



Universidad de Oviedo
Universidá d'Uviéu
University of Oviedo

TRABAJO FINAL DE MÁSTER

INVESTIGACIÓN Y GESTIÓN DE EMERGENCIA Y DESASTRES

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE PREVENCIÓN Y DE RESPUESTA A EMERGENCIAS Y DESASTRES INDUSTRIALES QUÍMICOS CON SOLVENTES EN PLANTAS RECUPERADORAS DE SOLVENTE EN ZONAS RESIDENCIALES DE LA REGIÓN METROPOLITANA DE SANTIAGO DE CHILE

Autor: Alfonso Javier Robles Vera

Director: **Pedro Arcos González**

Santiago de Chile

Octubre 2024

Declaración

Declaro que esta tesis titulada Gestión de emergencias frente a desastres industriales en plantas recuperadoras de solvente con carbón activado y regeneración de nitrógeno para la fabricación de envases flexibles con impacto en zonas residenciales en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, es únicamente el resultado de mi propio trabajo de investigación y que todas las fuentes de información utilizadas (impresas, sitios web, etc.) procedentes de otros autores o trabajos se indican en la lista de referencias de acuerdo con las normas establecidas.

Firma:

Recuento total de palabras: 13186

El Prof. Sr. Pedro Arcos aprueba esta tesis para su presentación.

Firma del director de tesis

CONTENIDO

I.	RESUMEN	6
II.	INTRODUCCIÓN	8
III.	PREGUNTA	11
IV.	OBJETIVOS	11
	OBJETIVO PRINCIPAL:	11
	OBJETIVOS ESPECÍFICOS:	11
	PLAN DE EMERGENCIAS. (Propuesta técnica)	12
	PLAN CONTROL DE EMERGENCIAS ANTE CONTINGENCIAS POR OPERACIÓN DE PLANTAS DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES POR REGENERACIÓN DE GAS INERTE	12
V.	MATERIALES Y MÉTODOS	29
	Etapas que comprende el Trabajo de Fin de Máster	29
	Etapa 1: Etapa de búsqueda.	30
	Etapa 2: Desarrollo de contenidos.	34
	Descripción de Proceso de Recuperación de Solventes por Destilación	34
	Etapa 3: Comparación	39
	Etapa 4: Resultados	41
	1. Evidencia histórica. Desastres provocados por emergencias en la industria con manejo de sustancias químicas peligrosas	46
	2. Análisis científico de los desastres ocurridos	48
	3. Proponer en base a esta investigación medidas de control que permitan reducir el efecto o incluso eliminar la exposición de poblaciones o asentamientos humanos cercanos a centros de operaciones industriales que tienen un alto potencial de afectación a la salud y seguridad de los habitantes de sectores residenciales colindantes a estas actividades industriales.	49
VI.	DISCUSIÓN	60
	Resumen breve de objetivos y hallazgos	60
	Limitaciones del estudio	60
	Conclusiones	61
VII.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
	EXPRESIONES DE GRATITUD	67
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Población total comunas Maipú y Quilicura en la RM	6
Tabla 2 Composición Acetato de etilo (7).....	10
Tabla 3 Identificación de los peligros.....	10
Tabla 12 Vigencia del Plan.....	14
Tabla 13 Alertamiento Sistema Nacional.....	17
Tabla 14 Alertamiento Organismos Técnicos	17
Tabla 15 Identificación de escenarios	20
Tabla 16 Medios de telecomunicaciones.....	21
Tabla 17 Fechas y horarios de monitoreo.....	21
Tabla 18 Ficha de enlaces de titulares	25
Tabla 19 Fichas de enlaces de suplentes	25
Tabla 20 Fichas de turnos.....	26
Tabla 21 Fichas de turnos en alerta	26
Tabla 22 Fichas Contacto permanente.....	26
Tabla 23 Planilla recursos y capacidades	27
Tabla 24 Protocolos y procedimientos complementarios.....	28
Tabla 25 Construcción de términos	32
Tabla 26 Síntesis de búsqueda.....	33
Tabla 27 Síntesis de resultados en bases de datos científicos	33
Tabla 28 Búsqueda de normativa legal.....	34
Tabla 29 Emisiones atmosféricas	39
Tabla 30 Emisiones atmosféricas del proceso de conversión.....	39
Tabla 4 Número de empresas según tamaño. Año 2018	50
Tabla 5 Sustancias químicas peligrosas declaradas por región	51
Tabla 6 Casos de emergencia con sustancias químicas en la Región Metropolitana	53
Tabla 7 Industrias con Plantas recuperadoras con regeneración	53
Tabla 8 Naturaleza y cantidad de sustancias químicas y población afectada.....	54
Tabla 9 Ubicación de industrias con Plantas recuperadoras con regeneración	55
Tabla 10 Marco legal y normativo aplicable	57
Tabla 11 Identificación de empresas con población teóricamente vulnerable ante la emergencia.....	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 10 Ubicación Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE S.A.....	18
Figura 11 Ubicación Planta Recuperadora de Solventes de EDELPA S.A.....	19
Figura 12 Descripción de las etapas del Trabajo de Fin de Máster.....	29
Figura 13 PICoR.....	31
Figura 14 Ciclo del proceso de recuperación	38
Figura 15 Organización de la respuesta frente a la emergencia	42
Figura 1 Fotografía de Planta Recuperadora de Solventes de Envases del Pacífico (EDELPA)	44
Figura 2 Ubicación satelital de la Planta Recuperadora de Solventes de EDELPA.....	44
Figura 3 Fotografía de Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE.....	45
Figura 4 Ubicación satelital de la Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE..	45
Figura 5 Ubicación satelital de monitoreos atmosféricos.....	46
Figura 6 Ubicación geográfica EDELPA S.A.	55
Figura 7 Ubicación geográfica ALUSA CHILE S.A.	56
Figura 8 Mapa de poblaciones cercanas sector Maipú EDELPA S.A.....	59
Figura 9 Mapa de poblaciones cercanas sector Quilicura ALUSA CHILE S.A.	59
Figura 16 Acciones estratégicas	62
Figura 17 Instrumentos de gestión de riesgos de desastre.....	64
Figura 18 Estructura del Comité Comunal para la GRD.....	64
Figura 19 Implementación del Plan de GRD	65
Figura 20 Revisión y actualización del Plan de GRD	66

I. RESUMEN

El trabajo que se presenta a continuación se desarrolla en base a información técnica, histórica y científica, atendiendo principalmente al potencial de daño latente, en materia de emergencia y desastres, que representa la operación industrial de plantas recuperadoras de solventes con carbón activado y regeneración de nitrógeno, de las cuales actualmente operan en Chile dos unidades, distribuidas en la Región Metropolitana de Santiago, una en el sector de la comuna de Quilicura y la segunda en la comuna de Maipú. Ambos sectores comunales, comparten la característica de contar con una alta tasa poblacional, de acuerdo con el último censo realizado en 2017. (9)

Tabla 1 Población total comunas Maipú y Quilicura en la RM

Población total por sexo y área urbana-rural, según comuna y edad simple.																
ORDEN	NOMBRE REGIÓN	CÓDIGO REGIÓN	NOMBRE PROVINCIA	CÓDIGO PROVINCIA	NOMBRE COMUNA	CÓDIGO COMUNA	EDAD	TOTAL POBLACIÓN EFECTIVAMENTE CENSADA	HOMBRES	MUJERES	TOTAL ÁREA URBANA	HOMBRES ÁREA URBANA	MUJERES ÁREA URBANA	TOTAL ÁREA RURAL	HOMBRES ÁREA RURAL	MUJERES ÁREA RURAL
10.302	METROPOLITANA DE SANTIAGO	13	SANTIAGO	131	MAIPÚ	13119	Total Comuna	521.627	250.792	270.835	518.194	248.840	269.354	3.433	1.952	1.481
10.914	METROPOLITANA DE SANTIAGO	13	SANTIAGO	131	QUILICURA	13125	Total Comuna	210.410	103.456	106.954	209.858	103.126	106.732	552	330	222

Fuente: Censo población y Vivienda 2017. Instituto Nacional de Estadística de Chile.

Esta población, que se encuentra en constante crecimiento demográfico, debido al incremento inmobiliario y a una nueva planificación urbana, comparte desde hace 50 años territorio con importantes zonas industrializadas y particularmente con recintos de empresas dedicadas a la fabricación de envases flexibles, donde gran parte de sus procesos depende del uso de sustancias químicas inflamables, y para este caso específicamente solventes donde destaca el manejo del acetato de etilo, tanto en concentraciones puras al 100% como recuperado alcanzando concentraciones entre 80% y 100%.

En este último caso, pondremos atención en el proceso de recuperación de los vapores de solventes utilizados en la producción de envases flexibles, los cuales son capturados y tratados para obtener solvente en su estado líquido para nuevamente ser reutilizados en los mismo procesos productivos.

Esta situación provoca un flujo constante de estas sustancias en sus estados químicos, líquido y gaseoso, los cuales fluyen a través del sistema de tuberías que componen el

sistema que conecta a las máquinas de producción de impresión y laminado y almacena el solvente recuperado, principalmente en estanques enterrados y de superficie con capacidades totales superiores a 100 m³.

II. INTRODUCCIÓN

El enfoque del estudio apunta principalmente a mencionar los efectos de los procesos industriales en la utilización de sustancias químicas peligrosas inflamables (1) y muy en particular al proceso de recuperación de solvente, a través de Unidades o Plantas recuperadoras de solvente, desde la captación de vapores condensados que, desde un inicio de las operaciones de la fabricación de envases flexibles y hasta el 2006, eran expulsados de manera deliberada a la atmósfera, provocando un aumento de compuestos orgánicos volátiles en la atmósfera con el consecuente impacto ambiental. El propósito de este estudio será también hacer visibles, tanto los efectos ambientales y el daño a la salud de las personas, trabajadores y personas en general, que cohabitan cercanos a estos centros de trabajo como también los avances en tecnología que aportan a mitigar los efectos de la contaminación medioambiental, con los consiguientes eventos por emergencias o potenciales desastres que estos procesos pueden provocar si existiesen fallas operacionales, de mantención o causados por desastres de origen natural. (2)

Actualmente en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, existen dos grandes empresas que operan dentro del mercado de la fabricación de envases flexibles, sumadas a otras empresas que se dedican a esta actividad comercial en una escala menor, contribuyendo al impacto en la región.

Dos de las primeras compañías, iniciaron sendos proyectos con el propósito de instalar en sus recintos, plantas recuperadoras de solventes (PRS) (Solvent Recovery Units (SRU) por sus siglas en inglés), donde más allá de la buena intención de disminuir el impacto ambiental que significaba liberar los vapores de solventes a la atmósfera y al entorno medio ambiental, el foco de tamaño inversión fue principalmente optimizar los procesos productivos, recuperando la materia prima de los procesos de impresión de envases flexibles.

En estas empresas, estas PRS o SRU, fueron instaladas hace más de 15 años en ambos recintos con un impacto mediático importante por el beneficio que provocaban a la industria y su principal proceso productivo como también en el medio ambiente, ante esta situación los organismos fiscalizadores en Chile y particularmente en la Región

Metropolitana de Santiago fueron incluyendo en sus programas de control medioambiental de la época y a través del tiempo, las acciones para controlar las emisiones al medio ambiente, especialmente los compuestos orgánicos volátiles (COV)

La definición de los Compuestos Orgánicos Volátiles (COV), de acuerdo con la base de datos de sustancias tóxicas y peligrosas RISCTOX, son contaminantes del aire y cuando se mezclan con óxidos de nitrógeno, reaccionan para formar ozono (a nivel del suelo o troposférico). La presencia de concentraciones elevadas de ozono, en el aire que respiramos es muy peligrosa. Los efectos en la salud de las personas a la exposición de ozono son muy diversos, destacando el daño a nivel de las vías respiratorias, con disminución de la función pulmonar y en el sistema nervioso central, entre otros síntomas a corto y largo plazo, dependiendo del grado de exposición. (10)

En los efectos sobre el medioambiente estos COV provocan distintas reacciones en la tropósfera y en la estratósfera, destacando la alteración de la función fotosintética de la vegetación, contribución del smog fotoquímico y el efecto invernadero.

Los COV se liberan en la combustión de combustibles y de otras sustancias químicas, donde se encuentran los solventes o disolventes, pinturas, adhesivos, plásticos entre otros productos utilizados en procesos industriales. Son COV todos aquellos hidrocarburos que se presentan en estado gaseoso a la temperatura ambiente normal o que son muy volátiles a dicha temperatura. Suelen presentar una cadena con un número de carbono inferior a doce y contienen otros elementos como oxígeno, flúor, cloro, bromo, azufre o nitrógeno. (11)

Dentro de estos compuestos orgánicos volátiles la presencia del solvente Acetato de etilo es la más importante, ya que es la sustancia química más utilizada en los procesos productivos de la fabricación de envases flexibles, el cual se utiliza durante el proceso de impresión de caracteres gráficos con tintas en base solvente, en las técnicas de impresión de rotograbado y flexografía incluyendo el proceso de laminado de sustratos derivados del polietileno.

Tabla 2 Composición Acetato de etilo (7)

COMPOSICION	
Formula Química	CH₃COOC₂H₅
Concentración	99.5%
Porcentaje por componentes	C: 54,53%
	H: 9,15%
	O: 36,32%
Peso molecular	88.11g/mol
Sinónimos	Acetato de Etilo, Éter Acético, Ester Acético, Ácido Acético, Etil Ester, Etil Etanoato, Acetoxietano, Etil Acético Ester.
Numero CAS del producto	141-78-6
Numero UN	UN 1173

Fuente: Hoja de datos de seguridad

Tabla 3 Identificación de los peligros

Clasificación según NCh 382 / NCh 2190 (1)	Clasificación según GHS (2)
INFLAMABLE	
	
Señal de Seguridad según NCh 1411/4	Clasificación específica
 <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p style="text-align: center; margin: 0;">CLASIFICACION DE RIESGOS</p> <p style="margin: 0;">0 = No especial</p> <p style="margin: 0;">1 = Ligero</p> <p style="margin: 0;">2 = Moderado</p> <p style="margin: 0;">3 = Severo</p> <p style="margin: 0;">4 = Extremo</p> <p style="text-align: center; margin: 0;">NORMA NFPA 1-3-0</p> </div>	Código Almacenaje Rojo: Inflamable 

Fuente: Hoja de datos de seguridad

(1) NCh: Norma Chilena

(2) GHS: Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos

III. PREGUNTA

¿Cómo reducir, a través de un sistema de gestión preventivo de respuesta ante emergencia de desastres industriales con sustancias químicas peligrosas por recuperación de solventes que potencialmente afecten poblaciones y el medio ambiente en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, en base a la historia y experiencia frente a desastres por incendios y de otros eventos de origen industrial con sustancias químicas peligrosas?

