Documento del Grupo de Trabajo de Conama 10
Contaminación odorífera

PARTICIPANTES

Coordinador:

- Antonio Iglesias García. Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid.

Relatores:

- Luís Pertejo Castaño. Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid.
- José Manuel García. Técnicas Ambientales, S.L

Colaboradores técnicos:

- Alberto Urtiaga de Vivar Frontelo. Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid.
- Carlos Rodríguez Casals. Fundación CONAMA.
- Carlos Alberto Romero Batallán. Ilustre Colegio Oficial de Químicos.
- Castañar Romero. GEOCISA.
- Charo Rey. Urbaser.
- Enrique Crespo. Dirección General de Calidad Atmosférica de la Consejería De Medio Ambiente y Vivienda de la Comunidad de Madrid.
- Fernando González López. AEGIC – ATISAE.
- Gema Cristina Hernaiz Soto. Ilustre Colegio Oficial de Químicos de Madrid.
- Gloria Sánchez Santos. Área Metropolitana de Barcelona - Entidad de Medio Ambiente.
- José Juan Castro Díez. Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.
- Mabel del Campo. Dirección General de Evaluación Ambiental de la Comunidad de Madrid.
- Manel Flores. D. Medio Ambiente y Vivienda. Generalitat de Cataluña.
- Marcos Gutiérrez González. Técnicas Ambientales, S.L.
- Paloma Mateo García. Endesa.
- Rosa Arias Álvarez. Consultora.

RESUMEN

La regulación de olores constituye una clara demanda social. Su importancia de cara al impacto ambiental explica el que deba ser considerada en las Declaraciones de Impacto Ambiental (D.I.A.) y en su caso las Autorizaciones Ambientales Integradas (A.A.I.).

La contaminación atmosférica por olores se aborda mediante su eliminación en los focos de emisión aplicando técnicas fisicoquímicas y biológicas, enfocadas a la destrucción de las moléculas odoríferas, cuyo control se realiza por análisis químico que determina su presencia pero no el resultado ambiental de su mezcla.
Éste se determina mediante la olfatometría, técnica sensorial que introduce nuevos conceptos y la consiguiente medida de sus parámetros asociados- medibles y contrastables- mediante normativa centrada en emisión (norma UNE-EN 13725) e inmisión (norma VDI 3940).

La norma UNE-EN 13725 ha posibilitado el establecimiento de una legislación específica para control y prevención de la contaminación odorífera, inexistente hasta el año 2005, en que la Generalitat de Cataluña, respondiendo a la demanda social, elabora un Borrador de Anteproyecto de Ley que llena un vacío legal en España y en la Unión Europea. Se ha comenzado a tener en cuenta sus prescripciones y a enfocar su adaptación en otras comunidades autónomas.

OBJETIVOS

- Destacar la importancia social que supone para la población el disfrutar de una atmósfera exenta de olores desagradables.

Para ello se hace necesario valorar el estado actual de las técnicas analíticas, especialmente la olfatometría, poniendo de manifiesto la necesidad del aseguramiento de la calidad en la toma de muestras en emisión y de la acreditación a través de ejercicios de comparación interlaboratorio, a fin de posibilitar la aplicación efectiva de la norma UNE-EN 13725, que regula la emisión y en que la que se basa el Borrador de Cataluña, con vistas a que se pueda proponer como pauta para adaptarlo a una futura legislación básica del Estado y de otras legislaciones autonómicas , haciendo extensiva aquella necesidad a la regulación de la normativa existente para inmisión, norma VDI 3880.

ÍNDICE DEL DOCUMENTO

1. Introducción

2. La olfatometría
   2.1. El órgano olfativo
   2.2. La olfatometría como técnica analítica sensorial
      2.2.1. Toma de muestras y transporte a laboratorio
      2.2.2. Medidas olfatométricas en laboratorio
      2.2.3. Incertidumbre
      2.2.4. Importancia de la acreditación
         2.2.4.1. Laboratorios acreditados
      2.2.5. Medidas olfatométricas en campo
         2.2.5.1. Aplicación de la norma DIN-3940
         2.2.5.2. Olfatómetros de campo
         2.2.5.3. Narices electrónicas

   2.3. Estudio comparativo de las metodologías de emisión e inmisión

3. La Contaminación Odorífera en España
   3.1. Métodos correctivos. Eliminación de olores
   3.2. Prevención y control de olores. Legislación
   3.3. Borrador de Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorífera de la Generalitat de Cataluña. Su aplicación actual a este problema.
      3.3.1. La contaminación odorífera en Cataluña
      3.3.2. La contaminación odorífera en el resto de España
   3.4. La contaminación odorífera en la Comunidad de Madrid
   3.5. La contaminación odorífera en Castilla-León
   3.6. La contaminación odorífera en Murcia
   3.7. La contaminación odorífera en Galicia
   3.8. La contaminación odorífera en el Principado de Asturias
   3.9. La contaminación odorífera en Castilla-La Mancha
   3.10. La contaminación odorífera en la Comunidad Valenciana
   3.11. La contaminación odorífera en Andalucía

4. La contaminación odorífera en el resto de Europa
      Legislación en Francia
      Legislación en Holanda
      Legislación en Alemania
      Legislación en Irlanda
      Legislación en el Reino Unido

5. La contaminación odorífera en América
   5.1. La contaminación odorífera en Estados Unidos
   5.2. La contaminación odorífera en Canadá
   5.3. La contaminación odorífera en México
   5.4. La contaminación odorífera en Chile

   6. Situación de la legislación

   7. Estado actual del problema

Anexos

A. ELIMINACIÓN DE OLORES POR LAVADO QUÍMICO
B. ELIMINACIÓN DE OLORES POR ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVO
C. ELIMINACIÓN DE OLORES POR BIOFILTRACIÓN
D. ANÁLISIS QUÍMICO DE MOLÉCULAS ODORÍFERAS
E. MAPA DE OLORES
F. ACCIONES DEL AYUNTAMIENTO DE LA CORUÑA PARA PREVENCIÓN Y CONTROL DE OLORES

Contaminación odorífera

1. Introducción

Designamos con esta denominación a la presencia en la atmósfera de moléculas portadoras de olores desagradables que por su naturaleza son susceptibles de causar molestias y de producir, en algunas ocasiones, intoxicaciones. La concentración a la cual se percibe la sensación de molestia se denomina umbral de percepción, y aquella a la cual se puede definir el olor, se le llama umbral de identificación. Estos conceptos se explican, más adelante, en 2.2 La olfatometría como técnica sensorial.

Tales umbrales son extremadamente bajos; a título de ejemplo señalaremos que para el sulfuro de hidrógeno el umbral de percepción es de 10^{-4} mg/Nm^3 de aire y el umbral de identificación, que nos permite distinguir su olor a huevos podridos, es de10^{-2} mg/Nm^3 de aire.

Estas concentraciones se han determinado por Olfatometría.

También se ha abordado el problema de contaminación odorífera mediante el análisis químico de las moléculas de mayor impacto ambiental.

La olfatometría y el análisis químico de moléculas odoríferas especialmente problemáticas (H_2S, aminas, NH_3) constituyen dos estrategias complementarias, y en modo alguno antagónicas, para abordar el problema de la contaminación odorífera. Al mismo tiempo conviene tener en cuenta que, así como el análisis químico determina moléculas, la olfatometría determina los olores que a menudo derivan de una conjunción de moléculas odoríferas.

Este Documento preliminar está elaborado con vistas a su presentación en el Congreso Nacional de Medio Ambiente, que se celebrará en Madrid del 22 al 26 de noviembre de 2010, de acuerdo con las líneas del programa establecido por CONAMA 10. En su redacción se han tenido en cuenta las aportaciones recibidas de los Colaboradores técnicos del comité Técnico del Grupo de Trabajo. Este documento constituye al mismo tiempo una ampliación de las versiones del Documento de síntesis que se han publicado en la Plataforma en el apartado Documentos.

2. La olfatometría

2.1.El órgano olfativo

Conviene, ante todo, explicar algo que puede parecer obvio, ¿Qué es un olor?; pues bien, señalaremos que un olor es una sensación que se registra en el cerebro mediante la transmisión, a través del nervio olfativo, de la presencia de las sustancias olorosas que estimulan la mucosa nasal. Para que tal transmisión sea posible es necesario que la sustancia olorosa, el analito, se disuelva en el líquido de la mucosa.

Si comparamos la sensación de oler con el registro de un analito por un aparato de instrumentación analítica, podemos considerar que el analito, la sustancia olorosa, es el mismo en los dos casos, mientras que el sensor del olfato es el conjunto formado por el epitelio olfatorio con sus neuronas sensoriales olfatorias; y el transductor, que son los axones encargados de transmitir la señal al cerebro, el cual corresponde a un caso particular de detector del instrumento analítico, ya que el cerebro interpreta los resultados asociándolos a sensaciones, a diferencia del detector de un instrumento analítico que sólo los registra.

El mecanismo fisiológico de captación y transmisión de los olores fue descubierto en 1991 por los doctores Richard Axel, de la Universidad de Columbia en Nueva York, y Linda B. Buck, investigadora del Fred Hutchinson Cancer Research Center de la

Universidad de Washington, en Seatle, por cuyo descubrimiento les fue concedido el Premio Nobel de Fisiología y Medicina del año 2004. En investigaciones posteriores han puesto de manifiesto el modo en que los axones se organizan y siguen caminos prefijados para establecer las conexiones en los glomérulos específicos del bulbo olfativo, así como las bases para que un receptor olfativo reconozca una sustancia olorosa, los aspectos moleculares de su estructura y la relación con la captación del olor. Estas etapas son indispensables para diferenciar las características del aroma específico y permitir la formación y consolidación de la memoria olfativa.[1]

Las etapas iniciales de percepción de olor tienen lugar en las neuronas olfativas situadas en el epitelio olfativo, superficie de unos 5 cm^2 en los humanos, que se encuentra situada en la parte posterior de las fosas nasales. En su trabajo *Relación entre la estructura molecular y los olores*, María Teresa Miras Portugal, cita a Ramón y Cajal en estos términos: "Dejaré que sea don Santiago Ramón y Cajal (1904) quien describa las neuronas olfativas, cito texto":

> *A este nivel, también el epitelio de células alargadas se modifica, perdiendo sus pestañas y un nuevo corpúsculo aparece: la célula bipolar u olfativa, que representa el verdadero órgano de recepción del impulso o estímulo oloroso. ...Como su nombre anuncia, trátase de corpúsculos nerviosos provistos de dos expansiones: recia la periférica que se termina en la superficie libre por un cabo del cual parte un penacho de finísimas pestañas móviles... La expansión descendente representa al cilindro-eje o axón, lo que da carácter de neurona a la célula bipolar... esta fibrilla recorre indivisa y sin anastomarse una parte del dermis, reúnese luego con otras en apretados hacecillos, sube luego, conservando siempre su individualidad, a través de la lámina cribosa del etmoides y asalta, en fin, el bulbo olfatorio, para terminar arborizándose en el espesor de un glomérulo de este órgano nervioso central».*

La figura 1 ilustra la estructura anatómica del órgano olfativo.

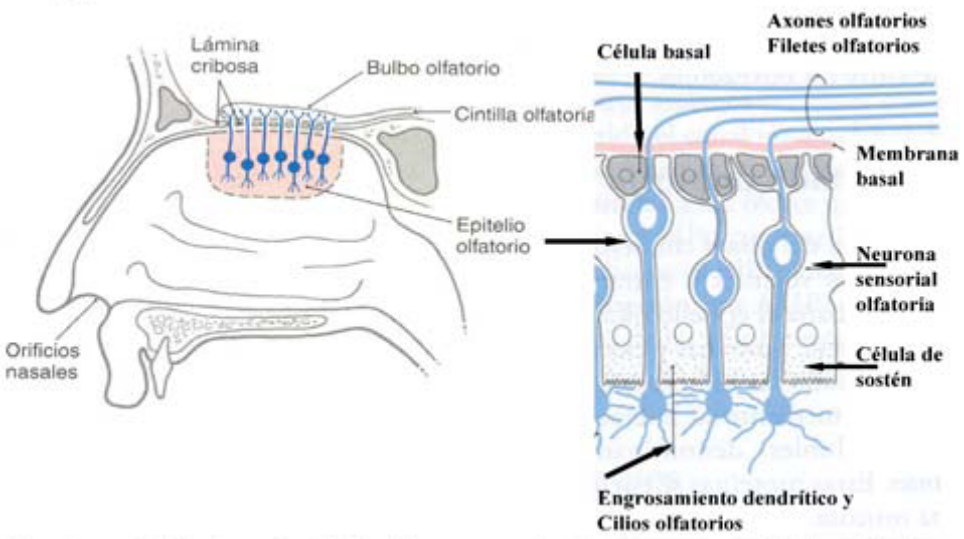


Figura 1.- Corte sagital a través de las fosas nasales humanas y epitelio olfativo (Adaptado de María Teresa Miras Portugal, Receptores olfativos)

2.2.La olfatometría como técnica analítica sensorial

La olfatometría consiste en una técnica sensorial que utiliza el olfato humano para detectar un olor.

La olfatometría se basa en la utilización de un panel de expertos en percepción de olores para determinar su respuesta fisiológica ante la presencia de sustancias odoríferas en una muestra de aire contaminado.

En el campo medioambiental, concretamente, en lo que se refiere al impacto ambiental asociado a una actividad, cabe distinguir dos conceptos: emisión e inmisión.

Por emisión se entiende la cantidad de sustancias odoríferas que escapan a la atmósfera desde la fuente que las produce.

Por inmisión se entiende la cantidad de aquellas sustancias que percibe el olfato de los receptores.

El análisis olfatométrico es la herramienta analítica sensorial que determina tales cantidades de sustancia, en emisión y en inmisión.

El *análisis olfatométrico en emisión* se lleva a cabo mediante la aplicación de la norma UNE– EN 13725 sobre *Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica.* Esta norma introduce, entre otros, el concepto de *concentración de olor* y diseña el protocolo para su determinación estableciendo la unidad de olor europeo por metro cúbico (ou_E/Nm^3).

El análisis olfatométrico en inmisión se describe en la norma DIN-3949 y se lleva a cabo mediante la aplicación de la misma.

Previamente, para llegar a establecer el concepto de concentración de olor, la norma EN 13725:2003 introduce los conceptos de ***Masa de olor de Referencia Europea (MORE y Unidad de olor europea (OU_E)***:

Masa de olor de Referencia Europea (MORE)*: es la cantidad de sustancia olorosa que produce la misma respuesta fisiológica en un panel que la producida por la evaporación de 123 g de n-butanol (CAS-Nr.71-36-3) evaporado en 1m^3 de gas neutro en condiciones normales de presión y temperatura, y equivale a una concentración de 0,040 mol/mol (40 partes por mil millones, ppmm, en términos de volumen.*

Entendemos por respuesta fisiológica la percepción positiva de una parte de los individuos que forman el panel. Dicha parte se ha fijado, por convenio, en el 50 % de los individuos del panel D_{50}. Cuando esto ocurre, se dice que se ha alcanzado el *umbral de detección* de la sustancia problema.

El cuadro 1 muestra los umbrales de detección y de identificación de las moléculas odoríferas más relevantes.

Cuadro 1 Características de los principales compuestos responsables de olores en estaciones de depuración

Clase de compuesto	Compuesto	Peso molecular (g/mol)	Fórmula química	Características del olor	Umbral olfativo (mg/Nm³ aire)
Sulfurados	Sulfuro de hidrógeno Metil mercaptano Etil mercaptano Dimetil sulfuro Dietil sulfuro Dimetil disulfuro	34,1 48,1 62,1 62,13 90,2 94,2	H_2S CH_3SH C_2H_5SH $(CH_3)_2S$ $(C_2H_5)_2S$ $(CH_3)_2S_2$	huevos podridos col, ajo col en descomposición legumbres en descomposición etéreo pútrido	0,0001 a 0,03 0,0005 a 0,08 0,0001 a 0,03 0,0025 a 0,65 0,0045 a 0,31 0,003 a 0,014
Aminados	Amoníaco Metil amina Etil amina Dimetil amina Indol Escatol Cadaverina	17 31,05 45,08 45,08 117,5 131,5 102,18	NH_3 CH_3NH_2 $C_2H_5NH_2$ $(CH_3)_2NH$ C_8H_6NH C_9H_8NH $NH_2(CH_2)_5NH_2$	muy picante, irritante pescado en descomposición picante, amoniacal pescado podrido fecal, nauseabundo fecal, nauseabundo carne en descomposición	0,5 a 37 0,021 0,05 a 0,83 0,047 a 0,16 0,0006 0,0008 a 0,10 /
Ácidos	Acético Butírico Valeriánico	60,05 88,1 102,13	CH_3COOH C_3H_7COOH C_4H_9COOH	vinagre mantequilla rancia sudor, transpiración	0,025 a 6,5 0,0004 a 3 0.0008 a 1,3
Aldehídos y cetonas	Formaldehído Acetaldehído Butiraldehído Ald. isovaleriánico Acetona	30,03 44,05 72,1 86,13 55,08	HCHO CH_3CHO C_3H_7CHO $(CH_3)_2CHCH_2CHO$ CH_3COCH_3	acre, sofocante fruta, manzana rancio fruta, manzana fruta suave	0.033 a 12 0,04 a 1,8 0,013 a 15 0,072 1,1 a 240

***Unidad de olor europea (OU_E)**: cantidad de sustancias odoríferas que, cuando se evaporan en 1 m^3 de un gas neutro en condiciones normales, originan una respuesta fisiológica de un panel (umbral de detección) equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en 1 m^3 de un gas neutro en condiciones normales.*

De los conceptos anteriormente expuestos, resulta una relación de equivalencias que constituye la base de la trazabilidad para cualquier sustancia olorosa, y que podemos expresar en los términos siguientes:

1 MORE = 123 □g de n-butanol =1 OU_E para la mezcla de sustancias olorosas.

De este modo llegamos al concepto de ***Concentración de olor,*** que se define como *el número de unidades de olor europeas en 1 m^3 de gas en condiciones normales.* Cualquier valor de concentración de olor, por el hecho de ser perceptible por parte del 50% de los panelistas, es, necesariamente, en virtud de la definición de ***OU_E*** anteriormente expuesta, un múltiplo de ésta.

