



Universidad de San Carlos de Guatemala  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

**EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA  
PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**

**Alirio José Interiano Espinoza**

Asesorado por el Ing. Erick Ronaldo Ruiz Matías

Guatemala, agosto de 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

**EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA  
PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
POR

**ALIRIO JOSÉ INTERIANO ESPINOZA**  
ASESORADO POR EL ING. ERIC RONALDO RUIZ MATÍAS

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

**INGENIERO INDUSTRIAL**

GUATEMALA, AGOSTO DE 2015



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE INGENIERÍA



**NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA**

DECANO	Ing. Pedro Antonio Aguilar Polanco
VOCAL I	Ing. Angel Roberto Sic García
VOCAL II	Ing. Pablo Christian de León Rodríguez
VOCAL III	Inga. Elvia Miriam Ruballos Samayoa
VOCAL IV	Br. Narda Lucía Pacay Barrientos
VOCAL V	Br. Walter Rafael Véliz Muñoz
SECRETARIA	Inga. Lesbia Magalí Herrera López

**TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO**

DECANO	Ing. Murphy Olympto Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Jaime Humberto Batten Esquivel
EXAMINADORA	Inga. Norma Ileana Sarmiento Zeceña
EXAMINADOR	Ing. Alberto Eulalio Hernández García
SECRETARIO	Ing. Hugo Humberto Rivera Pérez

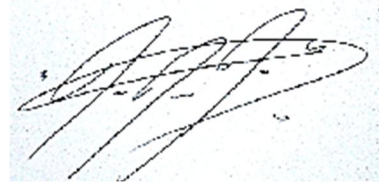


## **HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR**

En cumplimiento con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE  
PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA  
PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**

Tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, con fecha 28 de julio de 2014.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Alirio José Interiano Espinoza', is written over a light blue, textured rectangular background.

**Alirio José Interiano Espinoza**





Guatemala, 4 de marzo de 2015.

Ing. Cesar Ernesto Urquizú Rodas  
Director  
Escuela Mecánica Industrial  
Facultad de Ingeniería USAC

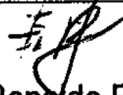
Señor Director:

Me dirijo a usted para informarle que he finalizado la etapa de asesoría del trabajo de graduación del estudiante Alirio José Interiano Espinoza con carné No. 200914969, previo a obtener el título de Ingeniero Industrial. El trabajo en mención se titula: **EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS.**

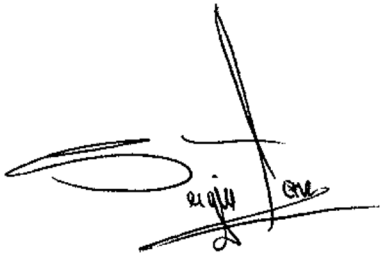
Después de haber revisado dicho trabajo, considero que este cumple con los objetivos propuestos en el protocolo aprobado por esta escuela y para los efectos correspondientes, me suscribo de usted.

Atentamente

*Eric Ronaldo Ruiz Matías*  
INGENIERO INDUSTRIAL  
COLEGIADO No 10.022



Ing. Eric Ronaldo Ruiz Matías  
Asesor



UoB

1/15



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.REV.EMI.073.015

Como Catedrático Revisor del Trabajo de Graduación titulado **EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**, presentado por el estudiante universitario **Alirio José Interiano Espinoza**, apruebo el presente trabajo y recomiendo la autorización del mismo.

“D Y ENSEÑAD A TODOS”

Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Ingeniera Industrial  
Colegiado No. 8121

Inga. Nora Leonor Elizabeth García Tobar  
Catedrático Revisor de Trabajos de Graduación  
Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial

Guatemala, mayo de 2015.

/mgp



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS  
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

REF.DIR.EMI.131.015

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer el dictamen del Asesor, el Visto Bueno del Revisor y la aprobación del Área de Lingüística del trabajo de graduación titulado **EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**, presentado por el estudiante universitario **Alirio José Interiano Espinoza**, aprueba el presente trabajo y solicita la autorización del mismo.

“ID Y ENSEÑAD A TODOS”

Ing. Sergio Antonio Torres Méndez  
DIRECTOR a.i.

Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial



Guatemala, julio de 2015.

/mgp





El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES PARA LA UNIDAD DE PRODUCCIÓN DE POLIETILENO CON PESTICIDAS EN UNA INDUSTRIA PRODUCTORA DE PLÁSTICOS AGRÍCOLAS**, presentado por el estudiante universitario: **Alirio José Interiano Espinoza**, y después de haber culminado las revisiones previas bajo la responsabilidad de las instancias correspondientes, se autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Pedro Antonio Aguilar  
Decano



Guatemala, julio de 2015

/cc





## **ACTO QUE DEDICO A:**

- Dios** Por proveerme de salud, fuerzas y voluntad durante cada día, e iluminarme para que, con sabiduría fuese tomando cada decisión que me ha traído hasta el día de hoy.
- Mis padres** Miguel Angel Interiano Ortiz y Andrina Irasema Espinoza Quevedo de Interiano, por los consejos, cariño, amor y regaños que supieron darme en cada instante, siendo una guía sin igual y fuente de experiencias que me brindaron luz, para superar cada obstáculo.
- Mis hermanos** Angel, Fabiola, Luisa y Héctor Interiano Espinoza por brindarme paciencia, sonrisas, apoyo moral y económico; siendo ejemplo y motivación. Los quiero mucho.
- Mi tío** Héctor Alirio Interiano Ortiz, por ser un ejemplo de lucha y entrega a nivel individual, académico y social en esta Universidad.
- Mi familia** Por el cariño y amor brindados.

**Mis amigos  
universitarios**

Por ser motor de risas, anécdotas, apoyo, aventuras y perseverancia para alcanzar las metas personales y de grupo. Especialmente a Manuel García, Byron Zavala, Claudia Contreras y Pablo Velásquez.

**Mis amigos**

Walter Pacheco, Dulce Pineda, Cinthya Alvarado y Cindy González, por los años, recuerdos y anhelos.

**Mi amiga**

Jessica Pineda, por darme cariño, apoyo, palabras de aliento y paciencia. Te quiero mucho.

**Facultad de  
Ingeniería**

Por proveer de docentes, conocimientos y experiencias para forjarme como profesional.

**Universidad de  
San Carlos de  
Guatemala**

Alma máter que defenderé con argumentos lógicos hasta el último de mis días, puesto que me brindó techo, letras, números y conocimientos.

## **AGRADECIMIENTOS A:**

**Instituciones  
públicas y privadas**

Que permiten y albergan futuros profesionales abriendo sus puertas para la aplicación de conocimientos.

**Ingeniero**

Julio Palacios, por brindarme apadrinamiento profesional y apoyarme en los primeros pasos en el campo de la aplicación de la ingeniería.

**Mi asesor**

Ing. Eric Ruiz, por su apoyo en la realización del presente trabajo de graduación.

**Ingeniero**

Werner Méndez, por su apoyo en el inicio del sueño de ser ingeniero.

**Profesor**

Gustavo Mayorga, por su apoyo y palabras de aliento.

**Contribuyentes**

Gracias por otorgar la oportunidad de educación gratuita a miles de jóvenes, que de otra manera, sería económicamente imposible el contar con acceso a la educación superior.



## ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	VII
LISTA DE SÍMBOLOS .....	XI
GLOSARIO .....	XIII
RESUMEN .....	XVII
OBJETIVOS.....	XIX
INTRODUCCIÓN.....	XXI
1. PESTICIDAS, RIESGOS Y CONTROLES AMBIENTALES .....	1
1.1. Definición de pesticidas .....	1
1.1.1. Tipos de pesticidas.....	2
1.1.2. Pesticidas organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretroides.....	2
1.1.3. Pesticida clorpirifos.....	4
1.1.4. Pesticida bifentrina .....	5
1.2. Medio ambiente y pesticidas .....	6
1.2.1. Contaminación ambiental producida por pesticidas.....	6
1.2.2. Bioacumulación de pesticidas.....	9
1.2.3. Efectos en la salud y el ambiente por uso de clorpirifos .....	12
1.2.4. Efectos en la salud y el ambiente por uso de bifentrina.....	13
1.3. Controles ambientales.....	17
1.3.1. Equipo para el control de partículas y polvos .....	18
1.3.2. Equipo para el control de gases y olores.....	22

1.3.3.	Controles sobre prácticas y procedimientos de trabajo .....	25
1.3.4.	Almacenamiento, transporte y manipulación de pesticidas .....	28
1.3.5.	Uso, interpretación y aplicación de hojas técnicas .....	30
1.3.6.	Equipo de protección corporal, respiratorio y de manos.....	31
2.	CUMPLIMIENTO LEGAL DE MEDIO AMBIENTE Y SALUD .....	33
2.1.	Medio ambiente.....	33
2.1.1.	Decreto número 43-74, Ley reguladora sobre importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas .....	33
2.1.2.	Registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines.....	35
2.1.3.	Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos .....	36
2.1.4.	Gestión ambiental .....	38
2.1.5.	Manejo de desechos sólidos .....	39
2.2.	Higiene, salud y seguridad en el trabajo .....	40
2.2.1.	Código de Trabajo.....	40
2.2.2.	Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional .....	45
3.	EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES.....	53
3.1.	Ambientes controlados.....	53
3.1.1.	Ambiente peso de aditivos, mezclas y compuestos .....	53
3.1.1.1.	Señalización .....	54

3.1.1.2.	Instalaciones y características de los equipos .....	55
3.1.1.3.	Resultado de medición de agentes activos en el ambiente interno .....	58
3.1.1.4.	Comparación de equipos instalados <i>versus</i> mediciones ambientales.....	59
3.1.2.	Ambiente peletizado .....	60
3.1.2.1.	Señalización .....	61
3.1.2.2.	Instalaciones y características de los equipos .....	62
3.1.2.3.	Resultado de medición ambiental .....	64
3.1.2.4.	Comparación de equipos instalados <i>versus</i> mediciones ambientales.....	66
3.1.3.	Ambiente extrusión de película.....	66
3.1.3.1.	Señalización .....	67
3.1.3.2.	Instalaciones y características de los equipos .....	67
3.1.3.2.1.	Presión positiva .....	68
3.1.3.2.2.	Presión negativa.....	70
3.1.3.3.	Resultado de medición ambiental .....	71
3.1.3.4.	Comparación de equipos instalados <i>versus</i> mediciones ambientales.....	72
3.1.3.5.	Evaluación de material particulado en los ambientes controlados .....	73
3.2.	Controles administrativos .....	75
3.2.1.	Identificación de tareas críticas.....	75
3.2.2.	Procedimientos para tareas críticas.....	92
3.2.3.	Uso e interpretación de hojas técnicas de materiales.....	93

3.3.	Equipo de protección personal .....	94
3.3.1.	Equipo de protección respiratoria.....	94
3.3.2.	Equipo de protección de cuerpo.....	103
3.3.3.	Equipo de protección de manos .....	106
3.4.	Análisis de la evaluación .....	107
4.	DISPOSICIÓN Y MANEJO DE DESECHOS Y RESIDUOS .....	109
4.1.	Residuos producidos por el proceso productivo.....	109
4.1.1.	Producto no conforme con estándares de calidad .....	109
4.1.2.	Merma de inicio de proceso de extrusión.....	110
4.1.3.	Merma de finalización de proceso de embobinado y extrusión .....	111
4.1.4.	Bolsa de polietileno que contenía resina virgen ....	112
4.2.	Desechos sólidos .....	113
4.2.1.	Empaque primario y secundario de agentes activos .....	113
4.2.2.	Equipo de protección personal descartable.....	114
4.3.	Aguas residuales.....	115
4.3.1.	Aguas residuales de tipo especial .....	116
4.3.2.	Aguas residuales de tipo ordinario .....	117
4.4.	Disposición y manejo de desechos y residuos sólidos.....	118
4.4.1.	Desechos sólidos .....	118
4.4.2.	Residuos sólidos .....	120
4.5.	Disposición y manejo de aguas residuales .....	121
4.5.1.	Aguas residuales de tipo especial .....	122
4.5.2.	Aguas residuales de tipo domiciliar .....	123



5.	ANÁLISIS COSTO BENEFICIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES AMBIENTALES .....	125
5.1.	Costo de controles ambientales.....	125
5.1.1.	Costo de ambientes controlados .....	125
5.1.2.	Costo de controles ambientales administrativos...	129
5.1.3.	Costo de equipo de protección personal .....	131
5.2.	Beneficios económicos de los controles ambientales.....	132
5.2.1.	Obligación legal económica por daños ambientales. ....	133
5.2.2.	Obligación legal económica por afecciones en un colaborador.....	134
5.3.	Relación costo–beneficio de la implementación de los controles ambientales.....	135
	CONCLUSIONES .....	137
	RECOMENDACIONES .....	141
	BIBLIOGRAFÍA.....	143
	ANEXOS .....	145



## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

### FIGURAS

1.	Banco de extracción puntual .....	55
2.	Parte frontal de succionadores.....	56
3.	Campana y ducto de extracción sobre máquina erema .....	57
4.	Señalización vertical de uso obligatorio de equipo de protección .....	62
5.	Vista frontal portón de ingreso área de peletización.....	63
6.	Vista frontal de tomas de presión negativa de aire.....	63
7.	Ducto extractor instalado sobre pileta .....	64
8.	Sección lateral izquierda de ducto de presión positiva.....	68
9.	Sección lateral derecha de ducto de presión positiva .....	69
10.	Ventilador axial de extracción mecánica .....	69
11.	Campana uno y dos de extracción .....	70
12.	Campana tres y cuatro de extracción.....	71
13.	Transporte pesado que entrega agente activo .....	76
14.	Agente activo estibado en <i>racks</i> .....	77
15.	Pesado de agente activo en balanza analítica .....	78
16.	Recipiente para realizar calentamiento de agente activo .....	79
17.	Dosificación de mezcla a saco tipo jumbo.....	80
18.	Saco tipo jumbo completamente lleno con mezcla.....	81
19.	Saco tipo jumbo con mezcla, instalado para liberar material.....	82
20.	Proceso de peletización de agente activo .....	83
21.	Silos que almacenan peletizado.....	84
22.	Sellado de sacos con peletizado .....	85
23.	Tarima con sacos de peletizado disponible para extrusión .....	86

24.	Proceso de extrusión de película impregnada de agente activo .....	87
25.	Película embobinada posterior a proceso de extrusión .....	88
26.	Película posterior a proceso de conversión .....	88
27.	Bulto de película impregnada empacada .....	89
28.	Camión utilizado para transportar producto terminado .....	90
29.	Ilustración de uniforme utilizado en el turno.....	104
30.	Equipo industrial utilizado en proceso de lavandería .....	105
31.	Químicos utilizados en proceso de lavandería.....	105
32.	Guantes de nitrilo utilizados como protección corporal.....	107
33.	Película impregnada de pesticida en proceso de extrusión .....	110
34.	Película merma de proceso de arranque y finalización.....	111
35.	Bolsa de polietileno que contenía resina .....	112
36.	Toneles que contienen agente activo clorpirifos .....	113
37.	Tonel que contiene agente activo bifentrina.....	114
38.	Pileta para choque térmico .....	116
39.	Lavadoras y secadoras utilizadas en lavandería .....	117
40.	Empaque primario clorpirifos .....	119
41.	Empaque secundario clorpirifos y bifentrina .....	120
42.	Material repeletizado acumulado en saco.....	121
43.	Acceso a poso de absorción .....	123
44.	Extracción de muestras a fosa séptica número uno .....	124

## **TABLAS**

I.	Mediciones de clorpirifos en área de mezclas .....	58
II.	Mediciones de bifentrina en área de mezclas .....	59
III.	Medición de clorpirifos en peletización .....	65
IV.	Medición de bifentrina en peletización .....	65
V.	Medición de clorpirifos en extrusión de película.....	72

VI.	Medición de bifentrina extrusión de película .....	72
VII.	Concentración de material particulado en ambientes.....	74
VIII.	Resumen de riesgos por tarea y área .....	90
IX.	Respiradores y factor de protección.....	95
X.	Cálculo de tasa de riesgo para clorpirifos por área .....	97
XI.	Comparación nivel de protección de Epp y tasa de riesgo por clorpirifos.....	98
XII.	Cálculo de tasa de riesgo para bifentrina por área.....	98
XIII.	Comparación nivel de protección de Epp y tasa de riesgo por bifentrina .....	99
XIV.	Número de uniforme y uso .....	104
XV.	Costo de instalación de equipos en mezclas y compuestos.....	125
XVI.	Consumos y costos energéticos correspondientes a equipo de mezclas y compuestos .....	126
XVII.	Costo de instalación equipos peletización.....	127
XVIII.	Costos y consumo energético de equipo de peletización.....	127
XIX.	Costo de instalación de equipo de extrusión de película con pesticida.....	128
XX.	Costos y consumo energético de equipo de extrusión de película con pesticida .....	128
XXI.	Costos de identificación de tareas críticas .....	129
XXII.	Costos de elaboración de procedimientos para tareas críticas .....	129
XXIII.	Costos de obtención e interpretación de hojas técnicas de materiales.....	130
XXIV.	Costos de manejo de desechos sólidos .....	130
XXV.	Costos de equipo de protección personal .....	131
XXVI.	Resumen de costos de los controles ambientales .....	132
XXVII.	Resumen de beneficios económicos evitados por la existencia de controles ambientales .....	134

XXVIII.	Cálculo de beneficio costo .....	136
---------	----------------------------------	-----

## LISTA DE SÍMBOLOS

<b>Símbolo</b>	<b>Significado</b>
<b>Hp</b>	Caballos de fuerza
<b>Kwh</b>	Kilowatts hora
<b>m</b>	Metro
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado
<b>m<sup>3</sup></b>	Metro cúbico
<b>mg</b>	Miligramo
<b>Rpm</b>	Revoluciones por minuto





## GLOSARIO

<b><i>Blower</i></b>	Soplador de aire de tipo mecánico, otorga una presión de aire considerable a un ambiente de trabajo o un proceso de termo formado.
<b><i>Batch</i></b>	Corrida de producción.
<b>Colinesterasa</b>	Enzima encargada, principalmente, de regular algunas funciones hepáticas en el cuerpo humano.
<b>Embobinado</b>	Proceso de enrollar determinado material, regularmente se encuentra en forma de película alrededor de algún tipo de carrete o centro que permitirá su manipulación y traslado.
<b>Esterasas</b>	Cualquier enzima que cataliza la hidrólisis de un éster en alcohol y ácido.
<b>Extrusor</b>	Máquina utilizada en el proceso de obtención de película plástica, empujando el material contra una matriz que tiene un orificio con la forma del plástico a obtener.
<b>Homogénea</b>	Formado por elementos con características comunes, referidas a su clase o naturaleza, lo que

permite establecer entre ellos una relación de semejanza y uniformidad.

**Horquillas**

Mecanismo de enganche entre el montacargas y la carga a levantar, se introducen debajo de la tarima.

**Lanza**

Especie de boquilla del succionador que se encuentra introducida dentro del recipiente que contiene a granel el material a succionar.

***Masterbatch***

Encapsulación de material con determinado porcentaje de concentración.

***Mezanine***

Piso intermedio que se coloca en recintos de suficiente altura y puede estar fabricado de madera, metal o cualquier otro material lo suficientemente resistente.

**Mezcla**

Surge de la incorporación de distintas sustancias sin interacción química a un todo.

***Pelet***

Denominación genérica utilizada para referirse a pequeñas porciones de material aglomerado o comprimido.

**Polvo**

Conjunto de partículas diminutas que flotan en el aire y se depositan sobre los objetos formando una capa de suciedad.

<b>Resina</b>	Sustancia orgánica de consistencia pastosa, pegajosa, transparente o translúcida, que se solidifica en contacto con el aire; es de origen vegetal, también se obtiene artificialmente mediante reacciones de polimerización.
<b>Tolva</b>	Dispositivo que asegura el flujo constante del material que se desea hacer pasar por el proceso de extrusión, ya que tiene la capacidad de almacenamiento temporal de determinada cantidad del material en mención.
<b>Transvasar</b>	Pasar un material de un recipiente a otro.



## RESUMEN

La Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas pertenece a una industria productora de plásticos agrícolas, que provee de soluciones en plásticos a empresas productoras a gran escala de frutos, tanto para el consumo nacional como para la exportación. La unidad productora utiliza como materia prima el polietileno, pesticidas o agentes activos y algunos otros aditivos para complementar las distintas mezclas.

Las cuatro áreas principales del proceso para la obtención del polietileno con pesticidas son: preparación de la mezcla, peletización o encapsulación, extrusión de película impregnada de pesticida y finalmente, la conversión de la película en los distintos productos.

Durante estas cuatro fases del proceso productivo es necesario contar con una serie de controles ambientales, para evaluar lo establecido por la Unidad productora se debieron establecer las definiciones y características de los materiales utilizados, así como los cumplimientos técnicos y legales requeridos por la legislación guatemalteca, ya que en este contexto legal se verificó el cumplimiento; evaluando principalmente, tres controles ambientales: las medidas de ingeniería, administrativas y de equipo de protección personal.

Evaluando específicamente:

- Las áreas de trabajo
- Equipos instalados
- Equipo de protección personal

- Tareas críticas
- Disposición y manejo de residuos, desechos y aguas residuales

Comparando, finalmente, el beneficio costo obtenido para la Unidad productora al disponer de estos controles ambientales en su funcionamiento.

## **OBJETIVOS**

### **General**

Evaluar los controles ambientales en la Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas, determinando si cumplen con los parámetros establecidos.

### **Específicos**

1. Identificar las secciones de la legislación guatemalteca sobre el medio ambiente, relacionada con la fabricación de pesticidas que se han cumplido por la Unidad de Producción.
2. Determinar si las instalaciones físicas cumplen con los requerimientos del medio ambiente para el uso y manejo de pesticidas.
3. Analizar los puntos críticos durante el proceso productivo que presentan riesgos ambientales.
4. Establecer si el equipo de protección personal actualmente utilizado en la Unidad de producción, es el correcto para realizar las operaciones.
5. Verificar la disposición y manejo de desechos sólidos y líquidos derivados del proceso productivo de polietileno con pesticidas.

6. Determinar el costo beneficio de la implementación de controles ambientales *versus* obligaciones legales derivado de los efectos ambientales.



## INTRODUCCIÓN

La Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas es un negocio relevante para la planta productora de plásticos agrícolas, ya que representa una producción anual de más de 350 toneladas de productos vendidos. Le permite estar a la vanguardia al ofrecer a sus clientes, quienes son productores de frutos tropicales, tanto en Guatemala como en la región latinoamericana, así como disponer de una serie de soluciones para el control de plagas en sus plantaciones.

La producción del polietileno con pesticidas requiere de cuatro actividades principales: la preparación de la mezcla que contiene pesticida, la encapsulación en esferas del agente activo, la extrusión de película impregnada del pesticida y la conversión de esta película en bolsas perforadas o tiras impregnadas, que serán instaladas en las plantaciones agrícolas.