IV. OBJETIVOS

OBJETIVO PRINCIPAL:

Elaborar una propuesta de sistema de prevención y de respuesta a emergencias y desastres industriales químicos con solventes en zonas residenciales de la Región Metropolitana de Santiago de Chile.

Describir los procesos en la recuperación de solventes en la industria de fabricación de envases flexibles y sus efectos, con esto establecer un sistema de gestión preventivo y de respuesta ante emergencias de desastres industriales con sustancias químicas peligrosas, específicamente con solventes, utilizando el método de búsqueda científica y de datos históricos disponibles, esto debido a lo acotado del mercado que comprende esta actividad económica en Chile y donde además se observa que la planificación territorial permite establecer densas comunidades residenciales cercanos a estas instalaciones industriales.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

1. Describir los procesos de recuperación de solventes en la industria de fabricación de envases flexibles y sus efectos en Chile
2. Estudiar los antecedentes históricos de este tipo de emergencia en Chile y las características de este riesgo específico en la región metropolitana de Santiago.
3. Elaborar una propuesta de sistema de prevención y de respuesta a emergencias y desastres industriales químicos con solventes en zonas residenciales de la Región Metropolitana de Santiago de Chile

PLAN DE EMERGENCIAS. (Propuesta técnica)

**PLAN CONTROL DE EMERGENCIAS ANTE CONTINGENCIAS POR
OPERACIÓN DE PLANTAS DE RECUPERACIÓN DE SOLVENTES POR
REGENERACIÓN DE GAS INERTE**

COMUNA DE QUILICURA Y MAIPU

Elaborado por: NOMBRE: Alfonso Robles CARGO: Profesional GRD	Revisado Por: NOMBRE: Administrador Municipal CARGO: Profesional	Aprobado por: NOMBRE: Alcalde CARGO: Alcalde
<hr/> FIRMA Y TIMBRE	<hr/> FIRMA Y TIMBRE	<hr/> FIRMA Y TIMBRE
Fecha: 02 de enero 2024	Fecha:04 enero 2024	Fecha:06 enero 2024

Contenido

<u>1.</u>	<u>Introducción</u>	13
1.1.	<u>Vigencia del Plan de Contingencia</u>	14
1.2.	<u>Antecedentes Generales</u>	15
1.3.	<u>Objetivos</u>	15
1.3.1.	<u>Objetivo General</u>	15
1.3.2.	<u>Objetivos Específicos</u>	15
1.4.	<u>Cobertura y Amplitud</u>	16
1.5.	<u>Articulación con Otros Planes</u>	16
1.6.	<u>Alertamiento</u>	17
<u>2.</u>	<u>Identificación de Escenarios</u>	18
2.1.	<u>Ubicación Geográfica</u>	18
2.2.	<u>Identificación y Descripción de Escenarios</u>	20
<u>3.</u>	<u>Estrategia de Monitoreo</u>	21
3.1.	<u>Medios de Telecomunicación</u>	21
3.2.	<u>Fechas y horarios de monitoreo</u>	21
3.3.	<u>Reportes</u>	22
<u>4.</u>	<u>Estrategia de Respuesta</u>	23
4.1.	<u>Comunicación</u>	23
4.2.	<u>Coordinación</u>	23
<u>5.</u>	<u>Anexos</u>	25
5.1.	<u>Ficha de Enlaces (titulares - suplentes)</u>	25
5.2.	<u>Ficha de Turnos</u>	26
5.3.	<u>Planilla Para Consignar Recursos y Capacidades:</u>	27
5.4.	<u>Protocolos y Procedimientos Complementarios Vigentes</u>	28

1. Introducción

Las emergencias naturales, tecnológicas o sociales requieren de diferentes respuestas y organizaciones, estas dependerán de los factores que la generen y cómo influyen en el entorno, sin embargo, independiente de lo anterior se debe priorizar la protección de las personas, el menor daño al ambiente y un adecuado trabajo de minimización de consecuencias.

Este plan de emergencia se ha diseñado para las empresas ALUSA Chile S.A, y EDELPA S.A., debido a la operación de Plantas Recuperadoras de Solventes con regeneración de gas inerte, en consideración de lo establecido en el Decreto Supremo N°43/2016 “Reglamento de almacenamiento de sustancias peligrosas” del Ministerio de Salud. En la elaboración de este plan se han identificado los diferentes escenarios de emergencias que pueden desarrollarse en AF Santiago Norte, junto a esto se han definido roles que tendrán como actividad conformar la brigada de emergencias, la cual permitirá llegar al control de la emergencia por medio de las herramientas y personal adecuado. Para cada situación de emergencia establecida se han diseñado procedimientos que organizan las labores de los involucrados, permitiendo de esta forma un adecuado actuar de los equipos de respuesta a emergencias internos y externos. (8)

Finalmente, el presente plan genera la instancia de coordinación en caso de una emergencia mayor compleja en la zona y así dar respuesta en el menor tiempo posible a través del arribo de recursos con el método único y organización de autoridades y organismos técnicos en caso de que, la amenaza se extienda con proyección a centros o localidades pobladas.

1.1. Vigencia del Plan de Contingencia

Tabla 4 Vigencia del Plan

Inicio Vigencia		Término Vigencia	
Fecha	Hora	Fecha	Hora
01/01/2024	00:00	31/01/2025	23:59

Fuente: Plan Control de emergencias

No obstante, las fechas y horas indicadas, la activación del plan es posterior hacia el término del evento, dada la información estadística de la municipalidad respecto a las personas rezagadas en el lugar y la cantidad de tránsito de personas que genera una amenaza en la posible ocurrencia de una emergencia mayor o compleja en atención a la variable de Incendios Industriales.

1.2. Antecedentes Generales

Con ocasión de la operación de dos unidades de recuperación de solventes con regeneración de gas inerte, a través de sus departamentos de Seguridad, Salud Ocupacional y Medio ambiente se ha dispuesto la activación del siguiente plan de contingencia. Esta determinación se basa en atención a las implicancias de afectación a personas por hechos de diversas índoles que no permitan el normal desarrollo de las operaciones (cortes de suministros eléctricos, cortes parciales o totales de conectividad, incendios forestales, accidentes de tránsito, etc.,)

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

Coordinar las acciones pertinentes en caso de una emergencia derivada por incendios forestales en la comuna.

1.3.2. Objetivos Específicos

Realizar Monitoreos permanente en la comuna de
Coordinar y activar el COGRID comunal
Entregar información consolidada
Definir modelos de comunicación.
Articular roles en la emergencia.
Definir lugar de convocatoria

1.4. Cobertura y Amplitud

La cobertura es el sector industrial para las comunas de Quilicura y Maipú, que comprenden los recintos de ALUSA Chile y EDELPA, respectivamente, asimismo la amplitud es a través de los recursos escalonados desde la comuna, hacia la provincia y región de acuerdo con la proyección de la emergencia.

Los organismos del SINAPRED Comunal:

- Municipalidad
- Carabineros
- Salud Municipal
- CONAF
- Bomberos
- SENAPRED
- Gestión de Riesgo Provincial Delegación

1.5. Articulación con Otros Planes

La articulación del Plan se relaciona con:

- Plan Regional por Variable Incendios Estructurales del tipo industrial
- Plan Comunal por Variable Incendios Estructurales del tipo industrial
- Plan Regional de Emergencia
- Plan Comunal de Emergencia
- Instructivo COGRID (convocatoria y funcionamiento)

1.6.Alertamiento

Tabla 5 Alertamiento Sistema Nacional

Alerta Sistema Nacional de Protección Civil				Aplica	si	X	no	
Fecha Inicio Vigencia	Fecha Término Vigencia	Variable de Riesgo/ Evento	Tipo de Alerta			Cobertura		
			Temprana Preventiva	Amarilla	Roja	Regional	Provincial	Comunal
01/01/2024	31/12/2025	Emergencias relacionadas a la operación de plantas recuperadoras de solventes	X		X			X

Fuente: Plan Control de emergencias

Tabla 6 Alertamiento Organismos Técnicos

Alerta Organismo Técnico				
Fecha Inicio Vigencia	Fecha Término Vigencia	Organismo Técnico	Tipo de Alerta	Descripción
04/01/2023	13/01/2023	Bomberos de Chile	Alerta Roja	Emergencias químicas
06/01/2023	11/01/2023	Bomberos de Chile	Alerta Roja	Incendios industriales
06/01/2023	12/01/2023	SINAPRED	Alerta Temprana Preventiva	En consideración a este antecedente, que supone un aumento del riesgo asociado a la variable de emergencias químicas o incendios estructurales de origen industrial

Fuente: Plan Control de emergencias

2. Identificación de Escenarios

2.1. Ubicación Geográfica

Las ubicaciones geográficas se encuentran en:

ALUSA CHILE S.A.

Av. Pdte. Eduardo Frei Montalva 9160, Quilicura, Santiago, Región Metropolitana, Chile

Longitud $33^{\circ}20'44''\text{S}$ y latitud $70^{\circ}42'36''\text{W}$

Figura 1 Ubicación Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE S.A.



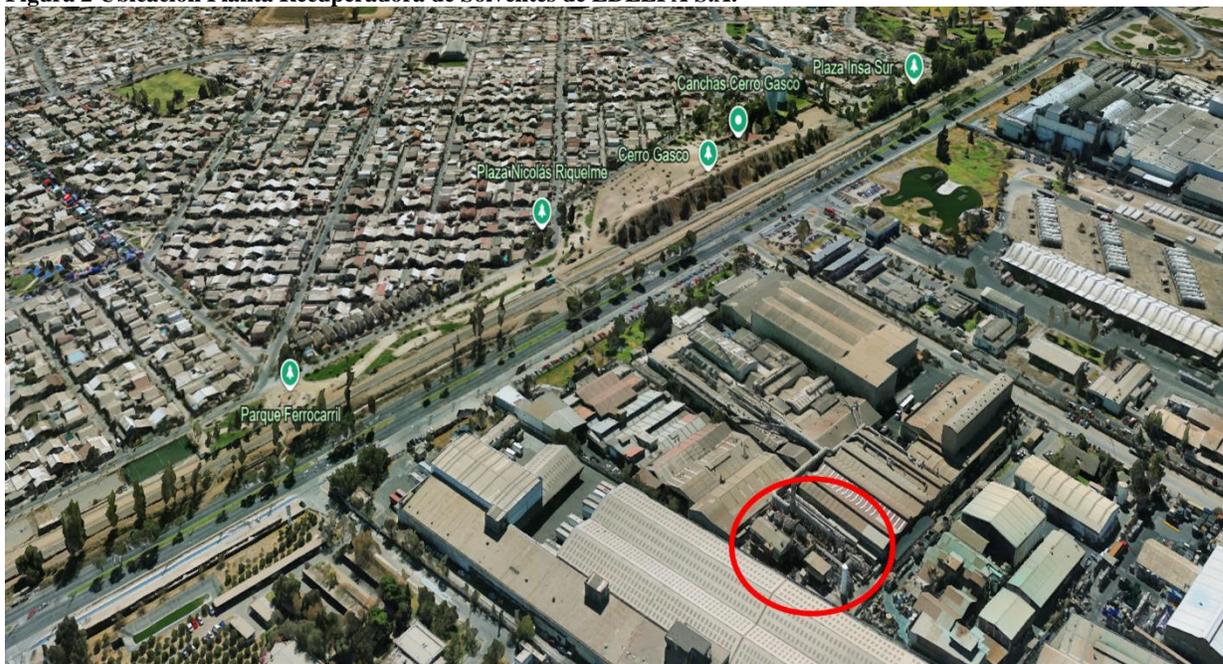
Fuente: Google Earth

EDELPA S.A.

Camino a Melipilla 13320, Maipú, Santiago, Región Metropolitana, Chile

Longitud 33°32'04"S y latitud 70°45'48"W

Figura 2 Ubicación Planta Recuperadora de Solventes de EDELPA S.A.



Fuente: Google Earth

2.2. Identificación y Descripción de Escenarios

Tabla 7 Identificación de escenarios

Escenario	Tipo de Amenaza	Descripción de la Amenaza	Efectos Potenciales		
			Nº aproximado de personas afectadas	Territorio afectado	Infraestructura crítica afectada
1	Antrópica	Emergencias Químicas con Materiales Peligrosos	+ 210.410	ALUSA Chile Sector Las Esteras, Quilicura	Autopista Central Ruta 5 Norte Población en general ABC Sector Ecológico protegido
2	Antrópica	Incendios Industriales	+ 10.000		
3	Antrópica	Emergencias Químicas	+ 521.627	EDELPA Sector Camino Melipilla Surponiente, Maipú	Ruta CH 76 Población en general Instalaciones industriales con almacenamiento de GLP, Petróleo, Explosivos
4	Antrópica	Incendios Industriales	+ 20.000		
5	Natural	Sismo	+ 1.000.000	Ambos territorios	Autopista Central Ruta 5 Norte Población en general ABC Sector Ecológico protegido Ruta CH 76 Instalaciones industriales con almacenamiento de GLP, Petróleo, Explosivos

Fuente: Plan Control de emergencias

3. Estrategia de Monitoreo

3.1. Medios de Telecomunicación

Tabla 8 Medios de telecomunicaciones

Organismo/ Institución	Medio de Telecomunicación								
	Telefonía			Sistemas Radiales				Telefonía Satelital	Correo Electrónico
	Red Fija	Celular	Línea Privada	VHF	UHF	HF ALE	HF VFO		
Municipalidad	x	x	x	x					x
Carabineros	x	x		x					x
Bomberos	x	x		x					x
Posta	x	x		x					x
MMA	x	x	x	x				x	x
SENAPRED	x	x	x	x	x	x		x	x
VIALIDAD	x	x		x					x

Tabla representativa medios de comunicación en contingencia

Fuente: Plan Control de emergencias

3.2. Fechas y horarios de monitoreo

Tabla 9 Fechas y horarios de monitoreo

N° Monitoreo	Fecha	Hora
1	04/01/2024	08:00
2	04/03/2024	20:00
3	05/06/2024	08:00
4	06/09/2024	20:00
5	06/12/2024	08:00
6	07/01/2025	20:00
7	07/03/2025	08:00
8	05/06/2025	08:00
9	06/09/2025	20:00
10	06/12/2025	08:00

Fuente: Plan Control de emergencias

3.3. Reportes

Se emitirán reportes hacia el SENAPRED como informe técnico con el siguiente formato:

REPORTE N° xxx

Cobertura: Comunas de

Fecha Evento: xx/01/2024.

Fecha Informe: xx/01/2024.

Hora del Informe: xx: xx horas.