Las anteriores definiciones permiten sentar un criterio analítico sensorial para establecer qué concentraciones de sustancias odoríferas en emisión producen en el medio ambiente, por su inmisión, una contaminación odorífera.

De este modo, las Administraciones pueden cuantificar de manera medible los valores límite tolerables de inmisión en determinadas zonas de influencia de olores. Desarrollaremos este tema en los apartados 3.6 a 3.9, 4 y 5.

2.2.1.- Toma de muestra y su transporte a laboratorio

La toma de muestra constituye una fase fundamental del proceso de medida de olor puesto que condiciona la calidad y fiabilidad del resultado.

Nos vamos a referir aquí a la toma de muestras en emisión y de su transporte al laboratorio de acuerdo con el protocolo que la norma UNE-EN 13725 describe en su apartado 6.

La toma de muestra para su posterior análisis en laboratorio de olfatometría consiste en la recogida de una porción de aire contaminado en unas bolsas de material plástico especial.

Entre los materiales plásticos más utilizados figura el polifluoruro de vinilo, comercializado con la marca Tedlar (Dupont de Nemours). Su característica esencial consiste en que no interfiere, desde el punto de vista fisicoquímico, con la composición de la muestra que permanece inalterada por baja que sea su concentración en contaminantes odoríferos, por lo cual puede ser transportada al laboratorio con seguridad suficiente para su análisis.

Los materiales para la toma de muestras para olfatometría en diferido, consisten en un cajón dentro del cual se ha introducido una bolsa, una bomba y un manómetro. Pueden contar, asimismo, de un dispositivo de transferencia de la muestra.

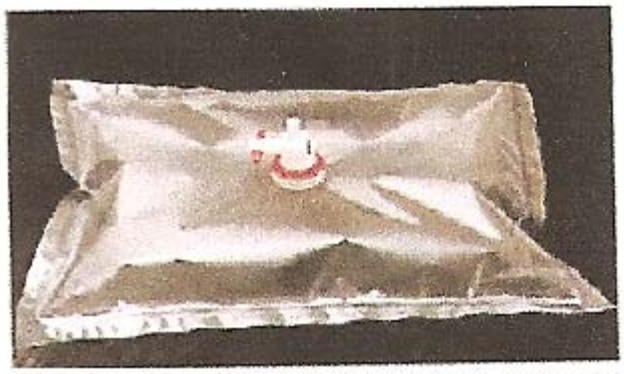


Figura 2.- Bolsa de toma de muestras en Tedlar (Fuente Odoflux)

La elección del método de toma de muestra depende del tipo de olfatometría que se vaya a practicar, ya sea *olfatometría en línea* u *olfatometría en diferido*. El tipo de olfatometría que se elija depende, fundamentalmente de las características de la muestra que se vaya a analizar y del emplazamiento del punto de muestreo con respecto al laboratorio de análisis , siendo indispensable en cualquiera de los casos seguir la metodología adecuada en la propia toma, en el acondicionamiento de la muestra y en su transferencia al olfatómetro (olfatometría en línea) o al contenedor en que se va a transportar al laboratorio (olfatometría diferida), de manera que la muestra que se va a analizar sea representativa del flujo total del gas problema.

Toma de muestra para olfatometría en línea

Se aplica a los casos de atmósferas contaminadas procedentes de fuentes canalizadas o canalizables, como salidas de chimeneas, respiración de contenedores de almacenamiento, biofiltros, caudales de líquido en movimiento en las obras de llegada de aguas residuales.

Se debe aplicar únicamente a aquellas emisiones cuya concentración sea constante durante la toma de muestra.

Los elementos necesarios para este tipo de operación consisten en una sonda, una bomba o un ventilador de aire, un conducto de transporte del aire contaminado hasta el olfatómetro previo acondicionamiento a la presión atmosférica, (Figura 3).

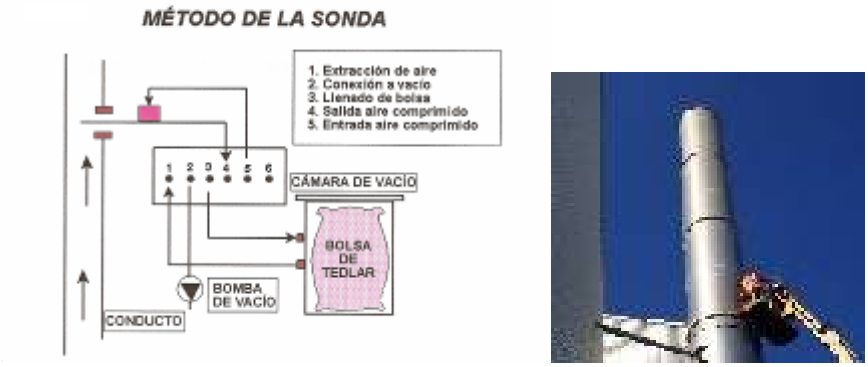


Figura 3.- Esquema del método de la sonda para muestreo en línea (Fuente Labaqua) y fotografía de toma de muestra en chimenea (Rosa Arias)

Para calcular los caudales de aire contaminado, el caudal volumétrico debe medirse de acuerdo con la norma ISO 10780.

Ahora bien, la norma toma de muestra con arreglo a la norma ISO 10396 para fuentes estacionarias está enfocada al análisis en continuo, no necesariamente olfatométrico, sino más bien químico, pues químicos son los sistemas de análisis que especifica esta norma. Su aplicación al análisis olfatométrico requeriría la conducción del aire viciado directamente al olfatómetro, es decir, la presencia de un laboratorio olfatométrico en la propia instalación industrial o de obra civil, lo que parece demasiado oneroso. Por otro lado, la aplicación de este método a zonas de las EDAR´s como extracciones del aire viciado de la línea de fangos que va a ser conducido a los sistemas de desodorización (torres de lavado químico, torres de carbón activo o biofiltros) parece de discutible sentido práctico, toda vez que las moléculas odoríferas serán eliminadas en dichos sistemas con lo cual el análisis olfatométrico pierde aquí su carácter "medioambiental" resultando más adecuado en estos casos el análisis químico directo de las moléculas predominantes (sulfuro de hidrógeno, otros compuestos de azufre reducido amoníaco y amoníaco).

Toma de muestra para olfatometría en diferido

Se puede practicar en las fuentes canalizadas o canalizables, pero tiene mayor sentido aplicarla a las fuentes superficiales activas, fuentes superficiales pasivas y fuentes difusas y, de modo más general, en todas aquellas fuentes donde la emisión de olor no es constante en el tiempo.

- ***Las fuentes superficiales activas*** se caracterizan por la turbulencia que las imprimen sus sistemas de aireación que provocan la emisión de gases con moléculas odoríferas. Son un ejemplo típico las balsas de aireación de los decantadores primarios de las EDAR. Como estos decantadores generalmente no están cubiertos, sí es procedente el análisis olfatométrico de sus emisiones, porque se van a expandir en el medio. Según la norma 13725 (Anejo J; J.5.1 Equipo de muestreo y procedimientos, *"No puede especificarse ningún método individual. Se han aplicado diferentes métodos, tales como la campana de flujo, túneles de viento y métodos micrometeorológicos*".

Con el método de la campana (Figura 4) la velocidad del gas se determina en el punto de muestreo (parte superior de la pirámide según se puede apreciar en la figura).

Figura 4.- Esquema y fotografía del método de la campana de flujo (Fuente Labaqua)

- Las ***fuentes superficiales pasivas***, a diferencia de las activas, carecen de aireación; es el caso de superficies de agua como las de ríos, lagunas, balsas, depósitos, etc. Se consideran como tales a aquellas fuentes cuyo caudal de aire oscila entre 500 y 5.000 L/min y su velocidad va de 0,1 a 5 m/s. Para la toma de muestras de sus emisiones gaseosas se utilizan la caja de Linwald (Figuras 5 y 6)

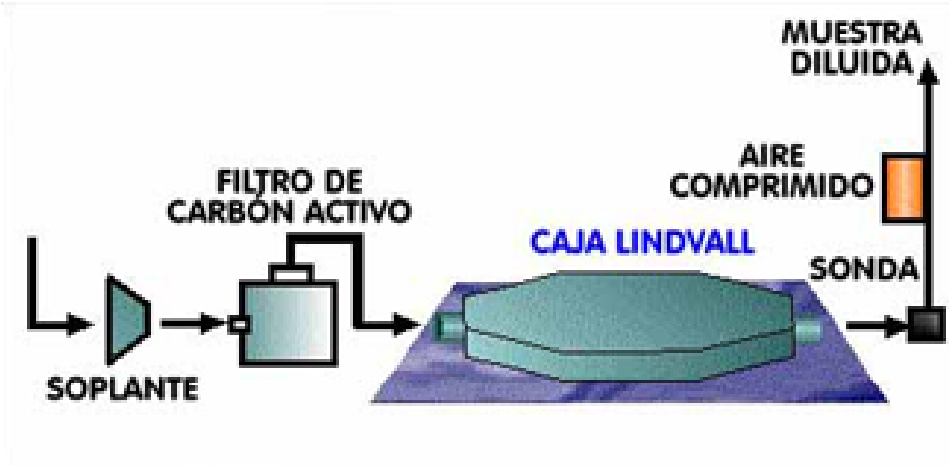
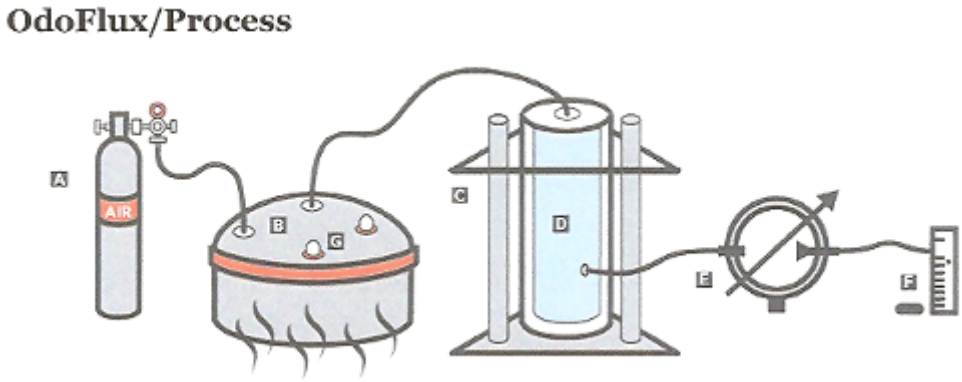


Figura 5.- Diagrama de Caja de Lindvall (Fuente Labaqua)

Figura 6.- Aplicación de la caja de Lindvall en una superficie pasiva (Fuente Labaqua)

Asimismo, en el estudio de las emisiones de las fuentes pasivas se utiliza a menudo la cámara Odoflux (Figuras 7 y 8) o el túnel de viento (Figura 8). La *cámara de flujo* fue desarrollada originalmente en los años 70 para cuantificar las emisiones de los gases inorgánicos de suelos. En 1980, la EPA estudió el uso de las *cámaras de flujo* para medir la emisión de COV s en suelos y aguas en vertederos de residuos peligrosos.



A. Aire comprimido ultrapuro o gas inerte
B. Cámara de flujo Odorflux
C. Cámara pulmón
D. Bolsa de muestreo de TEDLAR o NALOPHANE
E. Aire comprimido ultrapuro o gas inerte
F. Cámara de flujo Odorflux
G. Cámara pulmón
H. Bolsa de muestreo de TEDLAR o NALOPHANE
I. Bomba
J. Rotámetro
K. Puertos para temperatura de prueba de 1/4" NPT

Figura 7.- Esquema de la toma de muestras mediante cámara de flujo (Fuente Odorflux)

Figura 8.- Fotografía del modelo de cámara de flujo utilizada en fuentes difusas (Fuente Odorflux)

Figura 9.- Toma de muestras en emisión de una fuente difusa quiescente atmósfera contaminada en un vertedero) mediante túnel de viento.

Figura 10.- Toma de muestras en tratamiento de fangos. (Aguilar Jiménez, Joaquín – Empresa Municipal de Aguas de Córdoba, S.A. - Gómez Palacios, José María – Biomasa Peninsular, S.A.)

Las muestras tomadas en las condiciones que se han descrito se llevan al laboratorio.

El intervalo entre el muestreo y la medida no debe exceder de 30 horas por convenio, toda vez que los procesos que pueden deteriorar a las sustncias olorosas muestreadas son progresivos con el tiempo:

- Adsorción ;
- Difusión;
- Transformación química.

La transformación química puede minimizarse reduciendo la disponibilidad de oxígeno y vapor de agua en la muestra por predilución con nitrógeno seco. Los datos de investigaciones sistemáticas y extensivas sobre el almacenamiento de muestras no son concluyentes. Los experimentos indican que las pérdidas después de 24 h a 30 h de almacenamiento pueden ser significantes para algunas sustancias.

Durante el transporte y almacenamiento, las muestras deben mantenerse a menos de 25ºC. La temperatura, sin embargo, debe mantenerse por encima del punto de rocío de las muestras para evitar condensaciones.

- Otros datos que atañen a la planta, como: unidades de la planta en funcionamiento correcto, unidades en funcionamiento defectuoso.

2.2.2.- Medidas olfatométricas en laboratorio

La determinación olfatométrica de la concentración de olor en emisión supone una toma de muestra y su transporte[i] a laboratorio acreditado (Figura 2) para realizar el análisis olfatométricos obteniéndose así los valores de concentración de olor en ou_E / m^3 .

Como anteriormente se ha señalado, la olfatometría dinámica es una técnica sensorial de análisis que utiliza el olfato humano como detector. El protocolo de medida que se desarrolla en el laboratorio de olfatometría es el siguiente:

Las muestras recogidas en el foco se conectan al olfatómetro que es un equipo que permite obtener concentraciones variables de aire contaminado en aire neutro exento de olores. La mezcla se obtiene en uno de los componentes del olfatómetro, el dilutor, del que nos ocuparemos más adelante. La mezcla obtenida se ofrece a cada individuo del panel de expertos en olores, al que en adelante denominaremos *olfatómetras*, mediante dos boquillas a través de las cuales olerá alternativamente gas neutro y gas contaminado. Los olfatómetras han sido previamente calibrados según especifica la norma UNE-EN 13725 en su apartado 6.7 Panel.

[i] Norma UNE-EN 13725, 7.3.3 Transporte y almacenamiento antes de la medida.

Figura 11.- Panel de olfatómetras en el laboratorio del Ayuntamiento de La Coruña

Para determinar el umbral de detección se parte de una muestra cuyo olor es perceptible por todos los expertos del panel y se va diluyendo hasta que sólo el 50% de dichos expertos perciba la sensación de olor ($Z_{50}= \bar{Z}_{EUI,pan}$).

Figura 12- Entrenamiento y calibración de olfatómetras del Cuerpo de Policía Local del Ayuntamiento de La Coruña.

La dilución se practica mediante unos instrumentos, denominados dilutores, que forman parte del olfatómetro. Los dilutores son mezcladores de gases que generan mezclas del gas neutro con el gas problema (contaminado por olores) en un amplio

intervalo de concentraciones al que se denomina *dinámica del dilutor*, en alusión a lo cual se ha adoptado el término de olfatometría dinámica.

La figura 13 muestra un sencillo diagrama del principio de funcionamiento del olfatómetro. La figura 14 detalla la configuración de las tuberías de gases en un dilutor comercial.

