



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE VALENCIA

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

DEPARTAMENTO DE INGENIERIA QUÍMICA Y NUCLEAR

TESIS DE MASTER:

**“METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL
APLICADO A UNA EMPRESA DE ALMACENAMIENTO Y
DISTRIBUCIÓN DE GASES INDUSTRIALES – POLIGONO
INDUSTRIAL DE PUÇOL - VALENCIA- ESPAÑA”**

PRESENTADO POR:

Gabriela Marcelle Rodríguez Simé

DIRIGIDA POR:

Sebastián Salvador Martorell Alsina

Valencia, Setiembre del 2017

AGRADECIMIENTOS

A Dios

Porque sin su presencia nada de esto hubiera sido posible, por permitirme estar hoy aquí cumpliendo uno más de mis sueños.

A mis padres Tebi Rodríguez y Carmen Simé

Por su apoyo incondicional, por siempre creer en mi y en mis sueños, por estar ahí en mis momentos más. A ellos les debo todo por todo el esfuerzo que han hecho para que pudiera realizar este Master.

Al Ministerio de Educación Superior Ciencia y Tecnología (MESCYT)

Por la oportunidad que me han brindado de poder estar hoy aquí realizando este master, gracias a que creyeron en mis capacidades como estudiante y me facilitaron una beca, para así poder realizar el master fuera del país.

A mi tutor Sebastián Salvador Martorell Alsina

Por estar ahí presente en todo este proceso con su valioso asesoramiento el cual fue parte primordial en este trabajo de final de Master.

A mis compañeros de estudio

Por su incansable apoyo y compañía durante todo el proceso del master, por todos esos momentos que me ayudaron a levantarme cuando me quería dar por vencida.

A cada uno de los profesores del Programa de Master

Por todos los conocimientos brindados a lo largo del master y por sus aportes en cada asignatura los cuales repercutaran significativamente en mi vida laboral a partir de ahora.

RESUMEN DE LA TESIS

Por medio de esta tesis se desarrollará un Análisis de Riesgo Ambiental en una empresa dedicada al almacenamiento y distribución de gases industriales, situada en el municipio de Puçol - Valencia, específicamente en el polígono industrial Campo Aníbal.

En función de cumplir con la Ley 26/2007 del 23 de octubre de Responsabilidad Medioambiental, y al ser una industria que se sujeta a la aplicación del Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio, por las cuales se aprobaron las medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves con sustancias peligrosas.

Esta ley tiene el objeto de regular la responsabilidad de prevenir, evitar y reparar los daños medioambientales, de conformidad con el artículo 45 de la Constitución y con los principios de prevención y de que “quien contamina paga”. El causante de la contaminación, aun cuando no haya cometido ninguna infracción administrativa, se encargará de la restauración total del impacto ambiental, por lo que no se tratará de una mera indemnización económica.

Mediante la utilización de la metodología que propone MAPFRE en el tercer trimestre del 2007, que abarca el análisis de las fuentes de riesgo, sistemas de control primario, sistema de transporte y receptores vulnerables, se obtendrá un Valor o Índice de Riesgo Medioambiental. El cual permitirá la evaluación del riesgo como proceso posterior a dicho análisis, mediante el cual se realiza una toma de decisión, en áreas de reducir o erradicar los riesgos analizados que generan daños ambientales considerables. Tales como, análisis de riesgo ambiental, riesgo, frecuencia/ probabilidad, escenario accidental.

En conclusión, por medio de la realización de esta tesis se espera que las empresas de almacenamiento y distribución de gases industriales aumenten tanto la seguridad de la industria como la del medio ambiente, basándose específicamente en la protección al medio ambiente.

ABSTRACT

Through this thesis will be developed an Environmental Risk Analysis in a company dedicated to the storage and distribution of industrial gases, located in the municipality of Puçol - Valencia, specifically in the Campo Aníbal industrial estate.

According to comply with Law 26/2007 of October 23 of Environmental Responsibility, and being an industry that is subject to the application of Royal Decree 1254/1999, of July 16, by which the control measures were approved of the risks inherent in major accidents with hazardous substances.

This law is intended to regulate the responsibility to prevent, avoid and repair environmental damage, in accordance with Article 45 of the Constitution and with the principles of prevention and "polluter pays". The cause of the pollution, even if it has not committed any administrative infraction, will be in charge of the total restoration of the environmental impact, reason why it will not be a mere economic indemnification.

Using the methodology proposed by MAPFRE in the third quarter of 2007, which includes the analysis of sources of risk, primary control systems, transport system and vulnerable receivers, an Environmental Risk Value or Index will be obtained. This will allow the risk assessment as a post-analysis process, through which a decision is made, in areas to reduce or eradicate the risks analyzed that generate considerable environmental damages. Such as, environmental risk analysis, risk, frequency / probability, accidental scenario.

In conclusion, by means of this thesis, it is expected that the companies of storage and distribution of industrial gases increase both the safety of industry and the environment, based specifically on the protection of the environment.

TABLA DE CONTENIDO

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN.....	1
1.1. INTRODUCCIÓN	1
1.2. OBJETIVOS	2
1.2.1. Objetivo General.....	2
1.2.2. Objetivos Específicos	2
1.3. JUSTIFICACIÓN.....	2
CAPÍTULO 2: NORMATIVA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GASES	4
2.1. NORMATIVA INTERNACIONAL	4
2.1.1. Legislación europea	4
2.2. NORMATIVA NACIONAL	5
2.2.1. Legislación de evaluación ambiental.....	5
2.2.2. Otra legislación aplicable.....	6
2.2.3. Legislación de Valencia.....	6
CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	8
3.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO	8
3.1.1. UBICACIÓN.....	8
3.1.2. CLIMA.....	8
3.1.3. PRECIPITACIÓN	9
3.1.4. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELO	10
3.1.5. OCUPACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN.....	14
3.1.6. PEDIENTES Y TIPOS DE SUELO	14
3.1.7. CONDICIONES DE DRENAJE	15
3.1.8. HIDROLOGÍA.....	17
3.1.9. CALIDAD DEL AIRE	18
3.1.10. FLORA.....	19
3.1.11. FAUNA.....	19
3.1.12. PAISAJE	20
3.1.13. DEMOGRAFÍA.....	22
3.1.14. SERVICIOS	24
3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA.....	24
3.2.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL INDUSTRIAL Y DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO .	25
3.2.2. ACTIVIDAD DEL ESTABLECIMIENTO	25
3.2.3. PLANTILLA TOTAL Y DISTRIBUCIÓN POR TURNOS EN LA INSTALACIÓN	25
3.2.4. INSTALACIONES	26
3.2.4.1. RED DE TUBERÍAS	26
3.2.4.2. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CILINDROS	27
3.2.4.3. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE GASES	28
3.2.4.4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN	28
3.2.4.5. INSTALACIÓN DE APARATOS A PRESIÓN	29
3.2.4.6. VENTILACIÓN	29
3.2.4.7. INSTALACIÓN DE AGUA SANITARIA.....	30
3.2.4.8. HERRAMIENTAS, MAQUINARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO	30

3.2.5.	PROCESOS	31
3.2.5.1.	EL ENVASADO EN SU CONJUNTO	31
3.2.5.2.	ALMACENAMIENTO IN SITU PARA UN SUMINISTRO ININTERRUMPIDO	32
3.2.5.3.	TODO CONECTADO.....	32
CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL.....		33
4.1.	IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES	33
4.2.	METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL.....	34
4.2.1.	CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS.....	35
4.2.1.1.	TOXICIDAD	35
4.2.1.2.	VOLATILIDAD	37
4.2.1.3.	BIOCONCENTRACIÓN	37
4.2.1.4.	ADSORCIÓN	38
4.2.1.5.	BIODEGRADACIÓN.....	38
4.2.1.6.	SINERGIA.....	39
4.2.2.	ESTANDARIZACIÓN DEL FACTOR “PELIGROSIDAD”	40
4.2.3.	CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “CANTIDAD IMPLICADA”	40
4.2.4.	CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “ÁREA AFECTADA POR EL ACCIDENTE”	41
4.2.5.	CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO”	43
4.2.5.1.	VULNERABILIDAD ECOLÓGICA: TIPO DE ENTORNO AFECTADO.....	43
4.2.5.2.	VULNERABILIDAD ECOLÓGICA: CATEGORÍA DE PROTECCIÓN DE ESPECIES.....	44
4.2.5.3.	VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: IMPACTO EN ACTIVIDADES ECONÓMICAS	45
4.2.5.4.	VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: ALTERACIÓN DE RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURAS.....	45
4.2.5.5.	VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: POBLACIÓN AFECTADA Y EXISTENCIA DE POBLACIÓN SENSIBLE	46
4.2.6.	DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES	47
4.2.7.	EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES.....	47
4.2.8.	DETERMINACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y TOMA DE DECISIONES	48
4.3.	APLICACIONES INFORMÁTICAS	49
4.3.1.	ALOHA 5.4.1.2.....	49
4.3.2.	EPI SUITE 4.1	50
CAPÍTULO 5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD		51
5.1.	IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS	51
5.1.1.	RESIDUOS GASEOSOS	51
5.1.1.1.	OXIGENO.....	51
5.1.1.2.	ETILENO	52
5.1.1.3.	PERCLOROETILENO.....	54
5.1.1.4.	OXIDO NITROSO.....	55
5.1.1.5.	AMONIACO	56
5.1.1.6.	HIDRÓGENO.....	58
5.1.1.7.	ACETILENO.....	59
5.1.2.	INSTALACIONES AUXILIARES	60
5.1.2.1.	RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS	60
5.1.2.2.	MEDIOS AUXILIARES Y DE PROTECCIÓN PERSONAL	61
5.1.2.3.	SISTEMA DE GAS RESIDUAL.....	61
5.2.	ESTUDIO DE POSIBLES ACCIDENTES CON SUSTANCIAS QUÍMICAS CON LA BASE DE DATOS MHIDAS	62

5.2.1.	OXIGENO	63
5.2.2.	ETILENO	64
5.2.3.	PERCLOETILENO	65
5.2.4.	OXIDO NITROSO.....	65
5.2.5.	AMONIACO	66
5.2.6.	HIDRÓGENO.....	66
5.2.7.	ACETILENO	67
5.3.	SELECCIÓN DE SUCESOS INDICADORES	67
5.3.1.	FACTORES PARA LA OCURRENCIA DE EVENTOS DE FUGA, FUEGO O EXPLOSIÓN:....	68
5.4.	IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES	69
5.4.1.	ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO	69
5.4.2.	ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO	70
5.4.3.	ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO	71
5.4.4.	ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS ACETILENO	71
5.4.5.	CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO	72
5.4.6.	CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO	73
5.4.7.	ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO	73
CAPÍTULO 6: CÁLCULO DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES (ICM).....		75
6.1.	OBTENCIÓN DE I.C.M DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES	75
6.1.1.	ALMACENAMIENTO DE GASES	75
6.1.1.1.	ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO	75
6.1.1.2.	ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO	79
6.1.1.3.	ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO.....	83
6.1.1.4.	ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE ACETILENO	87
6.1.1.5.	CALENTAMIENTO DEL GAS DE HIDRÓGENO	91
6.1.1.6.	CALENTAMIENTO DEL GAS DE ACETILENO.....	95
6.1.2.	ZONA DE CARGA Y DESCARGA.....	99
6.1.2.1.	ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO.....	99
CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES		103
7.1.	<u>FRECUENCIA INICIADA</u>	103
7.2.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO</u>	104
7.2.1.	SISTEMA DE CONTROL DE VERTIDOS	104
7.2.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	104
7.2.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	104
7.2.1.3.	FALLO DE ESPERA	105
7.2.2.	SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	106
7.2.2.1.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	106
7.2.2.2.	FALLO DE ESPERA	106
7.2.3.	SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTE.....	106
7.2.3.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	106
7.2.3.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	107
7.2.4.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	107
7.3.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO</u>	108
7.3.1.	SISTEMA DE TRANSVASE	108
7.3.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	108

7.3.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	108
7.3.1.3.	FALLO DE ESPERA	109
7.3.2.	SISTEMA DE INERTE	109
7.3.2.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	109
7.3.2.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	110
7.3.2.3.	FALLO DE ESPERA	110
7.3.3.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	111
7.4.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA DE LA VÁLVULA DE GAS DE HIDRÓGENO</u>	111
7.4.1.	SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)	111
7.4.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	111
7.4.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	112
7.4.1.3.	FALLO DE ESPERA	112
7.4.2.	SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	113
7.4.2.1.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	113
7.4.2.2.	FALLO DE ESPERA	113
7.4.3.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	113
7.5.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA DE LA VÁLVULA DE GAS DE ACETILENO</u>	114
7.5.1.	SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)	114
7.5.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	114
7.5.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	114
7.5.1.3.	FALLO DE ESPERA	115
7.5.2.	SISTEMA DE VENTILACIÓN.....	116
7.5.2.1.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	116
7.5.2.2.	FALLO DE ESPERA	116
7.5.3.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	116
7.6.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE AL CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO</u>	117
7.6.1.	SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)	117
7.6.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	117
7.6.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	117
7.6.1.3.	FALLO DE ESPERA	118
7.6.2.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	118
7.7.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE AL CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO</u>	119
7.7.1.	SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)	119
7.7.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	119
7.7.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	119
7.7.1.3.	FALLO DE ESPERA	120
7.7.2.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	120
7.8.	<u>ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO</u>	121
7.8.1.	SISTEMA DE TRANSVASE	121
7.8.1.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	121
7.8.1.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	121
7.8.1.3.	FALLO DE ESPERA	122
7.8.2.	SISTEMA DE INERTE	123
7.8.2.1.	FALLO DE FUNCIONAMIENTO.....	123
7.8.2.2.	FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO	123
7.8.2.3.	FALLO DE ESPERA	124
7.8.3.	FALLO DISPERSIÓN TÓXICA.....	124
7.9.	<u>FRECUENCIA DE FALLO DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES</u>	125

CAPÍTULO 8: ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ENFOCADO SOLAMENTE EN DISPERSIÓN TÓXICA	126
CAPÍTULO 9: VALORACIÓN DEL RIESGO Y RECOMENDACIONES	128
9.1. VALORACIÓN DEL RIESGO	128
9.2. RECOMENDACIONES	128
CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES.....	130
BIBLIOGRAFÍA.....	131
ANEXOS	135
1. APLICACIÓN EPISUITE	135
1.1. HIDRÓGENO.....	135
1.2. ACETILENO	138
1.3. ETILENO	141
2. APLICACION ALOHA	145
2.1. ROTURA TOTAL DEL TANQUE DE ETILENO	145
2.2. ROTURA PARCIAL DEL TANQUE DE ETILENO	146
2.3. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO	147
2.4. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE ACETILENO	149
2.5. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO	150
2.6. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO	151
2.7. ROTURA DE LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO	152
3. PROBABILIDAD DE FALLO	154

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Sistema de Coordenadas geográficas, Polígono Industrial Campo Aníbal, Puçol - España.	8
Tabla 2. Datos poblacionales de Puçol – Valencia – España.	23
Tabla 3. Censos de Población. Fuente: Instituto Nacional de Estadística	23
Tabla 4. Parámetros de la metodología de análisis de riesgo [4].....	34
Tabla 5. Valoración de la toxicidad para sustancias peligrosas para el medioambiente según la Directiva 67/548/CEE [4]	35
Tabla 6. Valoración de la toxicidad mediante los valores toxicológicos [4]	36
Tabla 7. Valoración de la toxicidad a través de la clasificación de la sustancia según el pictograma de la sustancia [4]	36
Tabla 8. Valoración de la volatilidad [4]	37
Tabla 9. Valoración de la bioconcentración [4]	37
Tabla 10. Valoración de la adsorción [4]	38
Tabla 11. Valoración de la biodegradación [4]	39
Tabla 12. Valoración de la sinergia [4]	40
Tabla 13. Porcentaje de la cantidad reflejada en el RD 125/1999 [4].....	41
Tabla 14. Cantidad de sustancia no reflejada en el RD 125/1999 [4]	41
Tabla 15. Valoración del área afectada [4]	42
Tabla 16. Valoración del tipo de entorno afectado [4]	43
Tabla 17. Valoración de la categoría de protección de especies [4]	44
Tabla 18. Valoración del impacto en actividades económicas [4]	45
Tabla 19. Valoración de la alteración de recursos naturales e infraestructuras [4]	45
Tabla 20. Valoración de la población afectada [4]	46
Tabla 21. Valoración del impacto en población sensible [4].....	46
Tabla 22. Criterios para el factor Frecuencia, equivalencia ACR [4]	47
Tabla 23. Criterios para el factor Frecuencia, criterio UNE 150008 EX [4].....	48
Tabla 24. Toxicidad ecológica del Percloroetileno	54
Tabla 25. Potencial de bioacumulación del Percloroetileno.....	55
Tabla 26. Tipo de residuo del Percloroetileno (Directiva 2008/98/CE).....	55
Tabla 27. Estudio de posibles accidentes del Oxígeno.....	63
Tabla 28. Estudio de posibles accidentes del Etileno	64
Tabla 29. Estudio de posibles accidentes del Percloroetileno	65
Tabla 30. Estudio de posibles accidentes del Óxido Nitroso	65
Tabla 31. Estudio de posibles accidentes del Amoniaco	66
Tabla 32. Estudio de posibles accidentes del Hidrógeno	66
Tabla 33. Estudio de posibles accidentes del Acetileno	67
Tabla 34. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno	76
Tabla 35. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno.....	77
Tabla 36. Puntuación del área afectada para el envase de etileno	77
Tabla 37. Puntuación entorno afectado rotura de envase de etileno	77
Tabla 38. Resumen de incidente en la rotura de envase de etileno en la zona de almacenamiento	78
Tabla 39. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno	80
Tabla 40. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno.....	80

Tabla 41. Puntuación del área afectada por la fuga del tanque de etileno	81
Tabla 42. Puntuación entorno afectado fuga del tanque de etileno	81
Tabla 43. Resumen de incidente en la rotura parcial del envase de etileno en la zona de almacenamiento	82
Tabla 44. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el gas hidrógeno.....	84
Tabla 45. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de gas hidrógeno	84
Tabla 46. Puntuación del área afectada para la rotura de la válvula de gas hidrógeno	85
Tabla 47. Puntuación entorno afectado rotura de la válvula de hidrógeno	85
Tabla 48. Resumen de incidente en la rotura de la válvula de gas hidrógeno en la zona de almacenamiento	86
Tabla 49. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el gas acetileno.....	88
Tabla 50. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de gas acetileno.....	88
Tabla 51. Puntuación del área afectada para la rotura de la válvula de gas acetileno.....	89
Tabla 52. Puntuación entorno afectado rotura de la válvula de acetileno.....	89
Tabla 53. Resumen de incidente en la rotura de la válvula de gas hidrógeno en la zona de almacenamiento	90
Tabla 54. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el hidrógeno	92
Tabla 55. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de hidrógeno	92
Tabla 56. Puntuación del área afectada para el calentamiento del hidrógeno	93
Tabla 57. Puntuación entorno afectado al calentamiento del hidrógeno	93
Tabla 58. Resumen de incidente en el calentamiento del hidrógeno en la zona de almacenamiento	94
Tabla 59. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el acetileno.....	96
Tabla 60. Puntuación afectada para el calentamiento del acetileno	96
Tabla 61. Puntuación del área afectada para el calentamiento del acetileno.....	97
Tabla 62. Puntuación entorno afectado al calentamiento del acetileno	97
Tabla 63. Resumen de incidente en el calentamiento del acetileno en la zona de almacenamiento	98
Tabla 64. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno ..	100
Tabla 65. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno.....	100
Tabla 66. Puntuación del área afectada por la rotura en la línea de carga de etileno	101
Tabla 67. Puntuación entorno afectado por la rotura en la línea de carga de etileno	101
Tabla 68. Resumen de incidente por la rotura en la línea de carga de etileno en la zona de almacenamiento	102
Tabla 69. Resultados de la evaluación de la frecuencia iniciada de accidentes	103
Tabla 70. Probabilidad de fallo del sistema de control de vertidos de cada uno de los elementos de la rotura total	105
Tabla 71. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura total	106
Tabla 72. Probabilidad de fallo del sistema de tratamiento de efluente de cada uno de los elementos de la rotura total	107
Tabla 73. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura total del envase de etileno.....	107
Tabla 74. Probabilidad de fallo del sistema de transvase de cada uno de los elementos de la rotura parcial.....	109

Tabla 75. Probabilidad de fallo del sistema inerte de cada uno de los elementos de la rotura parcial.....	110
Tabla 76. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura parcial del envase de etileno.....	111
Tabla 77. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos de la rotura de la válvula	112
Tabla 78. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura la válvula.....	113
Tabla 79. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura de la válvula de gas de hidrógeno	114
Tabla 80. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos de la rotura de la válvula	115
Tabla 81. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura la válvula.....	116
Tabla 82. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura de la válvula de gas de acetileno	117
Tabla 83. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos del calentamiento del tanque de hidrógeno	118
Tabla 84. Fallo dispersión tóxica frente al calentamiento del tanque de hidrógeno.....	119
Tabla 85. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos del calentamiento del tanque de acetileno	120
Tabla 86. Fallo dispersión tóxica frente al calentamiento del tanque de acetileno	121
Tabla 87. Probabilidad de fallo del sistema de transvase de cada uno de los elementos de la rotura en la línea de carga	122
Tabla 88. Probabilidad de fallo del SInerte de cada uno de los elementos de la rotura en la línea de carga	124
Tabla 89. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura en la línea de carga de etileno	124
Tabla 90. Resultados de la evaluación de la frecuencia iniciada de accidentes	125
Tabla 91. <i>Evaluación del Riesgo Medioambiental.</i>	126

INDICE DE FIGURAS

Figure 1. Gráfica de las precipitaciones por mes en Puçol (Fuente: Climate-Data.org).....	9
Figure 2. Mapa Geológico zona de estudio. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España)	13
Figure 3. Mapa del Polígono Industrial Campo Aníbal – Puçol – Valencia España	14
Figure 4. Mapa de los tipos de suelos. (Fuente: ès puçol, Ayuntamiento de Puçol)	15
Figure 5. Paisaje Urbano	21
Figure 6. Paisaje Agrícola	21
Figure 7. Paisaje Forestal – Arbustivo.....	22
Figure 8. Emplazamiento de la Industria	24
Figure 9. Evaluación de Riesgo Ambiental.....	49
Figure 10. Captura de pantalla del programa ALOHA, versión 5.4.1.2	50
Figure 11. Captura de pantalla del programa ALOHA, versión 5.4.1.2	50
Figure 12. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura total del envase de etileno"	69
Figure 13. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura total del envase de etileno"	70
Figure 14. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura parcial del envase de etileno"	70
Figure 15. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura parcial del envase de etileno"	70
Figure 16. Árbol de eventos para el pre-accidente "Rotura de la válvula del gas de hidrógeno"	71
Figure 17. Árbol de eventos para el post-accidente "Rotura de la válvula del gas de hidrógeno"	71
Figure 18. Árbol de eventos para el pre-accidente "Rotura de la válvula del gas de acetileno"	71
Figure 19. Árbol de eventos para el post-accidente "Rotura de la válvula del gas de acetileno"	72
Figure 20. Árbol de eventos para el pre-accidente "Calentamiento del tanque del gas de hidrógeno"	72
Figure 21. Árbol de eventos para el post-accidente "Calentamiento del tanque del gas de hidrógeno"	72
Figure 22. Árbol de eventos para el pre-accidente "Calentamiento del tanque del gas de acetileno"	73
Figure 23. Árbol de eventos para el post-accidente "Calentamiento del tanque del gas de acetileno"	73
Figure 24. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura en la línea de carga de etileno"	73
Figure 25. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura en la línea de etileno"	74
Figure 26. Árbol Esquema de equipos Sistema de Vertidos "Rotura total del envase de etileno".....	104
Figure 27. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura total del envase de etileno".....	106
Figure 28. Árbol Esquema de equipos Sistema de Transvase "Rotura parcial del envase de etileno".....	108
Figure 29. Árbol Esquema de equipos Sistema de Inerte "Rotura parcial del envase de etileno".....	109
Figure 30. Árbol Esquema de equipos SPCI "Rotura de la válvula de gas de hidrógeno"	111

Figure 31. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura de la válvula de gas de hidrógeno"	113
Figure 32. Árbol Esquema de equipos SPCI "Rotura de la válvula de gas de acetileno"	114
Figure 33. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura de la válvula de gas de acetileno"	116
Figure 34. Árbol Esquema de equipos SPCI "Calentamiento del tanque de hidrógeno"	117
Figure 35. Árbol Esquema de equipos SPCI "Calentamiento del tanque de acetileno"	119
Figure 36. Árbol Esquema de equipos Sistema de Transvase "Rotura en la línea de carga"	121
Figure 37. Árbol Esquema de equipos Sistema de Inerte "Rotura en la línea de carga"	123
Figure 39. <i>Valor del Riesgo Medioambiental de los escenarios accidentales</i>	127

CAPITULO 1: INTRODUCCIÓN, OBJETIVOS Y JUSTIFICACIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

A partir de iniciar la revolución industrial la producción de gas que contaminan el ambiente, constituyendo así a la variación del clima global del planeta.

Con el transcurrir de los años, se han producido una cantidad notable de accidentes a nivel industrial, los cuales han ocasionado graves efectos tanto a las personas cómo al medioambiente. Estos han sido estudiados para evitar sucesos similares, lo cual ha ocasionado que las empresas comiencen a tomar más importancia en conocer, el impacto ambiental que pueden producir, debido a que actualmente existen legislación que controlan y presionan a estas a controlar, reducir o en su efecto eliminar la expedición de contaminantes al medioambiente.

Como consecuencia del accidente industrial en 1976 sucedido en la planta perteneciente a Industrie Chimiche Meda Società (ICMESA), en la ciudad de Severo (Italia), 10 países miembros de la Comunidad Europea en 1982 acordaron nuevas reglas de seguridad para las plantas industriales que utilizan elementos peligrosos, mediante la llamada Directiva 82/501/EEC o “Directiva Seveso” que imponía duras regulaciones industriales sobre control de riesgos inherentes a los accidentes graves en determinadas actividades industriales. Esta norma fue actualizada en 1996, dando así lugar a la Directiva 96/82/CE relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, la cual fue actualizada en 1999 y revisada en 2001, que posteriormente el 31 de diciembre de 2003 fue nombrada Directiva 2003/105/CE. No fue hasta 2005 que en España se propugnó una nueva actualización de esta directiva nombrada el RD 119/2005 que se conoce cómo SEVESO III.

Estas normativas tienen un doble objetivo: en primer lugar, pretende prevenir aquellos accidentes graves en donde intervengan sustancias peligrosas y, en segundo lugar, cómo los accidentes continúan ocurriendo, la Directiva pretende limitar las consecuencias de tales accidentes no sólo a la población (aspectos de seguridad y salud) sino también al ambiente (aspectos ambientales).

A pesar de las consecuencias ambientales que ocasionan los accidentes clasificados como graves, existen por igual vertidos o derrames de pequeñas cantidades de sustancias, que no están clasificadas como accidentes graves o peligrosas para el medio ambiente, pero sí pueden ocasionar daños graves al medio receptor. Estos no son estudiados a profundidad, por lo cual no son contemplados en el análisis cuantitativo de riesgo y esto hace difícil su prevención.

Cabe destacar, las consecuencias de un accidente que afecte al medio ambiente, pueden llegar a suponer, la afectación y destrucción de los ecosistemas existentes en la zona, pérdidas económicas importantes para la empresa responsable. Por igual, los peligros ambientales están relacionados principalmente con las sustancias utilizadas, así como con las condiciones y actividades de almacenamiento, procesamiento y eliminación, y con las fuentes de energía que se utilizan; independientemente de tamaño y el número de personas afectadas por el mismo.

1.2. OBJETIVOS

1.2.1. Objetivo General

Desarrollar una “Metodología de Análisis de Riesgo Ambiental Aplicado a una Empresa de Almacenamiento y Distribución de Gases Industriales – Distrito de Puçol - Valencia - España”

1.2.2. Objetivos Específicos

- Identificar los objetos de riesgo y la vulnerabilidad de los receptores sensibles.
- Evaluar los posibles daños con la determinación del índice de consecuencias medioambientales (ICM).
- Determinar la frecuencia y probabilidad de accidentes en el entorno natural y socioeconómico en las cercanías del establecimiento industrial.
- Analizar y cuantificar las probabilidades de riesgo ambiental producido por la industria.

1.3. JUSTIFICACIÓN

El enfoque central de este trabajo final de master sobre “**Metodología de Análisis de Riesgo Ambiental Aplicado a una Empresa Almacenamiento y Distribución de Gases Industriales –**

Polígono Industrial de Puçol - Valencia - España”, se basa en integrar el análisis de riesgo ambiental (ARA) con un análisis cuantitativo de riesgo (ACR), y por medio de estas metodologías integradas analizar las fuentes de peligros, enfocándose así en la realización de un plan para la mejora y/o eliminación de los mismo.

El conocimiento previo de la asignatura: Análisis Probabilístico de Riesgos del Master en la cual se proporcionó los elementos necesarios para desarrollar alternativas de control, al igual que la valoración del riesgo asociado a seres humanos. Se puede notar los aspectos que diferencian del riesgo medioambiental debido a la ausencia de algoritmos o concentración de una sustancia química. A falta de estos algoritmos no se pueden realizar las series de ecuaciones Probit, ya que no han sido desarrollada para el riesgo medioambiental, sino solo para el riesgo dirigido hacia personas.

Así, con el análisis de esta metodología poder no solo evaluar el nivel de riesgo ambiental de la empresa, sino, también capacitar al personal para la realización continua de este análisis en la industria. Tomando en cuenta que un ARA es una tarea que sirve para delimitar tanto la potencialidad cómo la magnitud del posible impacto ambiental, que la actividad profesional de una organización puede causar sobre el medio en el que se desarrolla.

Tomando en cuenta que este relaciona la probabilidad de ocurrencia de un determinado escenario de accidente y las consecuencias negativas sobre el entorno natural, humano y socioeconómico. Pero, aun así, se debe tomar en cuenta que es difícil de indagar y evaluar la razón del daño ambiental, ya que intervienen varios elementos cómo aire, agua, fauna, flora, humanos, materiales, etc. (cómo elementos directos) y cada uno de ellos responden de forma diferente al accidente. Por esta razón que se considera justificado la ejecución de este trabajo de master.

CAPÍTULO 2: NORMATIVA DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE GASES

A continuación, se señala las normativas de aplicación referente a Evaluación de Riesgo Ambiental relacionada con este trabajo las cuales no especifican qué tipos de proyectos deben someterse a ella y cuál ha de ser el contenido del estudio.

2.1. NORMATIVA INTERNACIONAL

2.1.1. Legislación europea

- Directiva 2014/53/UE, del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 por la que se modifica la Directiva 2011/92/UE, relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente.
- Decisión N° 1387/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 20 de noviembre de 2013 relativa al Programa General de Acción de la Unión en materia de Medio Ambiente hasta 2020 «Vivir bien, respetando los límites de nuestro planeta»
- Reglamento (UE) N° 1293/2013/UE del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de diciembre de 2013 relativo al establecimiento de un Programa de Medio Ambiente y Acción por el Clima (LIFE) y por el que se deroga el Reglamento (CE) no 614/2007
- Decisión de Ejecución de la Comisión de 7 de noviembre de 2013 por la que se adopta la séptima lista actualizada de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica atlántica.
- Decisión de Ejecución de la Comisión de 7 de noviembre de 2013 por la que se adopta la séptima lista actualizada de lugares de importancia comunitaria de la región biogeográfica mediterránea.
- Directiva 2011/92/UE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 13 de diciembre de 2011 relativa a la evaluación de las repercusiones de determinados proyectos públicos y privados sobre el medio ambiente (texto codificado que refunde en un único texto legal las Directivas D 85/337/CEE, D/97/11/CE, D 2003/35/CE y D 2009/31/EC.
- Directiva 2009/147/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de noviembre de 2009, relativa a la conservación de las aves silvestres.

- Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006 sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE.
- Directiva 2004/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 21 de abril de 2004 sobre responsabilidad medioambiental en relación con la prevención y reparación de daños medioambientales.
- Directiva 2003/35/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 26 de mayo de 2003, por la que se establecen medidas para la participación del público en la elaboración de determinados planes y programas relacionados con el medio ambiente y por la que se modifican, en lo que se refiere a la participación del público y el acceso a la justicia, las Directivas 85/337/CE y 96/61/CE del Consejo.
- Directiva 2003/4/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 28 de enero de 2003 relativa al acceso del público a la información medioambiental y por la que se deroga la Directiva 90/313/CEE del Consejo.
- Directiva 2001/42/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 27 de junio de 2001 relativa a la evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el medio ambiente (DOCE núm. L 197, de 21 de julio de 2001).

2.2. NORMATIVA NACIONAL

2.2.1. Legislación de evaluación ambiental

- Ley 11/2014, de 3 de julio, por la que se modifica la ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.
- Ley 21/2013, de 9 de diciembre, de evaluación ambiental.
- Real Decreto 1015/2013, de 20 de diciembre, por el que se modifican los anexos I, II y V de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 6/2010, de 24 de marzo, de modificación del texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos, aprobado por el Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental de proyectos. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Ley 26/2007, de 23 de octubre, de Responsabilidad Medioambiental.

- Ley 9/2006, de 28 de abril, sobre evaluación de los efectos de determinados planes y programas en el Medio Ambiente. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)
- Ley 27/2006, de 18 de julio, por la que se regulan los derechos de acceso a la información, de participación pública y de acceso a la justicia en materia de medio ambiente.
- Real Decreto 1131/1988, de 30 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución del Real Decreto Legislativo 1302/1986, de 28 de junio, de Evaluación de Impacto Ambiental. (DEROGADO EL 12/DIC/2013)

2.2.2. Otra legislación aplicable

- Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.
- Ley 40/2010, de 29 de diciembre de almacenamiento geológico de dióxido de carbono.
- Real Decreto 1274/2011, de 16 de septiembre, por el que se aprueba el Plan estratégico del patrimonio natural y de la biodiversidad 2011-2017, en aplicación de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad.

2.2.3. Legislación de Valencia

- Ley 6/2014 de Prevención, Calidad y Control Ambiental de la Comunidad Valenciana.
- Ley 5/2014 de Ordenación del Territorio, Urbanismo y Paisaje Comunidad Valenciana.
- Ley 16/2010, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat; (modifica la Ley 11/1994, de 27 de diciembre, de Espacios Naturales Protegidos de la Comunitat Valenciana, e introduce procedimientos de evaluación o estimación de impacto ambiental). Se aplica también al proceso de evaluación ambiental estratégica.
- Decreto 32/2006 por el que se modifica el Decreto 162/1990.
- Ley 2/2006, de 5 de mayo de prevención de la contaminación y calidad ambiental.
- Decreto 127/2006, de 15 de septiembre, del Consell, por el que se desarrolla la Ley 2/2006, de 5 de mayo, de la Generalitat, de Prevención de la Contaminación y Calidad Ambiental.
- Orden de 3 de enero de 2005, por la que se establece el contenido mínimo de los estudios de impacto ambiental.

- Decreto 162/1990, por el que se aprueba el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat, de Impacto Ambiental. Modificada por: o DECRETO 32/2006, de 10 de marzo, del Consell de la Generalitat, por el que se modifica el Decreto 162/1990, de 15 de octubre, del Consell de la Generalitat, por el que se aprobó el Reglamento para la ejecución de la Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat, de Impacto Ambiental.
- Ley 2/1989, de 3 de marzo, de la Generalitat, de Impacto Ambiental. Modificada por: LEY 16/2010, de 27 de diciembre, de Medidas Fiscales, de Gestión Administrativa y Financiera, y de Organización de la Generalitat.

CAPÍTULO 3: DESCRIPCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

3.1. DESCRIPCIÓN DEL ENTORNO

En el apartado a continuación se describe el entorno del establecimiento con la finalidad de poder identificar los elementos vulnerables presentes en la zona donde está ubicada la industria.

3.1.1. UBICACIÓN

Establecimiento industrial dedicado al almacenamiento y distribución de gases industriales en la Comunidad Valenciana – España, está ubicado en el Carrer de Sabaters, 39 – Polígono Industrial Campo Aníbal de Puçol, 46530.

El municipio de Puçol, limita por el sur y suroeste con El Puig, por el norte y noreste con Sagunto y con el mar Mediterráneo.

Tabla 1. Sistema de Coordenadas geográficas, Polígono Industrial Campo Aníbal, Puçol - España.

Tabla N° 30. Estudio de posibles accidentes del Óxido Nitroso Coordenadas geográficas	Altitud: 25 msnm
	Longitud Norte: 39°36'54.0
	Longitud Oeste: 0°19'36.5

3.1.2. CLIMA

El clima Puçol donde está emplazado el polígono industrial, cuenta con un clima mediterráneo seco, el cuál es suave en los inviernos y caluroso y seco durante los veranos. En el que se puede encontrar una temperatura media anual de 18.4 °C.

Enero es el mes más frío, con temperaturas máximas medias de 16-17 °C y temperaturas mínimas de 7-8 °C. Las nevadas y las temperaturas bajo cero son extremadamente raras dentro del núcleo urbano de la ciudad. El mes más cálido es agosto, con temperaturas

máximas medias de 30-31 °C y temperaturas mínimas de 21-23 °C y una humedad relativa moderadamente alta.

3.1.3. PRECIPITACIÓN

En Puçol, se encuentra el clima de estepa local. En este se pueden encontrar pocas precipitaciones durante todo el año. El clima se clasifica como BSk por el sistema Köppen-Geiger. La temperatura promedio que podemos encontrar en Puzol es 17.3 ° C y las precipitaciones promedio es de 436 mm.

Las precipitaciones anuales se sitúan entre 450 y 500 mm, con mínimos marcados en verano (de junio a agosto) especialmente en julio con una media de unos 8 mm por lo que se considera el mes más seco; y máximos en los meses de otoño, especialmente en septiembre y octubre (llegando la media algo por debajo de los 80 mm en octubre) por el efecto de la gota fría, que ha llegado a acumular en varias ocasiones más de 150 mm en un día, causando inundaciones.

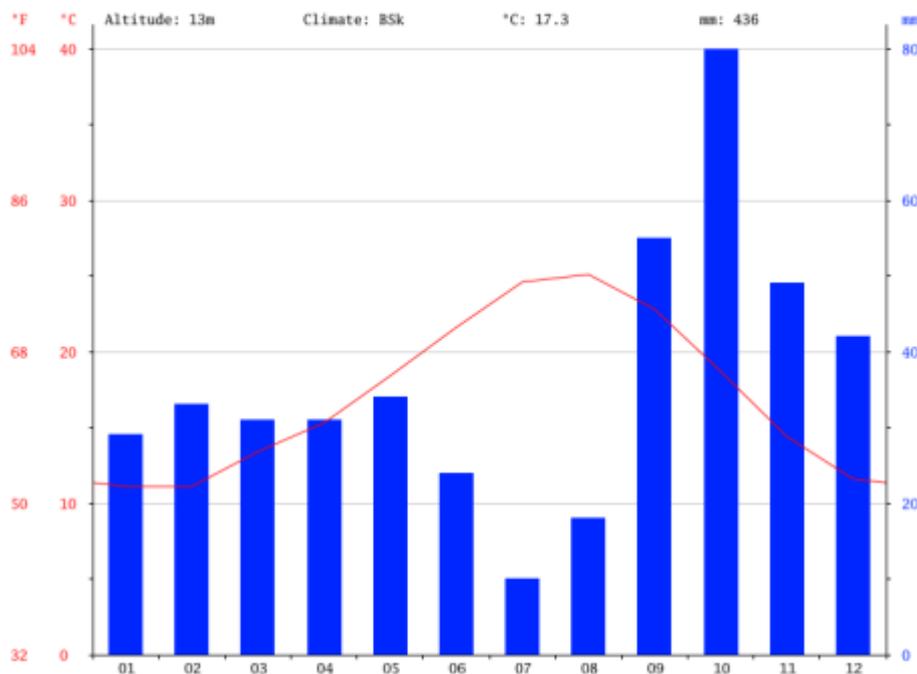


Figure 1. Gráfica de las precipitaciones por mes en Puçol (Fuente: Climate-Data.org)

Dando a notar así que la precipitación puede variar unos 70 mm entre el mes más seco, que para esta localidad es julio y el mes más húmedo que es octubre.

3.1.4. GEOLOGÍA, GEOMORFOLOGÍA, SUELO

Para redactar este apartado se ha utilizado información de la hoja Burjasot (hoja 696) del Mapa Geológico y Minero de España a escala 1/50.000.

El municipio de Puçol, al situarse en las inmediaciones de la cordillera ibérica, este al tener rasgos de depósitos marinos y mixtos continentales-marinos, los cuales lo diferencian con respecto a municipios vecinos la presencia de relieves relictos, lo cuales domina es casi su totalidad la Hoja de Burjassol. Se distinguen las siguientes unidades cronoestratigráficas:

TRIASICO:

- Buntsandstein: En este se encuentra lo que son, la unidad media areniscosa y ortocuarcítica en el casco urbano a manera de bancos gruesos compactos, y la argilítica en el extremo del término municipal.
- Muschelkalk: Se presenta como calizas dolomíticas de color pardo-rojizo en bancos de 50 cm a 1 m, bien diaclasadas y carstificadas; margas y arcillas con yeso, con niveles de calcáreos, es equivalente al nivel detrítico rojo de Trías catalánies y como calizas dolomíticas y margas dolomíticas en bancos grueso y masivas, con un orde de 200 m.
- Keuper: Esta contistuido por margas y arcillas con yesos masivos, con facies de tonos abigarrados y una potencia de 150 m.

JURÁSICO:

Este aflora principalmente en la zona de la cantera de Asland (Lafarge) y en él pueden distinguirse las mismas formaciones definidas en la Cordillera Ibérica, sector valenciano, pero su observación está dificultada por la tectónica. Las formaciones que encontradas son las siguientes:

- Lías: Constituido por dolomías, carniolas y calizas bioclásticas. El proceso más característico es la meteorización por disolución de los carbonatos, originando una morfología típica constituida por grietas y fisuras enmascaradas por el residuo argilo-férrico insoluble de la caliza.

- Dogger: Constituido por calizas, margas, calizas con nódulos de sílex interestratificados y calizas margosas.
- Malm: Constituido por dolomías, carníolas y calizas bioclásticas. El proceso más característico es la meteorización por disolución de los carbonatos, originando una morfología típica constituida por grietas y fisuras enmascaradas por el residuo argilo-férrico insoluble de la caliza.

TERCIARIO:

Los materiales del terciario presentan una serie muy incompleta y difícil de datar por problemas tectónicos. Fundamentalmente se trata de materiales detríticos: areniscas, conglomerados y lutitas con alguna intercalación carbonatada. Afloran en las depresiones existentes en el sector occidental del término municipal. El origen de estos sedimentos es marino en la base y continental hacia el techo.

- Helveciense-Tortonense: Se trata de areniscas y arcillas, con bancos dispersos de calizas subordinadas.
- Vidoboniense-Pontiense: Son micritas frecuentemente recristalizadas y locamente dolomitizadas. Esta contiene abundante fauna, que proporciona datos en cuanto al ambiente de sedimentación.

CUATERNARIO:

Esta alcanza su máximo desarrollo en la parte cercana a la costa. Los depósitos cuaternarios se agrupan en tres conjuntos:

Depósitos continentales:

Ocupa la mayor extensión del término municipal. Su distribución es granodecreciente hacia el mar. Se distinguen desde las sierras hasta el Mediterráneo las siguientes unidades continentales:

- Arcillas rojas, con niveles de cantos encostrados: Corresponde a depósitos de fuerte pendiente, a manera de potentes aluviones. Está constituida casi en su totalidad por arcillas rojas, presentando sólo niveles de cantos en su parte superior.
- Costra: Aparece adosada a los relieves miocenos citados anteriormente. Su disposición es subsuperficial, protegiendo de la erosión a los materiales subyacentes.
- Mantos aluviales encostrados: Litológicamente están constituidos por arcillas y arenas con cantos poligénicos, depositados sobre capas margosas o arcillas subyacentes. Su formación es el resultado tanto de agentes naturales como de antiguas acciones antrópicas.
- Depósitos de pie de monte: que forman una orla que baja desde los relieves mesozoicos hacia el mar. Se trata de arcillas rojas con niveles de cantos que pueden encostrarse superficialmente
- Mantos de arroyada antiguos: Se componen de arcillas rojas con cantos aislados procedentes de mantos encostrados más antiguos, ya que proceden del desmantelamiento de ellos. o Mantos de arroyada intermedios. La diferencia con los anteriores estriba en su posición topográfica básicamente.
- Mantos de arroyada modernos: Esta orla se apoya en cualquier tipo de material recubriéndolos. Una característica diferenciadora es que este manto no se encuentra encostrado.
- Cubetas de decalcificación: Corresponden a un paleosuelo tipo terra rosa, las cuales son arcillas que provienen de la desclasificación lenta de las calizas de páramo.
- Coluviones: Rodean las cubetas por decalcificación, formado por arcillas arenosas rojas, con cantos de caliza y con aspecto caótico.
- Terrazas: Se distinguen seis niveles de terrazas correspondientes a seis fases de excavación, donde la de 50 m, aparece como pequeño retazo sobre el Mioceno.

Depósitos marinos:

Corresponden al cordón litoral actual formado por cantos de caliza y arenisca. Su altitud varía con respecto al nivel del mar de 0.5 a 2 m. Entre este cordón y la línea de costa se localiza una playa arenosa, muy estrecha, que desaparece en algunos puntos, quedando el cordón litoral junto al mar.

Depósitos mixtos continentales-marinos:

- Abanico aluvial tipo deltaico: Formado por materiales transportados por el río Palancia, tiene una clara expresión morfológica la cual forma un saliente en la línea de costa.
- Limos de inundaciones: Están compuestos por limos arenosos grises y parduzcos, que bajan en suave pendiente a la costa.
- Albuferas: Se trata de formaciones colmatadas, en la actualidad, por depósitos de limos negros con intercalaciones de arenas.
- Limos pardos: Forman una orla homogénea y continua que rodea las albuferas. La orla más alejada del mar no está afectada de salinidad. Sin embargo, la orla colindante con las albuferas presenta rasgos de clara influencia marina (cantos aplanados perforados por litófagos), que se manifiesta en los altos contenidos en sales solubles y en la proximidad a la superficie de la capa freática.
- Dunas: Forman un estrecho cordón paralelo a la línea de costa cerrando las depresiones litorales. Está constituido por depósitos de arenas amarillentas sin cementar ni rubificar aportadas por el último movimiento negativo del mar. La mayor parte de estas dunas están destruidas o se encuentran parcialmente fijadas por comunidades psammófilas ohalófilas.

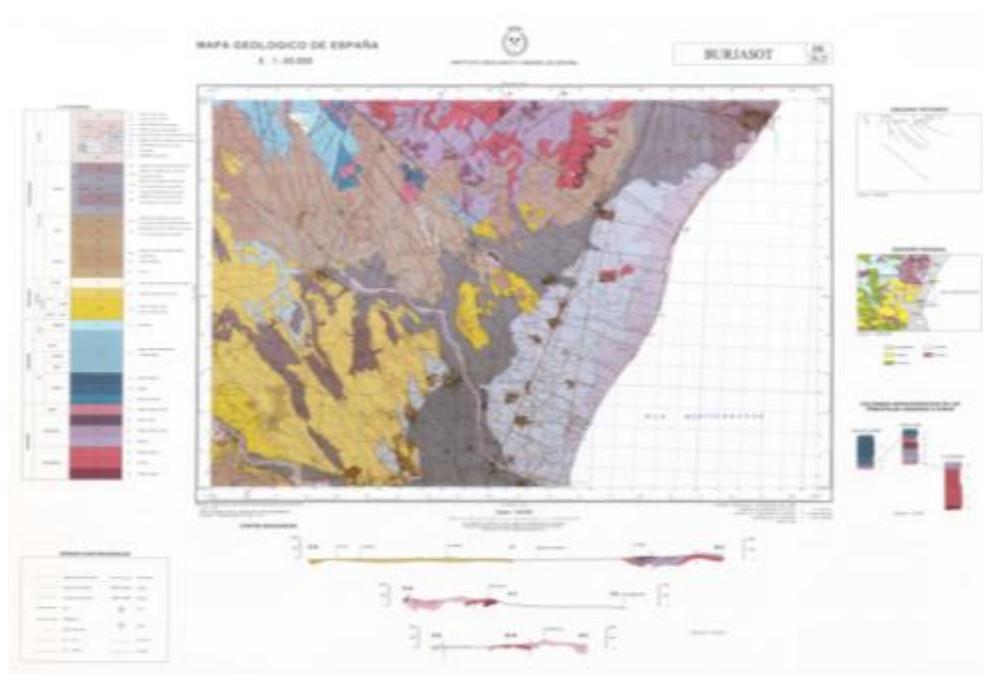


Figure 2. Mapa Geológico zona de estudio. (Fuente: Instituto Geológico y Minero de España)

3.1.5. OCUPACIÓN ACTUAL DEL ÁREA DE IMPLANTACIÓN

La industria tiene un área total del emplazamiento de 30.026,66 m², formado por el área de operación, el cual incluye el área de almacenamiento de gases y el área de carga y descarga de los gases, desde su llegada a la planta hasta su distribución. Las cuales ocupan un área total de 21.837,17 m² y el área restante de 8.189,49 m² el cual pertenece a un área verde que rodea la industria. Esta área fue pensada para mantener un ambiente más ecológico en la industria, ya que al estar dentro de un polígono industrial está rodeado de otras industrias dedicadas a diferentes procesos, y de esta manera ayudar a la calidad del aire en los alrededores.

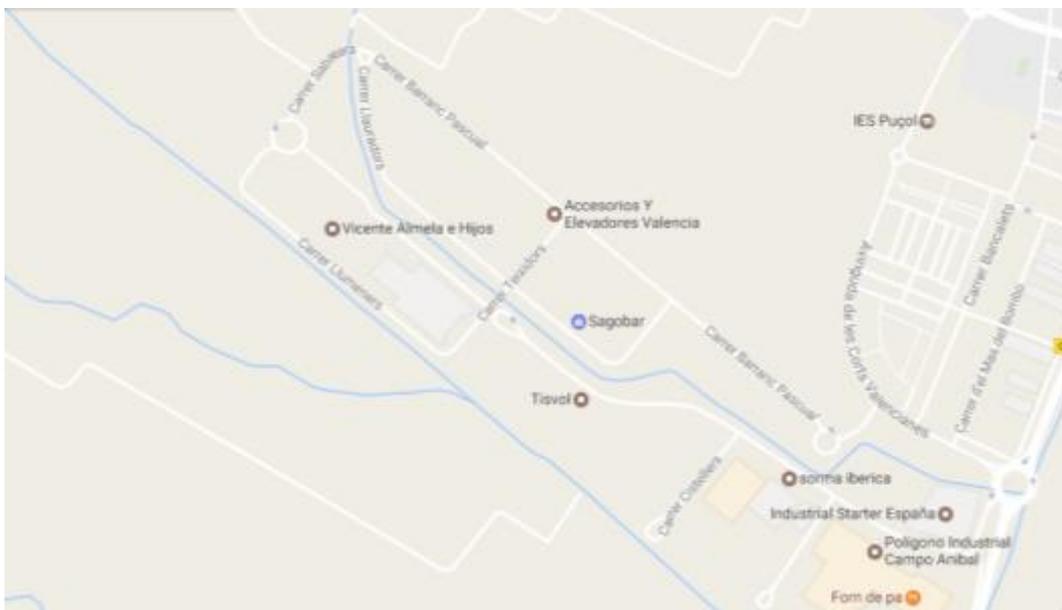


Figure 3. Mapa del Polígono Industrial Campo Aníbal – Puçol – Valencia España

3.1.6. PEDIENTES Y TIPOS DE SUELO

El Ayuntamiento dispone de un Plano General de Ordenación Urbana, el cual fue revisado por última vez y aprobado por la Comisión Territorial de Urbanismo de la Conserjería de Obras Públicas, Urbanismo y Transporte, el 28 de Junio de 1995.

Se puede en la Figura N° 4 el plano de la Clasificación del Suelo del Plan General, el cual fue facilitado por el ayuntamiento de Puçol, el suelo en este municipio es de carácter sedimentario, en el cual no aparecen afloramiento o sustratos de materiales metamórficos o ígneos, es decir rocas volcánicas e intrusiva. Cabe destacar que los materiales existentes en el suelo se agrupan en rocas sedimentaria consolidadas y rocas sedimentarias no

consolidadas, dividiéndose así en diferentes grupos como se puede ver en la leyenda de la Figura N° 4.

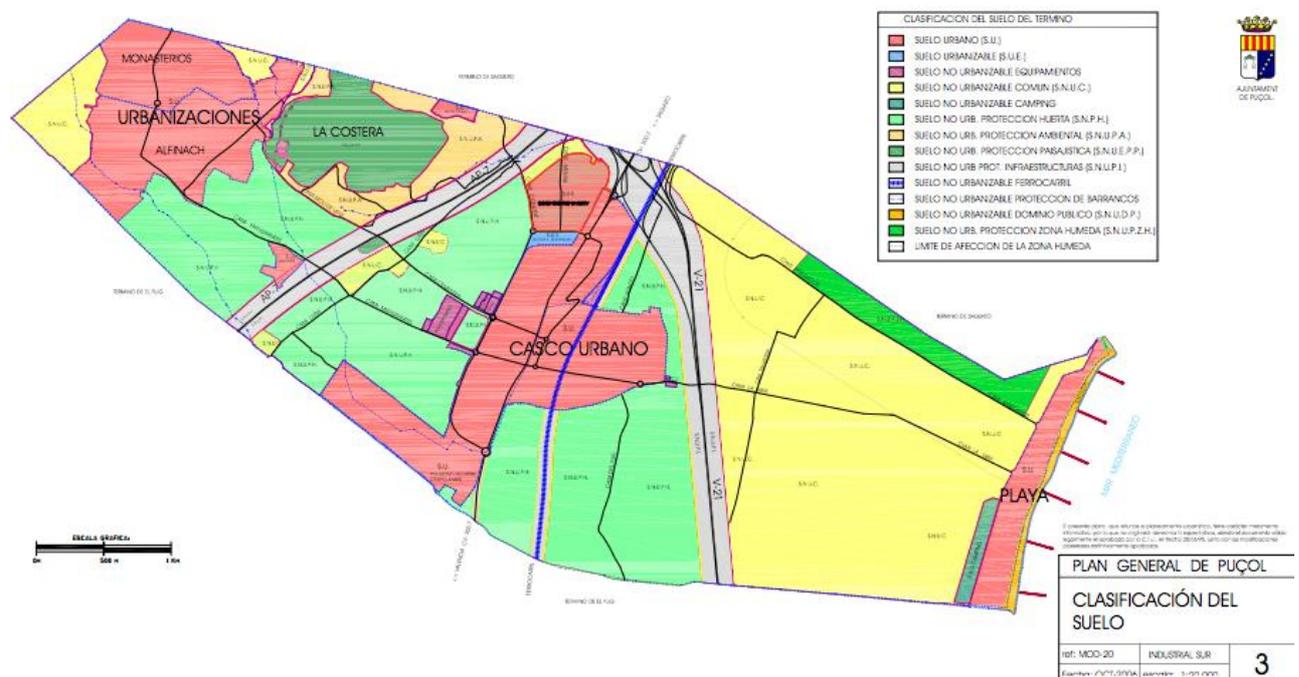


Figure 4. Mapa de los tipos de suelos. (Fuente: ès puçol, Ayuntamiento de Puçol)

3.1.7. CONDICIONES DE DRENAJE

Las redes de alcantarillado de Puçol del centro de la ciudad están determinadas cómo zonas mixtas, parte separativa y parte unitaria, en otras es unitaria y en las zonas de reciente urbanización es mayoritariamente separativa.

En el centro de la ciudad, se encuentran las líneas generales la cuales están situadas al oeste del Barranco del Vallet, está contiene colectores de aguas residuales y de aguas pluviales, y aunque estos últimos tienen la misión principal de recoger las aguas de lluvia de la parte de cuenca situada por encima del casco urbano, recogen también la correspondiente a las calles que atraviesan y vierten al cauce del citado barranco.

Tomando en cuenta que algunas de las casas vierten sus aguas directamente a la calle, siendo estas recogidas por estos colectores, mientras que otras, tienen conectadas directamente sus bajantes a la red de aguas residuales.

La zona urbana ubicada al estés del Barranco del Vallet se compone de una sola red para conducir las aguas pluviales y residuales, provocando así que los vertidos de esta se dirijan a diferentes acequias de riego que a su medida van a influir a su término en la Real Acequia de Moncada, a la Acequia dels Arenals o al Roll de la Vila, siendo estas dos últimas derivaciones de la primera. Estas acequias, en su tramo final, son captadas de nuevo por la red de aguas residuales de manera que toda el agua es tratada en la EDAR de la Pobla de Farnals.

En la zona de la Playa, salvo en la avenida Pescadors, en el resto de calles la red de alcantarillado es separativa.

Se ha de indicar que en la red de aguas residuales del centro urbano existen dos aliviaderos principales que permiten evacuar el excedente de caudal que se produce durante los episodios de lluvia intensa. Uno de ellos se localiza en el colector que discurre por el Barranco del Vallet a la altura de la C/ Riu Palància y que alivia a la Real Acequia de Moncada, y el otro, se encuentra justo aguas arriba de la conexión con el colector de traída de la EDAR, a la altura del Cuartel de la Guardia Civil, y que conecta con una conducción de alivio de 1.800 mm de diámetro, que cruza la V-21, y que acaba vertiendo en la red de acequias que finalmente desembocan en el mar, al otro lado de la carretera.

El colector principal de la red municipal de alcantarillado que discurre por el interior del Barranco del Vallet, recoge las aguas residuales de la red de saneamiento de los Polígonos Industriales del Sector 4, Mas del Bombo y Sector 1 Ensanche, y además intercepta a la altura de la calle Profesor Tierno Galván, al colector general de aguas residuales de la Entidad Pública de Saneamiento de Aguas Residuales-EP SAR (propiedad autonómica), que recoge las aguas residuales de las Urbanizaciones Alfinach y Los Monasterios, y que viene desde las urbanizaciones por el Camí Mangraners. Este colector principal recorre el barranco captando las aguas residuales de los colectores de la zona oeste del casco urbano hasta que cruza la línea de ferrocarril Valencia-Castellón, una vez aquí se separa en su trazado del barranco y discurre por viales próximos a los límites norte y este del casco urbano hasta que conecta con el colector de traída de la EDAR, a la altura del paso elevado de la V-21.

En cuanto a la Playa, la red de aguas pluviales vierte directamente a la red de acequias existente cuyo destino final es el mar.

En total la red de alcantarillado tiene un total de 139,2 km de colectores unitarios, y 30,9 km de colectores de pluviales, con un total de 4.755 pozos de registro, imbornales y acometidas de aguas residuales.

3.1.8. HIDROLOGÍA

La zona donde se ubica la industria esta denominada dentro de la unidad de hidrogeológica como "Plana de Sagunto". A continuación, trataremos algunos aspectos sobre la calidad de agua del mismo.

Para describir el curso que toman las aguas terrestres y las subterráneas que se localizan en la Plana Sagunto, se necesita conocer la forma, tipos, cantidad y calidad del agua en sí, en esta área de estudio.

Con este estudio se pretende conocer cómo se distribuye el agua por la superficie e interior de la tierra. Tomando en cuenta que Puçol pertenece a los municipios pertenecientes a La Marjal dels Moros, se valora los recursos hídricos como medio de estudio de esta localidad.

La Marjal dels Moros se preocupa por mejorar la calidad del agua de los municipios que les pertenecen, utilizando distintos mantenimientos para obtener una conectividad y funcionalidad optima de los cauces naturales, para de esta manera obtener una gestión hídrica del marjar adecuada y así mejorar el estado de las masas de agua que lo componen.

La Plana de Sagunto, se caracteriza por tener unas entradas de agua estimadas en 104 Hm³/año, de las cuales 13,6 Hm³ corresponden a la infiltración de la lluvia; 16 Hm³ a la infiltración de regadíos con aguas superficiales, y 27,5 Hm³ al retorno de regadíos dotados con aguas subterráneas. Las entradas laterales ascienden a 47,0 Hm³/año, de las cuales 25,5 Hm³ corresponden a las procedentes del subsistema del Medio Palancia, fundamentalmente por las zonas de Les Valls y noroeste de Sagunto; 12 Hm³ se estima proceden de las areniscas del Buntsandstein, 3,5 Hm³ del subsistema de Gátova-Náquera y 6,0 Hm³ del sistema acuífero de la Plana de Valencia. Las salidas se producen fundamentalmente por extracciones para la dotación de regadíos y bombeos urbanos e industriales (82,6 Hm³), salidas al mar, fundamentalmente en el extremo meridional de la plana (15 Hm³) y drenaje de la marjalería de Xilxes-Almenara (6,4 Hm³). En conjunto las salidas totalizan 104 Hm/año.

Respecto a la masa de agua subterránea Plana de Sagunto tenemos:

- Contaminación por fuentes difusas muy alta: debida a exceso de nitrógeno y fitosanitarios. Existe una presión muy alta por los fitosanitarios.
- Contaminación por fuentes puntuales debido a vertidos urbanos e industriales.
- El recurso disponible, respecto a las captaciones de agua subterránea es muy bajo.
- Bombeo de agua muy alto, esto quiere decir que existe una gran explotación (nivel 5- nivel más alto).
- Presión importante por extracciones próximas a la costa que da lugar a problemas de intrusión marina.

Respecto a los impactos: en la presente masa de agua tenemos tanto impacto probable como impacto comprobado.

Como el impacto probable de una masa de agua hace referencia al estado ecológico de dicha masa de agua, podemos decir que el estado ecológico de la masa de agua 'Plana de Sagunto' no es bueno.

3.1.9. CALIDAD DEL AIRE

A la hora de hablar de la calidad del aire en la localidad de estudio, se debe enfocar la presencia de ciertos contaminantes a la atmosfera, dichas emisiones son vertidas al medioambiente directamente de los núcleos urbanos debido a la gran cantidad de tráfico existente, como por igual de los núcleos industriales. En general, cualquier emisión de un gas desde un foco puntual acaba afectando a áreas circundantes a causa de la dispersión que el gas sufre en la atmósfera.