INFORME DE INCIDENTE O EMERGENCIA

EMERGENCIAS QUIMICAS CON SUSTANCIAS PELIGROSAS / INCENDIO

ESTRUCTURAL DE ORIGEN INDUSTRIAL

DENOMINADO XXXXXXXX

RESUMEN DE LA SITUACIÓN:

Situación general que da origen a la emergencia

CURSOS DE ACCIÓN

Acciones desarrolladas y recursos destinados a la emergencia

Medios que se deben considerar para el informe técnico

- Medios de Telecomunicación.
- Horarios de monitoreo.
- Tipo de reportes (radial, telefónico, escrito).
- Afectación a personas.
- Afectación a infraestructura crítica.
- Afectación a servicios.

- Acciones para realizar por los involucrados, en el caso de suscitarse una emergencia en el marco de desarrollo del evento, si corresponde.

FUENTE:

- MUNICIPALIDAD DE QUILICURA – MAIPU (Según corresponda el lugar de la emergencia)
- COGRID
- SERVICIOS ABC DE LA EMERGENCIA
- OTROS

PARA:

DPTO PREVENCIÓN Y RESPUESTA ANTE DESASTRES MUNICIPAL

4. Estrategia de Respuesta

4.1.Comunicación

La Comunicación para las coordinaciones de emergencias se basará en el ABC Regional y Coordinación de Operaciones de Emergencias, por lo que se activarán las siguientes redes en caso de ser necesarios.

- a) CENTRAL MUNICIPAL (RED VHF DEL SERVICIO)
- b) BOMBEROS (RED VHF BOMBEROS)
- c) CENCO DE CARABINEROS (RED UHF – VHF)

4.2.Coordinación

El plan de contingencia se mantendrá vigente conforme a la fecha y horario enunciado en el punto 1.1. Asimismo, el personal mencionado en el presente plan de contingencia debe mantenerse ubicable y activado en caso de ser requerida algún antecedente o su convocatoria.

Asimismo, se mantendrán las coordinaciones entre en Centro de Alerta Temprana de SENAPRED y la Central de Comunicaciones de Bomberos y de Carabineros respectivamente, para el despliegue oportuno de recursos y monitoreo.

Lugar convocatoria: COGRID Comunal será en el salón municipal.

Comando de Incidente: será en terreno como comando unificado marcando los tres mandos en la emergencia.

5. Anexos

5.1 Ficha de Enlaces (titulares - suplentes)

Tabla 10 Ficha de enlaces de titulares

Ficha de Enlaces - Titulares						Fecha de Actualización: 04/0102024	
N°	Nombre	Organismo/ Institución	Cargo	Correo electrónico (institucional/Secundario)	Teléfono Celular 1	Teléfono Celular 2	Teléfono satelital (si aplica)
1	xxxx	Municipalidad	Administrador (Titular)	xxxxxxx@xxx.cl	+5697777777	+5698888888	88 88 88 88888
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							

Fuente: Plan Control de emergencias

Tabla 11 Fichas de enlaces de suplentes

Ficha de Enlaces – Suplentes						Fecha de Actualización: 04/0102024	
N°	Nombre	Organismo/ Institución	Cargo	Correo electrónico (institucional/Secundario)	Teléfono Celular 1	Teléfono Celular 2	Teléfono satelital (si aplica)
1	xxxx	Municipalidad	Administrador (Titular)	xxxxxxx@xxx.cl	+5697777777	+5698888888	88 88 88 88888
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							

Fuente: Plan Control de emergencias

5.2 Ficha de Turnos¹

Tabla 12 Fichas de turnos

Ficha de Turnos					
Tipo de Turno		Normal/Habitual	X	Extraordinario	
		Diurno	X	Nocturno	
Nombre	Función	Horario		Fecha	
xxxxxx	Monitoreo	08:00 – 20:00		04/01/20xx	
xxxxxx	Monitoreo	20:00 – 08:00		04/01/20xx	

Fuente: Plan Control de emergencias

Tabla 13 Fichas de turnos en alerta

Ficha de Turnos – En Alerta (al llamado)			
Nombre	Función	Horario	Fecha
xxxxx	Jefe de Gabinete alcalde	08:00 - 20:00	04/01/2023
xxxxx	Jefe de Obras	08:00 – 20:00	04/01/2023

Fuente: Plan Control de emergencias

Tabla 14 Fichas Contacto permanente

Ficha – Contacto Permanente					
Nombre	Función	Teléfono Celular 1	Teléfono Celular 2	Teléfono Satelital (si aplica)	Correo Electrónico
xxxxx	Alcalde	+56911111111	+56922222222	No aplica	alcalde@xxxxxx.cl.

Fuente: Plan Control de emergencias

¹ Aplica sólo para organismos o instituciones que posean un sistema de turnos. Por ejemplo: Centro Regional de Alerta Temprana cuenta con operadores y personal (profesionales, administrativos, etc.) de turno.

5.3. Planilla Para Consignar Recursos y Capacidades:

Tabla 15 Planilla recursos y capacidades

Organismo/ Institución	Tipo Organismo/ Institución ²	Categoría ³	Tipo de recurso o capacidad ⁴	Descripción del recurso o capacidad ⁵	Cantidad	Disponibilidad (horario y fecha)
Municipalidad	Público	Transporte	Camioneta 4x4	Vehículo equipado con Radio y estanke de agua	2	04/10/2024 13/10/2024
SENAPRED	Público	Transporte	Camioneta 4x4	Personal profesional	4	04/10/2024 13/10/2024
Municipalidad	Público	Maquinaria	Camión aljibe	Maquinaria con operador disponible operación 24 horas con turnos de 12 horas de operadores	3	04/10/2024 13/10/2024
Bomberos	Público	Transporte	Vehículos de emergencia	Vehículos de transporte	2	Permanente
Carabineros	Público	Transporte	Vehículo policial	Vehículos de transporte	2	Disponible
EMPRESA	Privado	Equipos	Sistemas Contraincendios	Equipos y máquinas	1	Permanente
EMPRESA	Privado	Brigada de Combate de Incendios	Personal disponible primera respuesta	Personal disponible operación 24 horas con turnos de 12 horas	5	Permanente

Fuente: Plan Control de emergencias

² Corresponde a la diferenciación del organismo o institución en: público, privado, de voluntariado u otro.

³ Corresponde a la clasificación del recurso o capacidad, por ejemplo: recurso humano, telecomunicaciones, transporte, equipos y herramientas, maquinaria, transporte, etc.

⁴ Corresponde a la especificación de la categoría, por ejemplo: para el caso de la maquinaria esta podría ser retroexcavadora, cargador frontal, etc.

⁵ Corresponde a la explicación detallada del recurso o capacidad consignado en la planilla.

5.4. Protocolos y Procedimientos Complementarios Vigentes.

Tabla 16 Protocolos y procedimientos complementarios

Protocolos y Procedimientos Complementarios Vigentes					
N°	Tipo ⁶	Institución(es)/ Organismo (s)	Fecha	Nivel ⁷	Descripción
1	Convenio	SENAPRED-Municipalidad	06/07/2021	Comunal	Roles y funciones en la Emergencia
2	Protocolo de cooperación	SENAPRED-Bomberos de Chile	18/07/2019	Nacional	Restablecimiento de recursos ocupados en Incendios Industriales
3	Plan de Emergencia	Municipalidad	23/09/2020	Comunal	Roles y funciones en la Emergencia comunal
4	Plan de Emergencia por variable de Incendios Industriales	Municipalidad	23/10/2019	Comunal	Roles, coordinación y funciones en la Emergencia comunal por amenaza de Incendios Industriales

Fuente: Plan Control de emergencias

⁶ Especificar si corresponde a un protocolo o procedimiento

⁷ Especificar si corresponde a un nivel nacional, regional, provincial y/o Comunal

V. MATERIALES Y MÉTODOS

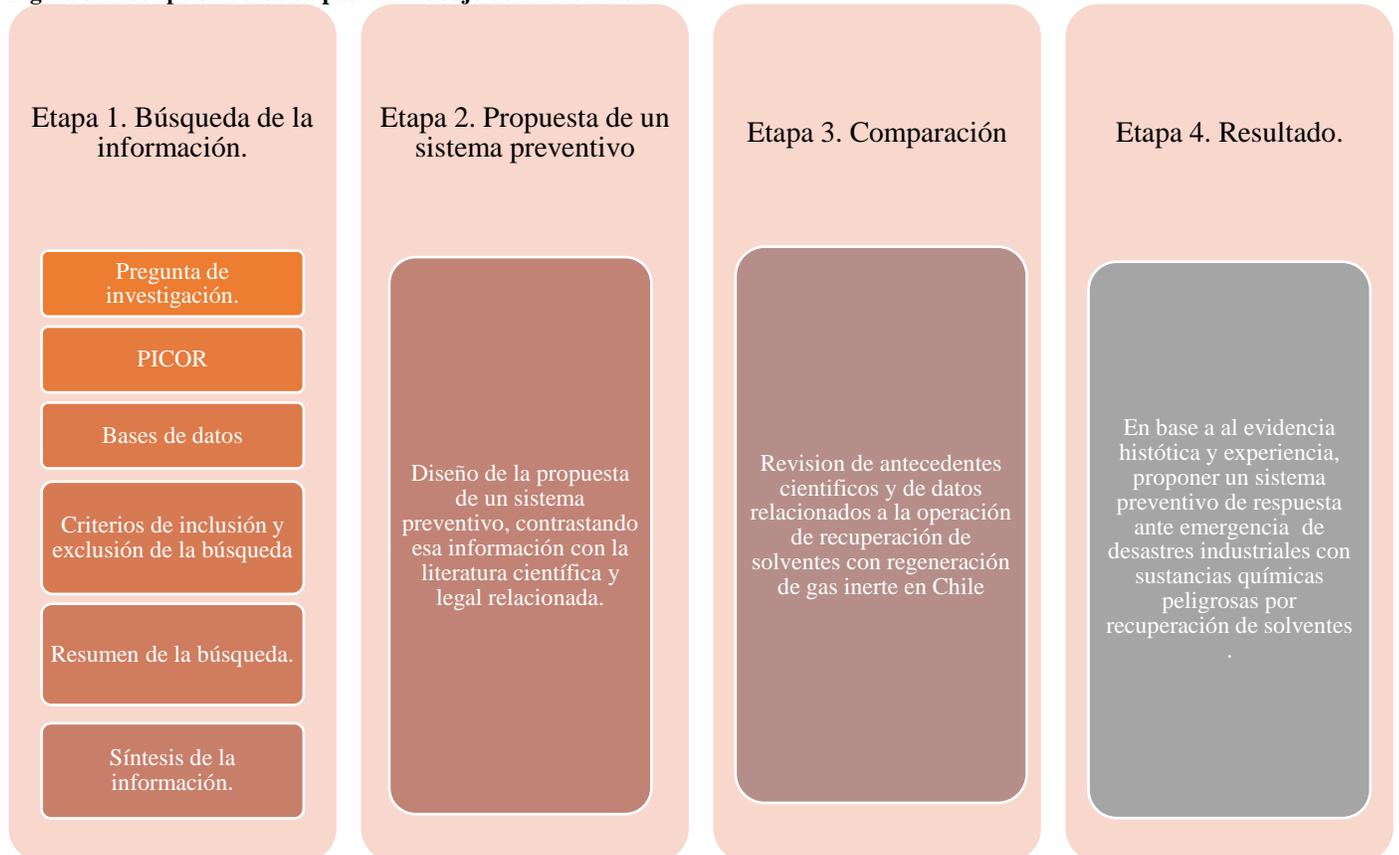
¿Qué se hará?

¿Cómo reducir, a través de un sistema preventivo general, en el desarrollo de los proyectos industriales y de respuesta ante emergencias, los desastres industriales donde se encuentren operaciones con involucran la recuperación de altos volúmenes de solventes y que afecten poblaciones y el medio ambiente en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, en base a la historia y experiencia frente a desastres de incendios y/o eventos de origen industrial con sustancias químicas peligrosas?

Etapas que comprende el Trabajo de Fin de Máster

El trabajo comprende cuatro etapas:

Figura 3 Descripción de las etapas del Trabajo de Fin de Máster



Fuente: Elaboración propia

Etapa 1: Etapa de búsqueda.

Búsqueda de literatura

a) Pregunta de investigación.

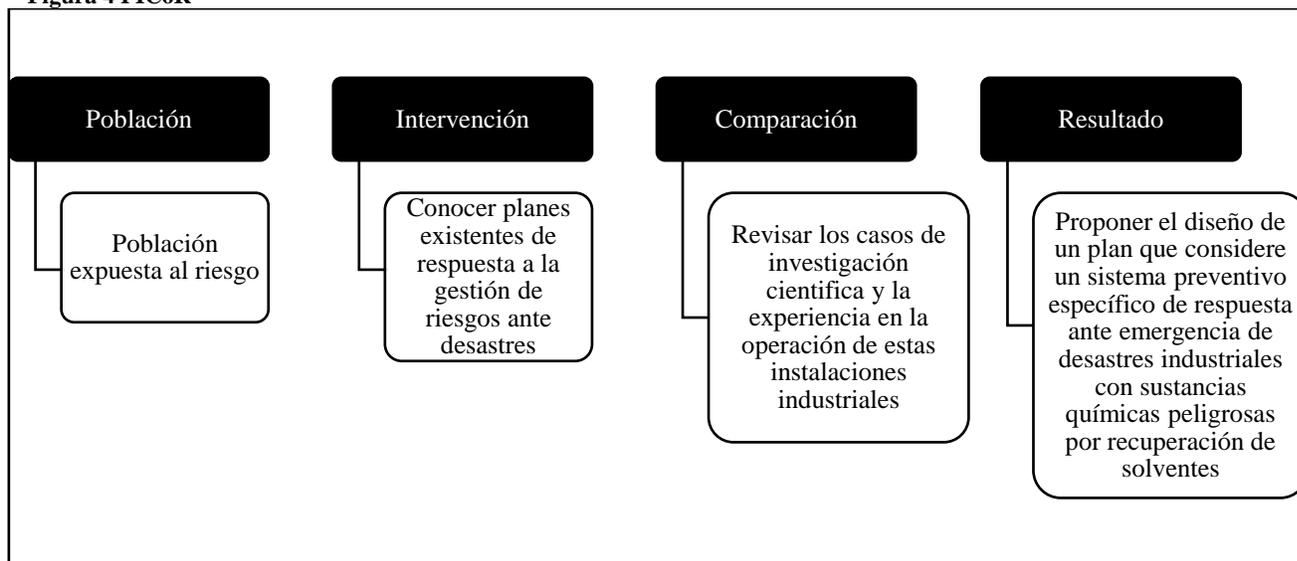
¿Qué evidencia científica y legal debe contener una propuesta de un sistema preventivo de respuesta ante emergencia de desastres industriales con sustancias químicas peligrosas por recuperación de solventes?

