

Universidad Tecnológica Nacional

Facultad Regional Tucumán

Escuela de Posgrado

Especialización en Ingeniería Ambiental

**TECNOLOGIAS IMPLEMENTADAS PARA EL
CONTROL DE CONTAMINACION ODORIFERA
EN PLANTAS DE RENDERING**

Ing. Oscar Mena

Trabajo Final Integrador para optar al Grado Académico Superior
de Especialista en Ingeniería Ambiental

Tutor: Mg. Ing. Eugenio Quaia

San Miguel de Tucumán

Año 2020

Índice de contenidos

Resumen	Pág.1.
Palabras claves	Pág.1.
Introducción	Pág.1.

Capítulo 1

(Definición, objetivos y justificación de la problemática, y marco metodológico)

1.1	Tema del proyecto.	Pág.4.
1.2	Definición y justificación de la problemática.	Pág.4.
1.3	Objetivos de la investigación.	Pág.9.
1.3.1	Objetivo general.	Pág.9.
1.3.2	Objetivos específicos.	Pág.9.
1.4	Marco metodológico de la investigación.	Pág.10.

Capítulo 2 (Marco teórico)

2.1	El proceso del Rendering.	Pág.10.
2.1.1	Definición del proceso de Rendering.	Pág.10.
2.1.2	Historia del Rendering.	Pág.11.
2.1.3	Procesos de elaboración de subproductos de origen animal.	Pág.14.
2.1.4	El control de la contaminación odorífera en las plantas de renderizado.	Pág.20.
2.2	Contaminación odorífera atmosférica por emisiones gaseosas.	Pág.22.
2.2.1	El olor una percepción sensorial del cerebro.	Pág.22.
2.2.2	Diferencias entre los fenómenos de emisión e inmisión.	Pág.23.
2.2.3	Características sensoriales para tipificar un olor.	Pág.24.
2.2.3.1	Concentración de un olor.	Pág.24.
2.2.3.2	Intensidad de un olor.	Pág.26.
2.2.3.3	Calidad del olor.	Pág.28.
2.2.3.4	Tono hedónico de un olor.	Pág.29.

2.3	Técnicas cuantitativas y cualitativas para determinar la contaminación odorífera en la atmosfera.	Pág.29.
2.3.1	Importancia del tratamiento de emisiones gaseosas dentro de los complejos industriales.	Pág.29.
2.3.2	Técnicas de cuantificación mediante métodos sensoriales y análisis instrumental.	Pág.30.
2.3.2.1	Cromatografía de gases masas (GC-MS).	Pág.31.
2.3.2.1.1	Toma de muestras para (GC-MS).	Pág.32.
2.3.2.1.2	Determinación de (COVs) en laboratorios.	Pág.32.
2.3.2.1.3	Determinación de (COVs) fuera del laboratorio.	Pág.33.
2.3.2.2	Técnicas sensoriales de medición de emisiones.	Pág.34
2.3.2.2.1	Olfatometria Dinámica.	Pág.34.
2.3.2.2.2	Olfatometria de Campo.	Pág.36.
2.3.2.2.2.1	Dilución hasta el umbral (D/T).	Pág.36.
2.3.2.2.2.2	Norma (VDI 3940: Determinación de olores en aire mediante inspecciones de campo).	Pág.36.
2.3.3	Prevención de olores en la etapa de diseño de planta.	Pág.37.
2.3.3.1	Dispersión de olores.	Pág.37.
2.3.3.1.1	Influencia de los procesos meteorológicos.	Pág.38.
2.3.3.1.2	Modelos de dispersión.	Pág.39.
2.3.3.1.3	Zonas de amortiguamiento.	Pág.41.
2.4	Tecnologías para el tratamiento de emisiones gaseosas olorosas.	Pág.42.
2.4.1	Tratamientos físicos.	Pág.42.
2.4.1.1	Modificación del olor.	Pág.42.
2.4.1.2	Condensación.	Pág.45.
2.4.1.3	Adsorción (medio sólido).	Pág.46.
2.4.1.4	Cámara de oxidación.	Pág.49.
2.4.1.5	Absorción o lavado de gases (medio líquido).	Pág.50.
2.4.1.5.1	Torre de atomización.	Pág.51.
2.4.1.5.2	Sistema de absorción de platos.	Pág.53.
2.4.1.5.3	Sistema absorbente en lecho compacto.	Pág.54.
2.4.1.5.4	Absorbente en lecho móvil.	Pág.56.

2.4.1.5.5	Sistema de absorción en matriz fibrosa.	Pág.57.
2.4.1.5.6	Absorción catalítica.	Pág.57.
2.4.2	Tratamientos químicos.	Pág.58.
2.4.2.1	Plasma frío.	Pág.58.
2.4.2.2	Oxidación térmica.	Pág.59.
2.4.2.2.1	Oxidación térmica regenerativa.	Pág.59.
2.4.2.2.2	Oxidación térmica recuperativa.	Pág.61.
2.4.2.2.3	Oxidación catalítica.	Pág.64.
2.4.3	Tratamientos biológicos.	Pág.65.
2.4.3.1	Biofiltración avanzada.	Pág.67.
2.4.3.2	Biotrickling.	Pág.69.
2.4.3.3	Bioscrubbing.	Pág.70.

Capítulo 3

3.1	Conclusiones.	Pág.74.
3.2	Sugerencias.	Pág.75.
	Referencia Bibliográfica	Pág.77.

Índice de figuras

Figura 1	Antigua sala de renderizado y prensa a tornillo para separar la grasa del material sólido.	Pág.11.
Figura 2	Esquema típico del proceso de Renderizado.	Pág.16.
Figura 3	Separador de sólidos y líquidos, tipo Decanter.	Pág.17.
Figura 4	Transportador a tornillo sin fin con recuperación de líquidos.	Pág.18.
Figura 5	Despiece de prensa tipo tornillo rotativo.	Pág.18.
Figura 6	Esquema típico de una planta de primer jugo bovino.	Pág.19.
Figura 7	Diferencias entre emisiones e inmisiones e inmisiones en el medio ambiente.	Pág.23.
Figura 8	Relación logarítmica entre concentración de olores e intensidad percibida.	Pág.27.

Figura 9	Calidad de olores agrupadas por olores de referencia (Descriptores de olor).	Pág.28.
Figura 10	Mesa de expertos de olfatimetría dinámica.	Pág.35.
Figura 11	Olfatrometro de campo.	Pág.37.
Figura 12	Influencia de los procesos meteorológicos en el transporte de olores.	Pág.39.
Figura 13	Modelo matemático de dispersión de contaminación gaseosas desde una fuente puntual.	Pág.40.
Figura 14	Zonas de amortiguamiento para conservación, lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes.	Pág.42.
Figura 15	Condensador de vahos tipo casco y tubos, por corrientes perpendiculares.	Pág.46.
Figura 16	Diferencian entre los fenómenos de absorción y adsorción.	Pág.46.
Figura 17	Diferentes presentaciones de filtros de carbón activado.	Pág.48.
Figura 18	Tanque de purificador de gases con lecho fijos o fluidizados de carbón activado.	Pág.48.
Figura 19	Esquema de un lavador de gases tipo Scrubber.	Pág.52.
Figura 20	Esquema de sistema de absorción de platos.	Pág.54.
Figura 21	Torres de limpieza Húmeda para gases y diferentes tipos de diseños de rellenos de lechos.	Pág.55.
Figura 22	Diferentes tipos de lecho fluidizado.	Pág.56.
Figura 23	Esquema de proceso de tratamiento de olores con plasma frío.	Pág.59.
Figura 24	Esquema de un equipo de oxidación térmica regenerativa.	Pág.61.
Figura 25	Esquema de una instalación de oxidación térmica recuperativa.	Pág.63.
Figura 26	Esquema de una instalación de oxidación térmica catalítica.	Pág.65.
Figura 27	Tiempos de residencia comunes en el tratamiento de algunas de las más típicas moléculas degradadas en los filtros biológicos.	Pág.67.
Figura 28	Esquema de instalación de biofiltración avanzada	Pág.69.

Figura 29	Esquema de filtración biotrickling.	Pág.70.
Figura 30	Esquema de biofiltración convencional.	Pág.73.
Figura 31	Esquema de biofiltración con inyección de gases a tratar más aire.	Pág.73.
Figura 32	Rango de aplicación de tecnologías de tratamiento de olores.	Pág.76.

Índice de tablas

Tabla 1	Umbral y descripción comparativa de olores de algunos COVs.	Pág.25.
Tabla 2	Valores objetivo de inmisión de diferentes actividades productivas generadoras de olores.	Pág.25.
Tabla 3	Exponentes (n) de la relación logarítmica entre concentración de olores e intensidad percibida.	Pág.27.
Anexo I	Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de investigaciones de campo, referentes a contaminación odorífera en plantas de Renderizado.	Pág.80.

Índice de figuras de Anexo I

Figura 33	Comparativa de eficiencia de remoción de contaminantes según la tecnología usada.	Pág.87.
Figura 34	Comparativa de las emisiones de grupos de COVs en los diferentes puntos del proceso.	Pág.96.
Figura 35	Esquema de la planta de renderizado con instalaciones para la desodorización de las emisiones.	Pág.112.
Figura 36	Contribuciones teóricas de olor de las principales familias de compuestos y la contribución de cada uno de los compuestos identificados en la entrada del Bio-Filtro (OUE).	Pág.115.

Figura 37	Contribuciones teóricas de olor de las principales familias de compuestos y la contribución de cada uno de los compuestos identificados en la salida del Bio-Filtro (OUE).	Pág.119.
------------------	--	----------

Índice de tablas de Anexo I

Tabla 4	COVs identificados en la chimenea del digestor de planta de Rendering A.	Pág.83.
Tabla 5	COVs identificados en la chimenea del digestor de planta de Rendering B.	Pág.84.
Tabla 6	Concentración de los contaminantes en los puntos de muestreo de planta A (ppm).	Pág.85.
Tabla 7	Concentración de los contaminantes en los puntos de muestreo de Planta B (ppm).	Pág.85.
Tabla 8	Concentraciones de COVs en diferentes puntos del proceso.	Pág.91.
Tabla 9	Concentraciones de COVs en diferentes puntos del proceso por grupo.	Pág.92.
Tabla 10	Concentraciones de COVs (pmmv) en la corriente de gas de entrada a un lavador húmedo de alta intensidad, que trata los no-condensables de un hidrolizador de plumas y un digestor en la planta A.	Pág.101.
Tabla 11	Eficiencia del depurador húmedo para el tratamiento de COVs no – condensables del hidrolizador de plumas y el digestor de la planta A; se utilizó una solución de ClO_2 a 34°C , PH:3.04, y un potencial de oxidación - reducción de 619 mV.	Pág.102.
Tabla 12	Eficiencia del depurador húmedo para el tratamiento de COVs no – condensables del hidrolizador de plumas y el digestor de la planta A; Se utilizó una solución de ClO_2 a 24°C , PH:3.1, y un potencial de oxidación - reducción de 606mV.	Pág.103.

Tabla 13	Concentración de COVs en la corriente de gas de entrada al depurador Venturi que trata los gases no -condensables de los digestores de planta B.	Pág.104.
Tabla 14	Concentraciones de COVs de entrada y salida en el equipo de control de contaminación de la planta B.	Pág.105.
Tabla 15	Concentraciones y umbrales de olor de los compuestos químicos observados en la en la entrada del Bio-Filtro y la performance del Bio-Filtro.	Pág.116.

Resumen

La creciente evolución demográfica mundial junto a los cambios de consumo de las generaciones del siglo 21, provocara una evolución en los niveles de producción y demanda de alimentos elaborados o semi – elaborados.

La industria del Rendering o Renderizado, que es la encargada de elaborar productos de valor agregado, usando como materia prima los desechos de los mataderos – frigoríficos, tuvo y debe seguir evolucionando en la mejora continua de los procesos.

Siendo el tratamiento de las emisiones gaseosas de las chimeneas, caracterizadas por un olor desagradable para el olfato humano, un factor clave para para aumentar de manera sostenible los niveles productivos de las plantas de Rendering, dado el impacto social y medio ambiental, que tienen en las ciudades y poblaciones vecinas la convivencia con estos olores.

El objetivo general de este trabajo es proporcionar un marco metodológico, para la implementación de tecnologías para el control de la contaminación odorífera en plantas de Rendering, que sirva de guía a los profesionales encargados de gestionar estos complejos industriales, permitiéndoles de esta manera tomar decisiones certeras, eficientes y económica, en la elección del tratamiento a implementar, para eliminar o mitigar la problemática de las emisiones gaseosas potencialmente contaminantes.

Palabras claves: Industria del Rendering, emisiones olorosas, caracterización de olores, tratamiento de emisiones gaseosas.

Introducción

Desde finales del siglo 20, hasta la actualidad, se evidencia una marcada actitud proactiva de los empresarios del Rendering o Renderizado a nivel mundial, ante los reclamos ante organismos medio ambientales gubernamentales de control nacionales e internacionales, realizados por los habitantes de localidades cercanas a estos

complejos productivos, debido los olores nauseabundos de las emisiones de sus chimeneas.

En países con una matriz económica fundamentalmente agrícola - ganadera, como lo gran mayoría de los países de Sudamérica, en especial Argentina, Brasil, Paraguay y Colombia, la industrialización de los desechos de las plantas faenadoras de animales (bovinas, porcinas, avícolas y pesquera), con el objetivo de elaborar subproductos con valor agregado, tienen aspectos altamente positivos para el medio ambiente, ya que la materia prima para sus procesos, son los desechos de las plantas faenadoras; un animal faenado y listo para llevar a cámaras frigoríficas de conservación, tiene un peso aproximado del 54% del peso del animal vivo, esto quiere decir que el restante 46% son desechos de mataderos, los cuales son vertidos directamente en cursos de ríos y/o arroyos cercanos o enterrados como rellenos sanitarios, contaminando de esta manera a los cursos de agua donde son vertidos los efluentes líquidos y las napas donde son enterrados los desechos sólidos.

En las dos últimas décadas, gracias a los procesos de I+D de las plantas de Rendering, desarrollaron diversidad de subproductos a partir de desechos de origen animal, con alto valor agregado y de gran demanda en el mercado interno y externo, permitiendo de esta manera exportar a todo el mundo estos productos.

Además, los desarrollos tecnológicos realizados por los departamentos de ingeniería, de las empresas dedicadas a brindar soluciones a la problemática ambiental, permitió implementar soluciones a medida según, tipo de materia prima, volumen de producción y tipo de proceso productivo.

La solución a los problemas medio ambientales de las plantas de Rendering, han fomentado proyectos de ampliación de plantas ya existentes y construcción de nuevas industrias, y de esta manera, el crecimiento de las economías regionales, cuya principal fuente de empleos son los mataderos-frigoríficos de la industria cárnica en general, por ello hoy en día, es común ver, plantas de Rendering o Renderizado, a pocos kilómetros de los procesadores cárnicos con grandes niveles de producción o dentro de las zonas del país que son llamados polos industriales de la carne, generando fuentes de empleo genuino directo e indirecto en estas zonas del país.

El objetivo general de este trabajo es, brindar un marco metodológico para la implementación de tecnologías para el control de la contaminación odorífera en plantas de Rendering, que sirva de guía a los profesionales encargados de gestionar las operaciones de estos tipos de complejos industriales, permitiendo de esta manera tomar decisiones certeras, en el paso a paso, sobre la elección de la tecnología a aplicar o combinación de las mismas, de manera eficaz, eficiente y económica, para eliminar o mitigar la problemática ambiental, de las emisiones gaseosas potencialmente contaminantes.

A pesar de tener tantos aspectos positivos el emplazamiento de planta de Renderizado, la falta de un compromiso socio – ambiental de sus administradores por largos periodos de tiempo, provoco en la actualidad que este tipo de industria sufra un fenómeno de *Estigmatización*, cuyo principal factor negativo esta relacionado con las emisiones gaseosas a la atmosfera de sus chimeneas, esto agravado por el crecimiento demográfico en las periferias de los complejos industriales.

En los últimos 40 años la población de la tierra se ha duplicado, según el último informe demográfico de las Naciones Unidas (2019) \approx 7.700 millones de personas habitan el planeta tierra, con previsiones que la población mundial alcance los 8.500 millones de personas en 2030, 9.700 millones en 2050 y 11.200 millones en 2100, lo que ya determina un gran crecimiento en la demanda de alimentos a nivel global y por ende un crecimiento de la producción , oferta , y niveles de exportación de los países con matrices económicas agrícolas – ganaderas.

Por ello la aplicación eficaz y eficiente de nuevas tecnologías en procesos de tratamiento de las emisiones gaseosas en la industria del Rendering, otorga a estas empresas soluciones a las problemáticas legales, sociales y medio ambientales. De esta manera proyectar a mediano y largo plazo, ampliar sus niveles de producción, que van de la mano con los crecientes niveles de exportación de las grandes empresas exportadoras de carne instaladas en Argentina, cuyos mercados objetivo son de Unión Europea, Rusia y China, como principales destinos.

Capítulo 1

1.1 Tema del proyecto.

“Tecnologías implementadas para el control de la contaminación odorífera en plantas de Rendering”.

1.2 Definición y justificación de problemática.

El patrón alimentario de la población se ha modificado en los últimos años como consecuencia de cambios culturales y la accesibilidad a los alimentos. Con el objetivo de describir los cambios en el patrón de consumo de alimentos y bebidas en las últimas dos décadas en Argentina, se analizó la **ENGHo** (Encuesta Nacional de los Gastos de Hogares) de los años (1996-1997), (2004-2005) y (2012-2013), y estimándose el consumo promedio de alimentos y bebidas en gramos o mililitros de peso neto por adulto para cada período.

Como lo expresa claramente en el trabajo de investigación, **Cambio de patrón de consumo de alimentos y bebida en Argentina 1996 – 2013.**¹ La variación en la cantidad de alimentos y bebidas disponibles para consumo entre 1996 y 2013, muestra un cambio en la estructura del patrón de dieta, que parece indicar un cambio en la forma de comprar, preparar y consumir los alimentos, relacionado con una mayor practicidad, más accesibilidad y menos tiempo dedicado a la preparación de los alimentos.

Las dietas evolucionan con el tiempo, bajo la influencia de muchos factores y de interacciones complejas entre los ingresos, los precios, las preferencias individuales, las creencias y las tradiciones culturales, así como factores geográficos, ambientales, sociales y económicos, conforman en su compleja interacción las características del consumo de alimentos.

¹ (Mg. María Eliza Zapata, Bioq. Alicia Rovirosa, Dr. Esteban Carmuega; Artículo 743; Salud Colectiva; Universidad Nacional de Lanús; Año 2016).

Los procesos demográficos, tecnológicos, económicos y ambientales que ocurren simultáneamente en todo el mundo tienen un gran efecto en el suministro de alimentos. Estas fuerzas, junto con la rápida urbanización y las fronteras internacionales cada vez más fluidas, están teniendo efecto en la disponibilidad de alimentos, con una tendencia general hacia un mayor grado de elaboración de estos al momento de adquirirlos.

Durante la última mitad del siglo XX, se han producido cambios significativos en los patrones de consumo de alimentos en todo el mundo. En la República Argentina, el consumo de alimentos y bebidas se ha modificado entre 1996 y 2013, y se destaca la disminución en el consumo de frutas y vegetales, harina de trigo, legumbres, carne vacuna y leche; y el aumento en el consumo de masas de tartas y empanadas, yogur, carne porcina, productos cárnicos semielaborados, gaseosas, jugos y alimentos listos para consumir.

Estas variaciones demuestran un cambio en el patrón alimentario asociado a un aumento de la adquisición de alimentos típicos de los países industrializados y una reducción del consumo de alimentos tradicionales y con bajo nivel de industrialización, tales como vegetales, frutas, legumbres. Por ello la República Argentina, al igual que los países del cono sur, presenta un modelo o patrón alimentario ordenado en el eje trigo-carne.

Durante el siglo XIX y XX, la dieta argentina se caracterizó por la alta participación de la carne vacuna. El patrón cárnico se explica por una confluencia de factores: tanto la baja densidad de la población y la facilidad de cría de ganado vacuno en la llanura que condicionaban precios bajísimos en el mercado, como la densidad nutricional, la sensación de saciedad y el prestigio que tenía su consumo.

El consumo de carne vacuna ha descendido a expensas de un aumento en el consumo de pollo, cerdo, productos cárnicos semielaborados, fiambres y embutidos, mientras que en el caso del trigo se observa un cambio en las formas de consumo, disminución del consumo de pan fresco y harina con un consecuente aumento de fideos, galletitas, amasados de pastelería y masas de tarta, empanadas y pre pizza.

Es importante caracterizar el nivel y la magnitud de los cambios en los patrones de consumo de alimentos. La dieta y el estilo de vida desempeñan roles importantes, pues determinan un desarrollo armónico del ser humano, para elevar su calidad de vida. El estado de nutrición de una población, valorado a partir del conocimiento de la dieta y los hábitos alimentarios, está en estrecha relación con el desarrollo socio-económico de un país.

Los hábitos alimenticios argentinos, tienden al aumento del consumo de productos semielaborados y a la creciente demanda de la comida rápida (fast food), la cual tiene alto grado de industrialización en su producción, por ello es interesante comparar la forma de alimentarse de los argentinos que cada día se asemeja más a la de los habitantes de América del Norte.

La National Renderers Association Inc. (NRA), que fue creada en el año 1933 como la organización profesional del Rendering, con la misión de establecer una alianza de sus miembros ante agencias reguladoras y otras agencias gubernamentales, y proporcionar servicios, programas y soporte técnico a la industria del Renderizado de América del Norte, además de promover el mayor uso de subproductos animales y fomentar la apertura y expansión del comercio entre compradores extranjeros y exportadores norteamericanos.

En los últimos 40 años la población de la tierra se ha duplicado, en el año 2019 aproximadamente 7550 millones de personas que la habitan, lo que aumenta en forma exponencial la cantidad de comida que consume el planeta; haciendo foco en los hábitos alimenticios de consumo América del Norte (EEUU - Canadá) cada individuo consume en promedio 54 Kg al año de carne, esto se manifiesta en que estos dos países producen 39 millones de toneladas de carne (bovina, porcina, avícola y pescados) para cumplir con las demandas del mercado interno y de exportación.

Mientras otras culturas como las orientales utilizan casi todas las partes de un animal, los hábitos alimenticios, las costumbres y la cultura de América del Norte, solo consume del 50 al 60 % de los animales faenados, esto representan casi 27 millones de toneladas de residuos animales que hay que eliminar, es aquí donde las plantas

de Renderizado transforman los desechos de origen animal de la industria cárnica, convirtiéndolos en una gran diversidad de productos de alto valor agregado.

Algunos ejemplo son las harinas de alto contenido proteico, de alta calidad, son utilizadas como complementos para alimentación animal, las grasas de origen animal utilizadas para los productos de panificación y pastelería, el aceite utilizado para freír papas por las grandes cadenas de comida rápida, que luego de ser filtrado y reutilizado, tiene que ser reemplazado, este aceite “usado” representa más de 1 millón de toneladas por año, el cual es transformado en complemento para la alimentación de animales y combustible Biodiesel, el que deja una menor huella de carbono que el diésel derivado del petróleo o el bio - diésel producido con aceite de soja, las grandes cadenas de supermercados y carnicerías proveen a la industrias del Rendering con recortes que no son comercializados.

Actualmente los equipos de I+D de la industria del Rendering, están permanentemente en la investigación de nuevos productos para usar los residuos animales con eficiencia y efectividad, produciendo desde biocombustibles, complementos para el alimento de animales, productos farmacéuticos, alimentos balanceados para mascotas, se utiliza en las industrias de fabricación de pinturas, telas, productos de caucho y ceras para pisos, lubricantes de uso industrial, jabones, detergentes, tintas y artículos de higiene personal.

Con tanta información positiva sobre el Rendering, que desventaja tiene, históricamente la emisión de olores es un problema, pero en la actualidad hay muchos tratamientos efectivos que cumplen con normas muy rigurosas, si bien hay otras opciones para eliminar desechos como el compostaje, la digestión anaeróbica, la incineración y los vertederos de basura, sin embargo, al implementarlos a esta magnitud estas opciones son difíciles, costosas o riesgosas para el ambiente o todas combinadas. Solo el Rendering puede eliminar la siempre creciente cantidad de residuos animales de forma segura y amigable con el ambiente y economía, convirtiéndose en una solución sostenible siendo un defensor de la reutilización de recursos.

La demanda de alimento del mundo produjo también una diversificación de la industria del Rendering en Argentina, ya que los cambios de patrones de consumo esta globalizado, caracterizada por la creciente demanda de carne de ave por los países emergentes principalmente de Sudamérica y África, la inclusión de la carne de cerdo y pescado en las economías estables como la Unión Europea, el consumo de todo tipo de carnes por China y países asiáticos, que por sus hábitos gastronómicos consumen gran parte del animal faenado, y las exigentes demandas de cortes bovinos de calidad de porte de la Unión Europea, Rusia , y los países árabes como economías sólidas y la tendencia global hacia el consumo de comida rápida (fast food) y productos de cárnicos semielaborados.

Las plantas de Rendering en Argentina, se convirtieron en grandes complejos industriales, dada la flexibilidad que deben tener para adaptarse a la diversidad de materias primas, y la diversidad de subproductos que elaboran, por ello es de vital importancia un tratamiento eficaz y eficiente tratamiento de las emisiones gaseosas, provenientes del procesamiento térmico de los desechos de origen animal en los digestores (Cookers), que son las principales fuentes de compuestos orgánicos y/o inorgánicos presentes en emisiones gaseosas de la industria del Renderizado, caracterizadas estas por tener olores desagradables para el olfato humano. Por ello, la necesidad de controlar esta contaminación gaseosa, que producen un descontento generalizado en las personas que habitan las zonas cercanas y en los operarios de este tipo de industria, ya que estos pueden sufrir enfermedades profesionales debidas a la exposición y aspiración de las emisiones gaseosas potencialmente contaminantes.

Por ello el estudio de factibilidad de emplazamiento en las de nuevas industrias, mediante un estudio de impacto ambiental (EIA) e implementación de sistemas de tratamientos de las emisiones gaseosas odoríferas eficientes en plantas ya existentes (benchmarking), es de gran importancia para generar una sinergia entre la sociedad, las empresas y los organismos gubernamentales, ya que las industrias generan empleos y otros tipos de beneficios para las localidades donde están ubicadas. Pero no por ello estará permitido descuidar el medio ambiente y la salud de las personas en general.

1.3 Objetivos de la Investigación.

1.3.1 Objetivo General.

El objetivo general de este trabajo consiste en formular una guía práctica para los profesionales de la industria del Renderizado en América del Sur y demás países emergentes con una matriz económica agrícola – ganadera, enfocada en la implementación de tecnologías para el control de la contaminación odorífera producida por las plantas de Rendering, aplicando para cada tipo de industria una o un conjunto de tecnologías, para el correcto tratamiento de las emisiones gaseosas con olor desagradable.

1.3.2 Objetivos Específicos.

Para alcanzar el objetivo general, es necesario alcanzar objetivos específicos que permitan describir y en algunos casos analizar con alto grado de detalle los siguientes aspectos relacionados con la industria del Rendering y su impacto Socio -Ambiental:

- Describir la evolución tecnológica de los procesos de Rendering hasta la actualidad.
- Destacar la importancia de la industrialización de desechos de las plantas de faenado de animales, en un país con una matriz económica Agro - Ganadera.
- Explicar con detalle las características generales de la contaminación odorífera.
- Describir métodos cuantitativos y cualitativos para medición de la contaminación odorífera.
- Detallar las nuevas tecnologías aplicables para el control de emisiones gaseosas Odoríferas, especialmente las que son eficaces en las plantas de Rendering.

1.4 Marco Metodológico.

El tipo de investigación realizada en este trabajo es documental cualitativo. Esta técnica consiste en la selección, compilación y análisis de información a través de la lectura crítica de documentos, bibliografía y publicaciones de investigación relacionadas con el tema, en bibliotecas físicas o virtuales, periódicos y revistas de información científica, sitios de internet relacionados con el tema de la investigación

El enfoque cualitativo implica observar la realidad a través de un enfoque interpretativo, estudiando las características y cualidades de un fenómeno (de ahí su nombre), tratando de interpretar la realidad a través de documentos preexistentes y demás fuentes de información ya mencionadas.

Capítulo 2 (Marco Teórico)

2.1 El proceso del Rendering.

2.1.1 Definición del proceso de Rendering o Renderizado.

El Rendering es el proceso de tomar productos de origen animal que las personas eligen no comer o no pueden comer (como los huesos, la grasa, la sangre, los restos de comida, la grasa usada de restaurantes, algunos órganos internos, etc.) y reciclarlos en alta calidad. Los procesadores han estado reciclando estos productos animales durante siglos, ser sostenible no es nada nuevo para la industria del renderizado. El proceso de renderizado es muy simple (no es fácil pero simple). Los productos de origen animal que no se usan como alimento para las personas se muelen, por lo que son de tamaño uniforme y luego se calientan a la combinación de tiempo y temperatura necesaria para cocinar completamente el material. La grasa se separa de la proteína naturalmente debido al calor, se centrifuga y está lista para usar para consumo humano. La proteína se muele nuevamente para hacer harinas (carne y hueso, sangre, etc.) utilizadas como materia prima para la producción de alimentos balanceados para animales. (<http://www.nationalrenderers.org/about/faqs/#what-is-rendering>).

2.1.2 Historia del Rendering ²

La historia del proceso de Rendering se remonta a varios siglos atrás, como una utilización provechosa de los subproductos generados por la industria de la carne, quien a su vez permitió el desarrollo de una industria de la carne a nivel masivo haciendo la comida más económica para el consumidor, este proceso ha sido llevado a cabo durante siglos, principalmente para la fabricación de jabones y velas. El primer proceso de Rendering se realizó en una olla metálica sobre una hoguera, lo que aún se realiza en granjas para fabricar grasa de cerdo o grasa bovina, para propósitos alimenticios.

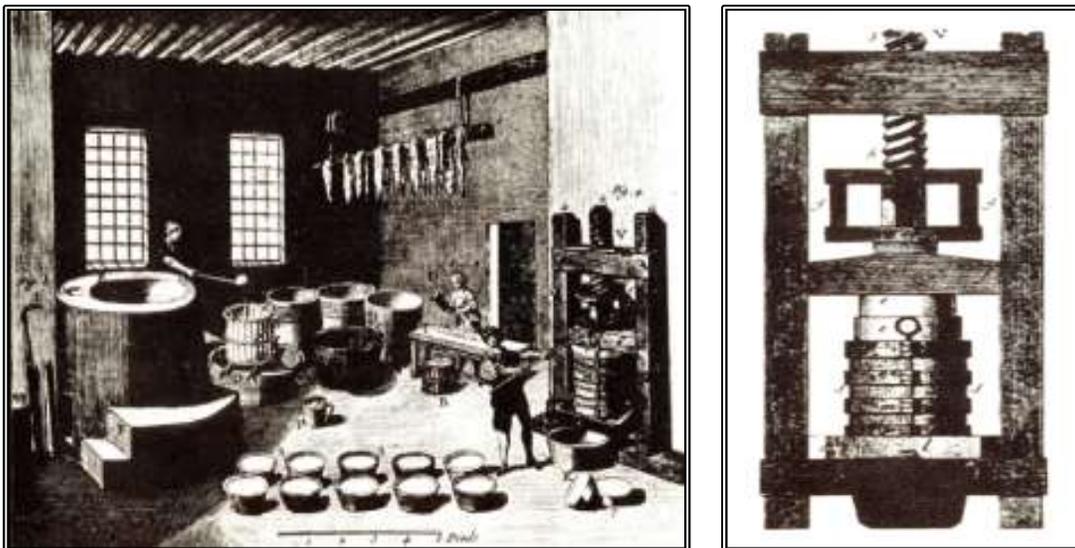


Figura 1. Antigua sala de renderizado y prensa a tornillo para separar la grasa del material sólido.

Fuente: <http://mavitecrendering.com/es/rendering-process/información-acerca-de-rendering/historia-del-rendering/>

Con el desarrollo de las calderas de vapor, fue posible encamisar la olla metálica para hacer un producto de mayor calidad y a la vez reducir el riesgo de incendio. Un desarrollo mayor ocurrió en el siglo XIX con el uso de Digestores (Cookers) de vapor, consistentes en un simple tanque utilizado como olla a presión en el cual el vapor de

² (Grupo Mavitec; Galileistraat 20,1704 SE Heerhugowaard; Países Bajos;
<http://mavitecrendering.com/es/rendering-process/informacion-acerca-de-rendering/historia-del-rendering/>.)

agua era inyectado en el producto que estaba siendo procesado. Este proceso era un proceso de Rendering por vía húmeda que se llamó “Tanking”, y fue utilizado para productos comestibles y no comestibles indistintamente, después que el material era introducido en el tanque, la grasa libre era extraída por decantación física, el agua sobrante llevada a un tanque aparte, y los sólidos extraídos y secados mediante los sistemas de prensado y secado por vapor en un recipiente encamisado. El agua del tanque era vertida al alcantarillado o bien evaporada para hacer pegamento o concentrados proteínicos para añadir a los fertilizantes. Los sólidos se utilizaban para hacer fertilizantes.

Los avances tecnológicos vinieron rápidamente según fue avanzando el siglo XX. Algunos de ellos fueron en el uso de los subproductos procesados y otros en los métodos de procesado en sí mismos. En la década de 1920, se inventó un sistema discontinuo por vía seca de procesado de subproducto en el cual el material era cocinado en cilindros horizontales encamisados con vapor de agua, que eran similares a los secadores para fertilizantes de hoy en día. Las ventajas ofrecidas por el proceso por vía seca eran:

- Reducción la energía utilizada en proceso.
- Producción de proteínas mejor calidad
- Proceso más rápido (tipo Bach).
- Una menor emisión de contaminantes durante el proceso.

Gradualmente con el paso de los años, el proceso de “Tanking” por vía húmeda fue reemplazado por el proceso por vía seca, así que, hacia el final de la Segunda Guerra Mundial, la mayoría de las instalaciones de Rendering utilizaban el proceso por vía seca. En la década de los 60, los procesos continuos por vía seca fueron introducidos por la empresa “The Dupps Company”, uno utilizando una variación del sistema convencional de digestor por vía seca y otro haciendo uso de un refinamiento y evaporación para secar el producto y la grasa. En la década de los 80, los altos costes energéticos de procesado popularizaron los diversos procesos continuos por vía húmeda. Estos procesos eran más eficientes energéticamente y permitían la reutilización de los vapores de proceso para precalentar o bien secar los materiales durante el proceso.

Otros factores importantes que impactaron en la industria en el siglo XX fueron la popularización de los fertilizantes químicos, el desarrollo de detergentes sintéticos, la amplia expansión en los USA de la “ternera envasada” y el cambio en los hábitos de consumo del hombre al rechazar las grasas animales. A principios del siglo XX, el bajo coste de la síntesis de fertilizantes artificiales a base de Nitrógeno disminuyó el uso de desechos animales para enriquecer la tierra, esto resultó en la pérdida de un substancial mercado para los subproductos cárnicos, pero este mercado perdido fue reemplazado por el hecho de que estos productos resultaron un buen alimento para los animales. Después de la Segunda Guerra Mundial aparecieron en escena los detergentes sintéticos que eventualmente desplazaron a los jabones para los usos de limpieza domésticos e industriales, como consecuencia de esto, a principios de los años 50, más del 50% del mercado de las grasas no comestibles desapareció.