Durante esta serie productiva es necesario implementar controles ambientales que permitan la dirección, disminución, y de ser posible, la eliminación de los impactos y consecuencias hacia el entorno y la vida humana.

La evaluación para la Unidad de Producción se basa en la observación de tres controles ambientales: de ingeniería, que comprenden la infraestructura y los componentes de los ambientes controlados; administrativos, que comprenden la identificación y análisis de las tareas críticas y uso de hojas técnicas y de seguridad de los productos; de equipo de protección personal, que funcionan como la última barrera entre el personal y la exposición directa a los materiales.

En el primer capítulo se establecen los conceptos de pesticidas, riesgos y controles ambientales que incluye el delimitar los tipos de pesticidas utilizados dentro de la Unidad de Producción, identificación de los efectos en la salud y el ambiente por el uso de estos agentes activos y la descripción de algunos controles ambientales utilizados en industrias similares, que manipulan pesticidas y agentes activos.

En el capítulo dos se establece el marco legal que aplica para las operaciones de la Unidad de Producción y que debe ser cumplido para enmarcar las operaciones en un ambiente seguro y saludable, tanto para los colaboradores expuestos directamente, indirectamente y el entorno que rodea a la industria productora de plásticos agrícolas. Asimismo, se definen los parámetros legales bajo los cuales deben de realizarse la disposición y manejo de los residuos y desechos generados por las actividades de la Unidad de Producción.

El capítulo tres se enfoca en evaluar los controles ambientales implementados en las tareas y actividades de la Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas. Asimismo, los equipos instalados dentro de las tres fases y comparar los resultados de mediciones de concentraciones de agentes activos con la eficacia del equipo.

Se identificaron las tareas críticas y los riesgos ambientales dentro del proceso, resumiéndolos en un cuadro con el control implementado y el uso e interpretación de hojas de seguridad. Finalmente se analizan las características y capacidades del equipo de protección respiratorio y corporal usado por los colaboradores en el área.

En el capítulo cuatro se analiza la correcta disposición y manejo de los desechos y residuos industriales, así como la disposición y manejo de aguas residuales que pueden funcionar como dispersores de los efectos de los pesticidas.

En el capítulo cinco se recopilan, por medio de tablas, los costos de los equipos de renovación mecánica para los ambientes controlados y el consumo energético aplicable. Se identifican los costos por implementar controles administrativos al proceso, como la identificación de las tareas críticas y la elaboración de procedimientos, para ello se elabora también, un cuadro de los costos en que se incurre para proveer del equipo de protección personal a los colaboradores del área.

Posteriormente se establecen las obligaciones económicas a las cuales podría estar sujeta la planta productora de plásticos agrícolas, de no contar con los controles ambientales, comparando finalmente, por medio de un análisis beneficio costo, los controles ambientales *versus* los beneficios económicos que serán las obligaciones económicas evitadas.



# **1. PESTICIDAS, RIESGOS Y CONTROLES AMBIENTALES**

## **1.1. Definición de pesticidas**

“Sustancia o mezclas de sustancias, de carácter orgánico o inorgánico, que está destinada a combatir insectos, ácaros, roedores y otras especies indeseables de plantas y animales”<sup>1</sup>.

Estas especies de organismos son perjudiciales para el hombre e interfieren de cualquier otra forma en la producción, elaboración, almacenamiento, transporte o comercialización de alimentos, productos agrícolas, madera y productos de madera o alimentos para animales.

También se le conoce como pesticidas, a aquellos que pueden administrarse a los animales para combatir insectos arácnidos u otras plagas en o sobre sus cuerpos.

Cabe señalar que la palabra pesticida es sinónimo del término plaguicida, el cual hace referencia a los mismos productos.

---

<sup>1</sup>Organización Mundial de la Salud. Organización de las Naciones Unidas. [http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte\\_2/plaguicidas.html](http://www.biol.unlp.edu.ar/toxicologia/seminarios/parte_2/plaguicidas.html). Consulta: 10 de septiembre de 2014.

### **1.1.1. Tipos de pesticidas**

Se clasifican en cuatro grandes grupos: los minerales, herbicidas, funguicidas y rodenticidas. En el caso de los minerales se encuentran los orgánicos de síntesis, a base de aceites minerales y los de origen vegetal.

Los herbicidas pueden ser minerales, orgánicos o de otros tipos. Los funguicidas de minerales, organometálicos y orgánicos. Finalmente, los rodenticidas pueden ser derivados cumarínicos e inorgánicos.

Por sus propiedades fisicoquímicas, las cuales determinan la cinética ambiental del pesticida pueden ser:

- Organofosforados
- Organoclorados
- Carbamatos
- Piretroides

### **1.1.2. Pesticidas organofosforados, organoclorados, carbamatos y piretroides**

- Organofosforados

Sustancias biodegradables en la naturaleza, sin tendencia a acumularse en las grasas del organismo, pero con gran actividad neurotóxica que va a producir intoxicaciones agudas de gravedad. Son los insecticidas, junto con los carbamatos y piretroides, más ampliamente utilizados en la actualidad.

Los insecticidas organofosforados actúan combinándose con gran afinidad con cierto tipo de esterasas, con la consecuencia de su inactivación. Esta reacción, en el contexto de la fisiología de sus funciones, es irreversible. Los organofosforados son fuertemente inhibidores de la colinesterasa.

- Organoclorados

Constituyen un grupo de sustancias, muy heterogéneo, teniendo en común la presencia de estructuras monocíclicas o policíclicas con distinto número de sustituyentes cloro. Poseen acción neurotrópa, aunque no se conoce bien el mecanismo sobre el sistema nervioso. A largo plazo, inducen las enzimas microsomales hepáticas. Son inductores en cantidades residuales, del orden de las que pueden estar acumuladas en el tejido adiposo.

- Carbamatos

Forman parte de una gran familia de plaguicidas, entre los que se hallan herbicidas, fungicidas e insecticidas. Todos ellos derivan del ácido carbámico.

Es equivalente al mecanismo de acción de los organofosforados, uniéndose a las colinesterasas e inactivándolas. Pero esta unión es reversible espontáneamente en menos de una hora, de manera que en el curso de una intoxicación aguda por carbamatos se manifiestan los mismos signos y síntomas de la intoxicación por organofosforados, pero con un curso más rápido hacia la recuperación.

- Piretroides

“Son un grupo de pesticidas artificiales desarrollados para controlar preponderantemente las poblaciones de insectos plaga”<sup>2</sup>.

Su acción, como casi todos los insecticidas, es a nivel sistema nervioso, generando una alteración de la transmisión del impulso nervioso. Al contrario de los organoclorados, los carbamatos y los organofosforados, no existen muchos casos de resistencia de insectos a piretroides. Sin embargo, como con todos los insecticidas, es recomendable un uso moderado de los mismos alternando los distintos tipos de insecticidas y usando las cantidades mínimas necesarias.

### **1.1.3. Pesticida clorpirifos**

Insecticida sólido blanco de apariencia cristalina y de aroma fuerte. No es muy soluble en agua, de manera que, generalmente se mezcla con líquidos aceitosos antes de aplicarse a cosechas o a animales. También se puede aplicar a cosechas en forma de cápsulas.

Clorpirifos se suministra, normalmente en forma de concentrado líquido de 23,5 % o 50 %. La concentración recomendada en EE.UU., para la aplicación por pulverización directa de alfiler es de 0,5 % y para la aplicación de una amplia zona 0,03–0,12 %.

---

<sup>2</sup> HAYES, W.J. Jr. 1975.- *Toxicology of pesticides*. The Williams and Wilkins Company, USA. Disponible en <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/Piretroides.htm>. Consulta: 12 de septiembre 2014.



#### 1.1.4. Pesticida bifentrina

Insecticida piretroide usado, principalmente contra la hormiga roja de fuego importada, influyendo en su sistema nervioso. Tiene una alta toxicidad para los organismos acuáticos. A pesar de que está catalogado como el uso de químicos restringidos en los Estados Unidos, se permite ser vendido para el uso diario, siempre que este producto tenga una baja concentración de bifentrina. La química ha sido descubierta y desarrollada por *FMC Corporation*.

“Es poco soluble en agua y, a menudo permanece en el suelo. Su vida media residual en el suelo es entre 7 días y 8 meses, dependiendo del tipo de suelo, con una movilidad baja en la mayoría de tipos de suelo. La bifentrina tiene el tiempo residual más largo en el suelo de los insecticidas actualmente en el mercado. Es un sólido blanco, ceroso con un olor dulce y vago. Se sintetiza químicamente en diversas formas, incluyendo en polvo, gránulos y pellets. Sin embargo, no es de origen natural”<sup>3</sup>.

Los piretroides son sustancias quirales y, por lo tanto es bifentrina. Esto significa que hay diferentes enantiómeros que pueden tener efectos completamente diferentes sobre el cuerpo humano, que es un entorno quiral. Bifentrina se encuentra en 2 enantiómeros: 1S-cis-bifentrina y 1R-cis-bifentrina. 1S-cis-bifentrina es 3-4 veces más tóxico para los humanos que 1R-cis-bifentrina, mientras que el segundo es más de 300 veces eficaz como plaguicida.

---

<sup>3</sup> Definición de piretroides y piretrinas, bifentrina. Disponible en [http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article\\_104515.html](http://centrodeartigos.com/articulos-utiles/article_104515.html). Consulta: 13 de septiembre 2014.

## **1.2. Medio ambiente y pesticidas**

Los pesticidas pueden ser útiles en el tratamiento de plagas, como en el control de especies de plantas u otros organismos o microorganismos invasivos que amenazan los hábitats nativos, producción agrícola y agropecuaria. Pero el uso incorrecto o imprudente de pesticidas puede dañar el medio ambiente, esto como resultado de la pérdida de control sobre los efectos colaterales de los usos de estos y los posibles daños que se puedan provocar a mantos acuíferos y a su fauna, fauna en general o a los seres humanos que pueden entrar en contacto con ellos, ya sea de manera directa o indirecta.

### **1.2.1. Contaminación ambiental producida por pesticidas**

“En los plaguicidas o pesticidas se incluyen gran variedad de microcontaminantes orgánicos que tienen efectos ecológicos. Las distintas categorías de plaguicidas tienen diferentes tipos de repercusión en los organismos vivos, por lo que es difícil hacer afirmaciones generales. Aunque los plaguicidas tienen sin duda efectos en la superficie terrestre, el principal medio de daños ecológicos es en el agua, contaminada por la escorrentía de los plaguicidas. Los dos mecanismos más importantes son la bioconcentración y la bioampliación”<sup>4</sup>.

Bioconcentración: movimiento de un producto químico, desde el medio circundante hasta el interior de un organismo. El principal sumidero de algunos plaguicidas es el tejido graso (lípidos).

---

<sup>4</sup> Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y Alimentación (FAO). Departamento de Desarrollo Sostenible. *Los plaguicidas en cuanto a contaminantes del agua*. <http://www.fao.org/docrep/w2598s/w2598s06.htm>. Consulta: 13 de septiembre de 2014.

Algunos plaguicidas, como el DDT, son lipofílicos; lo que quiere decir, que son solubles y se acumulan en el tejido graso, como el tejido comestible de los peces y el tejido graso humano. Otros plaguicidas, como el glifosato, se metabolizan y eliminan a través de las excreciones.

Bioampliación: con este término se designa la concentración creciente de un producto químico a medida que la energía alimentaria se transforma dentro de la cadena trófica. En la medida en que los organismos pequeños son devorados por los mayores, la concentración de plaguicidas se amplía de forma considerable en el tejido y en otros órganos. Pueden observarse concentraciones muy elevadas en los depredadores que se encuentran en el ápice de esa cadena, incluido el ser humano.

Los efectos ecológicos de los plaguicidas (y otros contaminantes orgánicos) son muy variados y están con frecuencia interrelacionados. Se considera que los efectos producidos en los organismos y en el medio ambiente constituyen una advertencia de las posibles repercusiones en la salud humana. Los principales tipos de efectos son los que se enumeran a continuación, y varían según el organismo sometido a investigación y el tipo de plaguicida. Los distintos plaguicidas provocan efectos muy diferentes en la vida acuática, por lo que es difícil formular afirmaciones de alcance general. Lo importante es que muchos de estos efectos son crónicos (no letales), pasan con frecuencia desapercibidos al observador superficial, y sin embargo, tienen consecuencia en toda la cadena trófica. Esos efectos son los siguientes:

- Muerte del organismo.
- Cánceres, tumores y lesiones en peces y animales.
- Inhibición o fracaso reproductivo.
- Supresión del sistema inmunitario.

- Perturbación del sistema endocrino (hormonal).
- Daños celulares y en el ADN.
- Efectos teratogénicos (deformidades físicas, como las que se observan en el pico de algunas aves).
- Problemas de salud en los peces revelados por el bajo coeficiente entre células rojas y blancas, el exceso de mucílago en las escamas y agallas entre otros.
- Efectos intergeneracionales (que solo se observarán en las generaciones futuras del organismo).
- Otros efectos fisiológicos, como disminución del grosor de la cáscara de los huevos, entre otros.

Los efectos ecológicos de los plaguicidas van más allá de los organismos individuales y pueden afectar a los ecosistemas. Según estudios realizados en Suecia, la aplicación de plaguicidas es uno de los factores que más influyen en la biodiversidad. Se ha informado que el continuado descenso de la población de perdices suecas está vinculada a los cambios en el aprovechamiento de la tierra y a la utilización de medios químicos de lucha contra las malas hierbas. Estos últimos tienen el efecto de reducir el hábitat, disminuir el número de especies de malas hierbas y desplazar el equilibrio de especies en la comunidad vegetal. Estos estudios revelan también, la influencia de los plaguicidas en la fertilidad de los suelos, incluyendo la inhibición de la nitrificación con la consiguiente merma de la fijación de oxígeno por las plantas. Se indica además, que los plaguicidas influyen negativamente en los microorganismos del suelo que son causantes de la degradación microbiana de la materia vegetal (y de algunos plaguicidas) y de la estructura del suelo.

### **1.2.2. Bioacumulación de pesticidas**

Proceso de acumulación de ciertos productos dentro de los organismos.

Los plaguicidas llegan al medio ambiente (agua, suelo y atmósfera), por diversas rutas, debido a las aplicaciones que se hacen de estos en los campos agrícolas y zonas forestales, en las ciudades, en los caminos, en los puertos y aduanas, y a las descargas de residuos peligrosos y emisiones tóxicas ocurridas durante su producción industrial.

Estas sustancias químicas no solo afectan el lugar donde se aplican, sino que también perjudican otros sitios al ser transportados por la deriva o arrastre de sus aplicaciones aéreas y fumigaciones al suelo y estructuras urbanas; por deposición de sus partículas atmosféricas en el aire, la lluvia, neblina o nieve; por su viaje a través de las cadenas alimenticias y por las escorrentías y filtraciones de los agro tóxicos en las aguas superficiales y profundas.

Parte de los problemas ambientales causados por los plaguicidas se debe a su persistencia, es decir, la capacidad que tienen de permanecer en el ambiente por tiempo prolongado días e incluso años, sin degradarse por la acción del sol, por microorganismos, o por los cambios de su estructura química.

La persistencia de un plaguicida se expresa indicando su vida media, esto indica el tiempo necesario para que la mitad del residuo desaparezca bajo condiciones normales, por ejemplo, si la vida media es de 100 días, la mitad de la sustancia estará presente como residuo 100 días después de la aplicación, una cuarta parte estará 200 y una octava parte 300 días.

La persistencia de un plaguicida puede variar de acuerdo a la dosis, la formulación usada y las características del ambiente, por lo que su duración se expresa, generalmente en un rango de ligera, poca, moderada, alta o permanente.

- La bioacumulación y los organoclorados

Los plaguicidas del grupo de los organoclorados (porque en su molécula contienen átomos de cloro) van a tener la posibilidad de disolverse y concentrarse en los tejidos grasos de los animales, a este fenómeno se le conoce como bioacumulación. Esta concentración puede aumentar cientos y hasta miles de veces en la medida que pasan a otros eslabones de la cadena alimenticia hasta llegar al ser humano; a este proceso se le conoce como biomagnificación.

“No importa qué pequeñas cantidades de plaguicidas clorados se viertan al ambiente, tarde o temprano acabarán concentrándose y biomagnificándose en la grasa de los peces, ganado, productos lácteos, hasta llegar a los humanos y con ello causan daño a la salud de los seres vivos o al medio ambiente”<sup>5</sup>.

Ejemplos de plaguicidas organoclorados de la primera generación son; DDT, aldrín, endrín, dieldrín, clordano, toxafeno, que ya están prohibidos en varios países, pero aún están autorizados otros como: lindano, endosulfan y pentaclorofenol.

---

<sup>5</sup> BEJARANO, Fernando. *Persistencia y Bioacumulación de Plaguicidas*. Texcoco México 2002. [http://www.caata.org/persistencia\\_y\\_bioacumulacin\\_de\\_plaguicidas.html](http://www.caata.org/persistencia_y_bioacumulacin_de_plaguicidas.html). Consulta: 15 de septiembre de 2014.

Algunos autores consideran que hay una segunda generación de plaguicidas clorados, es decir, que cuentan con uno o más átomos de cloro en su molécula, aunque toxicológicamente son clasificados como insecticidas organofosforados y herbicidas de otros grupos toxicológicos. La presencia de cloro en su molécula les da mayor persistencia y movilidad en el medio ambiente, por lo que se han encontrado plaguicidas como atrazina, clorpirifos, endosulfán, clorotalonil, metolaclor y terbufos incluso en el aire, la lluvia y la neblina.

A pesar de su reputación, los plaguicidas clorados de la segunda generación son también persistentes y tóxicos, aunque en menor medida que los de la primera generación. Los herbicidas del grupo de las triazinas (que incluye a la atrazina, cianizina y simazina) y las acetanilidas (alaclor, metolaclor, y acetoclor) son los que han recibido más atención. La atrazina puede persistir en el aire y agua por grandes períodos, particularmente en climas fríos. Un estudio encontró que después de 70 días, menos del 1 por ciento de la atrazina se degradó completamente en agua, 80 % permaneció intacta y el 19 % restante se transformó en otros productos clorados. Alaclor permanece de 6 a 10 semanas en el suelo, esto es suficiente tiempo para que pueda entrar en el agua subterránea, donde tiene una vida media de cinco años. Dada su persistencia moderada y su gran uso, ambos compuestos junto con el herbicida clorado 2,4-D son de los más frecuentes en agua potable, agua subterránea, lluvia y niebla en los Estados Unidos y Europa.

En particular, la inhibición de las colinesterasa es la que va a derivar en los síntomas y signos de la intoxicación aguda. El papel fisiológico de la colinesterasa consiste en la hidrólisis de la acetilcolina, mediador químico en la transmisión del impulso nervioso. Se acumulan así grandes cantidades de acetilcolina en las sinapsis.

Existen dos tipos de colinesterasa: la colinesterasa verdadera, presente en eritrocitos y tejido nervioso y la pseudocolinesterasa presente en suero o plasma.

Provocando entonces, bioacumulación y carcinogénesis (organoclorados) y por otra parte, el alto efecto tóxico en organismos no plaga y en mamíferos (carbamatos y organofosforados).

### **1.2.3. Efectos en la salud y el ambiente por uso de clorpirifos**

El clorpirifos puede entrar en el cuerpo por la boca, los pulmones y la piel. Después de ser bebido o ingerido, pasa rápidamente de los intestinos al torrente sanguíneo, el cual lo distribuye al resto del cuerpo. El clorpirifos, también puede entrar al cuerpo por los pulmones al respirar productos aerosoles o polvo que lo contienen; cuando entra de esta manera, pasa rápidamente a la sangre. También puede entrar al cuerpo por la piel, pero la probabilidad de exposición a niveles perjudiciales de clorpirifos por este medio es menor que por la inhalación o vía oral, debido a que la cantidad que entra por la piel es relativamente pequeña (menos del 3 % de lo que entró en contacto con la piel).

La exposición cutánea representa un mayor riesgo para la salud de los bebés que la de los adultos, debido a la textura de la piel de estos y debido a que, al gatear o acostarse en áreas que fueron rociadas con esta sustancia, exponen una mayor cantidad de piel al clorpirifos. Los bebés que gatean en áreas recientemente fumigadas con clorpirifos pueden, también estar expuestos a mayores cantidades de esta sustancia por la inhalación de sus vapores.



En las personas, la exposición por poco tiempo (un día) a niveles bajos (miligramos) de clorpirifos puede causar mareos, fatiga, secreción nasal, lagrimeo, salivación, náusea, molestia intestinal, sudor y cambios en el ritmo cardíaco. La exposición oral de corta duración a niveles más altos (gramos) de clorpirifos puede causar parálisis, convulsiones, desmayos y muerte. Los informes, también muestran que la exposición al clorpirifos por poco tiempo puede causar debilidad muscular en las personas, semanas después de la desaparición de los síntomas originales. Otras consecuencias de la exposición al clorpirifos abarcan cambios de conducta o hábitos de sueños, cambios de humor y efectos en el sistema nervioso y en los músculos de las extremidades (que pueden manifestarse a través de sensaciones extrañas como insensibilidad u hormigueo o como debilidad muscular).

#### **1.2.4. Efectos en la salud y el ambiente por uso de bifentrina**

Las piretrinas y los piretroides se liberan, principalmente al aire debido a su uso como insecticidas. En algunas ocasiones se rocían sobre cosechas desde aviones o helicópteros o se rocían desde camiones, tractores o aplicadores manuales. También se usan para controlar insectos voladores, como por ejemplo: moscas y mosquitos, en animales domésticos y el ganado. Estos compuestos también se encuentran en bombas de aerosol y rocíos que pueden ser usados en el interior de viviendas. Las piretrinas pueden ser liberadas en forma natural por las flores de crisantemos, pero estas liberaciones son bajas comparadas con las cantidades usadas en forma de insecticidas comerciales. Las fábricas que manufacturan estos productos, también pueden liberarlos al ambiente durante el proceso de manufactura.

En el aire, las piretrinas y muchos de los piretroides son degradados rápidamente por la luz solar o por otros compuestos que se encuentran en la atmósfera. A menudo duran solamente 1 o 2 días en el aire antes de ser degradados. La lluvia y la nieve ayudan a remover del aire a los piretroides que no son degradados rápidamente. Debido a que muchos de estos compuestos son extremadamente tóxicos para los peces; generalmente no se rocían directamente sobre el agua, sin embargo, pueden entrar a los lagos, lagunas, ríos y arroyos a través de la lluvia o de agua de escorrentía proveniente de terrenos agrícolas.