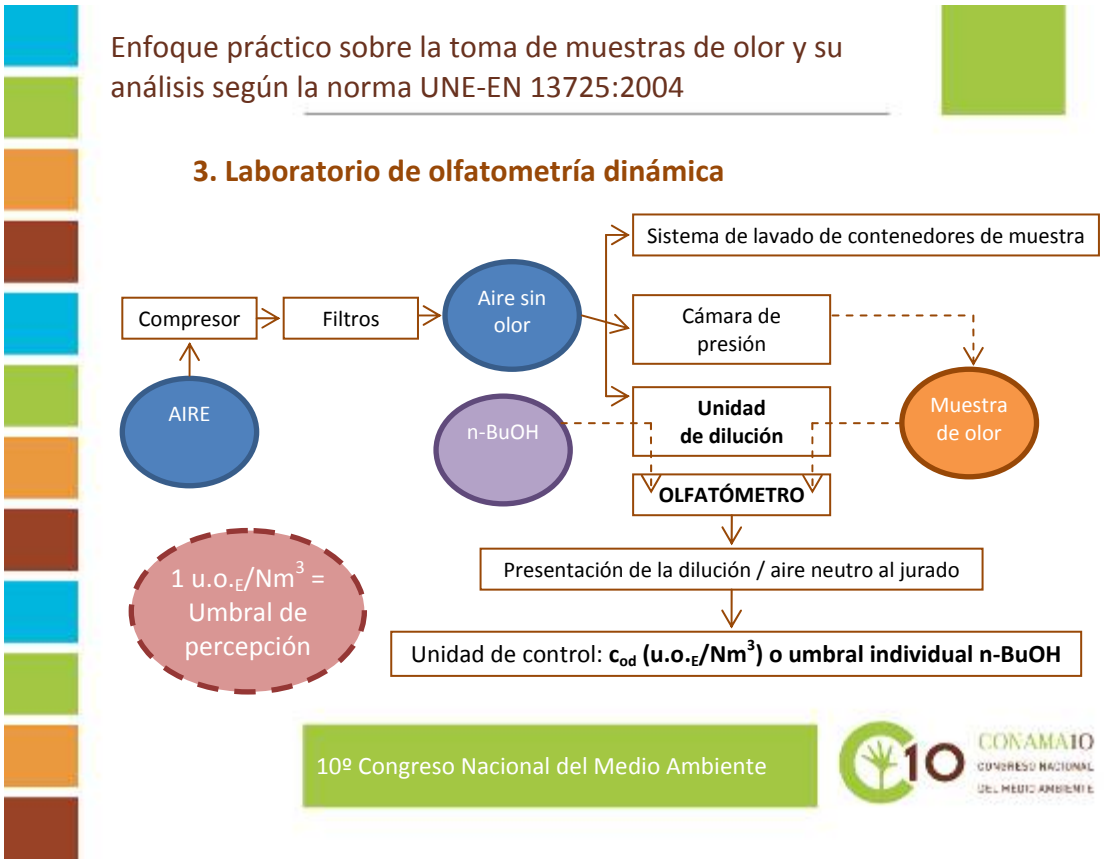


Figura 13.- Diagrama de un labotratorio de olfatometría (Rosa Árias)

El número de diluciones que es necesario practicar a

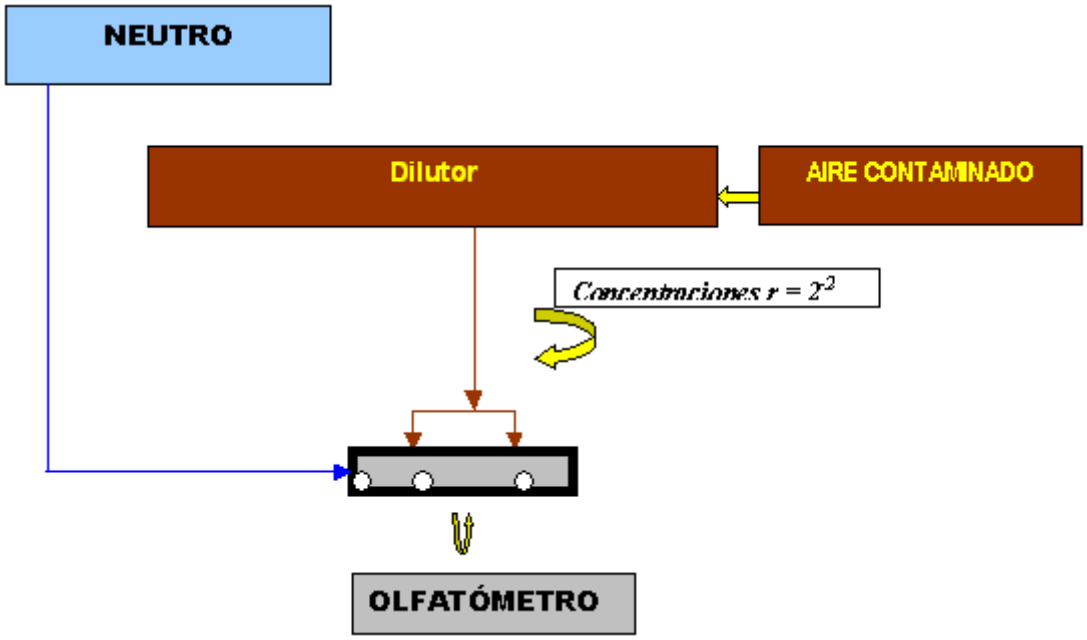


Figura 14.- Diagrama de olfatómetro (A. Iglesias)

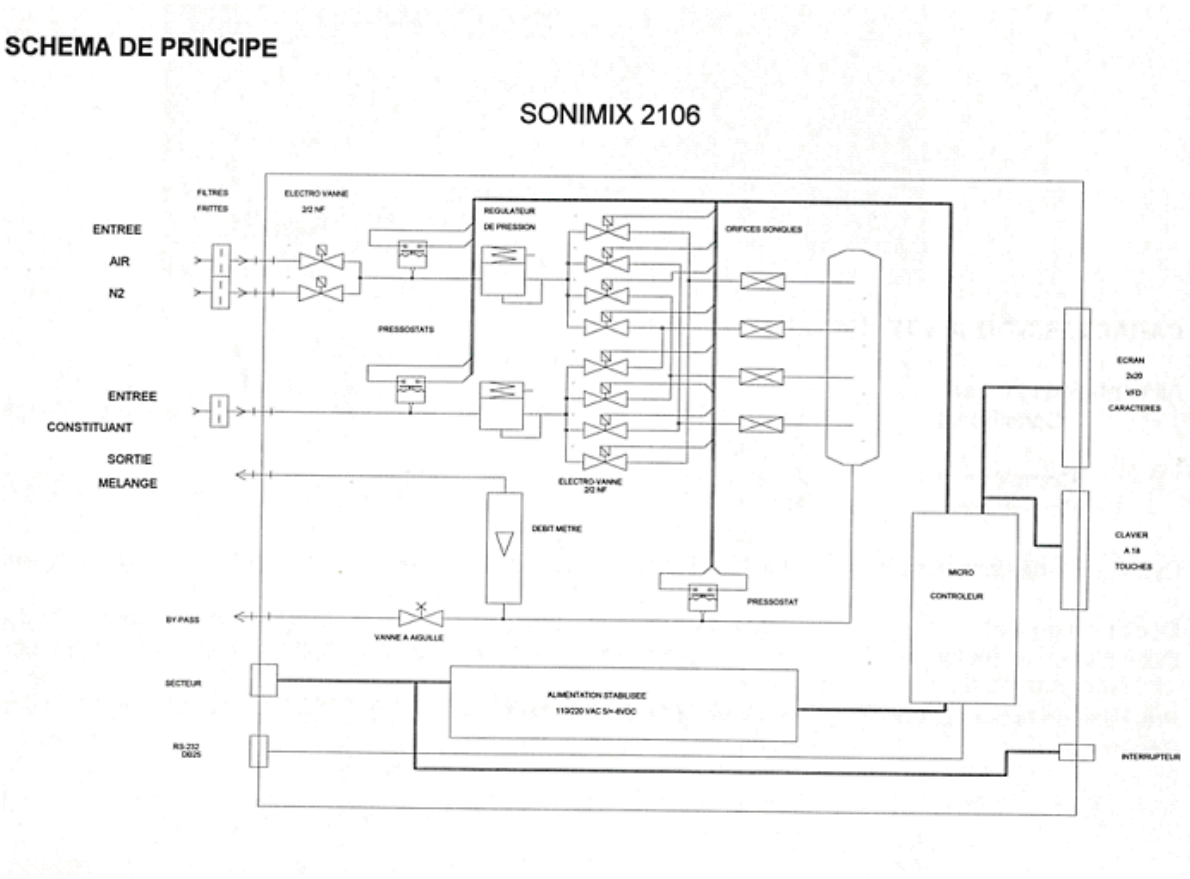


Figura 15..- Diagrama de un dilutor comercial (A. Iglesias, fuente LNIndustries)

Una vez medidas las emisiones en términos de concentración de olor, la aplicación de un modelo de dispersión atmosférica adecuado para la modelización del olor permite conocer el impacto de una determinada actividad en su entorno y los valores de inmisión percentil.

2.2.3.- La incertidumbre asociada al ensayo olfatométrico

Series de medidas en condiciones de repetibilidad

- ✓ **Unidad de dilución:** Calibración anual por laboratorio externo ENAC utilizando un gas trazador (CO) y un monitor adecuado. Para cada ajuste de dilución, se evalúa la exactitud y la inestabilidad (dentro norma).
- ✓ **Ensayo de funcionamiento:** Al menos 10 resultados de ensayo para la sustancia de referencia.
- ✓ **Ensayo intercomparación:** Se utilizan los resultados de ensayo de todos los laboratorios participantes para una o más sustancias olorosas, sean o no de referencia.

Cálculo de la incertidumbre típica asociada a partir de la desviación estándar y el sesgo

Cálculo de la incertidumbre expandida (factor de cobertura x incertidumbre típica)

Aplicación de la Ley de propagación de incertidumbres para el cálculo de la incertidumbre combinada a partir de la incertidumbre asociada a la unidad de dilución, a la repetibilidad y a la reproducibilidad del método de ensayo.

$$u_c(\overline{y}) = \sqrt{u_r^2(\overline{y}) + u_R^2(\overline{y}) + \overline{u_{r,d}^2(\overline{y})}}$$

2.2.4.- Importancia de la acreditación

La norma UNE-EN 13725:2004 uniformiza los niveles de calidad para la gestión de olores en la UE

Es necesario reducir la incertidumbre de medida mediante la definición de unos protocolos de medida estrictos de acuerdo con la norma UNE-EN 13725-2004 y asegurar la calidad.

Es difícil cumplimiento de los criterios de calidad por los requerimientos de:

- ✓ Precisión y exactitud de la unidad de dilución.
- ✓ Ensayos interlaboratorio: 2005 – de 12 laboratorios, 2 cumplieron; 2007 – 29 labs, 12 ok.

Los organismos de acreditación nacionales deben asegurar el cumplimiento de los criterios de calidad europeos.

El coste de la acreditación y de los ensayos anuales para la validación del método se añade a los costes en inmovilizado que requiere el montaje de un lab de olfatometría

2.2.4.1.- Laboratorios acreditados

Se relacionan a continuación los laboratorios de olfatometría acreditados en España:

- ➢ BUSINES STENGHTS

Está acreditado por la ENTIDAD NACIONAL DE ACREDITACIÓN, **ENAC**, conforme a los criterios recogidos en la Norma UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 (CGA-ENAC-LEC), para la realización de: **Ensayos en el sector medioambiental**

- LABAQUA, S.A

Las acreditaciones con las que cuenta se pueden encontrar en los siguientes enlaces:

- 109/LE285 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE343 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE623 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE983 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE993 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE866 - Ensayos en el sector medioambiental
- 109/LE982 - Ensayos en el sector medioambiental
- 147/EI249 - inspección medioambiental
- 109/LE1700 - Ensayos en el sector medioambiental

- ODOURNET
- SGS TECHNOS, S.A
- UNITED RESEATCH SERVICES ESPAÑA, S.L

2.2.3.- Medidas olfatométricas en campo

El análisis olfatométrico en inmisión determina la cantidad de sustancias percibidas in situ a partir de una fuente emisora.

El muestreo en inmisión no es adecuado porque**:**

- No garantiza el origen del olor (no se analiza tono hedónico)

- No garantiza una concentración de olor suficiente para ser analizada por olfatometría

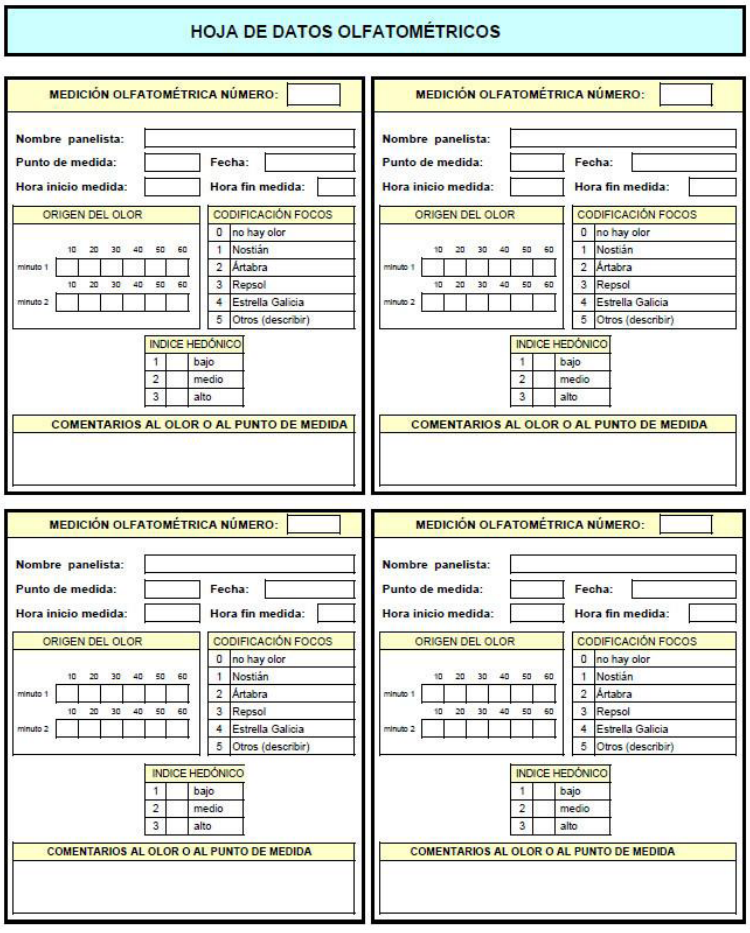
Por consiguiente se aplica e análisis olfatométrico directamente con arreglo a la norma VDI 3940:2006 (panelistas de campo)

2.2.3.1.- Aplicación de la norma DIN-3940

Su medida de olores en inmisión, en campo, se basa en la norma DIN-3940 “Determination of Odorants in ambient Air by Field Inspecctions” cuya última revisión es de 2002. Esta norma consta de dos partes, que en realidad son dos métodos complementarios:

- Parte I, “Grid Measuremants” o ***Determinación mediante malla*** de mediciones, método que consiste en realizar un número de percepciones olfativas programadas, “mediciones individuales”; las medidas se efectúan en 100 puntos distribuidos de manera uniforme, a lo largo del tiempo, mediante panelistas calibrados con un gas de referencia. A partir de estos resultados se calcula la frecuencia de olor que se define como el número de respuestas positivas dividido por el número total de muestras. Los resultados de las medidas positivas permiten, mediante cálculos ulteriores, obtener los valores de concentración de olor ($1ou_E$, $3ou_E$, $5ou_E$,…)

- y Parte II que utiliza el denominado ***método del penacho***, mediante la cual los panelistas se sitúan a sotavento del foco emisor, a una distancia tal que no se perciban olores, y van avanzando hacia éste deteniéndose en unos puntos que han sido previamente determinados. En cada punto los panelistas realizan series de percepciones olfativas durante 10 minutos, registrando a cada minuto su estimación de la intensidad del olor y reflejando estos datos en un formulario (Figura 12). El objetivo de este método es determinar la distancia al foco en la cual detectan olor el 50% de los panelistas. La concentración de olor así detectada corresponde, por definición, según vimos e el apartado 2 a 1 ou_E /m^3.