La diversificación de estos productos en el área de la alimentación pronto reemplazó el mercado perdido del jabón y finalmente se transformó en el único gran uso de las grasas no comestibles. La gran expansión de la “ternera envasada”, según la cual la ternera era cortada en porciones de consumidor en la planta de embalaje, más que venderse al por menor en carnicerías locales y mercados, significó que la grasa y los restos de carne para utilizar en el proceso del Rendering, se quedaban en las plantas de envasado y eran tratados en las mismas, en lugar de por las empresas de Rendering “independientes”. El rechazo de las grasas animales por los consumidores conscientes de sus dietas, llevó el excedente de grasas comestibles a trasladarse de nuevo a la fabricación de jabones y sustancias oleo-químicas, desplazando a las grasas no comestibles.

La industria del Rendering es una de las industrias del reciclaje más antiguas y ha hecho posible el desarrollo de una gran industria alimentaria. Esta industria recoge lo que serían de otra manera materiales de desecho y fabrica productos muy útiles como jabón, goma, plásticos, etc. Al mismo tiempo, este proceso resuelve el hecho de cómo deshacerse de estos residuos orgánicos, que de otro modo sería un grave problema. A modo de ejemplo, Estados Unidos en el año 2004, la industria del Rendering produjo más de 8 millones de toneladas de productos, de los 1.6 millones de toneladas fueron exportados.

Las materias primas de esta industria son los desechos de origen animal de la industria frigorífica y conservera:

- Viseras que no son usualmente consumidas.
- Huesos con carne, proveniente de los establecimientos de desposte.
- Sangre, proveniente de mataderos - frigoríficos.
- Grasas, proveniente de carnicerías, establecimientos de desposte y mataderos - frigoríficos.

2.1.3 Procesos de elaboración de subproductos de origen animal. ³

El proceso de elaboración de grasas y harinas de origen animal, comienza cuando la materia prima ingresa a la planta en camiones y tracto-camiones, se pesa al entrar en báscula camionera, luego se digita la información en los registros de entrada clasificando por proveedor o área de zona recolectada, los kilos recibidos totales de materia prima clasificados en sebo, hueso con carne, desperdicio o viseras de consumo no habitual, sangre previamente anticuagulada, con esta información se realiza la trazabilidad de materia prima, ya que las materias primas pueden provenir de lugares diferentes, luego el material es descargado y se realiza debidamente la separación del hueso, desperdicio y el sebo. Pasado este punto, la materia prima es pre-triturada en transportadores tipo tornillo sin fin, donde la función es homogeneizar la mezcla; luego esta es triturada reduciendo las partículas a un tamaño aproximado y uniforme de 1" (pulgada), posteriormente están son trasladadas por medio de transportadores tipo tornillos sin fin a una tolva pulmón la cual alimenta los digestores de cocción los cuales trabajan con transferencia de calor a presión constante por calefacción indirecta a una temperaturas de cocción de entre 133 ° C y 140 ° C durante 120 minutos a 240 minutos dependiendo de la presión de la caldera que se tengan para el proceso. Una vez cargados los Cookers o Digestores, estos se cierran herméticamente, su función es la de cocer la materia prima retirando la humedad por la evaporación del agua contenida, dejando los materiales con una humedad máxima del 10% para así poder lograr extraer la grasa posteriormente en una prensa continua,

³(*Insuga Rendering Plant; Ruta 70 - Km 2; Recreo; Santa Fe; Argentina;*
<http://www.insuga.com.ar/esp/procesoproductivo.php>)

separando la grasa de los sólidos de alto contenido proteico, el vapor (vapos) resultante de la cocción es conducido al sistema de tratamiento de emisiones gaseosas.

Cuando el material termina su proceso en el digestor lo recibe el pre-colador, que es una tolva de recepción donde es descargada la materia prima cocinada; luego pasa por un tambor rotatorio el cual posee perforaciones para que la grasa pueda ser filtrada, la finalidad de esta etapa es contener los sólidos de chicharrón o hueso para su posterior proceso y que la grasa sea recolectada temporalmente en el tanque de acumulación bajo las perforaciones.

La grasa resultante todavía en estado líquido, pasa a través de un sistema de bombeo a un tanque calefaccionado por serpentín con inyección de vapor de agua que cuenta con agitador de aspas para acondicionar el producto a 80°C, en este tanque se realiza la decantación de los sólidos pesados y posteriormente ser bombeada hacia la centrifuga (decantador centrifugo), la grasa a decantar entra en el decantador por la intersección de la parte cónica y cilíndrica del rotor, a través de un tubo de alimentación situado en el centro del eje hueco. Después de salir de este tubo, los lodos se distribuyen en el líquido que gira alrededor del rotor y se van acelerando poco a poco hasta conseguir la velocidad de rotación máxima. La fuerza centrífuga hace que los sólidos en suspensión se vayan depositando en la parte interior del rotor.

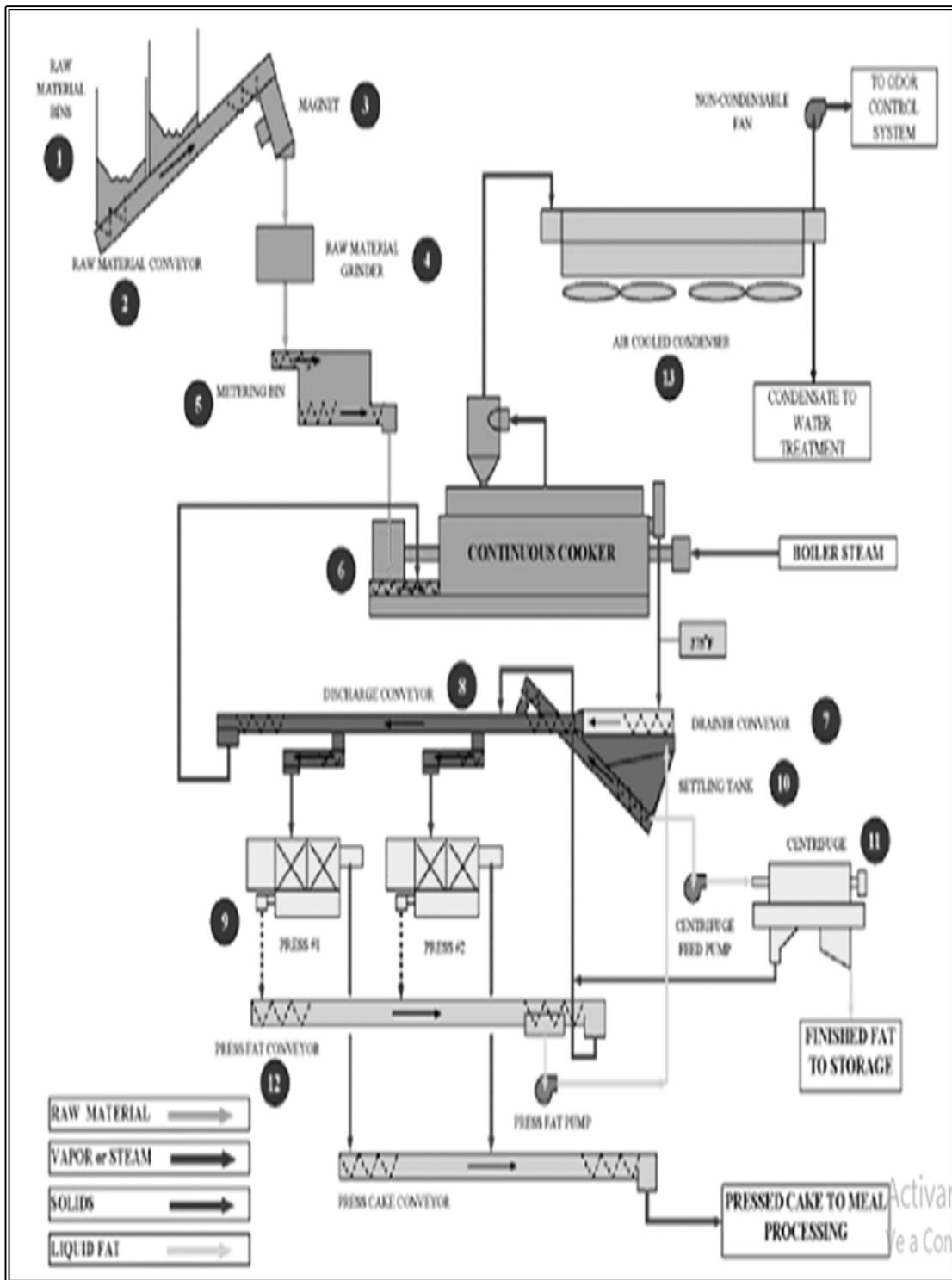


Figura 2. Esquema típico del proceso de Renderizado.

Fuente: (Paul Lemieux; Associate División Director, NHSRC/DCMD; lemieux.paul@epa.gov); 4to Simposio internacional sobre gestión de la mortalidad animal, productos, subproductos y riesgos asociados para la salud; Dearborn; Miami, EEUU; Año 2012).

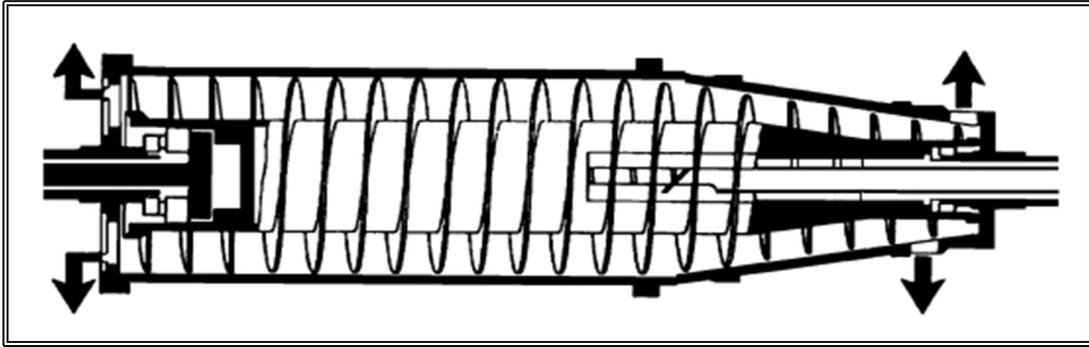


Figura 3. Separador de sólidos y líquidos, tipo Decanter.

Fuente: Manual de especificación del decantador, Tipo LYNX 430, Alfa Laval.

El tornillo transportador va transportando esos sólidos continuamente hacia la parte cónica del rotor. La separación de los sólidos tiene lugar a todo lo largo de la parte cilíndrica del rotor, y el líquido clarificado sale por su extremo de mayor diámetro con las placas de nivel o los tubos de potencia a través de salidas ajustables en diámetro. Los sólidos salen por el extremo de menor diámetro, por la fuerza centrífuga que los impulsa hacia las aberturas de salida, la grasa libre de partículas se envía a tanque de almacenamiento con serpentín calefaccionado para su posterior transporte a las salas de envasado, los sólidos finos son recuperados y secados con una humedad aproximada del 10%, para posteriormente ser mezclados en la tolva de recepción de proteína y torta.

La función de la prensa continua es extraer grasa del material semi-sólido resultante del pre-colador, el transportador de alimentación cuenta con imán para captación de metales. El expeller (prensa continua) por medio de presión y temperatura en dos pasos el primero horizontal y el segundo vertical por medio de coladores, el colador vertical separa parte de la grasa, posteriormente pasa al colador horizontal extractando más grasa hasta dejar la pasta de hueso y/o chicharrón con un contenido de grasa del 8% al 12% y una humedad del 6% al 8%, este material, denominado expeller, es posteriormente trasladado a un esterilizador que lo somete a una temperatura de 133°C durante 20 minutos y a una presión de vapor de agua de 3 (Kg/cm²). El expeller esterilizado ingresa luego a una tolva de enfriamiento y, posteriormente transportado al sector de molienda.

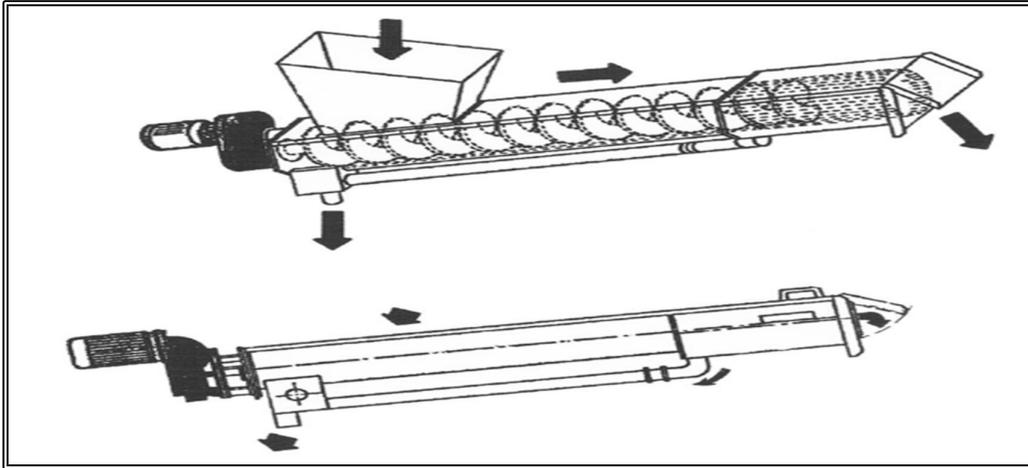


Figura 4. Transportador a tornillo sin fin con recuperación de líquidos.

Fuente: <https://hidrometalica.com/escurreedor-compactador-sinfin/>

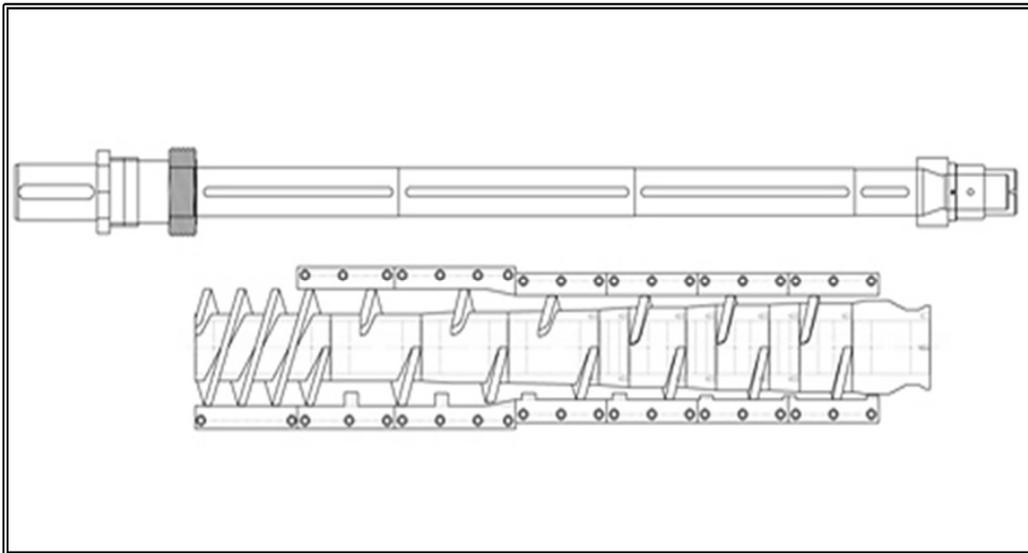


Figura 5. Despiece de prensa tipo tornillo rotativo.

Fuente: <http://www.warbel.com.ar/portfolio-item/piezas-de-repuesto-para-prensas-de-tornillo/>

En la tolva de recepción se mezclan la torta que sale del expeller con los sólidos que salen del decanter centrífugo. La pasta de sólidos ricos en proteínas sale por la parte frontal de la prensa, la que se transporta al molino pasando por tolva de alimentación para ser dosificada, en este punto se mezclan los finos resultantes de la centrifuga con 10% de humedad y respetando el cálculo (por un máximo de 50 kg de sólidos finos, por cada tonelada de harina producida).

En el proceso de molienda se encuentran filtros de aspiración que cuentan con un ventilador de aspiración, cuya función es retirar la humedad de la tolva molino. Allí, el

material pasa a través de un molino con martillos rotativos y cuchillas fijas, la harina llega por transportador y aquí es mezclada obteniendo el producto final, harina de carne y hueso para alimento animal, la que usualmente es envasada en presentación de bolsas de 50 kg ,almacenadas para su comercialización final, previamente a salir del establecimiento se cumplen con los procedimientos de calidad y trazabilidad ,para ello se extraen muestras que son analizadas en el laboratorio de control de calidad de la fábrica donde se realizan exhaustivos análisis físicos, químicos y bacteriológicos del producto.

El material líquido, denominado sebo, pasa a través de un sistema purificador compuesto por zarandas vibratorias y centrífugas decantadoras donde se eliminan totalmente los sólidos que son reincorporados al circuito. Luego, el sebo es enviado al sector de refinería donde se produce el proceso de neutralización, blanqueo y filtrado, cuyo resultado es grasa neutra blanqueada con un punto de fusión de 44°C. En esta última etapa, también se realiza la cristalización y filtrado del material para realizar la separación del mismo en dos fases de distintos puntos de fusión.

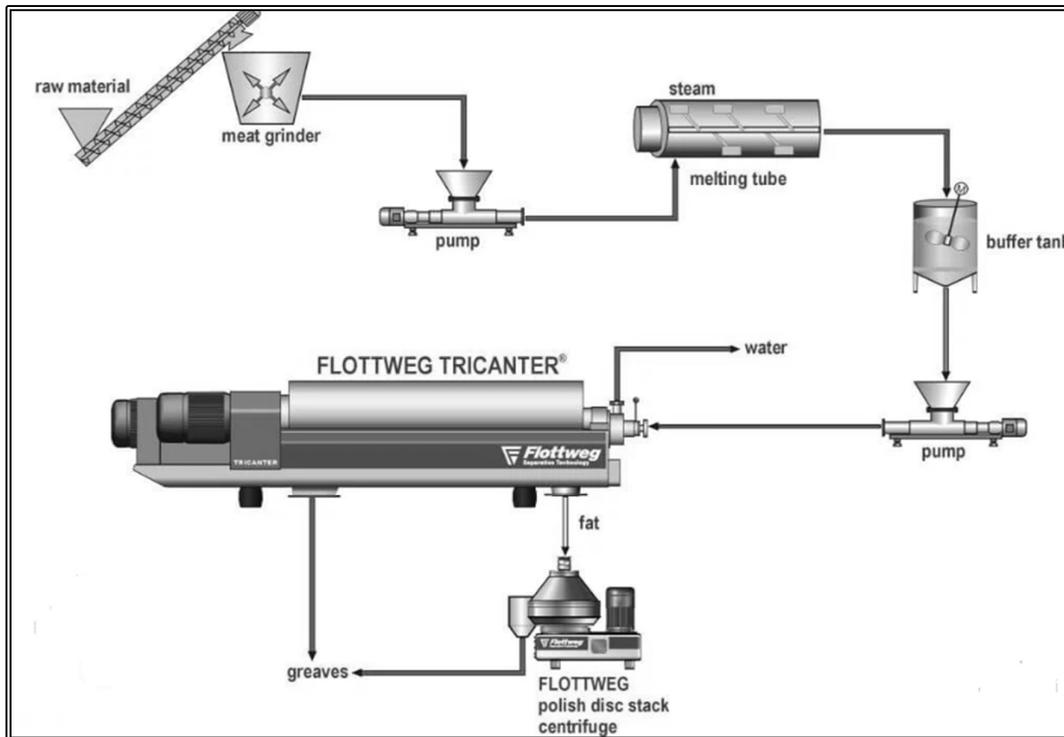


Figura 6. Esquema típico de una planta de primer jugo bovino.

Fuente : <https://www.flottweg.com/es/aplicaciones/grasas-y-aceites/subproductos-de-carne/>

Finalmente, la grasa es desodorizada en presencia de alto vacío y alta temperatura. El proceso de producción culmina con un control de calidad en el laboratorio físico - químico mediante el muestreo de lotes productivos, según procedimientos de calidad y trazabilidad de productos, luego de estos controles, la grasa animal es envasada según las diferentes confecciones requeridas por el mercado, en el sector de fraccionado.

2.1.4 El control de la contaminación odorífera en las plantas de Renderizado. ^{4 5}

6

El control de olores es uno de los mayores retos en la industria de procesamiento de subproductos de origen animal o Rendering. Una investigación realizada en la década de 1970 indicó que las emisiones no tratadas de las plantas de Rendering podían ser detectadas a más de 32 kilómetros de distancia del punto de generación (Bethea et al. 1973).

Además, como las zonas urbanas han invadido las zonas industrializadas donde entre otras industrias se encuentran plantas de Rendering, este sector industrial tanto por responsabilidad social empresarial como por legislaciones existentes deben innovar en las tecnologías de tratamiento de las emisiones de gaseosas.

Hay una cantidad de fuentes de olor que no provienen de los Digestores o Cookers, si bien esta es la fase en la que mayor cantidad de compuestos orgánicos e inorgánicos que producen olores desagradables son liberados, hay otras partes del proceso, tales como los camiones que transportan el subproducto, sector de prensado continuo y depósitos de almacenamiento, podrían ser causa también de quejas de vecinos de las plantas.

⁴ *(Desarrollo de nuevos métodos en el control de olores; Annel K. Greene, PhD; Center Director Clemson University Animal Co-products Research and Education Center; 2012).*

⁵ *(Compilation of odor and taste threshold value data; Fazzalari F.A; ASTM Data Series DS 48A; Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1973).*

⁶ *(Gas chromatography / mass spectrometry identification of organic volatiles contributing to rendering odors; H.R Van Langenhove, F.A. Van Wassenhove, J.K. Coppin, M.R. Van Acker, and N.M. Schamp; Environmental Science and Technology 6 (12):883-886, 1982).*

En 1982 Van Langenhove y otros investigadores, reportaron que 110 compuestos volátiles, pueden ser identificados en los olores de provenientes de plantas de Rendering, pero de estos, únicamente 26 contribuyen notoriamente a los malos olores de las emisiones en estas plantas. Estos 26 agentes ofensivos incluyen 10 (diez) diferentes Aldehídos, 8 diferentes Ácidos Carboxílicos, 5 diferentes compuestos de Sulfuros, así como un Alcohol y un compuesto de Amina. La mayoría de estos compuestos orgánicos son generados por la descomposición de las proteínas y las grasas durante el procesamiento térmico.

Otros compuestos del olor de preocupación proveniente de las operaciones de Rendering incluyen Sulfuro de Hidrógeno y Amoníaco. Debido a la amplia variedad de compuestos químicos contribuyendo a los olores de las plantas de Rendering, las diferentes estructuras químicas de estos agentes con mal olor, y la variabilidad de la concentración de estos compuestos, las estrategias actuales para el control de olores se basan en un enfoque de destruir todos los compuestos volátiles emitidos. (Van Langenhove et al. 1982, Fazzalari 1973).

El Rendering, puede considerarse como una industria esencial para la protección del medio ambiente. Los impactos positivos de esta industria son significativos, desde el punto de vista social y ambiental. En primera instancia, el aprovechamiento de los subproductos de origen animal, tales como sangre, grasa, hueso, plumas y partes de animales no aprovechadas, provenientes de las diferentes plantas de sacrificio animal, permiten reducir la cantidad de residuos sólidos que deben ser dispuestos en rellenos sanitarios, disminuyen la cantidad y la carga contaminante de las aguas residuales industriales que deben ser descargadas en los cuerpos de agua o el suelo, además reducen los riesgos de contaminación de las aguas subterráneas y los riesgos de problemas de salud pública asociados a la disposición de restos de animales, tales como la proliferación de vectores (insectos, roedores, etc.) que pueden ser foco de enfermedades cuando no son dispuestos adecuadamente o aprovechados en la industria del Rendering.

Este tratamiento inactiva los virus y bacterias que se desarrollan por la descomposición de las partes de animales. El producto generado es utilizado

principalmente por las empresas que producen alimentos concentrados para la nutrición de animales. Por eso, además de participar activamente en el proceso de reciclaje de subproductos de animales, esta industria genera empleos de manera directa e indirecta, desarrollando una cadena productiva en las regiones en que se encuentra. No hay que desconocer los impactos negativos que genera esta industria en cuanto a vertimientos y emisiones atmosféricas, los cuales pueden ser controlados mediante el tratamiento de aguas residuales y/o su recirculación, y mediante el tratamiento de los gases emitidos del proceso de cocción. Las actividades de control son ejercidas por las autoridades ambientales locales. Sin embargo, esta industria ha sido estigmatizada en algunas regiones del país debido a que no se han dado a conocer los beneficios socio-ambientales que esta también genera.

2.2. Contaminación odorífera atmosférica por emisiones gaseosas.^{7 8}

2.2.1 El olor una percepción sensorial del cerebro.

El olor es una percepción de nuestro cerebro ante sustancias presentes en el aire que respiramos. Esta puede ser producida por una sola sustancia olorosa presente en el aire, pero la mayoría de los olores una mezcla compleja de sustancias químicas orgánicas y/o inorgánicas (algunas de ellas olorosas y otras no, que interactúan entre ellas) presentes en el aire que ingresa al sistema respiratorio, a las cuales nuestro cerebro envía una respuesta perceptiva a la que denominamos olor.

Según la (Norma UNE-EN-13725), el olor es “una propiedad organoléptica perceptible por el órgano olfativo cuando inspira determinadas sustancias volátiles”. Los Compuestos Orgánicos Volátiles (COVs) son emisiones odoríferas que requieren especial interés, por su potencial peligrosidad e incidencia sobre el medio ambiente y en la salud de los seres vivos. Se trata de compuestos orgánicos que tienen a 20 °C una presión de vapor de 0,01 KPa o más, o una volatilidad equivalente en las condiciones particulares de uso.

⁷ *(Xarxa ambiental - Guia de tecnologies limpies en el àmbit de los olores; Red de institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana, Generalitat Valenciana, Centro de tecnologías limpias; Año 2009).*

⁸ *(Necesidad de una ley específica para evitar la contaminación odorífera / Colegio oficial de químicos de Madrid, Congreso Nacional de Medio Ambiente, COMANA, Año 2014).*

2.2.2 Diferencias entre los fenómenos de emisión e inmisión.

Para comprender como se miden y controlan los olores es fundamental distinguir entre emisión e inmisión. La emisión hace referencia a las sustancias contenidas en el gas generador de olor que pasan a la atmosfera al salir del foco emisor del que proceden. La inmisión tiene lugar cuando el gas emitido es absorbido por el medio ambiente y reacciona con el resto de sustancias presentes.

Los niveles de inmisión producen el olor que realmente percibimos, y representan la concentración de sustancias contaminantes a nivel del suelo en un medio determinado y, por tanto, la calidad del aire. Además, algunos olores son más intensos que otros y por eso es necesario conocer cómo se percibe el olor y como sus diferentes características están relacionadas con el objeto de comprender la molestia que producen.

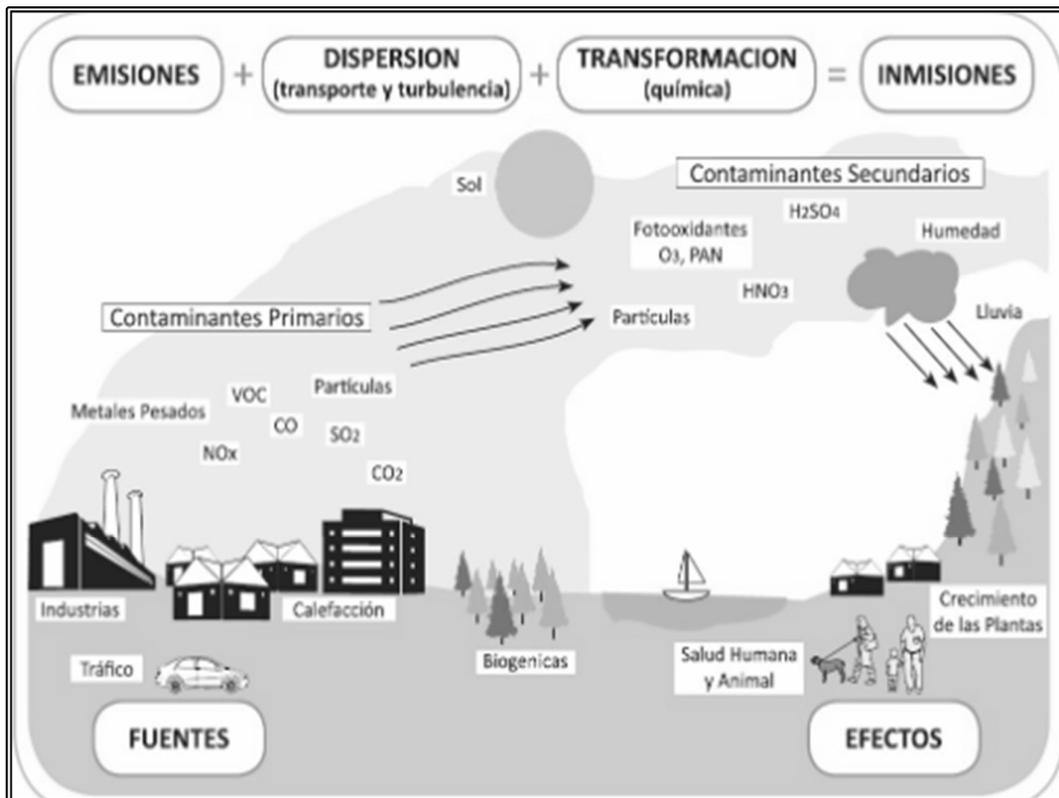


Figura 7. Diferencias entre emisiones e inmisiones e inmisiones en el medio ambiente.

Fuente: <http://www.minambiente.gov.co/index.php/component/content/article/1801-plantilla->

2.2.3 Características sensoriales para tipificar un olor.

Las características de las emisiones odoríferas están determinadas por 4 propiedades sensoriales de las cuales depende la percepción que tenemos de un olor en concreto: Concentración, Intensidad, Calidad y Tono hedónico.

2.2.3.1 Concentración de un olor.

Para una sustancia conocida, la concentración de olor puede ser expresada como el volumen o la masa de ese compuesto por unidad de volumen de aire. Sin embargo, como se ha comentado, los olores están generados principalmente por una compleja mezcla de sustancias y para medir su concentración es necesaria otra unidad de medida como son las unidades de olor europeas (OUE).

La concentración del olor según (Norma UNE-EN 13725 -Olfatometría dinámica) es “el número de unidades de olor europeas (OUE) en un metro cúbico de gas en condiciones normales”. Se calcula a partir del número de veces que hay que diluir una muestra de aire para que pueda ser detectado por el 50% de un grupo de expertos adecuadamente entrenados para la olfatometría dinámica según las pautas de la citada Norma. La concentración de olor no es una medida lineal de la intensidad de un olor y depende de muchos factores.

Tabla 1

Umbral y descripción olores de algunos COVs.

Compuesto químico	Umbral de olor ($\mu\text{g m}^{-3}$)	Descripción del olor
Ácido acético	43	Vinagre, agrio, pungente
Ácido butanoico	0,35-86	Rancio, pungente
Ácido pentanoico	8-12000	Dulce
Formaldehído	490	Picante, penetrante
Acetaldehído	0,01-4	Fruta, manzana
Butiraldehído	15	Rancio
Pentanal	2,5-34	Fruta, manzana
Butanona	870	Manzana verde, etéreo
Etil butirato	0.017	Fruta, piña, etéreo

Fuente: CONAMA; Año 2014.

Tabla 2

Valores objetivo de comparativa de inmisión de diferentes actividades productivas generadoras de olores.

ACTIVIDAD	Valor objetivo de inmisión (Percentil 98 de las medias horarias durante un año)
Actividad de gestión de residuos según especifica el punto 1 del anexo 1) Aprovechamiento de subproductos de origen animal destilación de productos de origen vegetal y animal Mataderos Fabricación de pasta de papel	3 uo _E / m ³
Actividades ganaderas Procesado de la carne Ahumado de alimentos Aprovechamiento de subproductos de origen vegetal Tratamiento de productos orgánicos Sistemas de saneamiento de aguas residuales	5 uo _E / m ³
Instalaciones de tueste / procesado de café o cacao Hornos de pan, pastelerías y galletas Cerveceras Producción de aromas y fragancias Secado de productos vegetales Otras actividades del Anexo 1 de esta Ley	7 uo _E / m ³

Fuente: CONAMA; Año 2014.

2.2.3.2 Intensidad de un olor.

Es la magnitud o fuerza con la que una persona percibe un olor. La Norma alemana (VDI 3882:1997) establece un protocolo estandarizado para medir la intensidad de un olor mediante inspecciones de campo, desde el nivel “no perceptible” hasta el “extremadamente fuerte”.

La intensidad del olor aumenta con la concentración para un determinado olor. Sin embargo, cada olor posee intensidades específicas y puede ocurrir que dos olores a la misma concentración se perciban con intensidad diferente. La Ley de Steven ($I \text{ percibida} = k \times C^n$) describe la relación logarítmica entre la concentración de olor (C) y su intensidad percibida (I percibida) siendo k una constante y n el exponente (que varía de 0,2 a 0,8 dependiendo de la sustancia olorosa).

Así pues, un aumento o descenso en la concentración de un olor, no siempre producirá el cambio correspondiente proporcional en la fuerza percibida por la nariz humana. Por ejemplo, si una localidad sufre de contaminación odorífera, puede ocurrir que los equipos de tratamiento de olores deban reducir en un 90% la concentración de las sustancias para provocar una disminución a la mitad de la intensidad con la que la comunidad lo percibe.

La relación logarítmica entre la concentración del olor y la intensidad percibida cobra una enorme importancia en el control, pues un olor con una intensidad elevada puede causar problemas de olor incluso a niveles mínimos residuales.

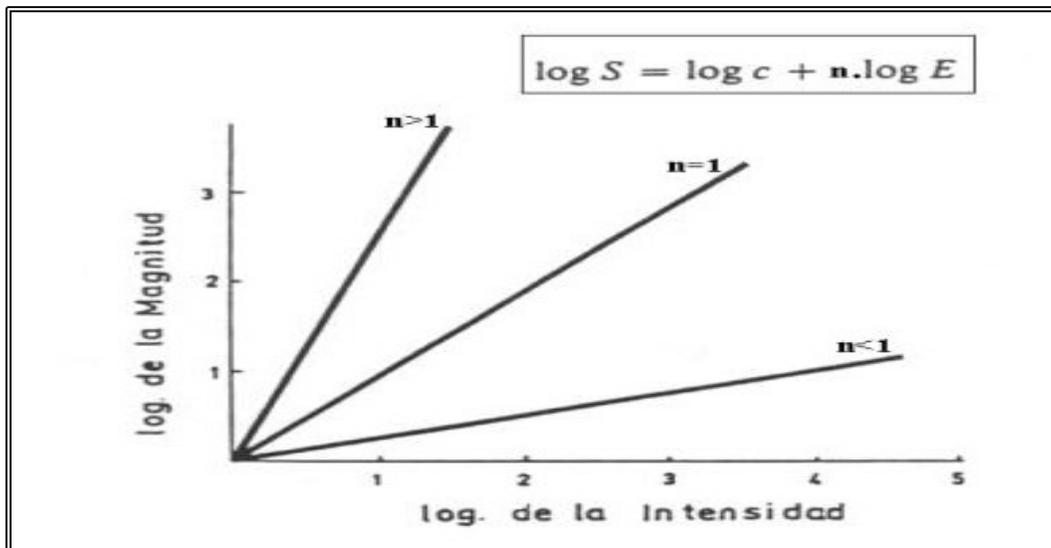


Figura 8. Relación logarítmica entre concentración de olores e intensidad percibida.

