclorito de Sodio	GLP	Bunker	Diésel
N° CAS	1305-78-8	7664-93-9	7681-52-9	68476-85-7	68553-00-4	68476-34-6
TOXICIDAD						
Frase R	R41	R35	R31, R34, R50	R12		R40, R65
Peligrosidad	LC50 = 160 mg / lts	Tóxico		Muy Inflamable	Tóxico	LC50>5 mg/l
Cantidad Presente	1000 Kg	250 kg	1000 Kg	8000 kg	10000 gal	4000 gal
Valor Toxicidad	4	6	10	3	6	8
VOLATILIDAD						
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	1,77E-18	1,85E-11	1,01E-20	9,79E-01		9,20E+00
Log H	-17,752	-10,734	-19,996	-0,009	-	0,964
Valor Volatilidad	5	5	5	3	-	3
BIOCONCENTRACIÓN						
Log BCF	0,5	0,5	0,5	1,904		3,43
Valor Bioconcentración	0	0	0	1	-	2
ADSORCIÓN						
Log K _{ow}	-0,57	-2,2	-0,87	3,39		7,2
Valor Adsorción	0	0	0	2	-	2
BIODEGRADACIÓN						
BD (semanas)	3,08	2,98	3,08	3,34		3,36
Valor Biodegradación	3	3	3	3	5	3
SINERGIA						
	Mezcla de sustancias no sinérgicas	Mezcla de sustancias sinérgicas	Mezcla de sustancias sinérgicas	Sustancia pura	Mezcla de sustancias no sinérgicas	Mezcla de sustancias no sinérgicas
Valor Sinergia	2	3	3	0	2	2
VALOR TOTAL	14	17	21	12	13	20

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad de sustancia cargada y descargada en función a su presentación.

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 30 Resumen del incidente “rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		Óxido de Calcio			
N° CAS		1305-78-8	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	4	14	11,67	3,89
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	1000 Kg	2		0,5
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	3,5		1,17
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0,5			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,81

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,81, para rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de carga/descarga.

Tabla 31 Resumen del incidente “rotura de bidón de ácido sulfúrico en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		Ácido Sulfúrico			
N° CAS		7664-93-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	17	14,17	4,72
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	3			
	Cantidad involucrada	250 kg	1		0,25

SUSTANCIA		Ácido Sulfúrico			
N° CAS		7664-93-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					6,56

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 6,56, para rotura del bidón de ácido sulfúrico en la zona de carga/descarga.

Tabla 32 Resumen del incidente “rotura de cisterna de hipoclorito de sodio en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		Hipoclorito de Sodio			
N° CAS		7681-52-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	21	17,50	5,83
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	3			
	Cantidad involucrada	1000 Kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					7,92

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 7,92, para rotura de cisterna de hipoclorito de sodio en la zona de carga/descarga.

Tabla 33 Resumen del incidente “bleve en tanque de GLP en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	3	12	10,00	3,33
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	8000 kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	390 m ²	5		1,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					6,42

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 6,42; para bleve en tanque de GLP en la zona de carga/descarga.

Según se muestra en la tabla a continuación, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,42; para jet fire, explosión de vapor, flash fire y dispersión tóxica en tanque de GLP en la zona de carga/descarga.

Tabla 34 Resumen del incidente “Jet fire, explosión de vapor, flash fire y dispersión tóxica en tanque de GLP en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	3	12	10,00	3,33
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2,00			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	8000 kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	10 m ²	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,42

Tabla 35 Resumen del incidente “fuga en taque de bunker en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		BUNKER			
N° CAS		68553-00-4	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	6	5	1,67
	Volatilidad	0			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación				
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	10000 gal	3		0,75
R E C	Área afectada	< 1	1		0,25

	Tipo de entorno afectado	4	9		3,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	1,5			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0,5			
	Población afectada	2			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,67

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,67; para fuga en el tanque de bunker en la zona de carga/descarga.

Tabla 36 Resumen del incidente “explosión de vapor por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		DIESEL			
N° CAS		68476-34-6	PUNTAJACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	8	20	16,67	5,56
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	2			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	4000 gal	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,56

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,56; para explosión de vapor por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga.

Tabla 37 Resumen del incidente “flash fire por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		Diésel			
N° CAS		68476-34-6	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	8	20	16,67	5,56
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	2			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	4000 gal	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	2 hectáreas	3		0,75
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					9,06

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 9,06; para flash fire por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga.

Tabla 38 Resumen del incidente “dispersión tóxica por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga”

SUSTANCIA		DIESEL			
N° CAS		68476-34-6	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	8	20	16,67	5,56
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	2			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	4000 gal	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	0,54 km ²	10		2,50
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					10,81

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 10,81; para dispersión tóxica por fuga de diésel en tubería en la zona de carga/descarga.

6.1.3. Zona de almacenamiento de materia prima

En la zona de almacenamiento de materia prima se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Rotura de big bag de óxido de calcio
- Rotura de barriles de carburo de calcio

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartado A1.1. Oxido de calcio y A1.2. Carburo de calcio:

Tabla 39 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de almacenamiento de materia prima

SUSTANCIA	Oxido de Calcio	Carburo de Calcio
N° CAS	1305-78-8	75-20-7
TOXICIDAD		
Frase R	R41	R14
Peligrosidad	LC50 = 160 mg / L	Tóxico
Cantidad Presente	333 Ton	2,79 Ton
Valor Toxicidad	4	6
VOLATILIDAD		
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	1,77E-18	3,39E-37
Log H	-17,752	-36,470
Valor Volatilidad	5	5
BIOCONCENTRACIÓN		
Log BCF	0,5	0,5
Valor Bioconcentración	0	0
ADSORCIÓN		
Log K _{ow}	-0,57	-0,3
Valor Adsorción	0	0
BIODEGRADACIÓN		
BD (semanas)	3,08	3,06
Valor Biodegradación	3	3
SINERGIA	Mezcla de sustancias no sinérgicas	Mezcla de sustancias no sinérgicas
Valor Sinergia	2	2
VALOR TOTAL	14	16

Según su frase R, las sustancias no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad máxima aproximada almacenada mensualmente.

Se considera que en el evento no hay sinergia con otras sustancias.

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 40 Resumen del incidente “derrame de óxido de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima”

SUSTANCIA		Oxido de Calcio			
N° CAS		1305-78-8	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	4	14	11,67	3,89
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	333 Ton	8		2
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	3		1,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					7,14

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 7,14, para rotura de big bag de óxido de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima.

Tabla 41 Resumen del incidente “rotura de barriles de carburo de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima”

SUSTANCIA		Carburo de Calcio			
N° CAS		75-20-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	16	13,33	4,44
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	2,79 Ton	1		0,25

SUSTANCIA		Carburo de Calcio			
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	3		1,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,94

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,94, para rotura de barriles de carburo de calcio en la zona de almacenamiento de materia prima.

6.1.4. Zona de almacenamiento de residuos

En la zona de almacenamiento de residuos se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Desborde de escoria
- Desborde de polvo de acería

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartados A1.7. Óxido de hierro y A1.8. Escoria.

Según su frase R, las sustancias no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad de sustancia generada en un día de producción.

Se considera que el evento ocurre como sustancias puras y no tienen sinergia con otras sustancias, al ser cargadas de manera individual en el proceso.

Tabla 42 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de almacenamiento de residuos

SUSTANCIA	Polvo de acería (óxido de hierro)	Escoria (óxido de silicio)
N° CAS	1309-37-1	007631-86-9
TOXICIDAD		
Frase R	R36, R37	
Peligrosidad	Toxico	Irritante
Cantidad Presente	2 Ton/día	33 Ton/día
Valor Toxicidad	6	1
VOLATILIDAD		
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	9,01E-17	8,75E-14
Log H	-16,045	-13,058
Valor Volatilidad	5	5
BIOCONCENTRACIÓN		
Log BCF	0,5	0,5
Valor Bioconcentración	0	0
ADSORCIÓN		
Log Kwo	0,97	0,53
Valor Adsorción	0	0
BIODEGRADACIÓN		
BD (semanas)	2,8463	3,0664
Valor Biodegradación	3	3
SINERGIA	Sustancia pura	Sustancia pura
Valor Sinergia	0	0
VALOR TOTAL	14	9

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 43 Resumen del incidente “desborde de polvo de acería en la zona de almacenamiento de residuos”

SUSTANCIA		Polvo de acería (óxido de hierro)			
N° CAS		1309-37-1	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	14	11,67	3,89
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			

	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	2 Ton/día	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,97

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,97; para el desborde de polvo de acería en la zona de almacenamiento de residuos.

Tabla 44 Resumen del incidente “desborde de escoria en la zona de almacenamiento de residuos”

SUSTANCIA		Escoria (óxido de silicio)			
N° CAS		007631-86-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	1	9	7,50	2,50
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	33 Ton/día	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					4,83

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 4,83; para el desborde de escoria en la zona de almacenamiento de residuos.

6.1.5. Zona del sistema auxiliar – Planta de humos

En la zona de la planta de humos se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Escape de humo de acería

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartado A1.7:

Tabla 45 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de planta de tratamiento de humos

SUSTANCIA	Polvo de acería (óxido de hierro)
N° CAS	1309-37-1
TOXICIDAD	
Frase R	R36, R37
Peligrosidad	Toxico
Cantidad Presente	< 1 %
Valor Toxicidad	6
VOLATILIDAD	
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	9,01E-17
Log H	-16,045
Valor Volatilidad	5
BIOCONCENTRACIÓN	
Log BCF	0,5
Valor Bioconcentración	0
ADSORCIÓN	
Log K _{ow}	0,97
Valor Adsorción	0
BIODEGRADACIÓN	
BD (semanas)	2,8463
Valor Biodegradación	3
SINERGIA	Sustancia pura
Valor Sinergia	0
VALOR TOTAL	14

Según su frase R, la sustancia no se encuentra entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tiene en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad aproximada fugada en el evento, en relación a la cantidad generada.

Se considera que el evento ocurre como sustancia pura y no tiene sinergia con otras sustancias.

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 46 Resumen del incidente “escape de humo de acería en la zona de planta de tratamiento de humo”

SUSTANCIA		Polvo de acería (óxido de hierro)			
N° CAS		1309-37-1	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	14	11,67	3,89
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	< 1 %	1		0,25
RECEPTORES	Área afectada	1 - 2,5	3		0,75
	Tipo de entorno afectado	4	11		3,67
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	1,5			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	0,5			
	Población afectada	4			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,56

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,56; para escape de humo de acería en la zona de la planta de tratamiento de humos.

6.1.6. Zona del sistema auxiliar – Planta de tratamiento de agua

En la zona de la planta de tratamiento de agua se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Rotura de tanque de ácido sulfúrico
- Rotura de tanque de hipoclorito de sodio
- Vertido de agua sin tratar con óxido de hierro

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartados A1.3. Ácido sulfúrico, A1.4. Hipoclorito de sodio y A1.9. Óxido de hierro III:

Tabla 47 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de planta de tratamiento de agua

SUSTANCIA	Ácido Sulfúrico	Hipoclorito de Sodio	Agua con Óxido de Hierro (FeO y Fe ₂ O ₃)	
	N° CAS	7664-93-9	7681-52-9	Fe ₂ O ₃
TOXICIDAD				
Frase R	R35	R31, R34, R50	R36, R37	
Peligrosidad	Tóxico		Extremadamente Tóxico	
Cantidad Presente	1500 Kg	3870 Kg	400 m ³	
Valor Toxicidad	6	10	1	
VOLATILIDAD				
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	1,85E-11	1,01E-20	9,01E-17	7,94E-17
Log H	-10,734	-19,996	-16,045	-16,100
Valor Volatilidad	5	5	5	5
BIOCONCENTRACIÓN				
Log BCF	0,5	0,5	0,5	0,478
Valor Bioconcentración	0	0	0	0
ADSORCIÓN				
Log K _{ow}	-2,2	-0,87	0,97	1,23
Valor Adsorción	0	0	0	1
BIODEGRADACIÓN				
BD (semanas)	2,9824	3,0832	2,8463	3,0404
Valor Biodegradación	3	3	3	3
SINERGIA				
	Mezcla de sustancias sinérgicas	Mezcla de sustancias no sinérgicas	Sustancia pura	
Valor Sinergia	3	2	0	0
VALOR TOTAL	17	20	9	10

Según su frase R, el ácido sulfúrico y el agua con óxido de hierro no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su toxicidad. En el caso del hipoclorito de sodio se evalúa con su frase R50 que se encuentra dentro del listado de sustancias peligrosas para el ambiente.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad promedio máxima presente en planta.

Se considera que los eventos que involucran ácido sulfúrico e hipoclorito de sodio tienen sinergia con otras sustancias al estar ubicadas en una zona muy próxima a otras sustancias no compatibles.

Adicionalmente, se valorarán el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en las tablas a continuación:

Tabla 48 Resumen del incidente “rotura de tanque de ácido sulfúrico en la zona de la planta de tratamiento de agua”

SUSTANCIA		Ácido Sulfúrico			
N° CAS		7664-93-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	6	17	14,17	4,72
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Valor sinergia	3			
	Cantidad involucrada	1500 Kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	5		1,67
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	2			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					7,14

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 7,14, para rotura de tanque de ácido sulfúrico en la zona de la planta de tratamiento de agua.