HOJA DE DATOS OLFATOMÉTRICOS

MEDICIÓN OLFATOMÉTRICA NÚMERO:

Nombre panelista:

Punto de medida: Fecha:

Hora inicio medida: Hora fin medida:

ORIGEN DEL OLOR

minuto 1 10 20 30 40 50 60

minuto 2 10 20 30 40 50 60

CODIFICACIÓN FOCOS

0	no hay olor
1	Nostián
2	Ártabra
3	Repsol
4	Estrella Galicia
5	Otros (describir)

INDICE HEDÓNICO

1		bajo
2		medio
3		alto

COMENTARIOS AL OLOR O AL PUNTO DE MEDIDA

MEDICIÓN OLFATOMÉTRICA NÚMERO:

Nombre panelista:

Punto de medida: Fecha:

Hora inicio medida: Hora fin medida:

ORIGEN DEL OLOR

minuto 1 10 20 30 40 50 60

minuto 2 10 20 30 40 50 60

CODIFICACIÓN FOCOS

0	no hay olor
1	Nostián
2	Ártabra
3	Repsol
4	Estrella Galicia
5	Otros (describir)

INDICE HEDÓNICO

1		bajo
2		medio
3		alto

COMENTARIOS AL OLOR O AL PUNTO DE MEDIDA

MEDICIÓN OLFATOMÉTRICA NÚMERO:

Nombre panelista:

Punto de medida: Fecha:

Hora inicio medida: Hora fin medida:

ORIGEN DEL OLOR

minuto 1 10 20 30 40 50 60

minuto 2 10 20 30 40 50 60

CODIFICACIÓN FOCOS

0	no hay olor
1	Nostián
2	Ártabra
3	Repsol
4	Estrella Galicia
5	Otros (describir)

INDICE HEDÓNICO

1		bajo
2		medio
3		alto

COMENTARIOS AL OLOR O AL PUNTO DE MEDIDA

MEDICIÓN OLFATOMÉTRICA NÚMERO:

Nombre panelista:

Punto de medida: Fecha:

Hora inicio medida: Hora fin medida:

ORIGEN DEL OLOR

minuto 1 10 20 30 40 50 60

minuto 2 10 20 30 40 50 60

CODIFICACIÓN FOCOS

0	no hay olor
1	Nostián
2	Ártabra
3	Repsol
4	Estrella Galicia
5	Otros (describir)

INDICE HEDÓNICO

1		bajo
2		medio
3		alto

COMENTARIOS AL OLOR O AL PUNTO DE MEDIDA

Figura 16.- Formulario para el registro de percepciones olfativas (Ayuntamiento de La Coruña).

Finalmente, la aplicación de modelos de dispersión permite calcular le valor de la emisión del foco y los niveles de inmisión en el entorno.

2.2.3.2.- Olfatómetros de campo

En España se viene utilizando el olfatómetro de campo Nasal Ranger (Figura 17), instrumento que proviene de los EEUU; se aplica para medir in situ y en tiempo real el nivel de olor, su frecuencia y duración, posibilitando de este modo la valoración de su importancia.

Se basa en la propia olfatometría dinámica descrita por norma la UNE:EN 13725, si bien con la particularidad de que se aplica a medidas de inmisión en campo con la

intervención de olfatómetras que han sido calibrados de acuerdo con lo que establece la norma UNE 13725 a ese respecto..

El Nasal Ranger ha sido validado en España, según informa su inspector autorizado[2], mediante dictamen, relativamente reciente, del Centro Español de Metrología (04/02/2010).

Figura 17.- Olfatómetro de campo Nasal Ranger. (Ft.SOCIOENGINYERIA,S.L)

2.2.3.3.- Narices electrónicas

Con este nombre se conoce un grupo de sistemas electrónicos aptos para la determinación, en fase gas, de compuestos volátiles. La denominación de narices alude a que su principio de funcionamiento se puede considerar análogo al del sistema olfativo de los mamíferos, si bien de forma mucho más simplificada.

Las narices electrónicas constan de 4 partes bien diferenciadas:

- Célula de captación, formada por una batería de un determinado número de sensores químicos o de gas que posibilitan la ulterior transducción de la señal;
- Elemento de adquisición de señal y su conversión a formato digital.
- Elemento de procesado, que se encuadra dentro del ámbito del aprendizaje automático (Machine Learning).
- Elemento de presentación de resultados, constituido por una pantalla LCD en su versión más elemental.

La nariz electrónica no constituye en modo alguno una técnica separativa, como lo son la cromatografía de gases o la electroforesis, sino un sistema de detección de grupos de compuestos que producen una reacción positiva con los sensores de la célula de captación; de aquí que no gocen de especificidad, si bien pueden ser útiles en aquellos casos de detección de moléculas odoríferas en que no sea imperativa esta característica.

La respuesta de los sensores[3] se compara con las señales de los sensores medidas previamente y clasificadas con arreglo a unas técnicas de reconocimiento de patrones. Esta tecnología posibilita la identificación in situ de sustancias problema y con ello la monitorización de olores en determinados casos dependiendo ello de la sensibilidad de los sensores.

La utilización de las narices electrónicas para medida en continuo de las emisiones de gases odoríferos queda, de entrada, supeditada al cumplimiento de la norma UNE-EN 14181 de aseguramiento de calidad de analizadores en continuo y dentro de ella a que satisfaga los requisitos siguientes: NGC1 en cuanto a adquisición del equipo; NGC2 en

cuanto a la obtención de la función de calibración; NGC3 y EAS en relación con su mantenimiento durante su funcionamiento en campo o en planta.

2.3.- Estudio comparativo de las metodologías de emisión e inmisión[4]

Ambas metodologías son las más comúnmente empleadas en Europa y América por lo que constituyen en esas áreas la base sobre la que se tiende a construir todo tipo de normativa en materia de contaminación odorífera. Cada una presenta sus ventajas y sus limitaciones según se expone a continuación:

Características de la metodología basada en medidas de emisión.

Permite determinar cuáles son los focos de emisión de olores en la instalación problema, lo que facilita la aplicación de una acción localizada sobre éstos ya sea de tipo preventivo, limitando la emisión o bien de tipo correctivo proyectando la implantación de alguno de los sistemas de eliminación de moléculas odoríferas que se enuncian a continuación en el apartado 3.1 y se detallan en los anexos A , B y C, sistemas que vienen condicionados por el caudal de aire contaminado que debe ser tratado y cuya eficiencia se puede medir mediante olfatometría o mediante análisis químico de alguna de las moléculas elegida como trazador. El estudio comparativo de los respectivos costos permite al empresario decantarse por una u otra estrategia[5].

El empleo de modelos matemáticos de dispersión posibilita la estimación de los valores de inmisión a partir de los resultados obtenidos en emisión. No obstante es preciso señalar que el margen de incertidumbre es muy elevado.

Características de la metodología basada en medidas de inmisión.

Los resultados de las medidas de campo, trasladadas a modelos matemáticos permiten estimar los niveles de olor sin que sea necesario acceder a las instalaciones.

Las incertidumbres inherentes a las medidas de inmisión son mayores que las que afectan a las medidas de emisión que se obtienen aplicando la norma UNE-EN 13725.

.

3. La contaminación odorífera en España

3.1.- Métodos correctivos. Eliminación de olores

La contaminación odorífera en España, al igual que en todos los países desarrollados, se viene combatiendo desde hace décadas mediante técnicas de eliminación de olores que se aplican fundamentalmente en las estaciones depuradoras de aguas residuales, urbanas (EDAR) e industriales (EDARI). Las técnicas de eliminación de olores que se aplican más frecuentemente son:

- Lavado químico mediante torres de absorción (scrubbers) (ANEXO A)
- Adsorción en carbón activo (ANEXO B)
- Tratamiento biológico (ANEXO C)

El control de la eficacia de estos tratamientos se ha venido realizando mediante análisis químico de los efluentes a la salida de los equipos de eliminación de olores. Se han empleado, y se siguen empleando, métodos clásicos (Anexo D) como análisis gravimétrico que tienen la ventaja de la simplicidad y la economía, si bien los resultados más exactos y precisos se obtienen con la aplicación de técnicas avanzadas como la cromatografía de gases acoplada a masas (GC/MS). Estas medidas analíticas avanzadas, aunque fiables y precisas, solamente dan cuenta, en general, de situaciones puntuales de contaminación en el sentido de que miden concentraciones de moléculas odoríferas (olores simples[6]) pero no son adecuadas

para medir el resultado ambiental de la combinación de varias moléculas odoríferas (olores compuestos[7]).

Son de destacar determinadas aplicaciones de analizadores de campo para la determinación del (H_2S)g que han permitido la elaboración de mapas de olores en el entorno de una planta de aguas residuales[8,9]. La figura 18 muestra los mapas obtenidos en la zona reinfluencia ambiental de EDAR de San Vicente de la Barquera (Santander) referidos a concentraciones de sulfuro de hidrógeno determinadas con el analizador de campo Jerom.

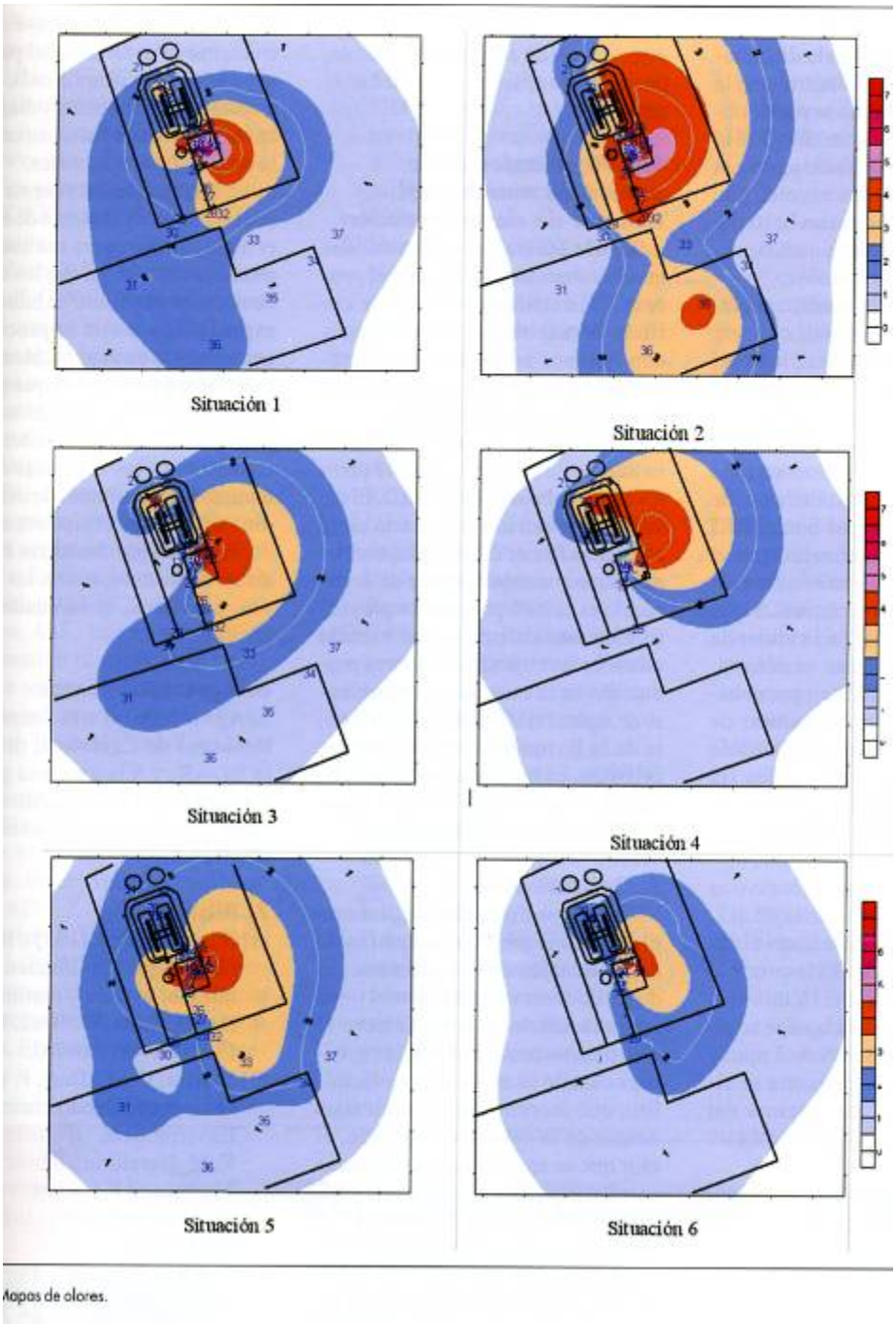


Figura 18.- Mapa de isoodoras de sulfuro de hidrógeno en la zona de influencia de San Vicente de la Barquera.

Todavía a escala de laboratorio, o a lo más de planta piloto, se han descrito la eliminación de olores por plasma.

3.2.- Prevención y control de olores. Legislación

A pesar de que se cuenta con medios analíticos avanzados para determinación de moléculas odoríferas y de olores que acabamos de describir, desde el punto de vista legislativo, no es sino en el año 2005 cuando aparece el primer documento enfocado hacia la implantación de una ley específica sobre ese tipo de contaminación. Se trata del Borrador de Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorífera del Departament de Medi Ambient i Habitatge de la Generalitat de Cataluña. Viene impulsado este Borrador por la preocupación existente en varios ayuntamientos de poblaciones industriales, como Banyoles, o Lliça de Vall ante las numerosas y crecientes quejas que se presentaban por parte de la ciudadanía a causa de malos olores.

El carácter de este anteproyecto de Ley es de índole preventiva y tiene como objetivo establecer unas condiciones mínimas que garanticen el desarrollo normal de las actividades e infraestructuras, respetando la calidad odorífera de su entorno.

Hasta la elaboración del Anteproyecto de Ley del Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Cataluña, la normativa existente en España en cuanto a contaminación odorífera ha sido inexistente, hasta el punto de que la única normativa que se ha venido aplicando, cuando el caso lo ha requerido, ha sido el Reglamento de Actividades Molestas Insalubres y Peligrosas, de 1961 (RAMINP), ***que aún con posterioridad a la Ley 34/2007, de 15 de diciembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera, mantiene su vigencia en aquellas comunidades[10, 11] y ciudades autónomas que no tengan normativa aprobada en la materia, en tanto no se dicte dicha normativa, tal y como establece dicha Ley.***

Criterios

- algunas comunidades autónomas empiezan a reunir información (Andalucía, Galicia, Valencia). Cataluña ha presentado su Borrador del Anteproyecto de Ley contra la Contaminación Odorífera en 2005.
- algunas regulaciones municipales, Lliça de Vall.
- evaluación de olores y proyectos de abatimiento de olores a menudo llevados a cabo por empresas extranjeras.
- los límites de inmisión y aproximaciones suelen ser copias de los que existen en el país de origen del consultor, a excepción de Cataluña y Valencia.
- algunas empresas consultoras españolas establecen:
  - 10 ou_E/Nm^3 al 98 P molestias significativas a la población.
  - ≤ 10 ou_E/Nm^3 al 98 P no es posible afirmar que se producen molestias.

3.3.- Borrador de Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorífera, de la Generalitat de Cataluña. Su aplicación actual a este problema en España.

3.3.1 Cataluña

La Generalitat de Cataluña, en el citado Borrador de Ley, establece que.

Contaminación odorífera es: *la concentración de olor en el aire ambiente superior a 10 ou_E que conlleva molestia para las personas o superior a los valores objetivo de inmisión de olor (Anexo 2)*

ANEXO 2 del Borrador de Anteproyecto de Ley de Contaminación Odorífera de la Generalitat de Cataluña. (actualización de febrero 2010)

Actividad	Valor límite de inmisión (percentil 98 de las medias horarias a lo largo de un año)
Actividades de gestores de residuos Aprovechamiento de subproductos de origen animal Destilación de productos de origen vegetal y animal Excorxadors Fabricación de pasta de papel Otras actividades asimilables	3 OU_E / m^3
Actividades ganaderas **Procesado de la carne** **Ahumado de alimentos** **Aprovechamiento de subproductos de origen vegetal** **Tratamiento de productos orgánicos** **Industria química** **Sistemas de tratamiento de aguas residuales** **Otras actividades asimilables**	5 OU_E / m^3
Instalaciones de torrefactado y procesado de café o cacao Hornos de pan, pastisería y galletas Cerveceras Producción de aromas y fragancias Desecación de productos vegetales Otras actividades asimilables	7 OU_E / m^3

En este Anexo se relacionan los valores límite de inmisión de olor determinados en zonas sensibles según las actividades generadoras de olores.

Cataluña es una región muy industrializada en la que están presentes numerosas actividades potencialmente emisoras de olor, pero también lo son las actividades agrícolas y ganaderas muy presentes en territorio catalán. España es el segundo país europeo con más cabezas de ganado porcino, siendo Cataluña la comunidad con más cabezas, concentradas en ciertas comarcas como Osona. Los purines procedentes del sector porcino se extienden como abono de manera habitual en los campos de cultivo, contribuyendo a la generación de olor (fuentes: INE e IDESCAT).

Entre las industrias potencialmente generadoras de olor destacan en Cataluña las actividades de tratamiento y gestión de residuos (“Plantas de tratamiento mecánico-

biológico de residuos" (TMB), y plantas de compostaje, vertederos, etc.). Sólo en el Área Metropolitana de Barcelona hay 4 TMB o instalaciones de tratamiento integral de residuos (incluyendo biometanización y compostaje), dos de ellos situados en núcleo urbano (uno en la Zona Franca y otro en el Parque del Forum) y otros dos en las comarcas limítrofes.

En cuanto al resto de actividades industriales que generan problemas de olor en Cataluña, destacan:

- Industria alimentaria: alimentación animal, torrefactado de café, cerveceras, fabricación de gelatinas.

- Industria química.

- Sistemas de tratamiento de aguas residuales.