Fuente: <http://www.ub.edu/pa1/node/72>.

Tabla 3

Exponentes (n) de la relación logarítmica entre concentración de olores e intensidad percibida.

Continuo	Exponentes	Condición estimular
Sonoridad	0,67	Presión sonora de un tono de 3.000 Hz
Vibración	0,95	Amplitud en el dedo (para 60 Hz)
Vibración	0,6	Amplitud en el dedo (para 250 Hz)
Brillo	0,33	Objetivo en la oscuridad de 5 grados
Brillo	0,5	Fuente puntual
Brillo	0,5	Breve fogonazo
Brillo	1,0	Fuente puntual presentada brevemente
Luminosidad	1,2	Reflectancia de papeles grises
Longitud visual	1,0	Línea proyectada
Area visual	0,7	Cuadrado proyectado
Saturación rojiza	1,7	Mezcla rojo-gris
Gusto	1,3	Sacarosa
Gusto	1,4	Sal
Gusto	0,8	Sacarina.
Olfato	0,6	Heptano
Frio	1,0	Contacto metálico en el brazo
Calor	1,6	Contacto metálico en el brazo
Calor	1,3	Irradiación de la piel (área pequeña)
Calor	0,7	Irradiación de la piel (área grande)
Frio incómodo	1,7	Irradiación de todo el cuerpo
Calor incómodo	0,7	Irradiación de todo el cuerpo
Dolor térmico	1,0	Calor radiante en la piel
Aspereza tactual	1,5	Frotar tela de esmeril
Dureza tactual	0,8	Apretar goma
Pesadez	1,45	Elevación de pesos
Shock eléctrico	3,5	Corriente a través de los dedos

Fuente: <http://www.ub.edu/pa1/node/72>

2.2.3.3 Calidad del olor.

Es aquella propiedad que identifica un olor y lo diferencia de cualquier otro de la misma intensidad. Se refiere a como huele un determinado olor. La calidad del olor está caracterizada por el grado de similitud con una serie de olores de referencia o el grado de coincidencia con una escala de “descriptores”. Algunos de estos descriptores de olores serían, “a pescado”, “a frutado” o “a medicina”. Así, el resultado es el perfil del olor.

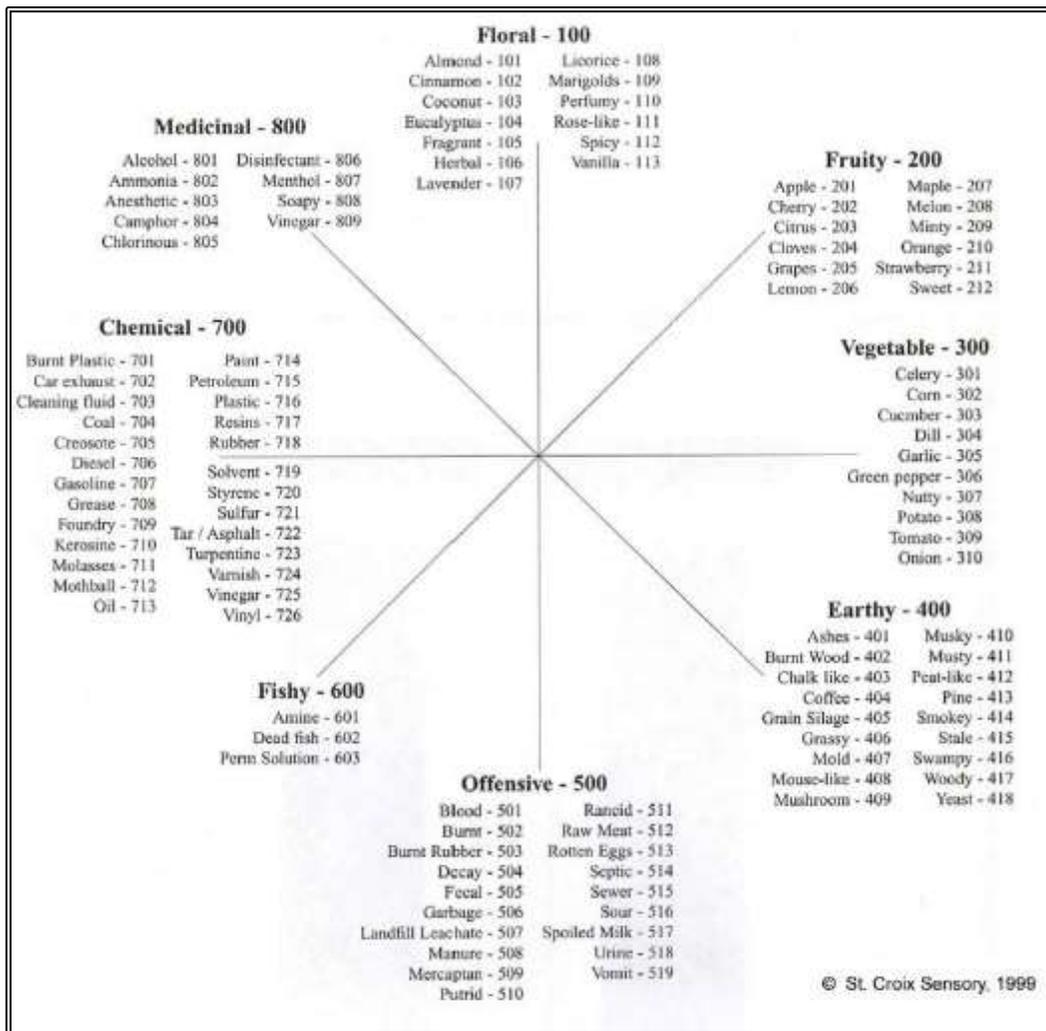


Figura 9. Calidad de olores agrupadas por olores de referencia (Descriptores de olor).

Fuente: https://olores.org/index.php?option=com_content&view=article&id=1&lang=es

2.2.3.4 Tono hedónico de un olor.

Es el grado con el que el olor se percibe como agradable o no agradable. Esta percepción es muy subjetiva ya que varía enormemente de una persona a otra. Está fuertemente influenciado por las experiencias anteriores y con las emociones en el momento de la percepción.

La norma alemana (VDI 3882) evalúa el tono hedónico de un olor en una escala que va desde muy agradable (más de 4, por ejemplo: olor a panadería) pasando por neutro y hasta desagradable (menos de 4, por ejemplo: carne podrida). Estos ensayos se realizan con un panel de expertos entrenados expuestos a un determinado olor con intensidad y duración controladas.

2.3 Técnicas cuantitativas y cualitativas para determinar la contaminación odorífera en la atmosfera.^{9 10}

2.3.1 Importancia del tratamiento de emisiones gaseosas dentro de los complejos industriales.

Las emisiones gaseosa previa al tratamiento de efluentes de una planta de Rendering, se caracteriza por un olor nauseabundo, que es producto de una mezcla compleja de sustancias químicas orgánicas e inorgánicas, con diferentes propiedades (polaridad, volatilidad, etc.) que interactúan generando no solo el olor desagradable para el olfato humano, además, la percepción de un olor depende en gran medida de las condiciones meteorológicas y topográficas del entorno como pueden ser la temperatura ambiente, el porcentaje de humedad en el ambiente, la orografía, etc.

Estas sustancias pueden generar potenciales afecciones a la salud de la población cercanas y enfermedades profesionales en los empleados, siendo las más usuales irritaciones, alergias y disfunciones en el sistema nervioso central, por ello en la etapa

⁹ *(Xarxa ambiental - Guia de tecnologies limpies en el àmbit de los olores; Red de institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana, Generalitat Valenciana, Centro de tecnologies limpies; Año 2009).*

¹⁰ *(Necesidad de una ley específica para evitar la contaminación odorífera / Colegio oficial de químicos de Madrid, Congreso Nacional de Medio Ambiente, COMANA, Año 2014).*

de diseño del proceso tiene que estar orientada a las canalizaciones de todas las emisiones en las áreas hacia el sistema de tratamiento, evitando de esta manera emisiones gaseosas difusas.

Las emisiones gaseosas en la atmosfera de (COVs), son importantes en la formación del “smog fotoquímico”. En unas condiciones atmosféricas dadas (ciudades cálidas, soleadas o con poco movimiento de masas de aire) si en la atmosfera se encuentran presentes ciertos Óxidos de Nitrógeno, estos junto con la radiación solar, entran en una serie de reacciones fotoquímicas que dan como resultado ozono troposférico. Este a su vez en presencia de (COVs) forma radicales peróxido que, como resultado final, hacen que se acumule el ozono y que se formen compuestos oxidados de los (COVs) creando una atmosfera rica en ozono y otros compuestos. Todo este coctel de productos químicos (ozono y COVs oxidados) provoca problemas respiratorios a la mayoría de la población.

Los gases que provocan los malos olores pueden ser compuestos inorgánicos (SH₂, NH₃, etc.) o compuestos orgánicos (COVs, Aminas, Tioles, etc.).

2.3.2 Técnicas de cuantificación mediante métodos sensoriales y análisis instrumental.

Las emisiones odoríferas se miden a través de métodos sensoriales y técnicas analíticas instrumentales, los criterios para elegir una técnica u otra de medición serán diferentes en función del tipo de parámetro que se desee medir.

Así, para medir la molestia que causa una mezcla de olores procedente de una fuente difusa o puntual a una población determinada, los métodos sensoriales resultan los más adecuados. Si se pretende identificar que sustancia está causando el mal olor proveniente de una fuente puntual, son los métodos analíticos los que aportaran la información adecuada.

2.3.2.1 Cromatografía de gases masas (GC-MS).

Las técnicas instrumentales basadas principalmente en la cromatografía de gases son las que se utilizan para la caracterización de los (COVs) que sean volátiles y termoestables, separando compuestos cuando pasan por una fase estacionaria de Fenilpolixiloxano o Metilpolixiloxano, los que interactúan con los compuestos a analizar en un horno

La cromatografía de gases es una técnica analítica instrumental que se basa en la separación de compuestos cuando pasan a través de una fase estacionaria empujada por una fase móvil de gas inerte, utilizando usualmente Helio, con la única restricción de que estos sean volátiles y termoestables.

La fase móvil suele ser un gas inerte, normalmente el helio, la fase estacionaria depende de los compuestos a analizar, pero suelen estar basadas en compuestos como el Fenilpolixiloxano y el Metilpolixiloxano. Los diferentes compuestos se separan por las interacciones que existen entre los productos a analizar y la fase estacionaria, con la ayuda de la temperatura de un horno.

Cuanto más afín sea un producto a la fase estacionaria, más tiempo tardará en salir de la columna y al revés, y cuanto menos afinidad tenga un compuesto por su fase estacionaria, más pronto saldrá de la columna empujado por la fase móvil, una vez los compuestos salen de la columna separados unos de otros, se encuentran con el detector. Existen diferentes tipos de detectores, pero en principio los más utilizados en el análisis de (COVs) son el detector de ionización de llama (FID) y el de masas (MS).

El detector de ionización de llama (FID) es uno de los más populares utilizados en la cromatografía de gases, tiene respuestas estables y su sensibilidad a los compuestos orgánicos es muy buena, en él, se utiliza una mezcla de Hidrogeno y Oxigeno para producir una llama continua, cuando los compuestos llegan al detector son quemados y una pequeña parte de los átomos de carbono (normalmente cerca de un 0,001%) se ionizan durante la combustión. Un electrodo, ionizado, recoge los iones y la corriente eléctrica resultante se amplifica para dar una señal cromatográfica.

El detector de masas (MS) abarca un rango de compuestos más amplio que el (FID) y con buenas sensibilidades. La molécula, al llegar al detector, es fragmentada (químicamente o por impacto electrónico) y los fragmentos, que se comportan de manera diferente al atravesar un campo magnético en función de su relación masa/carga, pasan posteriormente por detector que produce una señal eléctrica amplificada.

2.3.2.1.1 Toma de muestras para (GC-MS).

Los instrumentos para la determinación de compuestos por cromatografía de gases, son instrumentos de gran tamaño y que necesitan una infraestructura que no permite su utilización fuera del laboratorio. Por ello, para determinar la concentración de (COVs) en la atmosfera, debemos de utilizar un método que permita recoger en una matriz los (COVs) a analizar para más tarde transportarlos al laboratorio donde se realizara su determinación.

Normalmente se utilizan lechos adsorbentes (Carbón Activado, Tenax, etc.) los cuales retienen los (COVs). Dependiendo de los compuestos a determinar, se escogerá un lecho adsorbente. Para la realización del muestreo, se necesita al mismo tiempo una bomba para muestrear el aire a determinar y hacerlo pasar a través del tubo adsorbente. Existen caudales y tiempos de muestreo fijados para cada tubo adsorbente.

2.3.2.1.2 Determinación de (COVs) en laboratorios.

Existen dos posibilidades de introducir la muestra captada en los tubos adsorbentes en el cromatógrafo de gases:

- Desorción de los tubos con un disolvente orgánico: Este disolvente se mezcla con el contenido del tubo adsorbente provocando la desorción de los componentes muestreados. El disolvente, se puede inyectar en el cromatógrafo para la realización de la analítica.

- Utilización de la Termo Desorción (TD). Esta técnica consiste en aplicar al tubo de adsorción muestreado un gradiente grande de temperaturas en un intervalo corto de tiempo, provocando así una desorción térmica de los compuestos, los cuales entran directamente en la columna cromatográfica para la realización de la analítica. Una vez en la realización del análisis, se deben de escoger las condiciones cromatográficas (caudal de gases, temperaturas de horno, temperaturas de inyectores, etc.) para asegurar una buena separación de los compuestos muestreados.

El resultado del análisis es solo cualitativo, identificando los compuestos presentes en la muestra, pero no su concentración.

Para realizar un análisis cuantitativo, una vez conocidos los compuestos presentes en la muestra, se realiza un patrón (curva de calibrado) y se cuantifican los compuestos anteriormente identificados comparando las señales de los patrones con las señales obtenidas al realizar el análisis a la muestra. Los resultados normalmente expresados en PPM (mililitros de compuesto por m³ muestreado).

2.3.2.1.3 Determinación de (COVs) fuera del laboratorio.

Para la determinación de (COVs) en las chimeneas industriales, se suele utilizar un instrumento "transportable" basado en las técnicas cromatográficas anteriormente citadas. Se trata de un equipo normalmente denominado como Analizador de Carbono Orgánico Total.

Este instrumento consiste en un cromatógrafo interno, que realiza una pequeña separación del Metano del resto de (COVs). Los (COVs), son más tarde detectados por un detector de ionización de llama (FID). Este instrumento expresa los resultados como miligramos de carbono por metro cubico, pero no diferencia entre que compuestos aportan dicho carbono. Por tanto, no se utiliza cuando se necesita conocer la composición de los gases de emisión.

2.3.2.2 Técnicas sensoriales de medición de emisiones.

Estas técnicas se basan en la cuantificación de la concentración del olor formado por una mezcla de moléculas odoríferas mediante una respuesta fisiológica.

Proporcionan información sobre el grado de molestia o intensidad de un determinado olor que sufre una población. Se lleva a cabo mediante la utilización de un panel de expertos entrenados expuestos a muestras de aire, en el laboratorio o “in situ”. El grupo de expertos constituyen el elemento sensor y realizan la evaluación con la ayuda de un aparato denominado olfatometro.

Estos métodos se pueden aplicar tanto en la misma fuente emisora del olor, como cerca de ella o en sus alrededores. No obstante, la toma de muestras se complica progresivamente a medida que nos alejamos de ella. Las técnicas más comunes son la Olfatometría Dinámica y la Olfatometría Cuantitativa de Campo.

2.3.2.2.1 Olfatometría Dinámica.

El protocolo para la determinación de concentración de olor en condiciones normales por Olfatometría Dinámica según (Norma UNE-EN 13725: 2004: Calidad de aire).

En este caso, el olfatometro suministra diferentes proporciones de mezclas del aire objeto de estudio con el gas neutro a cada uno de los individuos que forman el panel. El umbral de detección (D50) se establece cuando el 50% de las personas del panel percibe el olor de la muestra de aire diluida. La concentración de la muestra diluida en ese momento se considerará la unidad de concentración de olor (1 UOE/m³) para el aire en cuestión.

Al tratarse de una técnica normalizada, la sala de olores del laboratorio mantiene unas condiciones ambientales controladas y sin perturbaciones externas. Sin embargo, aunque permite el muestreo de gases a altas temperatura y humedad, la conservación y el transporte de las muestras son muy delicados. Además, algunas muestras poseen una vida muy corta (como máximo 30 horas).

Para asegurar la reproducibilidad de los resultados, el ensayo debe ser realizado en un laboratorio, la reproducibilidad de los resultados admite el análisis retrospectivo. Una limitación de esta técnica es que el análisis sensorial de la medición hace que el panel de expertos no pueda exponerse a sustancias tóxicas. Además, esa técnica tiene un coste elevado por lo que no se justifica para algunas aplicaciones, como por ejemplo en la medición de la concentración de emisiones odoríferas de fuentes puntuales.

Una de las mayores ventajas de la aplicación de la olfatometría dinámica es que a pesar de su alto grado de incertidumbre, permite medir la efectividad de los sistemas de tratamiento de olores. No obstante, no es capaz de determinar la especiación química a partir de la evaluación de la concentración del olor. Por ello, en muchas ocasiones no se identifican los compuestos que causan el mal olor

La Olfatometría Dinámica según (Norma UNE-EN 13725) proporciona información sobre la emisión de los olores. La inmisión debe calcularse posteriormente mediante la modelización matemática de la dispersión del olor. Además, no es posible establecer el Tono Hedónico.



Figura 10. Mesa de expertos de Olfatimetría dinámica.

Fuente: <http://olfatometriadinamica.cl/>

2.3.2.2.2 Olfatometria de Campo.

Se trata de una técnica que se utiliza en los trabajos de monitorización “in situ”. La ventaja de estas técnicas es que permiten obtener datos reales de la concentración del olor en inmisión. A continuación, se describen las dos técnicas más utilizadas, siendo un panel de expertos entrenados quienes lleven a cabo las evaluaciones en ambos casos.

2.3.2.2.2.1 Dilución hasta el umbral (D/T).

Esta técnica permite cuantificar en el campo la intensidad de olor en el aire con la ayuda de un olfatómetro.

El olfatómetro realiza mezclas de volúmenes del aire problema con aire limpio (filtrado con carbón activo) en proporciones predeterminadas y controladas. El panelista realiza percepciones hasta que no percibe el olor y así estipula el umbral de olor. La dilución hasta el umbral será:

$$D/T = \text{Volumen de aire filtrado} / \text{Volumen de aire con olor}$$

2.3.2.2.2.2 Norma (VDI 3940: Determinación de olores aire mediante inspecciones de campo).

Esta técnica permite una lectura cuantitativa directa de la distribución de la exposición a los olores en el área de estudio. Se realizan percepciones olfativas programadas a lo largo del tiempo (entre 6 y 12 meses) en una serie de puntos predeterminados distribuidos en el área de estudio, los cuales forman una malla de puntos fijos de observación.

Las percepciones se realizan con olfatómetros calibrados según (Norma EN-13725). Como resultado se obtiene un mapa cartográfico del área en forma numérica como porcentaje promedio de horas de olor en cada una de las celdas formadas por diferentes puntos de medida.

Esta técnica permite medir directamente la inmisión de olores. No obstante, no distingue cual o cuales son los principales focos responsables del problema y por tanto es difícil establecer un diagnostico suficiente para plantear medidas correctoras.



Figura 11. Olfatómetro de campo.

Fuente: <http://www.nasalranger.com/espanol/About.cfm>

2.3.3 Prevención de olores en la etapa de diseño de planta.

A continuación, se describen diferentes técnicas de prevención de olores en la etapa de diseño/ rediseño de las instalaciones y procesos que pueden ser aplicadas a cualquier tipo de industria.

2.3.3.1 Dispersión de olores.

Los olores emitidos en los focos de contaminación se mezclan y diluyen en el aire, de forma que su concentración es variable en el espacio y en el tiempo. Los fenómenos de dispersión son importantes, porque dependiendo de ellos la contaminación se dará a nivel local (cerca de la fuente emisora) o en un caso extremo, a muchos kilómetros de distancia del foco. Hay que tener clara la diferencia entre dos conceptos ampliamente utilizados en contaminación atmosférica, puesto que la legislación es distinta para cada uno de ellos. Se trata de los conceptos de emisión e inmisión:

La emisión se define como la totalidad de sustancias que pasan a la atmosfera después de dejar las fuentes de las que proceden. La inmisión es la concentración de contaminantes en la atmosfera a nivel del suelo, producida tras dispersión, y puede ser atribuida a varios focos.

Por tanto, la dispersión de olores se refiere a la inmisión y depende de numerosos factores, entre los cuales cabe destacar los fenómenos meteorológicos, la ubicación y la altura efectiva de la chimenea, así como las propiedades de los efluentes.

2.3.3.1.1 Influencia de los procesos meteorológicos.

El movimiento del aire en la atmosfera es un parámetro clave a la hora de producir el transporte del olor. Dicho transporte puede ser horizontal o vertical. En el caso del transporte horizontal, este depende de la velocidad y dirección del viento, de forma que, a mayor velocidad del viento, más facilidad existe para que los contaminantes se dispersen. En el caso del transporte vertical, este está gobernado por la variación de la temperatura del aire con la altura. En condiciones adiabáticas, la variación de temperatura con la altura varía en un rango de entre (0,6 ° C a 1 ° C) por cada 100 mts. No obstante, no siempre se sigue el modelo teórico, puesto que existen casos particulares como atmosferas super-adiabáticas, sub-adiabática o el caso de la inversión térmica.

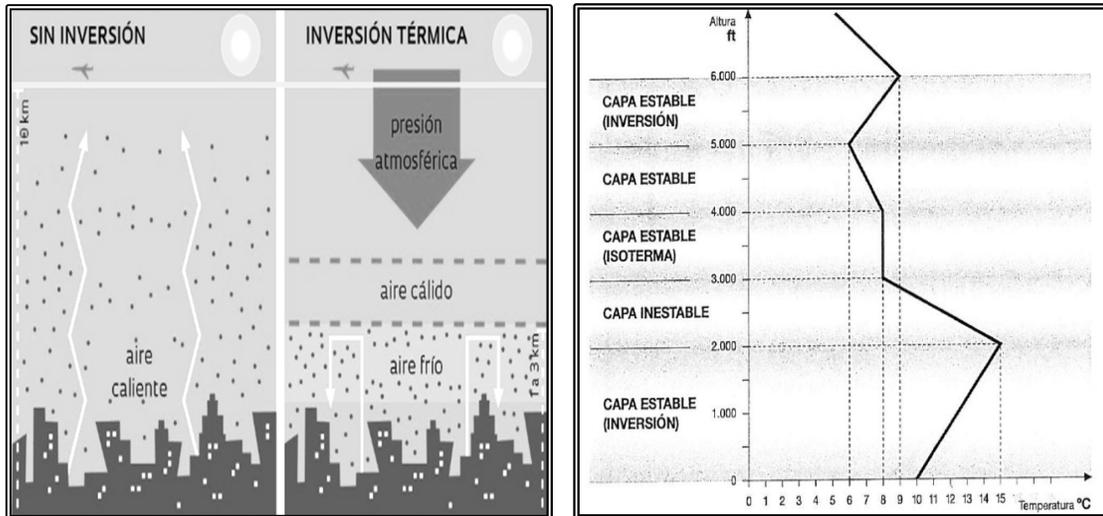


Figura 12. Influencia de los procesos meteorológicos en el transporte de olores.

Fuente: http://www.esi2.us.es/DFA/Meteo/Tema%207_Meteorologia_v180315B.pdf

Inversión el fenómeno que genera olor en La Plata; www.0221.com.ar

2.3.3.1.2 Modelos de dispersión.

Se trata de modelos matemáticos destinados a predecir niveles puntuales de inmisión a partir de valores medidos o estimados de emisión. Se debe tener en cuenta una serie de fuentes emisoras conocidas, así como de los parámetros meteorológicos que intervienen en la difusión o estancamiento de los contaminantes y la geografía de la zona.

Así pues, para poder aplicar los modelos se requiere el conocimiento de una serie de parámetros, entre los que cabe destacar los siguientes:

- Ubicación, tipo, altura efectiva, potencia, velocidad y temperatura de los gases emitidos por las chimeneas (fuentes puntuales).
- Características del microclima y medición del microclima específico del área.
- Altura de la capa de mezcla y condiciones de estabilidad térmica (inversiones)
- Características orográficas del área, estructura de su urbanización, propiedades del suelo.

- Relaciones químicas entre los contaminantes emitidos por las fuentes, así como las posibles reacciones que pueden tener lugar por acción de la radiación solar.

Uno de los modelos de dispersión más extendidos por su simplicidad es el del penacho Gaussiano. Este modelo establece que los penachos de las chimeneas presentan en su sección distante transversal una distribución Gaussiana o normal en sus dos ejes ortogonales, produciéndose la inmisión en el área según la dirección dominante del viento, tal y como se muestra en la siguiente figura.

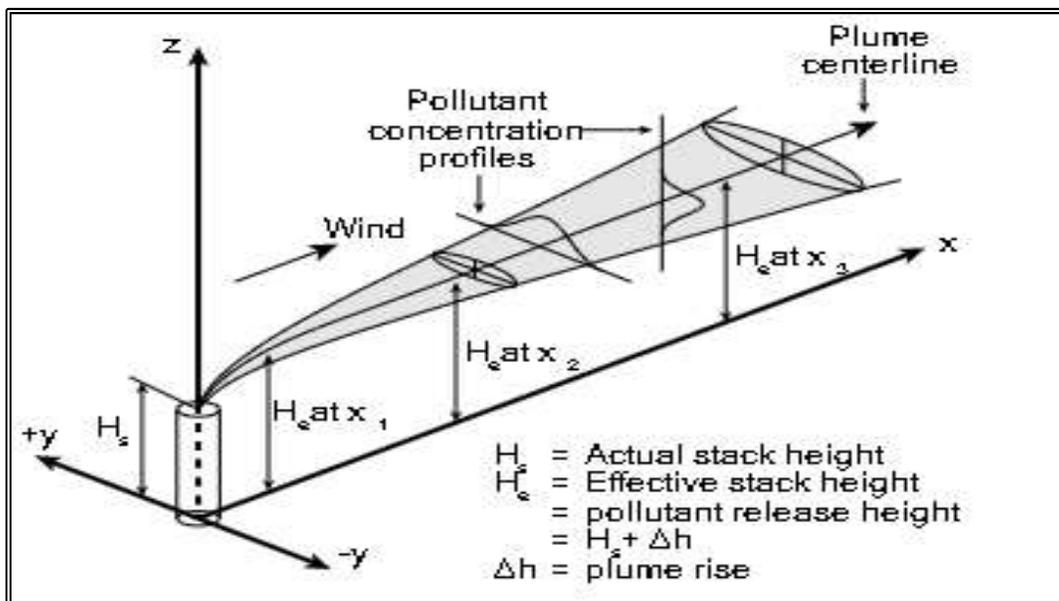


Figura 13. Modelo matemático de dispersión de contaminación gaseosa desde una fuente puntual.

Fuente: https://en.wikipedia.org/wiki/Atmospheric_dispersion_modeling

Modelos de Dispersión de Contaminantes Atmosféricos.; María Manzur, Graciela Benzal, Silvia González; 7mo Congreso de Medio Ambiente AUGM-UNLP-Argentina.

$$C(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{y}{\sigma_y}\right)^2\right] \left\{ \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z-h}{\sigma_z}\right)^2\right] + \exp\left[-\frac{1}{2}\left(\frac{z+h}{\sigma_z}\right)^2\right] \right\}$$

x, y, z: Coordenadas espaciales en metros (mts).

$C(x, y, z)$: Concentración de contaminante en un punto (x, y, z) (gr/m³).

Q : Caudal de emisión (gr/seg).

$\sigma(y, z)$: Desviaciones estándar en las direcciones "y" y "z" respectivamente (mts).

u : Velocidad media de viento (mts/seg) en el sentido del eje x.

h : Altura efectiva de emisión (mts).

2.3.3.1.3 Zonas de amortiguamiento.

Una forma simple y eficaz de minimizar las quejas respecto a los olores ha sido localizar las empresas tan lejos como sea posible de la población. Sin embargo, debido a la creciente expansión urbanística experimentada, puede ocurrir que, en pocos años, lo que parecía una zona inhabitada de repente se convierta en una zona residencial. Por ello, en los llamados Estudios de Impacto Ambiental, debe tenerse en cuenta la futura expansión poblacional en los alrededores de las industrias.

Por otro lado, una técnica que resulta útil cuando la concentración del olor se emite a bajo nivel, consiste en la instalación de las llamadas zonas de amortiguamiento. Son áreas de separación alrededor de una instalación que permiten minimizar el impacto en sus alrededores inmediatos. Si bien no eliminan el olor, sí que sirven como técnica de prevención para disminuir las quejas en zonas adyacentes. La plantación de zonas verdes, árboles y barreras de tierra alrededor de las actividades industriales se menciona con frecuencia como una solución para hacer frente a los malos olores.

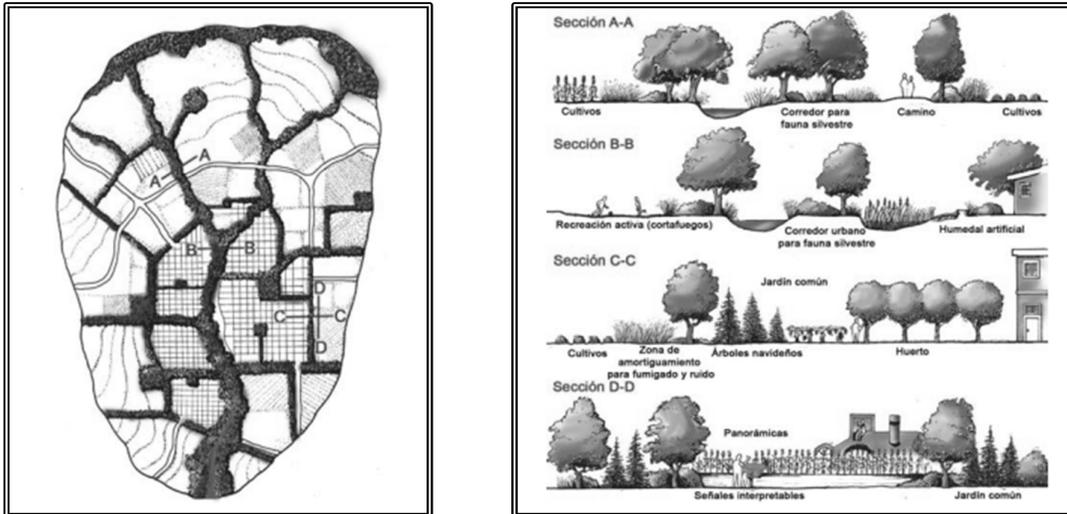


Figura 14. Zonas de amortiguamiento para conservación, lineamientos para diseño de zonas de amortiguamiento, corredores y vías verdes.

Fuente: Bentrup, G; Informe Técnico Gral. SRS-109. Asheville, NC: Departamento de Agricultura, Servicio Forestal, Estación de Investigación Sur (EEUU), Año 2008.

En determinadas circunstancias, puede darse el caso de que tenga un impacto positivo, aunque su efecto será mínimo. Es probable que el hecho de romper la línea de visión con la industria, tenga un efecto psicológico en el receptor que hace que disminuya la sensación de percepción del mal olor.

2.4. Tecnologías para el tratamiento de emisiones gaseosas olorosas.^{11 12}

2.4.1 Tratamientos Físicos

2.4.1.1 Modificación del olor.

El termino modificación del olor hace referencia a la introducción de otras sustancias volátiles en la atmosfera con el objetivo de modificar la percepción e intensidad final del olor. Esto puede llevarse a cabo de diferentes maneras:

¹¹ (*Xarxa ambiental - Guia de tecnologies limpies en el àmbit de los olores; Red de institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana, Generalitat Valenciana, Centro de tecnologías limpies; Año 2009*).

¹² (*Necesidad de una ley específica para evitar la contaminación odorífera / Colegio oficial de químicos de Madrid, Congreso Nacional de Medio Ambiente, COMANA, Año 2014*).

- Enmascaramiento del olor: consiste en la adición de otro olor de forma que consiga hacer el olor original más aceptable e/o irreconocible.
- Inhibición del olor: describe el fenómeno a través del cual una mezcla de una sustancia con mal olor y una sustancia inhibidora consiguen un olor menos intenso que la suma de las intensidades de los componentes del gas o de la sustancia olorosa.
- Neutralización: se refiere al efecto en el que la interacción entre los receptores químicos de la nariz y las moléculas con mal olor son modificadas de manera que se consiga modificar la respuesta sensitiva humana.

La aplicación de los modificadores del olor puede ser:

- Adición directa a la sustancia con mal olor en el origen: En este caso el modificador debe ser capaz de soportar las mismas condiciones que la sustancia que está siendo tratada. La adición puede realizarse en un conducto o en un scrubber o lavador (se necesita cierto tiempo para que el contacto entre las sustancias se lleve a cabo).
- Descarga en la atmosfera a una cierta distancia de la fuente de emisión: entre el origen y la población, mediante atomización y pulverización.

Las ventajas que presenta la modificación del olor son:

- Pequeña inversión de capital.
- Las unidades de atomización son portátiles, pueden ser rápidamente instaladas.

Por el contrario, las principales desventajas son:

- La aplicación de inhibidores o enmascaradores del olor puede ser problemática, ya que las emisiones pueden variar en concentración o naturaleza con el tiempo. Estas variables hacen que sea complicado el asegurar que los malos olores sean “borrados” a todos los niveles de la emisión.

- El olor del agente inhibidor puede convertirse en sí mismo en una fuente de molestias.
- En términos de relación entre la intensidad percibida y la concentración (del mal olor y del agente inhibidor), la concentración disminuirá en la dirección del viento desde el origen, pero el efecto sobre la intensidad percibida no será uniforme con el descenso en la concentración. Esto se debe a que para todas las sustancias la intensidad percibida disminuye en distinta medida por el mismo descenso en la concentración. Otros factores, tales como las diferentes características de difusión del modificador del olor y el olor en sí mismo pueden originar que la sustancia causante del olor se separe del agente modificador, creando así dos olores diferentes a una cierta distancia.
- Los costes del agente modificador y del mantenimiento de los equipos de atomización pueden ser elevados, puesto que las boquillas de los pulverizadores tienden a obstruirse con el tiempo.
- La aplicación de esta tecnología no debe considerarse cuando las emisiones de mal olor conllevan algún tipo de riesgo para la salud humana.

Por otro lado, existen determinadas situaciones en las que la adición de otra sustancia química en el aire en lugar de tratar con el problema en el origen de emisión, es la mejor opción ambiental desde un punto de vista de la legislación. Si bien cada caso debe ser examinado de forma individual, en las siguientes aplicaciones se indica cuando la utilización de agentes modificadores del olor puede ser apropiada:

- Como una medida temporal mientras se esté instalando un sistema de desodorización en la planta.
- Como una medida a corto plazo o para suministrar un tratamiento adicional para ocasiones puntuales (por ejemplo, en casos de variaciones estacionales).
- En caso de que el agente modificador es utilizado en un conducto o en un lavador de tal forma que se contenga, y no haya transferencia del agente a la atmósfera en el que podría someterse a los fenómenos de dispersión y tener un impacto en los receptores finales.