Considerar el nuevo marco legal y normativo, en especial la Ley 21364 del 2021, que establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituye la oficina nacional de emergencia por el servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres.

De igual forma para el desarrollo de una propuesta de sistema preventivo de respuesta ante emergencia de desastres industriales con sustancias químicas peligrosas por recuperación de solventes, se deberá considerar la Política Nacional chilena en gestión de riesgos de desastres 2020-2030, promulgada a través del Decreto 434 de 2021.

b) PICOR

Figura 4 PICoR



Fuente: Elaboración propia

c) Bases de datos

Principales plataformas de bases de datos científicos

- PubMed
- WOS

Plataforma de búsqueda de aspectos legales

- Biblioteca del Congreso Nacional de Chile

d) Criterios de inclusión y exclusión de la búsqueda

Criterios de inclusión:

- Textos completos
- Rango de fechas más recientes (20 Años)

- Marcos legales vigentes en Chile
- Leyes promulgadas vigentes
- Búsqueda de aspectos legales de plataformas oficiales.

Criterios de exclusión

- Artículos que superen los 20 años de publicación
- Publicaciones técnicas que no consideren el riesgo de desastre industrial con sustancias químicas peligrosas.
- Publicaciones científicas que no se relacionen a la gestión y respuesta ante desastres industriales.
- Proyectos de leyes.

Descriptores de búsqueda

Tabla 17 Construcción de términos

#	Eje temático	Posibles términos (español)	Posibles términos (inglés)	Términos Mesh/Decs
1	Emergencias Desastres químicos industriales	Emergencias Desastres Industria Química Solventes	Emergencias Disasters Industrials Chemical Solvents	((("emergencias") AND "disasters") AND solvents) AND chemical industry

Fuente: Elaboración propia

Ecuación de búsqueda final: (((emergencias) AND (disasters)) AND (solvents)) AND (chemical industry)

e) Resumen de la búsqueda.

Tabla 18 Síntesis de búsqueda

Bases de datos	Cadena de búsqueda	Filtros de la información	Descriptores	Resultados
PUBMED	(emergencias) AND (disasters) AND (solvents) AND (chemical industry)	Texto completo, fecha de publicación 20 años (2004 a 2024).	Emergencias Desastres Industria química solventes	4
WOS	Solvents (All Fields) and chemical industry (All Fields) and disasters (All Fields)	Todos los campos	Solventes Industria química Desastres	9

Fuente: Elaboración propia

f) Síntesis de la información

De la síntesis de resultados se obtendrá la información más relacionada a las emergencias por desastres en la industria química y en específico con manejo de solventes.

En base a los casos señalados en los artículos científicos se seleccionarán aquellos antecedentes que permitan mostrar un contexto relacionado a las emergencias por desastres de origen industrial con manejo de sustancias químicas peligrosas específicamente con solventes

Tabla 19 Síntesis de resultados en bases de datos científicos

Bases de datos	Resultados	Artículos seleccionados
Pubmed	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Hospital Impact After a Chemical Spill That Compromised the Potable Water Supply: West Virginia, January 2014 (15) ➤ The Rhine red, the fish dead-the 1986 Schweizerhalle disaster, a retrospect and long-term impact assessment (16)
WOS	2	<ul style="list-style-type: none"> ➤ A Systematic Study of Geographical, Temporal, and Industrial Effects on VOC Background (17) ➤ Simulation and modelling study of a chemical absorption plant to evaluate capture effectiveness when treating high CO₂ content iron and steel industry emissions (18)

Fuente: Elaboración propia

Tabla 20 Búsqueda de normativa legal

Bases de datos	Cadena de búsqueda	Filtros de la información	Descriptor	Síntesis de artículos	Resultados
Biblioteca del Congreso Nacional	Ley 21364 establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituye la oficina nacional de emergencia por el servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres.	Sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres	Gestión de respuestas ante riesgo de desastres	➤ Establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituye la oficina nacional de emergencia por el servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres.	1
	Decreto 434 aprueba política nacional para la reducción del riesgo de desastres 2020-2030	Política nacional para la RRD	Política nacional para la RRD	➤ Aprueba política nacional para la reducción del riesgo de desastres 2020-2030.	1

Fuente: Elaboración propia

Etapa 2: Desarrollo de contenidos.

Descripción de Proceso de Recuperación de Solventes por Destilación

El proceso de recuperación de solventes depende fundamentalmente de un circuito cerrado y controlado de manera automatizada, con una serie de componentes mecánicos y electrónicos que permiten activar el sistema para la succión de los vapores a través de dispositivos de extracción que capturan los vapores que emanan del proceso de producción desde distintas fuentes donde los vapores son conducidos por una red de tuberías que centralizadas en un ducto principal, los conecta hacia la planta recuperadora, pasando por las seis etapas que componen el proceso. (21)

En resumen, la materia prima que permite el funcionamiento de estas unidades recuperadoras es el aire saturado con solventes generados de los procesos productivos en caudales en torno a 150.000 m³ N/hr.

Para el caso de la producción de envases flexibles, los solventes utilizados en los procesos de impresión son el acetato de etilo y alcohol isopropílico, donde además las tintas que se emplean contienen aditivos como el N-propilo, etanol y N-propanol, además de

retardantes como dowlanol-1 y metoxi 2 propanol. Todas las sustancias se evaporan junto a los solventes de dilución.

Principio de operación de la planta recuperadora

La recuperación de solventes con regeneración de gas inerte (nitrógeno), es adecuado para solventes solubles en agua, debido a que la recuperación se realiza por condensación de la sustancia química. (23)

El ciclo de funcionamiento de esta tecnología comprende las siguientes etapas:

1. Pretratamiento y aspiración:

El aire cargado de disolventes procedente del ciclo de producción y aspirado a través de los ventiladores principales debe filtrarse primero para eliminar los sólidos presentes, mediante la instalación de un sistema filtrante adecuado. La regulación del caudal de aire aspirado por la instalación se gestiona normalmente mediante inversores situados en los ventiladores principales, que a su vez son controlados por un regulador de presión situado aguas arriba de la instalación: este sistema permite un importante ahorro de energía eléctrica en caso de un caudal de aire inferior al de diseño. A continuación, una unidad de enfriamiento lleva el aire a una temperatura adecuada para la adsorción, por debajo de los 60 °C, ya que el fenómeno se ve favorecido a bajas temperaturas. La temperatura es solo uno de los parámetros que hay que evaluar, de igual forma se debe prestar atención a la humedad de la emisión: por rangos sobre el 60/70 %, si la cantidad de agua adsorbida por el carbón aumenta exponencialmente, reduciendo así la eficacia del proceso y provocando una falla en la operación del proceso.

2. Adsorción:

Se hace fluir el aire contaminado en unos adsorbedores especiales, en los que un lecho fijo de carbón activado retiene el disolvente; luego, el aire purificado puede descargarse a la atmósfera a través de la chimenea. Cada instalación tiene varios adsorbedores que funcionan en paralelo. Cada uno de ellos se mantiene en la fase de adsorción hasta que la concentración de COT (Carbono Orgánico Total) en la salida alcanza el valor límite establecido; una vez alcanzado este valor, el adsorbedor saturado pasa a la fase de regeneración. El uso de un analizador específico para controlar la concentración de COT

permite optimizar automáticamente el funcionamiento de la instalación, activando la regeneración solo cuando se alcanza el límite de la chimenea; esto permite minimizar el consumo en función de la carga real de entrada de disolventes.

3. Inertización

Cuando se alcanza la saturación de carbono, se intercepta el adsorbedor y se inertiza con nitrógeno (para evitar el riesgo de formación de una atmósfera explosiva). Esta fase continúa hasta que el contenido de oxígeno alcanza un valor suficientemente inferior al LEL de la mezcla.

4. Regeneración

Una vez alcanzado un contenido de oxígeno suficientemente bajo, el adsorbedor se somete a una regeneración, durante la cual el nitrógeno se mantiene en circulación en un circuito especial. Una batería específica situada aguas arriba del adsorbedor, alimentada con aceite diatérmico, permite calentarlo a unos 200 °C. Así, el gas a alta temperatura es capaz de eliminar el disolvente del carbón activado, dejándolo de nuevo disponible para el siguiente paso de adsorción. A continuación, el disolvente que contiene nitrógeno se enfría en una batería de refrigeración, alimentado con agua de la torre. Cuando la concentración de disolvente en el circuito, controlada con un analizador especial, alcanza un valor preestablecido, comienza la condensación del disolvente en una segunda batería alimentada con agua refrigerada.

Dos baterías situadas antes y después de la batería de condensación, alimentadas con agua glicolada en un circuito cerrado, permiten una importante recuperación de calor en la unidad. El disolvente recuperado puede entonces transferirse a almacenamiento intermedio, para ser enviado a las secciones posteriores de deshidratación y destilación, según sea necesario.

5. Deshidratación

a. Condensación

El primer paso para reducir el contenido de agua en el disolvente aprovecha el hecho de que, durante la fase de calentamiento del carbón, el agua se libera antes que el propio disolvente, en periodos solo parcialmente superpuestos. Por lo tanto, es posible

condensar una gran parte del agua en una batería dedicada, para luego volver a evaporarla y alimentar el flujo de entrada de la instalación de recuperación.

Este sistema permite obtener, en la batería principal de condensación, un disolvente con un contenido de humedad del 1/1,5 %, asegurando así unas condiciones óptimas de funcionamiento para el posterior sistema de deshidratación por tamiz molecular.

b. Tamiz molecular

La segunda etapa de la deshidratación del disolvente se realiza normalmente por adsorción del agua en un tamiz molecular, en la fase líquida.

El disolvente condensado (húmedo) se introduce en un adsorbedor que retiene selectivamente el agua, garantizando así la producción de disolvente (seco) con un contenido de agua inferior al 0,5 %. Esta unidad se regenera periódicamente con un flujo de gas caliente, utilizando el mismo circuito de regeneración que el carbón o un circuito específico. Gracias a la implementación de la batería de condensación de agua descrita en el punto anterior, es posible garantizar un importante ahorro energético asociado a la menor frecuencia de regeneración de esta unidad.

6. Destilación

En el caso (frecuente) de que la instalación recupere una mezcla de disolventes, puede ser necesario prever una sección de destilación para los propios disolventes, con el fin de separarlos entre sí y eliminar cualquier impureza. Esta unidad se diseña siempre pensando en el caso concreto, para optimizar su rendimiento y garantizar la mejor relación coste-beneficio.

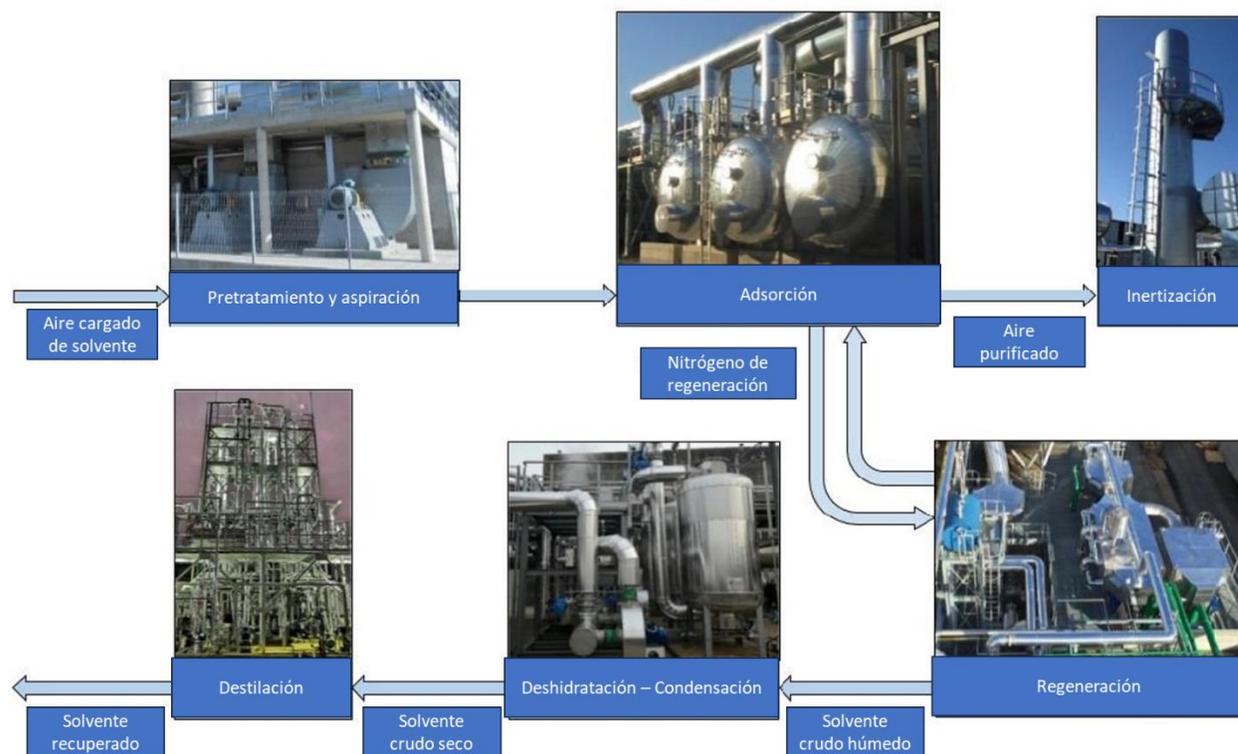
Esta tecnología incluye las siguientes posibilidades:

- Funcionamiento por lotes o continuo.
- Una sola columna o varias columnas en serie, que funcionan a diferentes presiones.
- Implementación de recuperación de calor.

La impresión de soportes con tintas con base de disolvente se utiliza para la producción de plástico, papel o materiales laminados utilizados en la industria de la conversión para crear embalajes flexibles. Las tintas pueden aplicarse a sustratos flexibles mediante

procesos de huecograbado, flexografía o lacado. Cada uno de estos procesos incluye una o varias secciones de secado, en las que los disolventes utilizados para la aplicación de las tintas se evaporan en un flujo de aire de secado que se emite a la atmósfera mediante instalaciones de ventilación especiales. Por lo tanto, las emisiones en la atmósfera contienen Compuestos Orgánicos Volátiles (C.O.V.), que causan molestias de olor y contaminación ambiental. En los procesos de secado, el aire de secado se calienta, a menudo utilizando aceite diatérmico como fluido de transferencia de calor.

Figura 5 Ciclo del proceso de recuperación



Fuente: Recuperación de solventes por destilación. Brofind (20)

Una vez realizado es proceso de destilado del solvente recuperado se obtienen las sustancias que se indican a continuación, las cuales son almacenadas en estanques enterrados para distribuir al área de producción o para disposición final.