Las actuaciones de la Generalitat de Catalunya en cuanto a actividades potencialmente emisoras de olor se centran principalmente en actividades de tratamiento de residuos y granjas, así como en la evaluación puntual de las industrias más problemáticas incluidas en la tipología antes comentada. Estas actuaciones pretenden conocer la situación en cuanto a olores en Cataluña, así como validar los límites de inmisión propuestos en el anteriormente citado Borrador de Anteproyecto de Ley contra la contaminación odorífera publicado en junio de 2005 y actualizado en el mes de febrero de 2010.

El Área Metropolitana de Barcelona ha realizado un estudio de minimización del impacto odorífero en las plantas de gestión de residuos de la Entidad Metropolitana [12](Gloria Sánchez , Servei de Prevenció y Gestió de Residus, 20 de abril de 2010).

Con un seguimiento y control de la minimización del impacto odorífero en el entorno de las plantas, habiendo llegado a establecer un mapa de olores en el Ecoparc de Besós mediante medidas olfatométricas de campo basadas en la norma DIN- 3940.

A raíz de la elaboración del mapa de olores (Anexo E) obtenido a partir de las medidas realizadas por el Servei de Prevenció i Gestió de Residus en el Ecoparc del Besós en emisión se ha podido comprobar que, según se aplique un método matemático u otro, los resultados estimados en inmisión son diferentes. Así pues es necesario establecer una regulación que armonice estos resultados.

3.4.- La contaminación odorífera en la Comunidad de Madrid

El área de Calidad Atmosférica (Subdirección General de Conservación del Medio Natural y Calidad del Aire de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación Territorial de la Comunidad de Madrid), ha aportado la siguiente información:

En la Comunidad de Madrid la problemática de olores se debe principalmente a las siguientes industrias[13]:

- *Tratamiento de subproductos animales (Restos de matadero de carnes y pescado)*
- *Instalaciones de Tratamiento, valorización y eliminación en vertedero de residuos urbanos no peligrosos, como las Dehesas, en el término municipal de Madrid (Depósitos controlados, depuradoras compostaje de lodos)*

  En los C.T.R. (Centro de Tratamiento de Residuos) los focos generadores de olores son: vasos de rechazos de residuos, balsa de lixiviados, planta de tratamiento de lixiviados, playa o foso de descarga, triaje primario, triaje secundario, naves de maduración y afino de compost.
- *Industria química (utilización de disolventes)*

- *Industria agro alimentaria (cerveceras, mataderos)*

Algunas empresas disponen de controles de olores mediante olfatometría dinámica que se aplican a la emisión que se está produciendo en un momento dado y en la que se produce después de haber aplicado medidas correctoras.

La Dirección General de Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación Territorial de la Comunidad de Madrid ha elaborado un detallado informe técnico de sobre el seguimiento de Autorización Ambiental Integrada (AAI), por aplicación de la Ley 16/2002 de 1 de julio de prevención y control integrados de la contaminación. Este estudio concreta el concepto de contaminación en lo que se refiere a la emisión de olores en las instalaciones IPPC de la Comunidad de Madrid.

El informe analiza las características de las instalaciones que disponen de AAI vigente, que representan distintos sectores de actividad industrial y las condiciones de prevención y control de emisiones de olores determinadas para cada una de ellas.

Se analizan 139 instalaciones, de las cuales un 65% no representa un impacto significativo por emisión de olores y no se contemplan condiciones específicas en su AAI al respecto. Del 35 % de instalaciones restantes los sectores que representan un mayor impacto por emisión de olores corresponden a los sectores de Gestión de residuos e Industrias agroalimentarias y explotaciones ganaderas.

En el estudio se ha tenido en cuenta las características del entorno de cada instalación y la existencia de receptores sensibles, así como las medidas preventivas y/o correctoras que se han tomado teniendo en cuenta las características y proximidad de los receptores potenciales.

Se resumen en tres tablas los datos de las distintas instalaciones con emisiones de olor significativas al medio y las medidas adoptadas para minimizar sus efectos:

Tabla 1: Número de instalaciones con condicionado específico de emisión de olores IPPC. (Datos de número de instalaciones por sector / subsector con condicionado específico de olores en AAI).

Tabla 2: Medidas existentes en las instalaciones de prevención y control de olores antes de AAI. (Datos de la instalación, fuentes de emisión de olores, medidas preventivas y MTDs aplicadas).

Tabla 3: Condicionado específico en AAI referente a prevención y control de olores. (Datos de la instalación, requerimiento de controles de olores, condicionado específico de prevención de olores, y VLE y controles periódicos de compuestos causantes de olor).

Las principales fuentes de emisión que afectan de forma general a las instalaciones existentes en Madrid, objeto de aplicación de la Ley 16/2002, provienen de:

- Manipulación y tratamiento de materia orgánica, residuos y efluentes debido a los compuestos, principalmente orgánicos volátiles, que se originan tanto en su descomposición como en su tratamiento térmico.
- Explotaciones ganaderas, debido a las emisiones procedentes de su actividad de gases como sulfhídrico y amoníaco que tienen un umbral de detección odorífera extremadamente bajo, especialmente el primero, y por ello causan notorias molestias olfativas e los receptores.
- Utilización de disolventes, debido a la emisión de compuestos volátiles que se produce en su aplicación y tratamiento térmico.

De manera general, en las AAI de las instalaciones que presentan alguna de las actividades anteriores, se ha especificado el cumplimiento de normativas cuya

aplicación tiene un efecto directo sobre las emisiones atmosféricas de los compuestos que originan las emisiones de olor, tales como:

- Reglamento (CE) nº 1774/2002, del Parlamento Europeo y del Consejo, de 3 de octubre, por el que se establecen las normas sanitarias aplicables a los subproductos animales no destinados al consumo humano.
- RD 653/2003, de incineración de residuos.

Asimismo, se ha especificado que:

- Siempre deberá garantizarse el funcionamiento en continuo de los sistemas de aspiración de gases, los sistemas de depuración y de todos los elementos y equipos relacionados con su correcto funcionamiento, prohibiéndose en caso necesario la emisión de gases sin depurar.
- Se llevarán a cabo las operaciones de mantenimiento de los sistemas de depuración con la periodicidad que indica el fabricante de los distintos equipos. Las operaciones de mantenimiento que se realicen deberán ser registradas en el correspondiente libro de Registro.

3.5.- La contaminación odorífera en Castilla-León[14]

Con respecto a la necesidad de realizar estudios olfatométricos, La Junta de Castilla y León, está imponiendo la necesidad de practicar estudios olfatométricos en algunas de sus Autorizaciones Ambientales Integrales, como en los casos concretos de León y Soria.

En ambos casos, la metodología de muestreo que se vaya a emplear debe estar acreditada según UNE-EN ISO/IEC 17025: 2005 y el método empleado es el contemplado en Norma EN 13725 “Calidad del Aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.

En el caso de León, el requisito de estudios olfatométricos aparece en el apartado E2 de la Resolución 7 de febrero de 2007[ii], de la Consejería de Medio Ambiente por la que se concede autorización ambiental al Consorcio Provincial para la gestión de los residuos sólidos urbanos en la provincia de León para la Planta de Reciclaje y Compostaje de Residuos Sólidos Urbanos de la Provincia de León, en el término municipal de San Justo de la Vega (León) (B.O.C. y L. Nº 34 del 16/02/2007).

En el caso de Soria, la necesidad de realizar estudios olfatométricos aparece en el apartado F2 de RESOLUCIÓN de 6 de febrero de 2009[iii], de la Dirección General de Prevención Ambiental y Ordenación del Territorio, por la que se hace pública la Autorización Ambiental al Consorcio Diputación Provincial de Soria–Ayuntamiento de Soria para el Centro de Tratamiento de Residuos Urbanos de la provincia de Soria, en el término municipal de Golmayo (Soria)) (B.O.C. y L. Nº 40 del 27/02/2009).

3.6.- La contaminación odorífera en la Región de Murcia

La Consejería de desarrollo Sostenible y Ordenación del Territorio elabora una recopilación de la información existente sobre Contaminación Odorífera reflejada en un documento cuyo contenido es el siguiente:

- Normativa metodológica que se debe aplicar para los estudios de olfatometría en emisión e inmisión.

[ii] ANEXO 1
[iii] ANEXO 2

- Contenido mínimo que se debe contemplar en estudios de impacto ambiental y memorias ambientales de actividades potencialmente generadoras de contaminación ambiental por olores en la Región de Murcia.
- Recopilación de las Mejores Técnicas Disponibles, MTD, y buenas prácticas de gestión publicadas para prevenir y corregir la contaminación odorífera en las distintas actividades e infraestructuras de la Región de Murcia.
- Estudio del ámbito competencial y propuesta de valores límite para ser aplicados en materia de olores a la vista de las normativas existentes en esta materia. Estudio de los aspectos que deben ser regulados a nivel normativo para prevenir y corregir la contaminación odorífera.
- Determinación de tipos de actividades e infraestructuras de la Región de Murcia potencialmente generadores de contaminación ambiental por olores.

Las normativas previstas para su aplicación son las que corresponden a la UNE-EN-13725 y la VDI 3940 así como técnicas de Química Analítica junto con la valoración de la posibilidad de utilización de las narices electrónicas.

Se valorará especialmente la reducción de la contaminación odorífera en :

- Aguas y grasas en industrias químicas;
- Cemento y cal;
- Curtidos;
- Emisiones de almacenamientos, etc.

Por otra parte se aplicarán las MTD en los sectores siguientes:

- Sector de Curtidos
- Sector azucarero
- Sector cervecero
- Sector lácteo
- Sector textil

A la vista de la situación de estos sectores se establecerán los valores límites que se aplicarán en materia de contaminación odorífera.

Conclusiones: en esta región se estructura un plan de trabajo que complementa los estudios olfatométricos con medidas de Química Analítica.

3.7.- La contaminación odorífera en Galicia[15]

I. El DIARIO OFICIAL DE GALICIA No 252 L Martes, 31 de dicembre de 2002 relaciona la legislación vigente en la Comunidad en materia de protección ambiental de la atmósfera y que se corresponden con la legislación de la CE y su transposición a la de España. Entre los contaminantes atmosféricos que deben tenerse en cuenta para el establecimiento de límites de emisión señala (Anexo): a) óxidos y otros compuestos de azufre; b)derivados del nitrógeno; c) compuestos orgánicos volátiles. Si bien no hace mención alguna al carácter de contaminante odorífero de muchos de los compuestos citados de forma genérica.

II. El Ayuntamiento de La Coruña ha remitido a nuestro Grupo de Trabajo un exhaustivo informe sobre las acciones de control y prevención de contaminación odorífera que ha desplegado en su territorio. Algunas de estas acciones se

resumen en el párrafo que sigue y el conjunto del trabajo que nos han aportado se incluye en el Anexo F.

El aspecto más relevante de ese informe consiste en la atención que el citado Ayuntamiento ha prestado a la inmisión mediante medidas de campo con la utilización de la norma DIN-3940.

"Protocolo de Actuación para la investigación de eventos de olor de origen industrial en la ciudad"

El objeto de este documento es describir el procedimiento que ha de seguir el personal de la Policía Local integrante del *grupo de panelistas* del Dispositivo de Olores Molestos de A Coruña (DOMO) para la investigación de eventos de olor de origen industrial.

Se define al *Panelista* como persona debidamente cualificada, que cumple los criterios de sensibilidad olfativa y estabilidad establecidos por la norma UNE EN 13725, y que ha sido instruida para realizar ***mediciones olfatométricas de campo*** de conformidad con la norma VDI 3940. Al igual que los ciudadanos alarma, pondrán en conocimiento del coordinador del DOMO la detección de una situación de contaminación por olor, para que sea este quien determine la necesidad de investigar el evento y los panelistas que se encargarán en cada momento de esta labor.

Este procedimiento resulta de aplicación al proceso de detección, comunicación, investigación e informe de episodios de olor de origen industrial que se produzcan en el término municipal.

Se ha realizado una representación gráfica sobre la cartografía municipal de la zona de afección del evento.

Esta representación se hará sombreando las cuadrículas de la malla en las que se haya detectado olor, y asignando a cada cuadrícula el color que le corresponda de acuerdo con el tono hedónico (intensidad baja en amarillo, media en verde y alta en rojo).

Tono hedónico: propiedad de un olor relativa al agrado o desagrado que este provoca en las personas.

Para definir los puntos de medición representativos de cada barrio, se marca un subconjunto de 11 puntos de los 181 previamente especificados (Red de puntos de medición) que se toman como puntos representativos de cada una de las 11 zonas pobladas delimitadas en el territorio municipal a los que se referirán siempre las mediciones olfatométricas (intensidad baja en amarillo, media en verde y alta en rojo).

Los puntos en los que se realizan las mediciones olfatométricas se encuentran estandarizados. Para su obtención se trazó una malla de 250 metros de lado sobre el territorio municipal. De todos los vértices formados por la malla se seleccionaron como posibles puntos de medida los que cubren las zonas con impacto potencial sobre la población, obviando, por ello, las zonas agrícolas, las de monte y los polígonos industriales.

El coordinador, ante un número significativo de alertas, se pondrá en contacto con la sala del 092 para solicitar la intervención en la investigación del evento de los panelistas que se encuentren de servicio.

Una vez designados los panelistas que cubrirán el evento, estos se desplazarán a la zona de la que provengan las alertas, información que les será comunicada por el coordinador del dispositivo, para iniciar las mediciones.

Una vez en el punto de medición, se cubrirá la HOJA DE DATOS METEOROLÓGICOS según se recoge en a Hoja de datos meteorológicos, indicando:

- Velocidad del viento:
- Procedencia del viento:
- Nubosidad:
- Lluvia:
- Observaciones:

Desde el primer punto de medición se trazará una ruta hacia el foco que se haya identificado como causante del evento. Una vez alcanzado el foco, se realizará una inspección visual básica para determinar si existe algún proceso anómalo causante de la emisión.

La correcta investigación del evento conllevará:

- Mediciones desde el punto de inicio en dirección contraria al foco, hasta determinar dónde deja de percibirse el olor.
- Mediciones a derecha e izquierda de la línea imaginaria que conduce al foco, para investigar la anchura de la mancha de olor.

Registrados los datos meteorológicos, se tomará la primera medida de olor en este punto, cubriendo la HOJA DE DATOS OLFATOMÉTRICOS

En cada uno de los puntos objeto de medición, se tomarán los datos olfatométricos utilizando para ello la hoja de campo, la cual dispone de dos bloques de datos a registrar:

- Datos generales de la medición.
  - Nombre del panelista, fecha de la medida, hora de comienzo y de finalización de la toma de datos en ese punto y número correspondiente al punto de medida en el que se está realizando la medición (entre el 1 y el 181).
- Datos propios de la medida:
  - Origen del olor: se trata de responder cada diez segundos y durante 1 ó 2 minutos, a criterio del panelista, a la pregunta ¿a qué huele? La respuesta debe reflejarse para cada intervalo en los recuadros dispuestos a tal fin en la hoja. Para ello debe elegirse el código correspondiente al foco de olor según la tabla "codificación de focos" que figura en la propia hoja.
  - Índice o tono hedónico: se registrará la intensidad (tono hedónico) del olor en cada punto en la tabla "índice hedónico", de conformidad con los criterios establecidos como:
- Entre débilmente perceptible y suave: Bajo 1 (AMARILLO)
- Entre distinguible y fuerte: Medio 2 (VERDE)
- Entre muy fuerte y extremadamente fuerte: Alto 3 (ROJO)
- Comentarios al olor o al punto de medida: se reflejarán aquí aquellas observaciones relativas a la toma de datos en ese punto que el panelista considere relevantes.

- Elaboración del informe final sobre el evento de olor
  Finalizada la toma de datos, se elaborará un informe global sobre la información obtenida en la investigación del evento.
  El informe resumirá la información obtenida durante la investigación e incorporará como ANEXOS:
  1. La representación gráfica sobre la cartografía municipal de la zona de afección del evento.

  Esta representación se hará sombreando las cuadrículas de la malla en las que se haya detectado olor, y asignando a cada cuadrícula el color que le corresponda de

acuerdo con el tono hedónico (intensidad baja en amarillo, media en verde y alta en rojo).
Las hojas de datos meteorológicos y olfatométricos cubiertas durante la investigación.

2. El informe final se hará llegar al coordinador del dispositivo en las 24 HORAS siguientes a la investigación para que pueda ser comunicado a la empresa responsable del evento.

   INFORME SOBRE EVENTO DE OLOR DE ORIGEN INDUSTRIAL

El informe resumirá la información obtenida durante la investigación e incorporará como ANEXOS:

- INFORMACIÓN GENERAL: Fecha en que se produce el evento. Lugar en que se detecta. Hora en que se Comunica. Persona que lo comunica. Hora en que se inicia la investigación. Hora en que finaliza la investigación.
- CONDICIONES ATMOSFÉRICAS REINANTES: Velocidad del viento. Dirección del viento. Nubosidad. Lluvia.
- RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: Focos a los que se atribuye el origen del episodio. Intensidad detectada. Duración del evento. Descripción de la zona afectada.
- CONCLUSIONES.