Según, la Red Valenciana de Vigilancia y Control de la Contaminación Atmosférica (RVVCCA), en la Comunidad Valenciana existe una combinación atmosférica la cual se ve influida por la situación geográfica y por la orografía, que favorecen el desarrollo de circulaciones de las brisas tanto del mar como de la montaña, con una distribución eminentemente costera de las emisiones, propicia la presencia, durante gran parte del año, de niveles de contaminantes en todo el territorio. Tomando en cuenta el origen de las brisas se toma como habitual que al menos en los meses de primavera y verano, las emisiones de las principales áreas urbanas e

industriales, mayoritariamente costeras, sean transportadas por estas brisas hacia el interior del municipio.

Entre los principales contaminantes primarios atmosféricos se encuentran los citados a continuación:

- Monóxido de carbono (CO)
- Óxidos de nitrógeno (NOx)
- Óxidos de azufre (SOx)

Existen en la atmósfera otras sustancias que también pueden producir efectos nocivos, entre ellas las siguientes:

- Anhídrido carbónico (CO₂)
- Halógenos y sus derivados
- Partículas de metales pesados y ligeros
- Sustancias radiactivas

3.1.10. FLORA

La mayor parte del cerro está cubierto por el matorral mediterráneo de zonas cálidas, compuesto básicamente por coscoja, lentisco, enebros, jaras, romeros y tomillos. Veremos también algarrobos, olivos, higueras y almendros, testimonio del uso agrícola que tuvo el paraje hasta hace poco. Hay bastantes pinos carrascos, que forman bosquetes en algunas áreas, y en los últimos años se han realizado diversas repoblaciones para reintroducir las encinas, que debieron dominar hace siglos.

3.1.11. FAUNA

La fauna que habita este espacio natural de Puçol, está adaptada al matorral mediterráneo, como las currucas que encuentran alimento y protección en este tipo de ecosistemas. El mochuelo, el cernícalo vulgar o la abubilla establecen sus nidos en los olivos y algarrobos.

Conejos y erizos conviven con reptiles como el lagarto ocelado o la culebra de escalera en la espesura del matorral.

3.1.12. PAISAJE

Al hablar sobre el paisaje de la zona de estudio, se debe recordar que este un bien valorado subjetivamente de cada persona a la hora de valorar de los recursos naturales de la zona, por lo que por paisaje se puede definir como “la percepción o conjunto de sensaciones, visuales, auditivas, olfativas, que producen en nosotros un determinado escenario natural con o sin intervención humana”.

La Ley 4/2004, de 30 de junio, de la Generalitat Valenciana, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje, enuncia en su artículo 30 que: “los planes de acción territorial y, en su ausencia o complemento, los planes generales definirán y orientarán las políticas de paisaje en la Comunidad Valenciana”, al igual enuncia que “ Para conseguir estos fines, los planes de acción territorial y los planes generales deberán contener un estudio de paisaje donde se establezcan los principios, estrategias y directrices, que permitan adoptar medidas específicas destinadas a la catalogación, valoración y protección del paisaje en sus respectivos ámbitos de aplicación”.

De esta forma surgió el Decreto 120/2006, de 11 de agosto, del Consell, por el que se aprueba el Reglamento de Paisaje de la Comunidad Valenciana, el cual tiene por objeto la protección, gestión y ordenación del paisaje en la Comunidad Valenciana en desarrollo de lo previsto en la Ley 4/2004 de 30 de junio, de Ordenación del Territorio y Protección del Paisaje, en la Ley del 10/2004, del 9 de diciembre, del Suelo No Urbanizable y la Ley 16/2005, del 30 de diciembre, Urbanística Valenciana, sin perjuicio de otros desarrollos reglamentarios de las citadas leyes.

En el territorio del ámbito de estudio se pueden distinguir las siguientes unidades:

Paisaje urbano

Este tipo de paisajes los constituyen los centros urbanos próximos a la zona de actuación.

Donde podemos señalar que el núcleo urbano de Puzol, está situado en el noreste de la provincia de Valencia, y en el límite norte y en contacto con el Camp de Morvedre



Figure 5. Paisaje Urbano

Paisaje agrícola

Comúnmente está formado por campos de cultivo de cítrico y frutales de regadío. En general en las zonas de la Comunidad Valenciana se destacan los naranjos como principal cultivo agrícola, pero al igual se pueden encontrar diferentes árboles frutales de donde provienen nísperos, cerezas, peras y manzanas. A este tipo de paisaje se le relaciona por igual con las actuales infraestructuras de regadío, tales como depósitos y balsas de riego, casetas de bombas, líneas eléctricas, válvulas, entre otros. Las cuales restan naturalidad al paisaje y en general son consideradas como antiestéticas.



Figure 6. Paisaje Agrícola

Paisaje forestal - arbustivo

Aunque no abunda la superficie forestal en la zona, destacan especies termófilas adaptadas a las prolongadas sequías de la estación estival. La formación arbustiva está compuesta por matorral mediterráneo donde destaca la coscoja (*Quercus coccifera*), enebro (*Juniperus oxycedrus*) y el palmito (*Chamaerops humilis*). En el caso de las arbóreas destacan los pinos carrascos (*Pinus Halap ensis*) y carrascas (*Quercus rotundifolia*).



Figure 7. Paisaje Forestal – Arbustivo

3.1.13. DEMOGRAFÍA

La demografía se encuentra ligada con lo que es la distribución espacial de la población y así como las actividades que se realizan en el territorio, los cuales se ven relacionados con la actividad económica y los asentamientos de los seres humanos en el municipio.

En la Comunidad Valenciana tanto los procesos de urbanización, creación de infraestructuras, como la evolución demográfica están igualmente vinculados a dicho desarrollo económico, con una dinámica histórica dual, caracterizada por la existencia de una mayor concentración económica, urbana y demográfica en el litoral y unas comarcas interiores que acusan un descenso relativo tanto de la actividad económica como del componente demográfico, proceso éste más acusado desde los años 60.

Tabla 2. Datos poblacionales de Puçol – Valencia – España.

Población	Habitantes	Superficie (km²)	Densidad (hab/km²)	Región natural
Puçol	19.438	18,06	1.076,3	Costa

Como podemos ver en la Tabla N° 2, actualmente en el municipio de Puçol se encuentra un asentamiento poblacional de 19.438. Su superficie es de 18,06 km², lo que supone una densidad de población de 1.076,3 hab/km². Dichos datos facilitados por la INE para el año 2016.

En cuanto a su evolución poblacional, tomando en cuenta los datos del instituto Nacional de Estadística, se observa como la población va creciendo a través de los años. Se ha pasado de 14.520 habitantes en el año 2000 a 19.341 habitantes en 2014 como podemos ver en la Tabla N° 3 a continuación, lo que supone un aumento de casi 5000 habitantes entre el 2000 al 2014.

Tabla 3. Censos de Población. Fuente: Instituto Nacional de Estadística

Año	Puçol
2000	14.529
2001	14.824
2002	15.057
2003	15.54
2004	16.018
2005	16.531
2006	17.249
2007	18.213
2008	18.482
2009	19.018
2010	19.295
2011	19.310
2012	19.421
2013	19.320
2014	19.341

3.1.14. SERVICIOS

El centro médico más próximo al polígono industrial el cual se sitúa a unos 1.8 km de mismo, este dispone de un servicio 24 horas para atender emergencias sanitarias. El servicio de bomberos se sitúa a unos 3.9 km del polígono industrial.

Existe un plan de emergencia en la industria para ser aplicado en caso de accidentes que puedan llevar a accidentes graves, no solo los graves sino también accidentes pequeños que puedan ser controlados en la industria, en el caso de los accidentes graves se dará la primera atención para estabilizar la situación y luego trasladar en la mayor brevedad posible; de igual manera se comunicará la información relevante al mismo, las sustancias involucradas con el accidente y la cantidad de estas, las medidas de emergencia tomadas por la industria y las medidas tomadas para el control del accidente y la atención a los afectados.

3.2. DESCRIPCIÓN DE LA INDUSTRIA

En el apartado a continuación se describe la empresa, con la finalidad de poder conocer más al detalle las operaciones que realiza la industria.

Al tomar una empresa genérica de almacenamiento y distribución de gases, se le ha asignado una localidad en el Polígono Industrial Campo Aníbal de Puçol, con un emplazamiento total de 29,317.54 m².

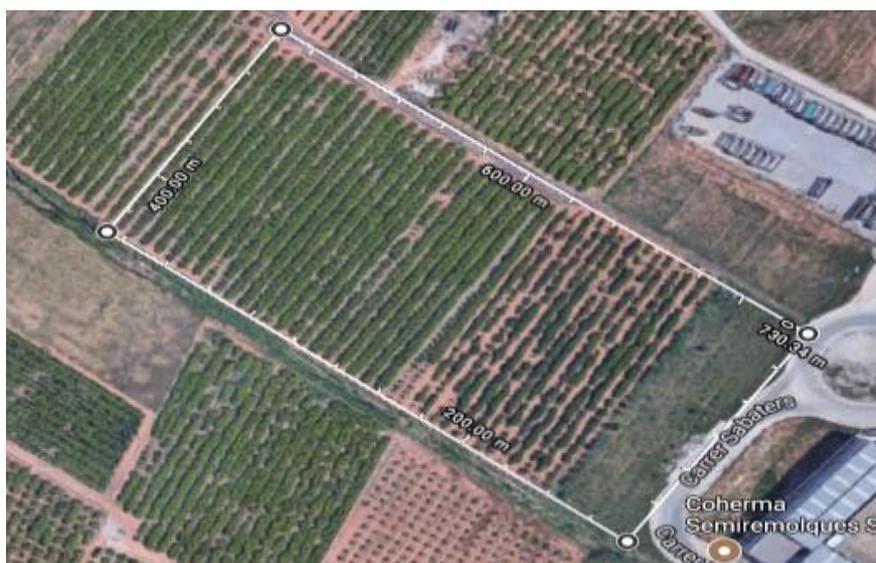


Figure 8. Emplazamiento de la Industria

3.2.1. NOMBRE O RAZÓN SOCIAL DEL INDUSTRIAL Y DIRECCIÓN DEL ESTABLECIMIENTO

Establecimiento industrial dedicado al almacenamiento y distribución de gases industriales en la Comunidad Valenciana – España, ubicado en el Carrer de Sabaters, 39 – Polígono Industrial de Puçol, 46530.

3.2.2. ACTIVIDAD DEL ESTABLECIMIENTO

El establecimiento se dedica a almacenar y distribuir gases industriales y medicinales para múltiples sectores: metalurgia, vidrio, agua, alimentación, medicinal, energía, petroquímica, laboratorios, congelación, refrigeración, enología, ocio y bebida, para fines del trabajo final de master se ha considerado solo los gases industriales.

Los gases industriales se producen actualmente en volúmenes que hace una década hubieran sido impensables. Actualmente se ha desarrollado una serie de técnicas de purificación para eliminar las impurezas de nuestras combinaciones con el fin de maximizar su eficacia y estabilidad. Estos se usan como reactivos y portadores, desde la esfera industrial a la médica, requiere que su producción, distribución y almacenamiento sea monitorizado con gran cuidado y profesionalidad.

Al ser materiales con especificaciones extremadamente altas, los procesos se basan en la pureza del gas para ser efectivos y eficaces e incluso un mínimo decaimiento en su calidad y contaminación pueden tener serias consecuencias en términos de pérdidas.

Estos tienen distintas actividades, como soldar, congelar, enfriar o calentar, al igual que suministrar energía. Son fundamentales para infinidad de procesos en la industria del metal, la industria química y energética, la industria alimentaria, en la conservación del medio ambiente, en la elaboración del vidrio y la electrónica, en construcción civil, en la elaboración de plásticos y cauchos, en medicina, en y la investigación y la ciencia.

3.2.3. PLANTILLA TOTAL Y DISTRIBUCIÓN POR TURNOS EN LA INSTALACIÓN

El régimen de trabajo en el establecimiento es permanente. Se asegura de que todas las instalaciones de gas cumplan con las más estrictas normativas internacionales sobre seguridad. Se aplica las mejores técnicas sobre seguridad, higiene, medio ambiente y calidad. El profundo conocimiento de la legislación y normativas internacional coloca a la industria en

la posición ideal para ofrecer una amplia gama de servicios sobre seguridad.

Estos servicios de seguridad se basan en formación del personal, auditorías sobre seguridad en las instalaciones del cliente, análisis y auditorías de procesos técnicos y evaluaciones de riesgos.

Asimismo, se establece un continuo mantenimiento y vigilancia a los equipos por parte de los profesionales de mantenimiento para prevenir fugas en cualquier sistema de suministro de gas. De igual forma se aconseja a los clientes como cumplir con las prácticas de seguridad adecuada.

3.2.4. INSTALACIONES

A continuación, se describen algunos componentes de las instalaciones de la industria, y de esta manera poder identificar y describir las fuentes de peligro ambiental que existen en la industria de almacenamiento de gas, las cuales se muestran como posibles potenciales de incidencia a daños ambientales.

3.2.4.1. RED DE TUBERÍAS

Las tuberías son los que conducen y canalizan los gases desde el punto de almacén hasta los puntos de suministro o envasado. Estás deben ser de materiales resistentes que no sufran deterioros ni por el gas distribuido, ni por el medio exterior con que estén en contacto o de lo contrario serán protegidas con un recubrimiento eficaz.

Pueden utilizarse materiales tales como:

Cobre. Deberán cumplir la norma UNE-EN 1057 en cuanto a su composición y espesores de pared. Los accesorios se unen mediante soldadura, que han de ser fabricados con materiales similares a los del tubo.

Acero. Deberán cumplir las normas UNE 36864 o UNE 19046 según sean con o sin soldadura. Los accesorios serán del mismo material de acero.

Acero inoxidable. Deberán cumplir la norma UNE 19049. Las uniones se realizan mediante soldadura longitudinal y los accesorios serán del mismo material de acero.

Polietileno. Deberán cumplir la norma UNE-EN 1555, unidos mediante soldadura a electrofusión. Limitado a tramos empotrados o enterrados y siempre preceptiva la autorización de la empresa suministradora para su empleo.

3.2.4.2. ALMACENAMIENTO Y MANEJO DE CILINDROS

Los cilindros al estar cargados de gases a alta presión deben tratarse con cuidado, para de esta manera evitar daños mecánicos y físicos, como calentamiento excesivo y un arco eléctrico. Tomando la alta presión del gas almacenado, puede convertir la válvula del cilindro en un proyectil en caso de que esta se rompiera por la fuerza impulsora del mismo. Así mismo, si se calienta en forma excesiva, el aumento de presión puede hacer saltar el dispositivo de seguridad de la válvula dejando escapar el contenido.

Por esta razón:

- Los cilindros deben ser almacenados en áreas destinadas para ese propósito.
- Al almacenarse en el interior, deben estar en un lugar seco, bien ventilado, protegido del sol y adecuadamente señalizado.
- Marcar los cilindros vacíos, manteniéndolos aparte de los llenos, sin mezclar cilindros de distintos gases (ni llenos ni vacíos).
- No colocar cilindros en corredores o áreas de trabajo en que puedan ser golpeados por máquinas en trabajo u objetos que caigan sobre ellos.
- Cuando el cilindro no está en uso, debe tener el gorro puesto, protegiendo la válvula. No debe haber ningún objeto sobre los cilindros, dificultando la visión o manejo de las válvulas.
- Si se almacenan en el exterior, es necesario protegerlos del ambiente y del sol.
- Evite almacenar cilindros cerca de cualquier fuente de ignición o material a alta temperatura. En general un cilindro nunca debe calentarse a más de 50°C.

Los cilindros portátiles no se deben dejarse caer, aunque parezcan estar vacío, ni golpear cilindros entre sí. Nunca levantar un cilindro tomándolo por la tapa o válvula. Nunca arrastrar un cilindro ni hacerlo rodar. Use el transporte adecuado.

3.2.4.3. ÁREA DE ALMACENAMIENTO DE GASES

El almacenamiento de gases está regulado mediante el Real Decreto 379/2001, de 6 de abril por el que se aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Productos Químicos, concretamente por su instrucción técnica complementaria MIE-APQ-5.

Esta ITC se aplicará al almacenamiento y utilización de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión, así como sus mezclas, destinados a su venta, distribución o posterior utilización, ya sea en botellas y/o botellones sueltos, en bloques o en baterías, con excepción de los que posean normativa específica. La presente norma no será de aplicación a los almacenes ubicados en las áreas de fabricación, preparación, gasificación y/o envasado, ni a los almacenes de gases que posean normativa de seguridad industrial específica. Asimismo, no será de aplicación a los recipientes en uso. A los recipientes en reserva imprescindible para la continuidad ininterrumpida del servicio les será de aplicación, únicamente, el artículo 7 «Utilización» de la presente ITC. En el epígrafe 4 de este documento “RECOMENDACIONES DE UTILIZACIÓN” se entra en detalle respecto a la utilización de los gases en los laboratorios. En caso de que un gas pudiera clasificarse bajo varios riesgos (tóxico, corrosivo, inflamable, etc.) en base a la ITC MIE-AP-7 del Reglamento de Aparatos a Presión, se aplicará el criterio más restrictivo. Los gases tóxicos o corrosivos que sean inflamables se considerarán como tóxicos y corrosivos a efectos de clasificación del almacén, pero se almacenarán junto con los inflamables en lotes debidamente identificados y separados.

Dos zonas de un mismo local se considerarán almacenes independientes si guardan entre sí las distancias de seguridad correspondientes a cada una de ellas. Los almacenes se clasificarán, de acuerdo con las cantidades de productos de cada clase, en las categorías incluidas en la siguiente tabla:

3.2.4.4. INSTALACIONES ELÉCTRICAS DE BAJA TENSIÓN

Las instalaciones eléctricas se ajustarán a los vigentes Reglamentos Baja Tensión, concentrándose los equipos de mando y control en cuadros situados próximos a la entrada de la Estación y de fácil acceso. En algunos casos será necesaria la dotación de alumbrado para permitir la operatividad de operaciones como la de trasvase o para permitir la circulación nocturna en la zona de depósitos, requiriéndose, además, el preceptivo alumbrado de

emergencia. Así mismo, tendrá garantías en las centrales eléctricas, subestaciones y centros de transformación e instrucciones técnicas complementarias.

Así como también, interruptores automáticos magnetotérmicos de baja tensión sectorizados de los diferentes circuitos, selectivos entre sí.

3.2.4.5. INSTALACIÓN DE APARATOS A PRESIÓN

En las instalaciones una gran cantidad de los gases están comprimidos a alta presión en cilindros de aceros. Un aumento excesivo de presión o la rotura de la válvula es peligroso, ya que el cilindro puede convertirse en un proyectil al dejar escapar el gas a alta velocidad. También puede existir peligro de asfixia por desplazamiento del aire.

Se debe evitar que se calienten los cilindros, ya que las altas provocan un aumento de forma proporcional de la presión, por esto no se deben exponer a temperaturas superiores a 50°C.

Así mismo, con la utilización de los reguladores apropiados para cada tipo de gas se puede reducir la presión; por esta razón tienen dispositivos de seguridad para casos en que se produzca una subida excesiva de presión, lo cuáles no deben manipularse sin una preparación previa.

Con un mal manejo de las válvulas, el gas comprimido a una alta presión saldrá a gran velocidad, volviéndose a comprimir a enorme presión en el regulador, lo que aumenta su temperatura pudiendo llegar a la inflamación en el caso de gases oxidantes.

Por esto medida que se utiliza el gas contenido en un cilindro, la presión descende. Este se debe considerar vacío cuando la presión de servicio sea de 2 bar, ya que, bajo ese valor, puede presentarse succión hacia el interior penetrando aire, humedad u otra forma de contaminación, formándose mezclas que pueden ser explosivas si el gas es inflamable.

3.2.4.6. VENTILACIÓN

La ventilación en áreas de almacenamiento cerradas debe ser permanente y suficiente, para lo cual se deberá disponer de aberturas o huecos de comunicación directa con el exterior distribuidos en zonas altas y bajas. La superficie total de éstos no deberá ser inferior a 1/18 de la superficie total del suelo del área de almacenamiento

En casos debidamente justificados la ventilación podrá tomarse de la nave en la que esté ubicado el almacén siempre que no se pueda ocasionar ningún peligro ni en la nave ni en el local de almacenamiento. Esta condición no será necesaria cuando se trate únicamente de almacenamiento de botellas de aire. Cuando se almacenen gases tóxicos o corrosivos la ventilación se diseñará de modo que no se produzcan riesgos o incomodidades a terceros.

Se debe considerar en las entradas de aire directas, las aberturas permanentes practicadas en paredes, puertas o ventanas o bien los conductos individuales o colectivos que comuniquen de forma permanente el local con el exterior o con un patio de ventilación, es decir, cuando estas sean obligatoriamente directas, la altura de la parte superior de la abertura con relación al nivel del suelo no será mayor de 30 centímetros. Así también en las entradas de aire indirectas, se toma el aire de otro local que disponga de entrada directa de aire. La cual se realizará mediante una abertura de igual o mayor tamaño que la directa.

3.2.4.7. INSTALACIÓN DE AGUA SANITARIA

Se dispondrá de un lavabo, un sanitario por cada diez trabajadores como mínimo, y dos termos de agua potable para consumo de los trabajadores.

3.2.4.8. HERRAMIENTAS, MAQUINARIA Y EQUIPOS DE TRABAJO

Los diferentes componentes presentes en el establecimiento para uso del personal es la siguiente:

- Tanque de almacenamiento
- Manguera de líquido
- Manguera de vapor
- Reguladores de presión, manómetros, conexiones, udómetros
- Válvulas de seguridad
- Redes centralizadas.
- Equipos médicos para utilización de gases.
- Equipos industriales para utilización de gases.
- Bombas de vacío
- Vaporizadores.

- Contadores
- Compresores
- Montacargas
- Auto-transporte, etc.

3.2.5. PROCESOS

La actividad de la empresa consiste principalmente en el almacenamiento y distribución de gases industriales. Expertos en la entrega, el suministro y el uso de los gases. Además, de trabajar cerca con el cliente en cada etapa del proceso para que éste sea lo más óptimo posible. Así mismo, se ofrece una amplia cartera de servicios que comienza por la optimización de la eficacia de los procesos y finaliza con el objetivo de lograr que nuestro planeta sea más productivo.

Suministrar los gases que se precise de forma fiable y a tiempo, para conseguir el éxito deseado. Por lo tanto, si las necesidades son de una simple botella, o bien miles de toneladas diarias, contamos con la experiencia suficiente como para suministrar los gases que necesita y como los necesite.

Por lo que la empresa divide en diferentes tipos la manera de distribuir los gases:

3.2.5.1. EL ENVASADO EN SU CONJUNTO

Para pequeñas aplicaciones o aplicaciones más especializadas, se ofrece una o línea completa de gases suministrados en botellas de gas de alta presión y contenedores de líquido en diferentes tamaños.

Por lo que, si lo que le preocupa es el cumplimiento de las normas, los requisitos técnicos de seguridad acerca del suministro de gas mediante botella, se ofrece la ayuda necesaria, como por ejemplo, soporte técnico para la optimización de procesos, procesamiento de productos químicos, medición analítica y purificación. Se suministra servicios de gestión de botellas in situ mediante herramientas de gestión de datos diseñadas para supervisar y gestionar las botellas de gases. El servicio asigna botellas y productos para su instalación, ofrece información de reservas y le ayuda a controlar el inventario de las botellas de gases.

La seguridad de los clientes es lo más importante para la empresa. Por eso se ofrece formación en seguridad sobre las características y peligros de cada gas, así como sobre la manipulación y el almacenamiento seguro, los equipos de protección para el personal y el uso correcto de los gases para cada aplicación.

3.2.5.2. ALMACENAMIENTO IN SITU PARA UN SUMINISTRO ININTERRUMPIDO

Para necesidades de grandes cantidades de gas industrial, el sistemas de suministro líquido y microbulk le ofrecen un suministro fiable e ininterrumpido de los gases y líquidos que exige su actividad. Instalando en la fábrica el sistemas de suministro líquido sustituyen la necesidad de botellas de alta presión y eliminan la manipulación y los cambios, sin dejar de cumplir los requerimientos de seguridad en vigor. Este sistemas de suministro líquido están disponibles en una amplia variedad de tamaños y capacidades de flujo en función de las diversas aplicaciones.

Los productos son transportados en cisternas y están sujetos a un cuidado, sistema de suministro y almacenamiento. Este sistema garantiza la seguridad del producto. De forma alternativa, pueden utilizarse también remolques cisterna para gas de alta presión para aplicaciones especiales. Lo que permite tener menos cambios de botellas, obtener la mejor relación calidad-precio y reducir la inversión de capital gracias a nuestros sistemas de suministro de gas líquido y microbulk.

3.2.5.3. TODO CONECTADO

Para clientes que consumen altos volúmenes de hidrógeno, oxígeno, nitrógeno o argón a diario, nuestros sistemas de suministro mediante canalizaciones pueden ser lo que necesitan. Flexible y económico, el suministro mediante canalizaciones es ideal para clientes que consumen altos volúmenes y sostienen una demanda continua, ubicados cerca de nuestras instalaciones operativas de canalizaciones.

CAPÍTULO 4: METODOLOGÍA DE ANÁLISIS DE RIESGO AMBIENTAL

4.1. IDENTIFICACIÓN DE ESCENARIOS ACCIDENTALES

La identificación de los escenarios accidentales, la ocurrencia de eventos y la probabilidad de los mismos en cada uno de las zonas determinadas, se realizó en base a los elementos estructurales y de diseño que presentan de manera general las plantas de almacenamiento y distribución de gas industriales.

Las áreas dentro de la planta donde ocurre el manejo de los gases industriales de manera cotidiana y continua, se le denomina como “Áreas Peligrosas”, por lo que se puede decir que esta área es donde se pueden encontrar los escenarios accidentales, lo cual implícitamente conlleva la posibilidad de la ocurrencia de estados definidos como inseguros o de riesgo. Con esta consideración se identificaron las siguientes “Áreas Peligrosas”.

- Áreas de Almacenamiento (Cilindros y tanques)
- Área de Recepción y de Suministro.
- Autocarburación de vehículos de reparto. (Dentro de estas áreas se encuentran consideradas las líneas de recepción y suministro)

A la hora de hablar de riesgo, nos referimos a una emergencia del daño, el cual puede ocurrir dentro de las instalaciones de la planta, en la infraestructura urbana o en la población, mediante estos podemos establecer los posibles eventos de riesgos que pueden ocurrir dentro de las instalaciones de una planta de almacenamiento y distribución de gases industriales, y que pueda no solo la industria sino también sus alrededores; sin embargo, la magnitud y severidad de estos eventos, dependerá de las condiciones en las que ocurran, así como de la individualidad o multiplicidad de los mismos, es decir, que los eventos pueden ocurrir de manera aislada, simultánea o concatenada.

Para una planta de este tipo consideramos unos posibles casos de eventos de riesgos, los cuales son, fuga de los gases y por medio de esta una formación de una nube tóxica e inflamable, la cual puede provocar una explosión, como también la intoxicación del entorno.

Esto no establece por sí mismo la ocurrencia, magnitud y severidad de un evento, por lo cual, es necesario determinar e identificar los incidentes, accidentes o eventos inseguros que con mayor frecuencia se presentan en las instalaciones de una planta de este tipo, considerando no sólo lo referente a los equipos e instalaciones mecánicas, sino además lo referente al proceso de operación de la misma planta.

Es importante mencionar, que la gran mayoría de los accidentes ocurridos en las plantas de gases, se han provocado por el arranque de vehículos de transporte durante las operaciones de carga y descarga, que generaron la fuga de gas por la ruptura de mangueras y tuberías.

4.2. METODOLOGÍA DE EVALUACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL

La metodología empleada se rige por la publicada por MAPFRE “Nuevas metodología para evaluar cómo afectan las actividades de la empresa al entorno natural”, este fue publicado en el tercer trimestre del 2007. Con el objetivo de centrar este tipo de metodología en indicadores medioambientales, que permitan a cualquier industria reducir el riesgo al ambiente.

A la hora de emplear estos indicadores se supone que se aplicará como una herramienta de valoración y comunicación de la gestión medioambiental, con el objetivo de medir con objetividad la gestión de la industria y a su vez el progreso de disminución del riesgo al medioambiente.

El fin principal de esta metodología es determinar el Índice de Consecuencias Ambientales, el cual se centra en la evaluación de dos factores: las fuentes de peligros y los receptores. Estos dos a su vez se subdividen en dos subfactores, como se puede observar en la tabla N° 4 a continuación:

Tabla 4. Parámetros de la metodología de análisis de riesgo [4]

Factor	Fuente de Peligro	Receptores
Subfactor 1	Peligrosidad de la sustancia	Área afectada por el potencial accidente
Subfactor 2	Cantidad de dichas sustancias	Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico

Se ha tomado en consideración los cuatro indicadores que abarca esta metodología de un

modo directo y sencillo, con el objetivo de utilizar estos mismos indicadores para la realización del análisis de riesgo ambiental propuesto para la realización de este trabajo de fin de máster.

4.2.1. CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR PELIGROSIDAD DE LAS SUSTANCIAS

A la hora de hablar de la peligrosidad de una sustancia, se debe tener en cuenta la presencia de una sustancia, la cual pueda ocasionar un daño lo suficiente como para que afecte el medioambiente. En el cual este daño sea en función de sus propiedades intrínsecas, que a la vez lo son de la composición molecular y de las condiciones a las que se encuentran almacenadas o manipuladas ya sea por la presión, la temperatura, la altura o cualquier forma de tratar esta sustancia.

Las sustancias químicas se clasifican según las propiedades intrínsecas las cuales se apoya en filtros en los cuales la sustancia es evaluada en términos de peligrosidad y comportamiento medioambiental. Al igual se evalúa según las pautas de la Dirección General de Protección Civil mediante el conjunto de toxicidad, volatilidad, bioconcentración, adsorción, biodegradación y sinergia.

A continuación, se muestra cómo la metodología propone evaluar los aspectos indicados anteriormente de la siguiente manera:

4.2.1.1. TOXICIDAD

Las sustancias clasificadas como peligrosas para el medio ambiente reciben directamente una puntuación para su toxicidad, en función del tipo de frases «R» que la sustancia presenta en su etiquetado, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE, tal y como se muestra en la Tabla N° 5.

Tabla 5. Valoración de la toxicidad para sustancias peligrosas para el medioambiente según la Directiva 67/548/CEE [4]

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/R57	5
R52 y/o R53	-	4

-	R58	4
-	R59	4

Para aquellas sustancias no clasificadas como peligrosas para el medio ambiente, la toxicidad se valorará conforme a los valores toxicológicos LC50 EC50 o LD50 aplicando la Tabla N° 6. Se deberá utilizar la LE, EC o LD50 más baja disponible para peces, Daphnia o algas.

Tabla 6. Valoración de la toxicidad mediante los valores toxicológicos [4]

Toxicidad Aguda (LC50 o EC50) (mg/L)	Toxicidad Aguda (LD50) (mg/kg)	Puntuación
< 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 los casos en los que no se disponga de los datos toxicológicos requeridos se aplicará la Tabla N° 7.

Tabla 7. Valoración de la toxicidad a través de la clasificación de la sustancia según el pictograma de la sustancia [4]

Toxicidad	Puntuación
Muy tóxico	10
Tóxico	6
Nocivo	3
Irritante, corrosivo	1

Esta información sobre la valoración de la peligrosidad de las sustancias se puede encontrar en las fichas de seguridad de cada sustancia, en la cual se detalla todos los puntos de peligrosidad que puede tener la sustancia a estudiar, este se puede encontrar en una escala del 1 al 10 de la misma forma que se detalla en la tabla anterior.