Características de las emisiones atmosféricas

El proceso productivo de la fabricación de envases flexibles, periódicamente se genera solvente proveniente de las distintas áreas de impresión y laminación, por lo que las

unidades de Recuperación de Solventes, captan las emisiones de solvente que se van hacia la atmósfera, conocidos como Compuestos Orgánicos Volátiles (COV) y posteriormente es destilado para su reutilización en el proceso productivo, cumpliendo con un porcentaje de eficiencia lo que ayuda a reducir emisiones contaminantes a la atmósfera. (24)

Tabla 21 Emisiones atmosféricas

Compuesto /Solvente	Rango de composición (% peso)
Acetato de etilo	84
Alcohol etílico	5,7
Alcohol isopropílico (IPA)	3,7
N Acetato propilo + N propanol	4,5
Dowanol	1,8
Metil etil cetona (MEK)	0,3

Fuente: Donau Carbon SpA (22)

Las emisiones atmosféricas de los proceso de conversión tienen las siguientes características:

Tabla 22 Emisiones atmosféricas del proceso de conversión

VARIABLE	CARACTERÍSTICAS
Temperatura	40-70°C, dependiendo del soporte utilizado y de la temperatura de secado requerida
Presencia de compuestos orgánicos volátiles (C.O.V.)	Alcoholes y ésteres
Caudales de aire emitido	Muy variable, dependiendo del número de máquinas de producción instaladas, el ancho de impresión y el número de unidades de impresión de cada máquina
Concentración de compuestos orgánicos volátiles (C.O.V.)	Alta, debido a la presencia de sistemas de recirculación y a la concentración de contaminantes en la maquinaria de producción
Ciclo de funcionamiento	En varios turnos diarios

Fuente: Reacción de combustión. Brofind

Etapa 3: Comparación

En el diseño del estudio, podemos comparar la información obtenida de los casos de investigación desde las bases de datos científicas que mencionan la importancia de desarrollar estrategias a través de planes que reconozcan la importancia de la prevención de desastres ante emergencias que genere la operación industrial con sustancias químicas peligrosas, en particular con solventes, más aun considerando los impactos que provoca una

emergencia en los aspectos humanos y medioambientales, tal como lo demuestran los artículos seleccionados que señalan los efectos negativos que resultan de un desastre inicial ya sea por un incendio de un almacén que posteriormente provoca una contaminación en la atmosfera y en el rio Rin en Suiza (16) o de cómo un derrame químico compromete el suministro de agua en Virginia occidental en Estados Unidos, afectando las operaciones hospitalarias del lugar. (15)

Si tomamos en cuenta la actual legislación en Chile, la prevención y la respuesta ante el riesgo de desastre en estas situaciones, busca preparar de manera oportuna a través de un sistema que permita la administración de los recursos necesarios para enfrentar situaciones en que, a pesar de que las medidas sean adoptadas de manera temprana, éstos sean administrados de forma correcta y suficiente para contener, mitigar y controlar eficientemente el desastre, minimizando los efectos nocivos por la exposición a sustancias químicas peligrosas, en estos casos sustancias inflamables como son los solventes, que si bien en las operaciones industriales de recuperación de los vapores con gases inertes, se busca evitar la contaminación atmosférica, se adiciona el riesgo de aumentar los volúmenes dentro de un recinto industrial, aumentando por consecuencia los riesgos asociados a la operación en la recuperación y almacenamiento de solventes para la reutilización en los procesos productivos.

En este sentido es importante conocer el proceso de recuperación de solventes con gases inertes y cada una de las etapas que comprende este proceso, de manera de tener presente en la estrategia, ya sea preventiva o frente a la emergencia como entregar una respuesta adecuada y oportuna en una fase incipiente de la emergencia evitando con esto que un desastre mayor se declare, afectando el entorno, la geografía del lugar, los recursos naturales y las potenciales víctimas humanas que pueden verse involucradas y que de alguna forma u otra, se relacionen a los sectores industriales donde están emplazados estos recintos o donde a futuro se defina el emplazamiento de este tipo de infraestructuras que contengan estos procesos.

Si bien, hasta hoy estos recintos con este tipo de plantas recuperadoras, son pocos en el contexto industrial local, actualmente la tecnología a migrado a reducir las dimensiones de este tipo de instalaciones, pero conservando el potencial de riesgo debido a

que los volúmenes de solventes y de otras sustancias químicas inflamables propias del proceso, se mantienen constantes e incluso pueden aumentar, considerando la rentabilidad que representan los procesos de recuperación, considerando los importantes resultados en la productividad de estos procesos industriales.

Con este objetivo es fundamental que, en los planes de gestión de respuesta ante el riesgo de emergencias y desastres, sean incorporados todos los actores de la sociedad que de alguna forma u otra tengan relación con la estrategia preventiva y planificación frente a la emergencia, generando una línea de comunicación permanente con un alto grado involucramiento para mantener vigentes los planes de control de riesgos y por supuesto siempre preparados para enfrentar la emergencia.

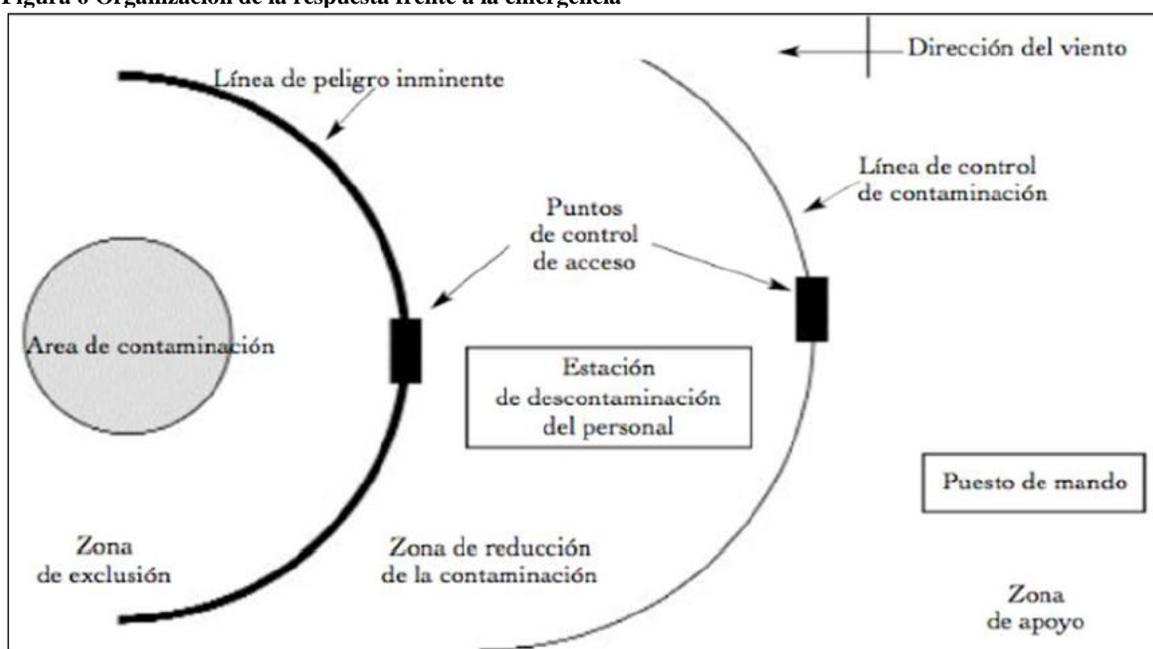
Etapa 4: Resultados

En resumen y atendiendo la información obtenida, entendiendo la importancia de establecer un sistema de gestión preventivo de respuesta ante emergencia de desastres industriales con sustancias químicas peligrosas por recuperación de solventes que potencialmente afecten poblaciones y el medio ambiente en la Región Metropolitana de Santiago de Chile, en base a la historia y experiencia frente a desastres por incendios y de otros eventos de origen industrial con sustancias químicas peligrosas, como resultado de este estudio es posible señalar la necesidad de conocer todos los procesos industriales que se desarrollan a nivel territorial, en especial los que comprenden las operaciones con sustancias químicas peligrosas y muy en específico aquellos que utilicen sustancias inflamables como son los solventes y la recuperación de éstos.

En este sentido es posible destacar estudios técnicos realizados por entidades privadas y públicas que buscan realizar un análisis de eventos y determinar las acciones correctas frente a la gestión de emergencias con sustancias químicas, de esta manera permitir que se establezcan las estrategias para enfrentar la emergencias en su etapa temprana, evitando que los efectos se propaguen más allá de los radios identificados inicialmente desde los puntos de origen de la emergencia. Es por esto último que es tan relevante que las empresas dueñas de estos procesos sean responsables de este tipo de operaciones y consideren seriamente la variable de riesgo de materiales químicos

peligrosos, de manera de establecer un contexto del desarrollo de las acciones de respuesta por parte de los organismos técnicos y de primera respuesta, donde el proceso de evacuación debe contemplar la organización de la respuesta que establece la definición del puesto de mando como un lugar de facilitación operativa, al cual deben concurrir los recursos y recibir instrucciones sobre tareas y/o actividades a desarrollar en el área afectada. Debe corresponder a un lugar seguro, que se debe encontrar a una distancia que no intervenga las acciones de respuesta en zona segura, fuera de la zona de influencia directa o potencial del material peligroso.

Figura 6 Organización de la respuesta frente a la emergencia



Fuente: Plan específico de emergencia por variable de riesgo – Materiales peligrosos

En Chile no se han registrado emergencias o desastres significativo que hayan involucrado a la población cercana a estas instalaciones industriales y durante el desarrollo de este trabajo no se identificaron situaciones destacadas que afectan al entorno inmediato a la ubicación de una de estas Plantas Recuperadora de Solventes, esto considerando el nivel de tecnología que opera en estos recintos, el cual es principalmente automatizado, consistente en un sinnúmero de sensores y cámaras que, además del control humano, monitorean constantemente el recinto, alertando de fallas operacionales o de atención para

evitar perjudicar los procesos productivos del cual depende en su mayoría la fase de recuperación de solventes.

Sin embargo y pese al control descrito, el potencial de ocurrencia de desastres y emergencias que podrían afectar a sectores residenciales, naturales, públicos o de incluso otras instalaciones industriales es muy alto, principalmente por la manipulación durante el proceso de altos volúmenes de sustancias químicas inflamables que, ante la sola presencia de elementos que aporten fuego, desatarían una emergencia que involucraría la concurrencia masiva y gestión de los distintos organismos de emergencia de la Región Metropolitana de Santiago a estos recintos industriales.

Este potencial de ocurrencia de la emergencia, esta fundamentalmente basado en los estándares de operación y mantención de estas unidades, las cuales requieren un permanente control de todos los dispositivos que componen estos sistemas, desde la captación de los vapores, el traslado de estos, a través de extensos tramos de tuberías a lo largo de todo el recinto industrial, uniendo principalmente las áreas de producción con la planta de recuperación de solventes, la captación y procesos de condensación y almacenamiento en estanques, pasando por las etapas de filtrado y separación de las sustancias químicas que se producen, hasta el almacenamiento y retorno de los solventes recuperados nuevamente a la operación productiva.

Actualmente los entornos que rodean estas instalaciones industriales son muy diversos, en muchos de estos casos nos encontramos con sectores principalmente industrializados, pero tal como ya se ha comentado anteriormente, en algunos casos, estos sectores industriales comparten territorio con sectores residenciales densamente habitados por los propios trabajadores de aquellas empresas o incluso un tipo de población en general que llega a habitar a estos lugares. Mención aparte es el caso de uno de los dos principales recintos que poseen estas unidades recuperadoras de solventes, que está enclavada en una zona que involucra un sector de protección medio ambiental en el sector de Quilicura donde se encuentra un humedal con una importante flora y fauna nativa y endémica, la cual se vería afectada ante la contaminación del afluyente que alimenta el humedal y que atraviesa cercano al recinto de una de estas instalaciones la cual es una de las más importantes a nivel latinoamericano.

En las imágenes que se muestran a continuación se muestra el tipo de instalaciones con su infraestructura y el emplazamiento geográfico que ubica estos recintos industriales en el territorio que impacta directamente, con la operación de estas unidades de recuperación de solventes.

Figura 7 Fotografía de Planta Recuperadora de Solventes de Envases del Pacífico (EDELPA)



Fuente: www.edelpa.cl

Figura 8 Ubicación satelital de la Planta Recuperadora de Solventes de EDELPA



Fuente: [Google.com/maps/place](https://www.google.com/maps/place)

Figura 9 Fotografía de Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE



Fuente: www.amcor.com

Figura 10 Ubicación satelital de la Planta Recuperadora de Solventes de ALUSA CHILE

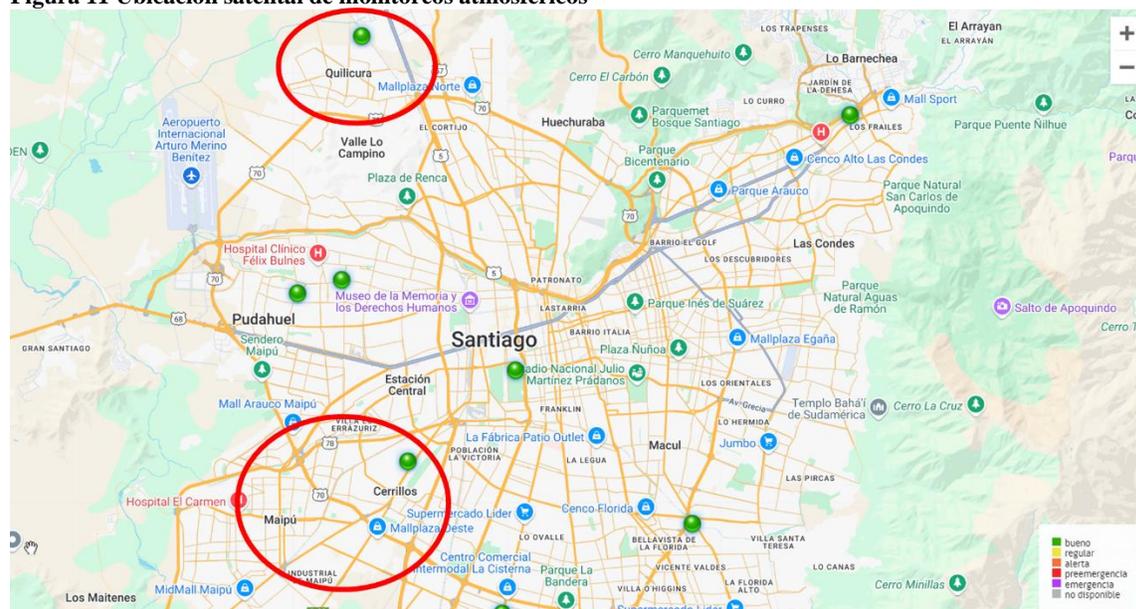


Fuente: [Google.com/maps/place](https://www.google.com/maps/place)

Antes de esta condición, los contaminantes producidos en los procesos de producción de envases flexibles, iban directamente a la atmósfera, generando una afectación, que hasta el día de hoy no se ha logrado investigar adecuadamente por el grado de contaminación atmosférica provocado en aquella época, ni mucho menos si existieron niveles de contaminación importante en los suelos o en las aguas, efluente o subterráneas del terreno, considerando la acción que provocan los solventes al permear las capas de suelo. Si bien los efectos podrían ser visibles de cierta manera, hoy en día no se han identificado las causas ni cuantificado correctamente los efectos de esta contaminación en las población, especialmente en la que habita en las cercanías de estos recintos industriales.