2.4.1.2 Condensación:

La condensación puede considerarse tanto tecnología de eliminación de olores, así como una tecnología de pre-tratamiento. Cuando la corriente contaminada contiene elevadas concentraciones de compuestos a depurar, la condensación logra reducir considerablemente los olores y los (COVs).

Existen múltiples maneras de condensación, a continuación, se agrupan las maneras más comúnmente utilizadas:

- Condensadores de contacto directo: la corriente de gas se rocía con líquido enfriado y el vapor del gas se condensa.
- Condensadores de contacto indirecto: la corriente de gas condensa en la superficie externa de unos tubos por los cuales circula líquido enfriado.
- Condensadores de aire frío: la corriente de gas se condensa en la superficie externa de unos finos tubos por los cuales circula aire frío.
- Condensadores presurizados: el gas se comprime antes de ser enfriado. Es el sistema más eficiente, pero también el más caro.

El principal problema de los condensadores es la gran cantidad de energía que consumen. Además, no distingue entre compuestos olorosos y no olorosos de manera que su eficiencia y por tanto su coste son elevados.

Este tipo de sistemas se suelen encontrar en industrias químicas con corrientes gaseosas concentradas en compuestos orgánicos, generalmente generadores de olores, y en las que resulta rentable la recuperación de grandes corrientes de aire.

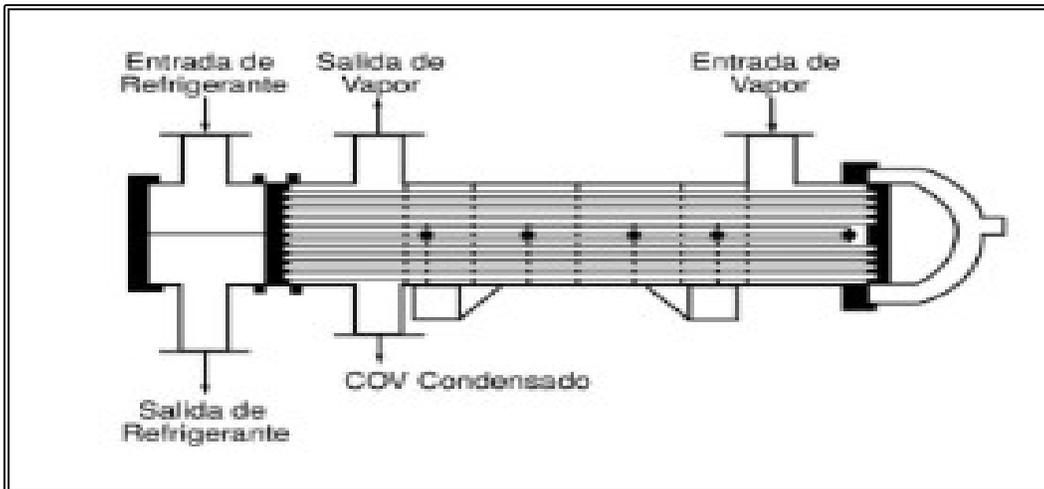


Figura 15. Condensador de vahos tipo casco y tubos, por corrientes perpendiculares.

Fuente: Günseli Sagun Shareef, Wiley J. Barbour, Susan K. Lynch; W. Richard Pelt; Corporation Radian Research Triangle Park, NC 27709 / William M. Vatauvuk - Grupo de Estrategias Innovadoras y Economía U.S. Agencia para la Protección Ambiental de los EE. UU. Research Triangle Park, NC 27711(EPA/452/B-02-001-Año 2015).

2.4.1.3 Adsorción (medio sólido):

La adsorción ocurre cuando las moléculas de gas son retenidas por una superficie sólida (adsorbente). Las moléculas de gas se transfieren a la interfaz gas sólido y se difunden a través de los poros del sólido hasta que las moléculas son finalmente adsorbidas en su superficie interna.

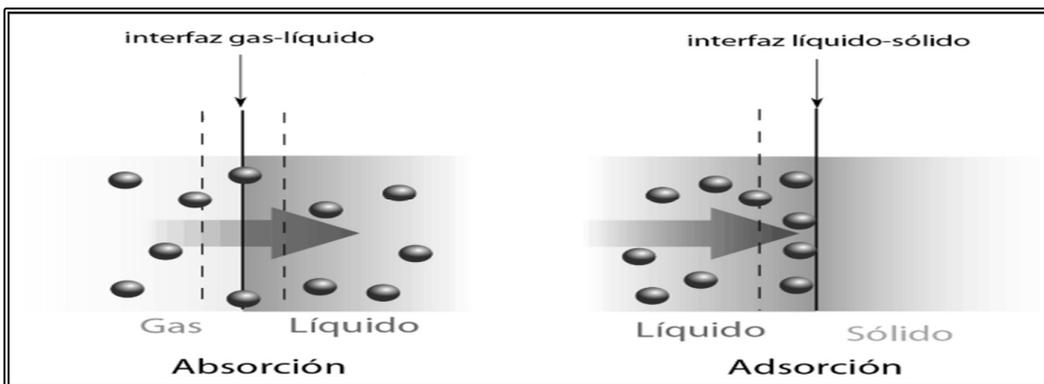


Figura 16. Diferencia entre los fenómenos de absorción y adsorción.

Fuente: (Ing. Chirinos A. (S.F.). Absorción y adsorción.

<https://www.diferencias.cc/absorcion-adsorcion/>

Algunos materiales adsorben mejor unas especies químicas que otras, así un determinado olor puede eliminarse haciéndolo pasar a través de un lecho o filtro con el material adsorbente apropiado. La capacidad adsorbente del filtro se agota progresivamente a medida que el olor ocupa el aire contenido en el sólido. El filtro se satura dependiendo de la temperatura, la concentración de contaminantes en la corriente de gas, la humedad y la velocidad del gas. Sin embargo, es común la práctica de regeneración del material adsorbente.

Seleccionar el material apropiado para una aplicación determinada es crucial para alcanzar una buena efectividad. El adsorbente más común es el carbón activado ya que posee mucha superficie específica. No obstante, la sílice, la zeolita y los óxidos de metal se suelen usar con compuestos polares. Además, estos se utilizan cuando las condiciones de alta temperatura y humedad dificultan la adsorción por parte del carbón activado.

Esta tecnología se aplica para la eliminación de olores y (COVs). Es apropiado para pequeñas emisiones odoríferas que contienen bajas concentraciones de compuestos orgánicos. No resulta apropiado para emisiones que contengan partículas ni alta humedad. En este caso los cartuchos desechables son más rentables.

Los adsorbentes se pueden utilizar; como tratamiento primario; como tratamiento secundario para purificar el gas después de someter la corriente a un tratamiento primario; para concentrar los olores en el carbón activo antes de destruir el gas; o como portador de agentes reactivos (el carbón se puede impregnar con soda caustica para eliminar el SH₂).

Su eficiencia supera el 90% pero se puede aumentar con sucesivas fases en serie. Es un sistema de tratamiento relativamente más barato que el resto de tecnologías. Tiene un coste entre bajo y medio en función del número de fases que se utilice. Además, se debe considerar el coste de regeneración del adsorbente. Los filtros de polvo en ocasiones son necesarios ya que la presencia de partículas sólidas en la corriente de emisiones a tratar puede causar obstrucciones, lo que puede incrementar el coste. Si se utiliza la adsorción para tratar emisiones con elevadas concentraciones

de compuestos orgánicos, la saturación ocurrirá con rapidez y los costes pueden dispararse.



Figura 17. Diferentes presentaciones de filtros de carbón activado.

Fuente: <http://www.acopa.com.gt/filtros-de-carbon-activado/>

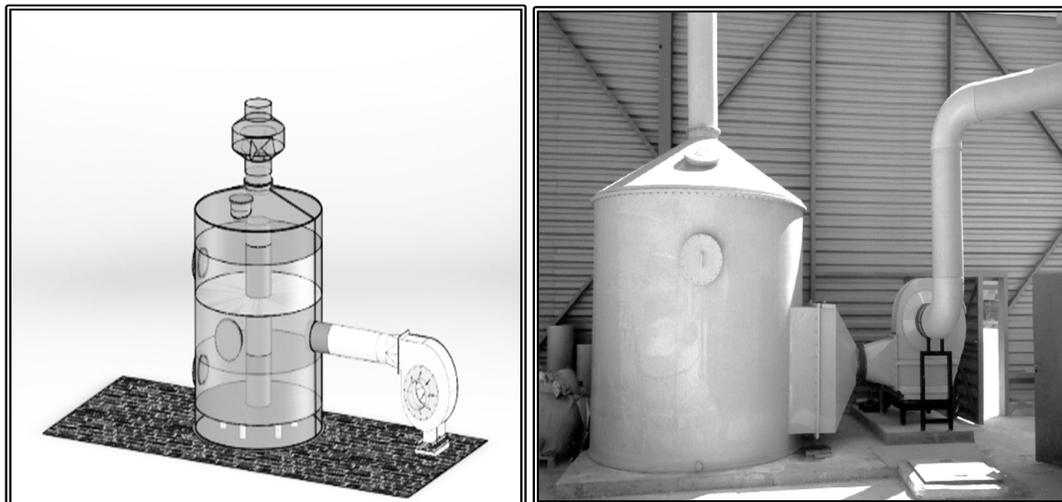


Figura 18. Tanque de purificador de gases con lechos fijos o fluidizados de carbón activado.

Fuente: <http://www.venturaorts.com/filtro-carbon-activo/>
<https://www.plastoquimica.com/productos/>

El rendimiento del carbón activado puede mejorarse impregnándose con productos químicos o modificando el tamaño de los poros, lo que puede encarecer el sistema. El proceso requiere un bajo mantenimiento, pero la regeneración añade cierta dificultad y coste.

El consumo energético es bajo, pero depende de la presión que deba ejercerse. El uso de materias primas es bajo si se regenera el adsorbente. La regeneración genera gases que deben ser tratados adecuadamente. Asimismo, se pueden producir residuos procedentes del material adsorbente que por cualquier razón ya no pueda regenerarse.

Existen distintos sistemas de adsorción, llamados Lechos de adsorción, existen principalmente tres tipos de lechos de adsorción: en lecho fijo, en lecho fluidizado y en lecho móvil.

En el sistema sobre lecho fijo, el gas contaminado se hace pasar a través de un lecho estacionario de adsorbente en vibración. Es un sistema simple y económico. Tiene la ventaja de no tener que manipular frecuentemente los sólidos. Sin embargo, cuando la concentración a adsorber es alta, una gran parte del lecho adsorbente se satura y queda inactivo. Cuando esto ocurre se necesitan lechos con grandes superficies.

Respecto a los sistemas multi - fase y en continuo, el adsorbente en lecho fluidizado está en suspensión y el gas contaminado pasa a través suyo. En el sistema de lecho móvil, el adsorbente se deja caer por gravedad sobre una corriente de aire contaminado.

La principal ventaja de estos dos sistemas es que, al tener varias fases, la eficiencia es mayor que en el de lecho fijo. No obstante, estos sistemas se desgastan con mayor frecuencia y el continuo manejo y transporte de los sólidos es complejo y caro. Este problema se puede minimizar con equipos mecánicos que gestionen los sólidos. Además, el sistema de adsorción debe ser lo suficientemente grande para que salga rentable.

2.4.1.4 Cámara de oxidación:

Este es un sistema de adsorción que consiste en una cámara de oxidación seguida de una fase de purificación. La cámara de oxidación contiene un soporte impregnado con un material oxidante (ClCO_2 , KMnO_4). El olor se hace pasar a través

de esta cámara donde primero se adsorbe y posteriormente se oxida dando lugar a productos inodoros. La fase de purificación consiste en eliminar los compuestos olorosos que no pueden ser oxidados mediante carbón activado. Este último sistema se aplica para pequeñas corrientes de aire y alta concentración de olor. Su coste es relativamente bajo y tiene la ventaja de que ambas unidades se pueden adquirir por separado y requieren de poco mantenimiento. Sin embargo, pueden emitir los gases oxidados, requiere de un segundo lavado de los productos oxidantes, los oxidantes tienen una vida corta, se requiere de personal experto y puede producir un olor secundario.

2.4.1.5 Absorción o lavado de gases (medio líquido):

La absorción ocurre cuando existe transferencia de masa entre un gas soluble y un líquido en disolución en un dispositivo llamado “scrubber” que permite el contacto entre ambos. La fase líquida generalmente se recircula de manera que se purga la misma cantidad de reactivo que se añade. El primer paso consiste en hacer que el aire contaminado entre en contacto con el líquido, así los componentes olorosos se transfieren a la fase líquida donde una reacción química tiene lugar.

Para aumentar la eficiencia en el tratamiento de emisiones odoríferas específicas, se añaden reactivos. Normalmente los gases Alkalinos o Ácidos son absorbidos bajo condiciones controladas de PH, mientras que otros olores se absorben con reactivos químicos específicos en función de su composición. Los agentes oxidantes se utilizan frecuentemente para el control de Aldehídos y Cetonas.

Los reactivos más usados pertenecen a dos grandes grupos, los compuestos neutralizantes y los agentes oxidantes. Los primeros incluyen H_2O , H_2SO_4 y otros Ácidos, así como $NaOH$ y otras bases. Las reacciones que tienen lugar en presencia de estos compuestos son reversibles bajo disolución o neutralización de manera que los olores pueden ser desorbidos del líquido efluente, por eso estos reactivos se utilizan normalmente en combinación de agentes oxidantes. Los agentes oxidantes incluyen ($KMnO_4$, $NaClO_4$, ClO_2 , O_3 , H_2O_2 y $Na_2S_2O_5$). Algunos de los productos de estas reacciones pueden precipitar y/o generar una fuente de olor secundaria.

Su campo de aplicación abarca (COVs), olores y gases Ácidos. Es el mejor sistema para tratar grandes caudales de gas 2 a 3 m³/seg con una concentración entre baja y media de compuestos olorosos. La técnica también es apropiada para el lavado de gases después de la incineración si no se han producido gases ácidos.

Generalmente se utiliza agua como líquido de absorción y la eficiencia suele alcanzar en la mayoría de los casos el 90%, en función del número de fases.

El coste es de medio a alto, en función del número de fases que incluya la tecnología. Requiere de un elevado mantenimiento pues algunos productos resultantes son corrosivos y forman sales en forma de gel que pueden llegar a causar problemas de obstrucción. El consumo energético es medio, pues se utiliza para crear la corriente de gas y recircular el líquido reactivo. Si el reactivo es agua, el consumo de agua puede llegar a ser alto.

Además, es necesario un buen control del sistema ya que el consumo de reactivos es alto, también se pueden producir fangos y restos de reactivos difíciles de tratar. Se generan grandes cantidades de vertido cuando la humedad es muy alta. El postratamiento de los residuos generados puede producir una fuente de olor secundaria.

2.4.1.5.1 Torre de atomización:

El líquido entra atomizado por encima de la torre en forma de aerosol mientras que la corriente de gas odorífera entra por la parte inferior. El sistema puede diseñarse bien a contracorriente (el gas fluye en dirección opuesta al aerosol), en corriente (el gas fluye en la misma dirección que el aerosol) o bien a corriente cruzada (el gas fluye en dirección perpendicular al aerosol). Las pequeñas gotas del líquido en forma de aerosol caen por encima de cantidades crecientes de gas oloroso. El contacto gas - líquido en la superficie de las gotitas permite la transferencia de masa.

Esta tecnología se ha aplicado con éxito en varios sectores de la industria química para absorber gases Ácidos y olores para la hidrólisis del NH₄ y la eliminación de partículas.

Una consideración a tener en cuenta es que a medida que aumenta la cantidad de partículas, la boquilla a través de la cual se produce el aerosol puede obstruirse y puede ser necesario incorporar un filtro.

El filtro puede cambiar la distribución del líquido en la torre y disminuir la eficiencia. Además, la eficiencia de la eliminación de los olores también disminuye cuando el tiempo de contacto entre la corriente de gas odorífera y el líquido es demasiado pequeño pues existe menos superficie disponible para que se produzca la transferencia.

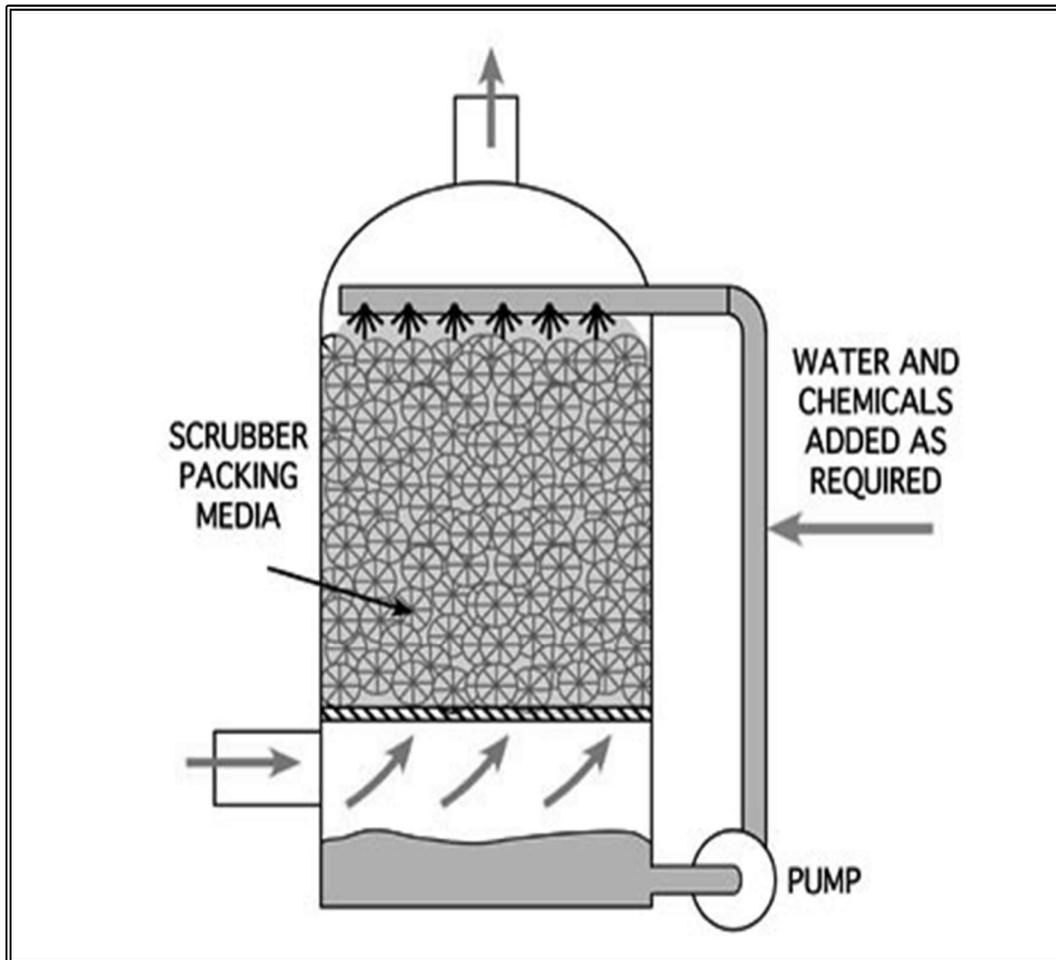


Figura 19. Esquema de un lavador de gases tipo Scrubber.

Fuente: Using empty-bed contact time (EBCT) to design biological odor control technologies, by James Joyce.

2.4.1.5.2 Sistema de absorción de platos:

El sistema absorbente de platos consiste en numerosas bandejas perforadas (tamices) dispuestos de forma horizontal en el interior de una torre vertical de absorción.

El líquido entra por encima de la torre y fluye de arriba hacia abajo a través de los tamices. La corriente de gas odorífera se introduce por debajo de la torre recorriéndola de abajo hacia arriba.

Esta tecnología se utiliza para la eliminación de partículas sólidas. Ha sido empleada con éxito en la industria química y en las plantas de calefacción industrial para la absorción de Ácidos (disueltos en agua), SO_2 (con Na_2SO_4) y olores. También ha funcionado para eliminar los olores de la industria de alimentación animal.

Los flujos de gas uniformes pueden producir costras en los tamices causados por la cal. Tampoco son apropiados para usarlos con líquidos espumosos.

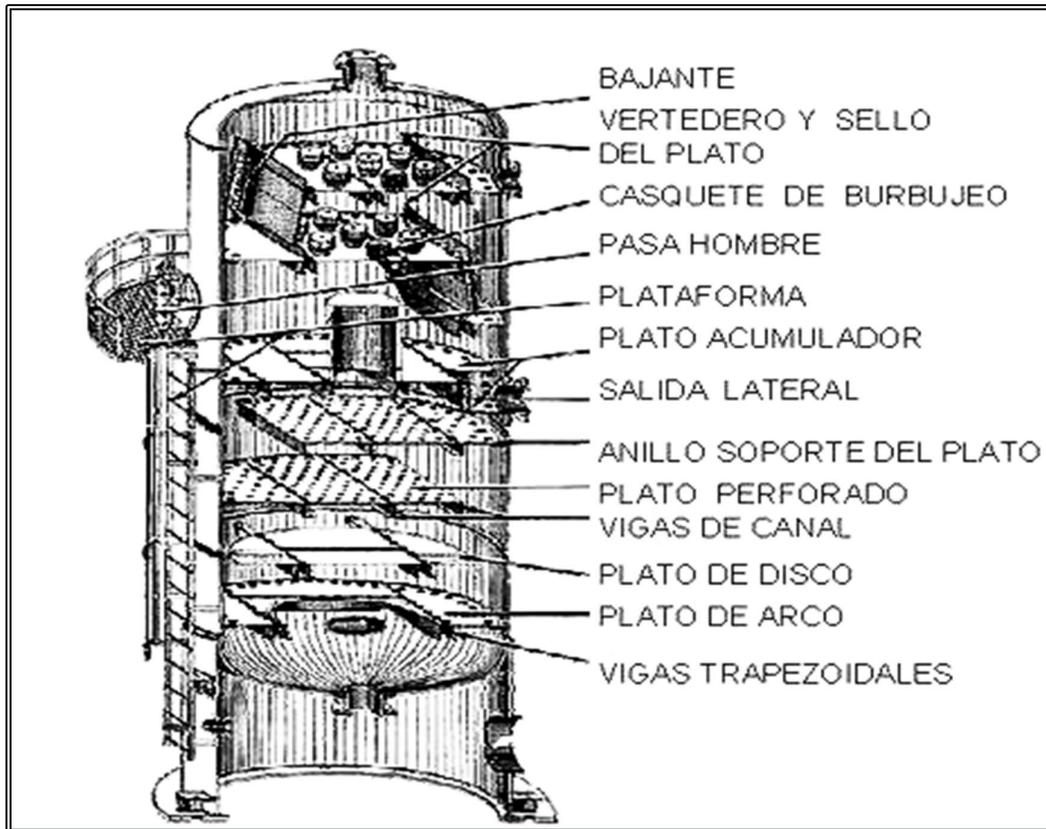


Figura 20. Esquema de sistema de absorción de platos.

Fuente: <https://steemit.com/spanish/@frankjavier/torres-de-absorcion-de-gases-una-de-las-maneras-de-separar-las-mezclas-químicas>

2.4.1.5.3 Sistema absorbente en lecho compacto:

Es el tipo de sistema de absorción más utilizado en el tratamiento de olores. Contiene unas rejillas donde se coloca el material de relleno, un distribuidor de líquido, unos tubos de entrada y salida de gases y líquidos y un eliminador de vapor.

El líquido se distribuye de manera continua sobre el lecho compacto formándose una película que proporciona una amplia superficie para su contacto con el gas. El gas contaminado fluye a través del lecho compacto en la misma dirección, de manera transversal o a contracorriente del flujo del líquido. Este tipo de torres suelen ser relativamente altas, generalmente con un diámetro de 1,5 mts y una altura de 7 mts para una corriente de 1 m³/seg.

Este sistema, con el reactivo apropiado, se usa para la absorción de gases ácidos y olores procedentes de calderas o de procesos químicos, alimentarios, metalúrgicos o petrolíferos.

El sistema de absorbentes compactos suele tener un coste que duplica el de la torre de atomización. No es apropiado para tratar gases que contengan alta concentraciones de partículas ya que pueden obstruir el lecho. Por ello, en algunos casos se requiere la instalación de un dispositivo que elimine a priori estas partículas.

En función del líquido empleado, pueden aparecer residuos y precipitaciones en la torre siendo su eliminación algo complicada.

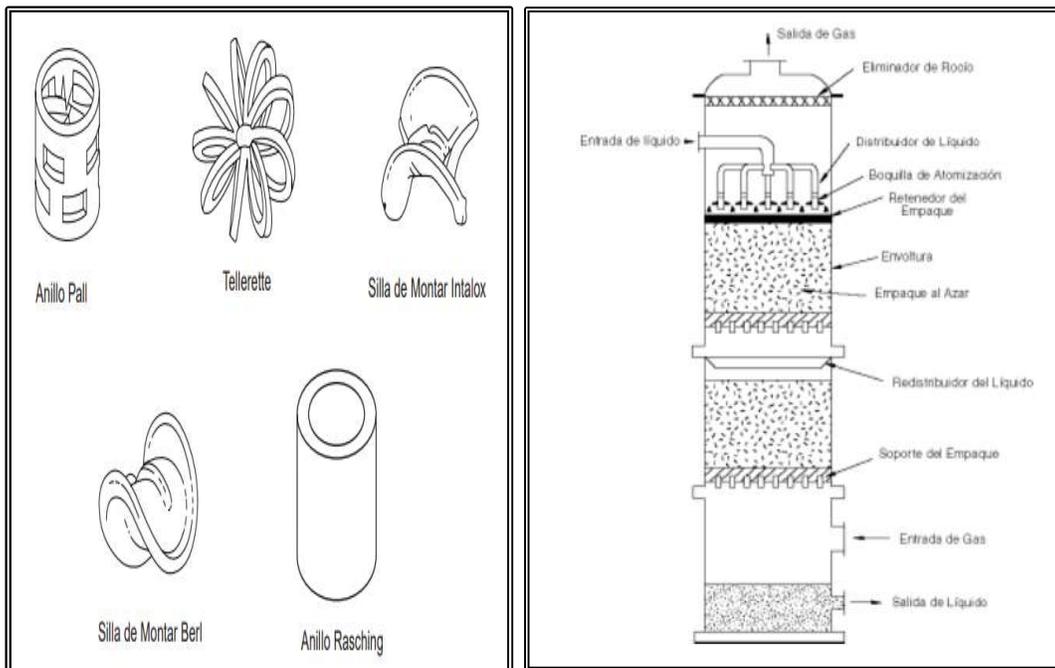


Figura 21. Torres de limpieza Húmeda para gases y diferentes tipos de diseños de rellenos de lechos.

Fuente: EPA/452/B-02-001, Wiley Barbour Roy, Oommen Gunseli, Sagun Shareef, Radian Corporación Research Triangle Park, NC 27709, Año 2015; William M. Vatavuk - Grupo de Estrategias Innovadoras y Economía, OAQPS U.S. Agencia para la Protección Ambiental de los EE.UU. Research Triangle Park, NC 27711, Año 2015.

2.4.1.5.4 Absorbente en lecho móvil:

Este sistema consiste en zonas móviles de relleno (generalmente medios con plástico o vidrio) donde el gas y el líquido pueden mezclarse. Contiene unas rejillas donde se coloca el material de relleno, unos tubos de entrada y salida de gases y líquidos y un eliminador de vapor. El movimiento de los lechos absorbentes proporciona una amplia superficie de contacto.

Este sistema se ha utilizado con éxito para la eliminación de gases con trazas de SO_2 , HF y olores, así como para la separación de partículas en la industria metalúrgica, química, alimentaria, de generación de energía y de tratamiento de residuos.

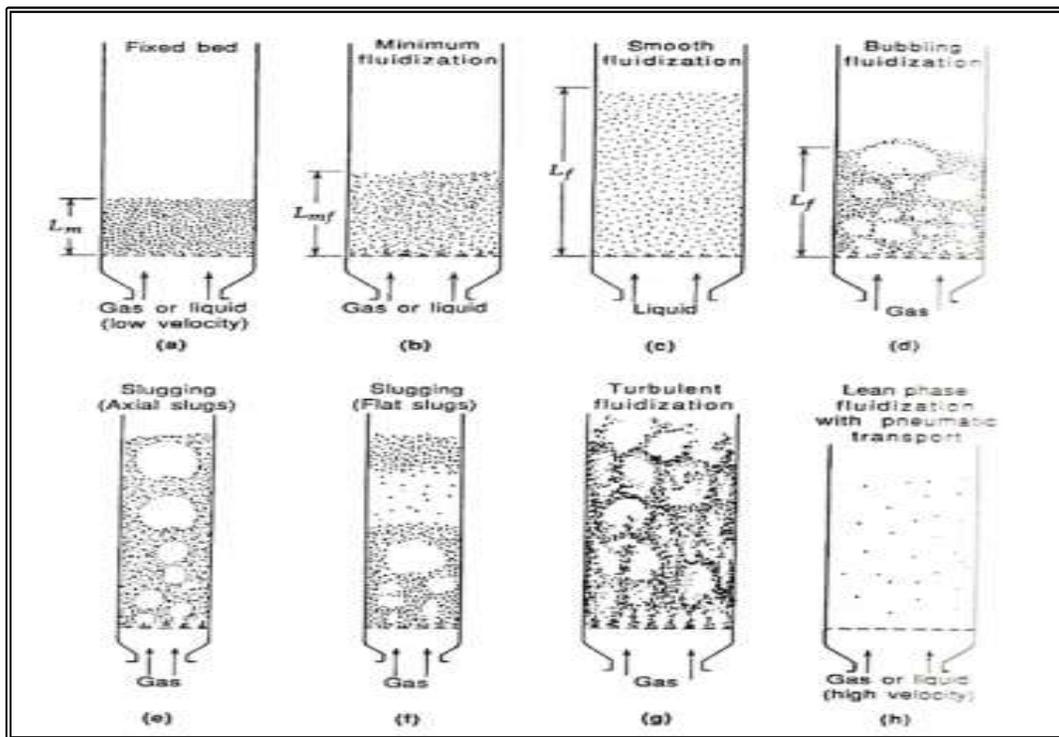


Figura 22. Diferentes tipos de lecho fluidizado.

Fuente: <http://www.criba.edu.ar/cinetica/solidos/Capitulo5.pdf>

2.4.1.5.5 Sistema de absorción en matriz fibrosa:

Es un subtipo de absorción en lecho compacto. La diferencia es que el lecho es un material fibroso. Dependiendo de la aplicación, el material fibroso es rociado continuo o intermitentemente con el líquido. El sistema se diseña para que el gas fluya horizontal o verticalmente. El relleno puede ser vidrio, plástico o acero. Es un sistema relativamente barato, se requieren bajas presiones y son capaces de tratar hasta el 50% más de gas que la torre compacta convencional.

La industria química, metalúrgica y electrónica utiliza este sistema de absorción para eliminar componentes ácidos, compuestos orgánicos y/o inorgánicos de corrientes de aire contaminado.

Sin embargo, este sistema tiende a bloquearse a causa de las partículas o por el crecimiento de biomasa en la matriz fibrosa.

2.4.1.5.6 Absorción catalítica:

Se usa cuando en la corriente de aire contaminado existen compuestos odoríferos que requieren de diferentes reactivos de absorción y por tanto varias fases de absorción. El sistema está diseñado para que, en una misma unidad, se combinen diversos procesos de absorción.

En la mayoría de los casos el proceso funciona correctamente con varias fases de absorción, pero el consumo de reactivos puede ser considerable. Su eficiencia puede variar pudiéndose alcanzar hasta el 95% en la eliminación de los (COVs).

No obstante, este sistema no es apropiado para eliminar los olores de los compuestos orgánicos insolubles y a altas concentración de olor. Los absorbentes ácidos pueden resultar caros.

2.4.2 Tratamientos Químicos

2.4.2.1 Plasma frío:

En la última década se ha empezado a estudiar la aplicación del plasma frío en la destrucción de diferentes compuestos (Orgánicos y/o Inorgánicos) que contribuyen a la contaminación atmosférica.

El plasma es un estado de la materia que consiste en una mezcla de iones, electrones y radicales libres. El plasma se genera en el medio cuando una corriente de alto voltaje es producida entre dos electrodos (a través de un haz de electrones o de una descarga de corona). Es entonces cuando se generan partículas con una alta energía que, mediante colisiones con la materia, generan una multitud de moléculas excitadas /radicales que pueden reaccionar con las moléculas a tratar para así oxidarlas. En función de la cantidad de energía aplicada, el sistema se denomina plasma térmico o no térmico (plasma frío).

Se ha demostrado que el plasma frío puede reducir las emisiones odoríferas entre un 75% y un 96% dependiendo del diseño, las condiciones del proceso y las características del olor, ningún aditivo ni consumible es necesario para poner en marcha el sistema excepto por la energía.

El proceso de plasma frío da lugar a ozono y aguas contaminadas (IPPC, 2006b). Existe cierta preocupación respecto a si el tratamiento de corrientes de aire mediante esta técnica puede producir explosiones. Por ello, el uso del plasma frío para el tratamiento de emisiones de contaminantes a la atmósfera es prometedor, pero todavía se encuentra en fase de estudio y desarrollo.

No obstante, este sistema de tratamiento de olores ya se ha aplicado en algunas industrias como fábricas de pescado o guisantes, de alimentación animal, de proteínas o de extracción de aceite.

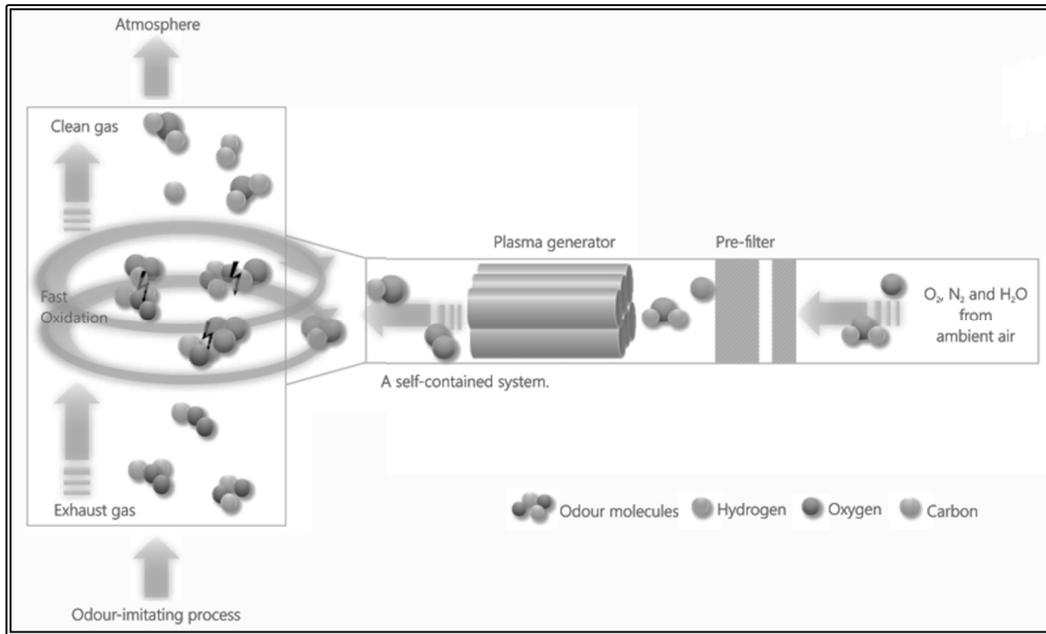


Figura 23. Esquema de proceso de tratamiento de olores con plasma frío.