Estos compuestos se adhieren fuertemente al suelo y generalmente, no son muy móviles en el suelo. Las piretrinas y los piretroides no son incorporados fácilmente por las raíces de las plantas y la vegetación porque se adhieren firmemente al suelo; sin embargo, a menudo se rocían directamente sobre cosechas y plantas, de manera que pueden encontrarse en hojas, frutas y hortalizas. Debido a que estos compuestos se adhieren firmemente al suelo, generalmente no se filtran al agua subterránea, no contaminan los suministros de agua potable, y se volatilizan lentamente de la superficie del suelo. Estos compuestos eventualmente son degradados por los microorganismos presentes en el suelo y el agua. También pueden ser degradados por la luz solar en la superficie del agua, el suelo o las plantas. Sin embargo, algunos de los piretroides que se han desarrollado recientemente pueden persistir en el ambiente durante meses antes de ser degradados.

Las piretrinas y los piretroides generalmente entran al cuerpo cuando la gente ingiere alimentos contaminados con estas sustancias. También pueden entrar al cuerpo al respirar aire que contiene estos compuestos o a través de contacto de la piel cuando se usan insecticidas caseros que contienen piretrinas y piretroides.

Estas sustancias son absorbidas por el cuerpo cuando ingiere alimentos contaminados o cuando respira aire contaminado, pero no se absorben fácilmente a través de la piel cuando se toca suelo o vegetación contaminada, o insecticidas que contienen estos compuestos. Algunos repelentes de insectos que se aplican a la piel contienen piretrinas o piretroides, además de contener otra sustancia química llamada DEET, que puede permitir que las piretrinas o piretroides penetren al cuerpo con más facilidad. Las piretrinas y los piretroides pueden entrar al cuerpo si toma agua contaminada con estos compuestos, pero debido a que raramente se encuentran en el agua potable, el agua es una ruta de exposición de poca importancia. También pueden ocurrir exposiciones accidentales a piretrinas o piretroides, si estos plaguicidas se usan en forma impropia. Las piretrinas y los piretroides que entran al cuerpo lo abandonan rápidamente, principalmente en la orina, pero también en las heces y el aliento. Estos compuestos también son degradados por el cuerpo a otras sustancias llamadas metabolitos.

La concentración de estas sustancias en la orina aumenta a medida que la exposición aumenta. Si los niveles de exposición son muy altos, o si la exposición es prolongada, las piretrinas y los piretroides pueden acumularse en el tejido graso y pueden permanecer en el cuerpo por un tiempo más prolongado. Ciertos tipos de piretroides, también pueden ser retenidos durante mucho tiempo en la piel y el cabello.

Una manera para determinar si una sustancia química perjudicará a una persona es averiguar si la sustancia es absorbida, usada y liberada por el cuerpo. En el caso de ciertas sustancias químicas puede ser necesario experimentar en animales.

Las piretrinas y los piretroides interfieren con el funcionamiento normal de los nervios y el cerebro. Si una gran cantidad de piretrinas o piretroides entra en contacto con la piel, se puede experimentar sensaciones de adormecimiento, comezón, ardor, escozor, hormigueo o calor que pueden durar horas. Es improbable la exposición a estas sustancias a través de los alimentos, el aire o la piel en cantidades que puedan causar otros problemas. Sin embargo, si entraran al cuerpo cantidades muy altas de estas sustancias, puede que se experimente mareo, dolores de cabeza y náusea que pueden durar varias horas. Cantidades más altas pueden causar temblores musculares, pérdida de energía y alteraciones de la conciencia.

Cantidades aun más altas pueden producir convulsiones y pérdida del conocimiento. Algunas personas que usaron productos que contenían piretrinas o piretroides sufrieron reacciones alérgicas. No hay ninguna evidencia de que las piretrinas o los piretroides producen defectos de nacimiento o de que afectan la capacidad para tener niños en seres humanos. Hay estudios en animales que sugieren que las piretrinas y los piretroides pueden ser capaces de producir cáncer en seres humanos, pero los resultados se obtuvieron en animales que comieron cantidades muy altas de piretrinas o piretroides de por vida.

Los estudios en animales expuestos a las piretrinas o piretroides han descrito efectos similares a los observados en personas expuestas a cantidades muy altas de estos compuestos. Además, la exposición a piretrinas o piretroides puede producir cáncer y puede afectar la capacidad de algunos animales para reproducirse.

Es probable que los niños expuestos a grandes cantidades de piretrinas o piretroides experimenten efectos similares a los observados en adultos. Si una gran cantidad de piretrinas o piretroides entrara en contacto con la piel de los niños, puede que experimenten sensaciones de adormecimiento, comezón, ardor, escozor, hormigueo o calor que pueden durar horas. Si cantidades muy altas de estas sustancias entraran al cuerpo de un niño, este puede que sufra mareo, dolor de cabeza y náusea que pueden durar varias horas. Cantidades aún más altas pueden causar temblores musculares, convulsiones y pérdida del conocimiento.

Es posible que los piretroides penetren la piel de los niños más fácilmente que la de los adultos. Los niños pequeños se deshidratan más fácilmente que los adultos cuando hacen ejercicio o están con gripe o resfriados o bajo condiciones que contribuyen a la pérdida de líquidos. Por lo tanto, los piretroides que penetran la piel pueden concentrarse más en los tejidos de los niños.

No hay ninguna evidencia de que las piretrinas o los piretroides producen defectos de nacimiento. En algunas crías de hembras expuestas a piretroides durante la preñez se observaron señales de posibles alteraciones del sistema para combatir infecciones. Hay algunas indicaciones de que los piretroides pueden afectar el desarrollo del cerebro en animales muy jóvenes.

### **1.3. Controles ambientales**

El equipo de control de la contaminación del aire para la industria se clasifica en dos categorías principales, de acuerdo con los tipos de contaminantes: partículas, gases y olores.

### **1.3.1. Equipo para el control de partículas y polvos**

Dado que las partículas y polvos están presentes en forma importante en la formulación seca de los plaguicidas, algunos de los equipos existentes, dependiendo de la necesidad, pueden ser incorporados a los procesos productivos.

- Partículas
  - Cámaras de sedimentación por gravedad
  - Separadores ciclónicos (centrífugos)
  - Colectores húmedos
  - Filtros de tela
  - Precipitadores electrostáticos
  
- Gases y olores
  - Adsorbedores húmedos
  - Torres de adsorción
  - Adsorbedores
  - Cama fija
  - Cama móvil
  - Incineradores
  
- Equipo para control de partículas

Las partículas son cualquier material, excepto agua no combinada, que existen en estado sólido o líquido en la atmósfera, en una corriente de gas en condiciones normales, y aunque representan aproximadamente el 10 % de los

contaminantes en el aire, el riesgo potencial por daños a la salud y el medio ambiente es alto. A continuación se describen los principales equipos utilizados en la industria para control de partículas.

- Cámara de sedimentación por gravedad

Es una cámara de expansión en donde la velocidad de la partícula es reducida a un valor tal, que esta puede asentarse por la acción de la fuerza de gravedad. Se utilizan para:

- Velocidades de asentamiento mayores de 25 pies/min
- Partículas mayores de 50 mm y baja densidad
- Partículas mayores de 10 mm y alta densidad
- Velocidades en el gas menores a 10 pies/seg

Existen dos tipos básicos de este equipo: expansión simple y etapas múltiples, además de otros tipos como separadores inerciales (con deflectores) y torres de esparado.

- Separadores ciclónicos (centrífugos)

Este equipo separa las partículas empleando la fuerza centrífuga generada, haciendo girar la corriente de aire, por lo que las partículas resbalan hasta llegar a la tolva de almacenamiento. La corriente de aire forma una espiral descendente que al llegar al cono forma una espiral ascendente de dimensiones menores.

Las principales características de este equipo son:

- Para tamaños de partículas mayores de 10 milímetros
- Eficiencias menores de 90 %
- La eficiencia disminuye rápidamente al disminuir el tamaño de la partícula.

- Colectores húmedos

Son equipos que utilizan líquidos para capturar o aumentar el tamaño de las partículas en las corrientes gaseosas sucias, con el propósito de dispersar la fase líquida a fin de obtener un buen contacto con la fase gaseosa. Las principales características de este equipo son:

- Incluye alguno o todos los mecanismos de remoción
- Flexibilidad en tamaños de partículas (submicrón-grueso)
- Facilidad en el manejo de lodos
- Tiene dimensiones menores
- Alto consumo de energía
- Remueve también, gases (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, HC)
- Poco mantenimiento (pocas partes móviles)
- Problema de disposición de lodos
- Emisiones de vapores

- Filtros de tela

Es una estructura porosa de material granular o fibroso que retiene las partículas contenidas en la corriente gaseosa que pasa a través de los espacios vacíos de la estructura. Los mecanismos por los cuales sucede esto son: impactación por inercia, intercepción directa y difusión.



Las principales características de los filtros de tela son:

- Alta eficiencia (90 %) en rango amplio de tamaño de partícula
  - Requiere limpieza frecuente
  - Varios métodos de limpieza y medios filtrantes
  - Capacidad de manejar diversos materiales
  - Requieren grandes espacios
  - Existe posibilidad de explosión
  - No se usan para gases húmedos
- Precipitadores electrostáticos

El funcionamiento de este equipo se basa en la atracción entre las partículas con una carga eléctrica y un electrodo colector con polaridad opuesta.

Las características principales de este equipo son:

- Capacidad para flujos grandes de gas
- Alta eficiencia (98 %) en partículas submicrónicas
- Bajos consumos de energía
- Opera con gases a temperaturas altas (<650 °C)
- Operación a presiones hasta de 10 atm
- La energía se gasta en la separación de las partículas
- No se adaptan fácilmente a cambios en operación
- Alto costo inicial
- Requieren gran espacio
- Pueden requerir una prelimpieza del gas

El principio de su funcionamiento es el siguiente:

Los electrodos son alambres suspendidos axialmente dentro de un tubo, se aplica un voltaje muy alto de corriente directa entre el alambre y el tubo y el aire sucio fluye hacia abajo por este y a través del campo eléctrico establecido entre los electrodos. Debido a la fuerza electrostática existente, los iones negativos del flujo gaseoso emigran hacia las placas exteriores conectadas a tierra, mientras que los iones positivos regresan al alambre central (que es negativo en relación con las placas conectadas a tierra); esta primera etapa es una ionización del gas.

La segunda etapa es la carga de las partículas de polvo que se encuentran en la corriente del gas, esto se realiza con la colisión de las partículas y los iones cargados negativamente. Posteriormente se da la fase de colección que consiste en la migración de las partículas cargadas a los electrodos, donde tiene lugar la colección del polvo.

### **1.3.2. Equipo para el control de gases y olores**

- Absorbedores húmedos

El proceso de absorción se conoce también, como lavado debido a que los contaminantes gaseosos son lavados por líquidos. Se efectúa cuando el gas contaminado se pone en contacto con un líquido limpiador el cual absorbe el contaminante del gas, quedando así, el gas limpio y el líquido contaminado.

Este proceso tiene un uso generalizado en el control de contaminantes del aire como: dióxido de azufre, ácido sulfhídrico e hidrocarburos ligeros. Uno de

los equipos más comunes utilizado para este proceso es la torre de absorción empacada.

- Torre de absorción empacada

Las unidades de absorción deben permitir un total contacto entre el gas contaminado y el líquido limpiador, lo cual se favorece a través de los empaques de este tipo de torres. El gas con impurezas entra por la parte inferior y sale gas limpio por la parte superior de la torre, descargándose directamente a la atmósfera. El líquido limpiador entra por la parte superior de la torre y se extrae por la parte inferior contaminado, por lo cual es necesario someterlo a algún tipo de tratamiento o reciclarlo a proceso. El material de empaque (inerte) se diseña para aumentar el área superficial del líquido, y aumentar así el área de contacto entre las dos fases.

- Adsorvedores

La adsorción es un proceso de separación que se basa en la capacidad de ciertos sólidos para remover componentes gaseosos o líquidos de una corriente de manera selectiva. Las moléculas contaminantes del gas o vapor presentes en una corriente residual se acumulan en la superficie del material sólido. El proceso es útil en la remoción de olores y en la recuperación de vapores de solventes y es especialmente útil cuando:

- El contaminante es valioso y su recuperación se justifica
- El contaminante se encuentra muy diluido

Los materiales adsorbentes comúnmente utilizados en la industria son:

- Carbón activado
- Sílica gel
- Alumina activada
- Zeolitas (mallas moleculares)

El proceso de adsorción se realiza haciendo pasar el gas contaminado a través de camas de material adsorbente. Existen dos tipos de adsorbedores: de cama fija y de cama móvil; los cuales se describen a continuación.

- Adsorbedores de cama fija

Son sistemas que, generalmente se componen de tres o más torres de adsorción de tal forma que mientras unas torres están en la etapa de adsorción, otras están en la de regeneración del medio adsorbente o en etapa de enfriamiento. La corriente gaseosa a tratarse se acondiciona eliminándole las partículas suspendidas totales para evitar que ocluyan al adsorbente, y generalmente se introduce por la parte superior de la torre. Después de cierto período de tiempo que se conoce como ciclo, la corriente gaseosa se desvía hacia la siguiente torre de adsorción. En la primera torre se inyecta vapor en la cama para adsorber los vapores orgánicos, los cuales se envían a un sistema de recuperación. Antes de que la primera torre de adsorción se vuelva a poner en servicio, se requiere secar y enfriar la cama para obtener buenas eficiencias de adsorción.

- Adsorbedores de cama móvil

El sistema más común de este tipo es el de cilindros rotatorios, dentro de los cuales va la cama adsorbente. Se pretende obtener un alto grado de utilización del adsorbente (en mayor proporción que los de cama fija), poniendo en contacto los vapores orgánicos con partículas de adsorbente no saturadas. La desventaja de este sistema es que tiene partes móviles y el adsorbente se desgasta por abrasión.

- Incineradores

La incineración se utiliza para remover contaminantes combustibles del aire, generalmente compuestos volátiles orgánicos. Los factores a considerar para realizar el diseño de un proceso de incineración son:

- Tipo y concentración del contaminante
- Flujo másico
- Temperatura de incineración
- Tiempo de residencia de los gases dentro del incinerador
- Temperatura del gas residual a la entrada
- Gasto volumétrico del gas residual
- Niveles permisibles de emisión para los contaminantes

### **1.3.3. Controles sobre prácticas y procedimientos de trabajo**

- Formulación seca

La emisión de material particulado es el principal riesgo de contaminación en estas operaciones. Por una parte, se tiene el vehículo inerte y, por otra parte,

el plaguicida. Como compuesto activo o formulado, el plaguicida es indudablemente más peligroso que el vehículo inerte, cuando se presenta como material particulado en el ambiente. La generación de material particulado se puede producir en diferentes etapas:

- Manipulación de los materiales de entrada al cargar los equipos
- Operaciones de transferencia de materiales
- Operaciones de disminución de tamaño, por fugas en cierre
- Operaciones de limpieza de los equipos
- Operaciones de envasado del producto final
- Fugas en general de cualquier contenedor

Otra fuente de generación de residuos está relacionada con el lavado del área donde se realiza la formulación. Efectivamente, las aguas de lavado pueden transportar altas concentraciones de plaguicidas, por tanto estas no pueden ser vertidas directamente al alcantarillado.

Otra fuente potencial de contaminación presente a nivel industrial, son los tambos y recipientes donde se han transportado los compuestos activos de los plaguicidas, así como otras materias primas que serán adicionadas en diferentes etapas del proceso de formulación. En razón de lo anterior, las empresas deben asumir su responsabilidad respecto a estos recipientes, comprendiendo que, por ser generadores del residuo, este es de su responsabilidad (principio de la cuna a la tumba) y, por tanto, a ellos compete buscar alternativas de control para evitar que estos envases sean utilizados por la población para almacenar alimentos o productos comestibles.

- Formulación húmeda

La principal fuente de contaminación en este caso es la emisión de solventes a la atmósfera por volatilización, lo que ocurre cuando el proceso no se efectúa mediante un circuito cerrado. El riesgo de esta emisión está dado por las características del solvente, que puede ser tóxico o inflamable. El mayor riesgo de las formulaciones húmedas son los derrames de compuestos activos o formulados, por lo que se debe llevar un estricto programa de mantenimiento en los equipos para que tal situación no se produzca.

Las fugas por volatilización se producen habitualmente en los estanques de almacenamiento y de mezcla que no están adecuadamente confinados. En algunos casos las mezclas se hacen en estanques abiertos, por tanto existe evaporación permanente de solventes en el área de trabajo, lo cual implica no solo un riesgo cierto de contaminación en el ambiente, sino también la posibilidad de formar una mezcla explosiva, situación que genera un área de alto riesgo. Ante tal situación es recomendable el uso de extracción local, para remover el aire contaminado con solventes y proteger a los trabajadores.

Durante la formulación húmeda siempre está presente la probabilidad que ocurra un accidente que implique un derrame de los líquidos utilizados en el proceso. Por lo anterior, es de vital importancia que los estanques donde se realiza la formulación, se encuentren rodeados de muros con el objetivo de formar un dique de contención con una capacidad del 110 % del volumen de los estanques.

En cuanto a otro tipo de residuos generados, nuevamente se debe centrar la atención en los recipientes vacíos de compuesto activo, que deben ser sometidos a un triple lavado, y en las aguas de lavado de las instalaciones, que

deben ser neutralizadas. También puede ocurrir que el proceso incluya una etapa de filtración de impurezas o precipitados; en tal caso se genera un filtrado que es un residuo peligroso.

Los recipientes de los compuestos activos son residuos peligrosos y deben ser tratados adecuadamente en sitios habilitados para su disposición final, a fin de evitar riesgos a la salud de la población o el medio ambiente.

La otra fuente importante de contaminación son los residuos de la limpieza de las instalaciones, los que pueden contener compuestos tóxicos, por lo tanto deben ser tratados para evitar su liberación al ambiente.

Asimismo, se deben tomar medidas de control para evitar el escape de material particulado y de solventes volátiles. Para el control de ambos factores, lo recomendado son los sistemas de extracción de aire; estos sistemas se componen, básicamente de una serie de tomas de aire contaminado que es llevado por ventiladores a filtros o algún otro sistema de separación que captan el contaminante y lo inmovilizan.

#### **1.3.4. Almacenamiento, transporte y manipulación de pesticidas**

En la etapa de almacenamiento se deben tener presentes los siguientes aspectos:

- Conocer la naturaleza del compuesto, esto implica saber bajo qué condiciones puede llegar a inflamarse y cuáles son las precauciones que deben tomarse.



- Los productos inflamables deben estar almacenados en recipientes cerrados y debidamente etiquetados para su identificación.
- Almacenar en áreas aisladas, de acceso controlado y con prohibición explícita de fumar o generar fuego.
- Prohibir el uso de aparatos que emitan chispas.

Un punto de especial cuidado es el referido a la presencia de polvos en suspensión. Un polvo con contenido orgánico que se encuentra en estas condiciones puede explotar violentamente frente a una ignición que libere energía suficiente.

En la etapa de distribución, que comprende tanto el transporte como la venta a los usuarios de los plaguicidas, se pueden producir diversos impactos ambientales que deben ser debidamente prevenidos y controlados.

Para el caso del transporte pueden producirse roturas de envases, derrames de plaguicidas, incendios, intoxicaciones en personas y animales, entre otros.

Durante la etapa de comercialización, que debe efectuarse en envases debidamente sellados y rotulados, se debe desarrollar un estricto manejo de los inventarios y un adecuado almacenamiento, a fin de impedir la generación de residuos tales como: envases vacíos, productos vencidos o derrames.

### 1.3.5. Uso, interpretación y aplicación de hojas técnicas

“La hoja de datos de seguridad (MSDS) de una sustancia o material es un resumen, cuyo contenido hace referencia a las propiedades de peligrosidad y a las consideraciones de seguridad que deben ser tenidas en cuenta para trabajar con una sustancia química en concreto. La hoja de datos de seguridad (MSDS) de una sustancia es de entrega obligatoria por parte del responsable de la comercialización del material o sustancia desde la primera vez que sea adquirida o en las siguientes adquisiciones”<sup>6</sup>.

El contenido informativo de la hoja de datos de seguridad (MSDS) de una sustancia debe ser el siguiente:

- Identificación de la sustancia y del responsable de su comercialización.
- Composición o información sobre los componentes
- Primeros auxilios
- Medidas de lucha contra incendios
- Medidas que deben tomarse en caso de vertido accidental o derrame
- Manipulación y almacenamiento
- Controles de exposición y protección individual
- Propiedades físico-químicas
- Estabilidad y reactividad
- Informaciones toxicológicas
- Informaciones ecológicas
- Consideraciones relativas a la eliminación
- Información relativa a transporte

---

<sup>6</sup> Servicio integrado de prevención y salud laboral. Universidad Politécnica de Valencia. *Seguridad y salud instrucciones operativas*. España 2014. [http://www.sprl.upv.es/IOP\\_SQ\\_02\(b\).htm](http://www.sprl.upv.es/IOP_SQ_02(b).htm). Consulta: 16 de septiembre de 2014.

- Información reglamentaria
- Otras consideraciones (variable, según fabricante o proveedor)

Esta hoja de datos de seguridad debe estar presente en las instalaciones donde son manipulados las sustancias o materiales peligrosos para ser consultada en cualquier instante que sea requerido, por emergencia o por un colaborador o visitante.

### **1.3.6. Equipo de protección corporal, respiratorio y de manos**

La administración de una planta tiene la responsabilidad de entregar todos los dispositivos de protección o ropas especiales que se necesiten. En principio, los dispositivos de protección personal deben utilizarse cuando:

- No haya otra forma de controlar el peligro contra el cual sean útiles.
- Como un complemento de otras medidas de control.
- Mientras se diseñan y llevan a la práctica medidas de control ambiental.
- En situaciones esporádicas de exposición, por ejemplo cambiar el proceso, limpieza de equipos y operaciones de mantenimiento.

La industria debe contar con programas de capacitación donde se incluya el manejo correcto de los dispositivos de seguridad, con énfasis en el mantenimiento y la limpieza. Un equipo sucio puede ser una fuente de contaminación en lugar de protección.

Es recomendable el uso de cascos, siempre que exista la posibilidad de caída de objetos o que se requiera moverse por instalaciones cuyos techos o estructuras sean de baja altura. Una capucha ayuda a evitar que el polvo se acumule en el pelo y cuero cabelludo. Los lentes de seguridad se usarán

siempre, y cuando exista la posibilidad de salpicaduras, se usarán máscaras que cubran el rostro por completo, resistentes a las características del compuesto con que se está trabajando y que permitan buena visibilidad.

Por otra parte, todos los equipos de protección personal deberán ser entregados sin costo alguno para el trabajador. Asimismo, estos equipos deberán ser de calidad certificada.

## **2. CUMPLIMIENTO LEGAL DE MEDIO AMBIENTE Y SALUD**

### **2.1. Medio ambiente**

En relación al marco jurídico que regula los aspectos legales de medio ambiente por parte de la Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas se hacen mención a dos leyes y reglamentos los cuales son concernientes en gestión, competencia y ordenamiento jurídico a varias entidades gubernamentales.