Tabla 49 Resumen del incidente “rotura de tanque de hipoclorito de sodio en la zona de la planta de tratamiento de agua”

SUSTANCIA		Hipoclorito de Sodio			
N° CAS		7681-52-9	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	20	16,67	5,56
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	0			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	2			
	Cantidad involucrada	3870 Kg	2		0,50
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	5		1,67
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	2			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					7,97

Para el incidente rotura de tanque de hipoclorito de sodio en la zona de la planta de tratamiento de agua el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 7,97; y para el incidente vertido de agua sin tratar en la zona de la planta de tratamiento de agua el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,19; según se observa en la tabla a continuación presentada:

Tabla 50 Resumen del incidente “vertido de agua sin tratar en la zona de la planta de tratamiento de agua”

SUSTANCIA		Agua con Óxido de Hierro (FeO y Fe2O3)			
N° CAS			PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	1	10	8,33	2,78
	Volatilidad	5			
	Bioconcentración	0			
	Adsorción	1			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	400 m3	8		2,00
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	4	9,5		3,17
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	1,5			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	2			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,19

6.1.7. Zona del sistema auxiliar – GLP

En la zona de GLP se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Blevé en el tanque de GLP
- Rotura en la tubería de alimentación de GLP

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartado A1.5.

Según su frase R, la sustancia GLP no se encuentran entre las sustancias peligrosas para el medio ambiente, pero para su valoración se tienen en cuenta su peligrosidad en función de su inflamabilidad y la cantidad presente en un día normal de proceso.

Para la valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad de sustancia máxima que se mantiene en planta.

Tabla 51 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de GLP

SUSTANCIA	GLP
N° CAS	68476-85-7
TOXICIDAD	
Frase R	R12
Peligrosidad	Muy Inflamable
Cantidad Presente	15000 Kg
Valor Toxicidad	10
VOLATILIDAD	
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	9,79E-01
Log H	-0,009
Valor Volatilidad	3
BIOCONCENTRACIÓN	
Log BCF	1,904
Valor Bioconcentración	1
ADSORCIÓN	
Log K _{ow}	3,39
Valor Adsorción	2
BIODEGRADACIÓN	
BD (semanas)	3,34
Valor Biodegradación	3
SINERGIA	Sustancia pura
Valor Sinergia	0
VALOR TOTAL	19

Se considera que el evento ocurre como sustancia pura y no tiene sinergia con otras sustancias, al estar situada en una zona alejada del almacenamiento de otras sustancias.

Adicionalmente, se valorará el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en la tabla a continuación, donde se presenta el Índice de Consecuencias Medioambientales de: 10,53, para el bive en el tanque de GLP en la zona del sistema auxiliar de GLP.

Tabla 52 Resumen del incidente “bleve en el tanque de GLP”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	19	15,83	5,28
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	15000 Kg	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	22 hectáreas	10		2,50
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					10,53

Tabla 53 Resumen del incidente “jet fire en el tanque de GLP”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	19	15,83	5,28
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	15000 Kg	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	0,44 hectáreas	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,28

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,28; para el incidente jet fire en el tanque de GLP en la zona del sistema auxiliar de GLP.

Tabla 54 Resumen del incidente “explosión de vapor en el tanque de GLP”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	19	15,83	5,28
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	15000 Kg	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	<1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
	I.C.M				

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,28; para el incidente explosión de vapor en el tanque de GLP en la zona del sistema auxiliar de GLP.

Tabla 55 Resumen del incidente “flash fire en el tanque de GLP”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	19	15,83	5,28
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	15000 Kg	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	1,7 hectáreas	3		0,75
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,78

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,78; para el incidente flash fire en la zona del sistema auxiliar de GLP.

Tabla 56 Resumen del incidente “dispersión tóxica en el tanque de GLP”

SUSTANCIA		GLP			
N° CAS		68476-85-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	10	19	15,83	5,28
	Volatilidad	3			
	Bioconcentración	1			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	15000 Kg	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	0,24 hectáreas	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	3	6		2,00

SUSTANCIA		GLP			
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					8,28

Según se muestra en la tabla anterior, el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 8,28; para la incidente dispersión tóxica en la zona del sistema auxiliar de GLP.

6.1.8. Zona del sistema auxiliar – Subestación eléctrica

En la zona de la subestación eléctrica se han considerado los siguientes escenarios accidentales:

- Derrame de aceite de transformador

Aplicando los criterios propuestos se realizará la evaluación de la peligrosidad de las sustancias, en la tabla a continuación se muestran los resultados obtenidos mediante la herramienta EPI Suite, la información completa se encuentra en el Anexo 1, apartado A1.10.

Para su valoración se tiene en cuenta la peligrosidad en función de su toxicidad y la cantidad presente en un día normal de proceso.

La valoración de la cantidad se hace usando como referencia la cantidad máxima aproximada de aceite de transformador que se encuentra instalada.

Se considera que el evento ocurre como sustancias puras y no tienen sinergia con otras sustancias.

Tabla 57 Valoración de peligrosidad para los escenarios accidentales de la zona de la subestación eléctrica

SUSTANCIA	Aceite de transformador
N° CAS	64742-46-7
TOXICIDAD	
Frase R	
Peligrosidad	LL50: >1000 mg/l
Cantidad Presente	12,44 ton
Valor Toxicidad	1
VOLATILIDAD	
Constante Henry (atm*m ³ /mol)	1,26E+01
Log H	1,10
Valor Volatilidad	2
BIOCONCENTRACIÓN	
Log BCF	3,181
Valor Bioconcentración	2
ADSORCIÓN	
Log K _{ow}	7,71
Valor Adsorción	2
BIODEGRADACIÓN	
BD (semanas)	3,3264
Valor Biodegradación	3
SINERGIA	Sustancia pura
Valor Sinergia	0
VALOR TOTAL	10

Adicionalmente, se valorará el resto de parámetros que influyen en cada uno de los subfactores y se determina la puntuación final del I.C.M, los resultados se muestran en la tabla a continuación, donde el Índice de Consecuencias Medioambientales es: 5,11, para derrame de aceite de transformador en la zona de la subestación eléctrica.

Tabla 58 Resumen del incidente “derrame de aceite de transformador”

SUSTANCIA		Aceite de transformador			
N° CAS		64742-46-7	PUNTUACIÓN TOTAL	VALOR ESTANDARIZADO	VALOR NORMALIZADO
FUENTES DE PELIGRO	Toxicidad	1	10	8,33	2,78
	Volatilidad	2			
	Bioconcentración	2			
	Adsorción	2			
	Biodegradación	3			
	Sinergia	0			
	Cantidad involucrada	12,44 ton	3		0,75
RECEPTORES	Área afectada	< 1	1		0,25
	Tipo de entorno afectado	1	4		1,33
	Categoría de protección de especies	1			
	Impacto en actividades económicas (+)	0			
	Alteración recursos naturales e infraestructura (+)	1			
	Población afectada	1			
	Población sensible (+)	0			
I.C.M					5,11

Capítulo 7 RIESGO AMBIENTAL

7.1. VALORIZACION DEL RIESGO AMBIENTAL

Luego de identificar y clasificar los accidentes como se presentan en la tabla a continuación, se determinan las frecuencias del iniciador mediante bibliografía [18][19] y posteriormente la frecuencia de ocurrencia del escenario accidental.

Tabla 59 Listado de escenarios accidentales valorados

INSTALACIÓN	ACCIDENTE	CONSECUENCIA
I1: Zona de proceso	I1.1	Derrame de óxido de calcio (1000 Kg)
	I1.2	Derrame de carburo de calcio (14 Kg)
I2: Zona de carga / descarga	I2.1	Derrame de óxido de calcio (1000 Kg)
	I2.2	Derrame de ácido sulfúrico (250 Kg)
	I2.3	Derrame de hipoclorito de sodio (1000 Kg)
	I2.4.a	Bleve por rotura de tubería de GLP
	I2.4.b	Jet Fire por fuga instantánea de GLP por tubería
	I2.4.c	Explosión de vapor por fuga instantánea de GLP por tubería
	I2.4.d	Flash fire por fuga instantánea de GLP por tubería
	I2.4.e	Dispersión tóxica por fuga instantánea de GLP por tubería
	I2.5	Derrame de bunker
	I2.6.a	Explosión de vapor por fuga instantánea de diésel en tubería
	I2.6.b	Flash fire por fuga instantánea de diésel en tubería
	I2.6.c	Dispersión tóxica por fuga instantánea de diésel en tubería
I3: Zona de almacenamiento	I3.1	Derrame de óxido de calcio (333 Ton)
	I3.2	Derrame de carburo de calcio (2,79 Ton)
I4: Zona de almacenamiento de residuos	I4.1	Derrame de polvo de acería (2 Ton/día)
	I4.2	Derrame de escoria (33Ton/día)
I5: Zona Planta de humos	I5.1	Escape de humo de acería
I6: Zona de planta de tratamiento de agua	I6.1	Derrame de ácido sulfúrico (1500 Kg)
	I6.2	Derrame de hipoclorito de sodio (3870 Kg)
	I6.3	Vertido de agua sin tratar
I7: Zona del sistema auxiliar GLP	I7.1	Bleve en tanque de almacenamiento de GLP
	I7.2	Jet Fire en tanque de almacenamiento de GLP
	I7.3	Explosión de vapor en tanque de almacenamiento de GLP
	I7.4	Flash fire en tanque de almacenamiento de GLP
	I7.5	Dispersión tóxica en tanque de almacenamiento de GLP
I8: Zona de la subestación eléctrica	I8.1	Derrame de aceite de transformador (12,44 Ton)

En la tabla siguiente se presenta el valor del riesgo ambiental en función de los factores anteriormente desarrollados: Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) y probabilidad de ocurrencia de los accidentes:

En donde:

FS1= Fallo del sistema de control primario

FS2= Fallo del sistema de control de incendios

FS3= Sistema de barrera física

FS4= Sistema de alivio

FS5= Sistema de tratamiento

II= Ignición inmediata

IR= Ignición retardada

EX= Explosión de vapor

DT= Dispersión tóxica

Tabla 60 Valorización del riesgo medioambiental

ACCIDENTE	DESCRIPCIÓN	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	II	IR	EX	DT	CONSECUENCIA	ICM	F _{inicial} (año-1)	FRECUENCIA (año-1)	RIESGO
I1.1	Rotura de big bag de óxido de calcio	x								x	Derrame de óxido de calcio (1000 Kg)	5,25	1,00E-02	9,23E-05	4,85E-04
I1.2	Rotura de envase de carburo de calcio	x								x	Derrame de carburo de calcio (14 Kg)	5,56	1,00E-02	9,23E-05	5,13E-04
I2.1	Rotura de big bag de óxido de calcio	x								x	Derrame de óxido de calcio (1000 Kg)	5,81	1,00E-02	9,23E-05	5,36E-04
I2.2	Rotura de bidón de ácido sulfúrico	x								x	Derrame de ácido sulfúrico (250 Kg)	6,56	1,00E-02	9,23E-05	6,05E-04
I2.3	Rotura de cisterna de hipoclorito de sodio	x								x	Derrame de hipoclorito de sodio (1000 Kg)	7,92	1,00E-05	9,23E-08	7,31E-07
I2.4.a	Rotura de tubería de GLP		x		x		x				Bleve por rotura de tubería de GLP	6,42	1,00E-05	9,00E-14	5,78E-13
I2.4.b	Fuga de GLP por tubería		x				x				Jet Fire por fuga instantánea de GLP por tubería	5,42	3,29E-08	2,96E-12	1,60E-11
I2.4.c	Fuga de GLP por tubería		x					x	x		Explosión de vapor por fuga instantánea de GLP por tubería	5,42	3,29E-08	8,81E-13	4,78E-12
I2.4.d	Fuga de GLP por tubería		x					x			Flash fire por fuga instantánea de GLP por tubería	5,42	3,29E-08	2,20E-12	1,19E-11
I2.4.e	Fuga de GLP por tubería		x							x	Dispersión tóxica por fuga instantánea de GLP por tubería	5,42	3,29E-08	3,03E-11	1,64E-10
I2.5	Fuga en el tanque de bunker	x								x	Derrame de bunker	5,67	3,95E-06	3,64E-08	2,06E-07
I2.6.a	Fuga instantánea de diésel por tubería							x	x		Explosión de vapor por fuga instantánea de diésel en tubería	8,56	3,95E-07	1,06E-08	9,05E-08
I2.6.b	Fuga instantánea de diésel por tubería							x	x		Flash fire por fuga instantánea de diésel en tubería	9,06	3,95E-07	1,06E-08	9,58E-08
I2.6.c	Fuga instantánea de diésel por tubería									x	Dispersión tóxica por fuga instantánea de diésel en tubería	10,81	3,95E-07	3,64E-07	3,94E-06
I3.1	Rotura de big bag de óxido de calcio (fenómeno natural)	x								x	Derrame de óxido de calcio (333 Ton)	7,14	1,00E-02	9,23E-05	6,59E-04
I3.2	Rotura de barriles de carburo de calcio (fenómeno natural)	x								x	Derrame de carburo de calcio (2,79 Ton)	5,94	1,00E-02	9,23E-05	5,48E-04
I4.1	Desborde de escoria	x								x	Derrame de polvo de acería (2 Ton/día)	5,97	5,48E-07	5,06E-09	3,02E-08
I4.2	Desborde de polvo de acería	x								x	Derrame de escoria (33Ton/día)	4,83	5,48E-07	5,06E-09	2,44E-08