Fuente: <http://www.riedel-filtertechnik.com/es/productos-y-soluciones/productos/cold-plasma-treatment-cpt/>

2.4.2.2 Oxidación térmica:

Los procesos de oxidación térmica para la eliminación de (COVs) consisten en hacer pasar la corriente de gases emitidos, por un sistema que se encuentra a una temperatura capaz de oxidar este tipo de compuestos a CO₂ y H₂O (como norma general). Existen varios tipos de procesos de oxidación térmica.

2.4.2.2.1 Oxidación térmica regenerativa:

Los (COVs) se oxidan en una cámara de combustión con quemador y se transforman en CO₂ y H₂O. La oxidación térmica regenerativa se caracteriza por la presencia de unas torres (normalmente 2 o 3) rellenas de un material cerámico que retiene y cede el calor de combustión al aire tratado durante los sucesivos ciclos del proceso. Con estas torres se consigue una eficacia de recuperación térmica superior al 95%. Es, por tanto, una tecnología con un reducido consumo de combustible. La temperatura de trabajo se sitúa entre los (750 ° C a 1250 ° C).

Esta se emplea cuando los caudales de gases a tratar son superiores a 30.000 Nm³/h y la concentración de los (COVs) es como máximo del 25% del límite inferior de explosión.

Además, es interesante esta técnica cuando no existe un proceso en el que aplicar la energía térmica que se pueda recuperar. Son instalaciones previstas para trabajar en continuo, aunque pueden adaptarse para trabajo de hasta 16 (Hs/Día). Para turnos de trabajo de menor duración, esta técnica no resulta rentable.

Ventajas:

- De las técnicas de oxidación térmica es la más eficiente energéticamente, porque aprovechan toda la energía liberada en la consumición.
- Recuperan hasta un 95% del calor de los gases que abandonan la cámara de oxidación.
- Ahorro de combustible (a mayor cantidad de COVs, menor consumo de combustible) respecto a otras técnicas de oxidación. Posibilidad de que el consumo de combustible sea cero para valores de concentración a partir de 1,6 g/Nm³ de una sustancia como el estireno.
- Tiene como base el aprovechamiento energético de los (COVs).
- Los diseños habituales permiten depurar gases con una concentración de hasta el 25% del límite inferior de explosión.
- Fácil automatización del proceso.
- Válida para algunos compuestos clorados.
- El recuperador de calor producido Durante la oxidación esta incorporado en el equipo.
- Reducida formación de (NOx). Se debe a que esta técnica consume poco combustible, y además la temperatura de reacción es relativamente baja.

Inconvenientes:

- Para concentraciones bajas de (COVs) requiere aporte extra de combustible (coste energético elevado). Cuando la concentración de (COVs) es muy

reducida, es necesario pre-concentrar las emisiones para reducir el consumo de energía.

- Para turnos de trabajo de menos de 16 (Hs/día) no es adecuado.
- Temperatura de trabajo elevada.
- Alto coste inicial comparado con la oxidación térmica recuperativa.
- Ocupación de espacio.
- Selección precisa de los rellenos y sus soportes.
- Funciona mejor con caudales de gases y concentraciones de (COVs) constantes.
- Esta técnica es más apropiada para instalaciones con emisiones durante las 24 horas del día.
- Se requiere la unificación de los focos emisores de (COVs).

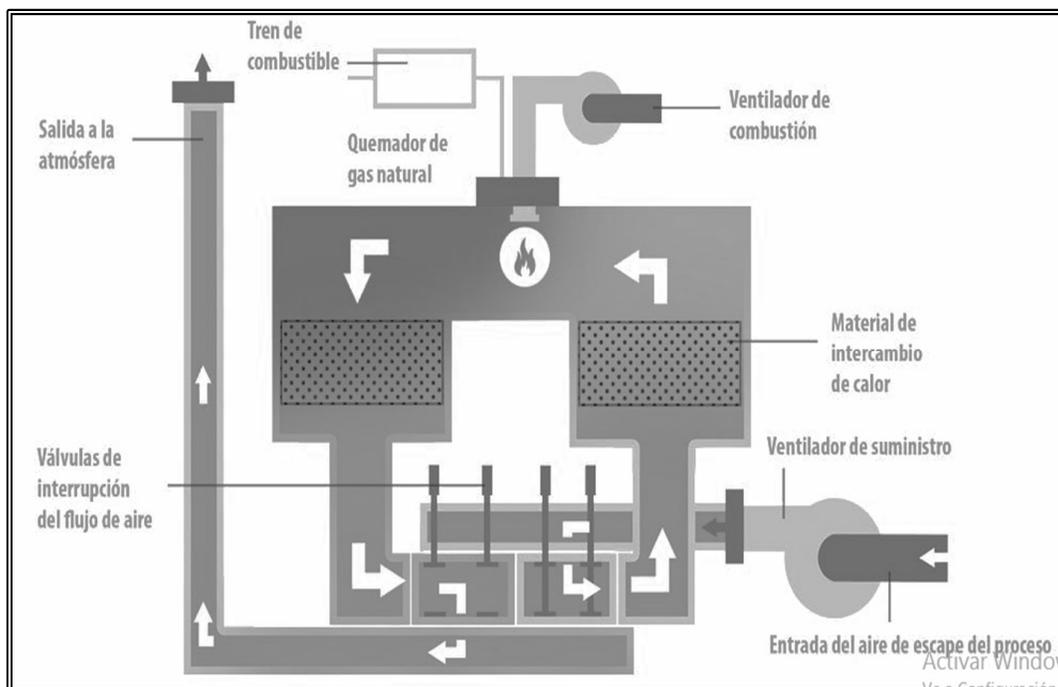


Figura 24. Esquema de un equipo de oxidación térmica regenerativa.

Fuente: <https://condorchem.com/es/oxidacion-termica-regenerativa/>

2.4.2.2 Oxidación Térmica Recuperativa:

Es una tecnología más simple, con un coste de inversión menor, pero mayores costes de operación. Consiste en una cámara de combustión con un quemador y con

un intercambiador de calor donde se calienta el aire de entrada y se enfría el aire depurado. Con esta técnica se puede conseguir una eficacia de recuperación térmica del orden de 65%.

Esta se emplea cuando los caudales de gases a tratar no son muy altos, habitualmente inferiores a 30.000 Nm³/h y la concentración de los (COVs) es elevada, pero inferior al 25 % del límite inferior de explosión.

Estos sistemas se llaman recuperativos porque es esencial recuperar el calor contenido en los gases depurados que salen de la cámara de oxidación. Estos recuperadores de calor pueden consistir en precalentadores de los gases a depurar, calderas de vapor, calderas de fluido térmico o una combinación de varios tipos de estos aparatos. De este modo, se reduce el consumo de energía necesaria para la depuración se aprovecha esta para dar servicio a la industria.

Son instalaciones muy versátiles, capaces de trabajar continuamente, o bien en turnos más reducidos de menos de 8 h/día.

Ventajas:

- Rendimiento de eliminación de (COVs) superiores al 99 %.
- Pueden tratar (COVs) halogenados, si bien puede ser necesario colocar un sistema de neutralización de emisiones acidas posterior.
- Tiene como base el aprovechamiento energético de los (COVs).
- Ahorro de consumo de combustible (a mayor cantidad de (COVs), menor consumo de combustible)
- Tolerante con partículas.
- Fácil automatización del proceso.
- Admite variaciones en caudales de gases y concentraciones de (COVs).
- Instalación de funcionamiento muy flexible. Se adapta a todos los tipos de turnos de trabajo, desde unas pocas horas al día hasta jornadas de 24 h/día, durante 365 días al año.

Inconvenientes:

- Temperatura de trabajo elevada.
- Puede generar (NOx), requiriéndose depuración adicional en algunos casos.
- Para concentraciones bajas de (COVs) se requiere aporte extra de combustible (coste energético elevado).
- Cuando la concentración de (COVs) es elevada, es necesario controlar el límite de explosividad.
- El coste de explotación puede ser elevado, por ello es importante disponer de sistemas de recuperación de calor eficaces para rentabilizar la energía térmica consumida.
- Ocupación de espacio.
- Para que se pueda aplicar esta técnica la concentración de (COVs) no superara los 40 g/m³, el caudal de gases será menor de 30.000 Nm³/H y la concentración de partículas sólidas será menor de 10 mg/m³.
- Requiere la unificación de los focos emisores de (COVs).

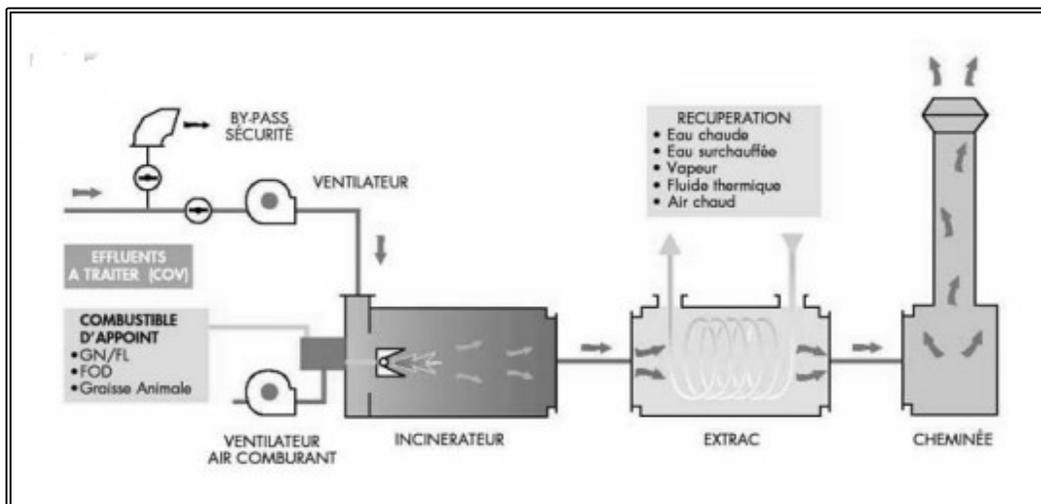


Figura 25. Esquema de una instalación de oxidación térmica recuperativa.

Fuente: Tecnologías de oxidación térmica para COVs y olores; Jesús Cadenas y colab; Año 2007.

2.4.2.2.3 Oxidación catalítica:

La principal diferencia es que se consigue la combustión a temperaturas más bajas (200 a 400 ° C) debido a la presencia de un catalizador en la cámara de combustión.

Los gases a depurar deben ser calentados hasta alcanzar la temperatura de funcionamiento del catalizador. Este calor necesario es suministrado por un quemador a gas o un calentador eléctrico. Para reducir el consumo energético, puede instalarse un precalentador que aproveche el calor de los gases ya depurados.

Estos equipos son compactos, ocupan menos espacio y, al trabajar a menor temperatura, consumen menos combustible que la Oxidación Térmica Recuperativa. Para aplicar esta tecnología hay que tener bien caracterizados todos los disolventes, pues puede haber algunos productos que envenenen el catalizador y obliguen a su sustitución.

Ventajas:

- Eliminar (COVs) cuando estos se encuentran en pequeña concentración.
- Tiene bajo consumo de energía.
- Pequeño tamaño en la unidad de depuración.
- Reduce drásticamente el consumo de combustible adicional y la formación de (NOx).
- Eficacia elevada.
- Relativa flexibilidad en cuanto a variaciones de caudal.

Inconvenientes:

- Mayores concentraciones ocasionan un aumento de la temperatura en el catalizador que puede dañarlo.
- Si, debido a las altas concentraciones de contaminantes, es preciso diluir la corriente de gas a depurar con aire ambiente, el tamaño y, como consecuencia, el precio de la instalación, aumentan.

- Inversión inicial algo más elevada.
- La vida útil del catalizador es limitada a un máximo de 30.000 horas.
- Existe la posibilidad de que el catalizador se envenene con determinadas sustancias.

Por tanto, estas instalaciones no son aconsejables cuando no se conoce exactamente la composición de los gases que se van a depurar.

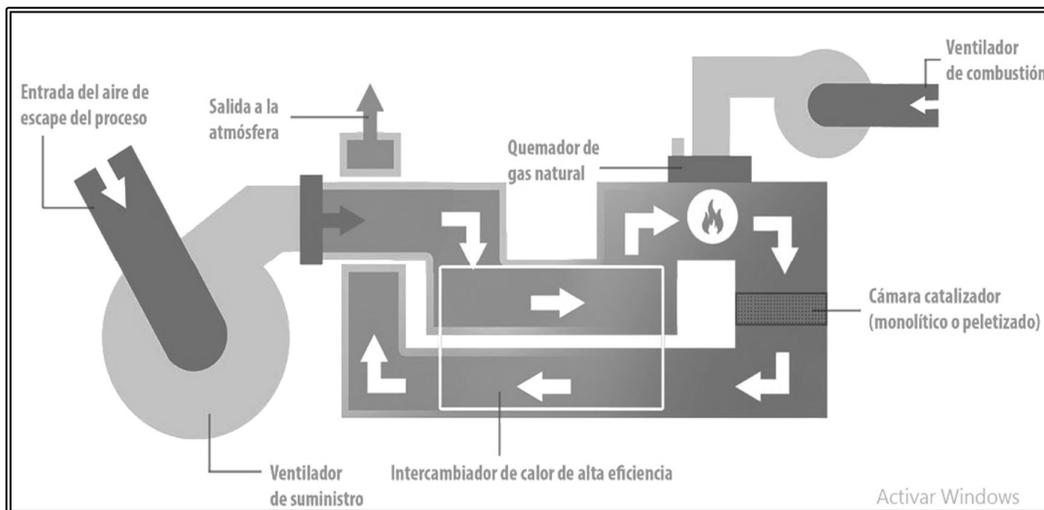


Figura 26. Esquema de una instalación de oxidación térmica catalítica.

Fuente: <https://condorchem.com/es/oxidacion-catalitica/>

2.4.3 Tratamientos Biológicos

La biotecnología trabaja basándose en el hecho de que microorganismos tales como bacterias y hongos tienen una capacidad natural para transformar determinados Compuestos Orgánicos en sustancias simples, inofensivas para el medio ambiente. Un ejemplo de estos compuestos lo constituyen los disolventes orgánicos que son convertidos en el Dióxido de Carbono y agua por determinados tipos de organismos.

Los tratamientos biológicos se basan en el principio de que los microorganismos, en contacto con los Compuestos Orgánicos, crecen alimentándose de estos, convirtiéndolos en Dióxido de Carbono y H₂O. Se han estudiado diferentes especies capaces de metabolizar los (COVs).

Para que la biotecnología trabaje lo más eficientemente posible, las siguientes condiciones son las óptimas para los microorganismos:

- Temperatura entre 15 y 30°C.
- El contenido del Oxígeno en el agua debe ser alto.
- Los alimentos (Nitrógeno, Hierro y Fosforo) deben ser añadidos con facilidad.
- Operación en un PH Neutro-Acido.
- No debe haber acumulación de sales.
- Ausencia de inhibidores tóxicos tales como gases Ácidos y ciertos metales pesados.

La capacidad para que los microorganismos eliminen (COVs) y olores es dependiente en la biodegradabilidad de los mismos, del diseño de la planta, de las capacidades de la biomasa.

Bajo condiciones apropiadas, los microorganismos pueden metabolizar una variedad amplia de compuestos. Los agentes contaminantes (COVs) se pueden analizar previamente en a su biodegradabilidad. En el caso de compuestos con cloro, pueden existir problemas para degradar el enlace Carbono-Cloro.

La biotecnología suele trabajar con sistemas de producción que generan emisiones de olores y (COVs) con un nivel de solubilidad media - baja en H₂O y para altos caudales cuando la concentración de olores y (COVs) es baja. La transferencia de los compuestos biodegradables del aire a la biomasa depende de su solubilidad en H₂O y otras características termodinámicas. Una vez se han transferido, los microorganismos puedan crecer rápidamente usando los compuestos disueltos (COV y olores) como alimento. Esta biotecnología permite que las empresas utilicen un sistema que pueda hacer frente fácilmente a los volúmenes grandes de emisiones de gas residual cargado con (COVs).

Una buena degradación de los (COVs) se consigue cuando:

- La concentración de COV y el caudal son relativamente constantes

(preferiblemente $< 3 \text{ g/m}^3$).

- Todo tipo de partículas de polvo deben ser eliminados previamente.
- Las condiciones de operación, en cuanto a temperatura se controlan dentro del rango de (15 a 30°C).
- No hay inhibidores microbianos presentes, como es el caso de metales pesados, etc.

La figura, presenta el tiempo de residencia que debe de tenerse en cuenta en el diseño de un filtro biológico para diferentes sustancias.

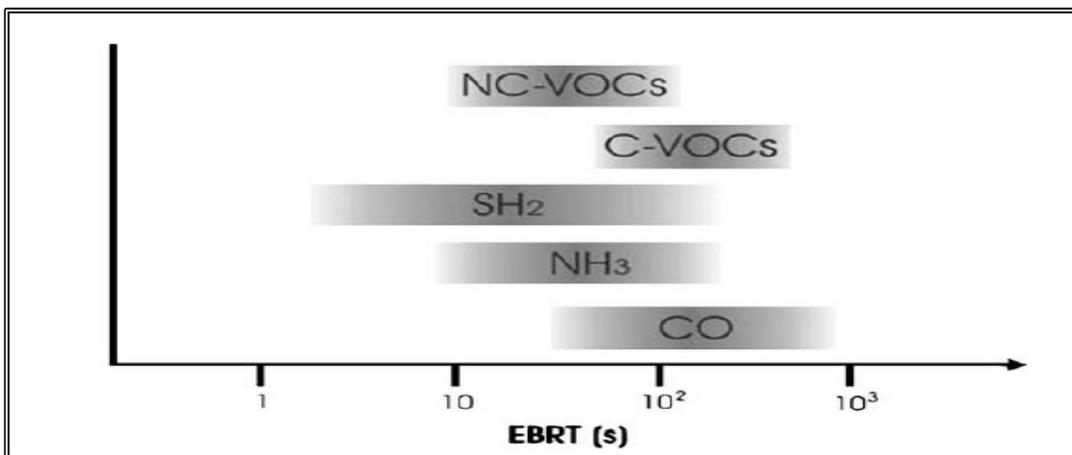


Figura 27. Tiempos de residencia comunes en el tratamiento de algunas de las más típicas moléculas degradadas en los filtros biológicos.

Fuente: Prado et al., año 2009.

2.4.3.1 Biofiltración avanzada:

En la biofiltración avanzada, el aire contaminado se humedece y pasa a través de un lecho empaquetado de un sólido que da soporte a la capa biológica activa de microorganismos.

Cuando los gases pasan a través del lecho biológico, las moléculas de contaminantes se transfieren desde la fase gas a las fases líquida y sólida, donde los microorganismos pueden biodegradar los contaminantes en productos inocuos, como Dióxido de Carbono, H_2O y masa celular.

El carbono se proporciona a los microorganismos a través de los disolventes orgánicos presentes en el aire que fluye al biofiltro (COVs a tratar). Además, se ha de aportar al sistema biológico otros nutrientes (necesarios para el crecimiento bacteriano y que no se encuentran en los gases a tratar) como el Fosforo o el Nitrógeno. Puesto que la densidad de los microorganismos es baja en este tipo de lecho, el funcionamiento en cuanto a capacidad de tratamiento del biofiltro es relativamente bajo.

Los biofiltros pueden ser una alternativa no tan cara a los tratamientos convencionales, como la Oxidación Térmica y la adsorción con Carbono Activado, además de tener un consumo energético bastante menor que la Oxidación Térmica, genera pocas emisiones de Dióxido de Carbono y pocos subproductos no deseados.

Muchos de los biofiltros se han utilizado para el control de olores, pero cada vez más, incrementan su aplicación en el tratamiento de emisiones industriales. El lecho se mantiene húmedo para la actividad microbiana.

Muchos biofiltros utilizados para el tratamiento de contaminantes gaseosos generalmente contienen una mezcla no definida de microorganismos. La utilización de hongos puede ofrecer ventajas en el funcionamiento del biofiltro ya que tienen bastante habilidad para tolerar condiciones de PH Ácidos y fluctuaciones en las condiciones de mezcla, que comúnmente ocurren en sistemas reales en empresas.

Además, se ha estudiado que hipotéticamente la micela aérea de los hongos, la cual se encuentra en contacto directo con la fase gas, podría capturar los compuestos hidrofóbicos más rápido que las películas superficiales de bacterias.

Varios investigadores han descrito tratamientos satisfactorios en un solo contaminante en la corriente de gas (biofiltros a escala de laboratorio) con hongos. Estos compuestos han sido el Tolueno, el Estireno, el Etanol y el α -Pireno.

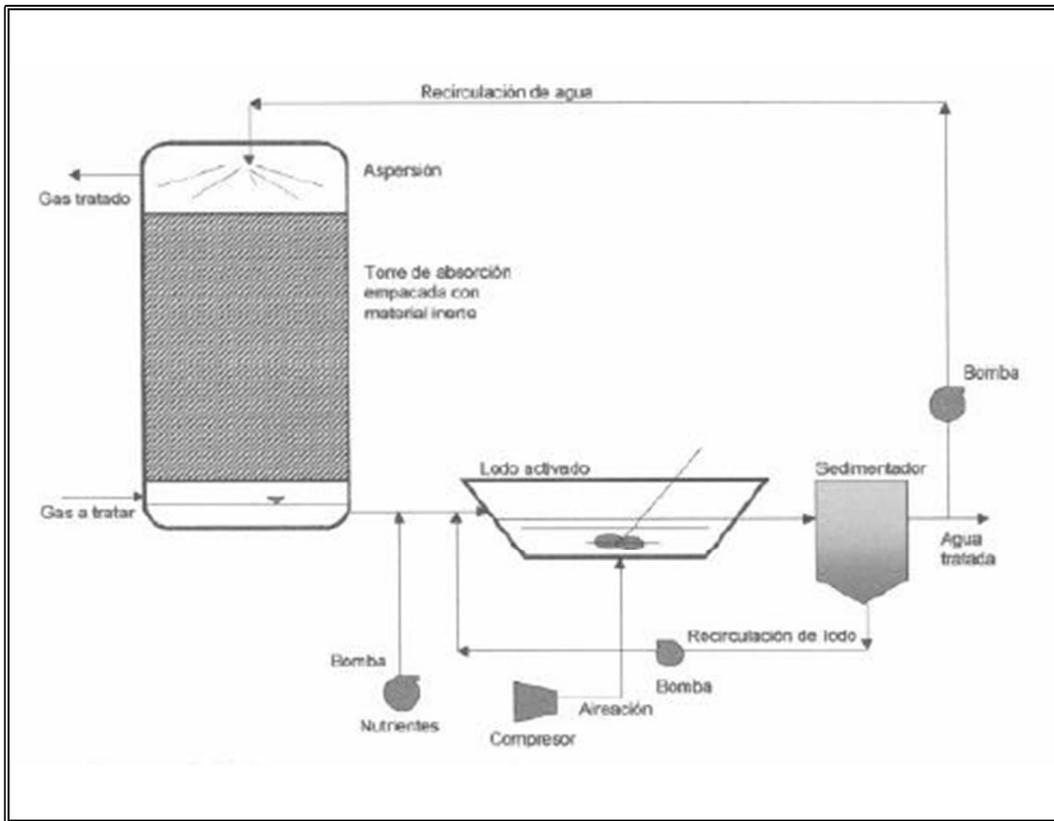


Figura 28. Esquema de instalación de biofiltración avanzada.

Fuente: Ing. Carl-Axel P. Soderberg, Control de olores en sistemas anaeróbicos (AIDIS/EPA).

2.4.3.2 Biotrickling:

Los biofiltros son los bio-reactores más ampliamente estudiados para el control de los (COVs) ya que se han podido aplicar a una gran variedad de contaminantes, incluyendo moléculas oxigenadas, aromáticas y halogenadas. Al mismo tiempo han sido utilizados para el tratamiento de olores industriales, los cuales comprenden Fenoles, Ácidos Grasos Volátiles, Amoniac, Ácido sulfhídrico y mercaptanos, muchos de ellos surgen de la descomposición anaeróbica de compuestos orgánicos como fábricas de abonos, vertederos y plantas de tratamiento de aguas residuales.

Existe un interés emergente en el estudio de diferentes configuraciones para llevar a cabo la biofiltración. Una de ellas es el filtro biotrickling. En la depuración a través de un sistema llamado biotrickling, el aire contaminado entra en el filtro por la parte superior, concurre con una corriente de agua (en constante recirculación) y ambas corrientes “trickle” (fluyen, resbalan) hacia abajo, atravesando el filtro, el cual este

rellenado de un soporte, cubierto de microorganismos. Por la parte baja del filtro sale la corriente de gas industrial depurado y la corriente de agua que vuelve a recircularse.

Los microorganismos se desarrollan en la superficie del material que sirve de soporte, y el líquido que se recircula, aporta nutrientes a los microorganismos y permite un control de las condiciones de PH, lo que deriva en un funcionamiento más estable en comparación con los biofiltros.

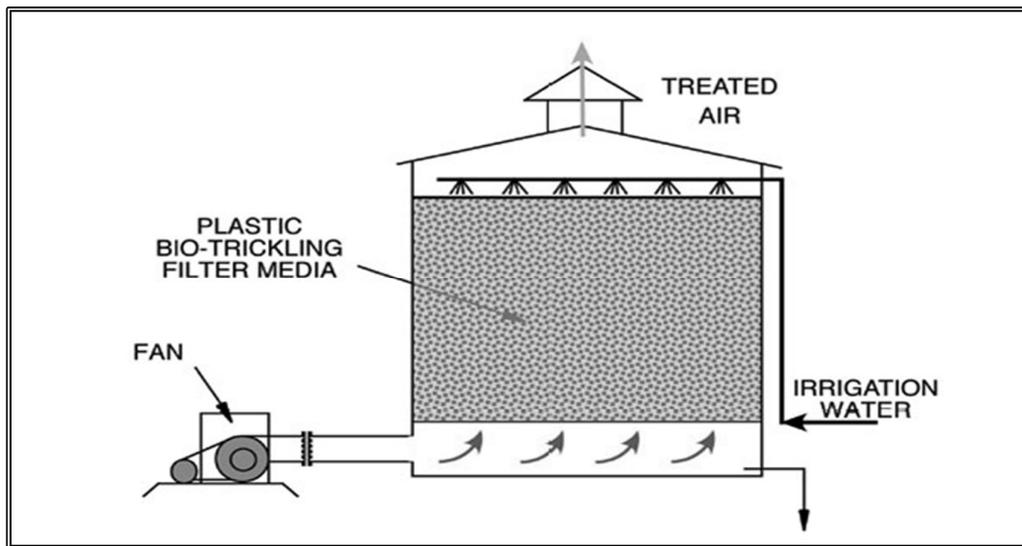


Figura 29. Esquema de filtración biotrickling.

Fuente: Using empty-bed contact time (EBCT) to design biological odor control technologies, by James Joyce.

2.4.3.3 Bioscrubbing:

La biofiltración o bioscrubbing es sin duda alguna la tecnología de tratamiento biológico de gas más utilizada. Esta es caracterizada por el uso de un soporte orgánico (aserrín, turba, compost, etc.) que provee los nutrientes necesarios para el crecimiento de los microorganismos, transformando el soporte orgánico en un filtro biológicamente activo. Al pasar el aire contaminado a través del lecho, los microorganismos presentes en la superficie del soporte degradan los contaminantes.

La biofiltración fue utilizada principalmente para la eliminación de los olores, y los primeros biofiltros aparecieron en las plantas de tratamiento de aguas residuales, en

mataderos, en reactores de compostaje y en la industria alimenticia. De manera progresiva, los biofiltros han sido utilizados para el tratamiento de una gama cada vez más amplia de contaminantes. Actualmente la lista de compuestos tratados con éxito por biofiltros incluye casi 200 compuestos diferentes, tanto minerales como orgánicos, alifáticos como aromáticos, halogenados o no.

El diseño de los biofiltros es muy variable: pueden ser sistemas cerrados o abiertos; de uno o múltiples lechos de soporte teniendo cada uno una altura de entre 0,5 mts y 1,5 mts. Los biofiltros permiten, por lo general, tratar flujos específicos de gas de 50 a 300 m³ por m³ de reactor por hora, con valores extremos de 12 m³ por m³ de reactor por hora para el tratamiento de compuestos Xenobióticos y de 600 m³ por m³ de reactor por hora para el tratamiento de contaminantes poco tóxicos.

La capacidad de concentración de los contaminantes tratados con éxito puede ser de algunos mgr por m³ hasta más de 5 g por cada m³, dependiendo del nivel de toxicidad del compuesto. Esos últimos valores significan una capacidad de degradación de 10 a 200 g de contaminante por m³ de reactor por hora.

Se considera que la biofiltración es una de las tecnologías más económicas, en especial para el tratamiento eficiente de grandes flujos de aire poco contaminados. El campo de aplicación de la biofiltración está principalmente enfocado a la eliminación de olores y al tratamiento de efluentes que contienen bajas concentraciones de (COVs). Un factor importante es que la biofiltración, que es un proceso de oxidación biológica, se aplica exclusivamente para la eliminación de contaminantes oxidables, compuestos orgánicos parcialmente oxidados o compuestos minerales reducidos. La biofiltración no representa por lo tanto una respuesta a las emisiones de Óxido de Azufre, de Nitrógeno o de Dióxido de Carbono.

Sin ninguna duda la aplicación de mayor importancia para la biofiltración es el tratamiento de olores provenientes de industrias alimenticias y similares. La siguiente aplicación en orden de importancia es en el tratamiento de aguas para evitar la emisión de contaminantes en los tanques de aireación y de malos olores en el tratamiento de lodos.

Si la bio-filtración está considerada por muchos como la solución a numerosos casos de emisión de contaminantes gaseosos, sus detractores critican el gran espacio necesario y el reemplazo regular del material de soporte.

No cabe duda que los biofiltros necesitan espacios relativamente grandes, de 3 a 20 m² por 1000 m³ de aire tratado por hora. No obstante, cabe destacar que la sencillez y el bajo peso de los biofiltros (de 200 a 500 kg por m² de superficie) permiten instalarlos con una relativa libertad (en techos, en zonas desaprovechadas o de difícil acceso).

También es cierto que el soporte utilizado en los biofiltros debe ser reemplazado. Por razones obvias, los soportes orgánicos sirven de fuente de nutrientes para los microorganismos y por lo tanto se degradan o se agotan las reservas de nutrientes disponibles. La frecuencia de reemplazo de los soportes es muy variable y depende del tipo de gas tratado. De manera general, se considera que los soportes tienen una esperanza de vida promedio del orden 3 a 5 años. En este aspecto es importante destacar que el costo del material de soporte no influye mucho sobre el costo total de tratamiento. Antes de ser reemplazado, cada m³ de soporte habrá tratado del orden de 1,5 y 8 millones de m³ de aire. Con un costo de soporte del orden de 100 euros por m³, la participación del soporte en el costo total de tratamiento representa de 1 a 7 céntimos de euro por cada 1000 m³ tratados. La disposición final del soporte usado puede representar un problema ambiental secundario. Afortunadamente, en la mayoría de los casos, cuando el biofiltro funciona bien, el soporte usado no contiene ningún compuesto tóxico y puede ser dispuesto como material biológico no peligroso y no tóxico.

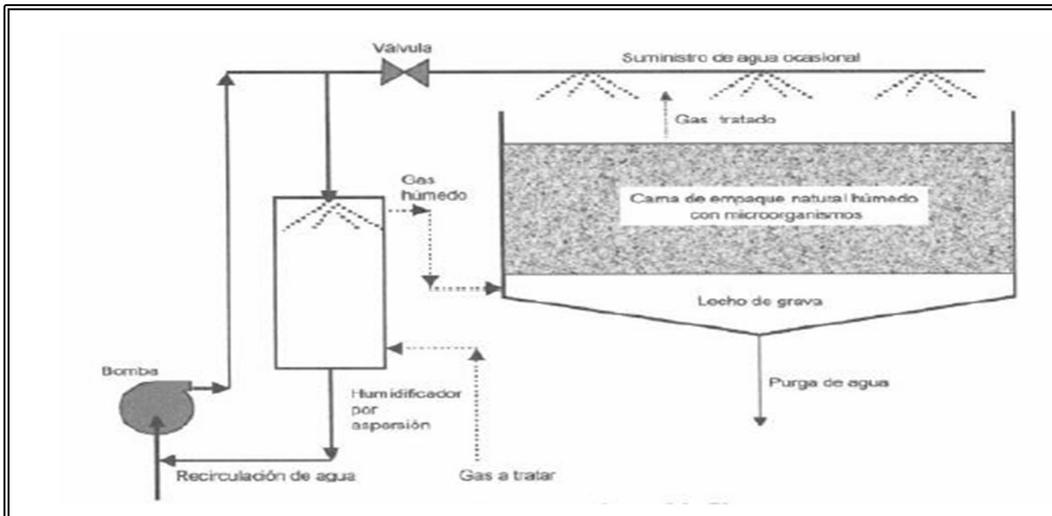


Figura 30. Esquema de biofiltración convencional.

Fuente: (Control de olores en sistemas anaeróbicos (AIDIS/EPA), Ing. Carl-Axel P. Soderberg.

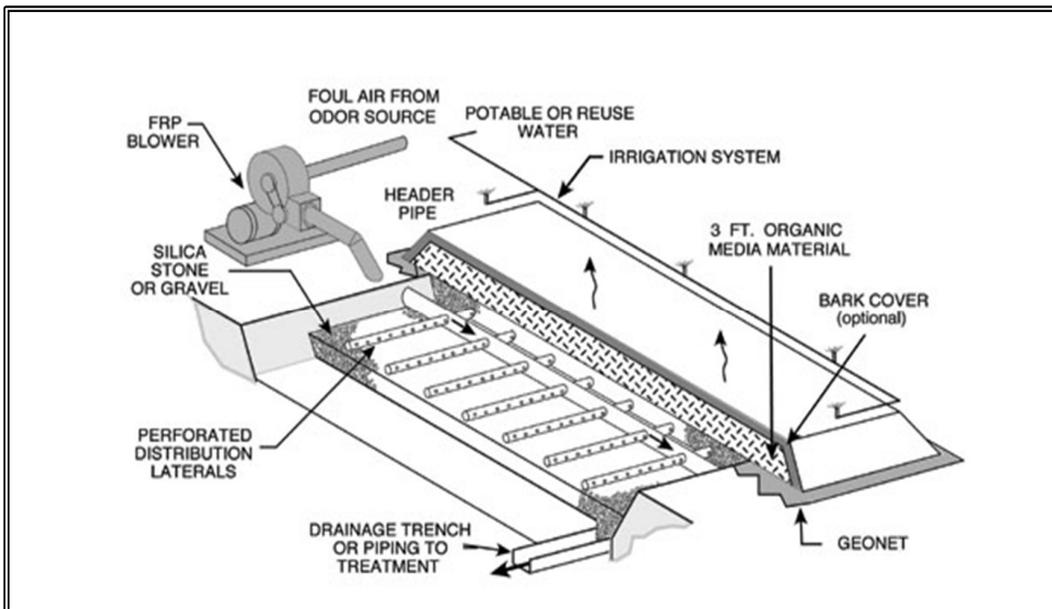


Figura 31. Esquema de biofiltración con inyección de gases a tratar/aire.