#### **2.1.1. Decreto número 43-74, Ley reguladora sobre importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas**

Esta ley tiene como objetivo principal el regular el uso de los pesticidas y disminuir los riesgos y efectos ecológicos y en el medio ambiente humano. Está compuesta de cuatro capítulos y dieciséis artículos.

Para los efectos de la ley antes indicada se conceptúan como pesticidas:

(Insecticidas, herbicidas, fungicidas, germicidas, acaricidas, ornocidas, bactericidas, ovicidas, rodenticidas, repelentes, atrayentes y cualquier otro producto de acción similar). A todo producto o mezcla de productos destinados a combatir plagas, facultando a los Ministerios de Agricultura y de Salud Pública y Asistencia Social, para que regulen el uso y clasificación de los mismos.

Considerando que los productos finales de la Unidad de Producción son bolsas de polietileno, o tiras del mismo, con porcentajes de pesticidas que tienen como finalidad proteger, principalmente, plantaciones agrícolas de plagas que puedan dañarlo y que el material final contiene pesticidas o plaguicidas, debe aplicarse la regulación de la norma antes mencionada.

El pesticida organoclorado DDT no es utilizado dentro de las operaciones de la Unidad de Producción, los dos empleados son clorpirifos, que es un pesticida organofosforado cristalino y que presenta características moderadamente tóxicas al igual que la bifentrina que es un piretroide. Con esto se da cumplimiento a la prohibición establecida en el capítulo II y artículo sexto de la normativa en análisis.

En referencia a los daños y perjuicios que ocasionen la importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas:

En donde se establece que toda persona individual o jurídica que ocasione daños o perjuicios con la importación, elaboración, almacenamiento, transporte, venta y uso de pesticidas, será directamente responsable de los mismos. La industria productora del polietileno con pesticidas está consciente de la responsabilidad que tiene para con el ambiente, derivado de la manipulación de los pesticidas y, en relación a ello, se hace responsable en trabajar por implementar los controles necesarios para mitigar los riesgos ambientales.

A su vez se prohíbe el transporte y almacenamiento de pesticidas y sus envases en conjunto con productos alimenticios, o sus envases para consumo humano o animal. Para dar cumplimiento a ello no se producen, manipulan o transportan alimentos dentro de las instalaciones ni en los vehículos de carga de la industria productora.

### **2.1.2. Registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines**

Establecido como Acuerdo Gubernativo 377-90. Tiene como objetivo el regular el registro, etiquetado, fabricación, formulación, almacenamiento, transporte, comercio, propaganda, manejo y uso de plaguicidas con la finalidad de controlar la calidad de los productos que puedan afectar la salud y bienestar de los habitantes y mantener el equilibrio ecológico.

El pesticida en la Unidad de Producción se mezcla, y posteriormente se obtiene una película extruida con polietileno y pesticidas, el agente activo no es aplicado de manera directa a los cultivos sino colocado por medio de una impregnación a la película, sin embargo, se aplica la legislación anterior al almacenar, transportar y vender el producto con plaguicida.

- Clasificación toxicológica

Dando cumplimiento al capítulo tres de la normativa, donde se requiere que se clasifique toxicológicamente los productos y materiales en referencia, a la Norma Coguanor NGO 44046. Respecto a ello se verificó y constató que el área de producción posee una clasificación interna para los agentes activos que se utilizan dentro del proceso de producción y será incluida en la sección de controles administrativos.

- Del registro de los plaguicidas y su renovación

Los productos, la Unidad de producción y la planta productora están registrados ante la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal de la Dirección General de Servicios Agrícolas del Ministerio de Agricultura, Ganadería y Alimentación.

- Del etiquetado

Los productos fabricados en las distintas áreas de la Unidad de Producción poseen las etiquetas que cumplen con la Norma COGUANOR NGO 052. Esto se ampliará en la sección de controles administrativos, en la tarea crítica de empaque y etiquetado.

- Desalmacenaje

Se tramita la autorización del desalmacenaje ante la Dirección Técnica de Sanidad Vegetal, esto por la sección de compras de la empresa productora, con seguimiento del área de calidad para poder realizar la recepción de los materiales en el puerto y ejecutar su posterior utilización en las instalaciones de la Unidad productora.

### **2.1.3. Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos**

Acuerdo Gubernativo No. 236-2006 del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales. Tiene como objetivo normar ciertos aspectos de la calidad del agua y contribuir a la sostenibilidad del recurso hídrico. Está compuesto de doce capítulos y setenta y seis artículos.



Según la sección de definiciones las aguas producidas como parte de un proceso industrial se catalogan como: aguas residuales de tipo especial y aguas residuales normales de tipo domiciliar, se definirá posteriormente si la unidad de producción de polietileno con pesticidas genera ambas o solamente una de ellas.

- Estudio técnico.

Al ser la Unidad de Producción generador de posibles aguas residuales de tipo especial y aguas residuales, debe realizarse un estudio técnico de las mismas cumpliendo con lo establecido del artículo uno al artículo doce.

Respecto a ello la Unidad de Producción realiza estudios técnicos a las aguas residuales enviadas a las fosas sépticas instaladas dentro de la fábrica, este estudio fue realizado por una entidad tercera que cumple con los requerimientos del Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales, sus resultados se analizarán en la sección de manejo de desechos.

- Parámetros para aguas residuales y valores de descarga para cuerpos receptores.

En ningún momento se descargan aguas residuales o aguas residuales de tipo especial a ningún cuerpo receptor, entiéndase: ríos, arroyos, lagos, ambientes marinos o similares.

- Parámetros para aguas residuales y valores de descarga al alcantarillado público.

Al igual que no se descargan aguas residuales o aguas residuales de tipo especial a cuerpos receptores, tampoco se hace hacia el alcantarillado público de manera directa, sino a un sistema de fosa séptica y posteriormente a un sistema de poso de absorción que se analizará en la sección de manejo de desechos junto a los valores de su estudio técnico.

- Parámetros de aguas para reuso.

Las aguas residuales y residuales de tipo especial que se puedan generar no son reutilizadas en ningún proceso o para cualquier otro tipo de servicio, tanto en las instalaciones directas de la fábrica ni en los alrededores.

- Parámetros de lodos.

Los lodos y sedimentos generados por la utilización del sistema de fosa séptica para las aguas residuales y residuales de tipo especial se realiza por medio de una empresa tercera que realiza el retiro de la misma, en la sección de manejo de desechos se verificará el manejo y disposición de los lodos y el cumplimiento de las especificaciones técnicas del capítulo antes mencionado.

#### **2.1.4. Gestión ambiental**

Dentro de este aspecto se puede establecer al Acuerdo Gubernativo 68-86, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente, está compuesta por seis títulos y 42 artículos, que se refieren a la protección de los recursos hídricos, líticos, edáficos y atmosféricos.

Promueve la protección ambiental, pero no define de manera explícita actividades para las industrias y hace mayor referencia a las instituciones del Estado.

Respecto a ello hay ausencia de legislación que promueva la ejecución de algunas verificaciones, evaluaciones, auditorías y otras más específicas para constatar qué actividades de tipo industriales están dentro de un marco permisible. No se cuenta con una reglamentación o legislación que aborde la emisión de particulado y gases de manera específica o que defina los métodos de medición de las mismas.

Creando así un vacío legal respecto a esta temática y quedando a discreción en muchos temas la aplicación de normativas internacionales no ratificadas por Guatemala y sus instituciones para promover y ejecutar la gestión ambiental.

#### **2.1.5. Manejo de desechos sólidos**

Acuerdo Gubernativo 111-2005, aprobación de la Política Nacional para el Manejo Integral de los Residuos y Desechos Sólidos. Este acuerdo busca establecer la acción estratégica gubernamental para poder promover y aplicar una correcta gestión de los desechos y residuos sólidos. La misma define responsabilidades y líneas de acción para promover la cultura de manejo de desechos y crea el Conades (Comisión Nacional para el Manejo Integrado de Desechos Sólidos). Este acuerdo funciona como punto de partida para iniciar a abordar el tema, más no cuenta con articulado que regule el manejo y disposición de desechos sólidos.

Actualmente, existen dos iniciativas de ley ante el Congreso de la República de Guatemala referentes a regular el manejo y disposición de desechos sólidos, sin embargo ninguna de ellas ha sido discutida ni aprobada por el legislativo.

No se dispone de parámetro legal que regule la disposición de desechos sólidos, por lo cual algunas industrias aplican normativas internacionales sin que esto sea una obligación o causa para sufrir algún tipo de obligación o sanción ante el Estado de Guatemala.

## **2.2. Higiene, salud y seguridad en el trabajo**

En Guatemala, las dos leyes que rigen los aspectos de seguridad, salud y ambiente en el trabajo son el Código de Trabajo y el Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional.

El primero hace referencia a la legislación en materia laboral a nivel privado en Guatemala y el segundo es más específico en crear y fomentar un ambiente laboral seguro para todos los trabajadores.

Sin embargo, la legislación antes mencionada resulta, en algunas ocasiones, ambigua y limitada al no contar con especificaciones en relación a la manipulación de agentes activos o pesticidas y plaguicidas.

### **2.2.1. Código de Trabajo**

Esta ley ordinaria, que ha sido publicada como Decreto número 1441, concordada respecto a normas internacionales del trabajo de las que Guatemala es signatario, está compuesto de dieciocho títulos. El título quinto

hace referencia a higiene y seguridad en el trabajo, esto por medio de un capítulo único que lleva el mismo nombre.

El capítulo antes mencionado está compuesto por diez artículos, de los cuales los siguientes son los aplicables a la operación de la Unidad de producción de polietileno con pesticidas.

El artículo ciento noventa y siete, hace referencia a las medidas mínimas obligatorias para el empleador:

Todo empleador está obligado a adoptar las precauciones necesarias para proteger eficazmente la vida, la seguridad y la salud de los trabajadores en la prestación de sus servicios. Para ello, deberá adoptar las medidas necesarias que vayan dirigidas a prevenir enfermedades profesionales y eliminar las causas que las provocan, tales como:

- Prevenir accidentes de trabajo, velando porque la maquinaria, el equipo y las operaciones de proceso tengan el mayor grado de seguridad y se mantengan en buen estado de conservación, funcionamiento y uso, para lo cual deberán estar sujetas a inspección y mantenimiento permanente.
- Prevenir incendios.
- Proveer un ambiente sano de trabajo.
- Suministrar, cuando sea necesario, ropa y equipo de protección apropiados, destinados a evitar accidentes y riesgos de trabajo.
- Colocar y mantener los resguardos y protecciones a las máquinas y a las instalaciones, para evitar que de las mismas pueda derivarse riesgo para los trabajadores.
- Advertir al trabajador de los peligros que, para su salud e integridad se deriven del trabajo.

- Efectuar constantes actividades de capacitación de los trabajadores sobre higiene y seguridad en el trabajo.
- Cuidar que el número de instalaciones sanitarias para mujeres y hombres estén en proporción al de trabajadores de uno u otro sexo, se mantengan en condiciones de higiene apropiadas y estén además, dotados de lavamanos.
- Que las instalaciones destinadas a ofrecer y preparar alimentos o ingerirlos y los depósitos de agua potable para los trabajadores, sean suficientes y se mantengan en condiciones apropiadas de higiene.
- Cuando sea necesario, habilitar locales para el cambio de ropa, separados para mujeres y hombres.
- Mantener un botiquín previsto de los elementos indispensables para proporcionar primeros auxilios. Las anteriores medidas se observarán sin perjuicio de las disposiciones legales y reglamentarias aplicables.

En cumplimiento de lo anterior, la Unidad de Producción y la planta productora cuentan con un plan de mantenimiento preventivo, que es ejecutado por el área de mantenimiento industrial, tanto mecánico como eléctrico para asegurar el correcto funcionamiento de la distinta maquinaria utilizada en el área.

- Como prevención de enfermedad profesional se mantiene un plan de monitoreo de colinesterasa para los colaboradores que se desempeñan en el área.
- Se cuenta con un grupo de brigadistas y con equipo tanto de extintores portátiles como unidades rodantes, para responder a un conato de incendio.

- Se busca promover un ambiente sano de trabajo con medidas de ingeniería, administrativas y de equipo de protección personal.
- Los colaboradores del área utilizan ciertos equipos de protección respiratoria al igual que con un uniforme distinto al de las otras áreas de trabajo y que cubren completamente el cuerpo.
- Toda maquinaria se mantiene en constante inspección para asegurarse de la instalación de guardas y protecciones de energías peligrosas.
- Los colaboradores del área reciben charlas periódicas que coinciden con el programa de monitoreo de colinesterasa, donde se indican posibles repercusiones a la salud derivada de la exposición prolongada a agentes activos o pesticidas y del no cumplimiento de los controles ambientales.
- Se cuenta con un programa que asegura la participación en una charla cada mes sobre riesgos laborales y de medio ambiente a los colaboradores del área y charlas de cinco minutos, una vez a la semana, sobre temáticas de salud ocupacional, seguridad industrial y medio ambiente.
- En la Unidad de Producción solamente laboran hombres, y se tiene un servicio de sanitarios y duchas separados del resto de colaboradores para su uso exclusivo.
- Las mismas instalaciones de duchas poseen casilleros y otro mobiliario para funcionar como vestidores. Se cuenta con una clínica para atender primeros auxilios y emergencias.

- Está terminantemente prohibido el consumo de alimentos en el área y se tiene horario e instalaciones designadas para esta actividad.

El artículo doscientos uno establece labores, instalaciones o industriales insalubres y peligrosas:

Son labores, instalaciones o industrias insalubres, las que por su propia naturaleza puedan originar condiciones capaces de amenazar o de dañar la salud de sus trabajadores, o debido a los materiales empleados, elaborados, desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos.

Son labores, instalaciones o industrias peligrosas las que dañen o puedan dañar de modo inmediato y grave la vida de los trabajadores, sea por su propia naturaleza o por los materiales empleados, elaborados o desprendidos, o a los residuos sólidos, líquidos o gaseosos; o por el almacenamiento de sustancias tóxicas, corrosivas, inflamables o explosivas, en cualquier forma que este se haga.

El reglamento debe determinar qué trabajos son insalubres, cuáles son peligrosos, las sustancias cuya elaboración se prohíbe, se restringe o se somete a ciertos requisitos y, en general, todas las normas a que deben sujetarse estas actividades.

La Unidad de producción puede enmarcarse como parte de una operación peligrosa, ya que existe el contacto con sustancias o materiales tóxicos dentro de los cuales se especifican los pesticidas. Sin embargo, no existe un reglamento, tal y como lo indica el artículo anterior para dichas actividades.



### **2.2.2. Reglamento de Salud y Seguridad Ocupacional**

Es el máximo reglamento en relación a higiene y seguridad en el trabajo a nivel guatemalteco, está compuesto por nueve títulos y estos subdivididos en capítulos. Los títulos IV, V, VI son los que hacen la principal relación a las operaciones realizadas en la Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas.

Continuado con lo relacionado a ventilación únicamente establecen en el artículo ciento setenta y dos que un ambiente de trabajo contaminado por gases polvos u otras sustancias, deberá contar con suficientes aberturas, tales como: ventanas, puertas, ventilación en general o localizadas, campana de evacuación con la finalidad de impedir cualquier escape hacia el conjunto del aire. En el capítulo dos del mismo título cuarto, en lo relacionado a sustancias peligrosas, específicamente el artículo doscientos uno donde los locales de trabajo en los que se desprenden polvo, gases o vapores fácilmente inflamable, incómodos o nocivos para la salud, deben reunir las condiciones máximas de cubicación, ventilación, iluminación, temperatura y grado de humedad. El piso, paredes y techos, así como las instalaciones deben ser de materiales resistentes a la acción de los agentes indicados y susceptibles de ser sometidos a la limpieza y lavados convenientes. Dentro de los centros de trabajo estos locales deben aislarse, o tomarse las medidas necesarias de protección, con el objeto de evitar riesgos a la salud de los trabajadores dedicados a otras labores.

La Unidad de Producción cuenta con ambientes controlados que son instalaciones físicas delimitadas específicamente para tareas críticas las cuales presentan equipo para contención de polvos, vapores y gases. Al igual que se cuenta con presiones positivas y extracción mecánica de ambientes. Mas no se

establece una cubicación ni número mínimo de renovaciones de ambiente claras y definidas para la tarea de manipulación de pesticidas o agentes activos.

En el doscientos dos, aparte de las disposiciones de este reglamento, se estará a las especiales reglamentadas para sustancias peligrosas, que se aplicarán a todos los locales, talleres, plantas, fábricas, etc. Donde se manufacturen manipules o empleen sustancias dañinas en estado sólido, líquido o gaseoso o donde se produzcan o liberen polvo, fibras, emanaciones, gases, niveles o vapores salud de las personas.

Se debe entonces, consultar otras normativas que especifiquen medidas para la manipulación de sustancias o materiales peligrosos en sus distintos estados.

No hay instructivo, normativo o similar a este dentro de la legislación guatemalteca que especifique las concentraciones límites.

En el artículo doscientos tres, siempre que sea posible, las sustancias nocivas serán sustituidas por sustancias inocuas o menos nocivas.

Los agentes activos serán reemplazados única y exclusivamente por otros que cumplan con las características de desempeño de los dos utilizados clorpirifos y bifentrina, si bien son nocivas no se clasifican como altamente peligrosas.

El artículo doscientos cuatro indica, que será obligación del patrono, su representación, o de quien haga sus veces, eliminar en la medida de lo posible el riesgo, adoptando las medidas efectivas que garanticen condiciones de seguridad adecuada.

Se cuenta con un compromiso por la Gerencia de Manufactura y de Operaciones en la implementación de las medidas necesarias para mitigar los efectos ambientales derivados por la operación de la Unidad de Producción.

En el artículo doscientos cinco se establece que, cuando fuese necesario, los trabajadores contarán con el equipo de protección personal, de conformidad con los reglamentos especiales que se dicten sobre la materia.

El personal sí cuenta con equipo de protección personal, sin embargo, en Guatemala no hay reglamento sobre esta materia.

Artículo doscientos seis, si existiera posibilidades de desprendimiento de gases o vapores en cantidades tales que comprometieran gravemente la vida y salud del personal, deberá adoptarse dispositivos que anuncien la aparición del peligro, oída la cual, es obligación de los trabajadores el abandono inmediato de sus labores. Para este evento se entrenará debidamente al personal en tales prácticas.

No se cuenta con un sistema de alarma auditiva o visual que esté conectado a un sistema de detección que mida en tiempo real las concentraciones de los agentes activos en el ambiente de trabajo.

El artículo doscientos siete hace referencia a la manipulación de materias orgánicas, estableciendo que cuando se manipulen materias orgánicas susceptibles de descomposiciones, los locales deben mantenerse limpios y libres de residuos o desechos de las mismas.

Si bien los pesticidas cuentan con una fecha de vencimiento, la alta rotación y la disposición de lo necesario para la producción mensual no permite

la descomposición de estos materiales. Se cuenta con sistema de inventario físico que evita la ocurrencia de la descomposición de un material en bodega o en proceso.

Artículo doscientos ocho, depósitos de líquidos peligrosos. Los depósitos, cubas, calderas y recipientes análogos que contengan líquidos corrosivos, calientes o que, en general ofrezcan peligro y no estén provistos de cubierta adecuada, deben disponerse de manera que su borde superior esté por lo menos a noventa centímetros sobre el suelo o plataforma. Cuando los citados depósitos sean abiertos y deba pasarse sobre ellos, deberán colocarse encima de los mismos tablones o pasarelas que sean sólidos y estén provistos de barandillas. En todo caso deberán ponerse señales de peligro colocadas en las proximidades.

No se cuenta con algún depósito de líquidos peligrosos, todo el material es sólido o semisólido y el agente activo que debe calentarse hasta llevarlo a estado líquido se hace en un recipiente pequeño y no se debe pasar por encima de él en ningún momento.

Artículo doscientos diez, el envasado, transporte y manipulación de materias peligrosas o insalubres, productos corrosivos, calientes o en general, peligrosos, deben hacerse por medio de dispositivos apropiados y en forma tal, que ofrezcan garantías de seguridad, de manera que el trabajador no entre en contacto con ellos o sus vapores o resulte alcanzado por proyecciones de los mismos, empleándose, si fuera necesario, anteojos, guantes, equipo especiales y, en su caso, máscaras respiratorias. Toda materia peligrosa envasada, cualquiera que sea la clase del envase, debe llevar en el exterior de este un letrero resistente en forma rectangular, en el que figure claramente la palabra

“peligro”, el nombre del producto de que se trate y las indicaciones necesarias para su transporte y manipulación.

Se cuenta con un transporte interno de proceso de forma seca y sólida, el operario nunca entra en contacto directo con los pesticidas; se usan dosificadores y recipientes adecuados que funcionan como barrera física entre los materiales y las extremidades de los colaboradores.

El título cinco en su capítulo uno en referencia a protección personal, indica que los patronos están obligados a proporcionar a los trabajadores según la clase de trabajo:

- Máscaras o caretas respiratorias: cuando por la índole de la industria o trabajo, no sea posible conseguir una eliminación satisfactoria de los gases, vapores, polvo u otras emanaciones nocivas para la salud.
- Gafas y pantallas protectoras adecuadas contra toda clase de proyección de partículas: sólidas, líquidas o gaseosas, calientes o no, que puedan causar daño al trabajador.
- Gafas y protectores especiales contra radiaciones luminosas o caloríficas peligrosas, cualquiera que sea su origen.
- Cascos para toda clase de protecciones violentas o posible caída de materiales pesados.
- Guantes, manoplas, manguitos, cubrecabezas, gabachas y calzados especiales, para la protección conveniente del cuerpo contra las proyecciones, contaminaciones y contactos peligrosos en general. Trajes o

equipos especiales para el trabajo, cuando este ofrezca marcado peligroso para la salud o para la integridad física del trabajador.

- Aparatos respiratorios de tipo aislante ciclo cerrado o del tipo de máscara en comunicación con una fuente exterior de aire puro mediante tubería, para aquellos trabajos que deban realizarse en atmósfera altamente peligrosa; y cualquier otro elemento, dispositivo o prenda que pueda proteger al trabajador contra los riesgos propios de su trabajo.

El colaborador de estas áreas sí utiliza equipo de protección personal que incluye desde un uniforme completo que cubre la totalidad del cuerpo, calzado tipo industrial, respiradores de distintas características y gorro. El respirador utilizado puede o no incluir una protección ocular, cuando esto no sucede se utilizan gafas protectoras.

Cuando el equipo de protección personal pueda convertirse en vehículo de contagio, debe ser individual o desinfectado antes de ser usado por otra persona.

Se cuenta con un programa de manejo exclusivo de los uniformes utilizados por los colaboradores en el área que es administrado y lavado por el servicio de limpieza en la lavandería de la planta productora contando con un cronograma de reemplazo por cada jornada de trabajo.