ACCIDENTE	DESCRIPCIÓN	FS1	FS2	FS3	FS4	FS5	II	IR	EX	DT	CONSECUENCIA	ICM	F _{inicial} (año-1)	FRECUENCIA (año-1)	RIESGO
15.1	Fallo de la planta de humos	x				x				x	Escape de humo de acería	8,56	1,37E-05	1,26E-10	1,08E-09
16.1	Rotura de tanque de ácido sulfúrico	x		x		x				x	Derrame de ácido sulfúrico (1500 Kg)	7,14	1,00E-05	9,23E-15	6,59E-14
16.2	Rotura de tanque de hipoclorito de sodio	x		x		x				x	Derrame de hipoclorito de sodio (3870 Kg)	7,97	1,00E-05	9,23E-15	7,36E-14
16.3	Sobrellenado de tanque de agua	x		x						x	Vertido de agua sin tratar	8,19	5,48E-06	5,06E-12	4,14E-11
17.1	Rotura de tanque de GLP		x		x		x				Bleve en tanque de almacenamiento de GLP	10,53	1,00E-05	9,00E-14	9,48E-13
17.2	Fuga instantánea de tanque de GLP		x				x				Jet Fire en tanque de almacenamiento de GLP	8,28	5,00E-07	4,50E-11	3,73E-10
17.3	Fuga instantánea de tanque de GLP		x					x	x		Explosión de vapor en tanque de almacenamiento de GLP	8,28	5,00E-07	1,34E-11	1,11E-10
17.4	Fuga instantánea de tanque de GLP		x					x			Flash fire en tanque de almacenamiento de GLP	8,78	5,00E-07	3,35E-11	2,94E-10
17.5	Fuga instantánea de tanque de GLP		x							x	Dispersión tóxica en tanque de almacenamiento de GLP	8,28	5,00E-07	4,62E-10	3,82E-09
18.1	Fuga de aceite de transformador	x		x						x	Derrame de aceite de transformador (12,44 Ton)	5,11	5,00E-07	4,62E-13	2,36E-12

7.2. ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

A continuación, se presenta gráficamente la valoración del riesgo ambiental en función de los factores que la componen:

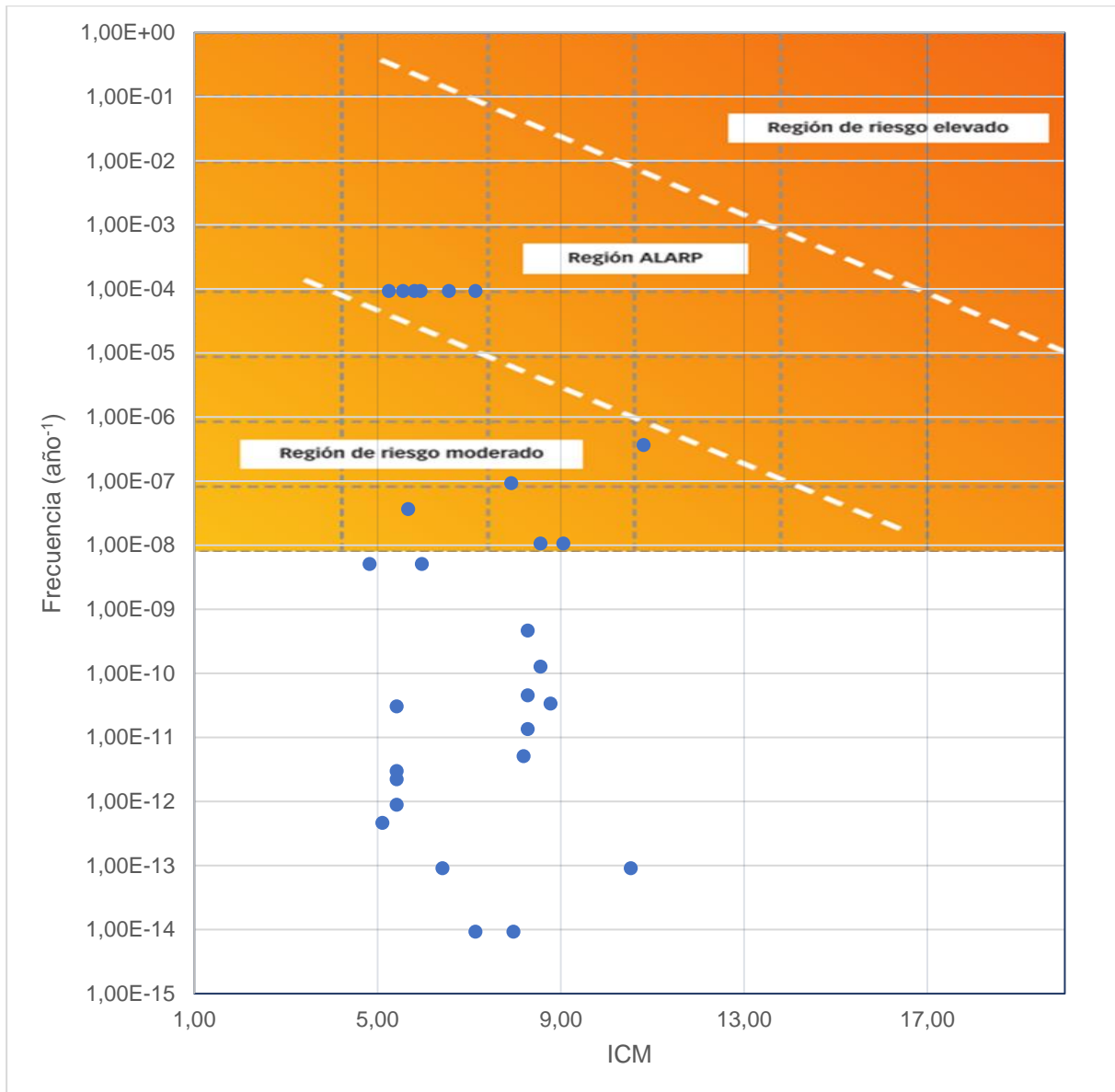


Figura 3 Índice de riesgo medioambiental de todos los escenarios accidentales

La mayor cantidad de escenarios estudiados se encuentran situados en la región de riesgo moderado y bajo un ICM de 9. Por otro lado, en la figura a continuación presentada, se muestran los escenarios que resultan ser significativos en este estudio, los cuales deben ser tomados en cuenta en posteriores propuestas de mejora y gestión.

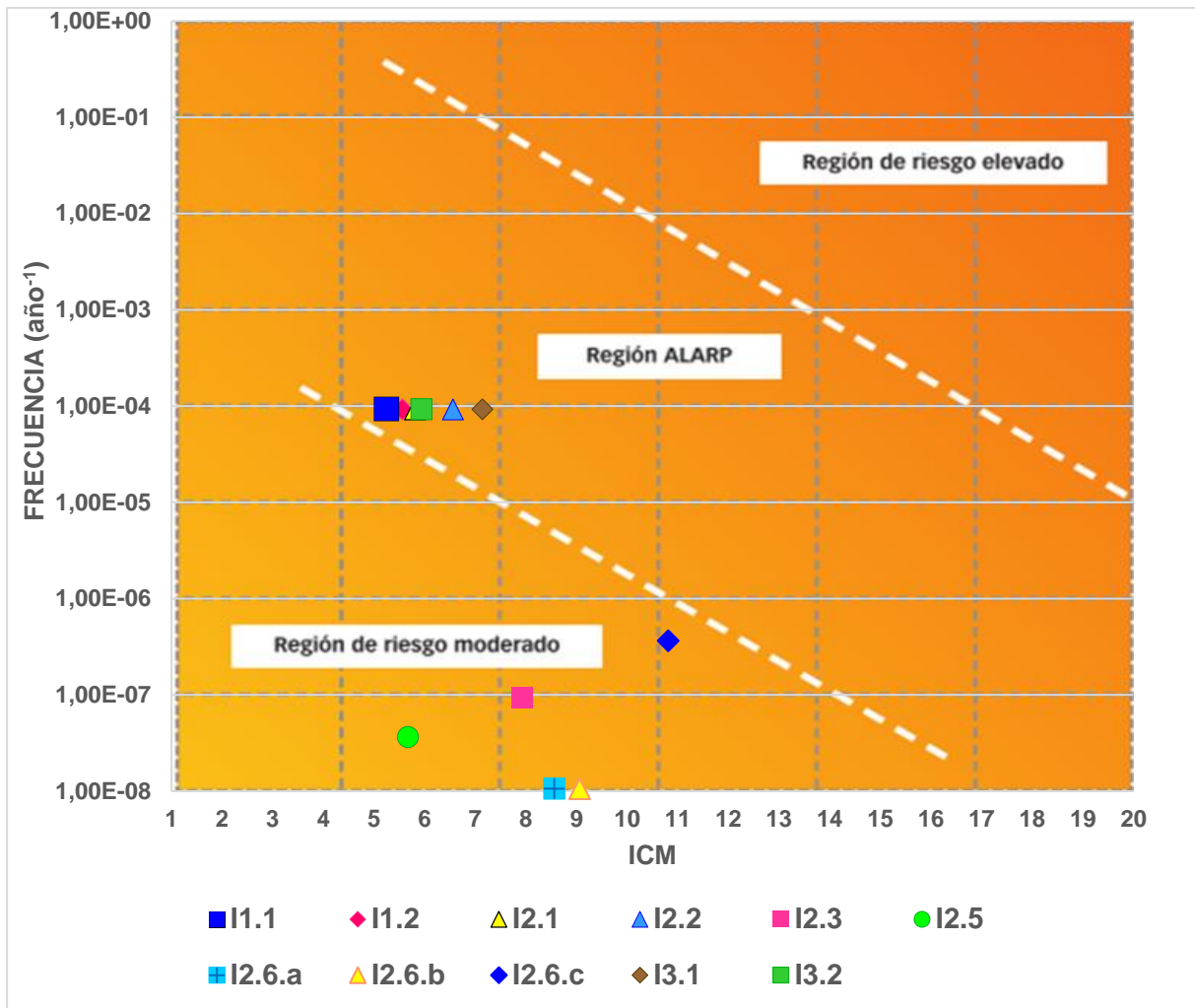


Figura 4 Índice de riesgo medioambiental de los escenarios que presentan mayor riesgo

Donde:

I1.1 = Derrame de óxido de calcio (1000 kg) en la zona de proceso

I1.2 = Derrame de carburo de calcio (14 Kg) en la zona de proceso

I2.1 = Derrame de óxido de calcio (1000 Kg) en la zona de carga/descarga

I2.2 = Derrame de ácido sulfúrico (250 kg) en la zona de carga/descarga

I2.3 = Derrame de hipoclorito de sodio (1000 kg) en la zona de carga/descarga

I2.5 = Derrame de bunker en la zona de carga/descarga

I2.6.a = Explosión de vapor por fuga instantánea de diésel en la tubería en la zona de carga/descarga

I2.6.b = Flash fire por fuga instantánea de diésel en la tubería en la zona de carga/descarga

I2.6.c = Dispersión tóxica por fuga instantánea de diésel en la tubería en la zona de carga/descarga

I3.1 = Derrame de óxido de calcio (333 Ton) en la zona de almacenamiento

I3.2 = Derrame de carburo de calcio (2,79 Ton) en la zona de almacenamiento

Capítulo 8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1. CONCLUSIONES

El análisis de riesgo ambiental propuesto, es una herramienta que permitirá la identificación y evaluación de los diferentes riesgos presentes en cada área de trabajo, dando al responsable del establecimiento el conocimiento que le permitirá gestionar mejoras en el ámbito de seguridad.

En Novacero Planta Lasso, existe gran cantidad de sustancias químicas que se usan permanente y periódicamente, por lo que para este estudio se han tomado en cuenta las sustancias más importantes de acuerdo a su peligrosidad y cantidad presente; no obstante, se puede realizar el mismo de manera más detallada en cada área de trabajo dentro de la planta.

Como resultado del análisis se determina que las zonas que representan mayor riesgo ambiental son las zonas de proceso (acería), zona de carga/descarga de sustancias y la zona de almacenamiento.

Se determinó que el incidente I3.1 Derrame de óxido de calcio en la zona de almacenamiento representa el de mayor riesgo medioambiental dentro de la planta.

Luego del análisis realizado y como se muestra en la figura 3, se determinó que hay 6 eventos accidentales que deben ser considerados como importantes debido a que se ubican en la zona de ALARP y que deben ser reducidos hasta sus niveles más bajos posibles, estos eventos son: I1.1 Derrame de óxido de calcio en la zona de proceso, I1.2 Derrame de carburo de calcio en la zona de proceso, I2.1 Derrame de óxido de calcio en la zona de carga/descarga, I2.2 Derrame de ácido sulfúrico en la zona de carga/descarga, I3.1 Derrame de óxido de calcio en la zona de almacenamiento y I3.2 Derrame de carburo de calcio en la zona de almacenamiento.

Las zonas: almacenamiento de residuos, planta de tratamiento de humos, planta de tratamiento de agua, sistema auxiliar GLP y subestación eléctrica, tienen sistemas de controles que permiten mantener al mínimo el riesgo de incidentes.