4.2.1.2. VOLATILIDAD

La volatilidad de la sustancia se valora mediante el valor de la constante de Henry, ya que la Ley de Henry (coeficiente de reparto aire-agua) viene a cuantificar la tendencia relativa de un compuesto a existir en forma de moléculas de vapor en contraposición a estar disuelto en agua.

Para valorar la volatilidad se calculará $\log H$, donde H es la constante de Henry medida en ($\text{atm m}^3/\text{mol}$), y se aplicará la Tabla N° 8.

Tabla 8. Valoración de la volatilidad [4]

Volatilidad – Log H	Puntuación
$\text{Log H} < - 3$	5
$- 3 \leq \text{Log H} < - 1$	4
$- 1 \leq \text{Log H} < 1$	3
$1 \leq \text{Log H} < 2$	2
$\text{Log H} \geq 3$	1

Estos parámetros sobre la valoración de la volatilidad se pueden notar que van de una escala descendente de 5 a 1, por lo que estos parámetros, así como anteriormente mostrado se puede obtener en los parámetros dados por la aplicación informática para el análisis de riesgo ambiental llamado EPI SUITE de la Environmental Protection Agency con su sede principal en los Estados Unidos de América.

4.2.1.3. BIOCONCENTRACIÓN

La bioconcentración de la sustancia se valora mediante el valor de Log BCF calculado mediante el programa informático EPI Suite y aplicando la Tabla N° 9.

Tabla 9. Valoración de la bioconcentración [4]

Bioconcentración – Log BCF	Puntuación
$\text{Log BCF} > 2$	2
$1 < \text{Log BCF} \leq 2$	1
$\text{Log BCF} \leq 1$	0

Al igual que los parámetros anteriores, los parámetros de la valoración sobre la bioconcentración se puede obtener en los parámetros dados por la aplicación informática para el análisis de riesgo ambiental llamado EPI SUITE de la Environmental Protection Agency con su sede principal en los Estados Unidos de América. Tomando en cuenta que estos van en una escala de 2 a 0 sucesivamente.

4.2.1.4. ADSORCIÓN

La adsorción de la sustancia se valora mediante el coeficiente de reparto octanol/agua, el cual representa la relación entre la concentración en la fase de octanol y en la fase acuosa en el equilibrio. Es una medida de la hidrofobicidad, o afinidad hacia los lípidos, de una sustancia disuelta en agua. Los compuestos químicos con valores altos de K_{OW} tienden a acumularse en las porciones lipídicas de los organismos y a concentrarse en suelos y sedimentos. Por el contrario, los compuestos con bajos K_{OW} tienden a distribuirse en el agua o en el aire.

Para valorar la adsorción se calculará el $\log K_{OW}$, donde K_{OW} representa el coeficiente de reparto octanol/agua, y se aplicará la Tabla N° 10.

Tabla 10. Valoración de la adsorción [4]

Bioconcentración – Log BCF	Puntuación
$\text{Log } K_{OW} > 2$	2
$1 < \text{Log } KOW \leq 2$	1
$\text{Log } KOW \leq 1$	0

Los parámetros sobre la valoración de la adsorción se pueden notar que van de una escala descendente de 2 a 0, por lo que estos parámetros así como anteriormente mostrado se puede obtener en los parámetros dados por la aplicación informática para el análisis de riesgo ambiental llamado EPI SUITE de la Environmental Protection Agency con su sede principal en los Estados Unidos de América.

4.2.1.5. BIODEGRADACIÓN

La biodegradación de la sustancia se valora mediante el valor de BD calculado mediante el programa informático EPI Suite y aplicando la Tabla N° 11.

Tabla 11. Valoración de la biodegradación [4]

Biodegradación – BD	Puntuación
BD < 2 (meses o periodos de tiempo mayores)	5
$2 \leq BD < 2.5$ (meses / semanas)	4
$2.5 \leq BD <$ (semanas / días)	3
$3.5 \leq BD <$ (días / horas)	2
$BD \geq 4.5$ (horas)	1

Los parámetros sobre la valoración de la biodegradación se pueden notar que van de una escala descende de 5 a 1, por lo que estos parámetros así como anteriormente mostrado se puede obtener en los parámetros dados por la aplicación informática para el análisis de riesgo ambiental llamado EPI SUITE de la Environmental Protection Agency con su sede principal en los Estados Unidos de América.

4.2.1.6. SINERGIA

De forma general, cuando la metodología evalúa las sustancias implicadas en un determinado escenario accidental, existen las siguientes posibilidades:

- a) Implicación de una única sustancia.
- b) Implicación de más de una sustancia, generando una mezcla que, a priori, no presenta efectos sinérgicos.
- c) Implicación de más de una sustancia, dando lugar a una mezcla que, a priori, presenta efectos sinérgicos.

En el supuesto a), cuando la sustancia es pura la valoración de la sinergia es nula, por lo que su puntuación será 0, tal y como muestra la Tabla N° 12.

En los supuestos b) y c) se aplicará la metodología descrita en los apartados, hasta obtener la puntuación parcial de peligrosidad para cada una de las sustancias del escenario accidental objeto de análisis.

A cada una de las puntuaciones parciales de las diversas sustancias se le añadirá la puntuación asignada por el efecto de sinergia aplicando la Tabla N° 12.

Tabla 12. Valoración de la sinergia [4]

Sinergia	Puntuación
Mezcla de sustancias sinérgicas	3
Mezcla de sustancias no sinérgicas	2
Sustancia pura	0

4.2.2. ESTANDARIZACIÓN DEL FACTOR “PELIGROSIDAD”

El criterio de peligrosidad tiene una puntuación final en el factor “Fuentes de peligro” de 1.7 puntos como mejor opción disponible o de 20 puntos en el peor de los supuestos. Puesto que, aplicando la metodología descrita en los apartados anteriores, es preciso aplicar un factor de estandarización.

Por lo tanto, el valor de peligrosidad obtenido se deberá dividir por el 1.2 y de esta forma se obtendrá la puntuación normalizada del factor “Peligrosidad”, tal y como muestra la ecuación a continuación:

$$Peligrosidad * (1 - 20) = Peligrosidad(2 - 24)/1.2$$

4.2.3. CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “CANTIDAD IMPLICADA”

Otro de los aspectos a tener en cuenta en el análisis de riesgo ambiental es la cantidad almacenada o involucrada en un accidente. A pesar de que una vez ocurrido un accidente no toda la cantidad involucrada va a ser transportada hasta alcanzar los receptores vulnerables, este factor ofrece una idea de la magnitud del accidente.

En la mayoría de las ocasiones, la información disponible acerca del escenario accidental va a ser muy limitada o inexistente. Las cantidades involucradas en estos casos también resultaran difíciles de estimar en los primeros momentos de la emergencia. Por ello, con objeto de establecer un factor de ponderación para la cantidad de sustancia química liberada, resulta más práctico recurrir a las cantidades almacenadas que se han visto implicadas.

Por otro lado, si se dispone de mediciones directas o estimaciones más exactas, se deberán utilizar las más precisas en comparación con la cantidad o cantidades almacenadas.

Tabla 13. Porcentaje de la cantidad reflejada en el RD 125/1999 [4]

Cantidad involucrada en el accidente Porcentaje de cantidad reflejada en las partes 1 o 2 del anexo 1 del RD	Puntuación
≥ 100 %	10
80 – 99 %	8
50 – 80 %	7
20 – 50 %	5
5 – 20 %	3
1 – 5 %	2
< 1 %	1

Tabla 14. Cantidad de sustancia no reflejada en el RD 125/1999 [4]

Cantidad involucrada en el accidente Porcentaje de cantidad reflejada en las partes 1 o 2 del anexo 1 del RD	Puntuación
≥ 500	10
250 – 500	8
100 – 250	7
50 – 100	5
5 – 50	3
0.5 – 5	2
< 0.5	1

4.2.4. CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “ÁREA AFECTADA POR EL ACCIDENTE”

Al momento de evaluar el área afectada por el accidente, se precisa utilizar algún modelo matemático que permita determinar el radio de expansión de la sustancia, pudiendo hacer la referencia a esta zona en el ámbito terrestre y acuático.

El área afectada por el accidente constituye uno de los criterios más estrechamente relacionados con el tipo de receptor afectado. La importancia de la extensión de un accidente dependerá en gran medida de la calidad/vulnerabilidad del hábitat afectado. En esta línea, la

Directiva 96/82/CE, a través del anexo VI del Real Decreto 1254/1999 que la traspone al ordenamiento jurídico español, propone una serie de criterios relacionados con la extensión del área afectada:

- a) Daños permanentes o a largo plazo causados a hábitat terrestres.

- b) 0,5 hectáreas o más de un hábitat importante desde el punto de vista de la conservación y protegido por la ley.
- c) 10 hectáreas o más de un hábitat más extendido, incluidas tierras de labor.
- d) Daños significativos o a largo plazo causados a hábitat de aguas de superficie o hábitat marinos:
 - I. 10 kilómetros o más de un río, canal o riachuelo.
 - II. 1 hectárea o más de un lago o estanque.
 - III. 2 hectáreas o más de un delta.
 - IV. 2 hectáreas o más de una zona costera o marítima.
- e) Daños significativos causados a un acuífero o aguas subterráneas: 1 hectárea o más.

Los criterios o umbrales para la extensión del daño presentados en la Tabla N° 15 consideran la vulnerabilidad/calidad del medio o hábitat y establecen, al mismo tiempo, una clara división para los hábitats de aguas de superficie, hábitat marino y aguas subterráneas.

Tabla 15. Valoración del área afectada [4]

Medio Terrestre y acuífero (hectáreas)	Medio acuático (ríos, canales) Km	Medio acuático (lagos, zonas costeras) (Ha)	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

En este sentido, la importancia de la extensión espacial del daño queda estrechamente unida al tipo y valor de los hábitats afectados.

La metodología a seguir será establecer el área afectada mediante la aplicación de modelos matemáticos o programas informáticos adecuados, para posteriormente calcular la

puntuación correspondiente según la Tabla N° 15.

4.2.5. CARACTERIZACIÓN DEL SUBFACTOR “VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO”

Para caracterizar el factor “Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico” se va a clasificar el tipo de entorno afectado y la categoría de protección de especies, atendiendo al impacto ecológico que puede causar un posible accidente, y se va a valorar el impacto socioeconómico a partir de las actividades económicas, la alteración de recursos naturales e infraestructuras y la población afectada, así como la existencia de población sensible en el área afectada.

A la hora de establecer una puntuación para el factor “Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico” se deberá determinar en primer lugar el área afectada mediante la aplicación de modelos matemáticos o programas informáticos adecuados.

4.2.5.1. VULNERABILIDAD ECOLÓGICA: TIPO DE ENTORNO AFECTADO

Una vez conocida el área afectada, se deberá determinar el tipo de usos del suelo y la existencia de figuras de protección de espacios naturales en dicha área. Una vez determinados los usos del suelo y la existencia de espacios protegidos se puntuará el criterio “Tipo de entorno afectado” como se puede observar en la Tabla N° 16.

Tabla 16. Valoración del tipo de entorno afectado [4]

Tipos de entorno afectado	Puntuación
<ul style="list-style-type: none">- Parque Nacional de la Red de Parques Nacionales de España- Humedales Ramsar- Lugar de Interés comunitario (LIC)- Zona de especial protección de aves (ZEPA)	10
<ul style="list-style-type: none">- Reserva natural- Reserva natural especial, reserva natural dirigida, reserva natural parcial, reserva concentrada, reserva integral, reserva natural integral, reserva biológica nacional.	9
<ul style="list-style-type: none">- Reserva de la biosfera- Parque natural- Parque regional, parque rural	8
<ul style="list-style-type: none">- Monumento natural, monumento natural de interés nacional, enclave	7

natural, árbol singular	
- 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, microreserva, 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 - Depósito de basura y vertederos	1

4.2.5.2. VULNERABILIDAD ECOLÓGICA: CATEGORÍA DE PROTECCIÓN DE ESPECIES

En aquellos casos en los que el área de influencia de un escenario accidental coincida con el área de distribución de una especie animal o vegetal contemplada bajo alguna figura de protección a nivel nacional o equivalente a nivel autonómico, se puntuará aplicando la Tabla N° 17. Cuando se dé más de una categoría de protección de las arriba mencionadas en la misma área, se deberá escoger, de entre las presentes, la que otorgue un mayor incremento a la puntuación obtenida para la vulnerabilidad/calidad del hábitat.

Tabla 17. Valoración de la categoría de protección de especies [4]

Categoría de protección	Puntuación
En peligro de extinción	5
Sensibles a la alteración de su habitar	4
Vulnerables	3
De interés especial	2
Sin categoría de protección	1

4.2.5.3. VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: IMPACTO EN ACTIVIDADES ECONÓMICAS

Con este criterio se pretende valorar la posible afección a actividades económicas que se realizan en el área afectada por el posible accidente ambiental.

En esta ocasión la puntuación no es gradual sino aditiva. Es decir, la existencia de alguna de las actividades numeradas en la Tabla N° 18 adicionará la puntuación correspondiente al cómputo total del criterio “Impacto en actividades económica.

Tabla 18. Valoración del impacto en actividades económicas [4]

Actividades económicas	Puntuación
Agricultura, ganadería, caza y/o pesca	+ 1.5
Industrias y comercios agroalimentarios	+ 1.5
Otras industrias y comercios	+ 1
No existen industrias ni comercios	+ 0

4.2.5.4. VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: ALTERACIÓN DE RECURSOS NATURALES E INFRAESTRUCTURAS

Con este criterio se pretende valorar la posible afección a los recursos naturales y las infraestructuras existentes en el área afectada.

En esta ocasión, la puntuación tampoco es gradual sino aditiva. Es decir, la existencia de alguno de los recursos o infraestructuras numeradas en la Tabla N° 19 adicionará la puntuación correspondiente al cómputo total del criterio “Alteración de recursos naturales e infraestructuras”.

Tabla 19. Valoración de la alteración de recursos naturales e infraestructuras [4]

Recursos naturales e infraestructura	Puntuación
Suministros de agua	+ 0.5
Redes de transporte y comunicación	+ 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

4.2.5.5. VULNERABILIDAD SOCIOECONÓMICA: POBLACIÓN AFECTADA Y EXISTENCIA DE POBLACIÓN SENSIBLE

Con este criterio se pretende valorar la masa de población afectada ante un accidente medioambiental, así como la existencia de población sensible ante la posible contaminación.

Se considera población afectada a aquellas personas que tengan que ser evacuadas o confinadas por más de dos horas o que requieran asistencia médica sin hospitalización.

Tabla 20. Valoración de la población afectada [4]

Población afectada (personas)	Puntuación
≥ 1 muerte o > 100 personas afectadas ≥ 1 hospitalización superior a 24 h	4
o 25 – 100 personas afectadas	3
5 – 25 personas afectadas	2
< 5 personas afectadas	1

En el caso de la existencia de población sensible, dicho criterio tiene una puntuación aditiva. Es decir, la existencia de alguno de los grupos de población enumerados en la Tabla N° 21 añadirá la puntuación correspondiente a la puntuación de población afectada obtenida en la Tabla N° 21.

Tabla 21. Valoración del impacto en población sensible [4]

Población afectada (personas)	Puntuación
Hospitales	+ 1
Colegios y guarderías	+ 1
Asilos y centros de la tercera edad	+ 1
Polideportivos	+ 1
No existe población sensible	+ 0

4.2.6. DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CONSECUENCIAS AMBIENTALES

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada uno de los factores “Fuentes de peligro y Receptores” tenga el mismo peso específico (50%), y de esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Ambientales tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

La distribución de las aportaciones de cada parámetro en los subfactores, calculados según lo descrito en los apartados anteriores y de los subfactores al Índice de Consecuencias Ambientales.

4.2.7. EVALUACIÓN DE LA PROBABILIDAD DE ACCIDENTES

Una vez que hemos identificado los objetos de riesgo y sus peligros y estimado las consecuencias y la gravedad de éstas, es necesario conocer la probabilidad de que ocurra un determinado accidente. Para ello podemos recurrir a los datos del análisis cuantitativo de riesgos realizado por la empresa, o bien podemos efectuar un análisis histórico de los accidentes en industrias del mismo tipo, aunque este método será menos exacto debido a las peculiaridades existentes en cada empresa (entorno, profesionalidad de los trabajadores, situación social).

La probabilidad/frecuencia asociada a un determinado escenario accidental vendrá dada, en algunos casos en el informe de seguridad, por el propio establecimiento a través de análisis cuantitativos de riesgos (ACR) llevados a cabo con anterioridad en sus instalaciones. En estos casos, la Tabla N° 22 proporciona las equivalencias necesarias a la hora de establecer las puntuaciones del factor “Probabilidad”.

Tabla 22. Criterios para el factor Frecuencia, equivalencia ACR [4]

Probabilidad, Análisis Cuantitativo del Riesgo	Puntuación
$x \geq 1,00 \cdot 10^{-2}$	5
$1,00 * 10^{-4} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-2}$	4
$1,00 * 10^{-6} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-4}$	3
$1,00 * 10^{-8} \leq x < 1,00 \cdot 10^{-6}$	2
$x \geq 1,00 \cdot 10^{-8}$	1

Para aquellos supuestos donde no sea posible obtener la información mencionada en el párrafo anterior, es aconsejable seguir los criterios orientativos basados en la norma UNE 150008 EX “Análisis y evaluación del riesgo medioambiental”, que se resumen en la Tabla N°23.

Tabla 23. Criterios para el factor Frecuencia, criterio UNE 150008 EX [4]

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

4.2.8. DETERMINACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL Y TOMA DE DECISIONES

No existen ni en la legislación al respecto de accidentes graves ni en metodologías generalmente aceptadas valores de tolerabilidad del riesgo. Por ello se ha optado por evaluar la tolerabilidad del riesgo en función de los factores que lo componen: Índice de Consecuencias Ambientales y Frecuencia o Probabilidad.

Esto hace que en muchas ocasiones deben ser las propias empresas que elaboran su análisis de riesgos medioambientales quienes se decidan a colocar la “barrera” de la tolerabilidad según datos propios o del sector, y que por supuesto irán modificando en función de su experiencia en este ámbito. No obstante, y con objeto de facilitar el proceso de evaluación.

Las distintas áreas o regiones de riesgo medioambiental, en las que se sitúa un determinado Índice de Consecuencias Ambientales y su correspondiente frecuencia/probabilidad. Las tres regiones de riesgo medioambiental son:

- **Región de riesgo elevado.** En esta área deben ser implantadas medidas de reducción del riesgo, independientemente del coste asociado.
- **Región ALARP** (*As low as reasonably practicable* o Tan bajo como sea factible). El riesgo medioambiental delimitado por esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta los niveles más bajos que sea factible, sin incurrir en costes desproporcionados. El

riesgo sería únicamente tolerable si reducciones mayores de su nivel fuesen impracticables, o tan sólo se alcanzasen mediante un excesivo coste, esfuerzo o tiempo.

- **Región de riesgo moderado.** El nivel de riesgo de esta área es insignificante. Es probable que se incurra en excesivos costes si se toman medidas para alcanzar una mayor reducción.

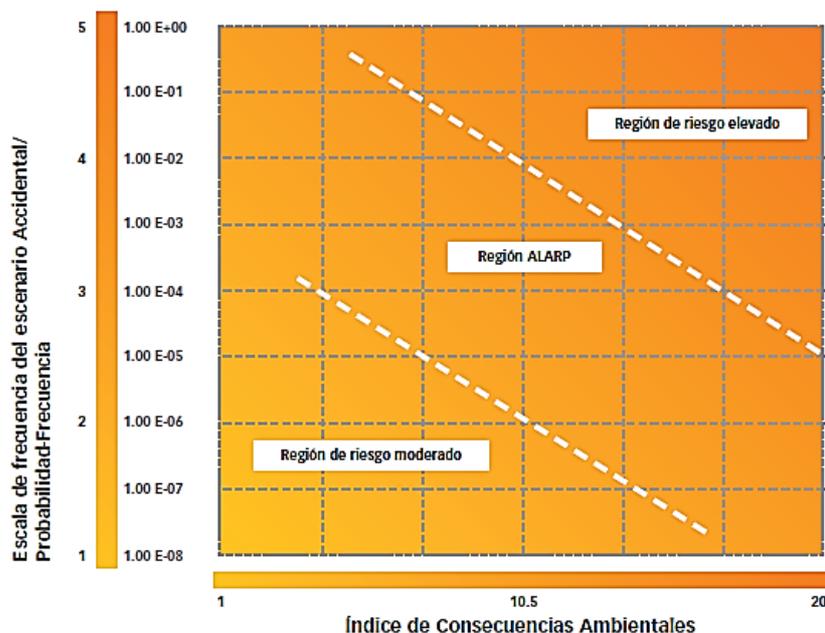


Figure 9. Evaluación de Riesgo Ambiental

4.3. APLICACIONES INFORMÁTICAS

Una de las principales aplicaciones informáticas utilizadas a la hora de realizar un análisis de riesgo ambiental actualmente son las basadas en ALOHA 5.4.1.2 y EPI SUITE 4.0. A continuación se dará una breve explicación de las funciones de las mismas.

4.3.1. ALOHA 5.4.1.2

ALOHA (A real Locations of Hazardous Atmospheres) versión 5.4.1.2 desarrollado por la EPA es un modelo de dispersión atmosférica utilizados para evaluar las emisiones de vapores de sustancias químicas peligrosas. Permite estimar la dispersión a favor del viento de una nube química, basada en la toxicológicos / características físicas de la sustancia química liberada, las condiciones atmosféricas, y las circunstancias específicas de la liberación. ALOHA puede estimar las zonas de amenaza asociada con varios tipos de emisiones de sustancias químicas peligrosas, incluyendo nubes de gases tóxicos, incendios y explosiones.

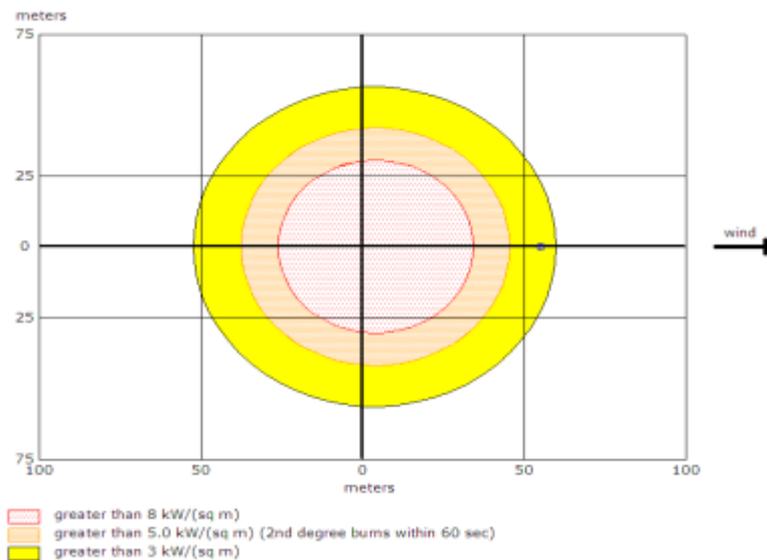


Figure 10. Captura de pantalla del programa ALOHA, versión 5.4.1.2

4.3.2. EPI SUITE 4.1

Esta se trata de una la aplicación informática EPI SUITE 4.0, perteneciente a la agencia de protección medioambiental norteamericana capaz de facilitar parámetros físicos, químicos, etc. de la sustancia a partir de su número CAS.

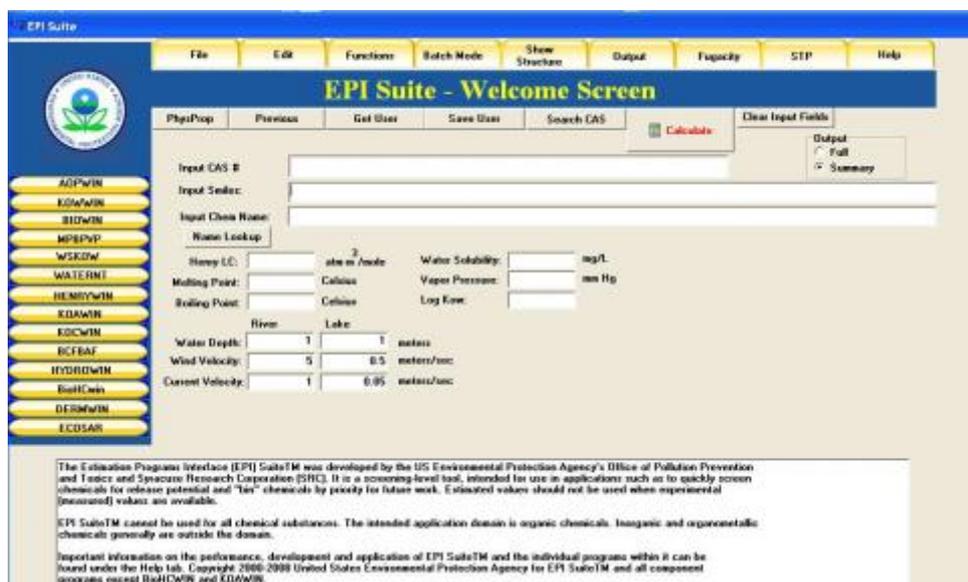


Figure 11. Captura de pantalla del programa ALOHA, versión 5.4.1.2

CAPÍTULO 5: ESTUDIO BÁSICO DE SEGURIDAD

5.1. IDENTIFICACIÓN DE PELIGROS

5.1.1. RESIDUOS GASEOSOS

Las concentraciones de gases en altas cantidades en la atmósfera generan riesgos y problemas medioambientales y para los seres vivos. Una parte de los mecanismos de generación de estos gases contaminantes son de origen natural como los volcanes, pero el problema surge en los procesos industriales que implican combustión de elementos fósiles o el uso excesivo del transporte por carretera entre otros.

En la industria almacena diferentes tipos de gases, algunos en estado de gas y otros en estado líquido respectivamente. Los gases principales que se almacena son: 95 toneladas de oxígeno, 1,7 tonelada de óxido nitroso, 9 toneladas de amoníaco, 0,1 tonelada de hidrógeno y 1,5 tonelada de acetileno, estos almacenados en estado gaseoso; al igual que 2,6 toneladas de etileno y 0,1 tonelada de percloroetileno, estos últimos dos almacenados en estado líquido.

Para identificar los peligros de cada uno de estos gases, se debe estudiar los peligros inherentes a cada una de las sustancias que se almacenan en el establecimiento. Dicha información se encuentra disponible en las denominadas Fichas de Seguridad (FDS). Por lo a continuación se abarcarán los aspectos más importantes relacionados con la peligrosidad de cada uno de las sustancias las cuales se han extraído de su Ficha de Seguridad respectivamente.

5.1.1.1. OXIGENO

Es un gas incoloro, inodoro e insípido. Es incombustible, pero apoya activamente la quema de materiales combustibles. Algunos materiales que no se queman en el aire se queman en oxígeno. Como un gas no líquido se envía a presiones de 2000 psig o más. El oxígeno puro no es inflamable. Bajo exposición prolongada al fuego o al calor intenso, los recipientes pueden romperse violentamente y cohete. El oxígeno se utiliza en la producción de gas de síntesis de carbón, para la reanimación y como inhalante.

- Fórmula química: O₂
- N° de identificación - UE: 008-001-00-8
- N° CAS: 7782-44-7
- Masa molecular: 32.0
- Símbolos: O
- Frases R: 270, 280
- Frases S: 244, 220, 370+376,403

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: -183 °C
- Punto de fusión: -218,4 °C
- Solubilidad en agua: 39 mg/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 1,43
- Temperatura de crítica: -118,0 °C

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Descargar a la atmósfera en un lugar bien ventilado.

5.1.1.2. ETILENO

Un gas incoloro con un olor y sabor dulce. Es más ligero que el aire. Se enciende fácilmente y una llama puede volver fácilmente a la fuente de la fuga. Bajo exposición prolongada al fuego o al calor, los envases pueden romperse violentamente y cohete. Puede provocar una explosión.

- Fórmula química: C₂H₄
- N° de identificación - UE: 601-010-00-3
- N° CAS: 74-85-1
- Masa molecular: 28.0
- Símbolos: F+,
- Frases R: 220, 280, 336

- Frases S: 210, 260, 304+340+315, 377, 381

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: -103,77 °C
- Punto de fusión: -169,15 °C
- Solubilidad en agua: 0,131 g/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 0,978
- Temperatura de crítica: 9,5 °C
- Temperatura mínima de ignición: 425 °C

Información ecológica

- **Toxicidad aguda Producto:** Sin daños ecológicos causados por este producto
- **Toxicidad aguda – Pez (eteno; etileno):** LC 50 (Varios (agua dulce)., 96 h): 126.012 mg/l (calculado)
- **Toxicidad aguda - Invertebrados Acuáticos (eteno; etileno):** EC50 (Daphnia magna, 48 h): 62,482 mg/l (calculado)
- **Toxicidad para plantas acuáticas (eteno; etileno):** EbC50 (Chlorella vulgaris., 72 h): 40,5 mg/l (OECD Norma 201 (test de inhibición del crecimiento en alga de agua dulce y cianobacteria))
- **Potencial de Bioacumulación Producto:** Se supone que el producto es biodegradable y no se supone que persista en el ambiente acuático durante períodos prolongados.
- **Movilidad en el Suelo Producto (eteno; etileno):** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas. No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antiretroceso de llama.

5.1.1.3. PERCLOROETILENO

Líquido transparente incoloro incoloro que tiene un olor similar al éter. Incombustible. Insoluble en agua. Vapores más pesados que el aire. Densidad de aproximadamente 13,5 lb / gal. Utilizado como disolvente de limpieza en seco, un disolvente desengrasante, un agente desecante para metales y en la fabricación de otros productos químicos.

- Fórmula química: C_2Cl_4 / $Cl_2C=CCl_2$
- N° CAS: 127-18-4
- Masa molecular: 165.8
- Símbolos: N, Xn
- Frases R: 411, 351
- Frases S: 201, 202, 273, 281, 391, 501

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: 121 °C
- Punto de fusión: -22 °C
- Solubilidad en agua: 0,015 mg/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 5,7
- Temperatura mínima de ignición: 650 °C

Información ecológica

Toxicidad:

Tabla 24. Toxicidad ecológica del Percloroetileno

Identificación	Toxicidad aguda		Especie	Género
Tetracloroetileno	CL50	4.99 mg/L (96 h)	Oncorhynchus mykiss	Pez
CAS: 127-18-4	CE50	3.2 mg/L (24 h)	Daphnia magna	Crustáceo
CE: 204-825-9	CE50	500 mg/L (96 h)	Skeletonema costatum	Alga

Persistencia y degradabilidad: No disponible

Potencial de bioacumulación:

Tabla 25. Potencial de bioacumulación del Percloroetileno

Identificación	Potencial de bioacumulación	
	Tetracloroetileno	BCF
CAS: 127-18-4	Log POW	2,53
CE: 204-825-9	Potencial	

Movilidad en el suelo: No determinado

Resultados de la valoración PBT y mPmB: No aplicable

Otros efectos adversos: No descritos

Métodos para el tratamiento de residuos

Tabla 26. Tipo de residuo del Percloroetileno (Directiva 2008/98/CE)

Código	Descripción	Tipo de residuo (Directiva 2008/98/CE)
20 01 29*	Detergentes que contienen sustancias peligrosas	Peligroso

5.1.1.4. OXIDO NITROSO

El óxido nitroso es un gas incoloro y de sabor dulce. También se conoce como "gas de la risa". La respiración continua de los vapores puede afectar el proceso de toma de decisiones. Es incombustible, pero acelerará la quema de material combustible en un incendio. Es soluble en agua. Sus vapores son más pesados que el aire. La exposición del envase al calor prolongado o al fuego puede causar que se rompa violentamente y el cohete. Se utiliza como anestésico, en envases a presión, y para la fabricación de otros productos químicos.