Los requerimientos para lavamanos y duchas son establecidos en el título VI definiendo: en aquellos trabajos que por su índole especial resulten peligrosos para la salud o marcadamente sucios, se debe disponer de lavamanos y duchas provistas de agua corriente fría y caliente. En estos lugares de trabajo el número de lavamanos y duchas, debe ser como mínimo,

uno por cada 10 trabajadores. La cuarta parte de las duchas, por lo menos, deben instalarse en cabinas unipersonales.

Se cuenta con un área exclusiva con duchas para los colaboradores, contando con regaderas y lavamanos, ambos con jabón a disposición para realizar y facilitar la higiene. Cada regadera está ubicada en cabinas unipersonales que promueven la privacidad.

En relación a los vestuarios establece: los locales destinados para que los trabajadores se desvistan o cambien ropa, deben estar próximos a los lugares de trabajo, amueblados convenientemente, en número proporcional al de laborantes y llenando las condiciones de iluminación, ventilación y cubicación necesarias.

Se cuenta con un servicio de vestuarios que está ubicado junto a las instalaciones de duchas y lavamanos, cumpliendo con iluminación y ventilación adecuadas.





### **3. EVALUACIÓN DE LOS CONTROLES AMBIENTALES**

#### **3.1. Ambientes controlados**

Son las áreas de trabajo que cuentan con sistemas de extracción mecánica, filtros, presiones positivas y negativas para procurar las renovaciones de ambiente esto con la finalidad de asegurar el cumplimiento de los controles de ingeniería.

##### **3.1.1. Ambiente peso de aditivos, mezclas y compuestos**

El ambiente se encuentra separado por un perímetro de 35 metros de los otros ambientes de la planta productora. Esta área se subdivide en tres secciones: pesaje de aditivos, mezcla de aditivos y compuestos y finalmente reprocesado.

- **Pesaje de aditivos:** se encarga de realizar la medición en balanzas analíticas de las cantidades de agente activo determinadas por la fórmula y *batch* a producir. Además, realizan el pesaje de otros aditivos e ingredientes de tipo oleoso y con pequeñas cantidades de azufre. Las dimensiones de la sección son de 9 metros cuadrados contando con un acceso frontal a la instalación.
- **Mezclas:** realizan la mezcla adecuada de agentes activos o pesticidas agregando el resto de materiales aditivos y de tipo oleoso. En algunas ocasiones los agentes activos o pesticidas se encuentran en condición

semicristalina, por lo que les debe aplicar un precalentamiento tipo baño de maría.

Esta operación se aplica principalmente cuando el material tiene características de volatilidad, este proceso genera vapores al momento de realizar el calentamiento del material. Caso contrario, cuando el agente activo o pesticida se presenta en condición totalmente sólida con característica de polvo, se realiza únicamente la mezcla correspondiente de los distintos aditivos y el agente activo. Dicha mezcla sucede al agregar en una mezcladora industrial los distintos materiales homogenizándolos y luego se traslada a sacos que serán enviados al área de extrusión tipo *masterbatch*.

Reprocesado: en esta sección es enviado el material de acuerdo a:

- No conforme en relación a los parámetros de calidad.
- Merma originada por el inicio de proceso de extrusión.
- Material sobrante de un proceso de producción y que no es suficiente para empacarse y trasladarse al siguiente paso en la línea de producción.

En esta sección se realizan dos operaciones, la primera es la de compactar todo el polietileno en pacas con dimensiones de 1 m<sup>3</sup>. La segunda es alimentar un molino y repeletizadora que se encarga de convertir la película de polietileno impregnada con pesticidas en pequeñas esferas para reincorporarlas en proporciones mínimas en un proceso de producción futuro.

#### **3.1.1.1. Señalización**

La señalización en el área incluye una delimitación por medio de una línea color amarillo, pintada en el suelo que indica la precaución al ingresar al

perímetro de trabajo, sumando a esto señalización vertical que es formada por rótulos, indicando al visitante o colaborador el uso obligatorio de la protección respiratoria y ocular.

### **3.1.1.2. Instalaciones y características de los equipos**

- **Pesaje de aditivos:** es un ambiente con una apertura frontal, no es totalmente cerrado. El personal extrae los materiales de los recipientes pesándolos en pequeñas cantidades de 5 o 10 kilogramos en una balanza analítica. El lugar cuenta con un banco de extracción puntual sobre la balanza, funcionando bajo el concepto de poder capturar las partículas que se emanan al momento de transvasar y pesar los materiales, desde su recipiente original a bolsas, en cantidades establecidas por la fórmula de producción.

Este banco de extracción puntual tiene una potencia de 20 Hp. Funciona succionando los materiales esparcidos sobre la balanza analítica y capturándolos en un filtro de carbón activado. Hasta el momento no hay registro de mantenimiento o revisión realizado a los filtros o al equipo en general por el área de mantenimiento.

**Figura 1. Banco de extracción puntual**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Mezclas y compuestos: los agentes activos que se manipulan en esta sección se encuentran en concentraciones de hasta un 98 % de pureza. Cuando se realiza el baño de maría en unos calentadores tipo olla, derivado del calentamiento que sufre el material se emanan vapores, para capturar estos vapores se ha instalado sobre los calentadores un sistema de extracción compuesto por dos succionadores con potencia de 20 Hp, los mismos poseían inicialmente dos filtros, en los cuales se atrapaban las partículas de mayor tamaño, el resto de lo succionado es enviado a la parte externa de la planta.

Figura 2. **Parte frontal de succionadores**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

En la mezcladora se tiene instalada una chimenea, sin embargo, esta no tiene ningún sistema de renovación ni extracción mecánica, debido a la densidad de los materiales manipulados, estos tienden a levantarse y debido a que son livianos salen por la chimenea sin que sea necesario una acción de succión o de expulsión.

- Reprocesado: está compuesto por un molino que tritura la película de polietileno y en una repelitizadora que convierte los trozos de polietileno en pequeñas esferas. En este proceso el polietileno impregnado de pesticidas sufre un calentamiento, derivado del cual se emanan vapores, estos son capturados por una campana de extracción, existe un sistema de succión de estos vapores el cual contenía una barrera compuesta de 3 filtros de carbón activado, sin embargo, fueron retirados debido a que se habían saturado y no se han vuelto a colocar.

Posterior a darse la succión y que en teoría pasarían por los filtros, estos vapores son enviados al ambiente externo de la planta.

Figura 3. **Campana y ducto de extracción sobre máquina erema**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

### 3.1.1.3. Resultado de medición de agentes activos en el ambiente interno

La planta productora realiza mediciones anuales de la calidad del aire en los ambientes de trabajo. Dicha medición es elaborada por una empresa tercera que posee autorización por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

La empresa evalúa y compara las mediciones en el caso de la bifentrina con la guía SCOEL<sup>7</sup> y para el clorpirifos con la Guía OSHA<sup>8</sup> obteniendo los resultados que se muestran en las tablas I y II.

Tabla I. Mediciones de clorpirifos en área de mezclas

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Clorpirifos mg/m <sup>3</sup>	Guía OSHA
Mezclas y compuestos	0,0001	0,620	0,2 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: mediciones de concentraciones de agentes activos.

<sup>7</sup> European Commission, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for pyrethrum SCOEL/SUM/95, January 2003. Disponible en <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=650>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

<sup>8</sup> OSHA 29 CFR – TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants. -1910.1000 Disponible en <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

Tabla II. **Mediciones de bifentrina en área de mezclas**

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Bifentrina mg/m <sup>3</sup>	Guía SCOEL
Mezclas y compuestos	0,00021	0,0096	1,000 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: mediciones de concentraciones de agentes activos.

#### 3.1.1.4. **Comparación de equipos instalados *versus* mediciones ambientales**

La medición realizada de clorpirifos en el área de mezclas y compuesto nos arroja un valor de 0,620 mg/m<sup>3</sup> excediendo el valor Guía de la OSHA de 0,2 mg/m<sup>3</sup>, para un periodo de trabajo de 8 horas. La cantidad excedida es de 0,420 mg/m<sup>3</sup> la que deben de ser capaces de captar y neutralizar las instalaciones mecánicas y el equipo de protección. En la medición de bifentrina el valor obtenido es de 0,0096 mg/m<sup>3</sup> estando 0,9904 mg/m<sup>3</sup> debajo del límite permisible para una jornada laboral de 8 horas.

Se debe aclarar que las mediciones indicadas anteriormente fueron tomadas, únicamente en la sección de mezclas y compuestos, se desconocen los valores de concentración de estos agentes activos en la sección de pesaje de aditivos y de reprocesado.

La concentración del agente activo clorpirifos antes de agregarse a la mezcla es de 98 %, sin embargo, al agregarse en la mezcla se busca que no más de un 3 % de la misma sea agente activo.

Durante la mezcla unas paletas golpean y agitan los materiales con la finalidad de homogenizarlos, durante esta operación partículas del agente activo se dispersan en el ambiente, al no contar con un sistema de captación de partículas o de extracción mecánica, la chimenea solamente trata de guiar los materiales suspendidos hacia el ambiente exterior. Provocando que, al no salir por la chimenea cierta cantidad de los restos del agente activo, permanezcan suspendidos en el ambiente, validando esto con la medición antes comentada de la concentración del agente activo.

De igual manera, los restos de agente activo que salen por la chimenea al ambiente externo, no son retenidos ni captados por ningún tipo de filtro o material adsorbente, entrando en contacto directo con el viento, pudiendo ser transportados hacia los alrededores de las instalaciones de la productora.

No se cuenta con datos que confirmen si en los alrededores existe presencia de los agentes activos, ya que no se ha podido conducir una medición que busque confirmar o denegar lo planteado anteriormente.

### **3.1.2. Ambiente peletizado**

Este ambiente se encuentra separado por un pasillo de 2 metros de ancho alrededor del perímetro de la instalación. El acceso es por medio de un portón tipo domiciliario y puerta instalada dentro del portón. No cuenta con cortina de viento ni doble puerta. La pared perimetral está conformada por dos materiales, *block* hasta 1 metro de altura y el resto es de material plástico translúcido que permite la visibilidad de adentro hacia fuera y viceversa, este tipo de ventanas tienen dimensiones de 1 m<sup>2</sup>. Cuenta con dos extrusoras que peletizan la mezcla del agente activo y los aditivos convirtiéndolo en pequeñas esferas.



Las tolvas que alimentan el proceso de extrusión están conectadas por la parte de arriba hacia Recepción y dosificación por gravedad desde un mezaninie, en el cual es colocado el saco que contiene la mezcla realizada en la sección de mezclas y compuestos. El operario no entra en contacto directo con el material. La peletización ocurre cuando un mono extrusor homogeniza la mezcla y la derrite, haciéndola pasar por un dado que extruye el material con forma cilíndrica continua. Al salir del dado el material debe ser enfriado para solidificar, este enfriamiento se da por medio de un choque térmico con una pileta de agua. Posterior a esto el cilindro continuo muy similar a un fideo pasa por una cortadora que produce pequeñas esferas con los materiales ya encapsulados. Los pelets o esferas caen en pilas, en donde por acción de succión son transportadas a silos ubicados frente a la instalación, desde los cuales se dosifica el material en sacos dobles y sellados de manera manual.

#### **3.1.2.1. Señalización**

La señalización es de tipo vertical y está compuesta por rótulos indicando al visitante o colaborador el uso obligatorio de la protección respiratoria y ocular. El área de llenado y sellado de los sacos dobles cuenta con una señalización horizontal con línea color amarillo en forma de recuadro.

Figura 4. **Señalización vertical de uso obligatorio de equipo de protección**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

### **3.1.2.2. Instalaciones y características de los equipos**

La instalación cuenta con sistema de renovación de ambiente compuesto por una presión positiva provocada por un motor de 20 Hp y una presión negativa por otro motor de 20 Hp. Este sistema cuenta con una entrada positiva y la captación por medio de tres campanas ubicadas en la parte contraria al portón y área de ingreso. El portón que se encuentra frontal a los extractores, al no lograr, en el proceso un sellado completamente hermético permite el paso por el espacio que este deja hacia el piso, por medio del ambiente, permitiendo así un ciclo de ingreso y salida de aire.

Figura 5. **Vista frontal portón de ingreso área de peletización**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

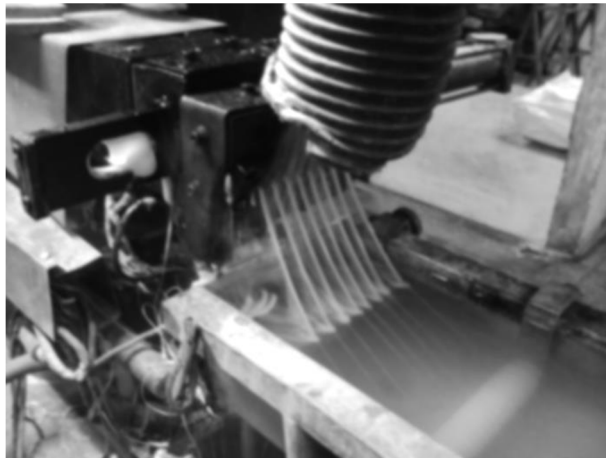
Figura 6. **Vista frontal de tomas de presión negativa de aire**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Se cuenta con un motor de succión que está conectado a los dos conductos que se encuentran ubicados directamente sobre la pileta de agua, donde sucede el choque térmico del fideo de agente encapsulado y agua, esto con la finalidad de capturar los vapores que se generan en ese instante. La capacidad del equipo de succión es de 10 Hp, no posee filtros.

Figura 7. **Ducto extractor instalado sobre pileta**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

### **3.1.2.3. Resultado de medición ambiental**

La planta productora realiza mediciones anuales de la calidad del aire en los ambientes de trabajo. Dicha medición es elaborada por una empresa tercera que posee autorización por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

La empresa evalúa y compara las mediciones en el caso de la bifentrina con la Guía SCOEL<sup>9</sup> y para el clorpirifos con la Guía OSHA<sup>10</sup> obteniendo los siguientes resultados.

Tabla III. **Medición de clorpirifos en peletización**

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Clorpirifos mg/m <sup>3</sup>	Guia OSHA
Extrusión compuestos	0,0001	0,100	0,2 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: Mediciones de concentraciones de agentes activos.

Tabla IV. **Medición de bifentrina en peletización**

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Bifentrina mg/m <sup>3</sup>	Guia SCOEL
Extrusión compuestos	0,00021	0,0210	1,000 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: Mediciones de concentraciones de agentes activos.

<sup>9</sup> European Commission, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for pyrethrum SCOEL/SUM/95, January 2003. Disponible en <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=650>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

<sup>10</sup> OSHA 29 CFR – TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants. -1910.1000 Disponible en <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

#### **3.1.2.4. Comparación de equipos instalados *versus* mediciones ambientales**

Para la medición de bifentrina el valor determinado de 0,0210 mg/m<sup>3</sup> se encontraba 0,979 mg/m<sup>3</sup> debajo del valor límite establecido por la Guía SCOEL. Y en el caso de la medición de clorpirifos este se encontraba 0,1 mg/m<sup>3</sup> debajo del valor límite de la Guía OSHA, ambas mediciones realizadas dentro del ambiente controlado, previo a la extracción mecánica y al filtrado por el equipo de protección personal.

Estos valores indican que el ambiente de trabajo, en general, no representa un riesgo inminente para los colaboradores, ni al ambiente en cuanto a emisiones y concentraciones en el aire, podría considerarse que el control de ingeniería que más aporta a que el ambiente controlado presente estas características es el encargado de succionar los vapores que se emanan del choque térmico del fideo que contiene el agente activo encapsulado y el agua en la pileta. En caso contrario estos vapores se acumularían en gran cantidad dentro de la instalación. Estos vapores son enviados al ambiente externo de la productora como se mencionó anteriormente, sin embargo, estos no pasan por ningún tipo de filtro o sistema de captación, de igual manera no se tiene una medición de las concentraciones de los agentes activos en esta emisión a la salida del sistema de succión.

#### **3.1.3. Ambiente extrusión de película**

Se encuentra ubicado al final de la nave de producción, teniendo una dimensión de 225 metros cuadrados. Las paredes externas son de lámina aislante y las paredes internas son de lámina tipo pinto troquelada aislante, con estructura de costanera entre las dos paredes.

El ingreso se realiza por medio de una puerta peatonal o habilitando el portón, por el cual accede el montacargas para trasladar al lugar la resina y colorantes para el proceso productivo.

En esta sección se realiza la extrusión de película de polietileno impregnada de pesticidas, este proceso requiere que el material peletizado que contiene el pesticida y resina virgen de polietileno sean mezclados y extruidos, el material peletizado con agente activo o pesticida se obtiene por medio del traslado de un saco con agente activo encapsulado desde el área de *Masterbatch*, al mismo tiempo es mezclada resina virgen y colorante, ambos son succionados hacia la tolva que dosifica gravimétricamente el material hacia el tornillo extrusor, que homogeniza y derrite el material hasta llevarlo a un estado líquido viscoso, en donde es extruido de manera vertical por medio de un dado y obteniendo una burbuja de polietileno con pesticida que es transportada de manera vertical. El material es enfriado por medio de aire, al llevar la película hasta 15 metros de altura en donde se obtiene la cristalización del material. Posteriormente es llevado por medio de rodillos hasta en donde es embobinado para ser enviado a la sección de conversión.

#### **3.1.3.1. Señalización**

Al ingresar al área hay instalada señalización vertical indicando de la obligatoriedad de protección respiratoria y ocular.

#### **3.1.3.2. Instalaciones y características de los equipos**

Se cuenta con un sistema de renovación de ambiente compuesto por un sistema de presión positiva y presión negativa.

### 3.1.3.2.1. Presión positiva

Está compuesto por un sistema de dos sopladores que proveen 15 140 pies cúbicos, cada uno, haciendo un total de 30 280 pies cúbicos por minuto. Esta presión positiva se distribuye por medio de un ducto que se encuentra instalado a 2,5 metros de altura del piso y que rodea a los equipos de extrusión ubicados en el lugar.

Adicionalmente se cuenta con un ventilador axial de 7,5 Hp de potencia y que funciona a 1160 rpm conformado por 3 aspas.

Figura 8. **Sección lateral izquierda de ducto de presión positiva**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.



Figura 9. **Sección lateral derecha del ducto de presión positiva**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Figura 10. **Ventilador axial de extracción mecánica**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

### 3.1.3.2.2. Presión negativa

La captación para extraer el aire inyectado al área de trabajo se realiza por medio de 4 campanas que están conectadas a 2 turbinas, cada turbina tiene una capacidad de renovación de 30 Hp. Originalmente el sistema de extracción estaba conectado a un ducto de filtrado de emisiones, que poseía una barrera de 3 filtros de carbón activado, para captar todas las partículas de cualquier material que pudiese haber sido extraído, sin embargo, debido a la saturación continua, en algún momento fueron retirados para su renovación y no han sido colocados nuevamente.

Figura 11. **Campana uno y dos de extracción**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Figura 12. **Campana tres y cuatro de extracción**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

### **3.1.3.3. Resultado de medición ambiental**

La planta productora realiza mediciones anuales de la calidad del aire en los ambientes de trabajo. Dicha medición es elaborada por una empresa tercera que posee autorización por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales.

La empresa evalúa y compara las mediciones en el caso de la bifentrina con la Guía SCOEL<sup>11</sup> y para el clorpirifos con la Guía OSHA<sup>12</sup> obteniendo los resultados que se muestran en las tablas V y VI.

---

<sup>11</sup> European Commission, Recommendation from the Scientific Committee on Occupational *Exposure Limits for pyrethrum* SCOEL/SUM/95, January 2003. Disponible en <http://ec.europa.eu/social/BlobServlet?docId=650>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

<sup>12</sup> OSHA 29 CFR – *TABLE Z-1 Limits for Air Contaminants*. -1910.1000 Disponible en <http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show>. Consulta: 20 noviembre de 2014.

Tabla V. **Medición de clorpirifos en extrusión de película**

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Clorpirifos mg/m <sup>3</sup>	Guía OSHA
Extrusión de película	0,0001	0,390	0,2 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: Mediciones de concentraciones.

Tabla VI. **Medición de bifentrina extrusión de película**

Ubicación	LDM mg/m <sup>3</sup>	Bifentrina mg/m <sup>3</sup>	Guía SCOEL
Extrusión de película	0,00021	0,0110	1,000 mg/m <sup>3</sup>
LDM: Límite de detección del método. Establecido por la empresa tercera que realiza las mediciones.			

Fuente: Mediciones de concentraciones.

#### 3.1.3.4. **Comparación de equipos instalados *versus* mediciones ambientales**

La cantidad de clorpirifos en el área de trabajo de extrusión de película, se encuentra sobrepasada en el límite para una jornada de trabajo de 8 horas, la cantidad por encima del límite permisible es de 0,19 mg/m<sup>3</sup>.

De la bifentrina se obtuvo el valor de 0,0110 mg/m<sup>3</sup> este se encuentra dentro del límite permisible establecido en la Guía SCOEL.

Se procedió a establecer, por medio de los lineamientos internacionales de ingeniería de plantas, acerca de las renovaciones necesarias para un taller de este tipo, determinándose que era necesario realizar por lo menos 19,37 renovaciones por hora del ambiente de trabajo equivalente a 93 789 CFM, sin embargo, recapitulando en la información planteada anteriormente se había establecido que la capacidad de la presión positiva instalada actualmente es de 30 280 CFM, determinándose una deficiencia de renovación de 47 878 CFM. Esta deficiencia podría ser la causa principal de la concentración del agente activo clorpirifos sobre el límite establecido por la normativa correspondiente.

Al carecer de una renovación adecuada, las emisiones de vapores permanecen dentro del área de trabajo. Si bien el ventilador ubicado de manera axial, ayuda a que en una altura media del área de trabajo sean extraídas ciertas emisiones, estas no son evacuadas en su totalidad. Un aspecto no evaluado es la densidad de las emisiones y concentraciones de los agentes activos, las cuales son determinantes para poder establecer qué tan dificultoso resulta llevarlas hasta el área superior de trabajo para ser extraídas, esta puede ser una causa mayor de por qué las emisiones permanecen en el área de trabajo.

#### **3.1.3.5. Evaluación de material particulado en los ambientes controlados**

Esta medición es realizada por la misma empresa tercera que realiza las mediciones ambientales de clorpirifos y bifentrina para los ambientes controlados, tiene la finalidad de medir el material particulado en los ambientes internos, comparando estos con los valores de referencia de la OSHA. Sin embargo, únicamente la realizaron en el ambiente controlado de Mezclas y

compuestos y en la sección de Polietileno Conversión, donde no es un ambiente controlado pero si la última fase del proceso productivo.

Tabla VII. **Concentración de material particulado en ambientes**

Parámetro	Estación			
	PM1	PM2	PM3	PM4
	Mezclas y compuestos	Pe-conversión	Extrusión pelet	Extrusión película
Código de filtro	2422-1215	2385-1737	-----	-----
PM10 (mg/m3)	0.1005	0.1340	-----	-----
Guía OSHA TWA <sup>13</sup> (mg/m3)	5			

Fuente: Concentraciones de PM10 en ambientes y ambientes controlados.