Como se observa en la figura 3, la mayoría de los escenarios accidentales estudiados se localizan en la zona de riesgo moderado y bajo la misma, resultando como riesgos no representativos, aunque se puede tomar en cuenta que existen 3 puntos con un ICM alto a

comparación del resto de eventos, se tratan de los incidentes: I2.6.b y I2.6.c siendo una fuga instantánea de diésel por la tubería en la zona de carga/descarga pudiendo ocasionar un flash fire y una dispersión tóxica respectivamente; y el I7.1 Blevé en el tanque de almacenamiento de GLP.

8.2.RECOMENDACIONES

Se debe registrar la información de los incidentes acontecidos dentro del establecimiento, con el fin de contar con los datos necesarios para su posterior modelización.

En los incidentes I1.1, I2.1 y I3.1 (derrames de óxido de calcio) para disminuir su índice de riesgo es recomendable:

- Inspeccionar el estado de los big bag de almacenamiento, para garantizar que su transporte sea seguro y no se produzca derrames, tanto en la zona de proceso como para su almacenamiento.
- Se debe minimizar la generación de polvo y cubrir la zona para evitarlo, mantener una buena ventilación y el uso de filtros adecuados en la zona donde se manipule el material.
- Para un derrame es recomendable utilizar equipos de aspiración al vacío o el uso de una pala mecánica, introduciendo el material en sacos cerrados.
- Adicionalmente, evitar el contacto con agua de enfriamiento de la escoria que se desaloja por la misma zona de carga, ya que puede generar calor causando un riesgo potencial de incendio.

En el caso de los derrames de carburo de calcio de los incidentes I1.2 y I3.2, se puede disminuir el riesgo mediante:

- Inspección periódica de los tambores contenedores con el fin de determinar posibles signos de corrosión debido a que, por la baja rotación del material, este permanece en el mismo lugar durante un largo periodo de tiempo; así como también, se tienen que mantener los contenedores cerrados firmemente cuando no se los utilice.
- Almacenar el material en contenedores secundarios o en un dique de contención, con equipo eléctrico y accesorios a prueba de explosión.
- Verificar periódicamente la presencia de acetileno en la zona de almacenamiento. Barrer el área frecuentemente y evitar la acumulación de polvos de este material.

Para el incidente I2.3 Derrame de ácido sulfúrico en la zona de carga/descarga, con el fin de reducir el riesgo se recomienda:

- Incluir dentro del kit de contingencia ambiental arena seca o un material similar con el fin de recolectar el material derramado.
- Es importante tener presente que, ante cualquier incidente con ácido, que este puede ser diluido y neutralizado para su disposición con bicarbonato de sodio o en este caso particular debido a la disponibilidad en planta se puede usar óxido de calcio.

Para reducir el riesgo del evento accidental I2.3 Derrame de hipoclorito de sodio, se recomienda:

- La implementación de un material absorbente dentro del kit de contingencia, para recoger los vertidos que puede ser aserrín, tierra, arena, etc
- El suelo donde se manipule la sustancia debe ser impermeable y resistente a la corrosión, con un sistema de canales que permitan recolectar el líquido y llevarlo hacia la fosa de neutralización.

Para los eventos accidentales: I2.5 Derrame de bunker, I2.6.a, I2.6.b y I2.6.c referidos a explosión de vapor, flash fire y dispersión tóxica respectivamente por fuga instantánea de diésel en la tubería en la zona de carga/descarga; debido a que son peligros evaluados en sistemas externos a la empresa como lo son los camiones cisternas de abastecimiento, se recomienda mantener los siguientes controles internos:

- Realizar inspecciones y mantenimientos periódicos al cubeto de contención ubicado en la zona de carga/descarga de combustibles.
- Verificar que los camiones cisternas cumplan con las normas de seguridad previamente a la descarga de combustible, así como verificar el buen estado de válvulas y mangueras.
- Realizar la limpieza de la zona, luego de la descarga de combustible con el fin de que no queden restos de combustible que puedan causar algún tipo de incidente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ministerio del Ambiente, “Estudio de potenciales impactos ambientales y vulnerabilidad relacionada con las sustancias químicas y tratamiento de desechos peligrosos en el sector productivo del Ecuador,” pp. 01–125, 2011.
- [2] P. Ecuador, “CÓDIGO ORGÁNICO DEL AMBIENTE Suplemento – Registro Oficial N° 983,” 2017.
- [3] J. M. Delgado Saborit, “Nueva metodología para evaluar cómo afectan las actividades de la empresa al entorno natural - La Medida del Riesgo Ambiental,” *MAPFRE SEGURIDAD*, Madrid, pp. 50–63, 2017.
- [4] L. M. C. M. da Fonseca, “ISO 14001:2015: An improved tool for sustainability,” *J. Ind. Eng. Manag.*, vol. 8, no. 1, pp. 35–50, 2015.
- [5] Comité técnico AEN/CTN 150 Gestión Ambiental, *UNE 150008: Análisis y evaluación del riesgo ambiental*. 2008.
- [6] Ministerio del Ambiente, *Acuerdo 061 Reforma del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria*. 2015, pp. 1–80.
- [7] I. E. de Normalización, “NORMA TÉCNICA ECUATORIANA NTE INEN 154 : 2013 Segunda revisión,” 2013.
- [8] Google, “Mapa de Lasso.” [Online]. Available: <https://www.google.es/maps/place/Novacero/@-0.7898759,-78.6196282,1736m/data=!3m1!1e3!4m5!3m4!1s0x91d4582ab5bd7da7:0x1363c893683be663!8m2!3d-0.7898759!4d-78.6152516>.
- [9] INAMHI, “Boletín climatológico anual 2015,” 2015.
- [10] M. Fomento, M. medio ambiente y Rural, and CEDEX, “Ficha técnica escorias de horno de arco eléctrico,” *Cedex*, vol. 2.3, pp. 1–19, 2011.
- [11] D. G. de P. C. y E. Ministerio del Interior, “Guía para la Realización del Análisis del Riesgo Ambiental.” 2004.
- [12] G. A. Vázquez-Rodríguez and R. I. Beltrán-Hernández, “Pruebas normalizadas para la evaluación de la biodegradabilidad de sustancias químicas. una revisión ,” *Interciencia* , vol. 29. scielo_ven , pp. 568–573, 2004.
- [13] M. R. Jiménez and G. R. Kuhn, *Toxicología fundamental*. Ediciones Díaz de Santos, S.A., 2009.

- [14] España, “Real Decreto 840/2015, de 21 de septiembre, por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.,” *Boletín Of. del Estado*, no. 20 de octubre de 2015 (215), pp. 97531–97567, 2015.
- [15] N. O. and A. A. U.S. Department of Commerce, “How ALOHA Works,” *Response*, 2015.
- [16] O. US EPA, OCSPP, “Predictive Models and Tools for Assessing Chemicals under the Toxic Substances Control Act (TSCA),” *United States Environmental Protection Agency*, 2016. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/tsca-screening-tools/epi-suitetm-estimation-program-interface>.
- [17] AEA Technology, “Major Hazard Incident Data Service.” .
- [18] Committee for the Prevention of Disasters, “Guidelines for Quantitative Risk Assessment CPR 18E,” 1999.
- [19] S. Martorell Alsina and E. Doménech Antich, *Análisis de riesgos en la Industria*. Valencia: UPV, 2001.

ANEXOS

ANEXO 1

Análisis de las sustancias mediante EPI SUITE

A1.1. Oxido de calcio

EPI Suite Results For CAS 1305-78-8



SMILES : [Ca]=O

CHEM : Calcium oxide (CaO)

MOL FOR: O1 Ca1

MOL WT : 56.08

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----

Boiling Point (deg C) : -----

Melting Point (deg C) : -----

Vapor Pressure (mm Hg) : -----

Water Solubility (mg/L): -----

Henry LC (atm-m3/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = -0.57

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***

*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 564.42 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 242.69 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 1.01E-011 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 1.35E-009 (Modified Grain method)

Subcooled liquid VP: 2.3E-009 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)

: 3.07E-007 Pa (25 deg C, Mod-Grain method)

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 4.209e+005

log Kow used: -0.57 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***

Wat Sol (v1.01 est) = 99542 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

SHOULD NOT BE PROFILED

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : Incomplete

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered

Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:

HLC: 1.771E-018 atm-m3/mole (1.794E-013 Pa-m3/mole)

VP: 1.01E-011 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 4.21E+005 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
*** WARNING: Estimation NOT VALID ***
Biowin1 (Linear Model) : 0.7208
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9014
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.0752 (weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7668 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.5453
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.7123
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 3.07E-007 Pa (2.3E-009 mm Hg)
Log Koa (): not available
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 9.78
Octanol/air (Koa) model: not available
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 0.997
Mackay model : 0.999
Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 0.0000 E-12 cm³/molecule-sec
Half-Life = -----
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.998 (Junge-Pankow, Mackay avg)
not available (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
*** WARNING: Estimation NOT VALID **
Koc : 13.22 L/kg (MCI method)
Log Koc: 1.121 (MCI method)
Koc : 0.3198 L/kg (Kow method)
Log Koc: -0.495 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.8564 days (HL = 0.01392 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.044 (BCF = 0.9033)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.044 (BAF = 0.9033)
log Kow used: -0.57 (estimated)

Volatilization from Water:

Henry LC: 1.77E-018 atm-m³/mole (calculated from VP/WS)

Half-Life from Model River: 2.476E+014 hours (1.032E+013 days)

Half-Life from Model Lake : 2.701E+015 hours (1.126E+014 days)

Removal In Wastewater Treatment:

Total removal: 1.85 percent

Total biodegradation: 0.09 percent

Total sludge adsorption: 1.76 percent

Total to Air: 0.00 percent

(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:

Mass Amount Half-Life Emissions

(percent) (hr) (kg/hr)

Air 2.32e-008 1e+005 1000

Water 29 360 1000

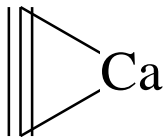
Soil 70.9 720 1000

Sediment 0.0692 3.24e+003 0

Persistence Time: 653 hr

A1.2. Carburo de calcio

EPI Suite Results For CAS 75-20-7



SMILES : [Ca]1C#C1

CHEM : CALCIUM CARBIDE

MOL FOR: C2 Ca1

MOL WT : 64.10

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----

Boiling Point (deg C) : -----

Melting Point (deg C) : -----

Vapor Pressure (mm Hg) : -----

Water Solubility (mg/L): -----

Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = -0.30

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

Boiling Pt (deg C): 87.03 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 7.57 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 1.32E-033 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 1.76E-031 (Modified Grain method)

MP (exp database): 2300 deg C

Subcooled liquid VP: 70.3 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)

: 9.38E+003 Pa (25 deg C, Mod-Grain method)

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 2.489e+005

log Kow used: -0.30 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:
Wat Sol (v1.01 est) = 30919 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):
Class(es) found:
SHOULD NOT BE PROFILED

Henry's Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:
Bond Method : Incomplete
Group Method: Incomplete
For Henry LC Comparison Purposes:
User-Entered Henry LC: not entered
Henry's Law Constant [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 3.389E-037 atm-m³/mole (3.433E-032 Pa-m³/mole)
VP: 1E-030 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 2.49E+005 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
Biowin1 (Linear Model) : 0.7170
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.8908
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.0575 (weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7553 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.5214
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.6627
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 9.37E+003 Pa (70.3 mm Hg)
Log Koa (): not available
Kp (particle/gas partition coef. (m³/ug)):
Mackay model : 3.2E-010
Octanol/air (Koa) model: not available
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 1.16E-008
Mackay model : 2.56E-008
Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 27.0000 E-12 cm³/molecule-sec
Half-Life = 0.396 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)
Half-Life = 4.754 Hrs
Ozone Reaction:
OVERALL Ozone Rate Constant = 0.003000 E-17 cm³/molecule-sec
Half-Life = 382.000 Days (at 7E11 mol/cm³)
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
1.86E-008 (Junge-Pankow, Mackay avg)
not available (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
Koc : 24.09 L/kg (MCI method)
Log Koc: 1.382 (MCI method)
Koc : 0.5486 L/kg (Kow method)

Log Koc: -0.261 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBFAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.7949 days (HL = 0.01603 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.039 (BCF = 0.9137)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.039 (BAF = 0.9137)
log Kow used: -0.30 (estimated)

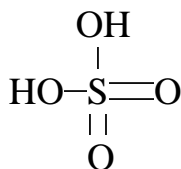
Volatilization from Water:
Henry LC: 4.47E-040 atm-m3/mole (calculated from VP/WS)
Half-Life from Model River: 1.048E+036 hours (4.367E+034 days)
Half-Life from Model Lake : 1.143E+037 hours (4.764E+035 days)

Removal In Wastewater Treatment:
Total removal: 1.85 percent
Total biodegradation: 0.09 percent
Total sludge adsorption: 1.76 percent
Total to Air: 0.00 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:
Mass Amount Half-Life Emissions
(percent) (hr) (kg/hr)
Air 6.09e-006 9.5 1000
Water 25.6 360 1000
Soil 74.3 720 1000
Sediment 0.0726 3.24e+003 0
Persistence Time: 683 hr