3.8.- La contaminación odorífera en Asturias[16]

La Consejera de Medio Ambiente, a través de varios técnicos relacionados con el con el control de la contaminación atmosférica[17] han manifestado que al día de hoy (15.11.2010) *en Asturias no existe de forma oficial ninguna actuación que controle o cuantifique la contaminación odorífera en parte alguna de su territorio porque no existe nada legislado sobre la materia.*

Existe en general sensibilidad de varios núcleos de población por este contaminante, pero no se dispone de criterios normativos de actuación y en consecuencia de valoración y medida para tomar alguna posición al respecto

Se han recibido a lo largo de los últimos años quejas relacionadas con el vector odorífero pero solo ha podido ser considerado en relación a parámetros de emisión o incisión de productos químicos, que lógicamente no pueden ser tenidos en cuenta como base legal si no se superan los umbrales legales de referencia

Estos episodios están relacionados en primer lugar con actividades concretas y reiterativas a saber:

-Industria papelera en la factoría que ENCE posee en Navia

-Industrias cárnicas en varias empresas del sector situadas en los municipios de Siero y Noreña

-Industria Siderúrgica de Arcelor en sus factorías de Veriña y Aviles

-Consorcio para el tratamiento de residuos COGERSA en el área colindante con su vertedero de la La Zoreda y las instalaciones de PROYGRASA en el mismo lugar

- Áreas de influencia de alguna depuradora de aguas y movimiento de fangos como la de Villaperez

-Industria de fertilizantes CHEMASTUR en San Juan de Nieva (Aviles)

En menor medida también existen episodios puntuales en

- *Instalaciones de baterías de cok siderúrgico en Trubia y Langreo*

  -Producción de derivados de la destilación de carbones en Trubia

  -Abonado de praderías con purines generalmente de vacuno especialmente en la zona oriental ganadera

  -Olores de aguas fecales en zonas sin actuación del Plan de Depuración Autonómico

En numerosas ocasiones bien los municipios bien los ciudadanos dejan constancia de su malestar, pero es difícil por parte de las autoridades medioambientales satisfacer una reclamación en base a una normativa legal que queda reducida de forma legal al RAVIMP como documento orientativo

En Asturias existen algunas iniciativas que han sido consideradas por los técnicos de la Consejería de Medio Ambiente como actuaciones puntuales y que figuran en sus archivos a saber:

Estudio olfatométrico encargado por ENCE a una consultora externa de Cataluña que incluía una modelización de un radio de 10 Km desde su factoría de Navia

Estudio olfatométrico encargado por CADASA (Consorcio de Aguas) para su EDAR de Villapérez que estaba sometida a presiones ciudadanas por contaminación odorífera

Estudio similar en Proygrasa dedicada a la recuperación de cadáveres y despojos animales

La Planta Incineradora para residuos de Cogersa próxima a licitación por valor inicial de 250 M de euros lleva condicionado a su proyecto un estudio olfatométrico

Dada la poca información referente a esta materia les parece bien la propuesta que les plantee de colaboración conjunta con la Anque, informándoles periódicamente de los avances de la Comisión que trabaja en este tema en Madrid y estableciendo con la Conserjería, un punto de encuentro interesante para los químicos desde diferentes perspectivas.

3.9.- La contaminación odorífera en Castilla- La Mancha

Las autorizaciones ambientales integradas AAI especifican valores de emisión de contaminantes atmosféricos tolerables, cuantificados de acuerdo con la legislación vigente.

Concretamente, en alguna planta de producción de biodiesel instalada en esta Comunidad, las AAI exigen la *ausencia de olores*. Pero ni siquiera se fija un valor mínimo, lo que deja sin posibilidad legal de dictaminar sobre la procedencia o improcedencia de cualquier posible queja. Situaciones como esta avalan la necesidad de una legislación específica sobre olores.

3.10.- La contaminación odorífera en la Comunidad Valenciana[iv]

La Conselleria de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana ha elaborado un trabajo muy completo sobre la problemática de olores titulado “Guía de Tecnologías Limpias en el ámbito de Olores" que tiene como objetivo permitir *a las empresas*

[iv] Datos facilitados por María José Jiménez, Presidenta de la Sección Técnica de Medio Ambiente de la Asociación de Químicos de la Comunidad Valenciana y Asambleísta de la ANQUE (Asociación Nacional de Químicos de España).

conocer las distintas tecnologías existentes para su prevención y control , describiendo las distintas técnicas existentes para caracterización y medición de las emisiones odoríferas; desarrolla asimismo las técnicas de prevención y reducción de olores y COV en los distintos tipos de industria.

Después de pasar revista a la abundante legislación genérica sobre contaminación atmosférica, señala que resulta curioso que en ninguna de las leyes evocadas se incluya un apartado específico para las emisiones odoríferas, *cuando es un tema sobre el que se está ejerciendo una presión social importante. La legislación es pues extremadamente difusa, siendo al final los entes locales los que se ven enfrentados al problema derivado de las protestas de tipo social por contaminación odorífera*.

El citado documento da cuenta de los problemas específicos de olores en los diferentes sectores industriales de la Comunidad Valenciana.

Evoca el reiteradamente citado Borrador de Ley de de la Generalitat de Cataluña y señala la conveniencia de tomarlo como modelo para una futura legislación autonómica y estatal. En esta línea (Anexo I) reproduce los valores objetivo de inmisión de olor generado por las actividades según el Anexo 2 del Anteproyecto de Ley contra la Contaminación Odorífera de la Generalitat de Cataluña.

Comentario: la identificación de la Consellería de Medio Ambiente de la Comunidad Valenciana con los principios y estructura del dicho Borrador, junto con la mención explícita a la falta de legislación específica sobre olores constituye un argumento para que las administraciones tomen la decisión de poner en funcionamiento dicha legislación.

3.11.- La contaminación odorífera en Andalucía.

El 29 de septiembre de 2009, la presenta un Proyecto de decreto por el que se aprueba el reglamento de calidad del medio ambiente Atmosférico.

En el Título I. Disposiciones generales, y en su Artículo 3. Definiciones, precisa (4) el concepto de olor y (5) el de concentración de olor, dentro del contexto en que se considera a los malos olores como un agente de contaminación atmosférica. Es más, en su Anexo III, Relación de contaminantes atmosféricos, señala, en el último lugar (14) de esta relación a los *olores molestos* como uno de los contaminantes atmosféricos. En este sentido no va mucho más allá de lo que el Decreto 833/1975 había ido, pues mencionaba en su Anexo III a los olores desagradables como un contaminante atmosférico, como ya lo había hecho el RAMINP. Sí supone, sin embargo, un avance sobre la Ley 34/2007 de 15 de noviembre que, sorprendentemente ignora en su Anexo III a los olores molestos, como contaminantes atmosféricos, [v] ; este avance es tanto más relevante cuanto que, en su Anexo VIII, 1. Métodos de referencia estándar para emisiones atmosféricas, 1.1 Normas para métodos manuales de medida) señala a la norma UNE-EN 13725 Calidad del aire. Determinación de olor por olfatometría dinámica.

El borrador en cuestión no establece valores límite de emisión ni de emisión- a diferencia de la norma de Cataluña que los explicita en su Anexo 2 -.ni tampoco relaciona las actividades de la región susceptibles de generar contaminación odorífera, como sí lo incluye en su Guía la Comunidad Valenciana (Ver apartado 3.11).

Con todo, es preciso reconocer que el Proyecto de decreto por el que se aprueba el reglamento de calidad del medio ambiente Atmosférico del que nos estamos ocupando

[v] Iglesias García, A. "Contaminación atmosférica por olores: unas técnicas de detección avanzadas. Una legislación específica inexistente". Comunicación técnica Conama 9.

constituye un positivo avance de cara al establecimiento de una legislación específica sobre olores.

3.12.- La contaminación odorífera en el País Vasco[18].

El Centro de Gestión de Residuos de Guipúzcoa ha elaborado (2009) un estudio titulado Proyecto técnico Estudio de impacto ambiental del Centro de Gestión de Residuos de Guipúzcoa, que en su anejo 6 se centra en el impacto ambiental de la contaminación odorífera.

El estudio aborda este problema partiendo de las características del entorno a las que aplica modelos matemáticos de simulación de la dispersión de contaminantes atmosféricos que constituyen un estudio teórico de la emisión e inmisión del centro.

Las conclusiones derivadas de este estudio señalan que las inodoras obtenidas para 3 ó 10 OU_E/ m3 (percentil 99), en las que cabe esperar que se puedan producir olores (según el objetivo considerado) no afectan a ningún núcleo de población urbana.

Únicamente se puede observar para el caso del biosecado en pilas que el ámbito de afectación es mayor que el que se contempla en el secado en "boxes" relacionado con las emisiones de los biofiltros.

Como valores de referencia toma los del anexo 3 del primer Borrador del Anteproyecto de Ley de la Generalitat de Cataluña ante la inexistencia de una legislación específica sobre olores en el País Vasco. Por esta misma razón adopta como referencia del estudio algunos aspectos específicos de la normativa holandesa de la que entresaca la consideración de que *la relación entre concentración de olor en inmisión y molestias en la población no es directa, ya que depende de diversos factores: la duración de la exposición, tipo de olor, características de cada persona, entorno social, etc. Como consecuencia, en cada caso particular se establecen los límites de olor en la licencia de funcionamiento, los cuales pueden diferir ligeramente con respecto a otros emplazamientos*.

Comentario: a falta de una legislación específica sobre olores el proyecto se basa en el impacto ambiental utilizando al mismo tiempo, de forma provisional, los valores de objetivo de inmisión del Anteproyecto catalán.

4. La contaminación odorífera en el resto de Europa

Legislación en Francia[19]

Las disposiciones legales francesas más recientes sobre contaminación odorífera figuran en la resolución de 25.04.2008 (que modifica la anterior Resolución de 12.02.2003), cuyo Artículo 2 regula las emisiones de olor en las instalaciones de tratamiento por deshidratación de los "subproductos de origen animal" fijando un tope máximo de 5 ou_E/Nm^3 a 3 kilómetros de distancia del foco emisor estimadas sobre la base de un sistema de dispersión o bien que la emisión de la fuente no sobrepase en origen una concentración de 1.000 uo_E / Nm^3.

Por otra parte, el Artículo 8 de la citada Resolución obliga al seguimiento, por parte del explotador, de las emisiones de concentraciones superiores a 100.000 ou_E / Nm^3 o que sean objeto de reiteradas quejas.

Legislación en Holanda

Se basa en los siguientes criterios:

El objetivo es alcanzar un nivel aceptable de molestias por olores

- Los límites de inmisión están basados en relaciones dosis-efecto. Principio Alara, “nivel tan bajo como sea posible”
- Los límites de inmisión en términos de concentraciones de olor medio expresados como ou_E / Nm^3 al 98 % percentil.
- Cuantificación de los métodos normalizados y análisis por olfatometría.
- Regulaciones especiales para instalaciones industriales.

  Ejemplo: límites para plantas de compostaje:
  - Desechos verdes <= 1,5 uo_E / Nm^3 a 98 % P
  - Desechos orgánicos caseros <= 1,5 uo_E / Nm^3 a 98 % P

Legislación en Alemania

Criterios

- diferentes regulaciones:
- “30. BImSchV” (30 Ordenanza del Acta de Control de Inmisiones en Instalaciones de tratamiento de residuos biológicos)
  - Distancia mínima 300 m.
  - ej. concentración límite < 500 uo_E emisión para fuentes en EDARs
- “TA Luft” (Instrucción técnica alemana en el control de la calidad del aire)
  - No hay regulación para limitar el impacto por olor
  - Solo regulación de emisiones.
  - Distancia mínima depende: 300, 350 y 500m
  - ej,. valor límite emisión olores para plantas compostaje < 500 ou_E
- “GIRL” (Guía sobre el olor en el aire ambiente)
  - Medida normalizada de olores causados por instalaciones
  - Determinación del impacto de olores como horas de olor por año (= frecuencia del olor)

Legislación en Irlanda

Criterios

- base legal: EPA 1992 e IPPC
- regulaciones especiales para instalaciones con licencia IPPC:
- ganadería intensiva
- compostaje a partir de residuos de champiñones
- se esperan más regulaciones especiales próximamente.
- Identificación en la fuente originaria de los olores usando olfatometría
- límites de inmisión para las instalaciones mencionadas arriba:
  - ≤ 3 ou_E / Nm^3 al 98% percentil para instalaciones nuevas
  - ≤ 6 ou_E/Nm^3 al 98% percentil para instalaciones existentes

Legislación en el Reino Unido

Criterios

- base legal basada en el acta de 1990 de protección medioambiental.
- introducción en IPPC
- los oficiales de salud medioambiental individual deciden la importancia de los olores en procedimientos de licencia.
- se suele utilizar la olfatometría para la identificación de fuentes.
- mucha variedad para condiciones de una licencia:
  - No hay molestia
  - No hay olor en los límites de la instalación
  - ≤ x ppb H_2S
  - Se suele usar ≤ 6 ou_E/Nm^3 AL 98 P para instalaciones existentes

5. La contaminación odorífera en América

5.1 La contaminación atmosférica en Chile

En Chile se reconoce que la contaminación odorífera es un grave problema medioambiental, que produce tanto perturbaciones psíquicas y sociales, como daños patrimoniales concretos. Por lo que en el Boletín Nº 6577-12 se presentaba el Proyecto de Ley que *"Tipifica la contaminación atmosférica por malos olores o contaminación olfativa*" con el objetivo de conseguir la protección de las personas frente ante estos problemas.

Con antelación su legislación todavía no tipificaba, regulaba ni sancionaba la contaminación atmosférica por malos olores. En efecto, existían dos normativas que no se consideraban suficientes para dar solución a este problema:

- el Decreto N° 144 del Ministerio de Salud, que *"Establece normas para evitar emanaciones o contaminantes atmosféricos de cualquier naturaleza*",
- y el Decreto N° 167 del Ministerio Secretaria General de la Presidencia, que *"Establece norma de emisión para olores molestos (compuestos sulfuro de hidrógeno y mercaptanos: gases TRS) asociados a la fabricación de pulpa sulfatada".*

Los objetivos principales del Proyecto son:

- garantizar la calidad de vida de las personas y el Derecho a vivir en un medio ambiente libre de contaminación mediante la regulación de los olores molestos;
- dar respuesta a la demanda social existente para la regulación de la contaminación ambiental por malos olores o "contaminación olfativa";
- conseguir la protección de las personas frente a la contaminación olfativa mediante los instrumentos legales previstos en este Proyecto
- de Ley en cuanto a las acciones a seguir contra todo el que culposa o dolosamente, mediante el desempeño de su actividad o proyecto, cause una molestia por malos olores en la comunidad."

Se reconoce que los olores molestos serán considerados como un tipo de contaminación medioambiental denominada "contaminación olfativa".

Se establece que acciones u omisiones, de una persona natural o jurídica, pueden ser constitutivas de infracciones muy graves, graves, o leves, por causar o permitir la emisión de cualquier sustancia o combinación de sustancias que creen o contribuyan a un olor en el aire que se constituya en una molestia en ambientes externos.

Estableciéndose como criterios para graduar las posibles sanciones:

- La afectación de las personas;
- La alteración social causada por la infracción;
- La capacidad económica del/de la infractor/a;
- El beneficio derivado de la actividad infractora;
- La existencia de intencionalidad;
- El efecto que la infracción produce sobre la convivencia de las personas, en los casos de relaciones de vecindad.

Dichas infracciones serán aplicables al responsable o administrador del establecimiento o actividad que infrinja lo estipulado en este Proyecto.

Cuando la inmisión de olor supere los niveles establecidos por la tipificación como falta grave o muy grave, o por incumplimiento reiterado de requerimientos para la implementación de medidas correctoras, la autoridad competente puede adoptar medidas provisionales en caso de urgencia y antes del inicio del procedimiento.

5.2 La contaminación odorífera en Estados Unidos

En los EEUU, la normativa vigente sigue la norma ASTM D1391-57 "Standard Method of Measuring Odor in Atmospheres". La normativa está básicamente dirigida a la producción de olores por parte de la industria. Aunque en USA, también han aparecido métodos más específicos para los olores generados por la ganadería, como la EN13725 "Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry" o el código de prácticas del ASAE, "Control of Manure Odour, Engineering Practice 379.1.

Los estudios olfatométricos han utilizado el modelo de dispersión ISC-AERMOD, desarrollado por EPA (Agencia para la protección del medio Ambiente de los EE.UU). Las opciones con las que se ha ejecutado el modelo AERMOD son las que EPA considera como regulatorias para su uso en estudios de impacto ambiental atmosférico.

5.3 La contaminación odorífera en Canadá

Los estudios sobre contaminación de que disponemos, realizados en la ciudad de Montreal, se refieren a actividades de compostaje teniendo como objetivo la caracterización de los olores con vistas a definir las modificaciones necesarias sobre las estrategias, métodos o técnicas de compostaje utilizados.

El estudio al que nos referimos hace distinción entre ”olor” los compuestos odoríferos que lo constituyen, enfatizando el hecho de que tal distinción es importante porque las dos grandes clases de técnicas de medida de olores se apoyan en uno u otro concepto.