La evaluación realizada a las dos áreas de trabajo no sobrepasa el valor guía de referencia de la OSHA para PM10 de 5 mg/m<sup>3</sup>. La concentración más alta se detectó en la medición dos en el área de polietileno conversión con 0,1340 mg/m<sup>3</sup>. No se cuentan con las mediciones de material particulado para las áreas PM3 y PM4 de los ambientes controlados.

Estas dos lecturas indican que, descartando la presencia de clorpirifos o bifentrina el material que se encuentra esparcido en forma de partículas en el ambiente, no representa un riesgo para la salud o sistema respiratorio del colaborador, ni para la emisión de traslado hacia un ambiente externo y los alrededores de la unidad productora. Otorgando la certeza de que si no se tuviese un agente activo inmerso en el proceso, no sería necesario u obligatorio el uso del respirador o algún tipo de sistema de filtrado en las instalaciones, a

<sup>13</sup> TWA: *Time Weighted Average*, OSHA. estándar – 29 CFR número 1910.1000 tabla Z-1. Página 50.

su vez permite establecer que no se está generando contaminación o emitiendo partículas al ambiente externo de la planta en cantidades que representen algún riesgo para los habitantes de los alrededores.

### **3.2. Controles administrativos**

Procedimientos internos que aseguran la implementación de métodos, pasos, instrucciones y reglas que ayudan en el cumplimiento de políticas en relación al almacenaje, uso y manipulación de agentes activos o pesticidas.

#### **3.2.1. Identificación de tareas críticas**

- Recepción de agente activo

El agente activo es recibido en el patio principal de la planta productora, el mismo viene contenido en dos tipos de almacenaje:

- Clorpirifos: toneles dobles, primario de plástico y el secundario de metal.
- Bifentrina: toneles de metal color azul y tapadera metálica.

El personal de bodega de materia prima es quien revisa que la cantidad de agente activo recibido, coincida con la orden de compra emitida por el área de Logística. En este instante el colaborador aún no ha entrado en contacto directo con ninguna materia, ya que todo se encuentra dentro de su empaque sellado.

Figura 13. Transporte pesado que entrega agente activo



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Traslado de agente activo a Bodega de materia prima

El agente activo se traslada por medio de montacargas, los que trasladan una tarima a la vez, en la cual van colocados cuatro toneles con el material. El colaborador no entra en contacto directo con el material. Hasta este instante cada uno de los toneles aun van sellados conforme fueron enviados por el proveedor.

La estibación del agente activo dentro de la bodega de materia prima se realiza en *racks*, que hasta el momento solamente se encuentran identificados con hojas de papel bond con la palabra insecticida. Existen dos áreas de almacenamiento dentro de la bodega de materia prima, en una de las secciones se almacena el clorpirifos y en la otra bifentrina, esto se realiza conforme a instrucción del área de Producción.



Figura 14. **Agente activo estibado en racks**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Traslado de agentes activos de bodega de materia prima hacia área de pesado de aditivos.

Estos se trasladan según la orden de producción para el área de mezclas y compuestos. Se traslada desde el área de materia prima, donde el recipiente se encuentra completamente sellado hacia el área de pesaje de aditivos. Esto se realiza utilizando montacargas.

- Pesado de agentes

El personal de pesado es quien abre los toneles donde vienen los agentes activos. Son los primeros colaboradores que entran en contacto directo

con los pesticidas. Utilizan una herramienta tipo uña para abrir los toneles y deben de inclinarse sobre ellos para extraer los materiales, esto propicia un roce a la altura del tórax y de los brazos con el recipiente que contiene el agente activo.

Los materiales son pesados en balanzas analíticas, se agregan en bolsas de polietileno comunes las cuales se cierran con amarre, la cantidad agregada debe de cumplir con la necesidad de la fórmula a producir en ese momento.

Se almacenan temporalmente a nivel del piso, previo a trasladarse al área de mezclado.

Figura 15. **Pesado de agente activo en balanza analítica**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Calentamiento tipo baño de maría para hacer líquido el agente activo (bifentrina).

Este se realiza por medio de unos calentadores en donde es agregado el material en la cantidad que la fórmula establece, se calienta hasta los 180 grados Celsius para llevarlo a un estado líquido, una vez en esta condición, se toma con picheles de plástico y se agrega a la mezcladora industrial.

Este procedimiento se realiza debido a que el agente activo es demasiado volátil, presenta tendencia a evaporarse provocando pérdida en relación a la concentración que se necesita según requerimiento de la fórmula en producción.

Figura 16. **Recipiente para realizar calentamiento de agente activo**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Al momento de realizarse este proceso de calentamiento, es normal que se emitan vapores, debido a que los recipientes no tienen tapadera y los vapores salen libremente, sin embargo, cuentan con un sistema de extracción, colocado a 15 centímetros de distancia, que está compuesto por un sistema de succión.

- **Dosificación a jumbo**

Una vez finalizada la mezcla, esta debe ser colocada en un saco tipo jumbo, estos en su mayoría están compuestos de una abertura normal como la de cualquier saco o costal en la parte superior y una válvula en forma de manga en la parte de abajo. El material es colocado por la parte superior, al momento de dejar caer desde la mezcladora hacia la abertura superior los polvos se agitan y tienden a levantarse, creándose pequeños conglomerados de polvos con contenidos de agentes activos que se riegan en las cercanías del equipo.

Durante este proceso la válvula inferior se encuentra atada con una soga plástica para evitar el paso de material.

**Figura 17. Dosificación de mezcla a saco tipo jumbo**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Traslado de jumbo hacia área de Peletizacion

Se hace utilizando como base una tarima de madera, donde es colocado el jumbo. Posterior a esto, el montacargas, utilizando sus horquillas, toma la tarima donde es colocado el jumbo, en la parte superior el jumbo va totalmente abierto y con la mezcla expuesta, el recorrido desde el área de mezclas hacia el mezanine donde es almacenado y colocado el jumbo es de 100 metros. Durante este recorrido es posible que se pueda dar algún tipo de percance con el montacargas, y que debido a esto se pueda provocar la caída o derrame de cierta cantidad de la mezcla, ya que como se indicaba anteriormente, el jumbo está totalmente lleno y carece de un sello total. En cuanto a este derrame sería necesario avisarle al mismo personal de mezclas, para que acudiese a limpiarlo, ya que es el único personal que conoce acerca de la mezcla que se traslada en ese momento y de los porcentajes de concentración de los materiales allí contenidos, y la forma de manipularlos.

Al finalizar el recorrido es necesario instalar el jumbo en un mezanine a una altura promedio de 2,30 metros, durante esta tarea de elevación de la carga es posible que pueda caerse el jumbo y derramar la mezcla.

Figura 18. **Saco tipo jumbo completamente lleno con mezcla**

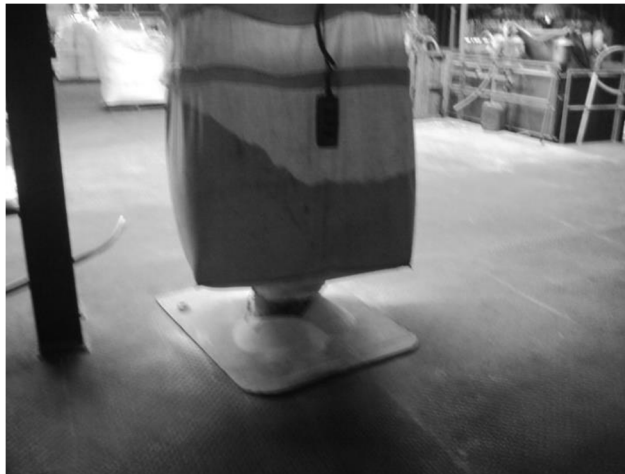


Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Instalación de jumbo con mezcla para dosificación

Los jumbos que descansan sobre el mezanine deben de trasladarse y ubicarse sobre la tolva que alimentará el tornillo extrusor, este traslado se hace utilizando un polipasto y, anclado a este, un marco desde el cual se cuelgan las cuatro cuerdas que tienen los jumbos, se debe introducir la válvula inferior del saco en un tubo que va hacia la tolva y desatar para permitir el paso de la mezcla hacia abajo. Durante esta operación es normal que se presenten derrames a la orilla de la conexión entre la válvula y el tubo que recibe, sin embargo, este polvo con contenido de agente activo, no se limpia inmediatamente después de haberse dado el derrame, por lo cual algún otro colaborador o el mismo viento que sopla a lo interno de las instalaciones puede hacer que estos materiales sean trasladados y aspirados por el resto de colaboradores ubicados en los alrededores del área de trabajo.

Figura 19. **Saco tipo jumbo con mezcla, instalado para liberar material**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Peletizado

El proceso de peletizado comprende la encapsulación del agente activo e incluye la fase de aplicación de calor y homogenización utilizando un tornillo extrusor. Posteriormente se aplica enfriamiento por choque térmico con agua, esta agua se utiliza en un proceso de intercambiador de calor y se mantiene en un pileta de metal. Una vez terminado su uso durante un día de producción es desechada hacia un poso de absorción, el choque térmico que se mencionó anteriormente provoca que se emitan vapores con contenidos de agentes activos, estos vapores deben de extraerse del área de trabajo.

Figura 20. **Proceso de peletización de agente activo**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Almacenamiento y empaque de peletizado

Una vez enfriado el fideo que tiene encapsulado el agente activo, este se corta en pequeñas esferas que son dejadas en una pileta desde la cual son succionadas por medio de una lanza y con la acción de un *blower*, es trasladado el material a tres silos con capacidad de 2 000 kg. Durante esta acción la succión que realizan los *blowers* provoca cierta pulverización de algunas de las esferas obteniéndose así partículas de agente activo encapsulado que son dispersadas alrededor del área de trabajo.

Una vez las esferas con el agente activo encapsulado están en el silo, son dosificadas en sacos dobles los cuales serán sellados por el operario por medio de una costura.

Figura 21. **Silos que almacenan peletizado**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.



Figura 22. **Sellado de sacos con peletizado**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Traslado de peletizado a área de extrusión de película de polietileno impregnada.

Se trasladan los sacos con el agente activo o pesticida encapsulado en las cantidades necesarias hacia el área de extrusión de película para poder ser agregado a la fórmula final, mezclándolo con otros materiales como colorantes y resina de polietileno. Hay poca posibilidad de derrame debido al sello que poseen los sacos y la forma en que son trasladados.

Figura 23. **Tarima con sacos de peletizado disponible para extrusión**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Extrusión de película de polietileno impregnada de pesticida

En esa sección se realiza el proceso de mezcla del agente activo encapsulado, colorante, polietileno y otros aditivos para obtener la película de la que derivará el producto final, en este proceso se aplica calor a la mezcla y se homogeniza por medio de un tornillo extrusor, emitiéndose vapores y neblinas, los cuales deben ser controlados y extraídos del ambiente de trabajo. Se manipulan, tanto el agente activo encapsulado, como la película impregnada, el agente activo encapsulado se agrega directamente de los sacos a la mezcladora, por el contrario se entra en contacto directo con la película impregnada después de haberse extruido; esta, una vez extruida, se coloca en rollos o bobinas, esta presentación de material semiprocesado debe ser manipulada para retirarla de la máquina, colocarla en tarimas y trasladarla al área de Conversión.

Figura 24. **Proceso de extrusión de película impregnada de agente activo**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Conversión de película impregnada de pesticida

En esta sección no se le aplica ningún tratamiento térmico, se realiza un proceso de perforación por medio de un banco de ponchado y luego se enrolla en pequeñas bobinas, el colaborador debe manipular la película impregnada con las dos manos para poder instalar las bobinas en la máquina convertidora y empacar los rollos en su presentación final.

Figura 25. **Película embobinada posterior a proceso de extrusión**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Figura 26. **Película posterior a proceso de conversión**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Almacenamiento de producto terminado

El almacenamiento se realiza en la bodega de producto terminado, durante un corto espacio de tiempo, debido a la vida media de la impregnación de pesticida en la película de polietileno, la cual no supera las 3 semanas. La bodega es ventilada y amplia, por lo que no se da ninguna acumulación en el ambiente derivado de la impregnación que tiene el material.

Figura 27. **Bulto de película impregnada empacada**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Traslado de producto terminado al cliente

Este se realiza por medio de transporte pesado normal, el producto va empacado y estibado en tarimas. Se envía y da recepción en bodegas de la empresa ubicadas en localidades cerca de las plantaciones donde serán utilizados los productos.

Figura 28. **Camión utilizado para transportar producto terminado**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Tabla VIII. **Resumen de riesgos por tarea y área**

<b>Riesgo</b>	<b>Tarea</b>	<b>Área</b>	<b>Control implementado</b>
<b>Mezcla y estibación inadecuada de agentes activos con otros materiales; principalmente etiquetas que se usan en productos alimenticios.</b>	Traslado de agente activo a Bodega de materia prima.	Materia prima	Identificación con hoja bond de estantería. No segregación de materiales.
<b>Salpicadura y contacto de agentes activos con piel, ojos u otra parte del cuerpo.</b>	Pesado de agentes	Pesaje de aditivos	Uso de equipo de protección y uniforme
<b>Emisión de polvos y partículas de agentes activos hacia el ambiente de trabajo y ambiente externo de la planta productora.</b>	Pesado de agentes	Pesaje de aditivos	Máquina de captación puntual
<b>Emisión de vapores de agentes activos hacia el ambiente de trabajo y ambiente externo de la planta productora.</b>	Calentamiento tipo baño de maría a agente activo.	Mezclas	Filtros y extracción (filtros dañados)

Continuación de la tabla VIII.

<b>Emisión de polvos y partículas de agentes activos hacia el ambiente de trabajo y el ambiente externo de la planta productora.</b>	Mezcla y dosificación a jumbo	Mezclas	Chimenea sin filtro ni sistema de extracción.
<b>Contacto y absorción de agentes activos en forma de polvos y partículas o en forma de vapor y líquido por manipulación de los materiales en sus distintas presentaciones.</b>	Mezclas de agentes activos	Mezclas	Uso de equipo de protección personal.
<b>Derrame de mezcla en forma de polvo durante recorrido de montacargas con jumbo abierto.</b>	Traslado de jumbo hacia área de peletización.	Extrusión masterbatch	Limpieza de derrame
<b>Derrame de mezcla en forma de polvo durante instalación de jumbo para dosificación a tolva por gravedad.</b>	Instalación de jumbo	Extrusión masterbatch	Limpieza de derrame
<b>Contaminación de agua que se utiliza para choque térmico de enfriamiento de fideo que encapsula agente activo y que es desechada hacia pozo de absorción.</b>	Peletizado	Extrusión masterbatch	Sin control
<b>Emisión de vapores de agentes activos hacia el ambiente de trabajo y ambiente externo de la planta productora derivado del choque térmico.</b>	Peletizado	Extrusión masterbatch	Sistema de extracción mecánica (no posee filtros).

Continuación de la tabla VIII.

<b>Emisión de polvos y partículas de agentes activos hacia el ambiente de trabajo derivado del traslado por succión hacia silos.</b>	Peletizado	Extrusión masterbatch	No hay control
<b>Emisión de vapores y neblinas con contenido de agente activo derivado de la extrusión de película impregnada.</b>	Extrusión de polietileno impregnado con pesticida.	Extrusión de película	Sistema de extracción mecánica (no posee filtros).
<b>Contacto y absorción de agente activo por medio de las manos en colaboradores que manipulan bobina de película.</b>	Extrusión de polietileno impregnado con pesticida.	Extrusión de película	Uso de guantes
<b>Contacto y absorción de agente activo por medio de las manos en colaboradores que manipulan bobina y producto terminado antes de empacar.</b>	Conversión de película de polietileno impregnada.	Conversión de polietileno	Uso de guantes

Fuente: elaboración propia.

### 3.2.2. Procedimientos para tareas críticas

Se consultó con las áreas de Producción y de Calidad acerca de la existencia de documentación de los procedimientos con riesgos identificados y recomendaciones para tareas críticas. Respecto a ello, únicamente se informó que se poseen los diagramas de producción en cuanto a las tareas de toda la línea de producción de polietileno, mas no para la parte de polietileno con pesticidas.



Los diagramas se limitan a indicar la operación en general que se realiza, no tiene asociados los riesgos que ella representa, las precauciones que debe tener el colaborador y los controles a tomar en cuenta para realizarlas.

### **3.2.3. Uso e interpretación de hojas técnicas de materiales**

En cuanto al uso e interpretación de las hojas técnicas, también llamadas MSDS se determinó lo siguiente:

Se encuentran disponibles en el área de trabajo, instaladas dentro de una caja de acrílico de color amarillo, están resguardadas dentro de un portafolio y a su vez dentro de hojas protectoras de plástico.

Están instaladas dentro de los tres ambientes controlados:

- Mezclas y compuestos
- Ambiente de peletizado
- Extrusión de película

Sin embargo, en el caso de las hojas técnicas para el área de Mezclas y compuestos tres de las cinco hojas técnicas de los materiales están en idioma inglés. Ninguno de los colaboradores que trabajan en el área puede leerlas o interpretarlas.

Para las otras dos áreas de trabajo las hojas técnicas se encuentran en idioma español, sin embargo, se consultó con los colaboradores e indicaron que no han recibido capacitación alguna del uso y manejo de la información.

Desconocen cuál es el contenido, cuáles son los elementos más importantes de información contenida dentro de ella y cómo pueden ser utilizadas en caso de emergencia.

### **3.3. Equipo de protección personal**

Compuesto por el equipo de protección: respiratoria, corporal y de manos. Brinda así una barrera física entre el colaborador y los agentes activos o los productos que lo contienen.


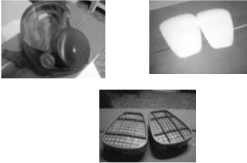


#### **3.3.1. Equipo de protección respiratoria**

Es necesario evaluar la correcta selección de respiradores en las áreas de trabajo, esto con la finalidad de constatar que las características y especificaciones sean acordes a las necesidades de higiene industrial, ya que se han establecido las concentraciones de los agentes activos presentes en el ambiente de trabajo, es necesario evaluar el respirador utilizado, esto se hará conforme a la Guía para selección de respiradores<sup>14</sup>, de la empresa proveedora, con base en la concentración del contaminante en aire por el TLV (*Threshold Limit Value*—Valor umbral límite), para obtener la tasa de riesgo relativo, comparando el respirador que debería de tener un factor de protección mayor o igual a la tasa de riesgo.

---

<sup>14</sup> *Guía para selección de respiradores 3M*. Sección de Salud Ocupacional y Ambiente. División de Seguridad 3M. 1994. Estados Unidos.

Tabla IX. **Respiradores y factor de protección**

Área	Respirador utilizado	Ilustración	Factor de protección
Mezclas y compuestos	Mascarilla cara completa con prefiltros tipo N para sustancias líquidas complementado con respirador para vapores ácidos o filtros de carbón activado.		50
Ambiente peletizado	Mascarilla cara completa con prefiltros tipo N para sustancias líquidas y respiradores para vapores ácidos.		50
Extrusión película	Mascarilla media cara con respiradores de carbón activado.		10
Conversión polietileno con pesticida	Mascarilla media cara con respiradores de carbón activado.		10

Fuente: elaboración propia.

- Mascarilla completa

Está compuesta de un visor y una pieza que se ajusta al tracto respiratorio, es policarbonato altamente resistente a impactos y a radiación ultravioleta. Este respirador está certificado por NIOSH para usar en presencia de polvos, humos, neblinas, gases y vapores.

- Prefiltros 5N11

Está fabricado para brindar protección respiratoria higiénica al usuario contra aerosoles sólidos y líquidos sin aceite. Fabricado con base en un medio filtrante electroestático que busca la retención de partículas.

- Filtros de carbón activado

Son utilizados como complemento de la pieza facial o mascarilla cara completa, están capacitados para la protección contra vapores orgánicos. Su diseño permite la distribución de aire a través de toda la superficie de las capas de carbono. Evitar su uso cuando las concentraciones sean mayores a 10 veces el límite de exposición. No usar en atmósferas en las que el contaminante esté en concentraciones inmediatamente peligrosas para la vida y la salud.

- Mascarilla media cara

Respirador tipo semimáscara se utiliza en combinación de prefiltro y filtro liviano. Está fabricado a base de un elastómero plástico, posee válvulas de inhalación, válvula de exhalación, material filtrante de carbón activado y puede utilizarse en concentraciones hasta 10 veces el límite de exposición permisible. Protege en concentraciones de partículas aerosoles sólidos, líquidos de base de agua y de aceite.

- Factor de protección del equipo de protección respiratoria y tasa de riesgo.

Nivel de protección que ofrece el equipo de respiradores tanto de media cara como de cara completa está establecido por el proveedor de los equipos en un rango de protección mínima de 10 hasta un máximo de 50 unidades.

La tasa de riesgo se calcula bajo la siguiente fórmula:

$$T. R. = \frac{\text{Concentración del contaminante en el aire}}{\text{TLV}}$$

Tabla X. **Cálculo de tasa de riesgo para clorpirifos por área**

Área	Material en el aire	Concentración del material mg/m <sup>3</sup>	TLV mg/m <sup>3</sup>	Tasa de Riesgo
Mezclas y compuestos	Clorpirifos	0,620	0,2	3,1
Extrusión compuestos	Clorpirifos	0,1	0,2	0,5
Extrusión polyinsect	Clorpirifos	0,390	0,2	1,95
Conversión Pe	Clorpirifos	-----	0,2	No determinada

Fuente: elaboración propia.

Tabla XI. **Comparación nivel de protección de Epp y tasa de riesgo por clorpirifos**

Área	Material	Factor de protección del Respirador	Tasa de Riesgo
Mezclas y compuestos	Clorpirifos	50	3,1
Extrusión compuestos	Clorpirifos	50	0,5
Extrusión película	Clorpirifos	10	1,95
Conversión Pe	Clorpirifos	10	No determinada

Fuente: elaboración propia.

Tabla XII. **Cálculo de tasa de riesgo para bifentrina por área**

Área	Material en el aire	Concentración del material mg/m <sup>3</sup>	TLV mg/m <sup>3</sup>	Tasa de Riesgo
Mezclas y compuestos	Bifentrina	0,0096	1	0,0096
Extrusión compuestos	Bifentrina	0,0210	1	0,0210
Extrusión película	Bifentrina	0,0110	1	0,0110
Conversión Pe	Bifentrina	-----	1	No determinada

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIII. **Comparación nivel de protección de Epp y tasa de riesgo por bifentrina**

Área	Material	Factor de protección del Respirador	Tasa de Riesgo
Mezclas y compuestos	Bifentrina	50	0,0096
Extrusión compuestos	Bifentrina	50	0,0210
Extrusión película	Bifentrina	10	0,0110
Conversión Pe	Bifentrina	10	No determinada

Fuente: elaboración propia.