Fuente: Common In-Ground, Organic Media Biofilter, by James Joyce.

Capítulo 3

Conclusiones

Los marcados cambios de patrones de consumo de carne a nivel global, tanto en países con economía sólidas, las cuales se inclinan principalmente por cortes bovinos y porcinos, pescados y países emergentes cuyo incremento en el consumo de carne de porcinos y principalmente de aves, el cual tuvo un gran crecimiento en esta última década, hace que las plantas de Rendering se instalen en países con matrices económicas basadas en la exportación de granos y carnes, para procesar los desechos de la industrialización de la carne y de esta manera evitar la contaminación de cauces de ríos con efluentes líquidos provenientes de los mataderos- frigoríficos y la contaminación de las napas al enterrar los desechos sólidos.

De esta manera no solo se resuelve un grave problema Medio Ambiental, sino también se generan subproductos en las plantas de Renderizado, con alto valor agregado para consumo interno y exportación.

Por ello el objetivo de este trabajo es ofrecerles a los profesionales del diseño, operación y gerenciamiento de plantas de Rendering, un documento pragmático, que les permita tomar decisiones asertivas y de esta manera eliminar el *Estigma* que tiene esta Industria que sin lugar a dudas es la “Solución Sustentable” al destino final de los desechos de las plantas de faena.

Además, en este documento ofrece a estos profesionales:

- Breve resumen sobre la historia del Renderizado.
- Descripción de los diferentes procesos (continuo o por Batch) de esta industria.
- Caracterización y cuantificación de olores presentes en las emisiones gaseosas.
- Influencia de los factores climáticos en la dispersión de olores y una breve descripción sobre la modelación matemática y computacional de la dispersión de olores.

- Las nuevas tecnologías utilizadas para el tratamiento de contaminación odorífera.
- En los anexos se presentan casos reales de análisis cuantitativo con diferentes tecnologías aplicadas para el tratamiento de emisiones, con los resultados obtenidos en cada caso, tanto positivos en las que las instalaciones eran adecuadas para el tratamiento de olores, y casos con oportunidad de mejora tanto en la operación instalación existente y/o agregando tecnologías modernas, para suplantar o complementar el sistema de tratamiento de olores de una planta de Renderizado.

Sugerencias

Tanto para profesionales diseñadores, operadores y gerenciadore de plantas de Rendering, me permito hacerles sugerencias para hacer eficientes tanto en la etapa de diseño como de operación una planta de Renderizado:

- Aplicar BPM con las materias primas esto implica, que esta se mantenga en cámaras frigoríficas de conservación y el menor tiempo expuestas a temperatura ambiente.
- En la etapa de diseño trabajar fuertemente en los sistemas de captación de aire en las diferentes salas de procesos, de esta manera disminuir la probabilidad de una enfermedad profesional.
- En la etapa de diseño caracterizar las emisiones, si bien los compuestos con olor desagradable son aproximadamente 40 en una planta de Renderizado, es importante tener en cuenta la capacidad de producción Tn/día, las concentraciones probables de los compuestos olorosos mg/m³, caudal total de emisión gaseosas m³/h, lo que permitirá utilizar la tecnología adecuada o un conjunto de ellas. La eficacia o rendimiento del sistema de tratamiento se mide como proporción entre inicial y final del contenido de (COVs) o del olor. Esta eficacia depende de varias variables, como, por ejemplo, de la concentración de (COVs) que emite el proceso, el caudal de la chimenea, los tipos de (COVs) que se utilizan en el proceso, etc. Cada actividad industrial presentara una casuística concreta, a la cual se le ajustara mejor una tecnología determinada. Existe una correlación

entre condiciones de caudal de las emisiones gaseosas m^3/h y la concentración de (COVs) que producen los olores, que permite a grandes rasgos pre-determinar las posibles tecnologías a utilizar en cada tipo de industria, si la concentración de los olores o (COVs) es baja, se puede optar por tratamientos de adsorción, si la empresa utiliza caudales pequeños, o tratamientos biológicos, para caudales grandes. Sin embargo, cuando la actividad cuenta con grandes concentraciones de olores o (COVs) en sus emisiones, se puede optar por varios tratamientos, entre los más utilizados la crio-condensación, cuando se trabaja a caudales bajos, o los diferentes tratamientos de oxidación térmica, cuando se trabaja a caudales elevados.

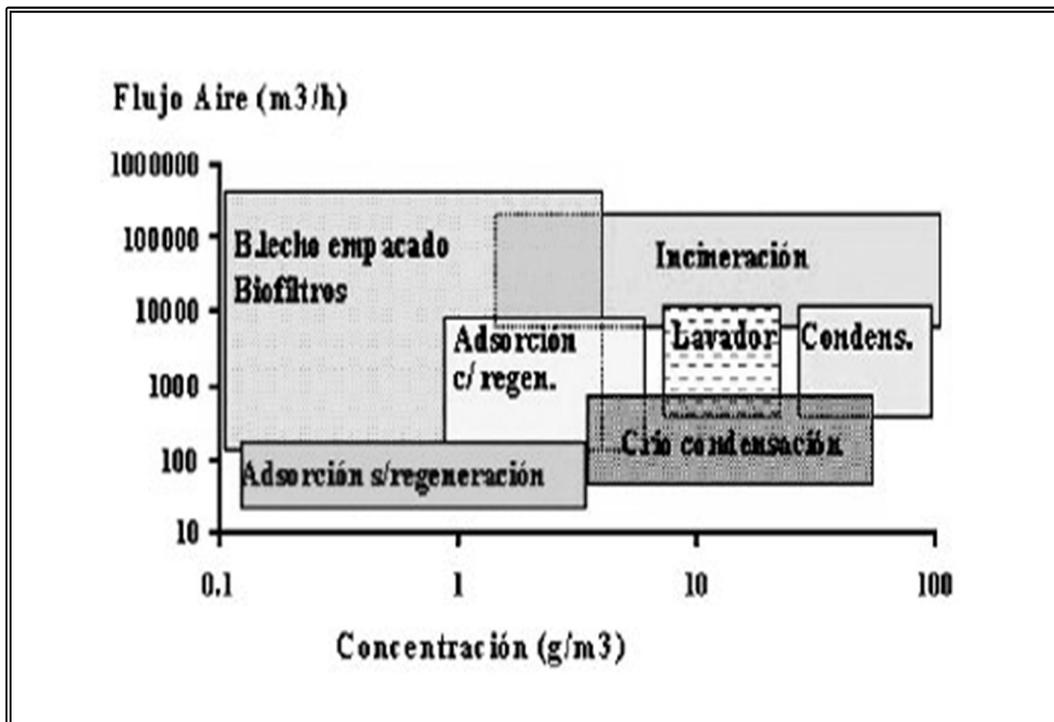


Figura 32. Rango de aplicación de tecnologías de tratamiento de olores.

Fuente: Guía de tecnologías limpias en el ámbito de los olores, (ITENE/AIDIMA), Red Institutos Tecnológicos Valenciana.

- Realizar previo al diseño de la planta, previsiones de crecimiento, para invertir una sola vez, en el Sistema de Tratamiento de Olores.

Referencia Bibliográfica

- Cambio de patrón de consumo de alimentos y bebida en Argentina 1996 – 2013.

(Mg. María Eliza Zapata, Bioq. Alicia Rovirosa, Dr. Esteban Carmuega; Artículo 743; Salud Colectiva; Universidad Nacional de Lanús; Año 2016).

- Rendering: La Solución Sostenible.

(NRA; Simposio Internacional del Rendering IPPE México; Año 2018).

- ¿Qué es el Rendering?

<http://www.nationalrenderers.org/about/faqs/#what-is-rendering>

- Historia del Rendering.

Grupo Mavitec; Galileistraat 20,1704 SE Heerhugowaard; Países Bajos;

<http://mavitecrendering.com/es/rendering-process/informacion-acerca-de-rendering/historia-del-rendering/>

- Procesos de elaboración de subproductos de origen animal.

Insuga Rendering Plant; Ruta 70 - Km 2; Recreo; Santa Fe; Argentina;
<http://www.insuga.com.ar/esp/procesoproductivo.php>

- Desarrollo de nuevos métodos en el control de olores.

(Annel K. Greene, PhD; Center Director Clemson University Animal Co-products Research and Education Center; 2012).

- **Compilation of odor and taste threshold value data.**

(Fazzalari F.A; ASTM Data Series DS 48A; Philadelphia: American Society for Testing and Materials, 1973).

- **Gas chromatography / mass spectrometry identification of organic volatiles contributing to rendering odors.**

(H.R Van Langenhove, F.A. Van Wassenhove, J.K. Coppin, M.R. Van Acker, and N.M. Schamp; Environmental Science and Technology 6 (12):883-886, 1982).

- **Xarxa ambiental - Guía de tecnologías limpias en el ámbito de los olores.**

(Red de institutos tecnológicos de la Comunidad Valenciana, Generalitat Valenciana, Centro de tecnologías limpias; Año 2009).

- **Necesidad de una ley específica para evitar la contaminación odorífera.**

(Colegio oficial de químicos de Madrid, Congreso Nacional de Medio Ambiente, COMANA, Año 2014).

- **Caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de Rendering por GC-MS y evaluar el desempeño de los refinadores existentes.**

(Ghasem Hesam, Sajjad Farhadi, Mohammad Hossein Ebrahimi, Mahdi Jalali, Zahra Moradpour; Dept. of occupational health engineering; University of Medical Sciences, Shahroud, Iran; Dept. of occupational health engineering, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran; Dept. of occupational health engineering, University of Medical Sciences, Birjand, Iran.)

- **Procesamiento de las emisiones con (COVs) en plantas durante la esterilización y procesos de cocción.**

(Z.A. Bhatti, F. Maqbool, H.V. Langenhove; Received 17 september 2013 - Accepted 14 November 2013; Department of environmental sciences, COMSATS Institute of information technology, Pakistan; Department of microbiology, Hazara University, Pakistan; Department of organic chemistry, Ghent University, Belgium.)

- **Análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.**

(James R. Kastner and K.C. Das; Department of biological and agricultural engineering, Driftmier Engineering Center, The University of Georgia, Athens, Georgia).

- **Caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de Rendering por (GC / MS) y tratamiento por Biofiltración.**

(Benoît Anet, Marguerite Lemasle, Catherine Couriol, Thomas Lendormi, Abdeltif Amrane, Pierre Le Cloirec, Gilles Cogny, Romain Fillieres; Journal of environmental management, Published by Elsevier Ltd., Año 2013).

Anexo I

Recopilación de información cuantitativa y cualitativa de investigaciones de campo, referentes a contaminación odorífera en plantas de Renderizado.

A) Caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de Rendering por GC-MS y evaluar el desempeño de los refinadores existentes.¹³

Los objetivos de este estudio fueron a la evaluación de contaminantes liberados a la atmosfera por dos plantas de procesamiento de aves de corral ubicadas en el norte y oeste Iran denominadas en este trabajo como planta A y planta B respectivamente; y además determinar el desempeño de los sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas existentes, las materias primas son este tipo de plantas de Rendering son desechos orgánicos de la faena de aves, que pueden consistir en:

- Desperdicios de la faena de aves no comercializables para consumo humano (cabezas, viseras, plumas, sangre, etc.).
- Aves muertas ahogadas.
- Aves con pequeñas con pesos entre (0,8 Kg a 1 Kg).
- Partes decomisadas por problemas de calidad (golpes y traumatismos).
- Huesos y grasas provenientes de los sectores de desposte.

En este tipo de plantas, las plumas se pueden hidrolizar, generalmente a una temperatura entre (140 °C a 150 °C) y a una presión de (276 a 345 KPa) por un lapso de 20 a 45 minutos, para descomponer la Creatinina, que luego se puede combinar con los desperdicios de la faena y vapor de agua a una temperatura entre (121 °C a 135 °C) bajo una presión de (172 a 517 KPa) dentro de un digestores o cookers. En ambos pasos, se producen (COVs), algunos de los cuales tienen un olor desagradable.

¹³ (Ghasem Hesam, Sajjad Farhadi, Mohammad Hossein Ebrahimi, Mahdi Jalali, Zahra Moradpour; Dept. of occupational health engineering; University of Medical Sciences, Shahroud, Iran; Dept. of occupational health engineering, University of Medical Sciences, Hamadan, Iran; Dept. of occupational health engineering, University of Medical Sciences, Birjand, Iran.)

Compuestos olorosos que han sido identificados en las emisiones gaseosas de este tipo de plantas de Rendering incluyen Sulfuro de Hidrógeno, Amoníaco, Sulfuros Orgánicos, Disulfuros, Mercaptanos, Aldehídos (especialmente Aldehídos (C-4-C-7), Aminas, Quinolina, Dimetilo Pirazina, otras Pirazinas, Indol, Escatol y Ácidos Orgánicos (C-3-C-6). Además, cantidades menores de Alcoholes (C-4-C-7), Cetonas, Hidrocarburos Alifáticos, y Compuestos Aromáticos son potencialmente emitido. Dincer et al. (2006): Reportaron los contaminantes difusos de plantas de reproducción animal en 49 (COVs), incluyendo Alcanos, Alquenos, Carbonilos, Árenos, Clorados y otros Compuestos Halogenados, Cloruros Orgánicos y Compuestos Volátiles, y Ácidos Grasos.

La capacidad de cada matadero es de 28.000 aves por día. Estos complejos integrados están formados por, matadero con de sala de faena, sala de envasado, cámaras de refrigeración, planta de tratamiento de aguas residuales, y planta de rendering con capacidad de 18 Tn por día.

El muestreo de la planta de renderización A se completó en junio de 2013. A una temperatura de 24 ° C y una humedad del 67%, en esta planta, las emisiones de contaminantes de la cocina ingresaron al ciclón para eliminar partículas de la corriente de aire proveniente de espacios generales, se pasan vapores del hidrolizador de plumas y digestores a través de condensadores para eliminar algunos (COVs). Los gases de salida de los Condensadores suelen pasar a través de unidades de Oxidación Térmica para eliminar la fracción de COV no eliminada en los condensadores.

- La entrada del Condensador fue de 4400 m³/Hs.
- Condensador de tamaño fue de 2,3 m³.
- Flujo de agua de entrada fue de 6 Lts/min con una temperatura de 35 °C. Las temperaturas del agua de salida alcanzaron los 75°C.
- EL volumen de la Cámara de Oxidación Térmica fue 1.5 m³.
- La temperatura de la Cámara era de 200 °C sin un catalizador.

Los puntos de muestreo fueron del Condensador (A1), después del Condensador y antes de la Oxidación Térmica (A2) y después la Oxidación Térmica (A3). Evaluación de exposición ambiental de las cercanías a la planta (A4), y también se realizó muestreo en las zonas de trabajo del personal (A5).

El muestreo de la planta B se realizó en julio 2013, la temperatura fue de 22 °C y la humedad fue de aproximadamente el 66%. En esta planta se recogen las emisiones contaminantes. La emisión de la cocina entra al sistema de tratamiento por un conducto, el sistema de tratamiento consiste en un tanque de agua al que ingresa al aire desde la parte inferior del mismo, donde algunos de los gases se disuelven en agua y el resto de los gases sale a la superficie del agua convirtiéndose en emisiones gaseosas a la atmosfera.

- El volumen de este tanque era de 3.5 m³ con un flujo de aire de 3.000 m³/h.
- El agua de este tanque fue cambiada todos los días y el agua inicial tiene una temperatura fue de alrededor de 15 °C.

Se muestreo antes del tanque de agua (B1) y después del tanque de agua (B2). Para evaluar la exposición ambiental y personal, muestreo ambiental (B3) y muestreo personal en la zona de trabajo (B4) fue también se realizado.

En este estudio, se recolectaron 66 muestras de aire, provenientes de las fuentes de contaminación, medio ambiente cercano a la industria y zona de respiración del trabajador utilizando como absorbente de carbón activado y gel de sílice en ambas plantas. Las muestras fueron analizadas por GC-MS, y luego evaluada la eficiencia de los tres sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas (Condensador, Oxidación Térmica y el tanque de Agua).

La investigación mostró que el procesamiento residuos orgánicos de mataderos avícolas no solo emite un olor desagradable, sino que también provoca la propagación de contaminantes que son muy peligrosos. A fin de que evite la dispersión de estos contaminantes en los alrededores y para hacer un ambiente de trabajo adecuado, se requiere evaluar la de tecnología aplicada en el sistema de tratamiento.

Los resultados de la detección cualitativa de contaminantes se muestran en las tablas 4 y 5.

Tabla 4

COVs identificados en la chimenea del digestor de planta de Rendering A.

Hydrocarbons	Alcohols	N-compounds
Benzene	Ethyl hexanol	Propyl amine
Toluene	3-methyl-3-pentanol	Benzyl amine
Ethyl benzene	1-tetradecanol	Pyridine
1-ethyl-2-methyl benzene	2-methyl-1-propanol	3-methyl pyridine
1,2,3-trimethyl benzene		Acetonitrile
2-butane	Halogenated compounds	Benzonitrile
Pentane	Trichloro ethylene	2-amino-1-methyl benzene
2-decane	Tetracholoro ethylene	2-chloro-2-nitro propane
Undecane	Hydrogen bromide	Isobutyl amine
Tridecane	P-chloro aniline	Amino anthrax Quinone
2-nonane	Isobutyl chloride	
Naphthalene	2-chloro phenol	Esters
		Methyl acetate
Aldehydes	S-compounds	Hydrocortisone acetate
Nonanal	Carbon disulfide	
Octanal	Dimethyl disulfide	Acids
2-methyl pentanal	Dimethyl tetrasulfide	Mercapto acetic acid
2-ethyl butanal	Methyl methane sulfonate	Carbamicacid
	Methyl sulfinylmethylthio methane	Ricinoleic acid
Ketones	Ethanethiol	
Acetone	Methanthiol	Hormones
2-decanone	Propanthiol	Cortisone
2-tridecanone		Aldosterone
2-dodecanone		Prednisone

Fuente: Ghasem Hesam, caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de rendering por (GC-MS) y evaluar el desempeño de los refinadores existentes, año 2013.

Tabla 5

COVs identificados en la chimenea del digester de planta de Rendering B.

Hydrocarbons	Ketones	S-compounds
Benzene	Acetone	Carbon disulfide
Toluene	2,4-dimethyl hexanone	Dimethyl disulfide
Ethyl benzene	2-decanone	Dimethyl tetrasulfide
1-bromo ethyl benzene	2-dodecanone	Ethanethiol
1-ethyl-2-methyl benzene		Methanthiol
1,2,3-trimethyl benzene	Alcohols	Propanthiol
1,2-dimethyl cyclohexane	Ethyl hexanol	
2,4-dimethyl hexane	3-methyl-3-pentanol	N-compounds
2-Decane	2-ethyl-1-hexanol	Propyl amine
Undecane		Benzyl amine
Tridecane	Halogenated compounds	Acetonitrile
2-nonane	Tetracholoro ethylene	2-chloro-2-nitro propane
	Methylene chloride	4-methyl-2-hexanamine
	Chloro benzene	
Aldehydes		Acids
2,3-dimethyl pentanal		Mercapto acetic acid
2- methyl pentanal	Esters	Carbamicacid
2-ethyl butanal	Methyl acetate	Isobutyricacide
	2-propenyl acetate	

Fuente: Ghasem Hesam, caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de rendering por (GC-MS) y evaluar el desempeño de los refinadores existentes, año 2013.

Cinco compuestos, Acetona, Benceno, Piridina, Tolueno y Disulfuro de Carbono fueron cuantificados por varias razones, tales como estudiar su carácter carcinogénico y tóxico, bajo umbral de olor, y olores desagradables. Benceno y Tolueno son hidrocarburos aromáticos que a menudo se producen simultáneamente en el lugar de trabajo o en el medio ambiente. El Benceno ha sido clasificado como contaminante carcinógeno del grupo 1 por la Internacional Agencia para la Investigación del Cáncer (IARC) porque puede causar Leucemia en humanos. El Tolueno es tóxico para el sistema nervioso central, pero no es cancerígeno.

Tabla 6

Concentración de los contaminantes en los puntos de muestreo de planta A (ppm).

Compound	Mean \pm SD				
	A1	A2	A3	A4	A5
Acetone	31.33 \pm 44.31	7.94 \pm 11.23	ND	0.58 \pm 0.82	0.43 \pm 0.86
Benzene	5.99 \pm 1.74	ND	ND	ND	ND
Toluene	128.03 \pm 134.37	79.38 \pm 89.17	27.69 \pm 25.02	15 \pm 15.1	8.8 \pm 11.92
Pyridine	8.9 \pm 12.58	2.92 \pm 4.13	2.47 \pm 3.5	2.49 \pm 1.21	2.38 \pm 1.69
Carbon disulfide	9.45	5.06	ND	3.72	4.02 \pm 0.56

Fuente: Ghasem Hesam, caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de rendering por (GC-MS) y evaluar el desempeño de los refinadores existentes, año 2013.

Tabla 7

Concentración de los contaminantes en los puntos de muestreo de planta B (ppm).

Compound	Mean \pm SD			
	B1	B2	B3	B4
Acetone	62.70 \pm 16.21	30.39 \pm 42.98	3.59 \pm 5.08	5.46 \pm 7.91
Benzene	6.54 \pm 2.5	ND	ND	ND
Toluene	14.22 \pm 24.63	12.95 \pm 22.43	1.47 \pm 2.55	0.46 \pm 1.09
Pyridine	ND	ND	ND	ND
Carbon disulfide	39.72	23.06	27.2	19.03 \pm 23.1

Fuente: Ghasem Hesam, caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de rendering por (GC-MS) y evaluar el desempeño de los refinadores existentes, año 2013.

El umbral de olor para el Benceno y el Tolueno, respectivamente, son 8.65 y 0.16 PPM y sus valores límite de umbral (TLV) son 0.5 y 20 PPM.

Disulfuro de Carbono y Acetona fueron reportados en anteriores estudios en el aire de una planta de Rendering. El Disulfuro de Carbono es un líquido volátil con un olor acre y se clasifica como un contaminante peligroso en las categorías III en los Estados Unidos enmienda a la Ley de Aire Limpio (CAAA). La Acetona también es un claro fluido con un olor nauseabundo en altas concentraciones que causa irritación en los ojos, nariz y garganta.

El Disulfuro de Carbono se produce naturalmente como resultado de la actividad microbiana en un ambiente de bajo oxígeno.

La Acetona puede ser producida por la descomposición de almidones y azúcares por bacterias. La correlación entre contaminantes y olor de la planta mostró que la Acetona, el Disulfuro de Carbono y los Aldehídos son responsable del olor. Los umbrales de olor en Disulfuro de Carbono y el Benceno fueron 0.096 PPM y 4.58 PPM, respectivamente, y (TLV) es de 500 y 1 PPM.

La Piridina es un líquido volátil con un umbral de olor de 0,17 PPM y (TLV) es 1 PPM, las operaciones en las que se usa Piridina han causado problemas de un olor intenso. La Piridina es un carcinógeno y mutágeno y es un contaminante peligroso clasificado por la USEPA. La Piridina se encuentra en ciertos medicamentos, vitaminas y saborizantes de alimentos y también se puede producir en reacciones con el grupo carbonilo de un Azúcar con el calor. En el estudio, la Piridina se detectó solo en la planta de A, que puede deberse a que el tiempo de retención es mucho mayor en la cocina, después de descargar de los Digestores, los productos provenientes de la cocina que aún están muy calientes y puede reaccionar con Aminas y Carbonilo para producir Piridina.

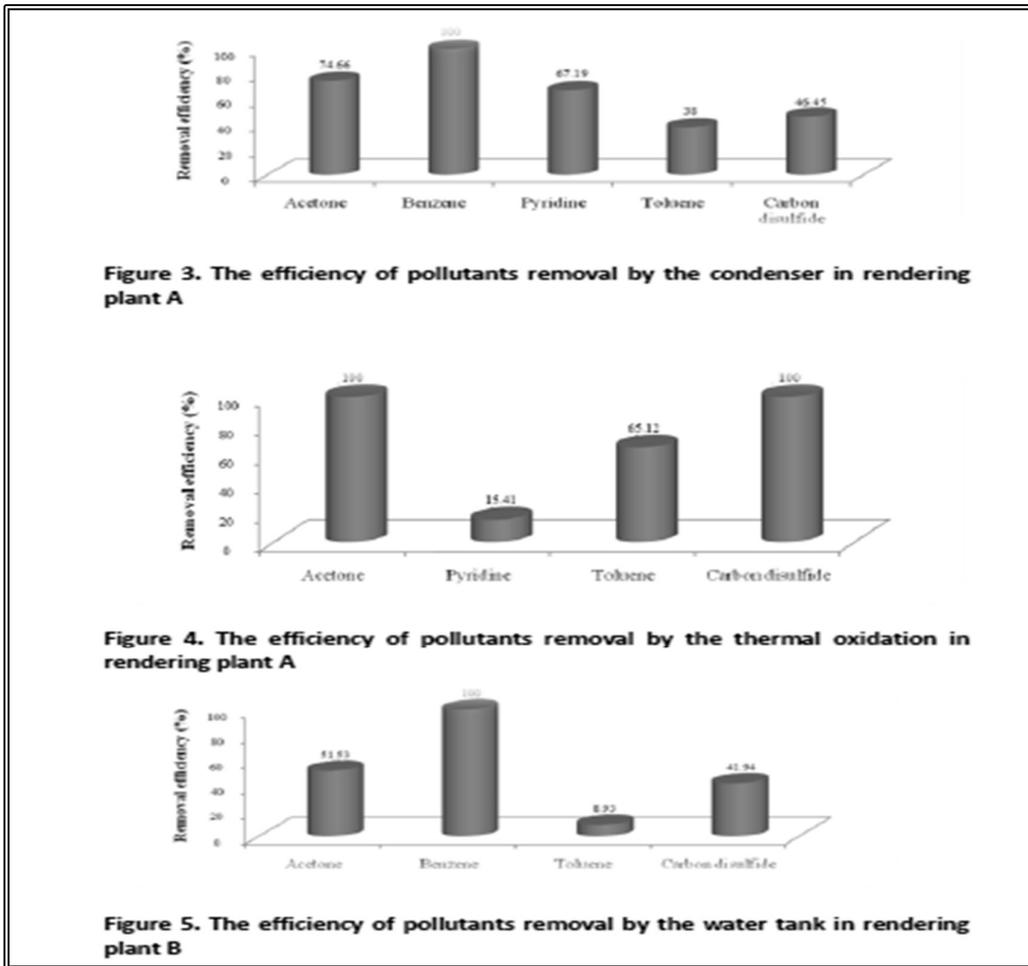


Figura 33. Comparativa de eficiencia de remoción de contaminantes según la tecnología usada.

Fuente: Ghasem Hesam, caracterización de emisiones gaseosas olorosas de una planta de rendering por (GC-MS) y evaluar el desempeño de los refinadores existentes, año 2013.

En el estudio, la eficiencia de los sistemas de tratamiento se calculó de acuerdo a la concentración de contaminantes antes y después de las etapas del mismo, la tasa de eliminación en el condensador y el tanque de agua fue de 38% al 100% y 8.93% al 100%, respectivamente. La mayor eficiencia de remoción del Condensador y del Tanque de Agua son el contaminante de Benceno y el más bajo fue para el contaminante Tolueno. Por lo tanto, hubo un menor punto de ebullición y mayor solubilidad del Benceno que el Tolueno en agua y estas concentraciones más bajas de Benceno que el tolueno se deben principalmente a la eficiencia de eliminación del 100% de benceno y menor eficiencia de remoción de Tolueno.

La eficiencia de eliminación de la oxidación térmica fue del 16% -100%. La mayor eficiencia de remoción fue para contaminantes Acetona y Disulfuro de Carbono, y el más bajo había sido para el contaminante Piridina. El punto de llama más alto de Piridina al de la Acetona y el Disulfuro de Carbono es la razón de la menor eficiencia de Piridina durante la Oxidación Térmica. En la mayoría de los estudios, para la combustión adecuada se necesitan temperaturas para incinerar los (COVs) y convertirlos en Dióxido de Carbono y Vapor de Agua. Esto puede ocurrir entre 700 °C y 1400 °C. Usando Platino, Paladio y Catalizador de Rubidio, la temperatura requerida reducida entre 300 °C y 700 °C.

Este estudio mostró que los gases liberados de la planta de una planta de Rendering se componen de una mezcla compleja de productos químicos compuestos. La cuantificación se realizó para cinco compuestos de los 56 compuestos detectados en la planta A y 41 compuestos detectados en la prestación de la planta B. La exposición personal a Disulfuro de Carbono y Piridina en la producción de plantas A y Disulfuro de Carbono en la planta B se encontraron por encima del límite. La concentración de Tolueno, Disulfuro de Carbono, y Piridina en la planta A y la concentración de Tolueno, Acetona y Disulfuro de Carbono en la planta B también fueron más altas que el umbral de olor. Los resultados mostraron que usando un Condensador de dos etapas y la Oxidación Térmica, un gran volumen de gases difusos podría ser captado. La eficiencia de eliminación del Tanque de Agua fue de aproximadamente el 50%.

B) Procesamiento de las emisiones con (COVs) en plantas durante la esterilización y procesos de cocción.¹⁴

El proceso de Rendering emite compuestos volátiles olorosos en la atmósfera, si estos compuestos orgánicos volátiles (COVs) no se tratan adecuadamente, pueden causar un grave problema ambiental. Durante este proceso no todos los compuestos emitidos son olorosos y peligrosos, pero algunas de ellos se han encontrado

¹⁴ (Z.A. Bhatti, F. Maqbool, H.V. Langenhove; Received 17 september 2013 - Accepted 14 November 2013; Department of environmental sciences, COMSATS Institute of information technology, Pakistan; Department of microbiology, Hazara University, Pakistan; Department of organic chemistry, Ghent University, Belgium.)

asociadas con problemas de salud. Los (COVs), tienen alta presión de vapor y baja solubilidad en agua, si no se manejan con procesos de tratamiento adecuados, entonces estos son peligrosos especialmente para los trabajadores dentro de las plantas. Anteriores a este estudio, se habían realizado muchas investigaciones para identificar (COVs) de la planta de Rendering y su tratamiento. Benceno y el Tolueno se conocen como (COVs) peligrosos y su emisión directa al aire puede causar efectos crónicos en las personas que trabajan dentro de la fábrica. La emisión de Benceno en el medio ambiente también se informó a alta temperatura de procesamiento como freír y asar. El Tolueno también pertenece al mismo grupo que el Benceno. Si el Tolueno se vaporiza, y se inhala puede ser absorbido a través del tracto respiratorio más rápido que por las absorciones orales y dérmicas:

- Deformidades similares al síndrome del alcohol se observaron cuando el Tolueno se inhaló durante el embarazo.
- Baja tasa de natalidad se notificó en mujeres expuestas al tolueno en el lugar de trabajo.
- No se observó ningún vínculo entre sub-fecundidad y exposición ocupacional al tolueno en los machos.

Este estudio se realizó en la planta de Rendering Arnout, Ichtegem, Bélgica. La capacidad de procesamiento de esta planta eran 27.000 (Tn / Año) de materia prima de origen bovina principalmente proveniente de mataderos – frigoríficos de las zonas cercanas. Al contar este establecimiento con la tecnología de Esterilización, prestaba ese servicio a otras plantas de Rendering.

En este estudio, la emisión de (COVs) de dos procesos diferentes (Cocción y Esterilización) se comparó. Se agregó un proceso de esterilización en la planta de procesamiento para inactivar la proteína Priónica de la harina de hueso, causante de la enfermedad de las “Vacas Locas” (Encefalopatía Espongiforme Bovina) (EEB). La Esterilización se realizó a altas temperaturas en combinación con presión (133 (°C) durante 20 minutos y 3×10^5 Pa) según la legislación europea. Este tratamiento adicional puede ser responsable del aumento de las emisiones de la planta comparada sin Esterilización.

Los principales objetivos fueron estudiar los criterios cuantitativos y cualitativos. Análisis de las emisiones de (COVs) de la planta y comparar las emisiones durante los procesos de Cocción y Esterilización, y también para ver el efecto del Condensador durante el tratamiento de estos (COVs) antes de liberarlos en la atmósfera.

Para el análisis de los diversos compuestos emitidos, las muestras fueron recolectadas en bolsas de Nalofan (Tereftalato de Polietileno), no reactivas con compuestos olorosos y no se observó una pérdida considerable de (COVs) y posteriormente analizadas en un cromatógrafo de gases y espectrofotómetro de masas (GC-MS).

Las emisiones de los Digestores de la planta Arnout fueron mezcla compleja de compuestos donde se identificaron 24 (COVs) diferentes. Los resultados de las emisiones de COV se dan en la (Tabla 8).

Tabla 8

Concentraciones de COVs en diferentes puntos del proceso.

VOCs type	Cooker (mg m ⁻³)	Sterilizer (mg m ⁻³)	Condenser (mg m ⁻³)
<i>Aldehyde</i>			
2-Methyl propanal	8.44	120	142
3-Methyl butanal	16.6	32.2	12.2
2-Methyl butanal	8.29	101	101
Pentanal	40	—	—
Hexanal	142	—	—
Heptanal	46	—	—
Octanal	84	—	—
Benzaldehyde	12	—	—
<i>Aliphatic HCs</i>			
Butane	1.53	—	—
Pentane	16	40	12
2-Methyl pentane	16	284	490
3-Methyl pentane	900	302	502
Hexane	40	729	180
Heptanes	—	59.9	9
Octane	—	69.1	7
Decane	900	—	—
Dodecane	40	—	—
<i>Aromatic HCs</i>			
Benzene	200	19.6	—
Toluene	400	—	—
<i>Ketones</i>			
2-Butanone	1.93	102	—
2-Heptanone	18	160	—
2-Propanone	—	58	58
2-Hexanone	—	3.27	—
2-Octanone	—	20.4	—
<i>Furans</i>			
2-Methylfuran	900	0	—
2-Ethylfuran	40	24.9	—
2-Pentylfuran	1.2	64.4	—
2-Butylfuran	0	4.9	—
<i>Sulphur-containing comp</i>			
DMS	11	299	—
DMDS	87	0	—
DMTS	300	301	—
<i>Alcohols</i>			
1-Butanol	—	33.7	—
1-Pentanol	—	222	—
1-Hexanol	—	51.1	—
<i>Cyclic HCs</i>			
Methyl cyclopentane	—	—	566
Cyclohexane	—	—	20.4

Fuente: Z.A. Bhatti et al., Procesamiento de las emisiones con (COVs) en plantas durante la esterilización y procesos de cocción, año 2013.

Emisiones totales de (COVs) encontradas durante el proceso de Rendering, incluyendo la cocción y la esterilización fueron 69.59×10^2 mg/m³.

Tabla 9

Concentraciones de COVs en diferentes puntos del proceso por grupo.