En Canadá la responsabilidad de regulaciones del olor es competencia de las provincias, por lo cual varias provincias tienen su propia regulación o política conrelación a la generación de malos olores. Onotario, por ejemplo, tiene una

regulación para la práctica agrícola desde 1976, que busca combatir la generación de malos olores estableciendo características para las instalaciones de los diversos tipos de ganado.

5.4 La contaminación odorífera en México

En México no existe una norma para evaluar la contaminación por olores.[20] *la Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente establece que la regulación de la prevención de la contaminación por olores es facultad de la Federación. De acuerdo con dicha ley, la Secretaría de Salud debe estudiar el problema y proveer la vigilancia necesaria para determinar en qué momento se producen daños a la salud de la población por contaminación de olores.*

Las quejas llegan a la Secretaría de Salud a través de las direcciones de ecología de los municipios, de las agencias de protección ambiental de los Estados, o bien, a través de las oficinas correspondientes de la Profepa (Procuraduría Federal de Protección al Ambiente). A modo de ejemplo, el 3. 5% del total de denuncias recibidas en los años 2005/2006 durante los cuatro años de gestión de la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial (PAOT) del Distrito Federal han estado relacionadas con la contaminación ambiental provocada por emisiones de olores asociadas a distintas fuentes.

La Asesoría Jurídico Ambienta, SC del DF ha elaborado un **Estudio sobre la Viabilidad de una Norma Ambiental para el Distrito en Materia de Emisiones Contaminantes de Olores** del que extraemos los siguientes párrafos:

- Partiendo de la base de que existe pleno fundamento legal para emitir una norma

ambiental para el Distrito Federal, la viabilidad de una norma ambiental en materia de olores gira en torno a la complejidad para establecer normas objetivas y generales que determinen cuando se tiene el deber jurídico de soportar un olor y cuando se rebasa el umbral de tolerancia convirtiéndose en un ilícito.

El problema que se enfrenta no sólo en el aspecto jurídico, sino de operación y juicio técnico o social, para atender de este tipo de contaminación es la cuantificación de los malos olores, ya que actualmente no existe un consenso ni instrumentos cuya tecnología pueda establecer de forma objetiva y determinante los niveles de aceptables para una sociedad o grupo. La razón es sencilla, la percepción de un olor cualquiera, sea este agradable o un mal olor, es una acción o sensación eminentemente subjetiva, con lo cual establecer límites máximos generales aplicables a toda persona resulta una tarea extremadamente difícil.

De hecho resulta necesario acudir a conceptos jurídicos indeterminados como: umbral de tolerancia, incomodidad o el abuso del derecho; y establecerlos en función de las medidas preventivas y correctivas necesarias. La eficiencia de un sistema así se relaciona directamente con las “mejores técnicas disponibles”, así como del uso y lugar de la actividad contaminante.

- **El valor inmobiliario y económico**[21]

Además del impacto que producen los malos olores en la calidad de vida de las personas, se ha visto que este tipo de malestar (asociado a la contaminación por malos olores) genera efectos económicos negativos, particularmente en las

actividades terciarias, como el comercio o los servicios (relacionadas a la recreación y el turismo).

Pero también afecta el valor de los inmuebles dentro de las zonas contaminadas, depreciando a la par que un paisaje deteriorado, incluso el valor de pisos completos de edificios como consecuencia de los hábitos de vecinos de pisos inferiores y por supuesto de actividades comerciales (incompatibles, por ejemplo restaurantes) que hacen emanaciones molestas.

- **La sociedad debe decidir los umbrales**

En una sociedad cuya población urbana se incrementa (en el caso de México se estima que 70% vive en localidades urbanas), es menester que habiéndose pronunciado por establecer la necesidad de controlar las emisiones de malos olores, se promuevan procedimientos y procesos que conduzcan al establecimiento de normas, umbrales y reglas que permitan operar a las instituciones y regular la contaminación del aire. Por ello será importante analizar también las experiencias, pautas y estrategias institucionales desarrollados por distintos países.

6. Situación de la Legislación

Hasta aquí se ha reflejado un extracto del estado de la Legislación en las distintas áreas geográficas que hemos considerado. No obstante, la amplia investigación judicial que se ha llevado a cabo en este Grupo de Trabajo podría requerir una ulterior exposición de las conclusiones obtenidas a partir de estas investigaciones en cuanto a Jurisprudencia y Legislación sobre contaminación odorífera.

7. Estado actual del problema. Conclusiones

De las experiencias prácticas que hemos citado en los apartados precedentes se puede considerar, en nuestra opinión:

1. **Que la olfatometría es una técnica válida para la determinación de concentraciones de olor con vistas a su control y prevención, aun cuando deben afinarse sus aspectos más delicados, que se pueden centrar en los siguientes puntos**:
    - La toma de muestras de la atmósfera y su posterior traslado a un laboratorio acreditado. En este mismo sentido, la comparación de resultados interlaboratorios parece un imperativo ineludible.
    - La necesidad de establecer una correlación entre los datos analíticos que se obtienen mediante análisis olfatométricos en laboratorio, realizados a partir de muestras tomadas en las fuentes de emisión, y los obtenidos en inmisión mediante aplicación de la norma DIN-3940 y con olfatómetros de campo (tipo Nasal Ranger), permitirá valorar la fiabilidad de los modelos matemáticos que se aplican cuando se pretende estimar los valores de concentración en inmisión a partir de los obtenidos en emisión.
    - Valorar si la toma de muestras de fuentes puntuales (chimeneas) es realmente práctica cuando no se tiene junto a ellas un laboratorio olfatométrico.

2. **El Análisis químico debe contemplarse, como técnica complementaria de la olfatometría, para análisis de fuentes puntuales y para valoración del rendimiento de los sistemas de**

desodorización, así como para la determinación de "trazadores" tipo sulfuro de hidrógeno, amoníaco y/u otros compuestos orgánicos volátiles característicos de la actividad desarrollada en la propiedad del foco de emisión.

- La Región de Murcia ha tenido en cuenta esta posibilidad, no contemplada en otras Comunidades Autónomas.

3. **Las Comunidades que están esbozando algún tipo de legislación, como Andalucía , Valencia y Murcia, se están basando en el esquema del Borrador de la Generalitat de Cataluña, aunque desde el punto de vista cuantitativo no han aportado, por el momento, ninguna originalidad.**
4. **Es deseable que cada Comunidad Autónoma dé el paso de cuantificar sus propios valores.**
5. **Los avances conseguidos en la aplicación práctica de medidas olfatométricas, proporcionan a las distintas Administraciones públicas españolas una masa crítica suficiente como para elaborar sus respectivas legislaciones aprovechando el tejido que constituye el Anteproyecto de Ley de prevención y control de la contaminación odorífera de la Generalitat de Cataluña.**
6. **El vacío legal que constituye la inexistencia de una legislación específica sobre contaminación odorífera, tanto a nivel nacional como autonómico y municipal, supone una situación insostenible. En efecto, problemas como el que ha surgido en los últimos días en Valdemoro están lo suficientemente cerca como para justificar esta percepción.**
7. **En cualquier caso, parece indispensable que exista una legislación estatal marco que preceda a las autonómicas y municipales.**
8. **Resulta chocante, cuando menos, que determinadas Autorizaciones Ambientales Integradas, para ser otorgadas, se limiten a especificar que "no debe haber olores" cuando existen técnicas avanzadas para su cuantificación.**
9. **Las Administraciones deben actuar con decisión y sin tardanza para establecer una legislación específica sobre contaminación odorífera que evite disputas de vecindario sin la posibilidad de una actuación jurídica asentada sobre una base sistemática.**

ANEXOS

ANEXO A

ELIMINACIÓN DE OLORES POR LAVADO QUÍMICO

LAVADO QUÍMICO

Los malos olores que se desprenden en gran número de procesos, entre los que destacan de forma especial la depuración de las aguas residuales, urbanas e industriales, se deben a la presencia de determinadas moléculas con grupos odoríferos cuyas propiedades se detallan en el cuadro que aparece a continuación.

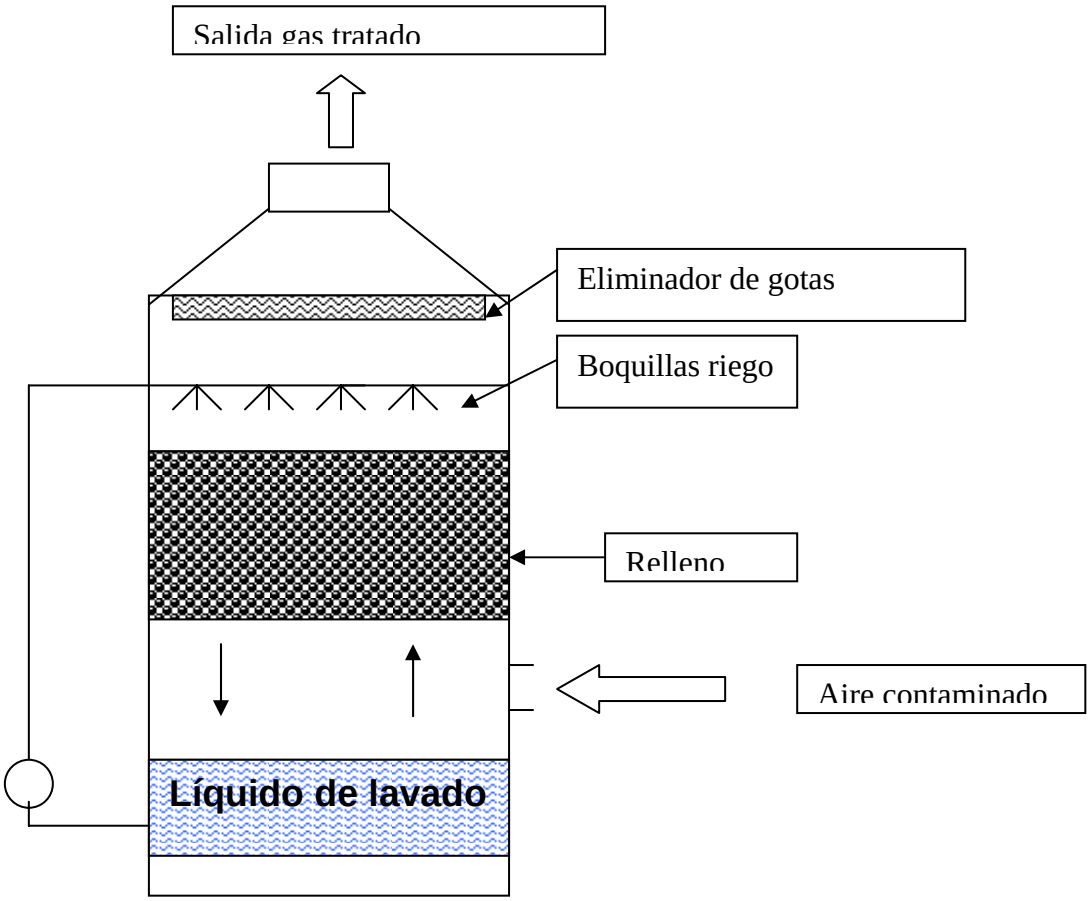
Tabla
Compuestos generadores de malos olores

Clase de compuesto	Compuesto	Peso molecular (g/mol)	Fórmula química	Características del olor	Umbral olfativo (mg/Nm3 aire)
Sulfurados	Sulfuro de hidrógeno Metil mercaptano Etil mercaptano Dimetil sulfuro Dietil sulfuro Dimetil disulfuro	34,1 48,1 62,1 62,13 90,2 94,2	H_2S CH_3SH C_2H_5SH $(CH_3)_2S$ $(C_2H_5)_2S$ $(CH_3)_2S_2$	huevos podridos col, ajo col en descomposición legumbres en descomposición etéreo pútrido	0,0001 a 0,03 0,0005 a 0,08 0,0001 a 0,03 0,0025 a 0,65 0,0045 a 0,31 0,003 a 0,014
Aminados	Amoníaco Metil amina Etil amina Dimetil amina Indol Escatol Cadaverina	17 31,05 45,08 45,08 117,5 131,5 102,18	NH_3 CH_3NH_2 $C_2H_5NH_2$ $(CH_3)_2NH$ C_8H_6NH C_9H_8NH $NH_2(CH_2)_5NH_2$	muy picante, irritante pescado en descomposición picante, amoniacal pescado podrido fecal, nauseabundo fecal, nauseabundo carne en descomposición	0,5 a 37 0,021 0,05 a 0,83 0,047 a 0,16 0,0006 0,0008 a 0,10 /
Ácidos	Acético Butírico Valeriánico	60,05 88,1 102,13	CH_3COOH C_3H_7COOH C_4H_9COOH	vinagre mantequilla rancia sudor, transpiración	0,025 a 6,5 0,0004 a 3 0.0008 a 1,3
Aldehidos y cetonas	Formaldehido Acetaldehido Butiraldehido Ald. isovaleriánico Acetona	30,03 44,05 72,1 86,13 55,08	HCHO CH_3CHO C_3H_7CHO $(CH_3)_2CHCH_2CHO$ CH_3COCH_3	acre, sofocante fruta, manzana rancio fruta, manzana fruta suave	0.033 a 12 0,04 a 1,8 0,013 a 15 0,072 1,1 a 240

Se trata de eliminar tales efectos, siempre molestos, y en muchos casos seriamente perjudiciales para la salud.
Entre las técnicas que posibilitan la eliminación de las moléculas odoríferas indeseables que pueden estar contaminados un efluente gaseoso se viene utilizando con mucha frecuencia el lavado químico.
Esta técnica se basa en el comportamiento fisicoquímico de aquellas moléculas frente al agua, fundamentalmente su solubilidad en este medio[vi], y en la cinética de sus reacciones frente a los reactivos que adicionamos al agua para su eliminación.
La puesta en funcionamiento de un proceso para conseguir esta finalidad se fundamenta en la operación básica de ingeniería química de absorción, que tiene lugar por transferencia de materia con reacción química entre la fase gaseosa contaminante y la disolución acuosa.

[vi] Ley de Henry

Tal operación se realiza en ***torres de relleno***, comúnmente llamadas ***torres de lavado o scrubbers,*** según el esquema que aparece a continuación.



El relleno que se ha venido utilizando hasta hace muy pocos años en tales torres consiste en anillos tipoRaschig, Pall, de montura, Tallerets, etc., que si bien proporcionan una buena transferencia de materia, conllevan en cambio una pérdida de carga notable y que se puede agravar con aguas calcáreas.

Experiencias posteriores (principios de la década 2000) se han centrado en el empleo de un nuevo tipo de relleno, el ***relleno estructurado***, que con un excelente intercambio de materia, conduce a unas pérdidas de carga muy inferiores a las de los rellenos tradicionales, lo que se traduce en una economía de adquisición de materiales, al hacer posible el proyectar lavadores de menor diámetro, y una clara economía de explotación por el ahorro energético derivado de la disminución de la pérdida de carga.

En la mayoría de los casos una emisión de malos olores está formada por una mezcla compleja de distintas moléculas odoríferas, cada una de las cuales requerirá un tipo de tratamiento.

Estas moléculas se tratan con dos tipos de reacciones:

A. Reacciones de neutralización: los derivados del amoníaco, como bases débiles que son, con pKa comprendidos entre 9,2 y 11, se tratan mediante reacción de neutralización por medio de una solución de ácido sulfúrico con un pKa de entre 4 y 7:

$$NH_3 + H_2O \rightarrow NH_4OH$$
$$2\ NH_4OH + H_2SO_4 \rightarrow SO_4(NH_4)_2 + 2\ H_2O$$

B. Reacciones de oxidación – reducción: los compuestos de azufre, sulfuro de hidrógeno, mercaptanos y sulfuros orgánicos, diácidos débiles, con pKa comprendidas entre 7 y 9, y reductores se eliminan mediante oxidación de los atómos de azufre con oxidantes fuertes, siendo de uso común el hipoclorito sódico:

$$HS^- + ClO^- \rightarrow S + OH^- + Cl^-$$
$$ClO^- \rightarrow SO_4^{2-} + 4\ Cl^-$$

Un pH superior a 9 permite acentuar la disolución de los mercaptanos poco solubles. En la práctica se utiliza un pH máximo de 11 con el fin de evitar la carbonatación debida al CO_2 presente en la atmósfera.

Para llegar al estado de sulfatos el consumo de cloro es de 4 moles de cloro por mol de H_2S. En la práctica se ha observado que, para concentraciones de entrada de H_2S comprendidas entre 5 y 10 mg/m3 y un pH en torno a 9, se obtienen rendimientos de eliminación superior al 99,8 % y una transformación casi total en sulfatos, siendo el consumo de 5,2 moles por mol de H_2S eliminado y un consumo de sosa de en torno a 5 moles / mol.
La acción del hipoclorito sobre el metil mercaptano es más compleja. El primer producto de oxidación es el dimetildisulfuro ($CH_3 – S- S- CH_3$), también de olor muy fuerte, que acaba transformándose en ácido metil sulfónico, $CH_3 – SO_3H$.
Para eliminar este tipo de compuesto se hace necesario un exceso de oxidante. Los rendimientos de eliminación pasan de 10 – 15 % a 85 – 95 % utilizando un exceso de hipoclorito a un pH >10. Los consumos de cloro y de sosa son altos, 8,5 y 7,6 moles, respectivamente, por mol de CH_3SH eliminado.