Si bien, actualmente los niveles de emisiones contaminantes a la atmósfera están controlados, principalmente por los controles automatizados de estos sistemas y por el monitoreo ambiental anual, obligatorio por la legislación chilena y que fiscaliza la Autoridad Sanitaria del Ministerio de Salud y el Ministerio de Medio ambiente en simultáneo, hace algunas décadas atrás estos controles no eran tan robustos como lo son actualmente y hasta aproximadamente entre los años 2008 y 2010, cuando recién se instalaron las plantas recuperadoras de solventes más importantes a nivel latinoamericano. Una de las cuales se ubicó en el sector de la comuna de Maipú (2008), para la empresa Envases del Pacífico (EDELPA) y la otra en la comuna de Quilicura (2010), para la empresa ALUSA Chile.

Figura 11 Ubicación satelital de monitoreos atmosféricos



Fuente: Sistema Nacional del Calidad del Aire (SINCA)

1. Evidencia histórica. Desastres provocados por emergencias en la industria con manejo de sustancias químicas peligrosas

Entre 1850 y 1980 en Chile se vivieron periodos, con distintas fluctuaciones de desarrollo industrial, debido a efectos económicos mundiales y por eventos que afectaron la estabilidad económica en Chile, provocó que la mayor parte de la población migrara hacia los polos económicos más estables y con mejores proyecciones que permitieran un

desarrollo social a los trabajadores y sus familias. En la Región Metropolitana de Santiago, vastos sectores poblacionales se instalaron a la sombra de importantes empresas industriales donde en todos los casos se carecía de estudios de impacto ambiental que permitieran evaluar los efectos que provocarían en el entorno y especialmente en las personas. La industria química y manufacturera no fue la excepción y fue así como sus trabajadores se instalaron con sus viviendas en las cercanías de estas instalaciones industriales, con una evidente falta de planificación urbana adecuada por parte del Estado. (3)

Los sectores urbanos que presentaron esta situación, de emplazamiento a la vera del desarrollo industrial, se mencionan a continuación (6):

- Santiago Surponiente (Estación Central, Maipú, Cerrillos, Padre Hurtado, además de Peñaflor, El Monte, Talagante e Isla de Maipo)
- Lo Valdivieso (Recoleta)
- Punta de Rieles (Macul)
- Renca
- Quilicura
- Pudahuel
- San Joaquín
- San Bernardo
- Lo Espejo

Las emergencias y desastres antrópicos y tecnológicos no fueron ajenos a este fenómeno, registrándose, eventos que impactaron en la población con importantes efectos sociales y ambientales. Algunos de estos, los más significativos por el impacto que provocaron, fueron los accidentes industriales de las empresa Mathiesen Molypac, en diciembre de 1995 donde la extinción de un incendio declarado duró por dos semanas impactando en la población cercana (5); Molymet en septiembre de 2009, con una explosión y posterior incendio que afectó las zonas residenciales del sector, y Pizarreño donde los efectos del desastre se arrastran hasta hoy en día con las afecciones a la salud en sus trabajadores y la población cercana por exposición a asbesto entre los años 1930 y hasta fines de la década del '90. (4)

2. Análisis científico de los desastres ocurridos

Los desastres y emergencias de naturaleza industrial se clasifican de la siguiente forma:

Según su origen:

- Grupo de desastres Tecnológicos

Subgrupo

- Accidente industrial
- Derrame químico

Según su cronología:

Estos podrían clasificarse de acuerdo con las condiciones en que se desarrolle el desastre

- Comienzo súbito
- Desarrollo lento

De acuerdo con la definición de Amenaza o Peligro, el origen de este tipo de amenaza se clasifica aquellas inducidas por la acción humana, debido a los efectos en la degradación medioambiental y la amenaza tecnológica que involucran las operaciones con altos volúmenes de sustancias químicas

En este sentido, todos los eventos descritos anteriormente se encuadran perfectamente en las clasificaciones señaladas, principalmente porque el factor humano es preponderante en la activación de estas emergencias y los consecuentes desastres que se generan a razón de no tomar todas las medidas de control necesarias en las operaciones industriales o en las evaluaciones de impacto ambiental que afectan o llegasen a afectar el entorno donde se desarrollan.

En la literatura científica se encuentran una serie de artículos que evidencian los efectos en la salud de las personas y que a su vez vinculan los desastres industriales con los efectos en el medio ambiente y por consecuencia en la población particularmente cuando ésta se encuentra expuesta a emergencias con sustancias químicas liberadas al ambiente o insuficientemente controladas en los procesos industriales.

Cabe señalar que los eventos mencionados en el punto anterior, todos tienen en común fallas operacionales o de mantención donde el factor humano fue incidente en la generación del desastre y por tanto de la emergencia declarada.

Si bien este trabajo se concentra en el potencial de daño que puede llegar a provocar la operación en el proceso de recuperación de altos volúmenes de solventes, no es menor destacar que las emergencias con sustancias químicas en la Región Metropolitana de Santiago con el resultado de desastres que abarcaron un alto número de vidas humanas, ya sea durante y después de ocurrido el desastre.

Esta situación sienta las bases para determinar que existe una alta percepción de vulnerabilidad en la comunidad, ante la exposición a este tipo de operaciones industriales, donde una sola falla, incluso por mínima que esta sea, resulta en que más allá de la probabilidad de los eventos de este tipo, la severidad de estos contiene un alto factor en el nivel de riesgo y en donde las consecuencias potenciales se ven incrementadas por el nivel de daño que estos desastres provocan en la población y en el medio ambiente.

- 3. Proponer en base a esta investigación medidas de control que permitan reducir el efecto o incluso eliminar la exposición de poblaciones o asentamientos humanos cercanos a centros de operaciones industriales que tienen un alto potencial de afectación a la salud y seguridad de los habitantes de sectores residenciales colindantes a estas actividades industriales.**

Perfil de riesgo químico de la Región Metropolitana de Santiago

Las empresas formales de la Región Metropolitana suman un total de 307.747 empresas, que representan un 40,93 % del total de las empresas del país. Las microempresas y las pequeñas empresas suponen casi el 93,6 % de las unidades empresariales de la Región. (19)

Tabla 23 Número de empresas según tamaño. Año 2018

Categoría	N° empresas	%	% de empresas en esta categoría respecto al total nacional
Microempresas	222.858	72,4	38,8 %
Pequeñas empresas	65.346	21,2	49,3 %
Medianas empresas	12.239	4,0	59,7 %
Grandes empresas	7.304	2,4	69,4 %
Total	307.747	100	

Fuente: Gobierno de Santiago

De acuerdo con el informe de la división del planificación y desarrollo del Departamento de Planificación del Gobierno Regional Metropolitano, del total de empresas en la Región Metropolitana un 12% corresponde al rubro Industrial del cual 82 empresas están ligadas a procesos con sustancias químicas.

Además de la información obtenida en el Catastro de Industrias Químicas Fase II del Ministerio de Medio Ambiente, donde se determina el Mapa de Riesgos de la Industria Química en Chile, la cual señala la cantidad de sustancias peligrosas declaradas por región. (12)

Los dos riesgos principales asociados con los solventes son su toxicidad e inflamabilidad. La exposición a los solventes puede producir diversos efectos negativos para la salud, y estos efectos, además de producir enfermedades aumentan el riesgo de emergencias con potencial de desastres por el nivel de afectación a la población.

Tabla 24 Sustancias químicas peligrosas declaradas por región

Regiones	Masa de Sustancias Peligrosas [ton]	% del TOTAL Nacional	Establecimientos con declaración de Sustancias Peligrosas
Región de Arica y Parinacota	24	0,0000	2
Región de Tarapacá	8.861	0,0168	4
Región de Antofagasta	3.113.405	5,8951	35
Región de Atacama	201.236	0,3810	9
Región de Coquimbo	96	0,0002	7
Región de Valparaíso	47.071.395	89,1274	31
Región Metropolitana de Santiago	1.547	0,0029	23
Región del Lib. General Bernardo O'Higgins	1.448	0,0027	10
Región del Maule	24	0,0000	2
Región del Bío-Bío	1.046.246	1,9810	34
Región de la Araucanía	12	0,0000	1
Región de los Ríos	0	0	0
Región de los Lagos	682.635	1,2925	14
Región Aysén	446.469	0,8454	15
Región de Magallanes y la Antártica Chilena	240.185	0,4548	5
Total, Nacional	52.813.583		192

Fuente: Catastro IQ Fase II. Ministerio de Medio Ambiente. 2012

Es importante mencionar que en este mapa de riesgo químico se encuentran solo aquellas empresas que producen, importan, exportan, almacenan y comercializan sustancias químicas peligrosas de acuerdo con lo declarado por la Asociación Gremial de Industriales Químicos de Chile (ASIQUM)

Bajo este contexto y según la Asociación de Industriales del Plástico, que reúne a cerca de 100 empresas que abarcan toda la cadena de valor del plástico, entre proveedores de materias primas y maquinarias, transformadores de distintas aplicaciones plásticas que abastecen a todos los sectores productivos del país, hasta recicladores, gestores, empresas de logística y otros servicios relacionados con el rubro, entre ellas existen 52 empresas relacionadas propiamente tal a la fabricación de artículos de plásticos, donde forman parte las empresas de fabricación de envases flexibles, grupo en la cual destacan las empresas EDELPA S.A. y ALUSA CHILE S.A.

Estas dos últimas empresas desarrollaron entre los años 2006 y 2010, proyectos que llevaron a la instalación de Plantas Recuperadoras de Solventes con regeneración de gas inerte (nitrógeno), con el firme propósito de optimizar la recuperación de solvente utilizado en sus procesos de fabricación de envases flexibles, específicamente en las etapas de impresión y laminado de este tipo de envases de plástico (polietileno), reduciendo de esta forma los costos de producción debido a la recuperación de un porcentaje significativo de solventes usados en la fabricación de envases flexibles impresos y/o con estructuras bi-laminados (dos capas) o tri-laminados (tres capas) en los sustratos, en los cuales destaca el uso de adhesivos en base solvente.

Identificación de episodios de casos

En la región Metropolitana de Santiago si bien se ha registrado casos de emergencias con sustancias químicas, no existe un registro de eventos relacionados específicamente a eventos con solventes, ya sea en el transporte, almacenamiento, uso o en su disposición final.

Algunos de los casos de mayor impacto en la región Metropolitana de Santiago que involucraron un importante número de personas afectadas se describen a continuación.

Tabla 25 Casos de emergencia con sustancias químicas en la Región Metropolitana

Emergencia	Empresa	Causas	Año	Comuna
Incendio	Wenco - Greenplast	Recalentamiento de horno	2012	Huechuraba
Incendio	Mathiesen Molypac	Reacción de sustancias químicas	1995	San Bernardo
Incendio	Serplas	Emergencia química	2010	Cerrillos
Explosión	Molymet	Reacción de sustancias químicas	2009	San Bernardo
Derrame	Induacril	Derrame de ácido en efluentes	2012	Huechuraba

Fuente: Elaboración propia

Catálogos de industrias con Plantas Recuperadoras de Solventes en la Región Metropolitana

Tabla 26 Industrias con Plantas recuperadoras con regeneración

Empresa	Identificación	Planta Recuperadora de Solventes con regeneración	Nivel de riesgo de la operación	Población teóricamente vulnerable (Cant. Hab. Censo 2017)
EDELPA S.A.		Carbon Donau	Medio	521.627
ALUSA CHILE S.A.		Carbon Donau	Medio	210.410

Fuente: Elaboración propia

Eventos de carácter agudo o a largo plazo.

Los eventos que tienen potencial de ocurrencia en estos casos tienen relación con derrames ambientales, incendios por fuego causado por la combustión de líquidos y gases inflamables, explosión por concentración de vapores de solventes. Estos eventos pueden provocarse por fallas en la operación, falta o ausencia de mantenimiento preventivo, negligencia de terceros o falta en el control de fuentes de ignición, generación de fuegos control de electrostática.