Group of compounds	Cooker (mg m ⁻³)	Group of compounds (%)	Sterilizer (mg m ⁻³)	Group of compounds (%)	Condenser (mg m ⁻³)
Aldehydes	357.33	10.91	253.0	6.86	255.2
Aliphatic HCs	957.53	29.24	1484.0	40.0	1200.0
Aromatic HCs	600.0	18.32	19.6	0.53	0.0
Ketones	19.93	0.60	343.67	9.32	58.0
Furans	941.2	28.74	94.2	2.53	0.0
Sulphur compounds	398.0	12.15	600.0	16.28	0.0
Alcohols	0.0	0.0	306.8	8.32	0.0
Cyclic HCs	0.0	0.0	584.0	15.84	770.0
Total	3273.99		3685.27		2283.2

Fuente: Z.A. Bhatti et al., Procesamiento de las emisiones con (COVs) en plantas durante la esterilización y procesos de cocción, año 2013.

Los principales grupos de compuestos fueron identificados en las emisiones de los digestores o cookers fueron, HC. Alifáticos (29,24%), Furanos (28,74%), HC. Aromáticos (18,32%), Compuestos que contienen Azufre (12,15%), Aldehídos (10,91%) y Cetonas (0,60%), según detalle de (Tabla 9). Los grupos olorosos más importantes fueron los HC. Alifáticos, Furanos, HC. Aromáticos y Compuestos que contienen Azufre

En el grupo de Compuestos que contienen Azufre, Sulfuro de Dimetilo (DMS, 11 mg/m), Disulfuro de Dimetilo (DMDS, 87 mg/m³) y se encontró Trisulfuro de Dimetilo (DMTS, 3×10^2 mg/m³) donde se observaron mayores concentraciones de DMTS y DMDS durante el proceso de cocción. EL DMS junto con DMDS y los DMTS han sido confirmados como compuestos olorosos y también se encuentra durante la descomposición de los tejidos. En otro estudio, estos compuestos también se liberaron durante el proceso de compostaje.

El DMS se libera no solo de los residuos de animales, pero también se sabe que se liberan durante la exhalación de la vaca durante la descomposición microbiana de los orgánicos, DMS es producido por Lactobacillus Helveticus, Achrobacter Sp.,

Pseudomonas Putrefaciens, Pseudomonas Fluorescens, Pseudomonas Perolens, Bacillus sp., Bacillus Subtilis, y catabolismo microbiano del Dimetil Sulfoniopropionato (DMSP). El DMDS es un compuesto odorífero natural, similar al generado por la carne fétida, emitido por muchas fuentes, como bacterias, hongos, plantas y animales. Es un producto de oxidación del MetantioI en el aire. El DMTS Es un producto de descomposición de la descomposición bacteriana, incluidas las etapas tempranas de la descomposición animal. Los valores umbral de olores para DMS 2.24 PPB, para el DMDS 12.3 PPB y para el DMTS es 1 PPB.

En el grupo de los Aldehídos, algunos tienen un olor agradable mientras que otros tienen un olor desagradable, fueron liberados por la deshidrogenación de alcohol durante el proceso de cocción; un total de ocho diferentes compuestos Aldehídos se identificaron con una emisión total de 3.57×10^2 (mg /m³). Los compuestos identificados fueron (2-Metil Propanal 8,44 mg/m³), (3-Metil Butanal 16,6 mg/m³), (2-Metil Butanal 8,29 mg/m³), (Pentanal 40 mg/m³), (Hexanal 142 mg/m³), (Heptanal 46 mg/m³), (Octanal 84 mg/m³) y (Benzaldehído con 12 mg/m³).

En cuanto a la toxicidad, el Hexanal se relacionó con molestia en los ojos, nariz y dolor de cabeza que aumentó significativamente cuando se expone al nivel a 10 PPM. La contribución total de aldehído durante la cocción fue del 10,58%, pero el número de compuestos Aldehídos se observó más que otros grupos de compuestos (Tabla 9).

El grupo de los compuestos HC. Alifáticos tuvo una tasa del 28,35% de la emisión total durante el proceso de cocción, en forma de cuatro diferentes compuestos Butano, Pentano, Decano y Dodecano. Se identificaron concentraciones máximas de 9×10^2 (mg/ m³) de Decano y Dodecano (40,0 mg/m³), Pentano (16,0 mg/m³) y se identificó Butano (1,53 mg/m³). Hexano no se encontró durante el proceso de Cocción en comparación con el proceso de Esterilización. En este grupo el Butano tuvo un nivel bajo en comparación con otros compuestos. Respecto al Butano, en otro estudio demostró que el gas licuado de petróleo desempeña un papel importante en el smog urbano debido al alto nivel de Concentración de Butano encontrada en el aire.

En el grupo de compuestos HC Aromáticos, se identificaron dos tipos, Benceno (2×10^2 mg/ m³) y Tolueno (4×10^2 mg/m³) en la emisión de proceso de Cocción con un porcentaje sobre la emisión total de 17.77%, colocado en tercer lugar de los (COVs)

en la emisión. En el presente estudio, la concentración de Benceno fue detectada como muy alta durante el proceso de Cocción y fue exitosamente eliminado a un nivel aceptable por el Condensador. Debido a la creciente conciencia internacional un progreso significativo en se ha producido una reducción global de la exposición al Benceno.

El estudio de toxicidad de Tolueno reveló que las siguientes anomalías como la palidez de la mielina mal definida siendo máxima en el cerebelo, materia blanca periventricular y cerebral profunda y polimorfismos genéticos. Algunas personas tienen asma debido a vapores de Tolueno en los lugares de trabajo. Su emisión puede producir concentraciones elevadas en la atmósfera alrededor la fuente debido a su corta esperanza de vida en el ambiente, se limita a la zona de origen local. El umbral de olor para el Benceno y el Tolueno, respectivamente, son 8,65 y 0,16 PPM y sus valores límite de umbral (TLV) son 0.5 y 20 PPM.

En el grupo de los compuestos de Furanos y Cetonas, Los Furanos fueron el segundo grupo más alto de compuestos identificados durante el proceso de Cocción con 27.88% y Cetonas 19,93%, con las siguientes concentraciones de Furanos, 2-Metilfurano (9×10^2 mg/m³), 2-Etilfurano (40.0 mg/m³) y se identificaron (COVs) de Pentilfurano (1,2 mg/m³), mientras que en el grupo de las Cetonas, las concentraciones fueron, 2-Butanona (1.93 mg/m³) y 2-Heptanona (18 mg/m³).

Los resultados de las muestras del sector del proceso de Cocción mostraron que la mayoría de los compuestos fueron Aldehídos, HC Alifáticos, Furanos y lo más importante desde el punto de vista oloroso fueron compuestos que contienen azufre, tales como DMS, DMDS y DMTS. Otros compuestos malolientes fueron Trimetilamina, Butanal, Pentanal, Hexanal, Heptanal, Octanal, 2-Metilpropanal, 2-Metilbutanal y 3-Metilbutanal.

Durante la Esterilización, proceso implementado por la aparición de casos de la enfermedad (EBB), las emisiones aumentaron a 3685 mg/m³, en comparación con el proceso de cocción 3274 mg/m³.

Se identificaron grupos de compuestos como Aldehídos (6.86%) $2,53 \times 10^2$ (mg/m³), HC. Alifáticos (40%) $1,44 \times 10^3$ (mg/m³), HC. Aromáticos (0,53%) 19,6 (mg/m³), HC. Cíclicos (15.85%) $5,84 \times 10^2$ (mg/m³), Cetonas (9.32%) $3,43 \times 10^2$ (mg/m³), Furanos (2.53%) 94,2 (mg/m³), Compuestos que contienen Azufre (16.28%) 6×10^2 (mg/m³) y Alcoholes (8,32%) $3,06 \times 10^2$ (mg/m³) (Tabla 5).

En el proceso de Esterilización la mayoría de los compuestos pertenecían a HC. Alifáticos (40%). Los compuestos detectados en esta clase fueron Pentano (40,0 mg/m³), 2-Metilpentano ($2,84 \times 10^2$ mg/m³), 3-Metilpentano ($3,02 \times 10^2$ mg/m³), Hexano ($7,29 \times 10^2$ mg/m³), Heptanos (59,9 mg/m³) y Octano (69,1 mg/m³) durante la esterilización, comparado con la emisión de Cocción excepto Pentano, otros compuestos como Butano, Decano y Dodecano no fueron detectados durante la emisión de la esterilización.

Comparando HC. Alifáticos en emisiones de cocina, esterilizador y condensador, algunos compuestos tales como 2-Metilpentano se encontraron después de la condensación. Esto se debió a la emisión tanto de cocina y esterilización fue transferida al condensador a través del mismo conducto. El condensador tenía poca eficiencia para remover 2-Metilpentano debido a esta razón se encontró en alta concentraciones. El segundo grupo con mayor concentración fueron los Compuestos de Azufre con una emisión total del 16,28% y compuestos en esta clase fueron DMS ($2,99 \times 10^2$ mg/m³) y DMTS ($3,01 \times 10^2$ mg/m³). Comparando la emisión de estos dos compuestos liberados durante el proceso de esterilización con el cocinando, se observó que el DMS fue lanzado más durante el proceso de esterilización, mientras que la tasa de emisión de DMTS fue lo mismo con el proceso de cocción mientras que DMDS no era encontrado durante la emisión de esterilización.

También fue observado que los HC. Aromáticos (6×10^2 mg/m³) y los Furanos (941.2 mg/m³), fueron liberados más durante la cocción que durante el proceso de Esterilización.

Se detectaron compuestos Aldehídos durante todos los pasos del procesamiento. La mayor concentración fue liberada durante el proceso de cocción, en comparación con la Esterilización y Condensación. (Figura 34)

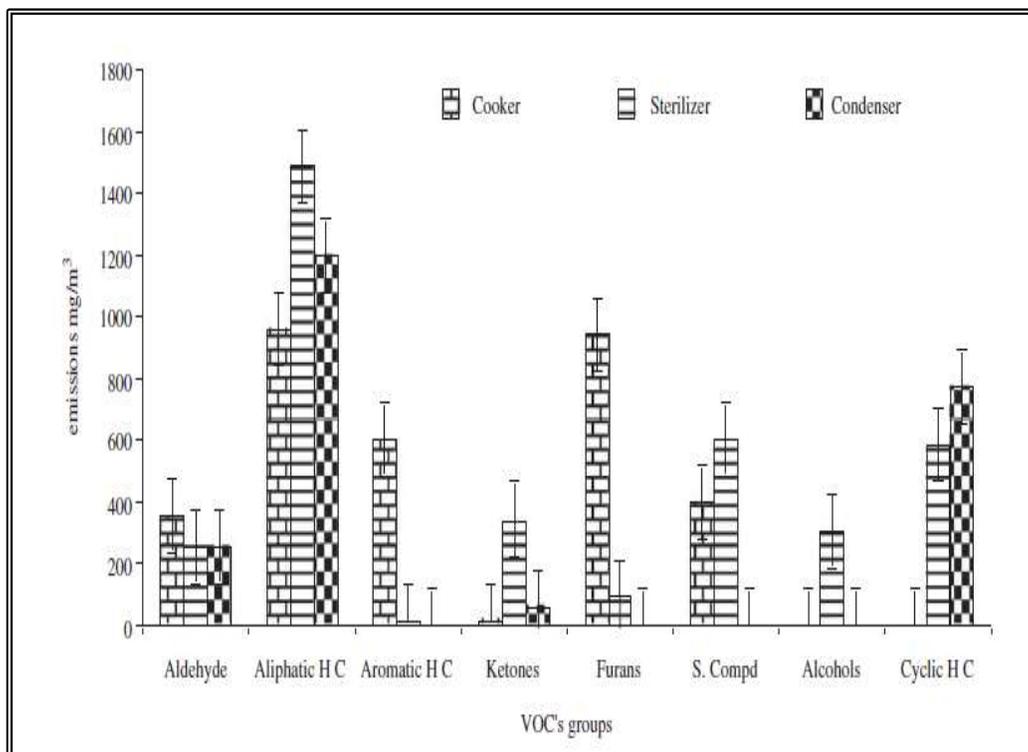


Figura 34. Comparativa de las emisiones de grupos de COVs en los diferentes puntos del proceso.

Fuente: Z.A. Bhatti et al., Procesamiento de las emisiones con (COVs) en plantas durante la esterilización y procesos de cocción, año 2013.

Otros grupos importantes liberados durante el proceso de esterilización fueron Alcoholes y HC. Cíclicos. Estos dos grupos no fueron encontrados en el proceso de cocción. En el grupo de Alcoholes, 1-Butanol, 1-Pentanol y 1-Hexanol, mientras que en el grupo de HC. Cíclicos se detectaron Metilciclopentano y Ciclohexano. Significa que durante la esterilización los grupos de Alcoholes y los HC. Cíclicos se liberaron adicionalmente.

Un condensador fue probado para controlar las emisiones de COV de los dos digestores y unidades de esterilización. Las emisiones de ambos procesos fueron conducidas a través de un conducto de escape al condensador. El condensador logró reducir el (67.55%) de emisión totales, ($32,73 \times 10^2$ mg/m³) del proceso de cocción y $36,85 \times 10^2$ mg/m³ del Esterilizador, ambos fueron tratado a través de

Condensador y después del tratamiento se liberaron a la atmosfera (22.83×10^2 mg/m³) (COVs).

Los grupos de compuestos que no fueron tratados completamente a través del Condensador fueron Aldehídos (255 mg/m³), HC. Alifáticos (12×10^2 mg/m³), HC. Cíclicos (770 mg/m³) y Cetonas (58 mg/m³); tres compuestos de la clase Aldehído como 2-Metilpropanal (142 mg/m³), 3-Metilbutanal (12.2 mg/m³) y 2-Metilbutanal (101 mg/m³) no fueron retirados durante el proceso de Condensación. En el grupo de HC. Alifáticos, seis compuestos no fueron condensados y liberados directamente en el medio ambiente, que eran Pentano (12 mg/m³), 2-Metilpentano (490 mg/m³), 3-Metilpentano (502 mg/m³), Hexano (180 mg/m³), Heptanos (9 mg/m³) y Octano (7 mg/m³), pero las concentraciones de estos compuestos se encontraron menos que en el proceso de Esterilización. Estos compuestos no eran condensables debido a que estos compuestos tienen una alta presión de vapor en baja temperatura, dos compuestos HC. Cíclicos, Metilciclopentano y Ciclohexano, y un compuesto del grupo Cetona, 2-Propanona, no se eliminaron.

Principalmente los compuestos olorosos se condensaron, como los que contienen azufre como compuestos (DMS y DMDS) y Aldehídos (Heptanal, Hexanal y Pentanal). Los grupos de Alcohol y HC. Aromáticos no fueron encontrados después del condensador, pero HC. Cíclicos como Metilciclopentano (5.66×10^2 mg/m³) y el Ciclohexano (20,4 mg/m³) se identificaron después de la condensación. Por lo tanto, se puede decir que los compuestos que pertenecían a grupos Alcohólicos y HC. Aromáticos eran condensables.

C) Análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.¹⁵

Los depuradores húmedos con productos químicos oxidantes se utilizan para tratar los (COVs), sin embargo, hay poca información disponible sobre la eficiencia del lavador para muchos de los (COVs) generados dentro del proceso de Rendering. Los

¹⁵ (James R. Kastner and K.C. Das; Department of biological and agricultural engineering, Driftmier Engineering Center, The University of Georgia, Athens, Georgia)

datos críticos para evaluar y diseñar depuradores húmedos para la eliminación total de (COVs) (es decir, compuestos olorosos y los COVs que contribuyen al ozono troposférico y su papel como destructores del ozono estratosférico). Los objetivos de esta investigación fueron desarrollar métodos analíticos para identificar ambos y cuantificar los principales (COVs) generados en el proceso de Rendering y además determinar la eficacia de la eliminación individual de (COVs) en depuradores húmedos. Estos datos proporcionar una base para reducir las emisiones de (COVs), tanto olorosas y las que aporta a la destrucción del ozono, a través de mejoras en los procesos.

Las operaciones de procesamiento de productos complejos convierten los desechos orgánicos (criaderos, despojos, aves muertas, sangre, subproductos de incubación, etc.) en productos como aditivos para alimentos balanceados y fertilizantes. En las operaciones de reducción de aves de corral, las plumas generalmente se hidrolizan en modo de lotes entre 140 ° C a 150 ° C, sometidos a una presión de (276 a 345 KPa) durante 20 a 45 minutos para descomponer la Queratina y los subproductos o despojos de la carne se tratan normalmente entre 121 ° C a 135 ° C, sometidos a una presión de (172 a 517 Psig) con tiempos de residencia variables según el modo de operación, por lotes o continuo.

En algunos casos, las plumas hidrolizadas se combinan con despojos y se secan. En estos dos pasos, se generan compuestos orgánicos volátiles (COVs), algunos de los cuales son olorosos. Los vapores de arriba del hidrolizador de plumas y los digestores o cookers pasan a través de los condensadores para eliminar algunos (COVs). Los gases no condensables generalmente se pasan a través de unidades de lavado húmedo para eliminar la fracción de (COVs) que no se elimina en los condensadores. (Kastner y Das, 460 Journal of the Air & Waste Management Association, Volumen 52 Abril de 2002).

Se usaron unidades portátiles de cromatografía de gases / espectrometría de masas (GC / MS) para identificar rápidamente los (COVs) en el sitio en corrientes de proceso en 2 plantas, denominadas (Planta A y Planta B) de producción de productos avícolas. Se consideró que el análisis en el lugar era importante, dada la reducción significativa en las áreas de picos si las muestras se mantenían durante 24 horas antes

del análisis. Las muestras de gas fueron, por lo tanto, típicamente analizado dentro de 5 a 60 minutos después del muestreo.

La planta A tuvo un proceso de procesamiento de subproductos avícolas no comestibles que consiste en hidrolizadores de pluma y sangre por lotes y cocinas continuas. Las plumas se hidrolizaron junto con sangre en una serie de cocinas por lotes y posteriormente mezcladas con subproductos de carne de ave (despojos). Los vapores generados del hidrolizador de plumas y la cocina se condensaron en intercambiadores de calor de calor casco (agua) y tubos (vapores).

Se trataron gases no condensables de los condensadores en dos depuradores húmedos de lecho compacto de alta intensidad en serie que utilizan ClO_2 (50 a 60 PPM) como oxidante químico. Las emisiones de salida del depurador de alta intensidad se mezclaron con sala de tratamiento de aire en un segundo lavador húmedo 170.000 m³ / h. El análisis de eficiencia de eliminación se realizó en el lavador de primera etapa, que fue dimensionado para manejar 33,994 m³ / h, 1.9 mts de diámetro, 3.5 pies de relleno empacado. Se pasó una solución de lavado de ClO_2 a través del empaque a 814 Lts / min con aproximadamente un 90% de reciclaje (es decir, 10% de purga).

La planta B tenía un proceso de reproducción de aves de corral no comestible que consistía en de Hidrolizadores de pluma continua y digestores o cookers continuos. Las plumas se hidrolizaron en digestores continuos y luego secadas, molidas y almacenadas. Para transportar la carne se usó un transportador tipo tornillo hasta la cocina para procesamiento también realizado en digestores continuos (fusión de grasas y digestión de proteínas), luego es prensado, molido, y almacenado para su envío a una maquina centrifuga que se usaba para separar los aceites de los sólidos. Para prevenir fugas de emisiones, todo el equipo de proceso fue cerrado y expuesto a un bajo vacío.

En el sector de proceso de carne, el sistema de control de la contaminación del aire consistía en una serie de depuradores, incluyendo un Venturi y dos lavadores húmedos de lecho empacado. A esta planta en particular, se añadió ClO_2 al líquido de lavado en el Venturi para eliminar los (COVs) absorbidos en el líquido. Los (COVs)

no eliminados en el Venturi se pasaron a través un Depurador de alta intensidad y un Depurador de aire ambiente que utiliza ClO_2 y una combinación de ClO_2 con Hipoclorito de Sodio como agentes depuradores, respectivamente.

Los lavadores Venturi están diseñados principalmente para eliminar partículas que pueden interferir con eliminación de (COVs) en los depuradores de lecho empacado. Sin embargo, en esta planta, también se agregó ClO_2 al líquido de lavado en el Venturi. Se realizó análisis de eficiencia de remoción en el Venturi y el lavador de primera etapa (7,9 m Altura total y 1,2 m de diámetro). Una solución de ClO_2 se agregó a ambos depuradores a una tasa que varía de 227 a 284 Lts / min, con un valor aproximado de 90 a 92% recicle en el lavador Venturi y recicle entre 87 al 89% en el sistema de lavado húmedo de lecho compacto. Los (COVs) no condensables provenían de procesos, incluían Metanotiol, 2-Metilbutanal, 3-Metilbutanal, Hexanal, Heptanal y Octano. Periódicamente se observaron Butanal, 2-Metilpropanal y Heptano.

Las concentraciones totales de (COVs) en la entrada osciló entre 5 y 22 PPMV, con 2 y 3-Metilbutanal constituye la mayor fracción de la COV (ver Tabla 10).

Análisis de depurador húmedo planta A. La eficiencia del depurador depende de la eficacia transferencia de masa de los (COVs) a la fase líquida (una función de solubilidad en agua, constante de la ley de Henry, temperatura, superficie y tiempos de residencia del gas) y una reacción rápida dentro de la solución de lavado líquido. La velocidad de reacción dentro de la fase líquida depende del tipo de compuesto, el tipo de químico oxidante, y el PH de la solución. El análisis inicial del lavador húmedo indicó que la eliminación eficiencias de los compuestos solubles en agua, 3- y 2-Metilbutanal y Hexanal, osciló entre 23 y 52%, y que la eliminación del Metanotiol se acercó al 100%. (Tabla 11). La eficiencia de eliminación de Octano, un COVs poco soluble en agua, fue mayor en promedio que los aldehídos (Aproximadamente 58%), potencialmente debido a la inexactitud en la medición bajas concentraciones de Octanaje de salida. Alcanos, tales como Octano, no se espera que reaccionen rápidamente con el ClO_2 . La eliminación total de COVs medibles fue de (Aproximadamente 60%), con concentraciones de salidas totales de (COVs) a 5

PPMV. Sin embargo, un Hidrocarburo Clorado, Cloruro de Metanosulfonilo, Aparentemente se generó en el Scrubber y se emitió en la salida (ver Tabla 11).

Tabla 10

Concentraciones de COVs (pmmv) en la corriente de gas de entrada a un lavador húmedo de alta intensidad, que trata los no-condensables de un hidrolizador de plumas y un digestor en la planta A.

Analysis Number:	1	2	3	4	5
Compound ^a	Concentration, ppmv				
Methanethiol	ND ^b	ND	ND	9.134	3.7
Butanal	2.064	ND	ND	ND	ND
2-Methylpropanal	ND	ND	2.12	ND	ND
3-Methylbutanal	2.15	3.99	3.63	7.43	6.4
2-Methylbutanal	0.77	0.44	0.98	2.55	2.2
Heptane	0.28	ND	ND	ND	ND
Hexanal	ND	ND	1.2	2.67	0.31
Heptanal	ND	ND	ND	P ^c	P
Octane	ND	ND	0.54	0.405	0.06
Total (ppmv)	5.26	4.43	8.47	22.19	12.67

^aIdentification using NIST library and standards; ^bNot detected; ^cPresent but not quantified due to lack of pure gas standard.

Fuente: James R. Kastner y K.C. Das, análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.

Debido a que el hidrolizador de plumas en la Planta A operó en modo por lotes y por lo tanto era potencialmente propenso a las fluctuaciones en concentraciones de COVs, se realizó un análisis más detallado del depurador húmedo. Como en el anterior análisis se observaron, Aldehídos y un Alcano de cadena lineal en la entrada al Depurador Húmedo de Alta Intensidad. El análisis del depurador reveló 3 y 2-Metilbutanal, Hexanal, Isobutanal y Heptanal en la corriente de gas de entrada. Isobutanal (2-metil Propanal) fue el único Aldehído no observado previamente. Es interesante notar que en este análisis se observaron varios compuestos en la corriente de salida que no se midió en la entrada, Incluyendo Propanal y Butanal, indicando potencialmente subproductos de oxidación.

Tabla 11

Eficiencia del depurador húmedo para el tratamiento de COVs (no – condensables) del hidrolizador de plumas y el digestor de la planta A; se utilizó una solución de CLO₂ a 34°C, PH:3.04, y un potencial de oxidación -reducción de 619 mV.

Analysis	Inlet Concen. (ppmv)	Outlet Concen. (ppmv)	Fractional Conversion^a
Methanethiol	3.7	ND	1.00
3-Methylbutanal	6.4	3.7	0.42
2-Methylbutanal	2.2	1.05	0.52
Hexanal	0.31	0.24	0.226
Heptanal	P	ND	1.00 ^b
Octane	0.06	0.025	0.58
Methanesulfonyl chloride	ND	P	
Total	12.67	5.015	0.60 ^c

^aFractional conversion equals $(C_{g,in} - C_{g,out})/C_{g,in}$, where $C_{g,in}$ is the inlet VOC concentration and $C_{g,out}$ the outlet concentration; ^bBased on peak area, assuming a linear response for heptanal using MS; ^cDoes not include heptanal; P = present but not quantified; ND = not detected.

Fuente: James R. Kastner y K.C. Das, análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.

Como se señaló anteriormente, se observó Cloruro de Metanosulfonilo en la salida. Se observó Metanotiol en la entrada y se eliminó por debajo de los límites de detección en la salida (a excepción de unos de los muestreos), y las eficiencias de eliminación fueron mucho menores para los Aldehídos, que van desde 4,4 hasta 95%. La eficiencia de eliminación para Octanaje varió entre 40 y 98%. De nuevo, Metanosulfonilo aparentemente el cloruro era generado en el depurador y emitido (Tabla 12).

Tabla 12

Eficiencia del depurador húmedo para el tratamiento de COVs (no – condensables) del hidrolizador de plumas y el digestor de la planta A;

Se utilizo una solución de CLO2 a 24°C, PH:3.1, y un potencial de oxidación - reducción de 606mV.

Analysis Sample	Inlet 1 Concen. (ppmv)	Outlet 1 Concen. (ppmv)	Inlet 2 Concen. (ppmv)	Outlet 2 Concen. (ppmv)	Inlet 3 Concen. (ppmv)	Outlet 3 Concen. (ppmv)	Inlet 4 Concen. (ppmv)	Outlet 4 Concen. (ppmv)	Inlet 5 Concen. (ppmv)	Outlet 5 Concen. (ppmv)
Propanal	ND	0.74	ND	0.57	ND	0.34	ND	ND	ND	1.04
Methanethiol	3.06	0.00	2.82	0.00	2.78	0.00	2.83	2.72	2.86	0.00
2-Methylpropanal (isobutanal)	2.94	2.45	1.94	1.851	1.69	1.29	1.86	1.1	2.37	1.86
Butanal	ND	0.50	ND	0.65	ND	0.57	ND	ND	ND	0.624
3-Methylbutanal	3.62	1.79	2.42	0.88	2.20	0.59	2.47	1.9	3.25	1.19
2-Methylbutanal	1.34	0.45	0.79	0.195	0.71	0.037	0.74	0.47	1.15	0.22
Hexanal	0.58	0.11	0.47	0.055	0.34	ND	0.5	0.33	0.40	0.043
Heptanal	P	ND								
Octane	0.09	0.02	0.09	0.0012	0.053	ND	0.10	0.06	0.01	ND
Methanesulfonyl chloride	ND	P	ND	P	ND	P	ND	ND	ND	P
Total, ppmv	11.63	6.06	8.53	4.20	7.77	2.83	8.5	6.58	10.04	4.98
Total fractional conversion ^{ab}		0.48		0.51		0.64		0.23		0.50

^aDoes not include heptanal; ^bFractional conversion equals $(C_{g,in} - C_{g,out})/C_{g,in}$, where $C_{g,in}$ is the inlet VOC concentration and $C_{g,out}$ the outlet concentration; P = present but not quantified; ND = not detected.

Fuente: James R. Kastner y K.C. Das, análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.

El análisis inicial del depurador húmedo purgado indica la presencia de (COVs) parcialmente reaccionados (es decir, en teoría) y una potencial acumulación de ciertos COVs, incluyendo 3- y 2-Metilbutanal y Propanal.

Análisis de (COVs) en Planta B, de las muestras de gas tomadas, solo las entradas y salidas del Venturi y Depuradores de Alta Intensidad tenían altas concentraciones de (COVs).

Los (COVs) típicamente no eran medibles en la salida del lavador total o las concentraciones fueron típicamente muy bajas (1 a 3 PPMV), probablemente debido a una combinación de dilución y tratamiento. Porque el aire de la nave se mezcló con (COVs) del depurador de alta intensidad, antes de ingresar al segundo Depurador Húmedo (Depurador Total) y las tasas de flujo de gases provenientes de primer tratamiento y del aire proveniente de la nave de planta no se mide actualmente, la eficiencia de remoción para el Depurador Total no pudo ser calculada. En el análisis de selección inicial, los principales compuestos identificadas consistentemente en las emisiones de la planta. Incluye Metanotiol, Propanal, Isobutanal, Octano, Hexanal, 2-Metilbutanal, 3-Metilbutanal y Dimetilo Disulfuro. Los dos Aldehídos ramificados, 2-Metilbutanal y 3-Metilbutanal, fueron típicamente los más consistentes y aparecieron en cada muestra analizada desde el Venturi y de los Depuradores de Alta Intensidad. Otros (COVs) que fueron identificados incluyeron Butanal, Heptanal, Trimetilamina, Heptano, Benceno, Tolueno, Etilbenceno, Trimetilamina y 2-Heptanona. (Tabla 13).

Tabla 13

Concentración de COVs en la corriente de gas de entrada al depurador Venturi que trata los gases no -condensables de los digestores de planta B.

Compound Identified	Concentration (ppmv)	
	Sample 1	Sample 2
Methanethiol	22.8	19.6
Propanal	8.8	6.4
2-Methylpropanal (isobutanal)	11.1	14.1
3-Methylbutanal	17.1	12.0
2-Methylbutanal	27.2	30.3
Hexanal	3.2	0.8
Octane	0.01	0.04
2-Heptanone	P	ND
Heptanal	P	ND
Dimethyl disulfide	0.3	0.3
Benzene	ND	P
Toluene	P	ND
Total (ppmv)	90.51	83.54

Note: P = present but not quantified; ND = not detected.

Fuente: James R. Kastner y K.C. Das, análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del Rendering.

Posteriormente, un análisis más detallado del Depurador Húmedo se realizó en la Planta B, Para determinar la eficiencia de conversión del Depurador Húmedo para se midieron los (COVs) para las salidas del Lavador Venturi y Depuradores de Lecho Empacado, indicaron una pequeña reducción en la concentración de (COVs), con el Venturi proporcionando el valor más alto en general de eficiencia de eliminación. La eficiencia de remoción medida para el total de (COVs) medidos en el Lavador Venturi fue de 62 y 51%, respectivamente (Tabla 14). Sin embargo, en los Scrubbers de Alta Intensidad, la eficiencia de remoción para (COVs) totales fue esencialmente cero, excepto por el Disulfuro de Dimetilo. (Tabla 14). Es de destacar que el Cloruro de Metanosulfonilo se detectó en el segundo muestreo, pero no en el primero.

Tabla 14

Concentraciones de COVs de entrada y salida en el equipo de control de contaminación de la planta B.

Analysis	Venturi Scrubber		Packed-Bed Scrubber		Venturi Scrubber		Packed-Bed Scrubber	
	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet	Inlet	Outlet
	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv	Concen., ppmv
Liquid temperature, °C	40		36		38		29	
Solution pH			3.5				8.72	
Oxidation reduction potential, mV			579				296	
Sample	1		2		3		4	
Propanal	8.8	2.7	2.7	5.1	6.4	1.1	1.1	2.3
Methanethiol	22.8	10.9	10.9	13.1	19.6	11.6	11.6	11.7
2-Methylpropanal (isobutanal)	11.1	3.7	3.7	4.8	14.1	5.9	5.9	5
3-Methylbutanal	17.1	6.6	6.6	6.5	12.0	6.2	6.2	6.2
2-Methylbutanal	27.2	9.6	9.6	9.5	30.3	15.5	15.5	15.0
Hexanal	3.2	1.1	1.1	1.1	0.8	0.3	0.3	0.3
Octane	0.01	0.003	0.003	ND	0.04	ND	ND	ND
Dimethyl disulfide	0.3	0.15	0.15	0.12	0.3	0.2	0.2	ND
Methanesulfonyl chloride	ND	ND	P	ND	ND	ND	ND	ND
Toluene	P	P	P	P	ND	ND	ND	ND
Benzene	P	P	P	P	P	P	P	P
Total	90.51	34.75	34.75	40.22	83.54	40.8	40.8	40.6
Total fraction conversion		0.62		0.0		0.51		0.0

Note: P = present but not quantified; ND = not detected.

Fuente: James R. Kastner y K.C. Das, análisis del depurador húmedo para la remoción de compuestos orgánicos volátiles en la industria del rendering.

Aunque hubo diferencias de proceso entre las dos plantas (es decir, proceso de cocción por lote versus continuo, y en una planta las plumas hidrolizadas se mezclaron con los despojos antes de cocinarlos, una amplia gama de (COVs) fue común), incluido el Metanotiol, 2-Metilbutanal, 3-Metilbutanal, Hexanal, Heptanal y Octano. En el proceso continuo, las concentraciones de (COVs) fueron superiores, y se observaron, Propanal, 2-Heptanona, Disulfuro de Dimetilo, Tolueno, y Benceno, contrariamente al proceso en planta A (es decir, los (COVs) de entrada en los depuradores). La presencia de Benceno (factor de coincidencia 740–764) en la planta B fue consistente, pero la identificación no ha sido confirmada en contra de una norma y requiere una mayor investigación para concluir establecer su presencia y concentración. Se detectó Cloruro de Metanosulfonilo (factor de coincidencia 894) en ambas plantas y solo en la salida de los Lavadores Húmedos. (ClO₂ como el agente de oxidación). El hecho de que el Cloruro de Metanosulfonilo El cloruro se produjo periódicamente y solo se detectó en la salida de los Depuradores Húmedos sugiere que es un producto de la ClO₂ del sistema de depuración de ambas plantas. Un método para la generación de ClO₂ implica reaccionar ClO₃, H₂O₂ y H₂SO₄ donde H₂O₂ debe mantenerse en exceso para evitar la formación de Cl. Es probable que la mezcla periódica e incorrecta de los reactivos conduzca a la generación de Cl y la eventual formación de Cloruro de Metanosulfonilo.

El análisis de la mayoría de los Depuradores Húmedos en la industria del Rendering. Se ha basado en la intensidad del olor, con poca cuantificación de eficiencia hacia compuestos individuales, especialmente para Lavadores Húmedos a escala industrial. Debido a que muchos de los agentes oxidantes actualmente utilizados en la industria son selectivos y aéreos. Las regulaciones requieren datos de remoción masiva, remoción cuantitativa. Se requieren datos de eficiencia basados en compuestos individuales, para el diseño y optimización del control de la contaminación del aire. La eficiencia osciló entre 20 y 64% para ambas plantas. En planta A, diferencias significativas en la eficiencia de remoción entre compuestos individuales fueron observados. En todas menos una muestra, el Metanotiol fue reducido por debajo de los límites de detección y se acercó al 100%. La eficacia de eliminación, contrariamente a los Aldehídos y los Alcanos fue muy baja.