- Fórmula química: N₂O
- N° CAS: 10024-97-2
- Masa molecular: 44.0

- Símbolos: O
- Frases R: 270, 280
- Frases S: 244, 220, 370+376, 403

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: -88,48 °C
- Punto de fusión: -90,81 °C
- Solubilidad en agua: 1,5 g/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 1,53
- Temperatura de crítica: 36,4 °C

Información ecológica

- **Toxicidad aguda Producto:** Sin daños ecológicos causados por este producto
- **Persistencia y Degradabilidad Producto:** No aplicable para gases y mezclas de gases.
- **Potencial de Bioacumulación Producto:** Se supone que el producto es biodegradable y no se supone que persista en el ambiente acuático durante períodos prolongados.
- **Movilidad en el Suelo Producto:** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.
- **Potencial de calentamiento global:** Potencial de calentamiento atmosférico: 298 Si se descarga en grandes cantidades, puede contribuir al efecto invernadero.

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Descargar a la atmósfera en un lugar bien ventilado.

5.1.1.5. AMONIACO

Un sólido cristalino blanco. El principal peligro es la amenaza al medio ambiente. Deben tomarse medidas inmediatas para limitar su propagación al medio ambiente. Se utiliza en análisis químicos, en productos farmacéuticos, en la conservación de alimentos y para otros usos.

- Fórmula química: H₃N
- N° de identificación - UE: 007-001-00-5
- N° CAS: 7664-41-7
- Masa molecular: 17,03
- Símbolos: F, Xn, T, N
- Frases R: 221, 280
- Frases S: 331, 314, 318, 400, 411

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: -33,35 °C
- Punto de fusión: -77,7 °C
- Solubilidad en agua: 531 g/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 0,59
- Temperatura de crítica: 132,0 °C
- Temperatura de autoignición: 630 °C

Información ecológica

- **Información general:** Evitar su liberación al medio ambiente. No se permite la descarga del producto en aguas subterráneas o al medio ambiente acuático.
- **Toxicidad aguda Producto:** Muy tóxico para los organismos acuáticos, con efectos nocivos duraderos.
- **Toxicidad agua – Pez (amoníaco, anhídrico):** LC 50 (Pez, 96 h): 0,89 mg/l
- **Toxicidad aguda - Invertebrados Acuáticos (amoníaco, anhídrico):** NOEC (Pulga de Agua, 96 hora): 0,79 mg/l
- **Toxicidad para plantas acuáticas (amoníaco, anhídrico):** LC 50 (Algae, algal mat (Algae), 18 Días): 2.700 mg/l
- **Persistencia y Degradabilidad Producto:** No aplicable para gases y mezclas de gases.
- **Potencial de Bioacumulación Producto:** La sustancia no tiene potencial de bioacumulación.
- **Movilidad en el Suelo Producto:** La sustancia tiene baja movilidad en el suelo.
- **Potencial bioacumulación:** Puede causar cambios de pH en los sistemas ecológicos

acuáticos. Dependiendo de las condiciones locales y las concentraciones existentes, son posibles alteraciones en el proceso de biodegradación.

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No se debe descargar a la atmósfera. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas.

5.1.1.6. HIDRÓGENO

El hidrógeno es un gas incoloro e inodoro. Se enciende fácilmente. Una vez encendido se quema con una llama azul pálido, casi invisible. Los vapores son más ligeros que el aire. Es inflamable en una amplia gama de concentraciones de vapor / aire. El hidrógeno no es tóxico, pero es un asfixiado simple por el desplazamiento del oxígeno en el aire. Bajo exposición prolongada al fuego o al calor intenso, los recipientes pueden romperse violentamente y cohete. El hidrógeno se utiliza para fabricar otros productos químicos y en la soldadura y el corte con oxígeno.

- Fórmula química: H₂
- N° de identificación - UE: 001-001-00-9
- N° CAS: 1333-74-0
- Masa molecular: 2,02
- Símbolos: F
- Frases R: 220, 280
- Frases S: 210, 377, 381, 403

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: -252,77 °C
- Punto de fusión: -259,2 °C
- Solubilidad en agua: 1,62 g/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 0,069
- Temperatura de crítica: - 240,0 °C
- Temperatura de autoignición: 560 °C

Información ecológica

- **Toxicidad aguda Producto:** Sin daños ecológicos causados por este producto.
- **Persistencia y Degradabilidad Producto:** No aplicable para gases y mezclas de gases.
- **Potencial de Bioacumulación Producto:** Se supone que el producto es biodegradable y no ambiente acuático durante períodos prolongados.
- **Movilidad en el Suelo Producto:** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas. No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antiretroceso de llama.

5.1.1.7. ACETILENO

Un gas incoloro con un ligero olor a ajo. Se enciende fácilmente y se quema con una llama fuliginosa. El gas es más ligero que el aire. La llama puede volver a la fuente de una fuga muy fácilmente. Bajo exposición prolongada al fuego o al calor, los envases pueden romperse violentamente y cohete.

- Fórmula química: C_2H_2
- N° de identificación - UE: 601-015-00-0
- N° CAS: 74-86-2
- Masa molecular: 26,02
- Símbolos: F
- Frases R: 220, 230
- Frases S: 202, 210, 377, 381, 403, 501

Propiedades físicas y químicas

- Punto de ebullición: $-84,7\text{ }^{\circ}\text{C}$

- Punto de fusión: -80,7 °C
- Solubilidad en agua: 1,62 g/l
- Densidad relativa de la mezcla vapor/aire a 25°C (aire=1): 0,91
- Temperatura de crítica: - 35,0 °C
- Temperatura de autoignición: 305 °C

Información ecológica

- **Toxicidad aguda Producto:** Sin daños ecológicos causados por este producto.
- **Toxicidad aguda – Pez (etino, acetileno):** LC 50 (varios, 96 h): 545 mg/l Observaciones: QSAR
- **Toxicidad aguda - Invertebrados Acuáticos (etino, acetileno):** EC 50 (Daphnia magna, 48 h): 242 mg/l
- **Toxicidad para plantas acuáticas (etino, acetileno):** EC 50 (Alga, 72 h): 57 mg/l
- **Persistencia y Degradabilidad Producto:** No aplicable para gases y mezclas de gases.
- **Potencial de Bioacumulación Producto:** Se supone que el producto es biodegradable y no ambiente acuático durante períodos prolongados.
- **Movilidad en el Suelo Producto:** Debido a su alta volatilidad, el producto es poco probable que cause contaminación del suelo o del agua.

Métodos para el tratamiento de residuos

Información general: No descargar dentro de ningún lugar donde su acumulación pudiera ser peligrosa. Consultar con el suministrador para recomendaciones específicas. No descargar en áreas donde hay riesgo de que se forme una mezcla explosiva con el aire. El gas residual debe ser quemado a través de un quemador adecuado que disponga de antiretroceso de llama. Eliminación de la botella sólo a través del proveedor del gas; la botella contiene un material poroso el cual, en algunos casos, contiene asbestos.

5.1.2. INSTALACIONES AUXILIARES

5.1.2.1. RED DE AGUA CONTRA INCENDIOS

Tomando en cuenta el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre el cual aprueba el Reglamento de Seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, tomando en

cuenta el tipo de establecimiento, se considera que está bajo la categoría C. Debido a que su carga de fuego es de un nivel intrínseco bajo.

La industria está dotada de con 20 extintores de polvo polivalente de unos 4 Kg 21A-113B-C, 2 extintor de carro de 25 Kg, 4 extintores de carro de 50 Kg y 5 BIEs de 25 mm. Además, el área de bombas y compresores está dotada de 50 kg de polvo químico seco distribuidos en dos extintores.

Además, cuenta con un sistema automático de 5 hidrantes de incendio de 10 mm tanto en la zona de almacenamiento como en el exterior del establecimiento para de esta forma poder suministrar agua en gran cantidad y en poco tiempo al momento de luchar contra incendios.

5.1.2.2. MEDIOS AUXILIARES Y DE PROTECCIÓN PERSONAL

En la entrada de la industria se encuentran los equipos de protección individual necesarios para el manejo de los gases, debidamente señalizados:

- Protección respiratoria
- Guantes de cuero
- Chalecos de seguridad
- Cascos con pantalla de aproximación al fuego
- Linternas portátil

Además, se encuentran duchas de emergencias, las cuales están provistas de lavaojos para ser utilizadas frente a cualquier emergencia.

5.1.2.3. SISTEMA DE GAS RESIDUAL

Los sistemas de recogida de gas residual se instalan para canalizar las emisiones gaseosas hasta los lugares de tratamiento. Dichos sistemas se componen de un cerramiento del foco de emisión, unos orificios de ventilación y los conductos. Las técnicas que se utilizan para reducir las emisiones se basan en:

- Minimizar el caudal de gas que llega a la unidad de control enclaustrando lo más posible el foco de emisión

- Impedir el riesgo de explosión, y para ello se debe instalar un detector de inflamabilidad dentro del sistema de recogida cuando el riesgo de formación de una mezcla inflamable sea alto
- Mantener la mezcla de gas por debajo del límite inferior de explosividad o por encima del límite superior de explosividad
- Instalar equipos apropiados que impidan la ignición de mezclas inflamables de gas-oxígeno o minimicen sus efectos

5.2. ESTUDIO DE POSIBLES ACCIDENTES CON SUSTANCIAS QUÍMICAS CON LA BASE DE DATOS MHIDAS

Las bases de datos son instrumentos extremadamente útiles para poder afrontar un análisis estadístico sobre accidentes industriales ocurridos en el pasado. En ella se recopila toda la información disponible sobre sobre sucesos determinados, de forma ordenada y fácilmente accesible.

Desde un punto de vista cualitativo, permiten evidenciar algunos factores de riesgo de la instalación que pueden desencadenar un accidente. Aportan además una serie de consejos sobre acciones de emergencia o soluciones correctivas. Desde un punto de vista cuantitativo, permiten la estimación de las consecuencias derivadas de un evento y el cálculo del riesgo asociado a una instalación. [20]

La base de datos tomada para este estudio de posibles accidentes, fue la base de datos MHIDAS, la particularidad más destacable de esta y que supone un factor diferencial respecto a otras bases de datos, es que cada registro corresponde a una sustancia que ha participado en un accidente y no a un accidente determinado. Por ello, de un accidente existirá tantos registros como sustancias hayan participado en el mismo. [20]

A continuación, se muestran las matrices del estudio de posibles accidentes para cada una de las sustancias almacenadas en el establecimiento, los parámetros fueron tomados según la descripción de los tipos de incidentes en la base de datos.

Algunos de los posibles accidentes que se encontraron en cada una de las sustancias, en algunas en más cantidad que otras, son las siguientes:

- EXPLODE, que es una liberación de energía produciendo gas a una temperatura, presión y velocidad tales como para causa daños a los alrededores.
- FIRE, el cual es el proceso de combustión caracterizado por calor, humo o llama, o cualquier combinado de estos.
- CONTREL, el cual es un escape de material con un caudal que se mantiene por un periodo prolongado.
- RELEASE, el cual es una fuga del material.
- INSTREL, el cual es un escape de una cantidad de material en un corto espacio de tiempo que normalmente ocurre en unos pocos segundos.
- GASCLD, el cual es una mezcla de aire/gas de densidad no definida.
- PHYSEXP, el cual es una explosión de un sistema físico que no involucra necesariamente ninguna ignición.
- CONEXP, el cual es una explosión de una mezcla de aire combustible en un sistema cerrado.
- UNCONEXP, el cual es una explosión en aire libre de una nube formada por una mezcla de un gas o vapor inflamable con aire.
- VAPFIRE, el cual es una combustión de una mezcla inflamable de vapor y aire en la cual la velocidad de la llama es inferior a la del sonido por lo que los daños generados por la sobrepresión son depreciables.
- DENSGSCL, el cual es una nube de gas pesada que el aire que la rodea.
- PHYSEXP, el cual es una explosión de un sistema físico que no involucra necesariamente ninguna ignición.
- BUOGSCL, el cual es una nube de gas que es más ligera que el aire que la rodea.
- FIREBALL, el cual es un incendio que quema lo suficientemente rápido para que la masa quemada se eleve en el aire como una nube o bola
- BLEVE, el cual es una rotura súbita de un deposito o sistema que contiene gas licuado presurizado debido al contacto directo de un fuego.
- POOL, el cual es una formación de un charco líquido.

5.2.1. OXIGENO

Tabla 27. Estudio de posibles accidentes del Oxígeno

CATEG/IT	DISPERSIÓN							INCENDIO							EXPLOSIÓN							OTROS	Total	%			
	BUOGLIC	CONTROL	DENSGSCL	GASCLD	INSTREL	NEUGSCL	POOL	RELEASE	FIRE	FIREBALL	FIREST	POOLFIRE	TANKFIRE	TORCH	VAPFIRE	BLEVE	CONEXP	DENSEXP	DUSTEXP	EXPLODE	MISTEXP				PHYSEXP	UNCONEXP	
Mechanical		2						1	2										1						6	16.2	
External									2																1	3	8.1
Human					1				1										2							4	10.8
Impact		1						1																	2	5.4	
Instrument																									0	0	
Procond																	1	1							2	5.4	
Service									1																1	2.7	
Vreaction									1										2						3	8.1	
Otros		1							7										8						16	43.2	
Total	0	4	0	0	1	0	0	2	14	0	0	0	0	0	0	1	1	0	13	0	0	0		1	37		
%	0	10.8	0	0	2.7	0	0	5.4	38	0	0	0	0	0	0	2.7	2.7	0	35.1	0	0	0		2.7			
Total=27							Total=34							Total=15							Total=1						
%delTotal			18.9				38							41				2.7									

En la base de dato MHIDAS se encontraron 37 posibles accidentes, los cuales fueron estudiados para la realización de la base de datos. Como se puede notar en la Tabla N^o, el posible accidente con mayor porcentaje encontrado fue de explosión, seguido de incendios y por último de dispersión.

5.2.2. ETILENO

Tabla 28. Estudio de posibles accidentes del Etileno

CATEG/IT	DISPERSIÓN							INCENDIO							EXPLOSIÓN							OTROS	Total	%			
	BUOGLIC	CONTROL	DENSGSCL	GASCLD	INSTREL	NEUGSCL	POOL	RELEASE	FIRE	FIREBALL	FIREST	POOLFIRE	TANKFIRE	TORCH	VAPFIRE	BLEVE	CONEXP	DENSEXP	DUSTEXP	EXPLODE	MISTEXP				PHYSEXP	UNCONEXP	
Mechanical		11				1	1	9	12			1		2		2			14				3		58	34.3	
External									4				1						3						2	10	5.9
Human		3						3	6			1				1			8		1				23	13.6	
Impact		3		1				1		1						1			1						1	9	5.3
Instrument		2							1					1			1		1							6	3.6
Procond									3										2				1			6	3.6
Service								1	1																	2	1.2
Vreaction								1	3										2							6	3.6
Otros		2						5	16	2				2					19				3		49	29.0	
Total	0	21	0	1	0	1	1	20	46	3	0	2	1	3	2	1	4	0	50	0	3	7		3	169		
%	0	12.4	0	0.6	0	0.6	0.6	11.8	27.2	1.8	0	1.2	0.6	1.8	1.2	0.6	2.4	0	29.6	0	1.8	4.1		1.8			
Total=44							Total=57							Total=65							Total=3						
%delTotal			26				34							38				1.8									

Para el etileno se encontraron 169 posibles accidentes, los cuales fueron estudiados para la realización de la base de datos. Como se puede notar en la Tabla N^o, el posible accidente con mayor porcentaje encontrado al igual que en el oxígeno fue de explosión, seguido de incendios y por último de dispersión.

5.2.3. PERCLOETILENO

Tabla 29. Estudio de posibles accidentes del Percloroetileno

PERCLOROETILENO	DISPERSIÓN								INCENDIO								EXPLOSIÓN								Total	%	
	BUOGLC	CONTREL	DENSGSCL	GASCLD	INSTREL	NEUGSCL	POOL	RELEASE	FIRE	FIREBALL	FIREST	POOLFIRE	TANKFIRE	TORCH	VAPFIRE	BLEVE	CONEXP	DENSEXP	DUSTEXP	EXPLODE	MISTEXP	PHYSEXP	UNCONEXP	OTROS			
Mechanical		1																							1	14.3	
External																										0	0
Human																										0	0
Impact					1																					1	14.3
Instrument																										0	0
Procond																										0	0
Service																										0	0
Vreaction																										0	0
Otros		2	1					2																		5	71.4
Total	0	3	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	
%	0	42.9	14.3	0	14.3	0	0	28.6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
%del total)																											

Para el percloroetileno se encontraron solo 7 posibles accidentes. Como se puede notar en la Tabla N°, se encontró un solo porcentaje encontrado en la base de datos, que fue de dispersión.

5.2.4. OXIDO NITROSO

Tabla 30. Estudio de posibles accidentes del Óxido Nitroso

OXIDO NITROSO	DISPERSIÓN								INCENDIO								EXPLOSIÓN								Total	%		
	BUOGLC	CONTREL	DENSGSCL	GASCLD	INSTREL	NEUGSCL	POOL	RELEASE	FIRE	FIREBALL	FIREST	POOLFIRE	TANKFIRE	TORCH	VAPFIRE	BLEVE	CONEXP	DENSEXP	DUSTEXP	EXPLODE	MISTEXP	PHYSEXP	UNCONEXP	OTROS				
Mechanical								1																		2	18.2	
External																											0	0
Human			2				2																				4	36.4
Impact																											0	0
Instrument																											0	0
Procond			1																								1	9.09
Service																											0	0
Vreaction			2																								2	18.2
Otros							1																	1		2	18.2	
Total	0	0	0	5	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1		11		
%	0	7.14	0	0	0	0	0	10.7	35.7	0	0	0	3.7	0	0	0	10.7	0	0	25	0	7.14	0	0				
%del total)																												

Para el óxido nitroso se encontraron 11 posibles accidentes. Como se puede notar en la Tabla N°, los posibles accidentes con mayor porcentaje para este fueron de explosión, seguido de incendios y por último de dispersión.

5.2.7. ACETILENO

Tabla 33. Estudio de posibles accidentes del Acetileno

ACETILENO	DISPERSIÓN								INCENDIO								EXPLOSIÓN								Total	%
	BUOGLC	CONTROL	DENSGSCL	GASCLD	INSTREL	NEUGSCL	POOL	RELEASE	FIRE	FIREBALL	FIREST	POOLFIRE	TANKFIRE	TORCH	VAPFIRE	BLEVE	CONEXP	DENSEXP	DUSTEXP	EXPLODE	MISTEXP	PHYSEXP	UNCONEXP	OTROS		
Mechanical								3								2			2						7	12.1
External							2	4							1		1		5					1	14	24.1
Human								3											3						6	10.3
Impact		1		1															1						3	5.2
Instrument																									0	0.0
Procond																									0	0.0
Service								1																	1	1.7
Vreaction		1		1				3											4						9	15.5
Otros					1			9											6					2	18	31.0
Total	0	2	0	2	1	0	0	2	23	0	0	0	0	0	1	0	3	0	0	21	0	0	0	3	58	
%	0	3.4	0	3.4	1.7	0	0	3.4	39.7	0	0	0	0	0	1.7	0.0	5.2	0	0	36.2	0	0	0	5.2		
	Total 12								Total 41								Total 41									
% del total	12								41								41									

Para el acetileno se encontraron solo 58 posibles accidentes. Como se puede notar en la Tabla N°, los posibles accidentes con mayor porcentaje para este fue de explosión e incendios los cuales tienen un porcentaje igual, seguido por la dispersión.

5.3. SELECCIÓN DE SUCESOS INDICADORES

Los sucesos indicadores podemos decir que son aquellos hechos físicos que pueden generar un incidente o accidentes, tomando en cuenta su evolución en el espacio-tiempo que con mayor frecuencia ocurren dentro de una planta de almacenamiento y distribución de gas industriales, al realizar operaciones de trasiego, en las diferentes áreas identificadas.

Estos también llamados eventos inseguros, los cuales involucran una fuga de cualquiera de los gases, que dependiendo del área y condiciones en la que esta ocurra, determina la magnitud o severidad del accidente. Cada uno representará por sí mismo un suceso multifactorial; es decir, que estará determinado por una serie de factores externos o internos, o bien la combinación de ellos.

Completada la identificación de peligros, se identificarán los sucesos iniciadores, a partir de los cuales se asignará una frecuencia de ocurrencia, teniendo en cuenta las medidas de control existentes en la instalación para su prevención.

Los sucesos iniciadores identificados son los siguientes:

- a) Rotura total de alguno de los tanques de almacenamiento.
- b) Rotura parcial de alguno de los tanques de almacenamiento
- c) Rotura de alguna de las válvulas de gas
- d) Calentamiento de alguno de los tanques de almacenamiento
- e) Bleve – Bola de fuego del tanque
- f) Rotura de en la línea de carga en el área de recepción

El orden en que se indican los sucesos indicadores, no corresponde a una jerarquización o frecuencia de ocurrencia, así como tampoco corresponden a un orden creciente o decreciente de la magnitud o severidad de los mismos.

5.3.1. FACTORES PARA LA OCURRENCIA DE EVENTOS DE FUGA, FUEGO O EXPLOSIÓN:

Para que ocurra cada uno de los eventos identificados, es necesaria la presencia de factores que los induzcan, los generen y los determinen, que los mismos factores permitan pronosticar la magnitud o severidad en la que pueda ocurrir cada evento.

- **Factores considerados como posibles inductores son:**

- Naturales
- Humanos

- **Factores naturales considerados como generadores:**

- Movimientos tectónicos (sismos)
- Erupción volcánica
- Hundimiento de tierras
- Inundación

- **Factores humanos considerados como generadores:**

- Manejo y operación inadecuada de equipos
- Descuido
- Negligencia

- Sabotaje
- **Factores operativos considerados como generadores**
- Falla de los sistemas y válvulas de alivio.
- Falla de válvulas de no retroceso.
- Falla y/o mal funcionamiento de válvulas de exceso de flujo.
- Falla y/o mal funcionamiento de llaves de paso y seguridad
- Falla de sistema contra incendios.
- Estado físico de mangueras.
- Respuesta del personal ante eventos inseguros o de riesgo.

5.4. IDENTIFICACIÓN DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

Para la identificación de los escenarios accidentales, el estudio se limitará a tres de las sustancias almacenadas en la industria, con la finalidad de hacer el estudio menos repetitivo y más corto, por lo que las sustancias tomadas para este estudio fueron dos que están almacenadas en estado de gas, tales como hidrógeno y acetileno; y etileno que se encuentra almacenado en estado líquido.

A continuación, se elabora una secuencia de eventos enfocada en cada una de las sustancias estudiadas, tomando así cada suceso iniciador el cual da lugar a varios escenarios accidentales.

5.4.1. ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO

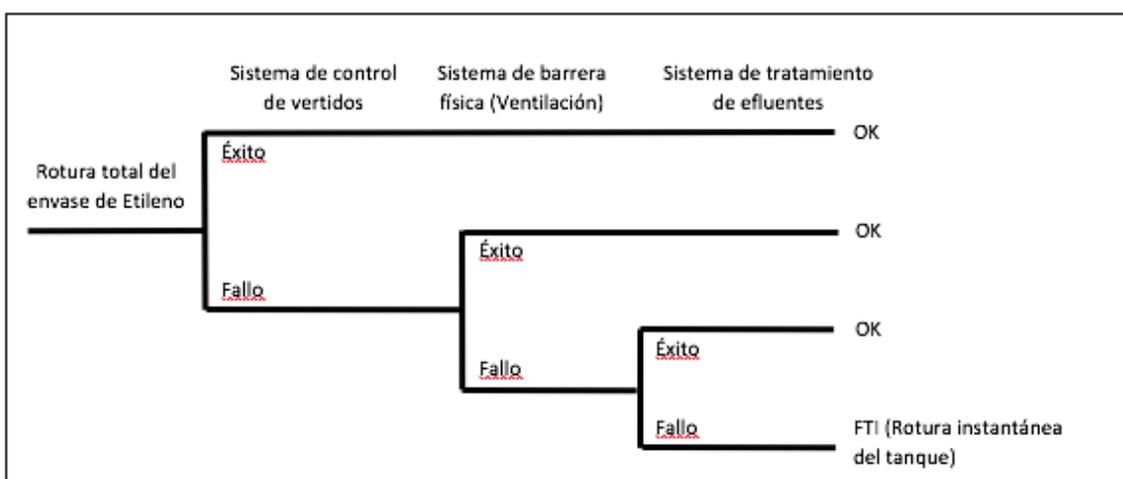


Figure 12. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura total del envase de etileno"

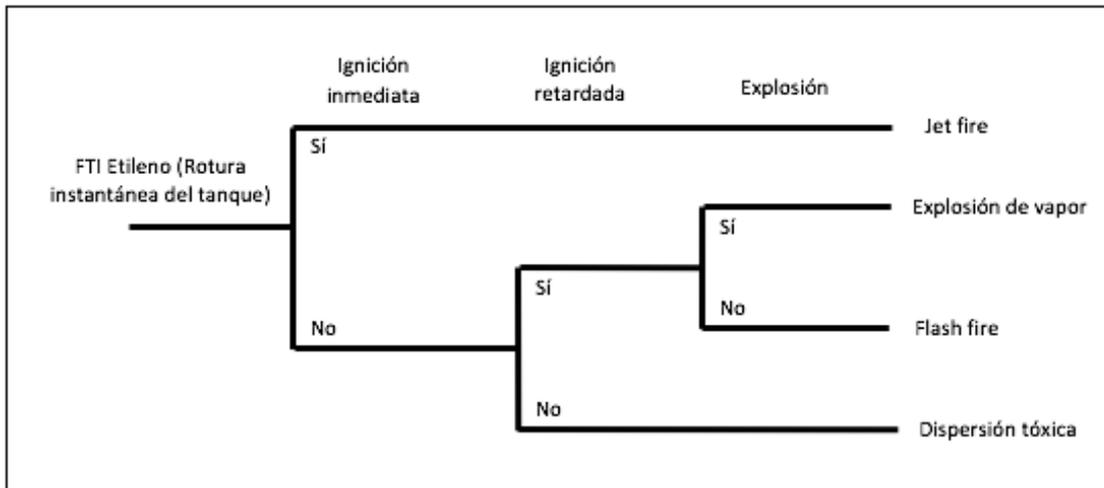


Figure 13. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura total del envase de etileno"

5.4.2. ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO

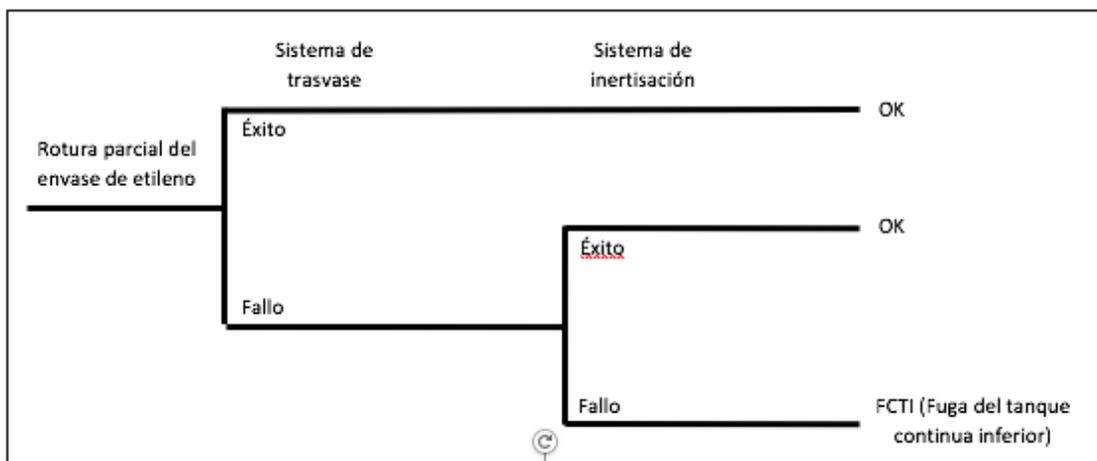


Figure 14. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura parcial del envase de etileno"

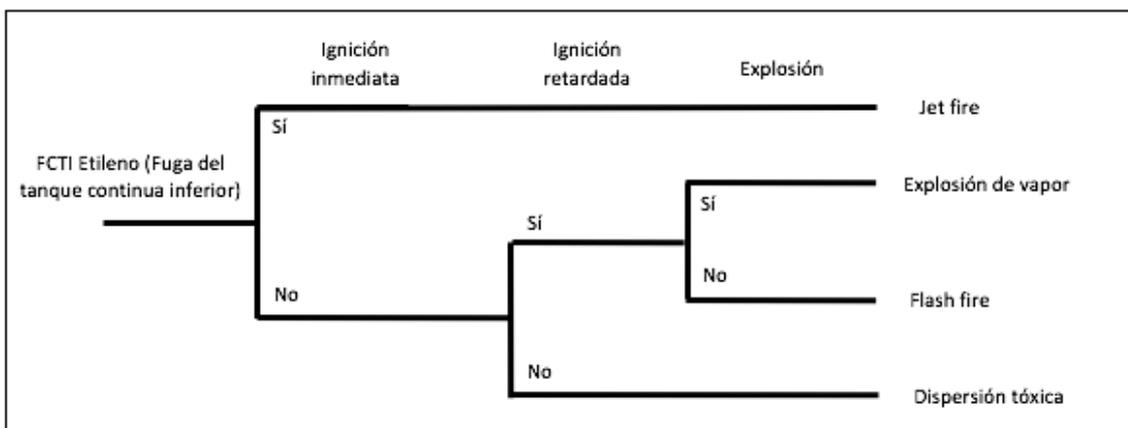


Figure 15. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura parcial del envase de etileno"

5.4.3. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO

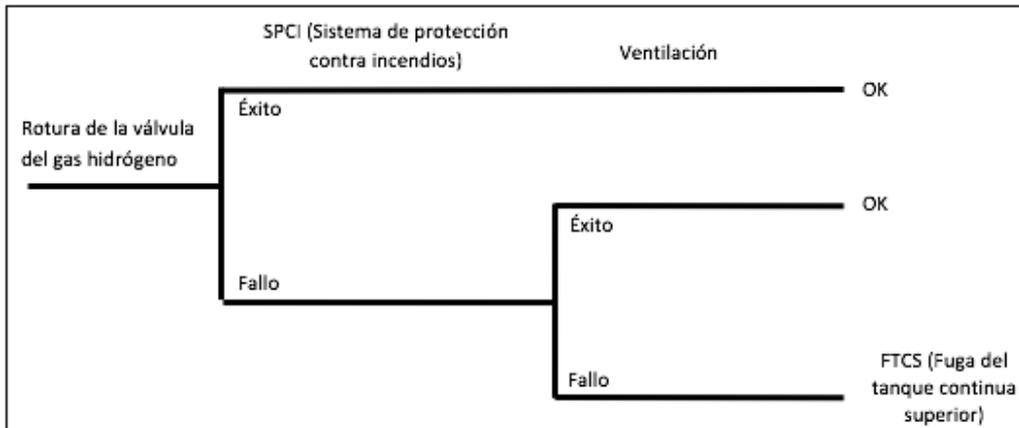


Figure 16. Árbol de eventos para el pre-accidente "Rotura de la válvula del gas de hidrógeno"