A1.3. Ácido sulfúrico

EPI Suite Results For CAS 7664-93-9



SMILES : OS(O)(=O)=O
CHEM : Sulfuric acid
MOL FOR: H2 O4 S1
MOL WT : 98.07

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:
Log Kow (octanol-water): -----
Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m3/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)
Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = -2.20

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***

*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 623.89 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 270.47 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 0.000143 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 0.019 (Modified Grain method)

MP (exp database): 10.31 deg C

BP (exp database): 290 deg C

VP (exp database): 5.93E-05 mm Hg (7.91E-003 Pa) at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1e+006

log Kow used: -2.20 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol (Exper. database match) = 1e+006 mg/L (25 deg C)

Exper. Ref: GUNTHER,FA ET AL. (1968)

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***

Wat Sol (v1.01 est) = 1e+006 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

Inorganic Compound

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : 2.54E-011 atm-m3/mole (2.57E-006 Pa-m3/mole)

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered

Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:

HLC: 1.845E-011 atm-m3/mole (1.870E-006 Pa-m3/mole)

VP: 0.000143 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 1E+006 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

*** WARNING: Estimation NOT VALID ***

Log Kow used: -2.20 (KowWin est)

Log Kaw used: -8.984 (HenryWin est)

Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 6.784

Log Koa (experimental database): None

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

*** WARNING: Estimation NOT VALID ***

Biowin1 (Linear Model) : 0.7009

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.8343

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 2.9824 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7062 (days-weeks)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.4204

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.4242

Anaerobic Biodegradation Probability:

Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361

Ready Biodegradability Prediction: NO

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):

Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 0.00791 Pa (5.93E-005 mm Hg)
Log Koa (Koawin est): 6.784
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 0.000379
Octanol/air (Koa) model: 1.49E-006
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 0.0135
Mackay model : 0.0295
Octanol/air (Koa) model: 0.000119

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 0.2800 E-12 cm3/molecule-sec
Half-Life = 38.200 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm3)
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.0215 (Junge-Pankow, Mackay avg)
0.000119 (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **
*** WARNING: Estimation NOT VALID **
Koc : 2.21 L/kg (MCI method)
Log Koc: 0.344 (MCI method)
Koc : 0.7407 L/kg (Kow method)
Log Koc: -0.130 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -2.4648 days (HL = 0.003429 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.049 (BCF = 0.8931)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.049 (BAF = 0.8931)
log Kow used: -2.20 (estimated)

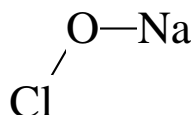
Volatilization from Water:
Henry LC: 2.54E-011 atm-m3/mole (estimated by Bond SAR Method)
Half-Life from Model River: 2.283E+007 hours (9.511E+005 days)
Half-Life from Model Lake : 2.49E+008 hours (1.038E+007 days)

Removal In Wastewater Treatment:
Total removal: 1.85 percent
Total biodegradation: 0.09 percent
Total sludge adsorption: 1.75 percent
Total to Air: 0.00 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:
Mass Amount Half-Life Emissions
(percent) (hr) (kg/hr)
Air 0.000581 917 1000
Water 36.4 360 1000
Soil 63.5 720 1000
Sediment 0.07 3.24e+003 0
Persistence Time: 597 hr

A1.4. Hipoclorito de sodio

EPI Suite Results For CAS 7681-52-9



SMILES : O([Na])Cl

CHEM : SODIUM HYPOCHLORITE

MOL FOR: Cl1 O1 Na1

MOL WT : 74.44

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----

Boiling Point (deg C) : -----

Melting Point (deg C) : -----

Vapor Pressure (mm Hg) : -----

Water Solubility (mg/L): -----

Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = -3.42

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***

*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 707.79 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 309.66 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 1.03E-013 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 1.38E-011 (Modified Grain method)

MP (exp database): 18 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1e+006

log Kow used: -3.42 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***

Wat Sol (v1.01 est) = 1e+006 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

Inorganic Compound

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : Incomplete

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered

Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:

HLC: 1.009E-020 atm-m³/mole (1.022E-015 Pa-m³/mole)

VP: 1.03E-013 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 1E+006 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:

Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

*** WARNING: Estimation NOT VALID ***

Biowin1 (Linear Model) : 0.7226

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9058

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.0832 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7720 (days)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.5561

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.7333

Anaerobic Biodegradation Probability:

Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361

Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):

Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:

Vapor pressure (liquid/subcooled): 1.37E-011 Pa (1.03E-013 mm Hg)

Log Koa (): not available

Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):

Mackay model : 2.18E+005

Octanol/air (Koa) model: not available

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

Junge-Pankow model : 1

Mackay model : 1

Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 0.0000 E-12 cm³/molecule-sec

Half-Life = -----

Ozone Reaction:

No Ozone Reaction Estimation

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

1 (Junge-Pankow, Mackay avg)

not available (Koa method)

Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Koc : 13.22 L/kg (MCI method)

Log Koc: 1.121 (MCI method)

Koc : 0.001075 L/kg (Kow method)

Log Koc: -2.969 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:

Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):

Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)

Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.9952 days (HL = 0.01011 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.047 (BCF = 0.8972)

Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = -0.047 (BAF = 0.8972)

log Kow used: -0.87 (estimated)

Volatilization from Water:

Henry LC: 1.01E-020 atm-m³/mole (calculated from VP/WS)

Half-Life from Model River: 5.007E+016 hours (2.086E+015 days)

Half-Life from Model Lake : 5.462E+017 hours (2.276E+016 days)

Removal In Wastewater Treatment:

Total removal: 1.85 percent
Total biodegradation: 0.09 percent
Total sludge adsorption: 1.75 percent
Total to Air: 0.00 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

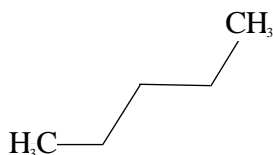
Level III Fugacity Model:

Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air 2.82e-009	1e+005	1000
Water 29	360	1000
Soil 70.9	720	1000
Sediment 0.0692	3.24e+003	0

Persistence Time: 653 hr

A1.5. GLP

EPI Suite Results For CAS 68476-85-7



SMILES : CCCCC

CHEM : Petroleum gases, liquefied

MOL FOR: C5 H12

MOL WT : 72.15

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----
Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 2.80

Log Kow (Exper. database match) = 3.39

Exper. Ref: HANSCH,C ET AL. (1995)

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

Boiling Pt (deg C): 46.01 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): -106.92 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 513 (Mean VP of Antoine & Grain methods)

VP (Pa, 25 deg C) : 6.84E+004 (Mean VP of Antoine & Grain methods)

MP (exp database): -129.7 deg C

BP (exp database): 36.0 deg C

VP (exp database): 5.14E+02 mm Hg (6.85E+004 Pa) at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 49.76

log Kow used: 3.39 (expkow database)

no-melting pt equation used

Water Sol (Exper. database match) = 38 mg/L (25 deg C)

Exper. Ref: RIDDICK,JA ET AL. (1986)

Water Sol Estimate from Fragments:
Wat Sol (v1.01 est) = 22.52 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):
Class(es) found:
Neutral Organics

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:
Bond Method : 1.29E+000 atm-m3/mole (1.30E+005 Pa-m3/mole)
Group Method: 1.20E+000 atm-m3/mole (1.21E+005 Pa-m3/mole)
Exper Database: 1.25E+00 atm-m3/mole (1.27E+005 Pa-m3/mole)
For Henry LC Comparison Purposes:
User-Entered Henry LC: not entered
Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 9.787E-001 atm-m3/mole (9.917E+004 Pa-m3/mole)
VP: 513 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 49.8 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Log Kow used: 3.39 (exp database)
Log Kaw used: 1.708 (exp database)
Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 1.682
Log Koa (experimental database): 1.960

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
Biowin1 (Linear Model) : 0.8216
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9787
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.3381 (days-weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 4.0127 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.6466
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.8545
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.4372
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
LOG BioHC Half-Life (days) : 0.6056
BioHC Half-Life (days) : 4.0332

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 6.85E+004 Pa (514 mm Hg)
Log Koa (Exp database): 1.960
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 4.38E-011
Octanol/air (Koa) model: 2.24E-011
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 1.58E-009
Mackay model : 3.5E-009
Octanol/air (Koa) model: 1.79E-009

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 4.0452 E-12 cm3/molecule-sec
Half-Life = 2.644 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm3)
Half-Life = 31.729 Hrs
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
2.54E-009 (Junge-Pankow, Mackay avg)
1.79E-009 (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):

Koc : 72.17 L/kg (MCI method)
Log Koc: 1.858 (MCI method)
Koc : 874.5 L/kg (Kow method)
Log Koc: 2.942 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:

Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):

Log BCF from regression-based method = 1.904 (BCF = 80.12 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -0.0833 days (HL = 0.8255 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 2.171 (BCF = 148.2)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 2.171 (BAF = 148.2)
log Kow used: 3.39 (expkow database)

Volatilization from Water:

Henry LC: 1.25 atm-m³/mole (Henry experimental database)
Half-Life from Model River: 0.8672 hours (52.03 min)
Half-Life from Model Lake : 80.68 hours (3.362 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 95%):

Total removal: 99.80 percent
Total biodegradation: 0.03 percent
Total sludge adsorption: 5.53 percent
Total to Air: 94.24 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

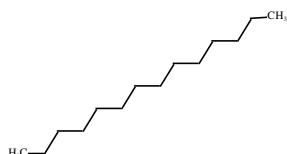
Level III Fugacity Model:

Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air 43.4	65.2	1000
Water 55.5	208	1000
Soil 0.91	416	1000
Sediment 0.233	1.87e+003	0

Persistence Time: 88 hr

A1.6. Diésel

EPI Suite Results For CAS 68334-30-5



SMILES : CCCCCCCCCCCCCC
CHEM : Fuels, diesel
MOL FOR: C14 H30
MOL WT : 198.40

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----
Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 7.22
Log Kow (Exper. database match) = 7.20

Exper. Ref: HANSCH,C ET AL. (1995)

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):
Boiling Pt (deg C): 243.20 (Adapted Stein & Brown method)
Melting Pt (deg C): 1.36 (Mean or Weighted MP)
VP(mm Hg,25 deg C): 0.0369 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
VP (Pa, 25 deg C) : 4.92 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
MP (exp database): 5.8 deg C
BP (exp database): 253.5 deg C
VP (exp database): 1.16E-02 mm Hg (1.55E+000 Pa) at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):
Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 0.009192
log Kow used: 7.20 (expkow database)
no-melting pt equation used
Water Sol (Exper. database match) = 0.0022 mg/L (25 deg C)
Exper. Ref: SUTTON,C & CALDER,JA (1974)

Water Sol Estimate from Fragments:
Wat Sol (v1.01 est) = 0.00090926 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):
Class(es) found:
Neutral Organics

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:
Bond Method : 1.65E+001 atm-m3/mole (1.67E+006 Pa-m3/mole)
Group Method: 2.68E+001 atm-m3/mole (2.72E+006 Pa-m3/mole)
Exper Database: 9.20E+00 atm-m3/mole (9.32E+005 Pa-m3/mole)
For Henry LC Comparison Purposes:
User-Entered Henry LC: not entered
Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 1.048E+000 atm-m3/mole (1.062E+005 Pa-m3/mole)
VP: 0.0369 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 0.00919 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Log Kow used: 7.20 (exp database)
Log Kaw used: 2.575 (exp database)
Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 4.625
Log Koa (experimental database): None

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
Biowin1 (Linear Model) : 0.8700
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9797
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.3574 (days-weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 4.0996 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.7157
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.8799
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.3534
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
LOG BioHC Half-Life (days) : 1.2033
BioHC Half-Life (days) : 15.9683

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 1.55 Pa (0.0116 mm Hg)
Log Koa (Koawin est) : 4.625
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 1.94E-006

Octanol/air (Koa) model: 1.04E-008
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 7.01E-005
Mackay model : 0.000155
Octanol/air (Koa) model: 8.28E-007

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 16.7627 E-12 cm³/molecule-sec
Half-Life = 0.638 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)
Half-Life = 7.657 Hrs
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.000113 (Junge-Pankow, Mackay avg)
8.28E-007 (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
Koc : 1.6E+004 L/kg (MCI method)
Log Koc: 4.204 (MCI method)
Koc : 1.772E+006 L/kg (Kow method)
Log Koc: 6.248 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 3.430 (BCF = 2688 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = 1.0157 days (HL = 10.37 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 3.358 (BCF = 2278)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 5.709 (BAF = 5.115e+005)
log Kow used: 7.20 (expkow database)

Volatilization from Water:
Henry LC: 9.2 atm-m³/mole (Henry experimental database)
Half-Life from Model River: 1.437 hours
Half-Life from Model Lake : 133.8 hours (5.574 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 95%):
Total removal: 99.48 percent
Total biodegradation: 0.23 percent
Total sludge adsorption: 62.64 percent
Total to Air: 36.62 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:
Mass Amount Half-Life Emissions
(percent) (hr) (kg/hr)
Air 14.4 13.4 1000
Water 69.4 208 1000
Soil 4.81 416 1000
Sediment 11.5 1.87e+003 0
Persistence Time: 83.3 hr

A1.7. Óxido de hierro

EPI Suite Results For CAS 001345-25-1



SMILES : [Fe]=O

CHEM : Ferrous oxide
MOL FOR: O1 Fe1
MOL WT : 71.84

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----
Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)
Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 1.23