Para lograr altas eficiencias de remoción, reacciones extremadamente rápidas se debe acoplar con la transferencia de masa en los depuradores húmedos (si los compuestos no son altamente solubles en agua). En la reacción las tasas van desde 4×10^4 a 3×10^8 Lts / mol / Seg, son requeridos para lograr una eliminación rápida en Lavadores Húmedos. Aunque no se dispone de datos cinéticos específicos para los (COVs) reportados en este trabajo, Benzaldehído, un Aldehído representativo previamente reportado en las de emisiones, tiene una reacción reportada a una tasa de menos de 3×10^{-4} Lts / mol / Seg, a PH 8) con ClO_2 , comparado con 5×10^5 (L / mol / seg a pH 8) para 2-Metil-1-Propanethiol. Simulaciones computacionales de Depurador Húmedo resultaron en eficiencias de eliminación que van desde 10 a 15% para Metanotiol y 50 a 70% para Butanal (es decir, transferencia de masa sin reacción). Por lo tanto, una comparación de la eficiencia experimental y teóricas de eliminación de Metanotiol sugieren que ClO_2 reacciona rápidamente con este compuesto (y potencialmente otros Compuestos de Azufre) en el Depurador Húmedo, mejora la eliminación más allá de lo predicho por los datos de la solubilidad, lo contrario parece ser cierto para la fracción de Aldehídos.

Datos cinéticos de la literatura, junto con los datos de eliminación y de eficiencia en planta A y estudios de simulación, indican que las bajas eficiencias de eliminación de los Aldehídos y los Alcanos se deben a las bajas tasas de reacción y demuestran la necesidad de un análisis cinético detallado de los agentes oxidantes con (COVs) específicos para la industria del Rendering.

Tal selectividad no se observó en la planta B, que tenían eficiencias de eliminación para todos los (COVs) cuantificados de 50 a 70%, pero solo en el lavador Venturi. Porque los depuradores Venturi son unidades de transferencia de masa de una sola etapa, es probable que el mecanismo principal para la reducción de (COVs) involucrado en la eliminación de partículas o aerosoles, lo que daría cuenta de la no selectividad en el proceso.

El motivo de la falta de eliminación de (COVs) en el Depurador de Lecho Empacado de la planta B no está claro. Es posible que las concentraciones ClO_2 no fueron optimizadas para coincidir con las mayores concentraciones relativas a la planta A de (COVs). Basado en información de proceso de ambas plantas, el ClO_2 en

las concentraciones en la solución de limpieza se diseñó para que fuera de 50 a 65 mg / Lts. Independientemente de la concentración de (COVs -PPM) de entrada. Además, se ha sugerido que la velocidad de remoción y eficiencia de muchos (COVs) en los Depuradores Húmedos pueden ser limitados por transferencia de masa debido a tasas de reacción lentas, un alto porcentaje de reciclaje, y la acumulación de (COVs) en la solución de depuración. La aparición de Propanal (Planta A) y el aumento de la concentración de Propanal y Isobutanol (Planta B) en la salida de los lavadores de lecho empacado indica oxidación parcial de la (COVs) entrantes.

En el análisis de la recirculación del depurador, el líquido reveló la presencia de (COVs), pero no siempre, y en nuestro estudio actual, eficiencias de eliminación aún eran bajas, incluso cuando los (COVs) sin reaccionar o parcialmente reaccionados no fueron medido en la solución de lavado

Además, los estudios de simulación computacional de Depuradores Húmedos basados en los datos de la planta A, indican que las eficiencias de eliminación de la fracción de los Aldehídos solo pueden acercarse al 50 al 70%, usando agua fresca sin reciclaje (en la relación líquido / gas que se usa típicamente en la industria). Estos resultados de simulación computacional son similares a las eficiencias de eliminación medidas para los Aldehídos en Depuradores de escala industrial y, en conjunto, sugieren que, en la mayoría de las condiciones de operación, la eliminación de Aldehído no es limitado por la regeneración del líquido de lavado. Es probable que el mecanismo principal de eliminación de Aldehído sea por transferencia másica en el Lavador Húmedo (definido por la ley de Henry) y reacción lenta con ClO_2 en el sumidero.

Dadas las bajas eficiencias de eliminación y la variabilidad de las tasas de degradación de (COVs) en los Lavadores Húmedos, la oxidación cinética de los principales (COVs) identificados en este trabajo, con ClO_2 y otros agentes oxidantes, deben ser determinados estos datos (orden de reacción y constantes de velocidad) que determinarán si ClO_2 , puede oxidar los Alcanos y Aldehídos identificados.

Este proyecto se puede utilizar en modelos de Depurador Húmedos para estimar concentraciones químicas óptimas requeridas para una rápida oxidación. Además,

para el Lavador Húmedo se requiere un análisis más detallado en el que la eficiencia de conversión para cada (COVs), es importante medir la relación Líquido / Gas (L / G), concentración de ClO_2 (u otro agente químico oxidante) y la relación de reciclaje para determinar si las eficiencias de eliminación se pueden mejorar y si los altos índices de reciclaje utilizados en la industria conducen a bajas eficiencias de eliminación.

Una conclusión final de este estudio nos indica que, Depuradores Húmedos de Lecho Empacado que utilizan un agente oxidante químico (ClO_2) fueron efectivos contra Compuestos reducidos de Azufre (por ejemplo, Metanotiol) pero menos eficaz contra los Aldehídos y Alcanos (por ejemplo, 2-Metilbutanal). Por ejemplo, en un análisis particular de depurador húmedo en el sitio, la remoción de Metanotiol se acercó al 100% para un gas de 1,4 segundos tiempo de residencia en comparación con las eficiencias de eliminación que van del 20 al 90% para muchos de los Aldehídos. Los resultados indican que ClO_2 y potencialmente otros oxidantes los químicos (por ejemplo, el ozono) reaccionan a velocidades mucho más rápidas con un compuesto con contenido reducido de Azufre en comparación con los Aldehídos y Alcanos. Nuestros resultados demuestran claramente la necesidad de medir la cinética de oxidación del ClO_2 , con los compuestos identificado en este trabajo. Una vez que los datos cinéticos precisos son obtenidos para compuestos específicos en las emisiones, estos datos se pueden acoplar con modelos de Depuradores Húmedos para optimizar los sistemas actuales (por ejemplo, relaciones L / G, concentraciones químicas, ratios de reciclaje, y así sucesivamente), validar la eficacia de nuevos productos químicos oxidantes, y diseñar nuevos sistemas de eliminación. Además, la importancia de identificar y cuantificar compuestos específicos en las emisiones mediante (GC / MS) se ha demostrado el análisis. Sin análisis específico de los (COVs), la selectividad del ClO_2 para compuestos reducidos en Azufre y la presencia de un Hidrocarburo Clorado. No se habrían observado las salidas de los lavadores, y la capacidad de mejorar la operación del Lavador Húmedos sería limitada. Por último, si los lavadores húmedos funcionan correctamente, eficiencias de eliminación de compuestos que causan olor, tales como el Metanotiol es posible sin la formación de Hidrocarburos Clorados cuando se usa ClO_2 .

D) Caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de Rendering por (GC / MS) y tratamiento por Biofiltración.¹⁶

Esta investigación se centra en la identificación y cuantificación de componentes olorosos en la producción de emisiones de plantas por GC / MS y otros métodos analíticos, así como la descripción de fenómenos que ocurren en un biofiltro para mejorar la eliminación y eficiencia.

Entre los 36 compuestos cuantificados en la corriente de aire de proceso, Metanotiol, Isopentanal y Sulfato de hidrógeno, presentaron los mayores aportes olorosos según sus altas concentraciones, generalmente superiores a 10 (mg/m³) y sus bajos umbrales de detección de olores de estos compuestos. Se investigó la eliminación de tales componentes mediante el proceso de Bio-Filtración, utilizando materia de relleno (Turba), EBTRT: 113 seg y se encontró que 83% del Sulfuro de Hidrogeno e Isopentanal fueron eliminados por el Bio-Filtrado, sin embargo la degradación incompleta de estos contaminantes sugirió condiciones inapropiadas como falta de nutrientes y PH ácido, siendo estas condiciones inadecuadas para la eficiencia del tratamiento, especialmente observando una remoción de 53% del Metanotiol y la generación de subproductos oxigenados y azufrados durante la Bio-Filtración.

Los compuestos olorosos en las plantas de Renderizado son principalmente derivados del Azufre (Sulfuro de Hidrogeno, Mercaptanos, Sulfuros), moléculas Nitrogenadas (Amoniacó y Aminas), moléculas oxigenadas (Ácidos, Cetonas y Aldehídos), cuyas concentraciones en la emisiones dependen de la cantidad, tipo y estado de conservación de las materia primas que entran al proceso, por ello los niveles de olor pueden variar desde 20.000 a 1.100.000 UOE/ m³, por ello se recomiendan medidas preventivas respecto al almacenamiento en cámaras frigoríficas de las materias primas, pero la implementación de sistemas de tratamiento de emisiones gaseosas es inevitable. La Bio-Filtración es uno de los métodos más utilizados debido a su baja inversión inicial y costos de operación bajo con respecto a

¹⁶ (Benoit Anet, Marguerite Lemasle, Catherine Couriol, Thomas Lendormi, Abdeltif Amrane, Pierre Le Cloirec, Gilles Cogny, Romain Fillieres; *Journal of environmental management*, Published by Elsevier Ltd., Año 2013).

otras tecnologías, el empaque formado por turba o compostaje, es colonizado por microorganismos que llevan a cabo la degradación de los componentes olorosos, en agua, CO₂, biomasa, energía, y metabolitos.

El objetivo principal de esta investigación es identificar y cuantificar los compuestos químicos responsables de impacto olfativo de las plantas de Renderizado, es decir una caracterización de la emisión gaseosa de los contaminantes, mediante la tecnología (GC/MS) y otros métodos analíticos, además se presentan resultados respecto a la remoción de los diferentes compuestos odoríferos y las posibles mejoras a implementar en la tecnología de la Bio-Filtración a escala industrial.

En este caso se analiza una planta de Renderizado, que procesa 175.000 Tn por año, de desechos de origen animal y operando 120 h / semana. Los vahos del proceso son extraídos y enviados una primera etapa de tratamiento que consiste en un Sistema de Condensación de gases, los vahos de proceso son mezclados con el aire extraído en las diferentes salas de la planta, formando una corriente que es impulsada por ductos hacia el sistema de desodorización (Scrubber +Bio-Filtración),tratando este equipo 40.000 m³/ h, el lavador de gases (Scrubber) trabajo a PH constante de 4, mediante la inyección regulada de Ácido Sulfúrico, con un tiempo de residencia del gas dentro de este equipo de 1,3 seg, en esta etapa se eliminan los compuestos nitrogenados (Amoniaco y Aminas) y llevando la humedad relativa al 98%.Los gases entran al Bio-Filtro con una altura de total de 1,5 mts, con una estructura portante de 20 cm la que soporta la turba o compostaje, la superficie es de 1050 m² y un tiempo de residencia de (EBRT: 113 seg).El Bio-Filtro se rego con agua de laguna de planta de tratamiento de aguas residuales (EDAR), que presentaban la siguiente composición química media en el periodo de investigación:N-NH₄: 0,85 mgr/Lts, N- NH₃: 6,6 mgr/Lts, P-PO₃₄: 0,58 mgr/Lts, PH: 8, es Bio-Filtro es un sistema cerrado del que mediante un extractor se envían 80.000 m³/H a una chimenea de 30 mts de altura.

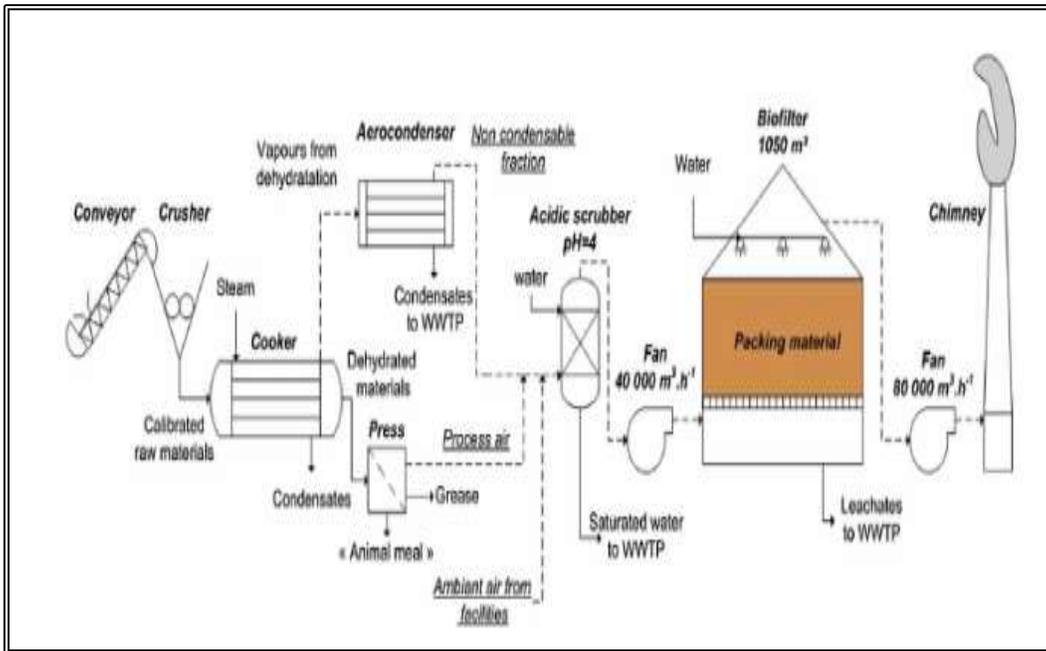


Figura 35. Esquema de la planta de renderizado con instalaciones para la desodorización de las emisiones.

Fuente: Benoît Anet et al., Caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de Rendering por (GC / MS) y tratamiento por Bio-filtración, año 2013.

Las muestras de gases se recogieron de acuerdo al método de muestreo AFNORNFEN 13725 (CEN- 2003), en bolsas Naloplan mediante un sistema de bombeo. El análisis de las emisiones gaseosas mediante Cromatografía, acoplado a una Espectrometría de Masas (GC/MS), se utilizó para cuantificar las concentraciones de los compuestos y comparar con los umbrales de olor de los mismos. Las muestras a tomadas a la entrada y salida del Bio-Filtro fueron de 0,2 Lts y 1 Lts respectivamente, utilizando Carbotrap 349, el CarbopackY permite la retención selectiva de compuestos pesados de C12 a C20, utilizando CarbopackB permite la retención selectiva de compuestos intermedios C5 a C12, y el Carboxen 1002 absorbe compuestos ligeros C2 a C5, estos compuestos luego son des absorbidos para ser trasferidos a la Columna Cromatográfica.

Se utilizo un Full Scan para los fragmentos de 20 a 300 AMU (Unidades de Masa Atómica). Los compuestos que contribuyen principalmente al mal olor, se identificaron mediante la comparación de los espectros obtenidos con los referenciados en la biblioteca (NIST) y cuantificados por calibración externa desarrollada por la ENSCR.

Los valores determinados fueron Aldehídos 1,7($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), Cetonas 0,5 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), Ácidos 0,7 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$) y Alcoholes 0,3 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), para la entrada al Bio-Filtro y Aldehídos 0,33 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), Cetonas 0,1 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), Ácidos 0,14 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$) y Alcoholes 0,07 ($\mu\text{Gr}/\text{m}^3$), para la salida del Bio-Filtro, según las concentraciones en los volúmenes de las muestras.

Como la Espectroscopia de Masas no se adapta a la corriente de aire diluido, es necesario un paso previo que es la preconcentración de los cartuchos. Sin embargo, este paso podría afectar la composición de la mezcla y, por lo tanto, los resultados analíticos, ya que los Mercaptanos podrían dimerizarse en el carbón activado (Boulinguez y Le Cloirec, 2010). Además, la (GC/MS) no está adaptada a la detección y cuantificación de sulfuro de hidrógeno como el espectro de masas de H_2S no presenta picos específicos. Por lo tanto, las concentraciones de compuestos de azufre se midieron con un analizador TRS MEDOR (Chromatotec, Francia).

La composición detallada de las emisiones en la entrada del Bio-Filtro se presentan en la Tabla 3. Los resultados confirman la complejidad de las emisiones gaseosas, como se informó anteriormente (Luo y Agnew, 2001; Rappert y Müller, 2005). En la entrada del Bio-filtro se observaron 36 compuestos y las familias químicas más representadas por: Aldehídos (12), Ácidos grasos volátiles (7), Alcoholes (7), Cetonas (5) y Compuestos de azufre (5). Luo y Agnew (2001) habían identificado previamente 55 compuestos volátiles entre los 300 detectados. El bajo número de componentes identificados y cuantificados en este estudio se debe a una restricción deliberada a la familia de compuestos más olorosos. Además, dado que el PH en el depurador se mantuvo en 4, no se observaron compuestos básicos, como Amoniac y Aminas. Entre los compuestos identificados, los contaminantes más concentrados en la entrada del Bio-Filtro fueron H_2S , MT, Isopentanal, Isobutanal y Etanal con concentraciones generalmente superiores a 10 mg/m^3 .

La intensidad del olor de una mezcla compleja no se puede predecir mediante un modelo que integre las concentraciones de diferentes compuestos químicos (Rognon y Pourtier, año 2000). Sin embargo, para identificar los compuestos que podrían presentar el impacto más oloroso, se sugirió calcular el valor de actividad del olor (OAV) de cada compuesto cuantificado (Rappert y Müller, año 2005). Despreciando

los fenómenos de inhibición o exaltación que ciertamente ocurren, la contribución teórica de olor puede calcularse a partir de la concentración y el umbral de olor de un compuesto dado, según (Devos et al., año 1990).

$$\text{OAV} = \text{CGi} / \text{Spi}$$

Siendo OAV, la actividad olfativa del compuesto, los valores de OAV pertenecientes a una misma familia de compuestos químicos se representa en la Figura 2. Como se observa, los compuestos de Azufre y Aldehídos reducidos contribuyeron principalmente al impacto oloroso de las emisiones. Por lo tanto, es necesario centrar los esfuerzos en la eliminación de estos compuestos, la contribución olfativa teórica detallada de los compuestos de Azufre, Aldehídos y Cetonas se presentan en la figura 3. Entre los compuestos de Azufre cuantificados, MT y H₂S fueron los principales contribuyentes, con valores de OAV para el MT de 5700 a 9200 y para el H₂S entre 545 y 677, el Etanotiol, contribuyo en menor medida con un valor de 153, el valor de OAV observado para DMS y DMDS, se mantuvieron bajos, 54 y 16 respectivamente.

En cuanto a los Aldehídos, el Isopentanal fue el principal contribuyente (OAV: 1459 a 3470). Las contribuciones de Isobutanal (26 a 124), Etanal (8 e 30) y, en menor grado, Metacroleína (1 a 37). El Hexanal, el Benzaldehído y el Pentanal mostraron contribuciones menores con OAV menor que 8. Para los Ácidos, se encontró que el Ácido Butírico fue el contribuyente más significativo con OAV entre 19 y 133, seguido por el ácido Isopentanoico (26 e 106) y el Ácido Pentanoico (6 a 42). Los OAV para los Ácidos Propanoico, Isobutírico, Etanoico y Hexanoico estuvieron entre 1 y 13, por lo que pueden considerarse casi insignificantes. El impacto de las Cetonas olfativas se debió principalmente a la presencia de Butadionas con aportes olorosos entre el 27 y el 168. La contribución de 2,3-pentanodiona permaneció desconocida ya que no se encontró umbral de olor para este compuesto. El OAV de Acetona, Metiletilcetona (MEK) y Metil-isobutilcetona (MIBK) pareció insignificante y permaneció por debajo de 0.1 De acuerdo con estos resultados, los principales contribuyentes olorosos en las emisiones fueron Metanotiol e Isopentanal, y en menor grado: H₂S, Isobutanal, Butadiona y el Ácidos butírico e Isopentanoico. El tratamiento de estos contaminantes debe ser eficiente para reducir el impacto olfativo de la planta de Renderizado.

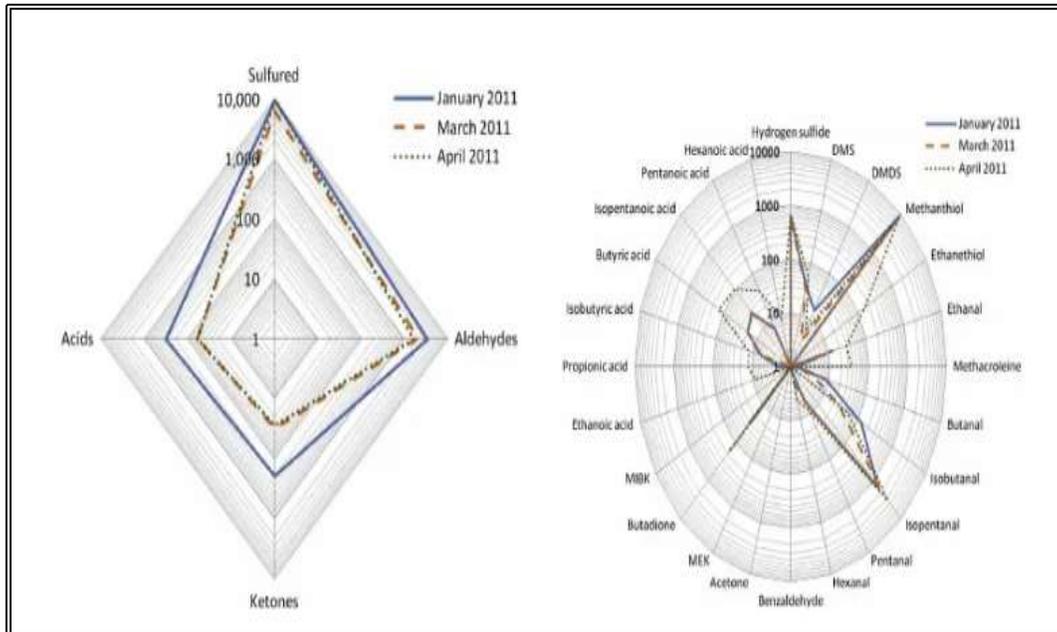


Figura 36. Contribuciones teóricas de olor de las principales familias de compuestos y la contribución de cada uno de los compuestos identificado en la entrada del bio-filtro (OUE).

Fuente: Benoît Anet et al., caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de rendering por (GC / MS) y tratamiento por bio-filtración, año 2013.

Las propiedades químicas del Bio-Filtro se informan en la Tabla 4. Este resultado sugiere que la humedad del material de empaque permaneció estable durante todo el estudio, y cerca de los valores recomendados de 60 y 70% para el Bio-Filtro de turba y brezo. Sin embargo, el PH del material de empaque era Acido, especialmente en el primer estrato, y tendió a declinar con el tiempo de acuerdo con la acumulación de Ácido Sulfúrico a lo largo del período de operación. Las eficiencias de remoción de Bio-Filtros reportadas en la Tabla 3 son superiores al 83% para Aldehídos y 63% para Cetonas. La capacidad de eliminación varió de unos pocos mg a unos cientos de mg para el tratamiento de Etanal, Isopentanal, Metacroleína e Isobutanol. En cuanto a la eliminación de compuestos de azufre, el Bio-Filtro mostró una buena eliminación de H₂S, con una eficiencia de eliminación en el rango de 84 al 90%.

Tabla 15

Concentraciones y umbrales de olor de los compuestos químicos observados en la entrada del bio-filtro y la performance del bio-filtro.

Gas temp. (°C)	Biofilter inlet ($\mu\text{g m}^{-3}$)			RE (%)	Treated load ($\text{mg m}^{-3} \text{h}^{-1}$)	Sp ($\mu\text{g m}^{-3}$)
	01/2011	03/2011	04/2011			
	24.8	26.1	32.2			
Hydrogen sulfide	17,400	14,000	15,500	84–90%	298 to 380	25.7
Dimethylsulfide	320	185	210	35 to 77%	2 to 6	5.89
Dimethyldisulfide	280	170	770	-41 to -219%	-8 to -20	47.9
Methanethiol	17,600	11,900	19,200	50 to 74%	156 to 293	2.09
Ethanethiol	430	Nd	Nd	100%	11	2.82
Ethanal	10,228	4473	2882	99 to 100%	73 to 259	342
Methacroleine	14,315	313	553	95 to 97%	8 to 343	389
Butanal	Nd	100	240	97 to 100%	3 to 6	27.5
Isobutanal	5947	3238	15,304	84 to 97%	69 to 375	123
Isopentanal	25,764	16,046	11,860	94 to 95%	281 to 605	8.13
Pent-2-enal	651	65	112	83 to 94%	1 to 15	-
Pentanal	209	152	138	91 to 100%	3 to 5	25.1
2-ethylbut-2-enal	Nd	370	Nd	92%	9	-
Crotonaldehyde	Nd	24	Nd	100%	1	-
Hexanal	259	116	67	88 to 92%	2 to 5	57.7
2-methylbut-2-enal	649	182	258	89 to 100%	4 to 16	-
Benzaldehyde	33	14	2	-29 to 48%	0 to 0.2	186
Acetone	1853	692	1279	63 to 95%	14 to 31	34,700
MEK	3417	549	566	80 to 93%	11 to 78	23,400
Butadiene	2661	481	426	93 to 96%	10 to 64	15.8
MIBK	7	Nd	2	100%	0	2290
2,3-pentanedione	464	22	9	79 to 100%	0.2 to 12	-
Ethanoic acid	3118	152	137	-46 to -103%	-4 to -74	363
Propanoic acid	1372	99	224	-42 to 15%	-3 to 1	110
Isobutyric acid	931	471	456	-30 to 61%	-17 to 7	72.4
Butyric acid	1923	275	273	-56 to 60%	-52 to 4	14.5
Isopentanoic acid	1110	275	275	-73 to 59%	-36 to 4	10.5
Pentanoic acid	852	127	132	-135 to 66%	-46 to 2	20.4
Hexanoic acid	510	Nd	Nd	-149%	-30	60.3
Methanol	256	161	158	79 to 100%	3 to 6	186,000
Ethanol	3106	1441	3252	84 to 98%	36 to 81	55,000
Propanol	1263	10	57	85 to 96%	0 to 26	6010
Butan-2-ol	Nd	57	Nd	83%	1	5250
Isobutanol	17	203	7	-43 to -1168%	-7 to 50	2570
Butanol	285	Nd	52	63 to 80%	0 to 5	1510
Pentanol	110	44	28	-33 to -340%	-13 to 0	1720

Nd: Not detected, Sp: odor Threshold compiled by Devos et al. (1990).

Fuente: Benoit Anet et al., caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de Rendering por (GC / MS) y tratamiento por bio-filtración, año 2013.

Se observaron rendimientos más bajos en la reducción de MT y DMS, con eficiencias de remoción respectivamente en el rango de 50% al 74% y 35% e 77%. Los rendimientos más bajos con respecto a estos compuestos coincidieron con estudios previos (Legrand, 2011; MyungChaetal., 1999; Soupramanienetal., 2012), lo que demuestra que la eliminación de MT y DMS fue más difícil en comparación con H₂S.

En primer lugar, a una inhibición del DMS y la degradación del Metanetiol por el H₂S, asociadas a la energía liberada durante la degradación del contaminante, donde la oxidación del H₂S aporta más energía a los microorganismos en comparación con la energía liberada por el MT y el DMDS (Smet et al. Además, la producción de Ácido Sulfúrico durante la biodegradación del H₂S (Anet et al., 2012a, b; Dumont et al., 2008) puede inhibir la degradación de otros compuestos reducidos de Azufre. Por ejemplo, la biodegradación de DMS que se inhibió fuertemente por debajo de PH 5 (Sercu et al., 2005a, b; Soupramanien et al., 2012).

Los resultados frente al DMDS sugirieron la producción de este compuesto por el propio Bio-Filtro. Ya se informó (Van Leerdam et al., 2008) que este compuesto podría producirse por oxidación química de MT en condiciones aeróbicas. Parece que, en este biofiltro, las características físicas y químicas de la bio película parecen favorecer esta reacción química. Además, el MT también puede reaccionar con partículas de Bisulfuro, dando lugar a la formación de Dimetilpolisulfuro (Van Leerdam et al; año 2011). También se investigó la degradación de los alcoholes, aunque no tuvieron un impacto oloroso en la entrada del bio-Filtro. La eliminación de alcoholes lineales simples como el Metanol, el Etano y el Propanol siguió siendo eficiente, con eficiencias de remoción superiores al 79%. Los rendimientos sobre Isobutanol, Pentanol y Ácidos Volátiles también fueron limitados e incluso negativos, lo que sugiere una producción durante la etapa de Bio-Filtración. Estos fenómenos fueron previamente reportados por varios autores. Durante la degradación del Acetato de Etilo, Deshusses et al. (1999) observaron la producción de Etanol y otros compuestos no identificados por el Bio-Filtro. Al tratar altas cargas de Isobutanol, Sercu et al. (2005a, b) observaron un rápido agotamiento de los nutrientes, lo que lleva a una degradación parcial y la formación de subproductos, como el Isobutano y Acido Isobutírico, así como un aumento de la producción de Isobutanol, PH ácido (PH 5,2), en comparación con un

medio alcalino (PH 8,4), y han relacionado este fenómeno con la cinética de degradación más lenta del Isobutanol en condiciones ácidas.

Los rendimientos del biofiltro sobre Isopentanal, H₂S y MT se muestran en la Fig. 4, que informa una buena correlación entre las cargas tratadas en función de las cargas de entrada aplicadas. Como se informa en la Tabla 3, la mayor eficiencia de remoción se observa para Isopentanal y H₂S. Sin embargo, se observó una eliminación incompleta incluso si la carga aplicada se mantuvo baja. Por ejemplo, 26 (seg) es suficiente para eliminar con éxito cargas de hasta 4,5 (GrH₂S/m³H) (RE superior al 96%) en el biofiltro de corteza de pino (Gaudin et al., 2008). Además, Kastner y Das (2005) observaron una eliminación total del acolchado de Isopentanal y el Bio-Filtro de corteza hasta una carga de entrada de 3 (Gr/M³H) para el Isopentanal. A partir de estas observaciones, se pueden formular cuatro hipótesis para explicar la formación de subproductos de alcohol y ácido en este proceso. En primer lugar, el tratamiento de altas cargas de Isopentanal e Isobutano conduce a una degradación parcial y a la formación de subproductos que no son totalmente eliminados. En segundo lugar, a pesar de un tiempo de residencia de gas elevado favorable (EBRT: 113 s), la cinética de degradación parece estar inhibida por condiciones operativas desfavorables como el PH ácido a lo largo de la altura del Bio-Filtro, producción de Ácido Sulfúrico durante la degradación del hidrógeno H₂S lo más probable es que inhiba la actividad microbiana y, como consecuencia, la eficiencia de eliminación de contaminantes. Además, el balance de nutrientes aplicado al biofiltro fue extremadamente bajo ya que la relación C / N / P era igual a 100 / 0,6 / 0,04.

Como consecuencia, este sistema tiene una carencia de nutrientes que puede reducir la actividad microbiana. A pesar de que el uso de soluciones nutritivas no era corriente a escala industrial por razones económicas y prácticas (obstrucción del sistema de bombeo y dispersión), se debe considerar la incorporación de nutrientes en forma sólida para estimular el crecimiento y la actividad microbiana. La eliminación incompleta de Isopentanal e hidrogeno sulfuro, a baja carga de entrada < 0,7 Gr/m³h y 0,5 gr/m³h, sugiere la existencia de trayectorias de flujo preferenciales en el empaque (Anetet al., 2012), donde los rendimientos son reducidos. Por tanto, la selección de medios más adecuados según un punto de vista hidrodinámico reduciría estos fenómenos.

La contribución olfativa teórica detallada de cada compuesto en la salida del Bio-Filtro se presenta en la Fig. 37. Sólo unos pocos componentes mostraron contribuciones olorosas importantes. De acuerdo con los rendimientos observados, el MT presentó el impacto oloroso más importante con OAV entre 2175 y 4553, muy por encima de otros compuestos azufrados como H₂S (OAV de 70 a 88), DMS y DMDS (OAV entre 11 a 23). Incluso si el Isopentanal se trató satisfactoriamente, su contribución casi despreciable con un OAV que varió de 92 a 172. El OAV de los Ácidos Pentanoico, Isopentanoico y Butírico que son producidos por el propio Bio-Filtro varía respectivamente de 2 a 98, 1 a 183 y de 8 a 203.

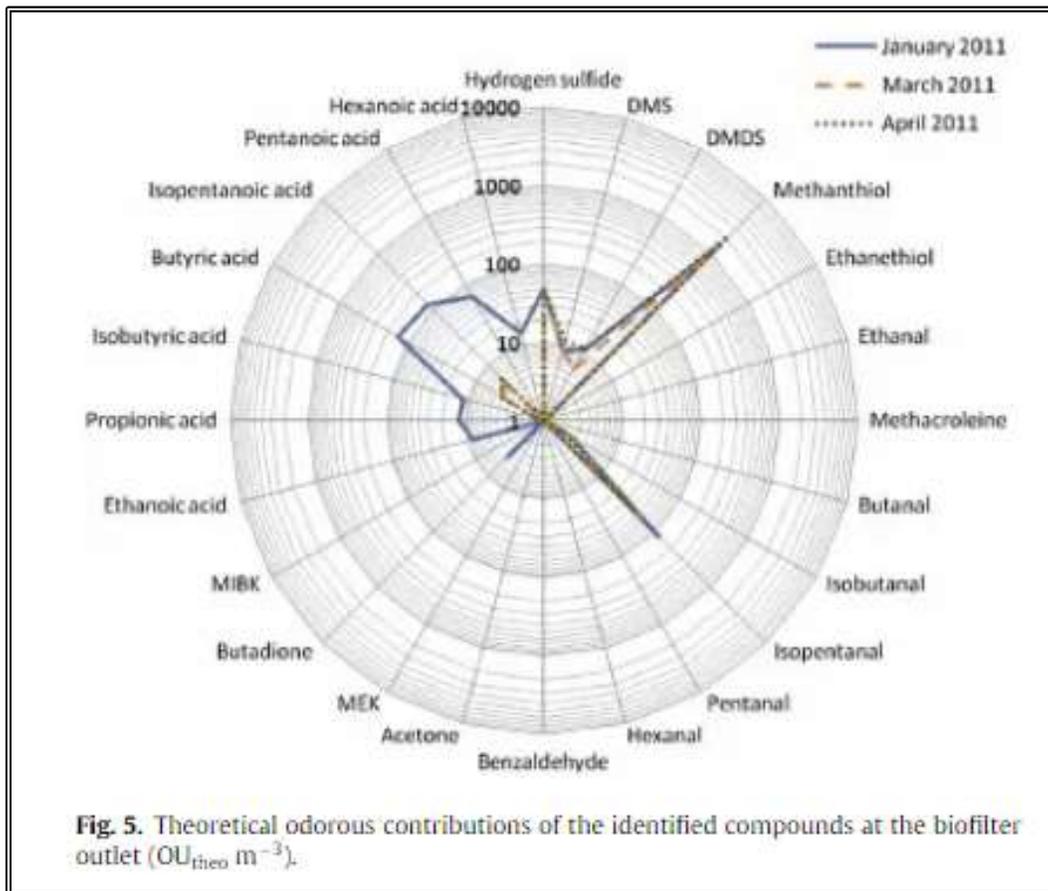


Figura 37. Contribuciones teóricas de olor de las principales familias de compuestos y la contribución de cada uno de los compuestos identificados en la salida del bio-filtro (OUE).

Fuente: Benoit Anet et al., caracterización de las emisiones olorosas gaseosas de una planta de rendering por (GC / MS) y tratamiento por bio-filtración, año 2013.