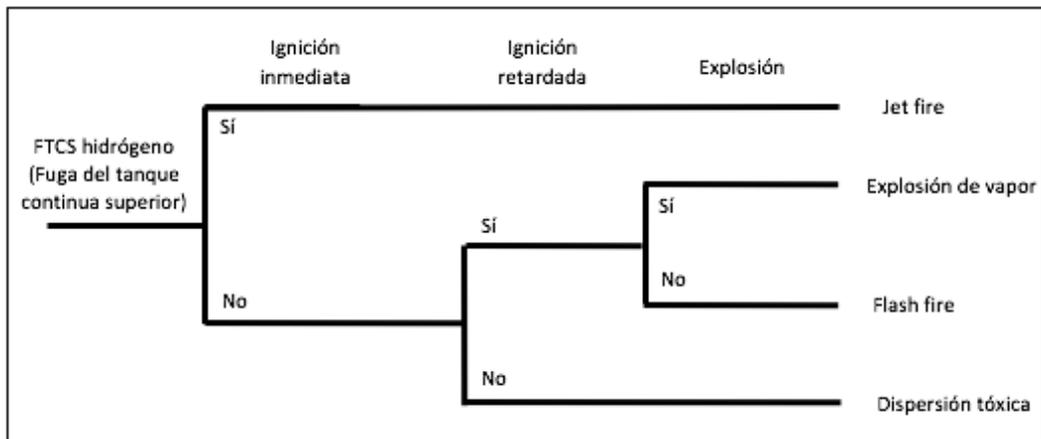


Figure 17. Árbol de eventos para el post-accidente "Rotura de la válvula del gas de hidrógeno"

5.4.4. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS ACETILENO



Figure 18. Árbol de eventos para el pre-accidente "Rotura de la válvula del gas de acetileno"

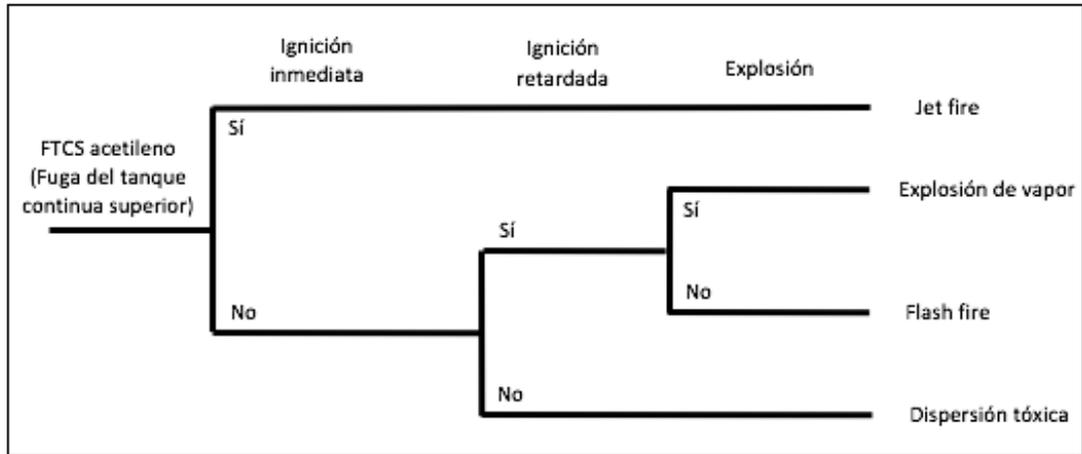


Figure 19. Árbol de eventos para el post-accidente "Rotura de la válvula del gas de acetileno"

5.4.5. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO



Figure 20. Árbol de eventos para el pre-accidente "Calentamiento del tanque del gas de hidrógeno"

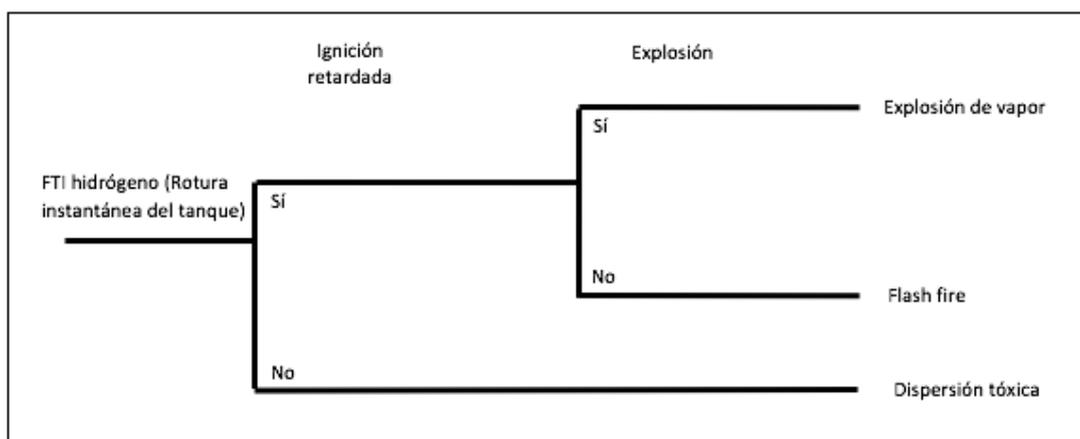


Figure 21. Árbol de eventos para el post-accidente "Calentamiento del tanque del gas de hidrógeno"

5.4.6. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO



Figure 22. Árbol de eventos para el pre-accidente "Calentamiento del tanque del gas de acetileno"

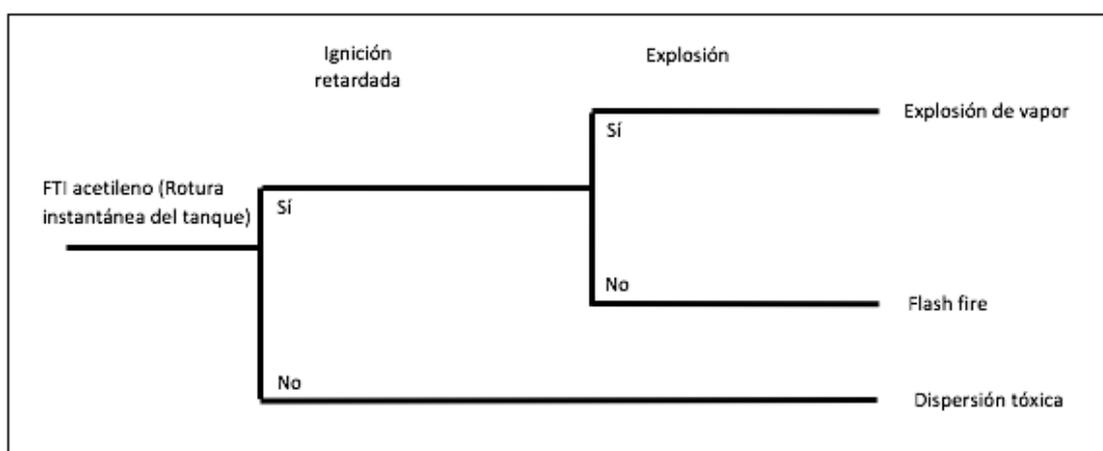


Figure 23. Árbol de eventos para el post-accidente "Calentamiento del tanque del gas de acetileno"

5.4.7. ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO

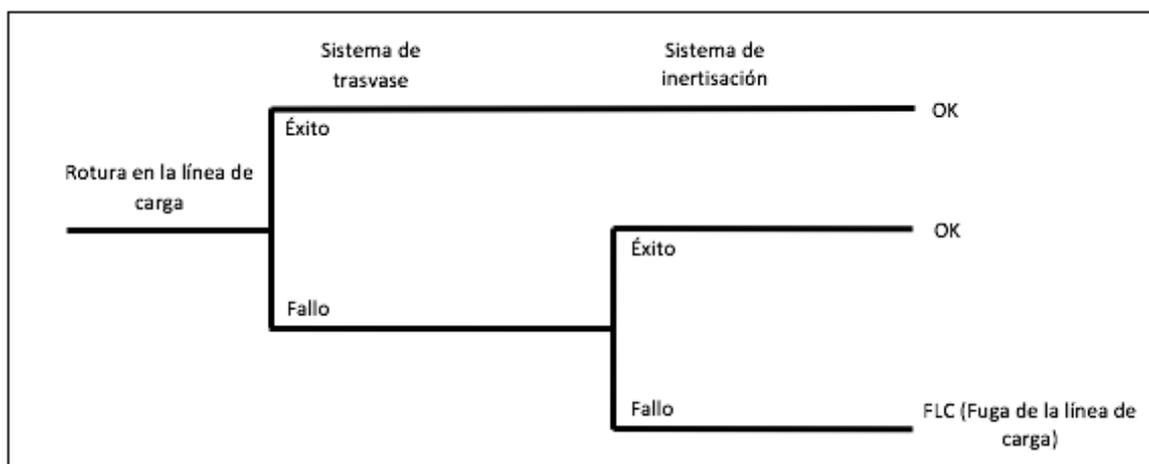


Figure 24. Árbol de eventos para pre-accidente "Rotura en la línea de carga de etileno"

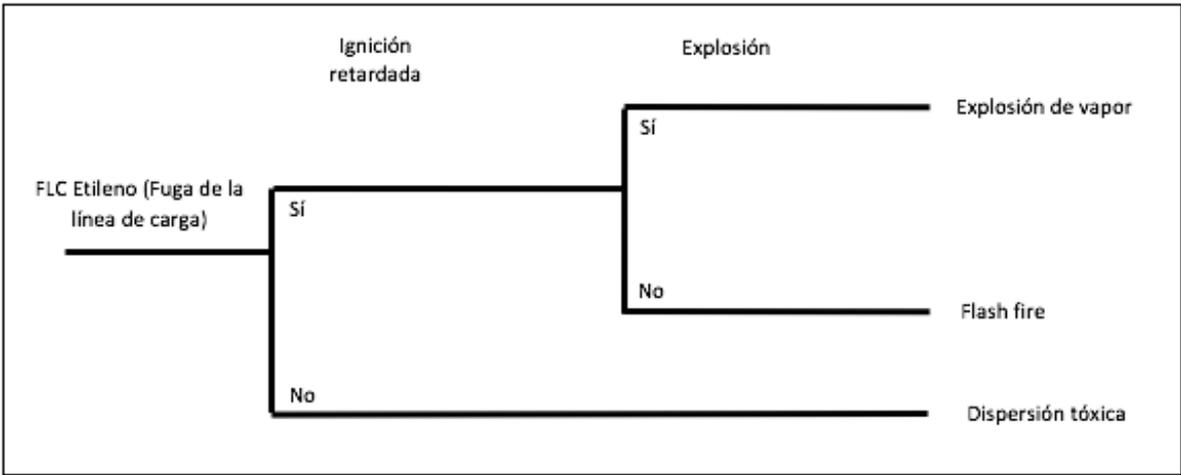


Figure 25. Árbol de eventos para post-accidente "Rotura en la línea de etileno"

CAPÍTULO 6: CÁLCULO DE CONSECUENCIAS MEDIOAMBIENTALES (ICM)

6.1. OBTENCIÓN DE I.C.M DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

Aplicando la metodología propuesta se procederá a realizar los cálculos de cada escenario accidental identificado en los sucesos iniciadores, para la obtención del Índice Global de Consecuencias Medioambientales posteriormente (I.G.C.M).

6.1.1. ALMACENAMIENTO DE GASES

6.1.1.1. ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (2,6 Tn) de etileno; ocurre que uno de los cilindros se encuentra en constante contacto con la entradas y salidas de los vehículos de trasiego; por consecuencia de las vibraciones que estos se provocó una grieta en este cilindro, al personal no percatarse de esta grieta llevó así a la rotura total del mismo y como consecuencia una dispersión tóxica.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del etileno, con número CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.1.1.1. EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de etileno ver anexo [1.3]:

Toxicidad: El etileno con No de CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como extremadamente inflamable y que al estar en 2600Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = 4

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el etileno aporta un valor para la constante de Henry

de 2.28 atm.m³/mol. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **2** para la volatilidad, [A 1.3].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.413, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.3].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} =1.13, por lo que la puntuación será de **1** para la adsorción, [A 1.3].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = **1** para la biodegradación, [anexo 3].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del etileno se adjunta en la siguiente tabla No 34.

Tabla 34. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	4
Volatilidad	2
Bioconcentración	0
Adsorción	1
Biodegradación	1
Valor Total	8
Valor Estandarizado	6.7

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el etileno, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = **6.7**.

6.1.1.1.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía 2600 kg (2,6 Tn) de etileno, considerando el envase lleno al 80% de su capacidad y que su nivel de toxicidad es 4, y recordando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 35. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tm)	Puntuación
0.5 – 5	2

6.1.1.1.3. ÁREA AFECTADA POR EL INCIDENTE

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 1.5 m y una longitud de 6 m. Con un espesor de grieta del cilindro de 2 pulg. La sustancia al quedar dentro de los límites del emplazamiento, se supone un área afectada en medio terrestre por lo tanto se hace la puntuación respectiva:

Tabla 36. Puntuación del área afectada para el envase de etileno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
1 – 2.5	3

6.1.1.1.4. VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

Durante el evento podrían verse afectadas otras instalaciones de la planta y otros establecimientos cercanos, se considera también afectada al personal de operaciones ya que por dos horas el tuvieron que evacuar el área, y paralizar las actividades en planta.

Tabla 37. Puntuación entorno afectado rotura de envase de etileno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	1
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada 5 – 25	2
Total	4.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 38. Resumen de incidente en la rotura de envase de etileno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	4	0.5 – 5	2	1 – 2.5	3	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	2					Otras industrias y comercios	1
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	1					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	2
Total	8	Total	2	Total	1	Total	4.5
Estandarización	6.7						
Normalización	2	Normalización	0.5	Normalización	0.75	Normalización	1.13
La suma de las puntuaciones parciales (2+ 0.5+0.75+ 1.13) = 4.38							I.C.M (4.38)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **4.38**
 Rotura de envase de etileno en la zona de almacenamiento

6.1.1.2. ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (2,6 Tn) de etileno; ocurre que por causas de fallas en el mantenimiento de cilindros este se fue desgastando por la parte inferior del mismo; por consecuencia de ésta falla y el personal no percatarse de la misma, se fue creando una grieta en la parte inferior del mismo y como consecuencia una dispersión toxica de la sustancia ocasionando un charco de la misma.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del etileno, con número CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.1.2.1. EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de etileno ver anexo [1.3]:

Toxicidad: El etileno con No de CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como extremadamente inflamable y que al estar en 2600Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **4**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el etileno aporta un valor para la constante de Henry de 2.28 atm.m³/mol. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **2** para la volatilidad, [A 1.3].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.413, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.3].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} =1.13, por lo que la puntuación será de **1** para la adsorción, [A 1.3].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = 1 para la biodegradación, [anexo 3].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del etileno se adjunta en la siguiente tabla No 39.

Tabla 39. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	4
Volatilidad	2
Bioconcentración	0
Adsorción	1
Biodegradación	1
Valor Total	8
Valor Estandarizado	6.7

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el etileno, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = **6.7**.

6.1.1.2.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía 2600 kg (2,6 Tn) de etileno, considerando el envase lleno al 80% de su capacidad y que su nivel de toxicidad es 4, y recordando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 40. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tn)	Puntuación
0.5 - 5	2

6.1.1.2.3. Área afectada por el incidente

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 1.5 m y una longitud de 6 m. Con un espesor de grieta del cilindro

de 2 pulg. Se crea un charco de 3 m al momento de la fuga, se supone que el charco queda dentro de los límites terrestre de la industria, por lo tanto, se hace la puntuación respectiva:

Tabla 41. Puntuación del área afectada por la fuga del tanque de etileno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
1 – 2.5	3

6.1.1.2.4. Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico

Durante el evento podrían verse afectadas otras instalaciones de la planta y otros establecimientos cercanos, se considera también afectada al personal de operaciones ya que por dos horas el tuvieron que evacuar el área, y paralizar las actividades en planta.

Tabla 42. Puntuación entorno afectado fuga del tanque de etileno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	1
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada < 5 – 25	2
Total	3.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 43. Resumen de incidente en la rotura parcial del envase de etileno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	4	0.5 – 5	2	< 1 – 2.5	3	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	3					Otras industrias y comercios	0
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	1					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	2
Total	8	Total	2	Total	3	Total	3.5
Estandarización	6.7						
Normalización	2	Normalización	0.5	Normalización	0.75	Normalización	0.88
La suma de las puntuaciones parciales (2+ 0.5+0.75+ 0.88) = 4.13							I.C.M (4.13)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **4.13**
 Rotura parcial del envase de etileno en la zona de almacenamiento

6.1.1.3. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (0,1 Tn) de hidrógeno; ocurre que en uno de los cilindros se ocasionó un alza en la presión establecida para el almacenamiento del hidrógeno en estado de gas, por medio a esta alza se ocasionó una falla en el sistema de seguridad del cilindro, llevando así a la rotura de la válvula de alivio, creando una fuga no controlada al medioambiente y de igual forma una dispersión tóxica de este gas.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del hidrógeno, con número CAS 001333-74-0. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia no está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.1.3.1. EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de hidrógeno ver anexo [1.1]:

Toxicidad: El hidrógeno con No de CAS 001333-74-0. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como altamente peligrosa y que al estar en 100Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **6**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el hidrógeno aporta un valor para la constante de Henry es de **0**. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **3** para la volatilidad, [A 1.1].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.500, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.1].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} = 0.45, por lo que la puntuación será de **0** para la adsorción, [A 1.1].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = 1 para la biodegradación, [anexo 1].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del hidrógeno se adjunta en la siguiente tabla No. 44.

Tabla 44. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el gas hidrógeno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	6
Volatilidad	3
Bioconcentración	0
Adsorción	0
Biodegradación	1
Valor Total	10
Valor Estandarizado	8.3

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el hidrógeno, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = **8.3**.

6.1.1.3.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía (0,1 Tn) de hidrógeno y que su nivel de toxicidad es 6, y considerando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 45. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de gas hidrógeno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tm)	Puntuación
< 0.5	1

6.1.1.3.3. ÁREA AFECTADA POR EL INCIDENTE

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 1 m y una longitud de 4 m. Con un espesor de rotura en la válvula de 2 pulg por el cual se crea la fuga al ambiente, con posibilidad de crear una explosión de vapor. Se supone que el producto queda dentro de los límites terrestres, por lo tanto, se hace

la puntuación respectiva:

Tabla 46. Puntuación del área afectada para la rotura de la válvula de gas hidrógeno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
1 – 2.5	3

6.1.1.3.4. VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

Durante la fuga se podrían ver afectadas partes de las instalaciones de la industria, al igual que las instalaciones de las industrias de los alrededores, se puede ver afectada por igual el personal de la industria ya que el hidrógeno es considerado una sustancia inflamable, por lo que se pudiera crear una explosión de vapor, al verse la sustancia en contacto con altas temperaturas, por lo que se vio en la necesidad de evacuar el área por el lapso de dos horas, y proteger los demás cilindros.

Tabla 47. Puntuación entorno afectado rotura de la válvula de hidrógeno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	1
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada	2
Total	4.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 48. Resumen de incidente en la rotura de la válvula de gas hidrógeno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	6	< 0.5	1	1 – 2.5	3	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	3					Otras industrias y comercios	1
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	0					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	2
Total	10	Total	1	Total	3	Total	4.5
Estandarización	8.3						
Normalización	2.5	Normalización	0.25	Normalización	0.75	Normalización	1.13
La suma de las puntuaciones parciales (2.5+ 0.25+0.75+ 1.13) = 4.38							I.C.M (4.38)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **4.38**

Rotura de la válvula de gas hidrógeno en la zona de almacenamiento

6.1.1.4. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE ACETILENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (1,5 Tn) de acetileno; ocurre que en uno de los cilindros se ocasionó un alza en la presión establecida para el almacenamiento del hidrógeno en estado de gas, por medio a esta alza se ocasionó una falla en el sistema de seguridad del cilindro, llevando así a la rotura de la válvula de alivio, creando una fuga no controlada al medioambiente y de igual forma una dispersión tóxica de este gas.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del acetileno, con número CAS 000074-86-2. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia no está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.1.4.1. EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de acetileno ver anexo [1.2]:

Toxicidad: El acetileno con No de CAS 000074-86-2. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como altamente peligrosa y que al estar en 1500Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **4**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el acetileno aporta un valor para la constante de Henry de 2.17 atm.m³/mol. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **1** para la volatilidad, [A 1.2].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.500, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.2].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} = 0.37, por lo que la puntuación será de **0** para la adsorción, [A 1.2].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = 1 para la biodegradación, [A 1.2].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del acetileno se adjunta en la siguiente tabla No. 49.

Tabla 49. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el gas acetileno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	4
Volatilidad	1
Bioconcentración	0
Adsorción	0
Biodegradación	1
Valor Total	6
Valor Estandarizado	5

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el acetileno, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = 5

6.1.1.4.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía (1,5 Tn) de acetileno y que su nivel de toxicidad es 4, y considerando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 50. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de gas acetileno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tm)	Puntuación
0.5 – 5	1

6.1.1.4.3. ÁREA AFECTADA POR EL INCIDENTE

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 2 m y una longitud de 5 m. Con un espesor de rotura en la válvula de 2 pulg por el cual se crea la fuga al ambiente, creando una dispersión toxica. Se supone

que el producto queda dentro de los límites terrestres, por lo tanto, se hace la puntuación respectiva:

Tabla 51. Puntuación del área afectada para la rotura de la válvula de gas acetileno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
< 1	1

6.1.1.4.4. Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico

Durante la fuga se podrían ver afectadas parte de las instalaciones de la industria, al igual que las instalaciones de las industrias de los alrededores, se puede ver afectada por igual el personal de la industria ya que el acetileno es considerado una sustancia altamente inflamable, por lo que se pudiera crear una explosión de vapor o una nube de vapor, debido a la fuga de la misma y el así el contacto con las altas temperaturas del medio, por lo que se vio en la necesidad de evacuar el área por el lapso de dos horas, y proteger los demás cilindros.

Tabla 52. Puntuación entorno afectado rotura de la válvula de acetileno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	0
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada < 5	1
Total	2.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 53. Resumen de incidente en la rotura de la válvula de gas hidrógeno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	4	0.5 - 5	2	< 1	1	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	1					Otras industrias y comercios	0
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	0					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	1
Total	6	Total	2	Total	1	Total	2.5
Estandarización	5						
Normalización	1.5	Normalización	0.5	Normalización	0.25	Normalización	0.63
La suma de las puntuaciones parciales (1.5+ 0.5+0.25+ 0.63) = 3.38							I.C.M (3.38)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **3.38**
 Rotura de la válvula de gas acetileno en la zona de almacenamiento

6.1.1.5. CALENTAMIENTO DEL GAS DE HIDRÓGENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (0,1 Tn) de hidrógeno; ocurre que uno de los cilindros se encuentra expuesto a unas altas temperaturas, por medio del calentamiento del cilindro se creó un aumento drástico de la presión en el mismo; por consecuencia se provocó un fallo en la válvula de alivio, al no ser detectada a tiempo esto llevó a una fuga y así mismo una dispersión tóxica.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del etileno, con número CAS 001333-74-0. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.1.5.1. EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de hidrógeno ver anexo [1.1]:

Toxicidad: El hidrógeno con No de CAS 001333-74-0. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como altamente peligrosa y que al estar en 100Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **6**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el hidrógeno aporta un valor para la constante de Henry es **0**. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **3** para la volatilidad, [A 1.1].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.500, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.1].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} = 0.45, por lo que la puntuación será de **0** para la adsorción, [A 1.1].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = 1 para la biodegradación, [A 1.1].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del hidrógeno se adjunta en la siguiente tabla No. 54.

Tabla 54. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el hidrógeno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	6
Volatilidad	3
Bioconcentración	0
Adsorción	0
Biodegradación	1
Valor Total	10
Valor Estandarizado	8.3

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el hidrógeno, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = **8.3**.

6.1.1.5.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía 100 kg (0,1 Tn) de hidrógeno, aproximadamente lleno al 80% de su capacidad y que su nivel de toxicidad es 6, y considerando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 55. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de hidrógeno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tn)	Puntuación
< 0.5	1

6.1.1.5.3. ÁREA AFECTADA POR EL INCIDENTE

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 3 m y una longitud de 4.7 m. Con un espesor de grieta del cilindro

de 3 pulg por el cual se crea la fuga de la sustancia, creando así un incendio en forma de chorro (jet fire). Sabiendo que la fuga de la sustancia queda dentro de los límites terrestres, por lo tanto, se hace la puntuación respectiva:

Tabla 56. Puntuación del área afectada para el calentamiento del hidrógeno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
< 1	1

6.1.1.5.4. VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

Durante el evento se vieron afectadas otras partes de la industria y otros establecimientos cercanos, se considera también afectada al personal debido a la nube de vapor creada por lo que se tuvo que evacuar el área por alrededor de una hora, y paralizar las actividades en planta hasta controlar la fuente del incendio exterior.

Tabla 57. Puntuación entorno afectado al calentamiento del hidrógeno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	1
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada	1
Total	3.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 58. Resumen de incidente en el calentamiento del hidrógeno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	6	< 0.5	1	< 1	1	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	3					Otras industrias y comercios	1
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	0					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	1
Total	10	Total	1	Total	1	Total	3.5
Estandarización	8.3						
Normalización	2.5	Normalización	0.25	Normalización	0.25	Normalización	0.88
La suma de las puntuaciones parciales (2.5+ 0.25+0.25+ 0.88) = 3.88							I.C.M (3.88)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **3.88**
Calentamiento del hidrógeno en la zona de almacenamiento

6.1.1.6. CALENTAMIENTO DEL GAS DE ACETILENO

En la zona de almacenamientos se dispone de cilindros verticales con capacidad de almacenamiento de (1,5 Tn) de acetileno; ocurre que uno de los cilindros se encuentra expuesto a unas altas temperaturas, por medio del calentamiento del cilindro se creó un aumento drástico de la presión en el mismo; por consecuencia se provocó un fallo en la válvula de alivio, al no ser detectada a tiempo esto llevó a una fuga y así mismo una dispersión tóxica.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del etileno, con número CAS 000074-86-2. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

EVALUACIÓN DE PELIGROSIDAD DE LA SUSTANCIA

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de acetileno ver anexo [1.2]:

Toxicidad: El acetileno con No de CAS 000074-86-2. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como altamente peligrosa y que al estar en 1500Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **4**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el propano aporta un valor para la constante de Henry de 2.17 atm.m³/mol. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **1** para la volatilidad, [A 1.2].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.500, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.2].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} = 0.37, por lo que la puntuación será de **0** para la adsorción, [A 1.2].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = 1 para la biodegradación, [A 1.2].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del propano se adjunta en la siguiente tabla No. 59.

Tabla 59. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el acetileno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	4
Volatilidad	1
Bioconcentración	0
Adsorción	0
Biodegradación	1
Valor Total	6
Valor Estandarizado	5

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el propano, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = 5.

6.1.1.6.1. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía 1500 kg (1,5 Tn) de acetileno, aproximadamente lleno al 80% de su capacidad y que su nivel de toxicidad es 4, y considerando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 60. Puntuación afectada para el calentamiento del acetileno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tn)	Puntuación
0.5 – 5	2

6.1.1.6.2. ÁREA AFECTADA POR EL INCIDENTE

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes

medidas, un diámetro de 2 m y una longitud de 5 m. Con un espesor de grieta del cilindro de 2 pulg por el cual se crea la fuga de la sustancia, creando así un incendio en forma de chorro (jet fire). Sabiendo que la fuga de la sustancia queda dentro de los límites terrestres, por lo tanto, se hace la puntuación respectiva:

Tabla 61. Puntuación del área afectada para el calentamiento del acetileno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
< 1	1

6.1.1.6.3. VULNERABILIDAD DEL ENTORNO NATURAL Y SOCIOECONÓMICO

Durante el evento se vieron afectadas otras partes de la industria y otros establecimientos cercanos, se considera también afectada al personal debido a la nube de vapor creada por lo que se tuvo que evacuar el área por alrededor de una hora, y paralizar las actividades en planta hasta controlar la fuente del incendio exterior.

Tabla 62. Puntuación entorno afectado al calentamiento del acetileno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	0
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada	1
Total	2.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 63. Resumen de incidente en el calentamiento del acetileno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	4	0.5 – 5	2	< 1	1	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	1					Otras industrias y comercios	0
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	0					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	1
Total	6	Total	2	Total	1	Total	2.5
Estandarización	5						
Normalización	1.75	Normalización	0.5	Normalización	0.25	Normalización	0.63
La suma de las puntuaciones parciales (1.75+ 0.25+0.25+ 0.88) = 3.13							I.C.M (3.13)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **3.13**
Calentamiento del acetileno en la zona de almacenamiento

6.1.2. ZONA DE CARGA Y DESCARGA

6.1.2.1. ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO

En la zona de carga y descarga se dispone de varios camiones de trasiego que cargan los cilindros de etileno por medio de unas líneas de tuberías a presión que transportan la sustancia a los cilindros en la zona de almacenamiento; ocurre que hubo un error en el sistema de control de vertidos, como consecuencia se produjo una rotura en una de las líneas de carga, llevando así al derrame de la sustancia llevando así a una dispersión tóxica de la misma.

Aplicando los criterios de la metodología se realizará la evaluación de peligrosidad del etileno, con número CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad, describe el mismo como una sustancia extremadamente inflamable, sabiendo por igual que ésta sustancia está comprendida entre las peligrosas para el medioambiente, de acuerdo a la Directiva 67/548/CEE [2].

6.1.2.1.1. Evaluación de peligrosidad de la sustancia

A continuación, se presentan los resultados obtenidos de cada parámetro; con la ayuda del programa EPI Suite, de etileno ver anexo [1.3]:

Toxicidad: El etileno con No de CAS 000074-85-1. La frase R12 incluida en su ficha de seguridad no está comprendida entre las peligrosas para el medio ambiente, pero es considerada como extremadamente inflamable y que al estar en 2600Kg de acuerdo al dato de partida aporta un valor de = **4**

Volatilidad: La aplicación EPI Suite para el propano aporta un valor para la constante de Henry de 2.28 atm.m³/mol. Esto implica un valor de, por lo que el valor será = **2** para la volatilidad, [A 1.3].

Bioconcentración: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log BCF = 0.413, por lo que la puntuación será de **0** para la Bioconcentración, [A 1.3].

Adsorción: La aplicación EPI Suite aporta un valor de Log K_{ow} =1.13, por lo que la puntuación

será de **1** para la adsorción, [A 1.3].

Biodegradación: La aplicación EPI Suite aporta un valor de BD aproximadamente de 3 semanas, por lo que el valor de la puntuación es = **1** para la biodegradación, [anexo 3].

El resultado final en cuanto a la evaluación de peligrosidad del propano se adjunta en la siguiente tabla No 64.