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***
*** WARNING: Estimations NOT VALID ***
Boiling Pt (deg C): 564.42 (Adapted Stein & Brown method)
Melting Pt (deg C): 242.69 (Mean or Weighted MP)
VP(mm Hg,25 deg C): 1.01E-011 (Modified Grain method)
VP (Pa, 25 deg C) : 1.35E-009 (Modified Grain method)
Subcooled liquid VP: 2.3E-009 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)
: 3.07E-007 Pa (25 deg C, Mod-Grain method)

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1.202e+004
log Kow used: 1.23 (estimated)
no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***
*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***
Wat Sol (v1.01 est) = 1.2753e+005 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:
SHOULD NOT BE PROFILED

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **
*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : Incomplete

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered

Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:

HLC: 7.943E-017 atm-m³/mole (8.048E-012 Pa-m³/mole)

VP: 1.01E-011 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 1.2E+004 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:

Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
*** WARNING: Estimation NOT VALID ***

Biowin1 (Linear Model) : 0.7133

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.8796

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.0404 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7441 (days-weeks)

MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.4984
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.6110
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361
Ready Biodegradability Prediction: NO

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 3.07E-007 Pa (2.3E-009 mm Hg)
Log Koa (): not available
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 9.78
Octanol/air (Koa) model: not available
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 0.997
Mackay model : 0.999
Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 0.0000 E-12 cm3/molecule-sec
Half-Life = -----
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.998 (Junge-Pankow, Mackay avg)
not available (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **
*** WARNING: Estimation NOT VALID **
Koc : 13.22 L/kg (MCI method)
Log Koc: 1.121 (MCI method)
Koc : 11.67 L/kg (Kow method)
Log Koc: 1.067 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 0.478 (BCF = 3.005 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.3436 days (HL = 0.04533 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.300 (BCF = 1.995)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.300 (BAF = 1.995)
log Kow used: 1.23 (estimated)

Volatilization from Water:
Henry LC: 7.94E-017 atm-m3/mole (calculated from VP/WS)
Half-Life from Model River: 6.248E+012 hours (2.603E+011 days)
Half-Life from Model Lake : 6.816E+013 hours (2.84E+012 days)

Removal In Wastewater Treatment:
Total removal: 1.91 percent
Total biodegradation: 0.09 percent
Total sludge adsorption: 1.82 percent
Total to Air: 0.00 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:

Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air 1.04e-006	1e+005	1000
Water 29	360	1000
Soil 70.9	720	1000
Sediment 0.0692	3.24e+003	0

Persistence Time: 653 hr

A1.8. Óxido de silicio

EPI Suite Results For CAS 007631-86-9



SMILES : O=[Si]=O

CHEM : Silica

MOL FOR: O2 Si1

MOL WT : 60.08

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----

Boiling Point (deg C) : -----

Melting Point (deg C) : -----

Vapor Pressure (mm Hg) : -----

Water Solubility (mg/L): -----

Henry LC (atm-m3/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)

Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 0.53

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***

*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 433.44 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 158.94 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 5.36E-008 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 7.14E-006 (Modified Grain method)

Subcooled liquid VP: 1.26E-006 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)

: 0.000168 Pa (25 deg C, Mod-Grain method)

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 4.844e+004

log Kow used: 0.53 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***

Wat Sol (v1.01 est) = 439.52 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

Neutral Organics

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : Incomplete

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered
Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 8.747E-014 atm-m³/mole (8.863E-009 Pa-m³/mole)
VP: 5.36E-008 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 4.84E+004 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**
*** WARNING: Estimation NOT VALID ***
Biowin1 (Linear Model) : 0.7189
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.8962
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.0664 (weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.7610 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.5334
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.6881
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 0.000168 Pa (1.26E-006 mm Hg)
Log Koa (): not available
Kp (particle/gas partition coef. (m³/ug)):
Mackay model : 0.0179
Octanol/air (Koa) model: not available
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 0.392
Mackay model : 0.588
Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 0.0000 E-12 cm³/molecule-sec
Half-Life = -----
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.49 (Junge-Pankow, Mackay avg)
not available (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **
*** WARNING: Estimation NOT VALID **
Koc : 21.73 L/kg (MCI method)
Log Koc: 1.337 (MCI method)
Koc : 2.881 L/kg (Kow method)
Log Koc: 0.460 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.5284 days (HL = 0.02962 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.036 (BCF = 1.086)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.036 (BAF = 1.086)
log Kow used: 0.53 (estimated)

Volatilization from Water:

Henry LC: 8.75E-014 atm-m3/mole (calculated from VP/WS)
Half-Life from Model River: 5.188E+009 hours (2.162E+008 days)
Half-Life from Model Lake : 5.66E+010 hours (2.358E+009 days)

Removal In Wastewater Treatment:

Total removal: 1.86 percent
Total biodegradation: 0.09 percent
Total sludge adsorption: 1.77 percent
Total to Air: 0.00 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

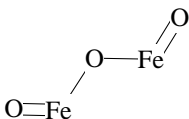
Level III Fugacity Model:

Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air 3.16e-006	1e+005	1000
Water 26.2	360	1000
Soil 73.8	720	1000
Sediment 0.0717	3.24e+003	0

Persistence Time: 678 hr

A1.9. Óxido de hierro III

EPI Suite Results For CAS 1309-37-1



SMILES : O=[Fe]O[Fe]=O
CHEM : Iron oxide (Fe₂O₃)
MOL FOR: O3 Fe2
MOL WT : 159.69

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----
Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m3/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)
Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 0.97

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimate Domain) ***
*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 576.48 (Adapted Stein & Brown method)
Melting Pt (deg C): 248.32 (Mean or Weighted MP)
VP(mm Hg,25 deg C): 4.35E-012 (Modified Grain method)
VP (Pa, 25 deg C) : 5.8E-010 (Modified Grain method)
Subcooled liquid VP: 1.16E-009 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)
: 1.55E-007 Pa (25 deg C, Mod-Grain method)

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1.015e+004

log Kow used: 0.97 (estimated)

no-melting pt equation used

Water Sol Estimate from Fragments:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

*** WARNING: Wat Sol Estimation NOT Valid ***

Wat Sol (v1.01 est) = 1e+006 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

SHOULD NOT BE PROFILED

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Bond Method : Incomplete

Group Method: Incomplete

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered

Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:

HLC: 9.005E-017 atm-m3/mole (9.124E-012 Pa-m3/mole)

VP: 4.35E-012 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 1.02E+004 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:

Can Not Estimate (can not calculate HenryLC)

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)**

*** WARNING: Estimation NOT VALID ***

Biowin1 (Linear Model) : 0.6715

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.6772

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 2.8463 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.6173 (days-weeks)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.2371

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.1106

Anaerobic Biodegradation Probability:

Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361

Ready Biodegradability Prediction: NO

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):

Structure incompatible with current estimation method!

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:

Vapor pressure (liquid/subcooled): 1.55E-007 Pa (1.16E-009 mm Hg)

Log Koa (): not available

Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):

Mackay model : 19.4

Octanol/air (Koa) model: not available

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

Junge-Pankow model : 0.999

Mackay model : 0.999

Octanol/air (Koa) model: not available

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain)***

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 0.0000 E-12 cm3/molecule-sec

Half-Life = -----

Ozone Reaction:

No Ozone Reaction Estimation

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

0.999 (Junge-Pankow, Mackay avg)

not available (Koa method)

Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):

*** WARNING: Inorganic Compound (Outside Estimation Domain) **

*** WARNING: Estimation NOT VALID **

Koc : 72.17 L/kg (MCI method)

Log Koc: 1.858 (MCI method)

Koc : 6.942 L/kg (Kow method)

Log Koc: 0.841 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:

Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):

Log BCF from regression-based method = 0.500 (BCF = 3.162 L/kg wet-wt)

Log Biotransformation Half-life (HL) = -1.6477 days (HL = 0.02251 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.129 (BCF = 1.346)

Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.129 (BAF = 1.346)

log Kow used: 0.97 (estimated)

Volatilization from Water:

Henry LC: 9.01E-017 atm-m3/mole (calculated from VP/WS)

Half-Life from Model River: 8.216E+012 hours (3.423E+011 days)

Half-Life from Model Lake : 8.963E+013 hours (3.735E+012 days)

Removal In Wastewater Treatment:

Total removal: 1.88 percent

Total biodegradation: 0.09 percent

Total sludge adsorption: 1.79 percent

Total to Air: 0.00 percent

(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:

Mass Amount Half-Life Emissions

(percent) (hr) (kg/hr)

Air 2.14e-006 1e+005 1000

Water 20.4 360 1000

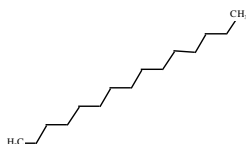
Soil 79.5 720 1000

Sediment 0.0974 3.24e+003 0

Persistence Time: 734 hr

A1.10. Aceite de Transformador

EPI Suite Results For CAS 64742-46-7



SMILES : CCCCCCCCCCCCCC

CHEM : Distillates (petroleum), hydrotreated middle

MOL FOR: C15 H32

MOL WT : 212.42

----- EPI SUMMARY (v4.11) -----

Physical Property Inputs:

Log Kow (octanol-water): -----

Boiling Point (deg C) : -----
Melting Point (deg C) : -----
Vapor Pressure (mm Hg) : -----
Water Solubility (mg/L): -----
Henry LC (atm-m³/mole) : -----

Log Octanol-Water Partition Coef (SRC):
Log Kow (KOWWIN v1.68 estimate) = 7.71

Boiling Pt, Melting Pt, Vapor Pressure Estimations (MPBPVP v1.43):
Boiling Pt (deg C): 260.59 (Adapted Stein & Brown method)
Melting Pt (deg C): 12.07 (Mean or Weighted MP)
VP(mm Hg,25 deg C): 0.0153 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
VP (Pa, 25 deg C) : 2.03 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
MP (exp database): 9.9 deg C
BP (exp database): 270.6 deg C
VP (exp database): 3.43E-03 mm Hg (4.57E-001 Pa) at 25 deg C

Water Solubility Estimate from Log Kow (WSKOW v1.42):
Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 0.002866
log Kow used: 7.71 (estimated)
no-melting pt equation used
Water Sol (Exper. database match) = 7.6e-005 mg/L (25 deg C)
Exper. Ref: COATES, M ET AL. (1985)

Water Sol Estimate from Fragments:
Wat Sol (v1.01 est) = 0.00028271 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):
Class(es) found:
Neutral Organics

Henrys Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:
Bond Method : 2.19E+001 atm-m³/mole (2.22E+006 Pa-m³/mole)
Group Method: 3.79E+001 atm-m³/mole (3.84E+006 Pa-m³/mole)
Exper Database: 1.26E+01 atm-m³/mole (1.28E+006 Pa-m³/mole)
For Henry LC Comparison Purposes:
User-Entered Henry LC: not entered
Henrys LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 1.492E+000 atm-m³/mole (1.512E+005 Pa-m³/mole)
VP: 0.0153 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 0.00287 mg/L (source: WSKOWWIN)

Log Octanol-Air Partition Coefficient (25 deg C) [KOAWIN v1.10]:
Log Kow used: 7.71 (KowWin est)
Log Kaw used: 2.712 (exp database)
Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 4.998
Log Koa (experimental database): None

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):
Biowin1 (Linear Model) : 0.8633
Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9754
Expert Survey Biodegradation Results:
Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.3264 (days-weeks)
Biowin4 (Primary Survey Model) : 4.0794 (days)
MITI Biodegradation Probability:
Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.7234
Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.8824
Anaerobic Biodegradation Probability:
Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.3794
Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):
LOG BioHC Half-Life (days) : 1.2697

BioHC Half-Life (days) : 18.6063

Sorption to aerosols (25 Dec C)[AEROWIN v1.00]:
Vapor pressure (liquid/subcooled): 0.457 Pa (0.00343 mm Hg)
Log Koa (Koawin est): 4.998
Kp (particle/gas partition coef. (m3/ug)):
Mackay model : 6.56E-006
Octanol/air (Koa) model: 2.44E-008
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
Junge-Pankow model : 0.000237
Mackay model : 0.000525
Octanol/air (Koa) model: 1.95E-006

Atmospheric Oxidation (25 deg C) [AopWin v1.92]:
Hydroxyl Radicals Reaction:
OVERALL OH Rate Constant = 18.1757 E-12 cm³/molecule-sec
Half-Life = 0.588 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)
Half-Life = 7.062 Hrs
Ozone Reaction:
No Ozone Reaction Estimation
Fraction sorbed to airborne particulates (phi):
0.000381 (Junge-Pankow, Mackay avg)
1.95E-006 (Koa method)
Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):
Koc : 2.916E+004 L/kg (MCI method)
Log Koc: 4.465 (MCI method)
Koc : 4.91E+006 L/kg (Kow method)
Log Koc: 6.691 (Kow method)

Aqueous Base/Acid-Catalyzed Hydrolysis (25 deg C) [HYDROWIN v2.00]:
Rate constants can NOT be estimated for this structure!