Perfil de riesgo de emergencias químicas. Por naturaleza del producto y cantidad manejada y las que tienen población cercana

Tabla 27 Naturaleza y cantidad de sustancias químicas y población afectada

Empresa	Identificación	Clase Sustancia Química peligrosa	Cantidad	Nivel de riesgo de la operación	Población teóricamente vulnerable (Cant. Hab. Censo 2017)
EDELPA S.A.			>40.000 m3	Medio	521.627
ALUSA CHILE S.A.			>40.000 m3	Medio	210.410

Fuente: Elaboración propia

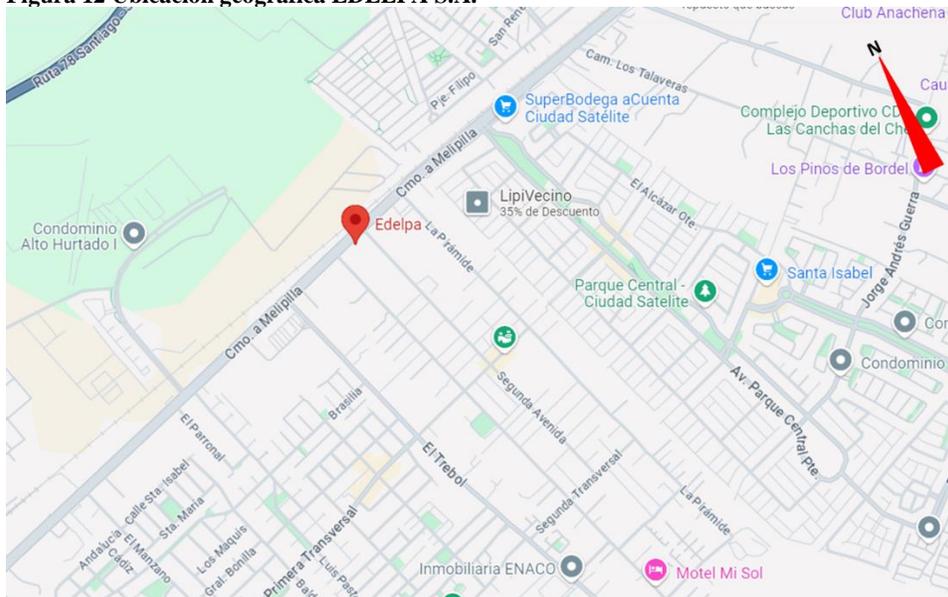
Ubicación geográfica de las empresas que cuentan con Plantas recuperadoras de solventes con regeneración de gas inerte

Tabla 28 Ubicación de industrias con Plantas recuperadoras con regeneración

Empresa	Identificación	Ubicación	Clasificación de zona
EDELPA S.A.		Camino a Melipilla N° 13320, Maipú. Región Metropolitana de Santiago. Chile	Industrial
ALUSA CHILE S.A.		Av. Presidente Eduardo Frei Montalva N° 9160, Quilicura. Región Metropolitana de Santiago. Chile	Industrial

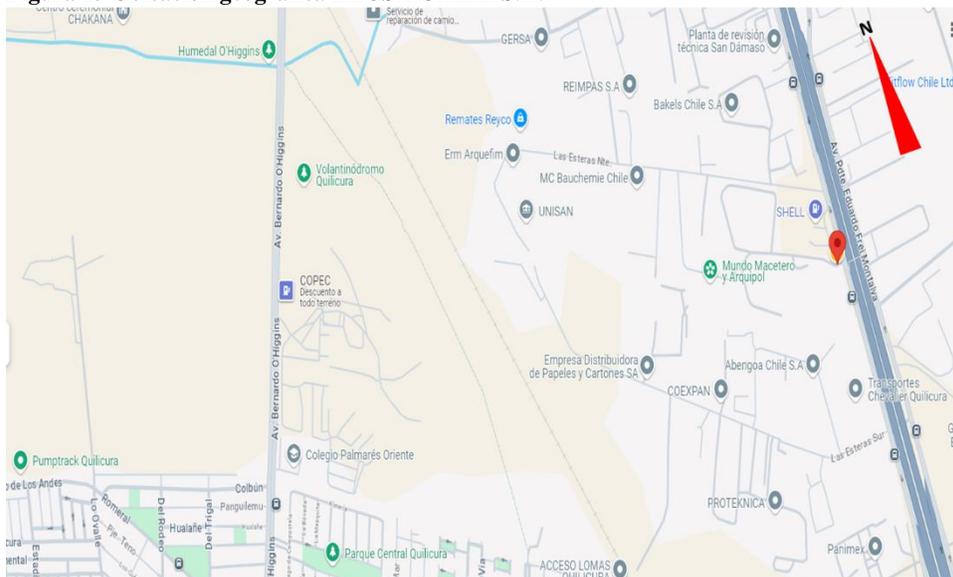
Fuente: Elaboración propia

Figura 12 Ubicación geográfica EDELPA S.A.



Fuente: Google.com/maps/place

Figura 13 Ubicación geográfica ALUSA CHILE S.A.



Fuente: Google.com/maps/place

Cómo se declara a la autoridad y los aspectos legales involucrados

Los organismos del Estado a cargo del control y fiscalización del cumplimiento legal y normativo, para estos casos se mencionan a continuación:

- Autoridad Sanitaria Región Metropolitana. Secretaria Regional del Ministerio de Salud.
- Ministerio de Medio Ambiente
- Superintendencia de Medio Ambiente
- Dirección del Trabajo del Ministerio del Trabajo y Previsión Social
- Servicio Nacional Prevención de Emergencias y Desastres

El control del cumplimiento normativo legal se efectúa a través del Sistema de Declaración a través del Sistema de Ventanilla Única - Registro de emisiones y transferencias de contaminantes (RETC), el cual cuenta con plataformas que permiten a los establecimientos declarar y reportar de acuerdo con la normativa ambiental vigente. Son administrados por distintos servicios públicos según su competencia en la materia.

- Registro Único de Emisiones Atmosféricas (RUEA)
- Sistema de desempeño Ambiental (DAE)

- Sistema de Declaración Jurada Anual del RETC (DJA)
- Sistema de Seguimiento Atmosférico (SISAT)
- Sistema de Declaración de Descargas de Residuos Industriales Líquidos (RILES)
- Sistema de Declaración Productos y Gestor (Ley REP)
- Sistema de Seguimiento y Declaración de Residuos Peligrosos (SIDREP)
- Sistema de Declaración de Instalación de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas (DASUPEL)
- Registro de Fuentes y Procesos (RFP)
- Sistema Nacional de Declaración de Residuos (SINADER)
- Sistema de Impuesto Verde (SIV)

Es importante señalar que, debido al manejo de estas sustancias químicas, solventes en su mayoría acetato de etilo, N-propanol y sus derivados, estas empresas deben cumplir con la normativa legal vigente en Chile, especialmente las que a continuación se mencionan:

Tabla 29 Marco legal y normativo aplicable

Marco normativo legal	Año	Descripción
Decreto Supremo N° 43	2016	Aprueba el Reglamento de Almacenamiento de Sustancias Peligrosas
Decreto 57	2021	Aprueba el Reglamento de Clasificación, Etiquetado y Notificación de sustancias químicas y mezclas peligrosas
Decreto 148	2004	Aprueba Reglamento sanitario sobre manejo de residuos peligrosos
Norma Chilena Oficial NCh 382	1998	Sustancias peligrosas - Terminología y clasificación general
Norma Chilena Oficial NCh 2190	2003	Transporte de sustancias peligrosas - Distintivos para identificación de riesgos
Resolución MINSAL N° 777	2021	Aprueba Listado Oficial de Clasificación de Sustancias Químicas
GHS	2021	Sistema Globalmente Armonizado de clasificación y etiquetado de productos químicos
GRE	2023	Guía de respuesta en caso de emergencia

Fuente: Elaboración propia

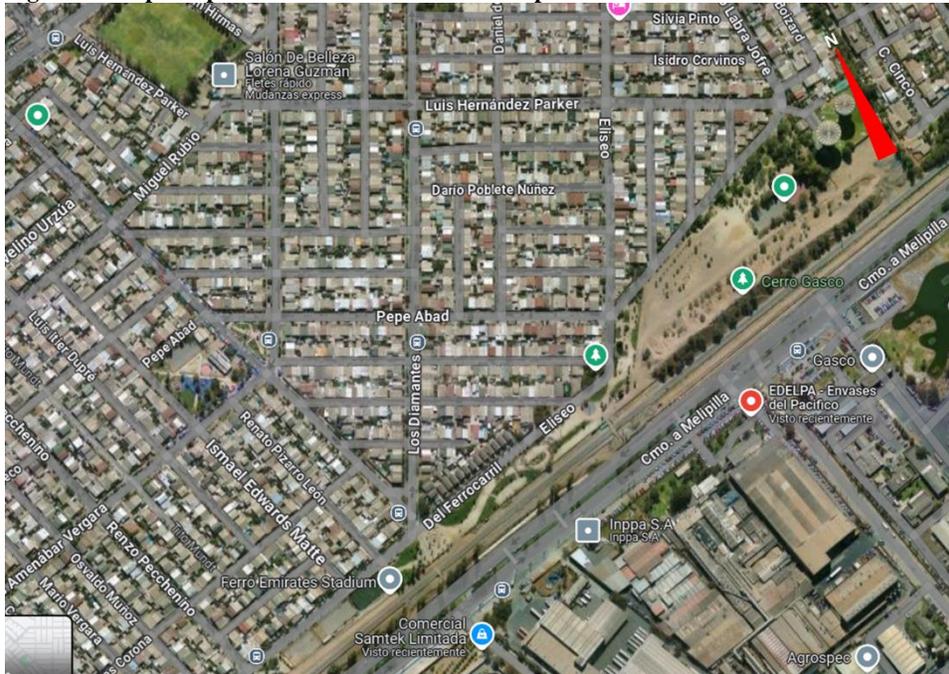
Mapa de riesgo de estas industrias con poblaciones cercanas

Tabla 30 Identificación de empresas con población teóricamente vulnerable ante la emergencia

Empresa	Identificación	Población teóricamente vulnerable (Cant. Hab. Censo 2017)	Sitios urbanos cercanos con potencial de afectación en casos de emergencia
EDELPA S.A.		521.627	<ul style="list-style-type: none"> - Sectores residenciales densamente poblados. - Establecimientos educacionales. - Carreteras interurbanas. - Otras industrias. - Centros de Salud Públicos. - Áreas verdes de interés urbano. - Infraestructura crítica de almacenamiento de agua potable. - Empresas de almacenamiento de GLP y de Hidrocarburos.
ALUSA CHILE S.A.		210.410	<ul style="list-style-type: none"> - Zona ecológica protegida Humedal O'Higgins. - Planta de tratamiento de Riles. - Otras industrias cercanas. - Zonas residenciales. - Establecimientos educacionales. - Autopistas interurbanas. - Áreas verdes de interés urbano. - Centros deportivos. - Centros médicos

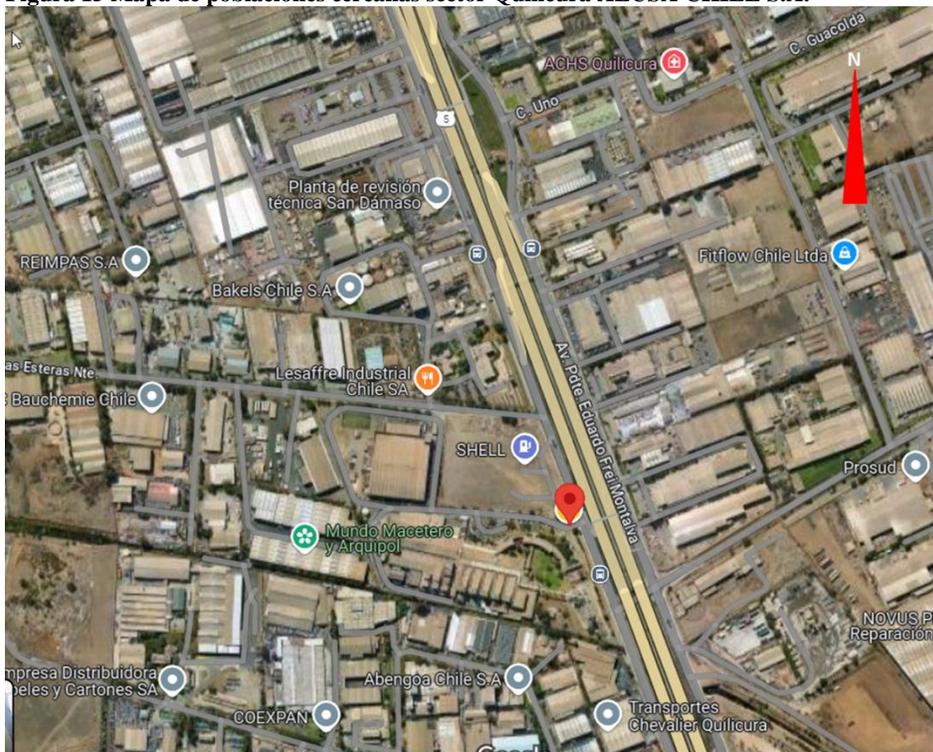
Fuente: Elaboración propia

Figura 14 Mapa de poblaciones cercanas sector Maipú EDELPA S.A.



Fuente: Google.com/maps/place

Figura 15 Mapa de poblaciones cercanas sector Quilicura ALUSA CHILE S.A.



Fuente: Google.com/maps/place

VI. DISCUSIÓN

Resumen breve de objetivos y hallazgos

En relación a los objetivos, el principal hallazgo detectado en este estudio, es que a nivel local en ambas comunidades estudiadas, en las comunas de Quilicura y Maipú, no existen planes que contemplen el riesgo de desastre en atención a la operación en la recuperación de solventes, si bien los servicios de emergencia tienen considerados los eventos por emergencias de origen industrial, en específico no se atienden las emergencias por la naturaleza de este tipo de emergencia, encontrando un estándar para enfrentar este tipo de desastres, más aun cuando hay una población expuesta a los efectos de estos eventos y que solamente reacciona verificando el impacto a través del impacto mediático que provocan eventos de esta índole.

Si bien la administración estatal y gubernamental actualmente están abordando aspectos de impacto medioambiental con consecuencias para la población, aun no se toman en cuenta los impactos que se vinculan al control de la emergencia con el consiguiente control de los daños que esto genere en el corto plazo y que dependiendo de la gravedad de la emergencia puede resultar en un impacto a largo plazo dejando un adicional de víctimas producto de eventos que no son controlados en tiempo y forma adecuados. Prueba de esto son los artículos seleccionados de la literatura científica relacionada donde que en evidencia que se menosprecia el potencial de ocurrencia de este tipo de desastres y las consecuencias que conllevan.

Limitaciones del estudio.

Afortunadamente el contexto local solo considera el emplazamiento de dos de estas unidades recuperadoras de solventes con gas inerte, por lo que es relativamente fácil reconocer a las poblaciones y entornos medioambientales expuestos a este tipo de riesgos, sin embargo esto no quiere decir que la población expuesta no aumente a futuro si se decidiese emplazar otra unidad en algún otro territorio con otras características de población o de entorno medio ambiental, impactando de otra forma un ecosistema distinto o incluso más frágil si se expone a la operación y a una mala planificación en la prevención y

control de emergencias y desastres relacionadas a la operación, manejo y almacenamiento de solventes.

Conclusiones

Considerando los hallazgos actuales, declarados en este estudio, y coincidentemente con los artículos publicados, seleccionados para este efecto, es posible declarar que a pesar que a nivel de la propia industria, dueña del proceso, se adoptan medidas que abordan la planificación de la emergencia y el impacto medioambiental debido al efecto del rol fiscalizador de los organismos estatales, siempre en la declaración de la emergencia como tal se observan las brechas que no se contemplaron inicialmente en los planes y que de alguna forma u otra delatan un gestión sesgada y que no aborda en su amplitud la importancia del riesgo y la necesidad de una gestión robusta para una respuesta certera frente a la emergencia declarada y el desastre que conlleva por el nivel de impacto que provoca.

En el proceso de obtención de información es posible concluir la importancia de estas operaciones de recuperación de solventes, ya sea por el impacto económico que provoca a la industria, el control en el impacto medioambiental y especialmente a nivel atmosférico, pero en ambos casos estudiados, queda muy en deuda el factor de impacto en el entorno social y humano inmediato. Es por eso la importancia de ampliar el alcance de los planes que se desarrollen en este sentido, esto permitirá fomentar un crecimiento sostenible y sustentable en todos los ámbitos en los cuales este tipo de operaciones industriales se desarrolle.