- Mezclas y compuestos

El factor de protección ofrecido por el respirador de máscara completa es de 50 unidades, el cual no es superado por la tasa de riesgo para clorpirifos en el área con un valor de 3,1 unidades, de igual manera en el caso del agente activo bifentrina el factor de protección no es superado, ya que la tasa de riesgo por este material es de 0,0096 unidades, proporcionando el resultado de que el respirador se encuentra facultado para poder contener y absorber la presencia del material. El respirador de carbón activado que se está utilizando tiene un tiempo de vida media de entre 25 y 30 días según especificaciones del fabricante, esto si se utilizan sin prefiltro, sin embargo, al equipo de cada

colaborador se le coloca un par de prefiltros del tipo N que aumenta el tiempo de vida del respirador hasta 90 días.

Para el control de provisión de este Epp el área de trabajo cuenta con un calendario, el cual es monitoreado y cumplido por el encargado de materiales, quien mantiene un estricto control para que los colaboradores realicen el cambio de su equipo en las fechas establecidas en el mismo, asegurando con este mecanismo que no se permitirá la utilización de respiradores saturados.

- Ambiente peletizado

El factor de protección en esta sección se mantiene en 50 unidades, ya que está compuesto por la mascarilla cara completa, prefiltros y filtros de carbón activado. La tasa de riesgo para el área es de 0,5 y 0,0210 unidades para clorpirifos y bifentrina correspondientemente. El factor de protección cuenta con un 99,58 % de protección por encima de la tasa de riesgo, indicando así que el mismo es capaz de cumplir con los requerimientos del usuario y del entorno. La vida media del respirador se mantiene en 30 días y se amplía a 90 días si se utiliza con los prefiltros. Esta sección se adhiere y cumple de igual manera el calendario de renovación de equipo de protección respiratoria, así mismo se usa el prefiltro del tipo N.

- Extrusión película con pesticida

En esta sección, el factor de protección se reduce a 10 unidades, el motivo es que solamente ofrece protección respiratoria y no ocular tal y como sucede con el respirador de cara completa, utilizado en las dos secciones anteriores.



Sin embargo, este respirador de tipo media cara es suficiente para contener el factor de riesgo de 1,95 y 0,0110 unidades que representan el clorpirifos y la bifentrina para los colaboradores en este ambiente. La protección ocular de la mascarilla completa se cambia en esta sección por un par de anteojos de seguridad de policarbonato. La razón es que el agente activo ya se mezcla con resina virgen de polietileno y colorante a menores concentraciones que en las dos secciones anteriores. La saturación de los prefiltros y de los filtros es mucho menor, sin embargo, se incluyen dentro del programa de cambio y renovación de respiradores teniendo que hacer el reemplazo de prefiltros cada 30 días y de filtros cada 90 días.

- Conversión polietileno con pesticida

En esta última sección es utilizado también un respirador media cara con un factor de protección de 10 unidades, sin embargo, no se cuenta con una tasa de riesgo establecida, debido a que esta sección no fue sometida a las mediciones de las concentraciones de los agentes activos en el ambiente. En esta parte del proceso en donde ya se obtienen los distintos productos finales, no se le aplica ningún tipo de proceso calorífico ni similar a los materiales, por lo cual el riesgo de emanación de vapores, neblinas u otros como efecto del calor queda descartado; y se asume, por personeros de la industria, que el riesgo a nivel de respiración es mucho menor, establecen que un respirador con el mismo grado de protección que en la sección extrusión polyinsect es suficiente para contener la presencia del agente activo. Cabe resaltar que en esta sección, la película de polietileno con una capa de pesticida, es perforada a modo de crearle agujeros para que respire el fruto que será envuelto con ello o es cortado en pequeñas tiras que serán amarradas a la mata del fruto. Todo se hace a temperatura ambiente.

La mayor probabilidad en esta sección es de contacto con las manos y antebrazos, esto se ampliará en la parte de equipo de protección corporal.

- Mantenimiento del equipo de protección respiratoria

Tanto la mascarilla de cara completa como la de media cara son reutilizables siempre y cuando cumplan con los parámetros básicos. El área de seguridad industrial y medio ambiente para asegurar que las mismas aún realizan un sello y funcionan conforme a las atribuciones que indica el proveedor, realiza pruebas de ajuste. Estas pruebas se hacen posterior a haber realizado el cambio rutinario de prefiltros y filtros, los cuales son descartables al igual que las válvulas de exhalación e inhalación.

La prueba de ajuste se realiza por medio de una escafandra y un atomizador con saborizante amargo no tóxico, solicitándole al usuario de la protección respiratoria que se la coloque y ajuste, posteriormente se le es colocada la escafandra y puesto al frente el atomizador liberando por medio de espray el saborizante amargo con la finalidad de comprobar que el filtrado y ajuste de la protección es el adecuado, en caso contrario, el usuario sentirá y percibirá el sabor amargo en su boca, evaluando si el ajuste no fue el adecuado o si los componentes del equipo de protección respiratoria están aún en óptimas condiciones.

Si el equipo demuestra no estar en las condiciones óptimas para su uso se envía, con un vale de renovación de componentes o renovación completa del respirador, hacia el área de bodega de repuestos para que le sea entregado un kit en óptimas condiciones al usuario.

### **3.3.2. Equipo de protección de cuerpo**

Es el utilizado por el colaborador con la finalidad de evitar el contacto directo con los agentes activos y demás materiales que se utilizan en el proceso de producción del polietileno impregnado de pesticida.

Está compuesto de dos elementos: un uniforme de camisa y pantalón, y un par de guantes.

El material del que se encuentran fabricados es 100 % algodón tipo gabardina que presenta características de impermeabilidad y frescura, según sus fabricantes; se desconoce qué grado de impermeabilidad posee.

La camisa es de cuello alto con un zíper al centro, posee un remate de elástico y un faldón que sobre cae en los puños de las mangas. El pantalón no tiene zíper y se ajusta por medio de cuerdas a nivel de la cintura. Cuando los colaboradores manipulan y entran en contacto con recipientes y equipo que contiene el agente activo, el uniforme funciona como barrera para evitar que la piel haga un contacto directo, por su característica de impermeabilidad el material, teóricamente, disminuye la probabilidad de adherencia de los agentes a la prenda.

Durante la jornada laboral los colaboradores utilizan 3 uniformes con el siguiente esquema de distribución:

Tabla XIV. **Número de uniforme y uso**

Número de uniforme	Uso
1	De la hora de ingreso / a refacción
2	Después refacción / a hora de almuerzo
3	Después de almuerzo / a hora de salida

Fuente: elaboración propia.

El periodo estimado de uso de cada uno de los uniformes es de 3 horas. Al finalizar la jornada laboral los colaboradores deben ir a la sección de lavandería para entregarlos y que se sometan a un ciclo de limpieza.

Figura 29. **Ilustración de uniforme utilizado en el turno**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Ciclo de limpieza

Este es ejecutado dentro las instalaciones de la planta productora de plásticos, está dividido en remojo, lavado y secado:

- Remojo y lavado

Este se realiza dentro de la lavadora tipo industrial que se posee en el área de lavandería, se utiliza agua a una temperatura de 70 °C acompañada de químico alcalino y detergente, bajo una fórmula recomendada por el proveedor de químicos industriales para lavandería. La fórmula de lavado está compuesta de siete pasos en donde se intercalan el remojo con agua tibia, agua caliente y restriego.

Figura 30. **Equipo industrial utilizado en proceso de lavandería**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Figura 31. **Químicos utilizados en proceso de lavandería**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Para confirmar la efectividad del uniforme, en relación a la protección corporal que ofrece, evitando que el operario entre en contacto directo con el agente activo, y la efectividad del proceso de lavado en el equipo industrial, se hizo, con el apoyo del área de laboratorio de calidad una prueba para obtener que cantidad de agente activo se encontraba presente en los uniformes previo a realizar el lavado y posterior al lavado, los resultados, que los catalogaron como información confidencial de la unidad productora, fueron positivos y confirmaron que el proceso de lavado reduce considerablemente la presencia de los agentes activos en el uniforme utilizado por el colaborador.

### **3.3.3. Equipo de protección de manos**

Guantes descartables que protegen el área de la palma y sobrepalma, están hechos con base de nitrilo, se utilizan en promedio de dos a tres pares durante un turno de trabajo por cada persona, se utilizaban por razón empírica asumiendo que al entrar en contacto con la mezcla y con la película impregnada de pesticida, existe contacto y posible absorción del agente activo por parte del colaborador. Para confirmar que el guante estaba protegiendo de contacto con agente activo y de la posible absorción, se hizo, nuevamente con el apoyo del laboratorio de calidad, una prueba de hisopado para evidenciar la presencia o no de agente activo en la palma del guante de nitrilo.

Figura 32. **Guantes de nitrilo utilizados como protección corporal**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Los resultados de las pruebas de los guantes fueron catalogados como confidenciales por la Unidad de Producción de Polietileno de Pesticidas.

### **3.4. Análisis de la evaluación**

De los tres ambientes controlados evaluados, dos de ellos presentaron deficiencias en su sistema de extracción y renovación mecánica, los cuales fueron mezclas y compuestos y extrusión de película de polietileno con pesticidas.

Para el caso de mezclas y compuestos el valor obtenido de  $0,620 \text{ mg/m}^3$  en concentración de clorpirifos está más de tres veces el límite de  $0,2 \text{ mg/m}^3$ , para el área de extrusión de película el valor obtenido de  $0,390 \text{ mg/m}^3$ , también superando la concentración límite establecida. Esto proporciona el indicador de que los colaboradores, a pesar de estar utilizando el equipo de protección respiratoria, están siendo sometidos a un ambiente de trabajo riesgoso.

Es necesario mencionar que, según el cálculo de la tasa de riesgo *versus* la capacidad del respirador, no representaba problema alguno el desempeño del equipo de protección, aun así la unidad productora de plástico no puede permitir que sus colaboradores continúen siendo expuestos a este ambiente.

Es posible que las deficiencias de extracción y renovación sean provocadas por fallas en los equipos originadas por la antigüedad que estos presentan, que en algunos casos es de casi dieciocho años, de la falta de algunos de sus componentes como los filtros de carbón activado que deberían realizar la captación de las partículas de agentes activos y finalmente de la falta de potencia para renovar un número de veces la cubicación del ambiente de trabajo y que al no tener una legislación que los obligue a realizar una renovación de ambientes determinada, no se vean obligados a cumplirla. No solamente para las emisiones internas del área de trabajo, sino para las que salen fugitivas hacia los alrededores de la ubicación de la planta, donde funciona la Unidad Productora de Polietileno con Pesticida.

Las tareas críticas con riesgos ambientales carecen de documentación en su totalidad, provocando un ambiente de trabajo improvisado y sometido a la espontaneidad y aprendizaje empírico de los colaboradores y supervisores de área. La falta de formación y capacitación en el uso de las hojas de seguridad y su interpretación puede provocar un actuar erróneo en cuanto a manejo y manipulación de materiales, aumento de crisis en caso de una emergencia por intoxicación, contacto o exposición crónica.

La no identificación de riesgos y la desinformación, seguramente aportan en gran medida a que los controles ambientales implementados sean mínimos, reducidos y de poco interés por parte de los colaboradores.



## **4. DISPOSICIÓN Y MANEJO DE DESECHOS Y RESIDUOS**

Un desecho sólido es tomado como algo de lo que se prescinde por no tener ningún tipo de utilidad posterior e inmediata a su generación para la Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas, ya que no es posible rescatar, reusar o reciclar ninguna sección, componente o totalidad del mismo para ninguna sección del proceso productivo. Por el contrario, los residuos se consideran como aquellos generados por la actividad productiva y que pueden ser reusados y reciclados utilizando algún tipo de técnica o tecnología para reincorporarlos al proceso de la unidad productora en alguna de sus fases.

### **4.1. Residuos producidos por el proceso productivo**

En correspondencia con el planteamiento del inicio del capítulo son los siguientes:

#### **4.1.1. Producto no conforme con estándares de calidad**

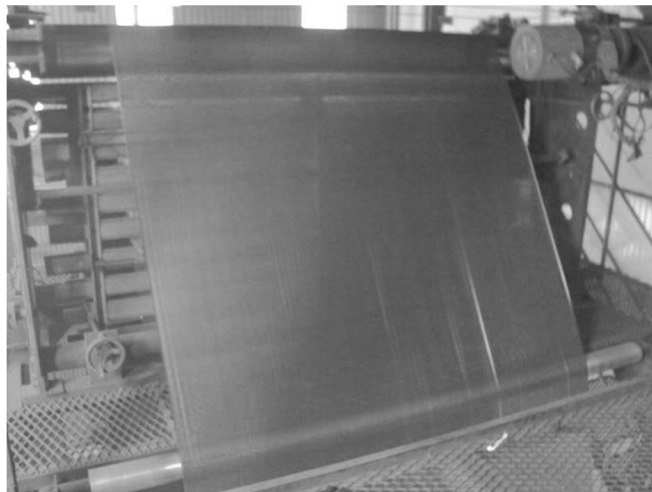
Para asegurarse que los distintos productos que contienen agentes activos o pesticidas son conformes con los estándares de calidad, se hacen pruebas de laboratorio con base en lineamientos internos, si durante el análisis efectuado por el área de laboratorio de calidad se detecta algún tipo de inconformidad, como el no cumplimiento de porcentaje de concentración de agente activo en la mezcla, color y reflectancia en la película, calibre o grosor de película, resistencia al impacto u otras, se procede a una recalibración del proceso, sin embargo, es posible que ya se haya producido cierta cantidad de película en estas condiciones la cual es identificada por medio de un rótulo de

no conforme. Esta película no se le aplica proceso de conversión y es enviada automáticamente al área de Reprocesado.

#### **4.1.2. Merma de inicio de proceso de extrusión**

Al dar arranque al proceso de extrusión es necesario que pase un tiempo de diez a quince minutos, durante el cual el extrusor necesita limpiarse del producto anterior y estabilizar la cantidad de plástico derretido que expulsa, todo este material que es enfriado y obtenido de igual manera en forma de película se considera automáticamente no conforme debido a que no fue obtenido en las condiciones óptimas del proceso. Este no se identifica con la etiqueta de no conforme, sino se coloca en bolsas transparentes habilitadas para acopio de este tipo de material, donde, al finalizar el turno, se traslada al área de reprocesado.

Figura 33. **Película impregnada de pesticida en proceso de extrusión**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.1.3. Merma de finalización de proceso de embobinado y extrusión**

Al finalizar un embobinado de polietileno con pesticida se procede a cortar manualmente la película continua y el operario procede a iniciar un nuevo proceso de embobinado. Por estándares de calidad debe retirarse en promedio cinco metros lineales de película de cada bobina para asegurar que la misma se encuentra en perfectas condiciones, esta sección de cinco metros que se retira se coloca en la misma bolsa transparente habilitada para acopio de merma de inicio de proceso de extrusión.

Al finalizar un proceso de extrusión se da un sobrante que usualmente no se puede colocar en una bobina, ya que es menor que la cantidad necesaria para cubrir un *batch* de producción. Esta se coloca en la bolsa de acopio mencionada anteriormente.

Figura 34. **Película merma de proceso de arranque y finalización**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.1.4. Bolsa de polietileno que contenía resina virgen**

La resina de polietileno que se mezcla con el agente activo encapsulado y los colorantes se recibe en bolsas de polietileno de 35 kilogramos, donde viene empacada, estas al quedar vacías luego de utilizarse el material que contenían, se proceden a ordenar y acumular a la par del área de trabajo, esto durante un turno completo, al finalizar el mismo son transportadas hacia el área de reprocesado. Este empaque no ha tenido contacto con agente activo, ni se encuentra contaminado, pero es polietileno casi puro que puede ser reutilizado.

Figura 35. **Bolsa de polietileno que contenía resina**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

## 4.2. Desechos sólidos

Son los generados como consecuencia de las actividades de transformación y producción por la planta productora de plásticos, específicamente los no biodegradables y para esta evaluación son los empaques primarios y secundarios de los agentes activos.

### 4.2.1. Empaque primario y secundario de agentes activos

Los agentes activos se encuentran contenidos en recipientes de la siguiente forma:

- Clorpirifos: empaque primario de tonel plástico color azul fabricado de polietileno. Empaque secundario tipo tonel color verde fabricado de metal. La tapadera, también es de metal y se asegura al tonel. El tonel externo de metal se encuentra identificado con una calcomanía con su nombre y un pictograma que indica de la peligrosidad del material para los medios acuáticos. El empaque primario es el que entra en contacto directo con el agente activo o pesticida. Los toneles tienen una capacidad de 100 litros.

Figura 36. **Toneles que contienen agente activo clorpirifos**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

- Bifentrina: está contenida en toneles de metal de color azul; no posee empaque secundario. El recipiente posee una calcomanía con su nombre y un pictograma que indica de la peligrosidad del material para los medios acuáticos.

Figura 37. **Tonel que contiene agente activo bifentrina**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.2.2. Equipo de protección personal descartable**

Está compuesto por:

- Guantes descartables de nitrilo

Normalmente un operario puede utilizar de entre dos a tres pares de guantes por jornada de trabajo. Los mismos se deterioran por el sudor de las manos y la fricción con los materiales de trabajo y maquinaria, cuando se manipulan objetos. En promedio hay veintiuna personas por las distintas secciones de polietileno con pesticida, haciendo un total de 63 pares de

guantes consumidos por turno, un total de 126 pares por un día completo de trabajo.

- Prefiltros de mascarillas

Actualmente las áreas dan cumplimiento a un programa de protección respiratorio el cual le otorga periodos de vida a los prefiltros de 30 días. En un mes de trabajo se generan 42 pares de prefiltros ya utilizados y que deben ser totalmente descartados.

- Filtros de mascarillas

Estos tienen una duración media de noventa días, se utilizan por los veintiún colaboradores ubicados dentro del área de Producción de Polietileno con Pesticida. Al tener un tiempo de vida más prolongado se genera este tipo de desecho trimestralmente siendo 42 pares los que son descartados.

#### **4.3. Aguas residuales**

Se definen así a las aguas que han recibido uso y cuyas calidades han sido modificadas. Existiendo dentro de esta clasificación las aguas residuales de tipo especial y aguas residuales de tipo ordinario. Las aguas residuales de tipo especial se refieren a las aguas residuales generadas por servicios públicos municipales y actividades de servicios, industriales, agrícolas, pecuarias, hospitalarias y todas aquellas que no sean de tipo ordinario, así como la mezcla de las mismas.

Las aguas residuales de tipo ordinario son generadas por las actividades domésticas, tales como uso en servicios sanitarios, pilas, lavamanos, lavatrastos, lavado de ropa y otras similares, así como la mezcla de las mismas, que se conduzcan a través de un alcantarillado.

#### **4.3.1. Aguas residuales de tipo especial**

Dentro de estas se contabiliza, únicamente el agua que es utilizada dentro del proceso de enfriamiento del fideo que tiene encapsulado el agente activo. Esta operación es realizada con la idea de ejecutar un choque térmico y solidificar el material. Esta agua entra en contacto directo con el fideo de agente activo encapsulado se utiliza una cantidad promedio de 1 metro cúbico de agua por cada jornada de trabajo, al finalizar un día ordinario de labores se utilizaron para esta finalidad un total de 2 metros cúbicos de agua. La misma se mantiene dentro de una pileta. Esta agua es extraída de un pozo instalado dentro de la planta de producción y desechada al pozo de absorción.

**Figura 38. Pileta para choque térmico**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.



#### **4.3.2. Aguas residuales de tipo ordinario**

Son generadas por los procesos domésticos de la Unidad Productora de Polietileno con Pesticida, se incluyen el agua consumida en los servicios de duchas de los colaboradores, agua de lavamanos y sanitarios y finalmente el agua generada por el proceso de lavado de los uniformes indicados en la sección de protección corporal. El agua utilizada para lavar los uniformes es agua caliente aprovechada en el proceso de intercambiador de calor en el área de compresores, una vez utilizada en el proceso de lavado se desecha al alcantarillado interno y posteriormente desemboca en la fosa séptica y luego al pozo de absorción.

Figura 39. **Lavadoras y secadoras utilizadas en lavandería**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.4. Disposición y manejo de desechos y residuos sólidos**

Descripción de la forma en que la Unidad de Producción gestiona la disposición y manejo tanto de los desechos así como de los residuos sólidos generados por la operación.

##### **4.4.1. Desechos sólidos**

En cuanto a los empaques primarios y secundarios de los agentes activos, solamente al primario del clorpirifos conformado por el tonel plástico color azul de polietileno se desecha por medio de una empresa tercera encargada de materiales bioinfecciosos. Antes de ser recolectados por la empresa tercera, los toneles se acumulan en la sección de mezclas y compuestos sobre tarimas de madera al aire libre.

El equipo de protección descartable compuesto por guantes de nitrilo y componentes de la protección respiratoria se acopia en recipientes de color rojo, los cuales se encuentran ubicados en la sección de mezclas y compuestos y conversión de polietileno. Los recipientes están bajo techo y cuentan con una tapadera, no tienen identificación tipo etiqueta de cuál es su contenido.

En promedio, una vez por mes se solicita el servicio de recolección a una empresa tercera quienes visitan las instalaciones de la productora equipados con un camión para desechos, equipo de protección personal y corporal. Realizan el pesaje de los materiales a trasladar y otorgan una boleta de constancia de la operación. Los restos son trasladados hacia el parque industrial donde funcionan los hornos de incineración autorizados por el Ministerio de Ambiente y Recursos Naturales donde se procede a cremar los restos recolectados.

El empaque secundario del clorpirifos compuesto por toneles metálicos y el empaque primario de la bifentrina son acumulados de igual manera en el área de mezclas y compuestos, sin embargo, estos no son desechados por medio de empresa especializada en desechos bioinfecciosos sino son recolectados por terceros que se dedican al reciclaje de metal, pero que carecen de medidas de seguridad para realizar la manipulación de los mismos, ya que los toneles metálicos son recolectados en ocasiones sin utilizar guantes de ningún tipo, son trasladados como chatarra en un vehículo tipo picop por personal que no posee certificación alguna en manipulación de desechos industriales. Se desconoce cuál es la disposición final de los toneles y las condiciones en que esto se realiza.

Figura 40. **Empaque primario clorpirifos**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

Figura 41. **Empaque secundario clorpirifos y bifentrina**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.4.2. Residuos sólidos**

Los materiales establecidos como residuos sólidos dentro de estos se mencionan los siguientes:

- Producto no conforme con estándares de calidad
- Merma de inicio de proceso de extrusión
- Merma de finalización de proceso de embobinado y extrusión
- Bolsa de polietileno que contenía resina virgen

Son recolectados en el área de trabajo y trasladados posteriormente hacia la sección de reprocesado, ubicada dentro de las instalaciones de mezclas y compuestos. Esta área se encarga de formar pacas de polietileno impregnado de pesticida y polietileno sin impregnación. En esta área se realizan dos tareas, el reproceso inmediato de cierta cantidad de material y la compresión en forma de paca para lo restante que no se tiene capacidad instalada de procesar.