Tabla 64. Resultados de la evaluación de los parámetros de peligrosidad para el etileno

Peligrosidad de la sustancia	Puntuación
Toxicidad	4
Volatilidad	2
Bioconcentración	0
Adsorción	1
Biodegradación	1
Valor Total	8
Valor Estandarizado	6.7

Con el objeto de estandarizar el factor de peligrosidad para el propano, se procederá a la suma de las valoraciones parciales y divididas por 1.2, siendo el resultado = **6.7**.

6.1.2.1.2. CANTIDAD DE SUSTANCIA IMPLICADA

Tomando en cuenta que el envase contenía 2600 kg (2,6 Tn) de etileno, considerando el envase lleno al 80% de su capacidad y que su nivel de toxicidad es 4, y recordando que no está comprendida dentro de los peligrosos para el medio ambiente, se estima la siguiente cantidad fugada:

Tabla 65. Puntuación de la cantidad de sustancia implicada de etileno

Cantidad de sustancias no recogidas en el RD 1254/1999 (Tm)	Puntuación
0.5 – 5	2

6.1.2.1.3. Área afectada por el incidente

Para la evaluación de este factor se ha tenido en cuenta que el envase tiene las siguientes medidas, un diámetro de 1.5 m y una longitud de 6 m. Con un espesor de grieta del cilindro de 2 pulg. Se supone que explosión queda dentro de los límites terrestre de la industria, por lo tanto, se hace la puntuación respectiva:

Tabla 66. Puntuación del área afectada por la rotura en la línea de carga de etileno

Medio Terrestre y acuíferos (hectáreas)	Puntuación
< 1	1

6.1.2.1.4. Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico

Durante el evento podrían verse afectadas otras instalaciones de la planta y otros establecimientos cercanos, se considera también afectada al personal de operaciones ya que por dos horas el tuvieron que evacuar el área, y paralizar las actividades en planta.

Tabla 67. Puntuación entorno afectado por la rotura en la línea de carga de etileno

Vulnerabilidad del entorno natural y socioeconómico	Puntuación
Emplazamientos industriales	1
Otras industrias y comercios	0
Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Población afectada <5	1
Total	3.5

Tras determinar todos los parámetros que influyen en cada uno de los subfactores, se realiza una normalización para que cada factor tenga el mismo peso específico. De esta forma la puntuación final del Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) tiene una puntuación en el rango de 1.4 a 20 puntos.

Tabla 68. Resumen de incidente por la rotura en la línea de carga de etileno en la zona de almacenamiento

Peligro	Puntuación	Cantidad involucrada	Puntuación	Área afectada	Puntuación	Entorno	Puntuación
Toxicidad	4	0.5 – 5	2	< 1	1	Emplazamientos industriales	1
Volatilidad	3					Otras industrias y comercios	0
Bioconcentración	0					No existen	0
Adsorción	0					Sistemas de almacenamiento, recogida de residuos, etc.	0.5
Biodegradación	1					Población afectada	1
Total	8	Total	2	Total	1	Total	2.5
Estandarización	6.7						
Normalización	2	Normalización	0.5	Normalización	0.25	Normalización	0.63
La suma de las puntuaciones parciales (2+ 0.5+0.25+ 0.63) = 3.38							I.C.M (3.38)

Por lo tanto, el Índice de Consecuencia Medioambientales es (I.C.M) es: **3.38**
 Rotura en la línea de carga en la zona de carga y descarga

CAPÍTULO 7: EVALUACIÓN DE LA FRECUENCIA DE ACCIDENTES

A continuación, se evalúa la probabilidad de fallo de que ocurra cada escenario accidental, tomando en cuenta a qué tipo de fallo pertenece cada uno; ya sea de funcionamiento, de demanda equipo+humano o de espera. Se analizarán de igual forma cada componente de fallo que lleva a que ese escenario accidental ocurra, tomando en cuenta que cada uno de los sistemas está compuesto por dos trenes, en el cual se evaluará y cuantificará los arboles de evento calculando el fallo de cada uno de los equipos que provocan los respectivos fallos de los sistemas.

**Los valores utilizados para el cálculo de la probabilidad de fallo fueron tomados del anexo [3].*

7.1. FRECUENCIA INICIADA

De acuerdo a la tabla No 69 de la metodología la probabilidad de ocurrencia de un accidente se puntúa en función de los resultados obtenidos por el análisis cuantitativo de riesgo del siguiente modo:

Tabla 69. Resultados de la evaluación de la frecuencia iniciada de accidentes

Escenarios	Características	Escenario Accidental	Frecuencia iniciador (año ⁻¹)	Puntuación
1	<ul style="list-style-type: none"> Fuga instantánea Tanque a presión 	Rotura total del tanque de etileno	$5 - 10^{-7}$	2
2	<ul style="list-style-type: none"> Fuga continua Tanque a presión Temperatura ambiente 	Rotura parcial del tanque de etileno	$1 - 10^{-5}$	3
3	<ul style="list-style-type: none"> Fuga instantánea Tanque a presión Temperatura ambiente 	Rotura de la válvula del gas de hidrógeno	$2 - 10^{-5}$	3
4	<ul style="list-style-type: none"> Fuga instantánea Tanque a presión Temperatura ambiente 	Rotura de la válvula del gas de acetileno	$2 - 10^{-5}$	3
5	<ul style="list-style-type: none"> Fuga instantánea 	Calentamiento del	$5 - 10^{-7}$	2

	<ul style="list-style-type: none"> Tanque a presión 	tanque de hidrógeno		
6	<ul style="list-style-type: none"> Fuga instantánea Tanque a presión 	Calentamiento del tanque de acetileno	$5 - 10^{-7}$	2
7	<ul style="list-style-type: none"> Fuga desde ambos lados del calibre de la tubería Diámetro nominal <75mm 	Rotura en la línea de carga	$101 - 10^{-6} m^{-1}$	3

7.2. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA TOTAL DEL ENVASE DE ETILENO

7.2.1. SISTEMA DE CONTROL DE VERTIDOS



Figure 26. Árbol Esquema de equipos Sistema de Vertidos "Rotura total del envase de etileno"

7.2.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.2.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.3E - 03$$

[Ec. 1 A.3]

7.2.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.2.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03$$

[Ec. 2 A.3]

7.2.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 3 A.3}]$$

7.2.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 4 A.3}]$$

7.2.1.3. FALLO DE ESPERA

7.2.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.3E - 03 \quad [\text{Ec. 5 A.3}]$$

7.2.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 6 A.3}]$$

Tabla 70. Probabilidad de fallo del sistema de control de vertidos de cada uno de los elementos de la rotura total

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.2.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN

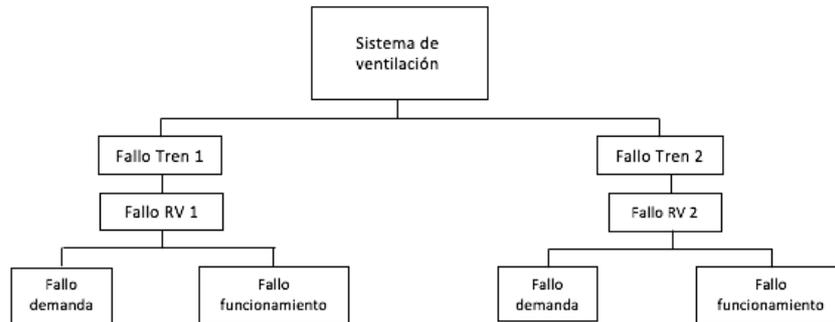


Figure 27. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura total del envase de etileno"

7.2.2.1. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.2.2.1.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALIVIO (RV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 1.00E - 05$$

[Ec. 7 A.3]

7.2.2.2. FALLO DE ESPERA

7.2.2.2.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALVIO (RV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 0.0000026 \cdot 8760 = 0.023$$

[Ec. 8 A.3]

Tabla 71. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura total

ELEMENTO	RVd	RVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	1.00E-05	0.023	2.30E-02
PROBABILIDAD TREN 2	1.00E-05	0.023	2.30E-02
Multiplicación de los dos trenes (2.30E-02 x 2.30E-02=5.29E-04)			5.29E-04

7.2.3. SISTEMA DE TRATAMIENTO DE EFLUENTE

7.2.3.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.2.3.1.1. LOGIC SOLVER (LS)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.00E - 05 \cdot 8 = 1.6E - 03$$

[Ec. 9 A.3]

7.2.3.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.2.3.2.1. SENSOR DE TEMPERATURA (TS)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 1.90E - 03$$

[Ec. 10 A.3]

Tabla 72. Probabilidad de fallo del sistema de tratamiento de efluente de cada uno de los elementos de la rotura total

ELEMENTO	LSf	RVd	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	1.60E-03	1.90E-03	3.50E-03
PROBABILIDAD TREN 2	1.60E-03	1.90E-03	3.50E-03
Multiplicación de los dos trenes (3.50E-03x 3.50E-03= 1.23E-05)			1.23E-05

7.2.4. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión; donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT\text{etileno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\bar{II}) \cdot P(\bar{IR}) \quad [\text{Ec. 11}]$$

$$P(\bar{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 12}]$$

$$P(\bar{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 13}]$$

Tabla 73. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura total del envase de etileno

FALLO	FS1	FS2	FS3	II	(\bar{II})	IR	(\bar{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	5.29E-04	1.23E-05	0.09	0.91	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38 + 5.29E-04 + 1.23E-5 · 0.91 · 0.33)							9.91E-03

7.3. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA PARCIAL DEL ENVASE DE ETILENO

7.3.1. SISTEMA DE TRANSVASE

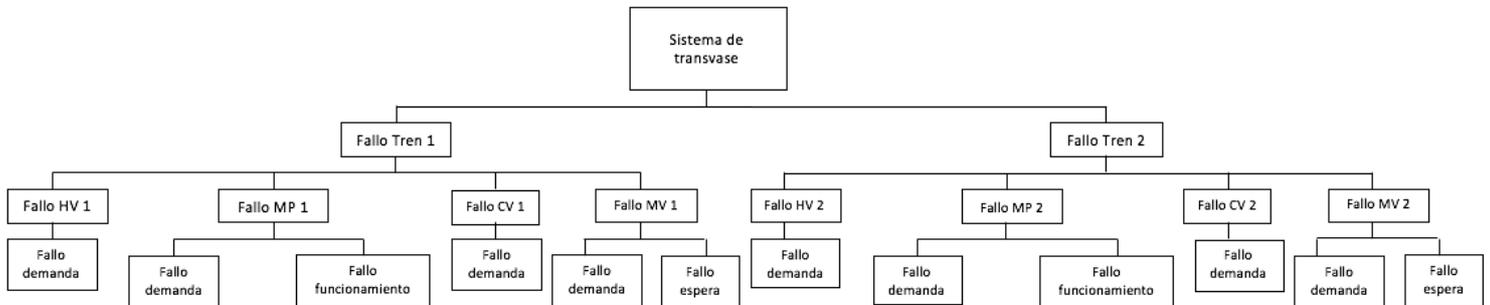


Figure 28. Árbol Esquema de equipos Sistema de Transvase "Rotura parcial del envase de etileno"

7.3.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.3.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.3E - 03 \quad [\text{Ec. 14 A.3}]$$

7.3.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.3.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 15 A.3}]$$

7.3.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 16 A.3}]$$

7.3.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 17 A.3}]$$

7.3.1.3. FALLO DE ESPERA

7.3.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03$$

[Ec. 18 A.3]

7.3.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085$$

[Ec. 19 A.3]

Tabla 74. Probabilidad de fallo del sistema de transvase de cada uno de los elementos de la rotura parcial

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.3.2. SISTEMA DE INERTE

Figure 29. Árbol Esquema de equipos Sistema de Inerte "Rotura parcial del envase de etileno"



7.3.2.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.3.2.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03$$

[Ec. 20 A.3]

7.3.2.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.3.2.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 21 A.3}]$$

7.3.2.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 22 A.3}]$$

7.3.2.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 23 A.3}]$$

7.3.2.3. FALLO DE ESPERA

7.3.2.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 24 A.3}]$$

7.3.2.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 25 A.3}]$$

Tabla 75. Probabilidad de fallo del sistema inerte de cada uno de los elementos de la rotura parcial

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.3.3. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión; donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT\text{etileno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\bar{II}) \cdot P(\bar{IR}) \quad [\text{Ec. 26}]$$

$$P(\bar{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 27}]$$

$$P(\bar{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 28}]$$

Tabla 76. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura parcial del envase de etileno

FALLO	FS4	FS5	II	(\bar{II})	IR	(\bar{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	9.38E-03	0.09	0.91	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 + 9.38E-03 · 0.91 · 0.33)						1.73E-02

7.4. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA DE LA VÁLVULA DE GAS DE HIDRÓGENO

7.4.1. SISTEMA DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)



Figure 30. Árbol Esquema de equipos SPCI "Rotura de la válvula de gas de hidrógeno"

7.4.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.4.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03$$

[Ec. 29 A.3]

7.4.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.4.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03$$

[Ec. 30 A.3]

7.4.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05$$

[Ec. 31 A.3]

7.4.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03$$

[Ec. 32 A.3]

7.4.1.3. FALLO DE ESPERA

7.4.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03$$

[Ec. 33 A.3]

7.4.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085$$

[Ec. 34 A.3]

Tabla 77. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos de la rotura de la válvula

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.4.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN

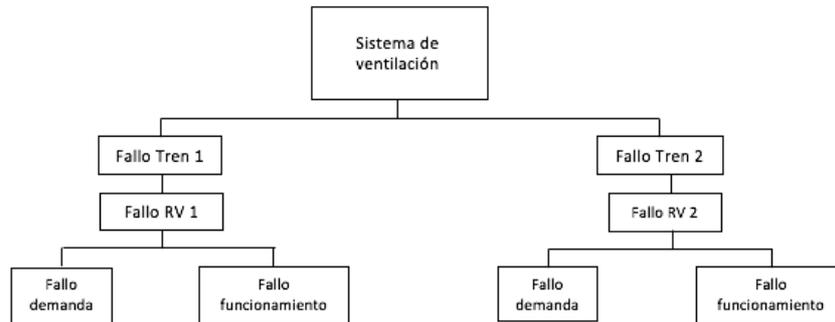


Figure 31. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura de la válvula de gas de hidrógeno"

7.4.2.1. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.4.2.1.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALIVIO (RV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 1.00E - 05$$

[Ec. 35 A.3]

7.4.2.2. FALLO DE ESPERA

7.4.2.2.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALVIO (RV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 0.0000026 \cdot 8760 = 0.023$$

[Ec. 36 A.3]

Tabla 78. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura la válvula

ELEMENTO	RVd	RVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	1.00E-05	0.023	2.30E-02
PROBABILIDAD TREN 2	1.00E-05	0.023	2.30E-02
Multiplicación de los dos trenes (2.30E-03 x 2.30E-03 = 5.29E-04)			5.29E-04

7.4.3. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión;

donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT} \text{hidrógeno} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\bar{II}) \cdot P(\bar{IR}) \quad [\text{Ec. 37}]$$

$$P(\bar{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 38}]$$

$$P(\bar{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 39}]$$

Tabla 79. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura de la válvula de gas de hidrógeno

FALLO	FS6	FS2	II	(\bar{II})	IR	(\bar{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	5.29E-04	0.09	0.91	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 + 5.29E-04 · 0.91 · 0.33)						9.54E-03

7.5. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA DE LA VÁLVULA DE GAS DE ACETILENO

7.5.1. SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)



Figure 32. Árbol Esquema de equipos SPCI "Rotura de la válvula de gas de acetileno"

7.5.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.5.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30 \quad [\text{Ec. 40 A.3}]$$

7.5.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.5.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 41 A.3}]$$

7.5.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 42 A.3}]$$

7.5.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 43 A.3}]$$

7.5.1.3. FALLO DE ESPERA

7.5.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 44 A.3}]$$

7.5.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 45 A.3}]$$

Tabla 80. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos de la rotura de la válvula

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.5.2. SISTEMA DE VENTILACIÓN

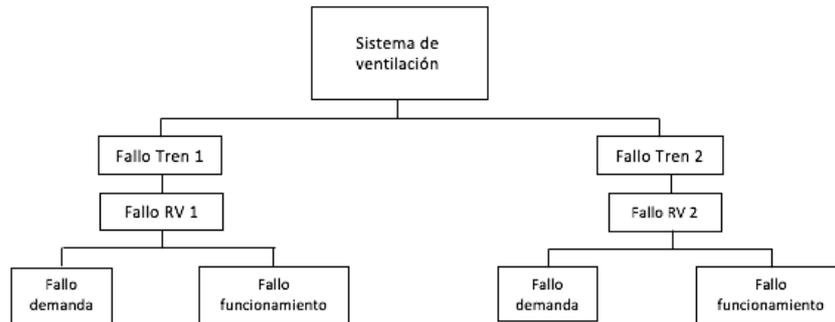


Figure 33. Árbol Esquema de equipos Sistema de Ventilación "Rotura de la válvula de gas de acetileno"

7.5.2.1. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.5.2.1.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALIVIO (RV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 1.00E - 05$$

[Ec. 46 A.3]

7.5.2.2. FALLO DE ESPERA

7.5.2.2.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE ALVIO (RV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 0.0000026 \cdot 8760 = 0.23$$

[Ec. 47 A.3]

Tabla 81. Probabilidad de fallo del sistema de ventilación de cada uno de los elementos de la rotura la válvula

ELEMENTO	RVd	RVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	1.00E-05	0.023	2.30E-02
PROBABILIDAD TREN 2	1.00E-05	0.023	2.30E-02
Multiplicación de los dos trenes (2.30E-02 x 2.30E-02=5.29E-04)			5.29E-04

7.5.3. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión;

donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT\text{acetileno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\bar{II}) \cdot P(\bar{IR}) \quad [\text{Ec. 48}]$$

$$P(\bar{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 49}]$$

$$P(\bar{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 50}]$$

Tabla 82. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura de la válvula de gas de acetileno

FALLO	FS6	FS2	II	(\bar{II})	IR	(\bar{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	5.29E-04	0.09	0.91	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 + 5.29E-04 · 0.91 · 0.33)						9.54E-03

7.6. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE AL CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO

7.6.1. SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)



Figure 34. Árbol Esquema de equipos SPCI "Calentamiento del tanque de hidrógeno"

7.6.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.6.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03 \quad [\text{Ec. 51 A.3}]$$

7.6.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.6.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 52 A.3}]$$

7.6.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 53 A.3}]$$

7.6.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 54 A.3}]$$

7.6.1.3. FALLO DE ESPERA

7.6.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 55 A.3}]$$

7.6.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 56 A.3}]$$

Tabla 83. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos del calentamiento del tanque de hidrógeno

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.6.2. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión;

donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT\text{hidrógeno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\overline{II}) \cdot P(\overline{IR}) \quad [\text{Ec. 57}]$$

$$P(\overline{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 58}]$$

$$P(\overline{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 59}]$$

Tabla 84. Fallo dispersión tóxica frente al calentamiento del tanque de hidrógeno

FALLO	FS6	IR	(\overline{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 · 0.33)			3.10E-03

7.7. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE AL CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO

7.7.1. SISTEMA DE DETECCIÓN CONTRA INCENDIO (SPCI)



Figure 35. Árbol Esquema de equipos SPCI "Calentamiento del tanque de acetileno"

7.7.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.7.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03 \quad [\text{Ec. 60 A.3}]$$

7.7.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.7.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 61 A.3}]$$

7.7.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 62 A.3}]$$

7.7.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 63 A.3}]$$

7.7.1.3. FALLO DE ESPERA

7.7.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 64 A.3}]$$

7.7.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 65 A.3}]$$

Tabla 85. Probabilidad de fallo del SPCI de cada uno de los elementos del calentamiento del tanque de acetileno

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.7.2. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión;

donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT\text{acetileno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\overline{II}) \cdot P(\overline{IR}) \quad [\text{Ec. 66}]$$

$$P(\overline{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 67}]$$

$$P(\overline{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 68}]$$

Tabla 86. Fallo dispersión tóxica frente al calentamiento del tanque de acetileno

FALLO	FS6	IR	(\overline{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 · 0.33)			3.10E-03

7.8. ESTIMACIÓN PROBABILISTICO FALLO SISTEMA DE SEGURIDAD FRENTE A LA ROTURA EN LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO

7.8.1. SISTEMA DE TRANSVASE

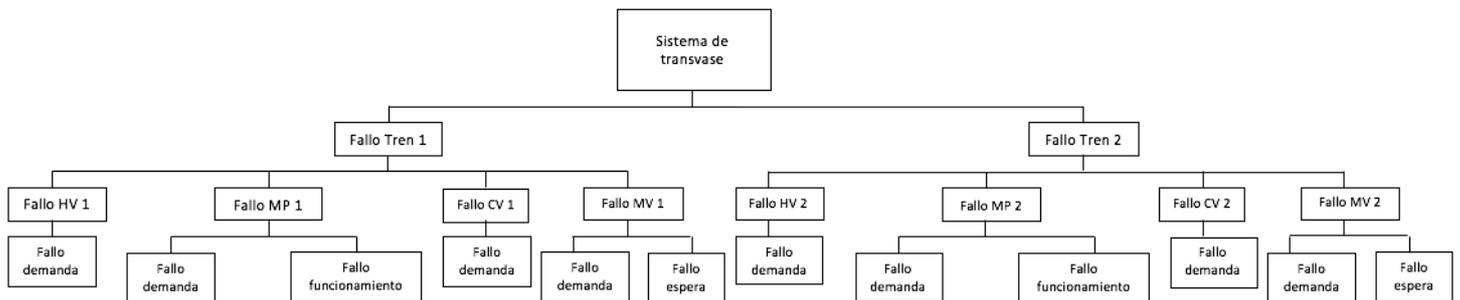


Figure 36. Árbol Esquema de equipos Sistema de Transvase "Rotura en la línea de carga"

7.8.1.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.8.1.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03 \quad [\text{Ec. 69 A.3}]$$

7.8.1.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.8.1.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03 \quad [\text{Ec. 70 A.3}]$$

7.8.1.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05 \quad [\text{Ec. 71 A.3}]$$

7.8.1.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03 \quad [\text{Ec. 72 A.3}]$$

7.8.1.3. FALLO DE ESPERA

7.8.1.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 73 A.3}]$$

7.8.1.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 74 A.3}]$$

Tabla 87. Probabilidad de fallo del sistema de transvase de cada uno de los elementos de la rotura en la línea de carga

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.8.2. SISTEMA DE INERTE



Figure 37. Árbol Esquema de equipos Sistema de Inerte "Rotura en la línea de carga"

7.8.2.1. FALLO DE FUNCIONAMIENTO

7.8.2.1.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 2.88E - 05 \cdot 8 = 2.30E - 03$$

[Ec. 75 A.3]

7.8.2.2. FALLO EN DEMANDA DE EQUIPO+HUMANO

7.8.2.2.1. FALLO EN LA BOMBA MOTORIZADA (MP)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 5.74E - 03$$

[Ec. 76 A.3]

7.8.2.2.2. FALLO EN LA VÁLVULA MANUAL (HV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 3.00E - 05$$

[Ec. 77 A.3]

7.8.2.2.3. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$\rho_D = \rho_D$$

$$\rho_D = 2.48E - 03$$

[Ec. 78 A.3]

7.8.2.3. FALLO DE ESPERA

7.8.2.3.1. FALLO EN LA VÁLVULA DE RETENCIÓN (CV)

$$P_f = \lambda_e \cdot t_f$$

$$P_f = 1.45E - 07 \cdot 8760 = 1.30E - 03 \quad [\text{Ec. 79 A.3}]$$

7.8.2.3.2. FALLO EN LA VÁLVULA MOTORIZADA (MV)

$$P_f = \lambda \cdot t_f$$

$$P_f = 9.67E - 06 \cdot 8760 = 0.085 \quad [\text{Ec. 80 A.3}]$$

Tabla 88. Probabilidad de fallo del Sinerte de cada uno de los elementos de la rotura en la línea de carga

ELEMENTO	MPf	MPd	HVd	MVd	CVe	MVe	TOTAL
PROBABILIDAD TREN 1	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
PROBABILIDAD TREN 2	2.3E-03	5.74E-03	3.00E-05	2.48E-03	1.3E-03	0.085	9.69E-02
Multiplicación de los dos trenes (9.69E-02 x 9.69E-02 = 9.38E-03)							9.38E-03

7.8.3. FALLO DISPERSIÓN TÓXICA

El árbol de evento del pre-accidente anteriormente cuantificado, de forma de calcular la frecuencia de fallo de cada uno de los sistemas. Esto nos lleva al árbol de evento del post-accidente donde se encuentran las consecuencias de este escenario accidental y los indicadores de las mismas, tales como, ignición inmediata, ignición retardada y explosión; donde el presente estudio se enfoca solo en una de las consecuencias, la cual es la dispersión tóxica de la sustancia.

$$F_{DT \text{ etileno}} = P_F(FS1) + P_F(FS2) + P_F(FS3) \cdot P(\bar{II}) \cdot P(\bar{IR}) \quad [\text{Ec. 81}]$$

$$P(\bar{II}) = 1 - P(II) \quad [\text{Ec. 82}]$$

$$P(\bar{IR}) = 1 - P(IR) \quad [\text{Ec. 83}]$$

Tabla 89. Fallo dispersión tóxica frente a la rotura en la línea de carga de etileno

FALLO	FS4	FS5	II	(\bar{II})	IR	(\bar{IR})
PROBABILIDAD	9.38E-03	9.38E-03	0.09	0.91	0.067	0.33
Fallo dispersión tóxica = (9.38E-03 + 9.38E-03 · 0.91 · 0.33)						1.73E-02

7.9. FRECUENCIA DE FALLO DE LOS ESCENARIOS ACCIDENTALES

Tabla 90. Resultados de la evaluación de la frecuencia de fallo de los escenarios accidentales

Escenarios	Escenario Accidental	Frecuencia de fallo
1	Rotura total del tanque de etileno	9.91E-03
2	Rotura parcial del tanque de etileno	1.73E-02
3	Rotura de la válvula del gas de hidrógeno	9.54E-03
4	Rotura de la válvula del gas de acetileno	9.54E-03
5	Calentamiento del tanque de hidrógeno	3.10E-03
6	Calentamiento del tanque de acetileno	3.10E-03
7	Rotura en la línea de carga	1.73E-02

CAPÍTULO 8: ESTIMACIÓN DEL RIESGO AMBIENTAL ENFOCADO SOLAMENTE EN DISPERSIÓN TÓXICA

A continuación se evalúa la tolerabilidad del riesgo en función de los factores que lo componen: Índice de Consecuencias Medioambientales (I.C.M) y probabilidad de accidentes. Todo el estudio se enfocó solo una consecuencia de los escenarios accidentales, la dispersión tóxica, teniendo en cuenta que dos de las sustancias están en estado gas y una de ellas en estado líquido, tomando así muy en cuenta la toxicidad de la sustancia y como este afecta el medio ambiente.

Tabla 91. Evaluación del Riesgo Medioambiental.

Escenarios	Escenario Accidental	Puntuación Índice de Consecuencia Medioambientales (ICM)	Frecuencia de Escenarios	Puntuación
1	Rotura total del tanque de etileno	4.38	9.91E-03	0.043
2	Rotura parcial del tanque de etileno	4.13	1.73E-02	0.071
3	Rotura de la válvula del gas de hidrógeno	4.38	9.54E-03	0.042
4	Rotura de la válvula del gas de acetileno	3.38	9.54E-03	0.032
5	Calentamiento del tanque de hidrógeno	3.88	3.10E-03	0.012
6	Calentamiento del tanque de acetileno	3.13	3.10E-03	0.010
7	Rotura en la línea de carga	3.38	1.73E-02	0.058

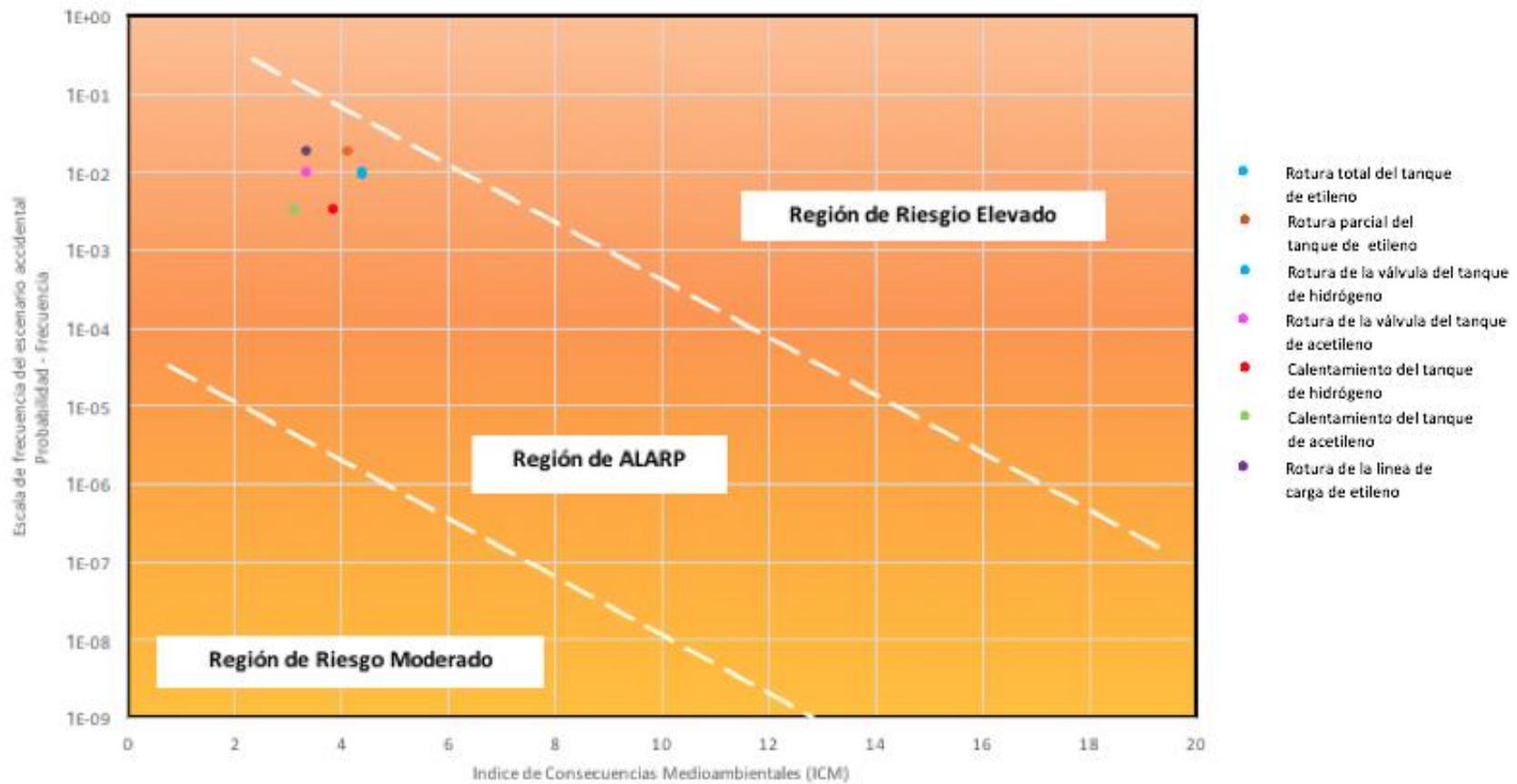


Figure 38. Valor del Riesgo Medioambiental de los escenarios accidentales

CAPÍTULO 9: VALORACIÓN DEL RIESGO Y RECOMENDACIONES

9.1. VALORACIÓN DEL RIESGO

Como se observa en la figura No 38, los siete escenarios accidentales se encuentran en la región ALARP (As low as reasonably practicable o Tan bajo como sea factible), rotura total del tanque de etileno, rotura parcial del tanque de etileno, rotura de la válvula del gas de hidrógeno, rotura de la válvula del gas de acetileno, calentamiento del tanque de hidrógeno, calentamiento del tanque de acetileno y rotura de la línea de carga de etileno.