Bioaccumulation Estimates (BCFBAF v3.01):
Log BCF from regression-based method = 3.181 (BCF = 1516 L/kg wet-wt)
Log Biotransformation Half-life (HL) = 1.1601 days (HL = 14.46 days)
Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 2.671 (BCF = 469.1)
Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 4.861 (BAF = 7.266e+004)
log Kow used: 7.71 (estimated)

Volatilization from Water:
Henry LC: 12.6 atm-m³/mole (Henry experimental database)
Half-Life from Model River: 1.487 hours
Half-Life from Model Lake : 138.4 hours (5.768 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 95%):
Total removal: 98.92 percent
Total biodegradation: 0.28 percent
Total sludge adsorption: 65.87 percent
Total to Air: 32.77 percent
(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:
Mass Amount Half-Life Emissions
(percent) (hr) (kg/hr)
Air 11.1 11.6 1000
Water 72.4 208 1000
Soil 5.61 416 1000
Sediment 10.9 1.87e+003 0
Persistence Time: 90.6 hr

ANEXO 2

Análisis de las sustancias mediante ALOHA

ALOHA® software, versión 5.4.7

A2.1. Análisis del GLP en el proceso de carga/descarga

SITE DATA:

Location: LASSO, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 1.33 (unsheltered single storied)
Time: July 10, 2017 1528 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE
CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol
AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
Ambient Boiling Point: -57.9° F
Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 5 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 14° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

- **Bleve de GLP**

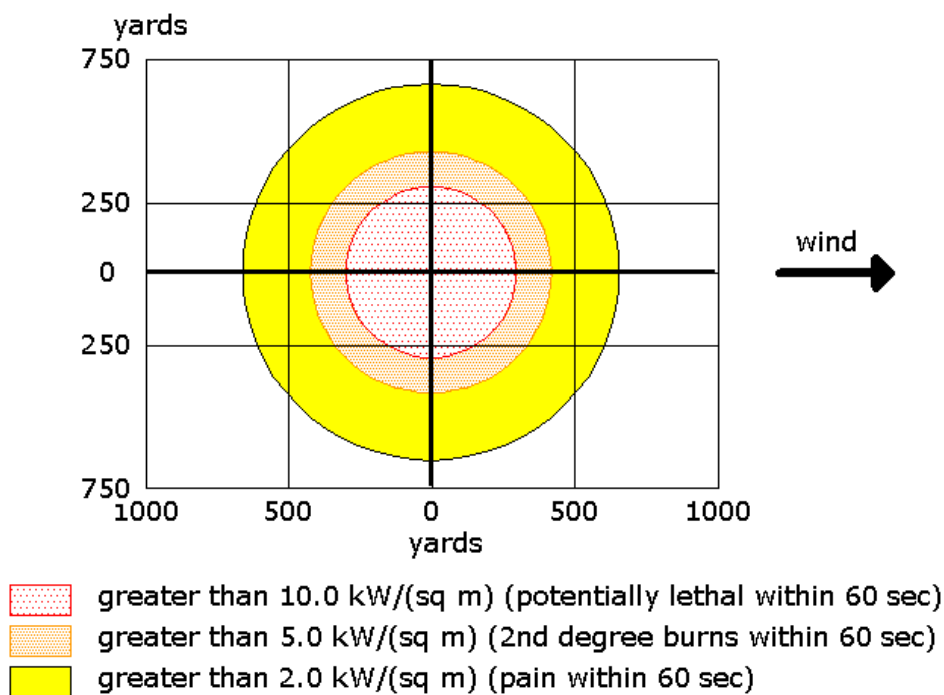


Figura A2. 1 Representación de Bleve de GLP en la zona de carga y descarga

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
Tank Diameter: 2.5 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 19,635 liters
Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: 14° C
Chemical Mass in Tank: 8,000 kilograms
Tank is 80% full
Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%
Fireball Diameter: 127 yards Burn Duration: 9 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 300 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
Orange: 423 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
Yellow: 661 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

- **Dispersión tóxica por fuga instantánea de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 21 meters
Unbroken end of the pipe is closed off
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 2 atmospheres Pipe Temperature: 14° C
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 6.92 grams/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 415 grams

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (33000 ppm = AEGL-3 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

Model Run: Gaussian

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (33000 ppm = AEGL-3 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

Orange: less than 10 meters(10.9 yards) --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness
make dispersion predictions less reliable for short distances.

- **Flash fire por fuga instantánea de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)
Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 21 meters
Unbroken end of the pipe is closed off
Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in
Pipe Press: 2 atmospheres Pipe Temperature: 14° C
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 6.92 grams/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 415 grams

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Gaussian

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2100 ppm = 10% LEL)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Gaussian

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

Yellow: less than 10 meters(10.9 yards) --- (2100 ppm = 10% LEL)

Note: Threat zone was not drawn because effects of near-field patchiness make dispersion predictions less reliable for short distances.

- **Explosión de vapor por fuga instantánea de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas escaping from pipe (not burning)

Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 21 meters

Unbroken end of the pipe is closed off

Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in

Pipe Press: 2 atmospheres Pipe Temperature: 14° C

Release Duration: 1 minute

Max Average Sustained Release Rate: 6.92 grams/sec
(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 415 grams

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: uncongested

Model Run: Gaussian

No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: uncongested

Model Run: Gaussian

No explosion: no part of the cloud is above the LEL at any time

- **Jet fire por fuga instantánea de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Flammable gas is burning as it escapes from pipe

Pipe Diameter: 4 inches Pipe Length: 21 meters

Unbroken end of the pipe is closed off

Pipe Roughness: smooth Hole Area: 12.6 sq in

Pipe Press: 2 atmospheres Pipe Temperature: 14° C

Flame Length: 13 meters Burn Duration: 20 seconds

Burn Rate: 2.92 kilograms/sec

Total Amount Burned: 415 grams

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire

Red : 10 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 10 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 10 meters --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

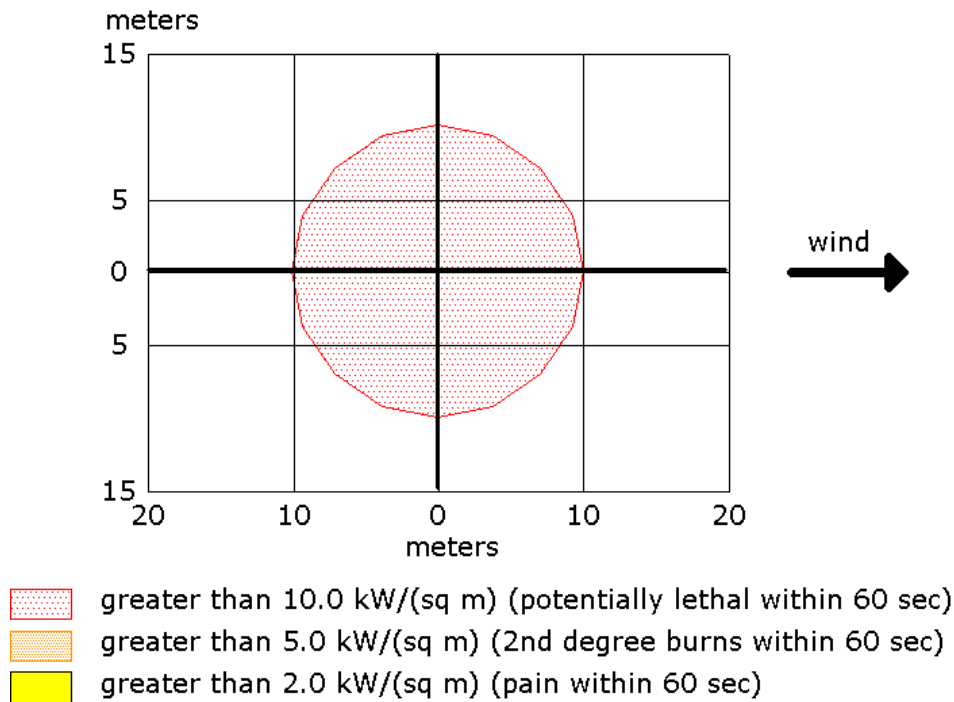


Figura A2. 2 Representación de jet fire de GLP en la zona de carga y descarga

A2.2. Análisis del GLP en el proceso sistema auxiliar - GLP

SITE DATA:

Location: LASSO, ECUADOR
 Building Air Exchanges Per Hour: 1.33 (unsheltered single storied)
 Time: July 8, 2017 2115 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE
 CAS Number: 74-98-6 Molecular Weight: 44.10 g/mol
 AEGL-1 (60 min): 5500 ppm AEGL-2 (60 min): 17000 ppm AEGL-3 (60 min): 33000 ppm
 IDLH: 2100 ppm LEL: 21000 ppm UEL: 95000 ppm
 Ambient Boiling Point: -57.9° F
 Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm
 Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 5 meters
 Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
 Air Temperature: 14° C Stability Class: D
 No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 5 meters
 Tank Volume: 35.3 cubic meters
 Tank contains liquid Internal Temperature: 14° C
 Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms
 Tank is 83% full

Circular Opening Diameter: 5 centimeters
 Opening is 1.50 meters from tank bottom
 Release Duration: 19 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 4,030 pounds/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 31,747 pounds
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
 Model Run: Heavy Gas
 Red : 74 yards --- (33000 ppm = AEGL-3 [60 min])
 Orange: 113 yards --- (17000 ppm = AEGL-2 [60 min])
 Yellow: 224 yards --- (5500 ppm = AEGL-1 [60 min])

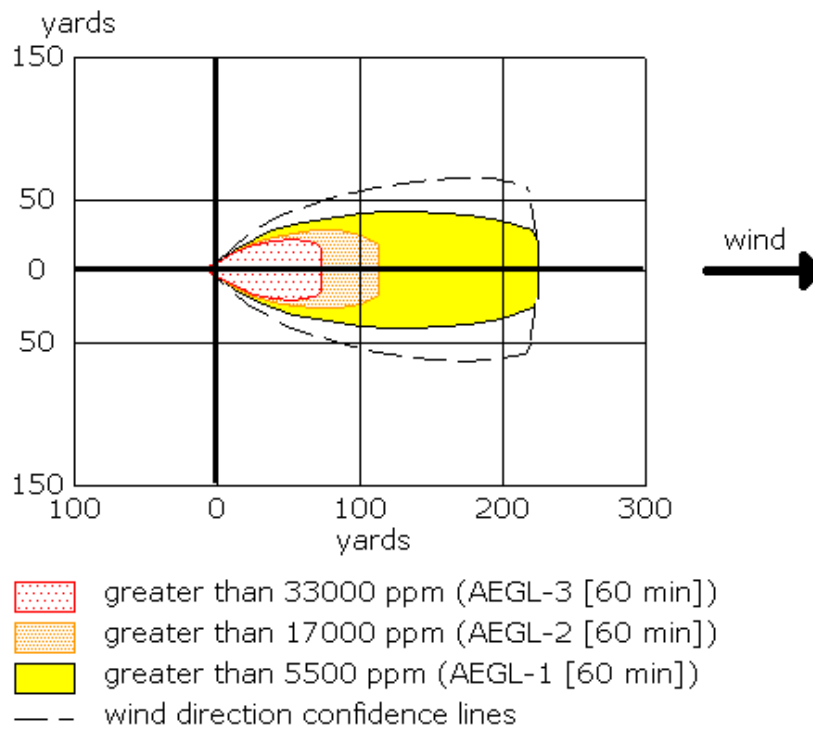


Figura A2. 3 Representación de fuga en el tanque de GLP

- **Flash fire en el tanque de GLP**

SOURCE STRENGTH:
 Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical escaping from tank (not burning)
 Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 5 meters
 Tank Volume: 35.3 cubic meters
 Tank contains liquid Internal Temperature: 14° C
 Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms
 Tank is 83% full
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters
 Opening is 1.50 meters from tank bottom
 Release Duration: 19 minutes
 Max Average Sustained Release Rate: 4,030 pounds/min
 (averaged over a minute or more)
 Total Amount Released: 31,747 pounds
 Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:
 Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud

Model Run: Heavy Gas

Red : 134 yards --- (12600 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)

Yellow: 408 yards --- (2100 ppm = 10% LEL)

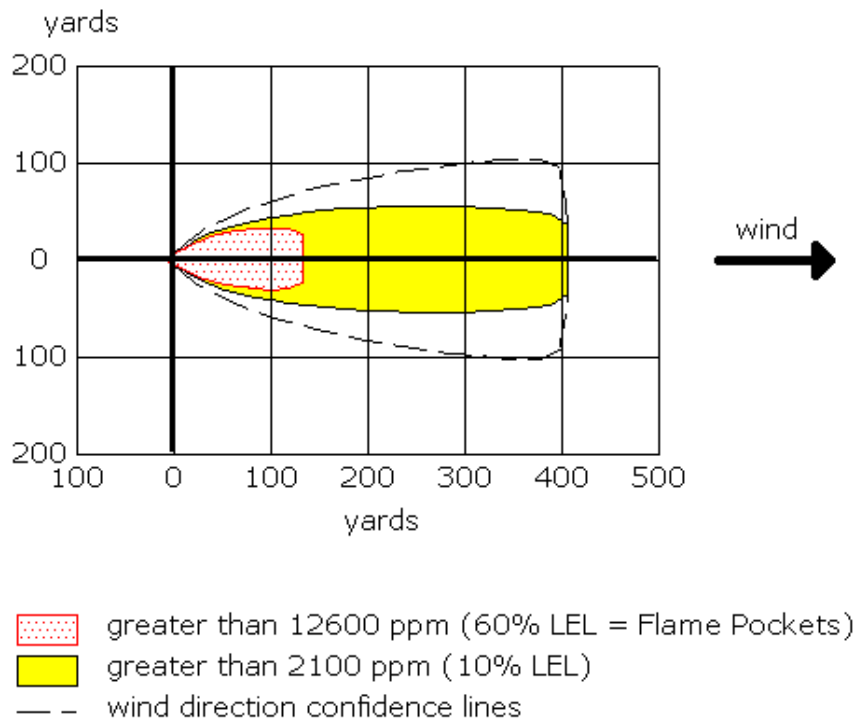


Figura A2. 4 Representación de flash fire en el tanque de GLP

- **Explosión de vapor en el tanque de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 5 meters

Tank Volume: 35.3 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 14° C

Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms

Tank is 83% full

Circular Opening Diameter: 5 centimeters

Opening is 1.50 meters from tank bottom

Release Duration: 19 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 4,030 pounds/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 31,747 pounds

Note: The chemical escaped as a mixture of gas and aerosol (two phase flow).