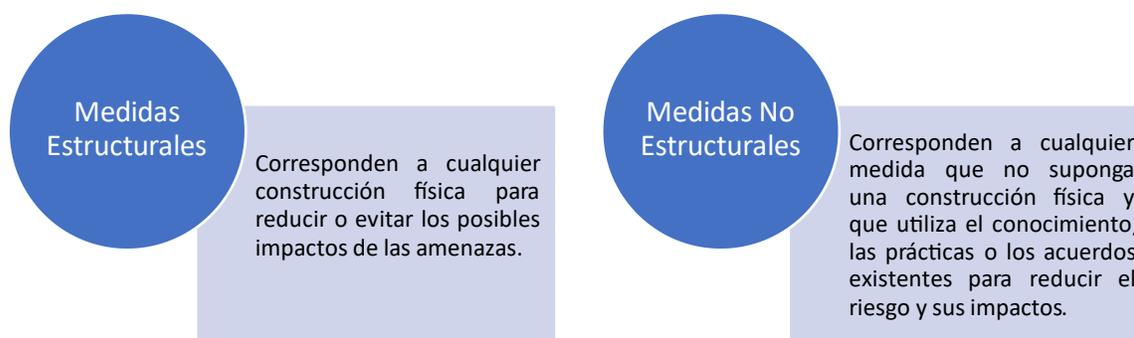
VII. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión y como recomendación del resultado de este estudio, es necesario mencionar que para mejorar la gestión en la reducción y respuesta del riesgo de desastres, en esta materia es fundamental el trabajo mancomunado de las entidades privadas y públicas, transparentando la información y dando a conocer los procesos productivos de las empresas, especialmente las que y como en este caso, debido al proceso de recuperación de

solventes, deban ampliar y mejorar sus planes de contingencia en casos de emergencia y establecer acciones y estrategia con una visión más preventiva. Esto se logra y lo demuestra la literatura relacionada, construyendo redes de comunicación, compartiendo la información e involucrando a actores sociales, relevantes en estas materias, sean estos los servicios de emergencia, los organismos fiscalizadores del Estado, la comunidad en pleno a través de sus representantes, con profesionales especialistas y dedicados a la generación de los planes adecuados para estos fines. (13)

Figura 16 Acciones estratégicas

Acciones Estratégicas



Fuente: Planificación para la Gestión de Riesgos Ley 21364

Bajo esta premisa es sumamente importante conocer el proceso de recuperación de solventes, del almacenamiento de químicos, las características de éstos y los efectos que pueden provocar al entorno si no son correctamente administrados.

Queda ampliamente demostrado el rol de los organismos fiscalizadores para un correcto control de la gestión que realice el dueño de los procesos industriales, fiscalizando y conociendo el proceso acuciosamente y su potencial impacto en el entorno. Deberá considerarse la actualización de protocolos ante emergencias químicas; la identificación de sustancias peligrosas, especialmente aquellas con efectos crónicos a la salud; la capacitación en el manejo y uso correcto de las sustancias peligrosas; clasificación y etiquetado y hojas de datos de seguridad de sustancias y mezclas químicas; la evaluación ambiental y el ingreso a vigilancia de la salud; la prescripción de medidas preventivas y/o correctivas, y la verificación de su cumplimiento. Estas actividades deberán ser registradas

por el organismo administrador de la Ley 16744, para los casos de los centros de trabajo, precisando la identificación de la entidad empleadora y/o de sus centros de trabajo, su ubicación, la identificación de los tipos de sustancias peligrosas que utiliza, tipo de uso y las fechas de las asistencias técnicas otorgadas.

Sin embargo es también de suma importancia que, quien sea el propietario de este tipo de procesos, comprenda la importancia de una planificación con una mirada preventiva, abordando todos los aspectos de cada una de las fases del proceso y el desarrollo de los planes de control para la reducción del riesgo de desastre, en especial cuando se declare la emergencia, permitiendo con una correcta planificación un accionar oportuno, eficiente, controlando la emergencia en su fase inicial mitigando los efectos del desastre, en el caso que así sea. (14)

En estos casos los procesos de gestión de riesgos dependerán fundamentalmente del factor humano en el desarrollo, por lo cual es primordial elaborar planes de gestión de riesgos que consideren los procesos de prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción. En este sentido la fase de prevención se torna de suma relevancia, estableciendo líneas de acción concretas para fortalecer esta fase, en base a la información técnica necesaria, fomentado la reducción del riesgo de desastre disponible para todos los actores involucrados.

Figura 17 Instrumentos de gestión de riesgos de desastre

INSTRUMENTOS DE GESTION DE RIESGO DE DESASTRE A NIVEL COMUNAL



Fuente: Planificación para la Gestión de Riesgos Ley 21364

Establecer Planes específicos de emergencia, por variable de riesgo de materiales químicos peligrosos, con todos los actores de la sociedad y en todos los niveles de administración que estén asociados a la gestión del riesgo:

En la mitigación y preparación

- Empresa
- Municipios (COGRID Municipal)
- Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres (SENAPRED)
- Comunidad

Figura 18 Estructura del Comité Comunal para la GRD

Comité Comunal para la Gestión de Riesgo de Desastres



Fuente: Planificación para la Gestión de Riesgos Ley 21364

En la respuesta

- Bomberos
- Otros Servicios especialistas en materiales peligrosos
- Servicios sanitarios y ambulancias
- Carabineros

Incorporar dentro de los planes de gestión de riesgo y respuesta ante desastres a la comunidad cercana y potencialmente afectada en el caso de declararse la emergencia, de manera de generar la participación activa de la población considerando los aspectos y visión comunitaria frente a los potenciales efectos de un desastre declarado, tanto en el impacto inicial como en las consecuencias posteriores que afectarían las zonas residenciales y aquellas relacionadas al quehacer comunitario habitual, las acciones necesarias para los procesos de rehabilitación y reconstrucción en caso de ser necesario. En este punto la capacitación y formación a la población en temáticas relacionadas a la Gestión de Riesgos y Respuesta ante Desastres es fundamental de manera de fomentar una comunidad educada en estas materias, para la participación y comprensión en la confección de los planes.

Figura 19 Implementación del Plan de GRD



Fuente: Planificación para la Gestión de Riesgos Ley 21364

Con estos elementos diseñar un mapa de amenazas, identificando y modelando los riesgos asociados a materiales peligrosos (1), en especial sustancias químicas inflamables, como solventes, considerando tipo de operaciones industriales, ubicación geográfica, medios de respuestas ante la emergencia, clasificación de zonas y su vulnerabilidad, infraestructura crítica expuesta a daños, densidad poblacional potencialmente afectada, recursos para enfrentar la emergencia y para atender los procesos de rehabilitación y reconstrucción. Establecer un sistema de seguimiento, revisión periódica y actualización del Plan Comunal para la Reducción de Riesgo de Desastres.

Figura 20 Revisión y actualización del Plan de GRD



Fuente: Planificación para la Gestión de Riesgos Ley 21364

EXPRESIONES DE GRATITUD

“Agradecer a todos y cada uno de aquellos que me apoyaron en el desarrollo de este Trabajo de Fin de Máster para la obtención del Grado de Máster en Investigación y Gestión de Emergencias y Desastres, a quienes soportaron durante todo este tiempo, las exigencias que requiere el proceso, a mi madre quien, a su edad me ha entregado su apoyo permanentemente, el apoyo que sólo una madre sabe entregar. A Paula quien compartió una etapa de mi vida, apoyando y comprendiendo las exigencias del proceso.

Especial mención a los profesores que compusieron el staff docente, que con paciencia y dedicación entregaron sus conocimientos y experiencias aportando al aumentar mis propios conocimientos en cada tema abordado y sus contenidos. Especial mención al Profesor Dr. Pedro Ignacio Arcos González, quien con sus conocimientos y experiencias siempre imprimió la motivación necesaria para seguir adelante y apoyó el desarrollo de este trabajo. A cada uno de los compañeros por su participación y por compartir sus experiencias durante el transcurso de cada asignatura. Especial mención a mis compañeros Roberto Zagal, Patricio Eriza, Ricardo Martínez, Cristian Barahona, Carlos Vives, por el esfuerzo y el compromiso en los trabajos asignados durante el transcurso de este posgrado.

A Alberto Gutiérrez y Luis Pérez por su colaboración para el desarrollo de los aspectos técnicos que comprende este trabajo, quienes me aportaron la información necesaria para dar contexto a una situación por muchos desconocida, las consideraciones técnicas y específicas de la operación de estas instalaciones industriales.

No puedo dejar de mencionar el soporte emocional de mis mascotas Alma, Beto y León, quienes con una simple mirada o solo acurrucándose a mi lado mientras desarrollaba este trabajo y todos los otros trabajos que comprendieron el proceso, han sido un pilar de apoyo para lograr el objetivo trazado.

Finalmente, como creyente y hombre de fe, mis agradecimientos a Dios, por la fuerza espiritual, por esa fuerza inexplicable, que hoy al finalizar esta etapa en mi vida, se logra apreciar y valorar”

Alfonso Javier Robles Vera

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Jaramillo S, King KC. Toxic Exposure Hazardous Materials. In: StatPearls. StatPearls Publishing; 2022.
2. Committee on Lessons Learned from the Fukushima Nuclear Accident for Improving Safety and Security of U.S. Nuclear Plants, Nuclear and Radiation Studies Board, Division on Earth and Life Studies, & National Research Council. US: National Academies Press; 2014.
3. Oyarzún BR. GÉNESIS DEL PROCESO INDUSTRIALIZADOR EN CHILE. Revistamarina.cl. [Citado: 9 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://revistamarina.cl/revistas/2012/2/riquelme.pdf>
4. de Periodista MC al T. EMERGENCIAS QUÍMICAS: LOS RIESGOS DETRÁS DEL CORDÓN INDUSTRIAL METROPOLITANO. Uchile.cl. [Citado: 9 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/MemoriadeTítuloCarolinaEscobaryMLoretoPassalacqua.pdf>
5. 21r. Incendio Mathiesen Molypac. Hazmat Chile Emergencias Materiales Peligrosos. Hazmat Chile; 2021 [Citado: 9 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://hazmat.cl/incendio-mathiesen-molypac/>
6. Escobar Rosales CA, Passalacqua García ML. Emergencias químicas: los riegos detrás del cordón industrial metropolitano. 2014 [Citado: 9 Septiembre 2024]; Disponible desde: <https://repositorio.uchile.cl/>
7. Acetato E. HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD ETILO ACETATO (NCH 2245. Of 2015) ET-0790. Winklerltda.cl. [Citado: 10 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://winklerltda.cl/quimicav2/wp-content/uploads/2022/06/ETILO-ACETATO.pdf>
8. Planta de Recuperación de Solventes. Edelpa.cl. [Citado 23 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://www.edelpa.cl/compania/planta-de-recuperacion-de-solventes/>
9. Censo de Población y Vivienda. Default. [Citado: 23 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://www.ine.gob.cl/estadisticas/sociales/censos-de-poblacion-y-vivienda/centso-de-poblacion-y-vivienda>

10. ISTAS: Compuestos orgánicos volátiles (COV). Iistas.net. [Citado: 23 Septiembre 2024].
Disponible desde: <https://risctox.istas.net/index>
11. Disponible desde: <https://www-webofscience-com.recursosbiblioteca.unab.cl/wos/woscc/full-record/>
12. de Medio Ambiente Sección Sustancias Químicas y Sitios Contaminados M.
Continuación del Catastro Nacional Almacenan, Usan y/o Producen Peligrosas: Hacia una Herramienta Peligros Químicos. Gob.cl. [Citado 23 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/E11-Mapa-de-Riesgos-Industria-Quimica-Fase-II.pdf>
13. Gob.cl. [Citado 22 Octubre 2024]. Disponible desde:
https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/download/pnsst_2023/normativa_sst/Guia-Reduccion-Riesgos-de-Desastres-Mipyme-13.02.2023.pdf
14. de Trabajo ENC. PLAN PARA LA REDUCCIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES.
Gob.cl. [Citado 22 Octubre 2024]. Disponible desde:
<https://www.previsionsocial.gob.cl/sps/download/Guia-de-Implementacon-del-PRRD-en-los-centros-de-trabajo.pdf>
15. Hsu J, Del Rosario MC, Thomasson E, Bixler D, Haddy L, Duncan MA. Hospital impact after a chemical spill that compromised the potable water supply: West Virginia, January 2014. *Disaster Med Public Health Prep.* 2017;11(5):621–4. Disponible desde:
<http://dx.doi.org/10.1017/dmp>.
16. Giger W. The Rhine red, the fish dead-the 1986 Schweizerhalle disaster, a retrospect and long-term impact assessment. *Environ Sci Pollut Res Int.* 2009;16 Suppl 1(S1):S98-111.
Available from: <http://dx.doi.org/>
17. DeWitt K. A systematic study of geographical, temporal, and industrial effects on VOC background. In: Guicheteau JA, Howle CR, editors. *Chemical, Biological, Radiological, Nuclear, and Explosives (CBRNE) Sensing XXI*. SPIE; 2020.

18. Wells J, Heeley A, Akram M, Hughes KJ, Ingham DB, Pourkashanian M. Simulation and modelling study of a chemical absorption plant to evaluate capture effectiveness when treating high CO₂ content iron and steel industry emissions. *Fuel (Lond)*. 2025;380(133189):133189. Disponible desde: [http://dx.doi.org/2025;380\(133189\):133189](http://dx.doi.org/2025;380(133189):133189).
19. Por: P. Elaboración de un Catastro Nacional y Mapa de Riesgos de la Industria Química. Gob.cl. [Citado: 23 Octubre 2024]. Disponible desde: <https://sqi.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2018/07/E10-Mapa-de-Riesgos-Industria-Quimica-Fase-I.pdf>
20. Recuperador De Solvente Con Gas Inerte Brofind S.p.A. [Citado 23 Septiembre 2024]. Disponible desde: <https://www.brofind.es/producto/recuperador-de-solventes-gas-inerte>
21. Baldini M, CARBON DONAU S.p.A. MANUAL OPERATIVO - Instrucciones para el uso y el mantenimiento. 2010.
22. Baldini M, CARBON DONAU S.p.a. DESCRIPCIÓN FUNCIONAL - Planta de recuperación solventes de carbón regenerado con nitrógeno - Descripción funcional. 2010.
23. Balbo F, CARBON DONAU S.p.A. SOLVENT RECOVERY PLANT WITH ACTIVATED CARBON AND NITROGEN REGENERATION - Offer N°4861-R/06 Rev. 3.
24. Balbo F, CARBON DONAU S.p.A. PRODUCT QUALITY GUARANTEE AND DESIGN GENERAL CRITERIA - Solvent Recovery Plant Offer 4861- R Rev. 3. 2007 Autumn.