El riesgo medioambiental delimitado en esta región, pese a ser tolerable, debería ser reducido hasta lo niveles más bajos que sea factible, a la región de riesgo moderado o en su defecto llevarlo hasta su eliminación, sin incurrir en costes desproporcionados, por lo que sería únicamente tolerable si reducciones mayores de su nivel fuesen impracticables, o tan sólo se alcanzasen mediante un excesivo coste, esfuerzo o tiempo.

El valor más alto obtenido para los escenarios accidentales es la rotura parcial del envase de etileno con un valor de riesgo de 0.071; luego vemos que el valor obtenido más bajo es del calentamiento del tanque de acetileno con un valor del riesgo ambiental de 0.010.

Con la utilización esta la metodología propuesta, que se ha utilizado para determinar el índice de consecuencias medioambientales (I.C.M) y evaluar la probabilidad de accidentes en el establecimiento industrial, que finalmente determinó lo que es Riesgo ambiental en el establecimiento.

9.2. RECOMENDACIONES

Antes de abordar lo que serían las recomendaciones como se mencionó en la valoración del riesgo, los accidentes están en la zona intermedia y debe bajar estos a la zona inferior, por lo que cabe destacar que se puede disminuir el riesgo ambiental de dos formas, actuando directamente sobre las consecuencias que las sustancias almacenadas pueden ocasionar para de esta manera poder disminuir el daño al ambiente que provocan estos. La segunda forma

es actuando sobre las frecuencias en que pueden ocurrir los escenarios accidentales, para ya con este conocimiento poder lograr disminuir la frecuencia de estos.

Se recomienda para el primer caso que ya sabiendo los factores que determinan el ICM poder actuar sobre estos para así disminuir en gran escala los daños que la sustancia puede ocasionar al medioambiente, y poder tomar las medidas pertinentes para evitar estos riesgos. En el segundo caso se recomienda actuar ya directamente sobre las probabilidades de que fallen los equipo, para con esto poder organizar los mantenimientos pertinentes a los mismo para que esta probabilidad disminuya y poder mantener el buen funcionamiento por más tiempo.

A continuación, se enumeran algunas recomendaciones propuesta para este tipo de empresa de almacenamiento:

- La realización de simulacros de actuación frente a casos específicos como rotura del envase y rotura en la línea de carga o descarga de las sustancias.
- Contar con un sistema de monitoreo de manera continua en toda la planta de almacenamiento, para de esta manera poder dar seguimiento de cerca al estado de los equipos, cilindros, herramientas y tuberías; con la utilización de inspecciones detallada y con esto crear un registro de estas inspecciones para ayudar así a los supervisores a llevar un buen control en la industria.
- Realizar mantenimientos periódicos a las bombas, contadores, etc. para evitar futuros fallos de los sistemas de seguridad de la empresa.
- Mantenimiento constante de los cilindros, respetado sus capacidades de almacenamiento del mismo.
- Colocación de un pulsador de alarma en la zona de carga/descarga.
- Informar a los operarios, encargados del manejo de envases, de los peligros de la sustancia y zonas críticas dónde es más peligroso el derrame de la sustancia.
- Supervisión del funcionamiento de la planta en general en periodos normalmente apropiados 2 veces al día.

CAPÍTULO 10: CONCLUSIONES

Con la realización de esta tesis de final de master se ha pretendido desarrollar una herramienta de decisión en el Análisis de Riesgo Ambiental, a partir de la utilización diferentes datos tales como el emplazamiento para localizar el área afectada y sobre las sustancias contaminantes implicadas, con la cual se ha obtenido respuestas sobre lo que es el riesgo en la industria, teniendo en cuenta que este riesgo puede afectar tanto el medioambiente como el entorno que rodea la industria.

Con los resultados obtenidos con el presente análisis de riesgo, podemos llegar a los métodos cuantitativos, lo cuales no son considerados operativos debido a la dificultad del mismo para llegar a obtener a los datos y la información que se necesitan para ponerlo en ejecución. Por ejemplo, esta tesis se enfocó en modelizar la dispersión tóxica de las sustancias causantes del daño.

Los datos proporcionados por la industria sobre el tipo y cantidad de sustancias almacenadas, ha ayudado a obtener la información sobre el porcentaje contaminante de las mismas, lo cual ha permitido llegar a las respuestas sobre el riesgo que puede sufrir la industria con estas sustancias.

A través de este análisis del riesgo ambiental, la industria obtendrá un mayor conocimiento de los posibles escenarios accidentales que pueden ocurrir en su establecimiento, midiendo así cuales han de ser los de mayor riesgo que por ende se debe de poner mayor atención, para de esta manera evitar que ocurra. Por lo que ya con esta información la industria puede gestionar la seguridad del establecimiento, y reforzar las debilidades de mantenimiento que hayan tenido hasta entonces, por igual evitar que estos sucedan.

No obstante, deberán tenerse siempre en cuenta aquellos escenarios con un mayor nivel de riesgo asociado; para esto se realizan procesos de evaluación en el cual se reduzcan los escenarios accidentales, aunque no se logró la eliminación de los mismo. Por igual se evaluarán las limitaciones de efecto organizativo, técnico y del emplazamiento del establecimiento.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Directiva 2003/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2003, por la que se modifica la Directiva 96/82/CE del Consejo, de 9 de diciembre de 1996, relativa al control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas, traspuesta al ordenamiento jurídico español mediante Real Decreto 948/2005, de 29 de julio, por el que se modifica el Real Decreto 1254/1999, de 16 de julio por el que se aprueban medidas de control de los riesgos inherentes a los accidentes graves en los que intervengan sustancias peligrosas.

[2] Directiva 67/548/CEE, de 24 de Junio de 1986, del Consejo sobre la aproximación de las disposiciones legales, reglamentarias y administrativas relativas a la clasificación, el envasado y el etiquetado de sustancias peligrosas.

[3] Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.

[4] DELGADO, J. 2007. "Nueva metodología para evaluar cómo afectan las actividades de la empresa al entorno natural". Fundación MAPFRE. 3 o trimestre.

[5] GODAYOL LAFONT, JORDI. 2013 Trabajo final de master "Desarrollo de una metodología de análisis de riesgos ambientales para su aplicación al análisis cuantitativo de riegos". Universidad Politécnica de Cataluña.

[6] FIGUROA MORENO, ANA. 2010. Tesis de Master "Análisis de Riesgos Ambiental Aplicado a un establecimiento afectado por el R.D. 1254/1999". Universitat Politècnica de Catalunya.

[7] SECRETARIA DE ESTADO DE MEDIO AMBIENTE, DIRECCION GENERAL DE CALIDAD Y EVALUACIÓN AMBIENTAL Y MEDIO NATURAL. 2015. "Análisis de Riesgo Medioambientales

[8] Individuales, en el sector de Almacenamiento de sustancias". Edición Ministerio de Agricultura y Medio Ambiente.

[9] Norma UNE 150008: 2008. "Metodología de Análisis de Riesgos Ambientales".

[10] Norma UNE 60250. Extracto normativo “Instalaciones de suministro de gases licuados del petróleo (GLP) en depósitos fijos para su consumo en instalaciones receptoras”.

[11] EIA (ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL). “Legislación Autonómica”.

[12] SERVICIO DE PREVENCIÓN DE VALENCIA. “Seguridad en la Manipulación de Gases”.

[13] GOBIERNO DE ARAGON. “Guía para la puesta en servicio y baja de instalaciones de almacenamiento de GLP en depósitos fijos”.

[14] NEO 5, NORMA ESTÁNDAR OPERACIONAL. “Cilindros de Gas para Uso Industrial”. Edición Dirección de Administración y protección de recursos – Subgerencia Gestión Integral de Seguridad, Calidad y Ambiente”. CODELCO – Chile

[15] BERRIOZÁBAL, CHIAPAS. “Manifestación de Impacto Ambiental. Edición Grupo Rama Gas, S.A”.

[16] CEPYME ARAGÓN. “Guía Técnica para la Seguridad y Salud en Atmósferas Explosivas. Financiación Fundación para la Prevención de Riesgos Laborales”.

[17] AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación), 2002. “Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión e Instrucciones Técnicas Complementarias (ITC) BT 01 a BT 51”.

[18] LANDETE MORATÓ, JOSÉ. ENGUIDANOS JÁVEGA, MIGUEL. “Guía Instalaciones de Gas”.

[19] RUIZ, F. GARCÉS DE MARCILLA, A. FERNADEZ, R y colaboradores. 2004. “Guía para la realización del análisis de riesgo medioambiental, en el ámbito del Real Decreto 1254/1999 (Seveso II)”. Edición Dirección General de Protección Civil y emergencias – Ministerio del Interior.

[20] <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/93732/12ANEXO2.PDF>

“Descripción de la Estructura de la Base de Datos MHIDAS”

[21] Aplicación informática ALOHA (Areal Locations of Hazardous Atmospheres) versión

5.4.1.2. (2010). Environmental Protection Agency.

[22] United States Environmental Protection Agency, (2010). <http://www.epa.gov/>.

[23] Aplicación informática EPI SUITE 4.0. (2010). Environmental Protection Agency.

[24] Google Earth, (2010).Earth. google.es/.

[25] <http://www.instalacionesindustriales.es/normativa/gasesc.html>. SECCIÓN NORMATIVA-
INSTALACIONES INDUSTRIALES

[26]<http://www.carbueros.com/Company/Sustainability/environment-health-and-safety/safety-and-health.aspx>. CARBUEROS METALICOS. “Seguridad y Salud”

[27] http://www.abellolinde.es/es/safety_and_quality/quality/index.html. LINDE. “Gestión de Calidad”

[28]<http://www.indura.com.ar/Descargar/Manual%20de%20Gases%20INDURA%202007?path=%2Fcontent%2Fstorage%2Far%2Fbiblioteca%2F7e8d79cb2d284ce69884e7b02c7e3628.pdf>. INDURA. “Manual de Gases”.

[29] ITC MIE-APQ-5. “Almacenamiento y utilización de botellas y botellones de gases comprimidos, licuados y disueltos a presión”.

[30]<http://info.igme.es/cartografiadigital/geologica/Magna50Hoja.aspx?id=696&language=es>. HOJA 696 (BURJASOT) - CARTOGRAFÍA DE IGME

[31]http://www.puçol.es/images/Documentos/Ayuntamiento/urbanisme/planopg5_clasificacion_suelo_col.pdf . MAPA GEOGRÁFICO DE PUÇOL.

[32] RIOS, ROSA. “Mapa Geológico de España e. 1:50.000 – Burjasot”. Edición Instituto Geológico y Minero de España.

[33] <https://es.climate-data.org/location/57152/> CLIMA DE PUZOL

[34]<http://www.puçol.es/index.php/es/component/content/article?id=7077&templateStyle>

=147 . URBANIZMO – AYUNTAMIENTO DE PUÇOL

[35] <http://www.puçol.es/index.php/es/oficina-amics-2/119-ayuntamiento/contenido/14799-servicio-integral-del-agua-pucol-final-14799?templateStyle=147>. SERVICIO INTEGRAL DEL AGUA DE - AYUNTAMIENTO DE PUÇOL

[36] AYUNTAMIENTO DE PUÇOL (VALENCIA). “Anteproyecto de Explotación del Servicio para la Concesión de la Gestión Integral de los Servicios Municipales de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Puçol”.

[37] <http://www.dival.es/sites/default/files/xarcia/PUZOL%20castellano.pdf> . PUÇOL LA COSTERA – DIPUTACIÓN DE VALENCIA

[38] MORENO ORTIZ, JUAN. 2016. Tesis Final de Grado “Estudio de Impacto Ambiental del Proyecto de Regeneración, Ordenación y Conservación del Cordón Litoral del Marjal Dels Moros (Puzol – Sagunto. Valencia)”. Universitat Politècnica de València.

[39] SECRETARIA DE ESTADO DE INFRAESTRUCTURAS Y PLANIFICACIÓN, SECRETARIA GENERAL DE INFRAESTRUCTURAS, DIRECCIÓN GENERAL DE CARRETERAS. Estudio de Impacto Ambiental “Proyecto de Construcción Ampliación a tres carriles del tramo Puçol – Carraixet de la Autovía V-21”. Edición Ministerio de Fomento.

ANEXOS

1. APLICACIÓN EPISUITE

1.1. HIDRÓGENO

CAS Number: 001333-74-0

SMILES : HH

CHEM : Hydrogen

MOL FOR: H2

MOL WT : 2.02

----- 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) = 0.45

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

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

*** WARNING: Estimations NOT VALID ***

Boiling Pt (deg C): 439.86 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): 146.26 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 1.36E-007 (Modified Grain method)

VP (Pa, 25 deg C) : 1.82E-005 (Modified Grain method)

Subcooled liquid VP: 2.31E-006 mm Hg (25 deg C, Mod-Grain method)

: 0.000308 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): 5029

log Kow used: 0.45 (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) = 3578.6 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

Inorganic Compound

Henry's 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

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

HLC: 7.188E-014 atm-m³/mole (7.283E-009 Pa-m³/mole)

VP: 1.36E-007 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 5.03E+003 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) : 0.7466

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9517

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.1947 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.8448 (days)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.7061

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.9218

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): 0.000308 Pa (2.31E-006 mm Hg)

Log Koa (): not available

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

Mackay model : 0.00974

Octanol/air (Koa) model: not available

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

Junge-Pankow model : 0.26

Mackay model : 0.438

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):

0.349 (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 : 2.456 L/kg (Kow method)

Log Koc: 0.390 (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) = -1.4039 days (HL = 0.03945 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.032 (BCF = 1.076)

Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.032 (BAF = 1.076)

log Kow used: 0.45 (estimated)

Volatilization from Water:

Henry LC: 7.19E-014 atm-m³/mole (calculated from VP/WS)
Half-Life from Model River: 2.633E+009 hours (1.097E+008 days)
Half-Life from Model Lake : 2.633E+009 hours (1.097E+008 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	2.13e-006	1e+005	1000
Water	29	360	1000
Soil	70.9	720	1000
Sediment	0.0692	3.24e+003	0

Persistence Time: 653 hr

1.2. ACETILENO

CAS Number: 000074-86-2

SMILES : C#C

CHEM : Ethyne

MOL FOR: C2 H2

MOL WT : 26.04

----- 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) = 0.50
Log Kow (Exper. database match) = 0.37
Exper. Ref: HANSCH,C ET AL. (1995)

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

Boiling Pt (deg C): -36.63 (Adapted Stein & Brown method)
Melting Pt (deg C): -154.04 (Mean or Weighted MP)
VP(mm Hg,25 deg C): 1.81E+004 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
VP (Pa, 25 deg C) : 2.42E+006 (Mean VP of Antoine & Grain methods)
MP (exp database): -80.7 deg C
BP (exp database): -84.7 deg C
VP (exp database): 3.65E+04 mm Hg (4.87E+006 Pa) at 25 deg C

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

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 1.476e+004
log Kow used: 0.37 (expkow database)
no-melting pt equation used
Water Sol (Exper. database match) = 1200 mg/L (20 deg C)
Exper. Ref: YALKOWSKY,SH & HE,Y (2003)

Water Sol Estimate from Fragments:

Wat Sol (v1.01 est) = 12559 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:
Neutral Organics

Henry's Law Constant (25 deg C) [HENRYWIN v3.20]:

Bond Method : 2.40E-002 atm-m³/mole (2.43E+003 Pa-m³/mole)
Group Method: 2.45E-002 atm-m³/mole (2.48E+003 Pa-m³/mole)
Exper Database: 2.17E-02 atm-m³/mole (2.20E+003 Pa-m³/mole)

For Henry LC Comparison Purposes:

User-Entered Henry LC: not entered
Henry's LC [via VP/WSol estimate using User-Entered or Estimated values]:
HLC: 1.764E-003 atm-m³/mole (1.788E+002 Pa-m³/mole)
VP: 1.81E+004 mm Hg (source: MPBPVP)
WS: 1.48E+004 mg/L (source: WSKOWWIN)

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

Log Kow used: 0.37 (exp database)
Log Kaw used: -0.052 (exp database)
Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 0.422
Log Koa (experimental database): None

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

Biowin1 (Linear Model) : 0.7351

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9333

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.1416 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.8102 (days)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.6347

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.8550

Anaerobic Biodegradation Probability:

Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.8361

Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):

LOG BioHC Half-Life (days) : 0.4898

BioHC Half-Life (days) : 3.0886

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

Vapor pressure (liquid/subcooled): 4.87E+006 Pa (3.65E+004 mm Hg)

Log Koa (Koawin est): 0.422

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

Mackay model : 6.16E-013

Octanol/air (Koa) model: 6.49E-013

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

Junge-Pankow model : 2.23E-011

Mackay model : 4.93E-011

Octanol/air (Koa) model: 5.19E-011

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

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 0.8150 E-12 cm³/molecule-sec

Half-Life = 13.124 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)

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):

3.58E-011 (Junge-Pankow, Mackay avg)

5.19E-011 (Koa method)

Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):

Koc : 13.22 L/kg (MCI method)

Log Koc: 1.121 (MCI method)

Koc : 2.093 L/kg (Kow method)

Log Koc: 0.321 (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) = -1.4901 days (HL = 0.03235 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.014 (BCF = 1.033)

Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.014 (BAF = 1.033)

log Kow used: 0.37 (expkow database)

Volatilization from Water:

Henry LC: 0.0217 atm-m³/mole (Henry experimental database)

Half-Life from Model River: 0.5345 hours (32.07 min)

Half-Life from Model Lake : 48.62 hours (2.026 days)

Removal In Wastewater Treatment:

Total removal: 89.42 percent

Total biodegradation: 0.03 percent

Total sludge adsorption: 0.41 percent

Total to Air: 88.98 percent

(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:

	Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air	50.4	298	1000
Water	47.2	360	1000
Soil	2.26	720	1000
Sediment	0.113	3.24e+003	0

Persistence Time: 131 hr

1.3. ETILENO

CAS Number: 000074-85-1

SMILES : C=C

CHEM : Ethene

MOL FOR: C2 H4

MOL WT : 28.05

----- 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) = 1.27

Log Kow (Exper. database match) = 1.13

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

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

Boiling Pt (deg C): -49.21 (Adapted Stein & Brown method)

Melting Pt (deg C): -150.85 (Mean or Weighted MP)

VP(mm Hg,25 deg C): 3.14E+004 (Mean VP of Antoine & Grain methods)

VP (Pa, 25 deg C) : 4.19E+006 (Mean VP of Antoine & Grain methods)

MP (exp database): -169 deg C

BP (exp database): -103.7 deg C

VP (exp database): 5.21E+04 mm Hg (6.95E+006 Pa) at 25 deg C

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

Water Solubility at 25 deg C (mg/L): 3449

log Kow used: 1.13 (expkow database)

no-melting pt equation used

Water Sol (Exper. database match) = 131 mg/L (25 deg C)

Exper. Ref: MCAULIFFE,C (1966)

Water Sol Estimate from Fragments:

Wat Sol (v1.01 est) = 770.94 mg/L

ECOSAR Class Program (ECOSAR v1.11):

Class(es) found:

Neutral Organics

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

Bond Method : 9.78E-002 atm-m³/mole (9.91E+003 Pa-m³/mole)

Group Method: 1.62E-001 atm-m³/mole (1.64E+004 Pa-m³/mole)

Exper Database: 2.28E-01 atm-m³/mole (2.31E+004 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: 8.133E-003 atm-m³/mole (8.241E+002 Pa-m³/mole)

VP: 3.14E+004 mm Hg (source: MPBPVP)

WS: 3.45E+003 mg/L (source: WSKOWWIN)

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

Log Kow used: 1.13 (exp database)

Log Kaw used: 0.969 (exp database)

Log Koa (KOAWIN v1.10 estimate): 0.161

Log Koa (experimental database): 0.280

Probability of Rapid Biodegradation (BIOWIN v4.10):

Biowin1 (Linear Model) : 0.7342

Biowin2 (Non-Linear Model) : 0.9315

Expert Survey Biodegradation Results:

Biowin3 (Ultimate Survey Model): 3.1372 (weeks)

Biowin4 (Primary Survey Model) : 3.8073 (days)

MITI Biodegradation Probability:

Biowin5 (MITI Linear Model) : 0.6534

Biowin6 (MITI Non-Linear Model): 0.8617

Anaerobic Biodegradation Probability:

Biowin7 (Anaerobic Linear Model): 0.5420

Ready Biodegradability Prediction: YES

Hydrocarbon Biodegradation (BioHCwin v1.01):

LOG BioHC Half-Life (days) : 0.4632

BioHC Half-Life (days) : 2.9054

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

Vapor pressure (liquid/subcooled): 6.95E+006 Pa (5.21E+004 mm Hg)

Log Koa (Exp database): 0.280

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

Mackay model : 4.32E-013

Octanol/air (Koa) model: 4.68E-013

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

Junge-Pankow model : 1.56E-011

Mackay model : 3.45E-011

Octanol/air (Koa) model: 3.74E-011

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

Hydroxyl Radicals Reaction:

OVERALL OH Rate Constant = 8.5200 E-12 cm³/molecule-sec

Half-Life = 1.255 Days (12-hr day; 1.5E6 OH/cm³)

Half-Life = 15.065 Hrs

Ozone Reaction:

OVERALL Ozone Rate Constant = 0.175000 E-17 cm³/molecule-sec

Half-Life = 6.549 Days (at 7E11 mol/cm³)

Fraction sorbed to airborne particulates (phi):

2.51E-011 (Junge-Pankow, Mackay avg)

3.74E-011 (Koa method)

Note: the sorbed fraction may be resistant to atmospheric oxidation

Soil Adsorption Coefficient (KOCWIN v2.00):

Koc : 13.22 L/kg (MCI method)

Log Koc: 1.121 (MCI method)

Koc : 9.557 L/kg (Kow method)

Log Koc: 0.980 (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 = 0.413 (BCF = 2.586 L/kg wet-wt)

Log Biotransformation Half-life (HL) = -0.8663 days (HL = 0.136 days)

Log BCF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.320 (BCF = 2.087)

Log BAF Arnot-Gobas method (upper trophic) = 0.320 (BAF = 2.087)

log Kow used: 1.13 (expkow database)

Volatilization from Water:

Henry LC: 0.228 atm-m³/mole (Henry experimental database)

Half-Life from Model River: 0.5418 hours (32.51 min)

Half-Life from Model Lake : 50.32 hours (2.097 days)

Removal In Wastewater Treatment (recommended maximum 95%):

Total removal: 98.88 percent

Total biodegradation: 0.02 percent

Total sludge adsorption: 0.30 percent

Total to Air: 98.57 percent

(using 10000 hr Bio P,A,S)

Level III Fugacity Model:

	Mass Amount (percent)	Half-Life (hr)	Emissions (kg/hr)
Air	25.9	25.3	1000
Water	72.8	360	1000
Soil	1.05	720	1000
Sediment	0.174	3.24e+003	0

Persistence Time: 84.4 hr

2. APLICACION ALOHA

2.1. ROTURA TOTAL DEL TANQUE DE ETILENO

JET FIRE

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: ETHYLENE

CAS Number: 74-85-1 Molecular Weight: 28.05 g/mol

PAC-1: 600 ppm PAC-2: 6600 ppm PAC-3: 40000 ppm

LEL: 27000 ppm UEL: 360000 ppm

Ambient Boiling Point: -103.7 ∞ C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27 ∞ C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 6 meters

Tank Volume: 10.6 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 80 C

Chemical Mass in Tank: 2.85 tons Tank is 80% full

Circular Opening Diameter: 3 inches

Opening is 6.00 meters from tank bottom

Release Duration: 2 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,940 kilograms/min
(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 2,017 kilograms

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: congested

Model Run: Heavy Gas

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

Orange: 112 meters --- (3.5 psi = serious injury likely)

Yellow: 193 meters --- (1.0 psi = shatters glass)

2.2. ROTURA PARCIAL DEL TANQUE DE ETILENO

TOXIC VAPOR AREA

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: ETHYLENE

CAS Number: 74-85-1 Molecular Weight: 28.05 g/mol

PAC-1: 600 ppm PAC-2: 6600 ppm PAC-3: 40000 ppm

LEL: 27000 ppm UEL: 360000 ppm

Ambient Boiling Point: -103.7°C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27°C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 6 meters

Tank Volume: 10.6 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 8°C

Chemical Mass in Tank: 2.85 tons Tank is 80% full

Circular Opening Diameter: 3 inches

Opening is 6.00 meters from tank bottom

Release Duration: 2 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,940 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 2,017 kilograms

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

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 101 meters --- (40000 ppm = PAC-3)

Orange: 319 meters --- (6600 ppm = PAC-2)

Yellow: 1.2 kilometers --- (600 ppm = PAC-1)

2.3. ROTURA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE HIDRÓGENO

TOXIC VAPOR CLOUD

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN

CAS Number: 1333-74-0 Molecular Weight: 2.02 g/mol

PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm

LEL: 40000 ppm UEL: 750000 ppm

Ambient Boiling Point: -252.8 ∞ C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27 ∞ C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 4 meters

Tank Volume: 3.14 cubic meters

Tank contains gas only Internal Temperature: 27 ∞ C

Chemical Mass in Tank: 0.1 tons

Circular Opening Diameter: 2 inches

Release Duration: 1 minute

Max Average Sustained Release Rate: 1.5 kilograms/sec

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 90.1 kilograms

2.4. ROTUTA DE LA VÁLVULA DEL GAS DE ACETILENO

Toxic Vapor Cloud

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: ACETYLENE

CAS Number: 74-86-2 Molecular Weight: 26.04 g/mol

PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm

LEL: 25000 ppm UEL: 800000 ppm

Ambient Boiling Point: -83.9 ∞ C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27 ∞ C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 5 meters

Tank Volume: 15.7 cubic meters

Tank contains gas only Internal Temperature: 27 ∞ C

Chemical Mass in Tank: 1.5 tons

Circular Opening Diameter: 2 inches

Release Duration: 6 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 743 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 1,343 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (400000 ppm = PAC-3)

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

Orange: 16 meters --- (230000 ppm = PAC-2)

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

Yellow: 54 meters --- (65000 ppm = PAC-1)

2.5. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE HIDRÓGENO

TOXIC VAPOR CLOUD

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: HYDROGEN

CAS Number: 1333-74-0 Molecular Weight: 2.02 g/mol

PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm

LEL: 40000 ppm UEL: 750000 ppm

Ambient Boiling Point: -252.8°C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27°C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from hole in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 1 meters Tank Length: 4 meters
Tank Volume: 3.14 cubic meters
Tank contains gas only Internal Temperature: 27[∞] C
Chemical Mass in Tank: 0.1 tons
Circular Opening Diameter: 2 inches
Release Duration: 1 minute
Max Average Sustained Release Rate: 1.5 kilograms/sec
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 90.1 kilograms

2.6. CALENTAMIENTO DEL TANQUE DE ACETILENO

Toxic Vapor Cloud

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: ACETYLENE

CAS Number: 74-86-2 Molecular Weight: 26.04 g/mol

PAC-1: 65000 ppm PAC-2: 230000 ppm PAC-3: 400000 ppm

LEL: 25000 ppm UEL: 800000 ppm

Ambient Boiling Point: -83.9[∞] C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27[∞] C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank
Flammable chemical escaping from tank (not burning)
Tank Diameter: 2 meters Tank Length: 5 meters
Tank Volume: 15.7 cubic meters
Tank contains gas only Internal Temperature: 27[∞] C
Chemical Mass in Tank: 1.5 tons
Circular Opening Diameter: 2 inches
Release Duration: 6 minutes
Max Average Sustained Release Rate: 743 kilograms/min
(averaged over a minute or more)
Total Amount Released: 1,343 kilograms

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : less than 10 meters(10.9 yards) --- (400000 ppm = PAC-3)

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

Orange: 16 meters --- (230000 ppm = PAC-2)

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

Yellow: 54 meters --- (65000 ppm = PAC-1)

2.7. ROTURA DE LA LÍNEA DE CARGA DE ETILENO

TOXIC VAPOR AREA

SITE DATA:

Location: PUCOL, SPAIN

Building Air Exchanges Per Hour: 0.79 (unsheltered single storied)

Time: September 1, 2017 1504 hours ST (using computer's clock)

CHEMICAL DATA:

Chemical Name: ETHYLENE

CAS Number: 74-85-1 Molecular Weight: 28.05 g/mol

PAC-1: 600 ppm PAC-2: 6600 ppm PAC-3: 40000 ppm

LEL: 27000 ppm UEL: 360000 ppm

Ambient Boiling Point: -103.7°C

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: 8 miles/hour from ESE at 3 meters

Ground Roughness: open country Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 27°C Stability Class: C

No Inversion Height Relative Humidity: 50%

SOURCE STRENGTH:

Leak from short pipe or valve in vertical cylindrical tank

Flammable chemical escaping from tank (not burning)

Tank Diameter: 1.5 meters Tank Length: 6 meters

Tank Volume: 10.6 cubic meters

Tank contains liquid Internal Temperature: 8°C

Chemical Mass in Tank: 2.85 tons Tank is 80% full

Circular Opening Diameter: 3 inches

Opening is 6.00 meters from tank bottom

Release Duration: 2 minutes

Max Average Sustained Release Rate: 1,940 kilograms/min

(averaged over a minute or more)

Total Amount Released: 2,017 kilograms

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

THREAT ZONE:

Model Run: Heavy Gas

Red : 101 meters --- (40000 ppm = PAC-3)

Orange: 319 meters --- (6600 ppm = PAC-2)

Yellow: 1.2 kilometers --- (600 ppm = PAC-1)

3. PROBABILIDAD DE FALLO

COMPONENT	COD	SUBTYPE	DETAILTY	GENERAL FAULT MODE	λ_r (h ⁻¹)	λ_t (h ⁻¹)	ρ	t_r (h)	t_t (h)
Valve	HV	Manual	General	Fail to remain position			3.00E-05	8760	
Motor Pump	MDP	Motor driven		Fail to run/Fail to start		2.88E-05	5.74E-03		8
Check valve	CV	Self operated		Fail to remain position	1.45E-07			8760	
Valve	MOV_1	Motor operated	General	Fail to change position/Fail to open	9.67E-06		2.48E-03	8760	
Valve	MOV_2	Motor operated	General	Fail to remain position	9.62E-08			8760	
Sensor	TS	Temperature	General	Fail to function			1.90E-03		8
Sensor	PS	Pressure	General	Fail to function			7.00E-04		8
Sensor	FS	Flow	General	Fail to function			3.30E-03		8
Transmitter	TI	Temperature	General	Fail to function		1.59E-06			8
Transmitter	PI	Pressure	General	Fail to function		1.73E-06			8
Logic Solver	LS	Programmable safety system -single system		Fail to function		2.00E-05			8
Relief valves	RV	Self operated	Relief-Safety	Fail to open	0.0000026		1.00E-05	8760	
Heat exchanger	HE	General		Fail to plug		2.6395E-06			8