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion

Type of Ignition: ignited by spark or flame

Level of Congestion: uncongested

Model Run: Heavy Gas

Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)

Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)

Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)

- **Jet fire en el tanque de GLP**

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in horizontal cylindrical tank
 Flammable chemical is burning as it escapes from tank
 Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 5 meters
 Tank Volume: 35.3 cubic meters
 Tank contains liquid Internal Temperature: 14° C
 Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms
 Tank is 83% full
 Circular Opening Diameter: 5 centimeters
 Opening is 1.50 meters from tank bottom
 Max Flame Length: 32 yards Burn Duration: 19 minutes
 Max Burn Rate: 4,060 pounds/min
 Total Amount Burned: 31,747 pounds
 Note: The chemical escaped from the tank and burned as a jet fire.

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from jet fire
 Red : 51 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)
 Orange: 72 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)
 Yellow: 109 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

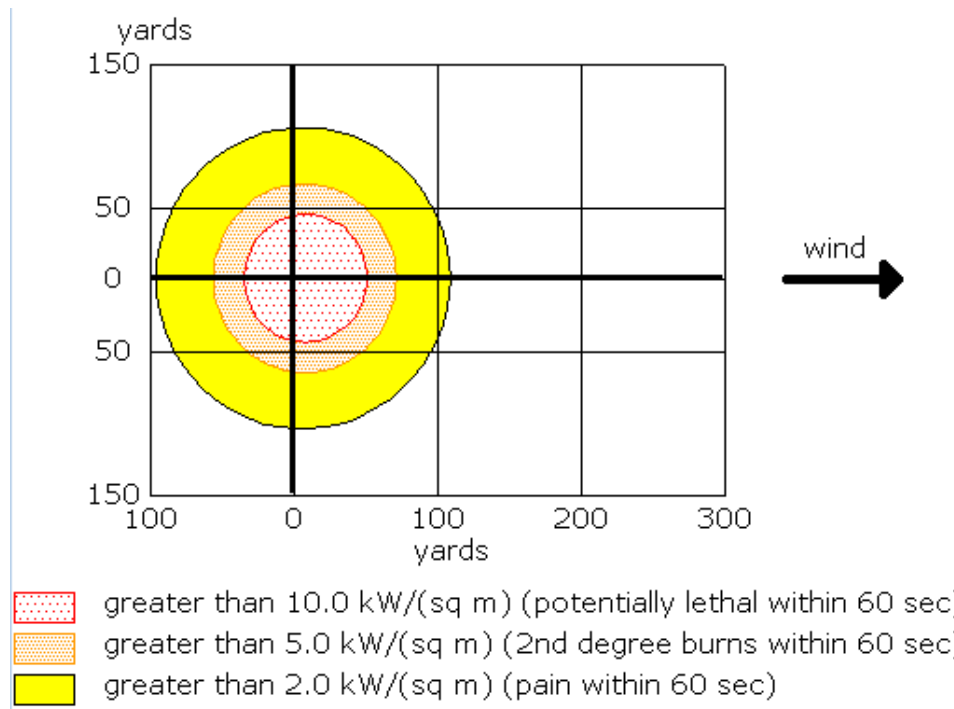


Figura A2. 5 Representación de jet fire en el tanque de GLP

- **Bleve en el tanque de GLP**

SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank
 Tank Diameter: 3 meters Tank Length: 5 meters
 Tank Volume: 35.3 cubic meters
 Tank contains liquid
 Internal Storage Temperature: 14° C
 Chemical Mass in Tank: 15000 kilograms
 Tank is 83% full
 Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 156 yards Burn Duration: 10 seconds

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 366 yards --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Orange: 517 yards --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)

Yellow: 807 yards --- (2.0 kW/(sq m) = pain within 60 sec)

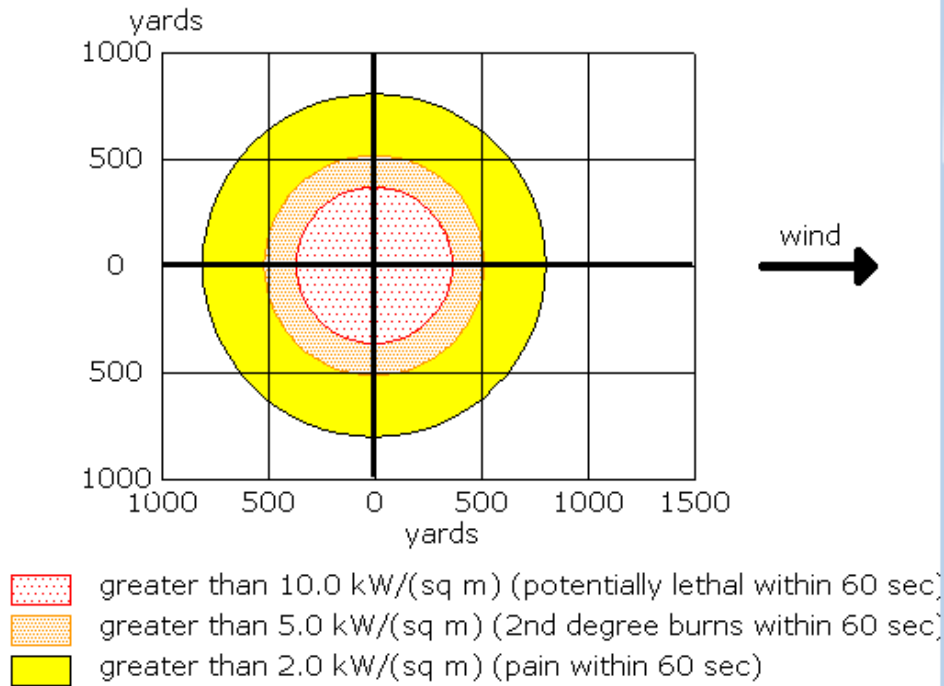


Figura A2. 6 Representación del Bleve en el tanque de GLP

A2.3. Análisis del diésel en el proceso de carga/descarga

SITE DATA:

Location: LASSO, ECUADOR
Building Air Exchanges Per Hour: 1.33 (unsheltered single storied)
Time: July 10, 2017 1528 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: DIESEL Molecular Weight: 226.00 g/mol
Default LOC-1: 100 ppm
ERPG-1: 125 ppm ERPG-2: N/A ERPG-3: N/A
LEL: 7000 ppm UEL: 50000 ppm
Ambient Boiling Point: 193.5° C
Vapor Pressure at Ambient Temperature: 0.0012 atm
Ambient Saturation Concentration: 1,783 ppm or 0.18%
Note: Not enough chemical data to use Heavy Gas option

ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 7 meters/second from NE at 5 meters
Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths
Air Temperature: 14° C Stability Class: D
No Inversion Height Relative Humidity: 50%

- **Dispersión tóxica por fuga de diésel**

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 12613 kilograms Source Height: 0
Release Duration: 1 minute
Release Rate: 210 kilograms/sec
Total Amount Released: 12,613 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Gaussian
Red : 1.8 kilometers --- (100 ppm = Default LOC-1)

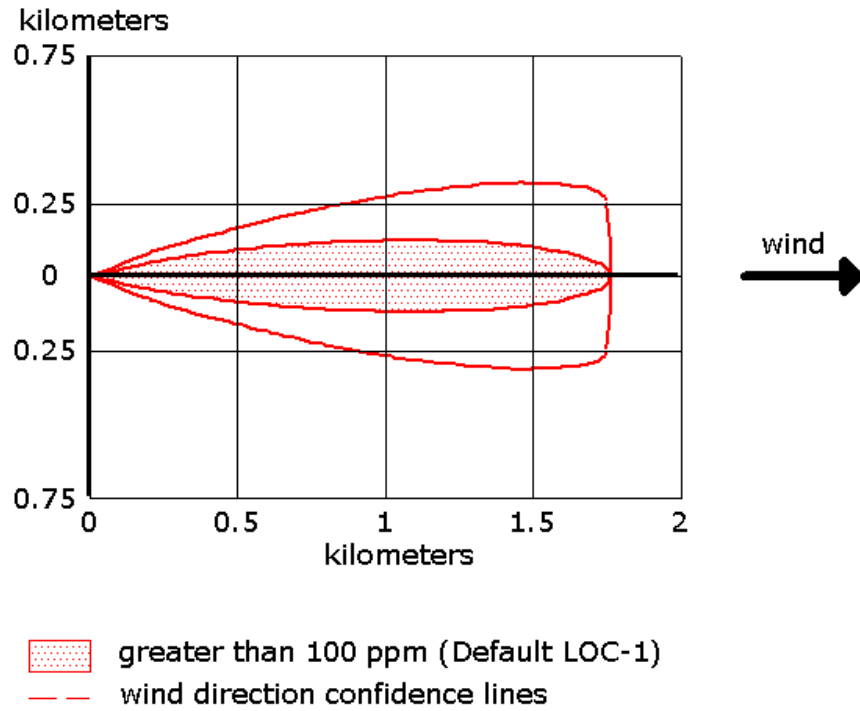


Figura A2. 7 Niveles de alerta de una dispersión tóxica de diésel (4000 gal)

- **Flash fire por fuga de diésel**

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 12613 kilograms Source Height: 0
Release Duration: 1 minute
Release Rate: 210 kilograms/sec
Total Amount Released: 12,613 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Flammable Area of Vapor Cloud
Model Run: Gaussian
Red : 371 meters --- (4200 ppm = 60% LEL = Flame Pockets)
Yellow: 1.0 kilometers --- (700 ppm = 10% LEL)

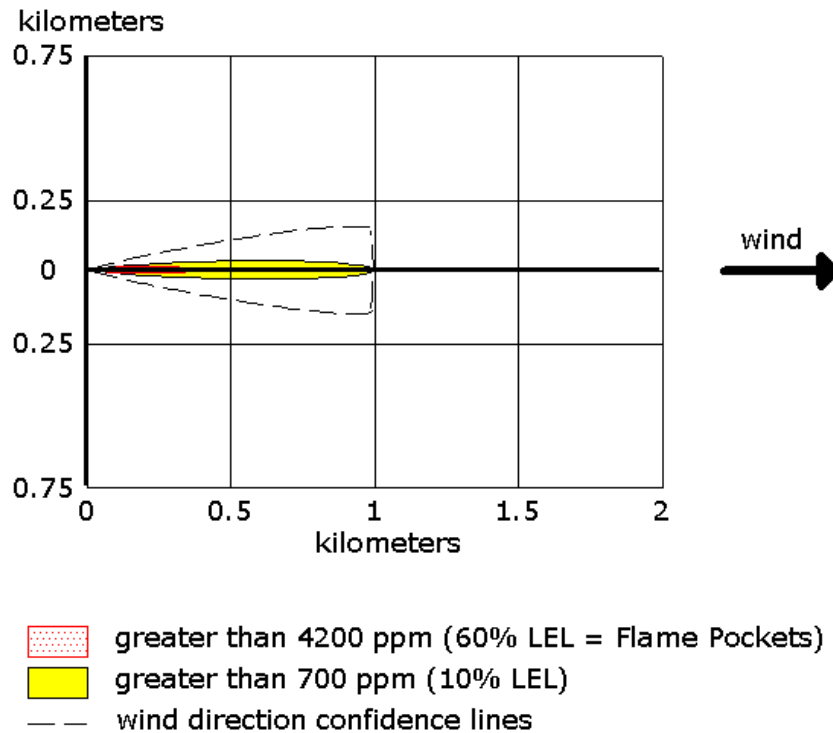


Figura A2. 8 Niveles de alerta de una nube inflamable flash fire de diésel (4000 kg)

- **Explosión de vapor por fuga de diésel**

SOURCE STRENGTH:

Direct Source: 12613 kilograms Source Height: 0
 Release Duration: 1 minute
 Release Rate: 210 kilograms/sec
 Total Amount Released: 12,613 kilograms

THREAT ZONE:

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
 Type of Ignition: ignited by spark or flame
 Level of Congestion: uncongested
 Model Run: Gaussian
 Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
 Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
 Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)

Threat Modeled: Overpressure (blast force) from vapor cloud explosion
 Type of Ignition: ignited by spark or flame
 Level of Congestion: uncongested
 Model Run: Gaussian
 Red : LOC was never exceeded --- (8.0 psi = destruction of buildings)
 Orange: LOC was never exceeded --- (3.5 psi = serious injury likely)
 Yellow: LOC was never exceeded --- (1.0 psi = shatters glass)