El reprocesado consiste en utilizar una maquina tipo erema, conformada por una banda de transportación que alimenta de plástico un molino que tritura el material y luego lo derrite por medio de un tornillo extrusor, se obtienen nuevamente esferas de polietileno que son colocadas en sacos y se estiban en tarimas para ingresar nuevamente a proceso de extrusión. El resto del material, que no se tuvo la capacidad de reprocesar, se almacena en una bodega externa.

Figura 42. **Material repeletizado acumulado en saco**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.5. Disposición y manejo de aguas residuales**

Descripción del proceso de desecho de las aguas generadas por el proceso de producción de la bolsa impregnada con agentes activos.

#### **4.5.1. Aguas residuales de tipo especial**

En cuanto al agua contenida dentro de la pileta para choque térmico con el fideo que encapsula el agente activo, esta es liberada por gravedad hacia la tubería que está conectada a un sistema de fosa séptica que luego va a hacia un pozo de absorción.

El pozo de absorción es el elemento de disposición final del drenaje y recibe los líquidos provenientes de un tanque séptico. El pozo de absorción está compuesto de una cámara cubierta de paredes porosas, que permiten que el agua se filtre hacia el terreno. Un pozo de absorción está capacitado para recibir aguas grises o aguas pretratadas, en este caso desde la fosa séptica, sin embargo, este tipo de proceso está capacitado, principalmente para agua de tipo domiciliar y separar desechos orgánicos y sólidos de las aguas. En la mayoría de casos, un pozo de absorción no posee las capacidades de neutralizar agentes distintos como los agentes activos tipo pesticidas que se utilizan en la Unidad productora. Para este tipo de agua residual no se ha hecho ningún tipo de prueba para evaluar qué concentración de agentes activos se encuentran en las aguas, previo al desecho y tampoco posterior al tratamiento por medio de la fosa séptica y pozo de absorción.

No se tienen indicadores, si en algún momento el manto freático ubicado debajo del pozo de absorción está recibiendo descargas de aguas con presencia de agentes activos.

Figura 43. **Acceso a pozo de absorción**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.

#### **4.5.2. Aguas residuales de tipo domiciliar**

Dentro de ellas se mencionan el agua de duchas y lavamanos utilizados por los colaboradores del área de polietileno con pesticida, asimismo, el agua derivada del proceso de lavado e higienización del uniforme utilizado de igual manera por estos colaboradores. En ambos casos se desechan por medio del alcantarillado interno y se envían hacia la fosa séptica para recibir un tratamiento de separación de sólidos, utilizando enzimas orgánicas, posterior a ello son enviadas hacia el pozo de absorción. De igual manera esto tiene final hacia el manto freático ubicado debajo del terreno de la unidad productora de plásticos, no se ha conducido ninguna prueba para evaluar la presencia y concentración de agentes activos en las aguas desechadas. En este caso se ha conducido únicamente la evaluación para aguas residuales solicitadas por el Acuerdo Gubernativo 236-2006, en donde, según conclusión de empresa tercera que la realiza, no existe ninguna violación a los límites establecidos para las

presencias de los distintos materiales, metales y demás que hace referencia la normativa del caso.

Figura 44. **Extracción de muestras a fosa séptica número uno**



Fuente: Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas.



## 5. ANÁLISIS COSTO BENEFICIO EN LA IMPLEMENTACIÓN DE CONTROLES AMBIENTALES

### 5.1. Costo de controles ambientales

Para su evaluación los controles se dividieron en tres aspectos, los ambientes controlados que son las instalaciones y equipos físicos, las medidas administrativas para control y prevención y el equipo de protección personal utilizado por los colaboradores.

#### 5.1.1. Costo de ambientes controlados

Se presenta a continuación una serie de tablas con la descripción del equipo y el costo de instalación y el costo del consumo energético por veinticuatro horas de labores, seccionado por cada uno de los ambientes controlados finalmente se incluirá un cuadro resumen con costo total de equipos instalados y de consumo energético por los tres ambientes controlados.

Tabla XV. **Costo de instalación de equipos en mezclas y compuestos**

Equipo	Costo de instalación (Q)
Banco de extracción puntual	61 972,65
Succionador 1	76 500,00
Succionador 2	76 500,00

Continuación de la tabla XV.

<b>Succionador 3</b>	<b>76 500,00</b>
<b>Costo total de montaje de equipo de renovación</b>	<b>291 472,65</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVI. **Consumos y costos energéticos correspondientes a equipo de mezclas y compuestos**

<b>Equipo</b>	<b>Consumo energético Kwh</b>	<b>Costo de Kwh (en quetzales)</b>	<b>Costo de consumo energético por hora (Q)</b>	<b>Costo de consumo energético por 24 horas (Q)</b>
<b>Banco de extracción puntual</b>	14,9	1,30	19,37	464,88
<b>Succionador 1</b>	14,9	1,30	19,37	464,88
<b>Succionador 2</b>	14,9	1,30	19,37	464,88
<b>Succionador 3</b>	14,9	1,30	19,37	464,88
<b>Costo total de área</b>				<b>1 859,52</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVII. **Costo de instalación equipos peletización**

Equipo	Costo de instalación (Q)
Soplador 1	76 500,00
Succionador 1	38 250,00
Succionador 2	38 250,00
<b>Costo total de montaje de equipo de renovación</b>	<b>153 000,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XVIII. **Costos y consumo energético de equipo de peletización**

Equipo	Consumo energético Kwh	Costo de Kwh (En quetzales)	Costo de consumo energético por hora	Costo de consumo energético por 24 horas (Q)
Soplador 1	14,9	1,30	19,37	464,88
Succionador 1	14,9	1,30	19,37	464,88
Succionador 2	14,9	1,30	19,37	464,88
<b>Costo total de área</b>				<b>1 364,94</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XIX. **Costo de instalación de equipo de extrusión de película con pesticida**

Equipo	Costo de instalación (Q)
Ventilador axial	17 746,00
Turbina 1	76 500,00
Turbina 2	76 500,00
Sopladores	170 476,00
<b>Costo total de montaje de equipo de renovación</b>	<b>341 222,00</b>

Fuente: elaboración propia.

Tabla XX. **Costos y consumo energético de equipo de extrusión de película con pesticida**

Equipo	Consumo energético Kwh	Costo de Kwh	Costo de consumo energético por hora (Q)	Costo de consumo energético por 24 horas (Q)
Ventilador axial	5,58	1,30	7,25	174,00
Turbina 1	22,35	1,30	29,05	697,20
Turbina 2	22,35	1,30	29,05	697,20
Sopladores	50,28	1,30	65,36	1 568,24
<b>Costo total de área</b>				<b>3 136,64</b>

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.2. Costo de controles ambientales administrativos

Serie de cuadros que resumen los costos generados para la Unidad de Producción al dar cumplimiento a los controles administrativos de tareas críticas, procedimientos, disponibilidad de hojas técnicas y extracción de desechos sólidos.

Tabla XXI. **Costos de identificación de tareas críticas**

Descripción costo	Valor
Costo hora hombre para análisis	Q 9,85
Número de horas a utilizarse	50
Costo total de horas hombre	Q 492,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXII. **Costos de elaboración de procedimientos para tareas críticas**

Descripción costo	Valor
Costo hora hombre para diagramas	Q 9,85
Número de horas a utilizarse	150
Costo total de horas hombre	Q 1 477,5

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIII. **Costos de obtención e interpretación de hojas técnicas de materiales**

Descripción costo	Valor
Recopilación de hojas de seguridad	Son otorgadas por el proveedor
Traducción de hojas de seguridad	Q 1 500,00
Capacitación de colaboradores en uso e interpretación de hojas	Q 2 500,00
Costo total de hojas de seguridad	Q 4 000,00

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXIV. **Costos de manejo de desechos sólidos**

Costo asociado	Valor
Costo por kilo manejo bioinfeccioso (Q)	8,00
Cantidad de kilos desechada por mes	250,00
Costo total por mes (Q)	2 000,00

Fuente: elaboración propia.

### 5.1.3. Costo de equipo de protección personal

A continuación se presenta el resumen de costo del equipo de protección personal y equipo de protección corporal calculado con base individual y luego multiplicado por el número total de colaboradores en el área por turno durante un mes de trabajo.

Tabla XXV. **Costos de equipo de protección personal**

Equipo	Costo (Q)
Mascarilla cara completa	1 250,00
Prefiltros	11,21
Filtros	95,00
Uniforme de protección corporal	260,00
Guantes de nitrilo	3,00
Zapato industrial	256,00
Costo total por colaborador	1 875,21
Costo total por 21 colaboradores	39 379,41

Fuente: elaboración propia.

Tabla XXVI. **Resumen de costos de los controles ambientales**

Tipo de costo	Costo Asociado (Q)
Costo de instalación de equipo de renovación	785 694,65
Consumo energético por un mes de trabajo	6 361,10
Costo de identificación de tareas críticas	492,5
Costo de procedimientos para tareas críticas	1 477,5
Costo de uso e interpretación de hojas de seguridad	4 000,00
Costo de manejo de desechos sólidos	2 000,00
Costo de equipo de protección personal	39 379,41
Costo total de los controles ambientales	839 405,16

Fuente: elaboración propia.

## 5.2. Beneficios económicos de los controles ambientales

En esta sección se plantearán las sanciones económicas de las cuales podría ser objeto la Unidad Productora de Polietileno con Pesticida, al incumplir el marco legal que regula sus operaciones, estas sanciones económicas se establecerán como obligación legal económica por daño ambiental y afecciones provocadas a un colaborador. Posteriormente esa sanción económica se



convertirá en el beneficio económico obtenido por la unidad al dar cumplimiento a los controles ambientales para disminuir al mínimo el impacto por su operación, utilizándose bajo la categoría de beneficio al plantear la relación costo-beneficio de los controles ambientales para la unidad productora.

### **5.2.1. Obligación legal económica por daños ambientales.**

En lo referente a infracción o falta cometida por acción u omisión contra las disposiciones del *Reglamento de registro, comercialización uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines*. Se establecen sanciones económicas o multas de entre Q 200,00 y Q 5000,00 y cuando se viole un precepto del mismo de entre Q 100,00 y Q 2 000,00, además del decomiso del producto o materiales que violen lo establecido en el reglamento.

Para el caso del incumplimiento de *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos*, esta norma que si se llegase a consolidar una violación por infracción u omisión, al mismo, debe ser analizado bajo la *Ley de protección y mejoramiento del medio ambiente* la que explícitamente establece que toda acción u omisión que contravenga las disposiciones de la presente ley, efectuando así de manera negativa la cantidad y calidad de los recursos naturales y los elementos que conforman el ambiente, se considerará como infracción y se sancionará administrativamente de conformidad con los procedimientos de la presente ley, sin perjuicio de los delitos que contempla el Código Penal. Para el caso de delitos, la comisión los denunciará a los tribunales correspondientes, impulsados por el Ministerio Público, que será parte de estos procesos para obtener la aplicación de las penas. No hay un monto de sanción económica, pero posiblemente esto conduzca a un proceso penal en contra de la Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas que puede representar un alto costo en operadores legales.

### 5.2.2. Obligación legal económica por afecciones en un colaborador

El Código de Trabajo establece, que son faltas de trabajo y previsión social las infracciones o violaciones por acción u omisión que se cometan contra las disposiciones de este Código o de las demás leyes de trabajo o de previsión social y específicamente las violaciones a las disposiciones preceptivas del título quinto de este Código, referente a higiene y seguridad en el trabajo que haga algún patrono, da lugar a la imposición de una multa entre seis y catorce salarios mínimos mensuales en vigor para las actividades no agrícolas, que actualmente es de Q 2 394,40 dando un total mínimo y máximo de imposición de sanción de hasta Q 14 366,4 – Q 33 521,6.

Estas mismas sanciones aplican para la violación por omisión u acción en lo referente al Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional Decreto 229-2014. Tal y como lo indica su título X, capítulo I, sanciones, donde hace referencia a las multas establecidas en el artículo 271 y 272 del Código de Trabajo, las cuales ya fueron mencionadas en el párrafo anterior.

Tabla XXVII. **Resumen de beneficios económicos evitados por la existencia de controles ambientales**

Obligación legal económica por daños ambientales por cualquier incumplimiento (Q)	5 000,00
Proceso penal por violación de leyes ambientales	Sin monto establecido

Continuación de la Tabla XXVII.

Obligación legal económica por afecciones presentadas por un colaborador (Q)	33 521,6
Total parcial (Q)	38 521,6
Total por 21 colaboradores (Q)	808 953,6

Fuente: elaboración propia.

### 5.3. Relación costo–beneficio de la implementación de los controles ambientales

Según el análisis costo beneficio, un proyecto será rentable cuando la relación costo beneficio es mayor que la unidad.

$B/C > 1$  proyecto rentable

Cuando se realiza este análisis, es necesario recordar que todos los valores tanto de beneficios como de costos se deben encontrar en valor actual, respecto a ello, los valores establecidos en las series de cuadros anteriores, donde se resumen los distintos costos y beneficios, se encuentran en un valor actual por lo cual pueden ser utilizados directamente para realizar el costo-beneficio planteado anteriormente.

Tabla XXVIII. **Cálculo de beneficio costo**

Variable	Monto (Q)
Beneficio (B)	808 953,6
Costo (C)	839 405,16
B / C	0,964

Fuente: elaboración propia.

Según el valor proporcionado de realizar la división de los beneficios entre los costos la cifra obtenida de 0,964 el cual indicaría que el proyecto de poseer controles ambientales para la Unidad Productora de Polietileno con Pesticidas no es rentable, sin embargo, es necesario señalar que en las obligaciones legales existe una casilla estipulada como proceso penal por violación de leyes ambientales, en el cual no se puede establecer un costo ya que esto dependería de los gastos jurídicos en que debería incurrir la Unidad Productora para rebatir los planteamientos legales en su contra ante un juzgado de narcoactividad y delitos contra el ambiente o en su defecto el cierre de operaciones de la Unidad Productora por sentencia otorgada por un juzgado como el mencionado anteriormente. Provocando la pérdida de las unidades de negocio que son proveídas por la Unidad Productora. Provocando con esto pérdidas de utilidades por parte de la planta productora de plásticos agroindustriales, al dejar de tener disponibilidad de productos con contenidos de pesticidas para control de plagas.

## CONCLUSIONES

1. Si bien existe una legislación guatemalteca en relación al registro, manejo y uso de pesticidas, esta se enfoca, principalmente, en el uso directo de los pesticidas en las plantaciones agrícolas y hace poca referencia a la utilización del pesticida, como agente activo en algún tipo de mezcla o producto. La legislación ambiental es ambigua y reducida, apenas se encuentra en la fase de promover una gestión ambiental, sin establecer medidas específicas para industrias de plásticos o similares. La legislación para salud en el trabajo se encuentra dando sus primeros pasos, al tratar de homologar algunos de sus contenidos, tomando en cuenta que carece de articulado específico en su legislación para el manejo de pesticidas y agentes activos. De la legislación total vigente que afecta a las actividades de la unidad productora, es posible afirmar que la Unidad de Producción de Polietileno da cumplimiento a cabalidad.
2. Al analizar las instalaciones físicas, se determinó con base en parámetros de normas internacionales, debido a la carencia de una nacional, los límites de concentraciones de los agentes activos están sobrepasados en los ambientes controlados de mezclas y compuestos y extrusión de película, esto en el caso del agente activo clorpirifos. Evidenciando así una deficiencia en el sistema de renovación mecánica, captado y filtrado de emisiones, creando así un ambiente laboral riesgoso para los colaboradores y la posibilidad de emisiones fugitivas de agente activo a los alrededores de la planta productora.

3. Se realizó un proceso propio de identificación de tareas críticas, determinando los riesgos asociados y los controles implementados, estableciendo que dos de estas tareas carecen de algún control ambiental; siendo estas, el desecho de agua que entra en contacto con la encapsulación del agente activo, la cual es desechada al pozo de absorción y las emisiones de tipo polvo, derivado de pulverización que puede sufrir el pelet de agente activo, durante su traslado hacia los silos de almacenamiento.
4. El equipo de protección respiratorio fue evaluado, determinando primeramente la tasa de riesgo que representaba el pesticida en el ambiente de trabajo, comparando con el factor de protección que ofrecían los dos tipos de protección utilizada, tanto la máscara completa como media máscara, concluyendo que en ninguno de los ambientes controlados la tasa de riesgo superó el factor de protección, estableciendo así, que el equipo utilizado ofrecerá una barrera efectiva para evitar la inhalación de las concentraciones de agentes activos.
5. La disposición y manejo de los residuos sólidos de la Unidad de Producción, se realiza utilizando un método de reprocesado y elimina la posibilidad de que personas ajenas entren en contacto con estos productos. La disposición del empaque secundario de clorpirifos y primario de bifentrina sí representa un riesgo para el personal de las empresas terceras que lo trasladan y manipulan, así como para el ambiente en donde estos serán almacenados y finalmente dispuestos. En el caso del agua que entra en contacto con la encapsulación del agente activo, puede representar algún tipo de riesgo ambiental, ya que en algún momento puede llegar a entrar en contacto con mantos acuíferos subterráneos, provocando la contaminación del cuerpo

receptor y su posterior biomagnificación y bioacumulación en alguna cadena alimenticia que esté en contacto con este manto.

6. La relación costo beneficio de los controles ambientales implementados por la Unidad de Producción de Polietileno con Pesticidas, está valorado en 0,964 unidades, lo que indicaría que el proyecto no es rentable. Sin embargo, si se careciera de estos controles, la Unidad de Producción no podría funcionar ni estaría autorizada. No es posible determinar los costos judiciales que podrían representar un proceso legal por incumplimiento de la legislación aplicable, ya que esto es subjetivo y sería la forma de poder realmente evidenciar que el costo beneficio de los controles ambientales podría superar la unidad, lo cual si lo haría numéricamente rentable.





## RECOMENDACIONES

1. Realizar mantenimientos preventivos a los sistemas de renovación mecánica, captación y filtrado asegurando el óptimo funcionamiento de los mismos y eliminar la política del mantenimiento correctivo que provoca el deterioro de las instalaciones y la pérdida de sus componentes.
2. Conducir el programa de identificación de tareas críticas y elaboración de procedimientos, formulando un documento que permita recopilar esta información, con la finalidad de facilitar los procesos de capacitación de personal y promover una cultura de información para el manejo y uso adecuado de los agentes activos o pesticidas.
3. Realizar mediciones de las concentraciones de los agentes activos en las salidas de los sistemas de renovación mecánica y en los alrededores o áreas perimetrales de la planta productora de plásticos agrícolas.
4. Establecer si existe algún método para determinar la concentración del agente activo en el agua desechada al pozo de absorción y confirmar si representa o no un riesgo para los mantos acuíferos subterráneos.
5. Conducir una sesión de capacitación para el personal de la empresa tercera que dispone de los toneles metálicos que contenían agente activo y generar la trazabilidad de los toneles metálicos y su disposición final.



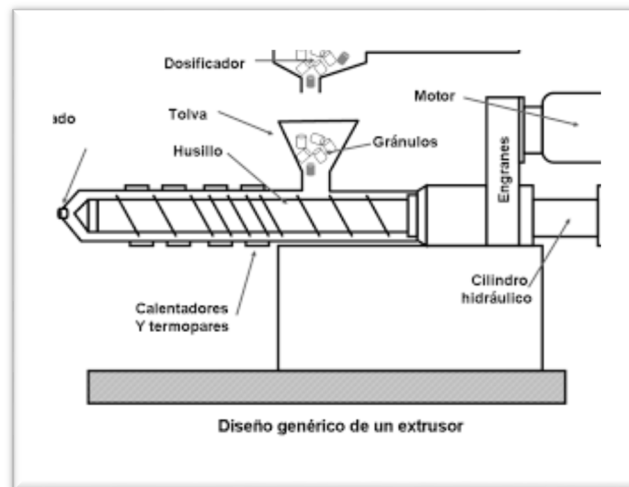
## BIBLIOGRAFÍA

1. Agencia para sustancias tóxicas y el registro de enfermedades. *Resúmenes de salud pública—clorpirifos*. Estados Unidos. [en línea] [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs84.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs84.html). [Consulta: 7 de marzo de 2014.]
2. \_\_\_\_\_. *Resúmenes de salud pública—bifentrina*. Estados Unidos. [en línea] [http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es\\_phs155.html](http://www.atsdr.cdc.gov/es/phs/es_phs155.html). [Consulta 10 de marzo de 2014.]
3. Comisión Nacional del Medio Ambiente. *Guía para el control y prevención de la contaminación industrial, por fabricación de plaguicidas, insecticidas, pesticidas y fungicidas*. Región Metropolitana. Santiago de Chile. 1998. 125. p.
4. DEVINE, Gary; EZA, Dominique; FURLONG, Michael; OGUSUKU, Elena; *Uso de insecticidas: contexto y consecuencias ecológicas*. Estados Unidos 2007. 160. p.
5. Guatemala, Código de Trabajo. Decreto 1441. Título quinto. *Higiene y seguridad en el trabajo*. 2014. 172. p.
6. \_\_\_\_\_. *Normativa sobre política Marco de Gestión Ambiental (Acuerdo Gubernativo 791-2003)*.

7. \_\_\_\_\_. *Ley que prohíbe el uso, comercialización y producción de plaguicidas que contengan el ingrediente activo metamidofos. Decreto número 13-2009.* 10. p.
8. \_\_\_\_\_. Decreto 43-74. *Ley Reguladora sobre Importación, Elaboración, Almacenamiento, Transporte, Venta y Uso de Pesticidas.* 2008. 5. p.
9. \_\_\_\_\_. *Reglamento sobre registro, comercialización, uso y control de plaguicidas agrícolas y sustancias afines.* 1994. 5. p.
10. \_\_\_\_\_. *Reglamento de las descargas y reúso de aguas residuales y de la disposición de lodos.* 2006. 22. p.
11. \_\_\_\_\_. *Reglamento de Seguridad y Salud Ocupacional.* Decreto 229-2014. Ministerio de Trabajo y Previsión de Guatemala. 16. p.
12. SANCHÉZ BARTUAL, José; BERENGUER SUBILS, María José. *Pesticidas: clasificación y riesgos principales.* Instituto nacional de higiene y seguridad en el trabajo. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales 1989. 38. p.
13. VELÁSQUEZ, Julián. *Consecuencias del uso de sustancias químicas: piretroide, piretrina y los insecticidas piretroides.* [en línea] <http://www.ingenioambiental.com/2013/05/consecuencias-del-uso-de-sustancias.html>. [Consulta: 20 abril de 2014.]

## ANEXOS

### Imagen ilustrativa de tornillo extrusor



Fuente: Unidad de Producción, manual de capacitación.

### Imagen ilustrativa de una torre de extrusión de polietileno



Fuente: Unidad de Producción, manual de capacitación.