Con estos tipos de tratamientos se consiguen rendimientos capaces de reducir la concentración de los contaminantes por debajo de sus umbrales de percepción.
Los compuestos oxigenados constituyen, por su parte, un amplio grupo de diversas moléculas orgánicas como aldehídos, cetonas, ácidos..., que suelen estar presentes, generalmente, en bajas concentraciones. Los ácidos orgánicos son solubles en sosa; los aldehídos y ciertos alcoholes se oxidan por medio del hipoclorito. En los casos en que se halle presente una elevada concentración de aldehídos y cetonas se requerirá un lavado con bisulfito sódico.
En resumen, en caso de presencia simultánea de compuestos de diferentes grupos, proponemos:

1) Un lavado con ácido sulfúrico para eliminar el amoníaco y las aminas,
2) un lavado de oxidación con hipoclorito en medio alcalino de hidróxido sódico para la eliminación de sulfuros y neutralización de ácidos orgánicos,
3) Un lavado final con sosa para eliminación de restos de compuestos ácidos.

Esta secuencia de lavados se dispondrá en tres torres de lavado como se ilustra en el diagrama

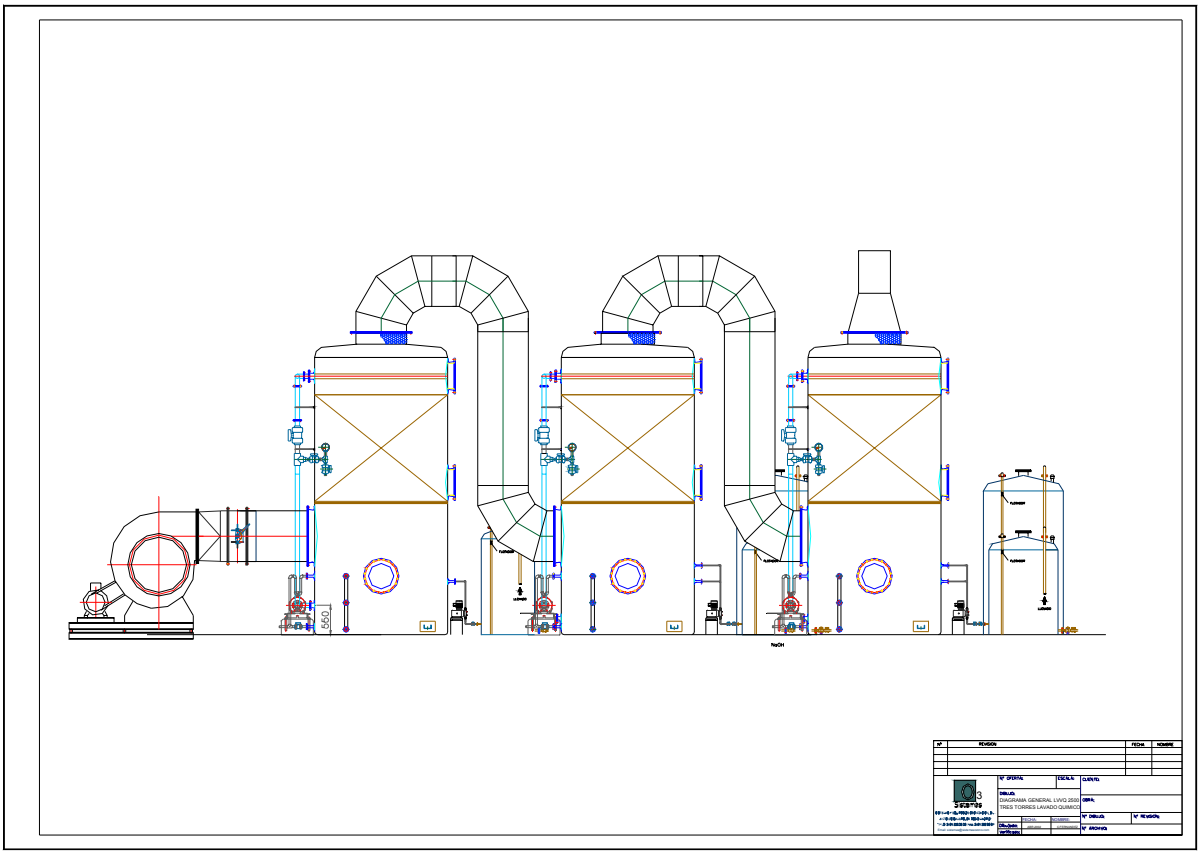


Diagrama de una instalación de desodorización por lavado químico con tres torres.

ANEXO B

ELIMINACIÓN DE OLORES MEDIANTE PROCESO DE ADSORCIÓN EN CARBÓN ACTIVO

TRATAMIENTOS DE DESODORIZACIÓN POR TRANSFERENCIA GAS – SÓLIDO: ADSORCIÓN

1. INTRODUCCIÓN

La adsorción de moléculas presentes en una fase líquida o en una gaseosa sobre una fase sólida es un fenómeno muy frecuente en la naturaleza. Se puede citar, por ejemplo, el caso del amoníaco en el cabello o en la ropa. Tomando como base este fenómeno de retención de un producto sobre un soporte, llamado adsorbente, se ha elaborado un importante número de materiales para la eliminación de moléculas volátiles y en particular para la desodorización.

Se trata en esencia de hacer pasar los gases sobre un material en que el número de poros es muy elevado (cáscara de coco, alúmina, zeolita). Los contaminantes quedan fijados en el interior de estos poros por el fenómeno de la **adsorción.**

2. CONCEPTOS BÁSICOS

2.1 Interacción moléculas-sólido adsorbente

El fenómeno de adsorción es un proceso que supone el paso de las moléculas desde un estado desordenado en la fase gaseosa a otro más ordenado en el soporte sobre el que se lleva a cabo la adsorción propiamente dicha, lo que implica una pérdida de entropía y por tanto una pérdida de energía libre en el proceso a presión constante que estamos considerando:

$$G = H - T\,S$$

Las interacciones ente el gas y el sólido pueden ser de tipo físico o de tipo químico.

2.2 Fisisorción

Los fenómenos de interacción físicos entre la superficie del sólido y la sustancia adsorbible se basan en un sistema de fuerzas electrostáticas de atracción – repulsión (por cargas libres). Pueden ser debidos a fuerzas iónicas, de dipolo-dipolo, de dispersión o de London-Van der Walls y a enlaces de hidrógeno.

Se admite que la energía de estos tipos de enlace es del orden de 5 a 40 kJ mol^{-1} para las de Van der Waals e inferior a 5 kJ mol^{-1} para las de dipolo-dipolo.

2.3 Quimisorción

En el caso de adsorción química, los enlaces superficie del sólido-sustancia se pueden considerar como próximos a los enlaces covalentes, pudiendo dar lugar a desprendimiento de calor. Para un enlace covalente la energía es superior a 40 kJmol. La impregnación del sólido poroso permite favorecer este tipo de interacciones químicas.

Aunque es muy eficaz, la técnica de la adsorción está limitada en su aplicación a los casos de caudales de aire y concentraciones de contaminante bajos, si se tiene en cuenta que un carbón activo, que es el medio filtrante más utilizado, capta del 10 al 30 % de su masa en contaminante. Después de ello se deberá optar por regenerarlo, desorber los productos o bien desecharlo. Además, la eficacia dependerá de los compuestos que vayamos a tratar, del carbón utilizado (según los fabricantes la eficacia de absorción de un carbón activo corriente puede pasar de ser muy buena a

ser baja), de la humedad y de la presencia de elementos colmatantes como polvo y grasas.

3. PRINCIPALES MATERIALES ADSORBENTES

3.1 Carbón activo

3.1.1 Introducción

El carbón activo es un producto preparado a partir de hidratos de carbono minerales u orgánicos que se caracteriza por una superficie desarrollada muy alta asociada a una gran porosidad, lo que le confiere una una elevada capacidad de adsorción con múltiples posibilidades de aplicación tanto en fase gas como en fase líquida.

Existen dos procedimientos de fabricación de carbones activos: el procedimiento físico, que conduce a un rendimiento del 5% con relación a la materia prima, y el procedimiento químico, en el que el rendimiento es del 25%. En el método físico la carbonización de la materia prima precede a la operación de activación, mientras que en el método químico ambas operaciones transcurren al mismo tiempo.

a) Procedimiento físico

Materia prima: 1000	
Carbonización a:	
T = 500 – 600 ºC	
t = 5 – 6 h	
Materia prima carbonizada:	250
ACTIVACIÓN	
T = 800 – 1.000 ºC	
t = 24 – 72 h	
Vapor de agua + CO⇨ CARBÓN ACTIVO :	100

b) Procedimiento químico

Materia prima : 1000
Carbonización - ACTIVACIÓN a: ***T = 400 – 600 ºC*** ***t = 5 – 24 h*** 400 ***ZnCl⇨ P_2O_5 CARBÓN ACTIVO :***

El uso de un carbón activo normal, merced a su elevada superficie específica, es capaz de retener por adsorción física o fisisorción las sustancias con punto de ebullición por encima de 40º C, pero los de las sustancias anteriormente mencionadas (sulfuros y aminas) quedan por debajo de este valor, por lo que su retención es insuficiente.

La solución a esta limitación se basa en el uso de carbones activados impregnados con distintos compuestos químicos, con lo que a las fuerzas de adsorción física del carbón activo se suman las de afinidad química de las sustancias impregnadoras hacia las moléculas odoríferas, legándose de este modo a la eliminación de estas mediante su transformación en compuestos sin olor.

Si se pretende la eliminación de sulfuros, la impregnación del carbón activo se lleva a cabo usualmente con sosa (NaOH), aunque también es posible la impregnación con KOH. Las reacciones que tienen lugar son las siguientes:

1) Reacción de neutralización del H2S (íq.) por la mayor parte de la sosa:
   H_2S + NaOH → HSNa + H2O
   HSNa + $2O_2$ → SO_4HNa
2) Reacciones de :
   a) Carbonatación : Formación de carbonato sódico entre parte de la sosa y el anhídrido carbónico del aire:
      CO_2 + 2 NaOH → Na_2CO_3 + H_2O
   b) Neutralización por formación de sulfato sódico, sin olor, por la acción del ácido sulfhídrico, líquido, que se forma por la acción del vapor de agua sobre el sulfuro de hidrógeno , gas, sobre el carbonato sódico :
      $H_2S_{(Líq.)}$ + Na_2CO_3 → Na_2SO_4 + H_2O

Los mercaptanos pasarían de sulfuro orgánico a disulfuro, menos oloroso y más fácilmente adsorbible en el carbón activo.

Como resultado de la operación de activación se crean poros en el carbón cuyo tamaño es del orden de los nanómetros, oscilando entre unas pocas unidades y varias decenas de millar de angströms:

- Microporos: < 1nm de radio
- Mesoporos: 1-25 nm de radio
- Macroporos: > 25 nm de radio

Por otra parte los carbones activos se someten a ciertos tipos de tratamiento característicos: de aglomeración y de impregnación.

- Aglomeración: cuando el carbón activo es suficientemente resistente puede acondicionarse por granulación directa. En el caso contrario se impone una etapa de aglomeración consistente en mezclar la materia prima con un ligante para posteriormente someter al preparado a la etapa de carbonización. Este proceso es necesario para la turba o el carbón mineral.
- Impregnación: esta operación se lleva a cabo después de la fase de aglomeración. Consiste en depositar sobre el carbón activos compuestos orgánicos y /o minerales con objeto de poder combinar fisisorción y quimisorción, consiguiendo de este modo un carbón activo más selectivo o simplemente más eficaz frente a un contaminante o una familia de contaminantes.

Principales parámetros característicos:
Para definir un carbón activo es necesario conocer:

- Su superficie específica
- Su volumen de poros
- Sus características físicas
- Sus funciones complejas de superficie

3.1.2 Formas de presentación

Dependen de su método de obtención y de la utilización que se persiga.
Las formas más usuales de presentación en el mercado son:

- Polvos: diámetro medio de 8 a 80 micras.
- Gránulos naturales con granulometrías comprendidas entre 200 micras y 6 mm
- Extruídos en forma de bastoncillos (pellets) con tamaños de diámetro desde 0,8 a 5 mm y longitudes de 5 mm a 2 cm.

La eficacia de una instalación será función no sólo de la actividad intrínseca del material, sino también de su presentación. Un gránulo de diámetro medio de 1 mm será más eficaz que un gránulo de 4 mm de diámetro medio pero opondrá, a un espesor de capa equivalente, una mayor pérdida de carga.

3.1.3 Condicionamiento

La carga de un carbón activo en el lecho depende del tipo de embalaje que lo contiene, y viene condicionado normalmente al tipo de problema que estemos tratando.

Para filtraciones industriales con caudales de varios miles de m3 / h se suele utilizar un lecho fijo de elevado espesor, de manera que se obtengan tiempos de contacto contaminante-carbón del orden de fracciones de segundo (de 0,1 a 0,8 s), lo que se traduce, teniendo en cuenta las velocidades utilizadas en decenas de cm / s para lechos de algunas decenas de centímetro.

Las filtraciones de gases contaminados se producen tanto en sentido ascendente como descendente del flujo con respecto al lecho, si bien es cada vez más frecuente la

utilización de sistemas de flujo tangencial al lecho, en cuyo caso la capa adsorbente puede ser de poco espesor, del orden de unos cuantos milímetros.

Existen diferentes clases de carbón activo:

- **El carbón activo corriente:**

En él, la captación de olores se produce únicamente por interacción física (fisisorción) entre las moléculas odoríferas y el carbón. En el caso de tratamiento de olores este tipo de carbón no es utilizable porque el rendimiento es excesivamente bajo (< 2%), existiendo incluso un riesgo de destrucción del carbón activo.

- **Carbón activo impregnado:**

La impregnación del carbón activo utiliza el principio de la quimisorción en lugar de la fisisorción. El carbón va impregnado con un reactivo que va a permitir neutralizar y liberar de este modo los poros del carbón y, por consiguiente, aumentar su capacidad de captación hasta un 25%.

Este tipo de carbón activo es más caro que el corriente al llevar el valor añadido de la impregnación.

La impregnación puede ser hecha con sosa o con potasa cuando se trata de neutralizar contaminantes ácidos, como H_2S o con yoduro potásico o permanganato si lo que se busca es oxidar a los contaminantes.
Los inconvenientes del carbón activo son:

- Su capacidad de absorción disminuye fuertemente con la humedad, lo que a menudo obliga a tener que calentar el gas.
- No hay posibilidad de conocer la esperanza de vida de la carga después de un tiempo de funcionamiento, salvo para algunos carbones impregnados.
- La pérdida de carga es con frecuencia importante.

Generalmente el tipo de carbón activo utilizado para tratar el H2S es diferente del que debe utilizarse para tratar el NH_3, por lo que se hace necesario el uso de diversos carbones.

3.1.4 Influencia del adsorbato

Es evidente que el tipo de adsorbato va a influir en el equilibrio de adsorción debido a:

- Su tamaño molecular
- La densidad del adsorbato en forma líquida
- El punto de ebullición y la estructura del adsorbente

Por supuesto, el adsorbato debe ser menor que el tamaño de los microporos para ser adsorbido. Una vez en el microporo se adsorbe mediante condensación. Por ello el máximo volumen adsorbido viene determinado por el volumen total de poros, pero el peso adsorbido lo da la densidad del adsorbato en forma líquida.

Los dos primeros parámetros influyen en la capacidad de adsorción, pero es el último el que nos da una idea clara de la fuerza de la adsorción y por tanto si es una adsorción eficaz. En líneas generales un adsorbato con mayor punto de ebullición quedará más fuertemente retenido por el carbón activo que uno de bajo punto de ebullición. Por ello, si se trata de una mezcla gaseosa multicomponente, los adsorbatos con mayor punto de ebullición desplazarán a los de menor punto de ebullición. Del mismo modo la estructura espacial del adsorbato determinará cómo encaja en los poros.

En este sentido cobran especial importancia las fuerzas responsables de cualquier proceso de adsorción, las ya mencionadas fuerzas de Van der Waals. Este tipo de atracción, muy

débiles en moléculas con otro tipo de fuerzas de interacción, cobra mucha importancia en estos procesos ya que son las responsables de la unión adsorbato-adsorbente. A mayor volumen de la molécula la interacción es mayor y por ello la unión es más fuerte. El punto de ebullición de la molécula está relacionado directamente con ellas, a mayor tamaño mayor interacción y en consecuencia mayor punto de ebullición. Esto explica porque dichas sustancias se adsorben más fácilmente.

3.1.5 Influencia de las condiciones de proceso

Las condiciones de proceso pueden influir en el equilibrio mediante:

- La concentración de adsorbato
- La temperatura de adsorción

El resto de parámetros no influirán en la capacidad de adsorción, sino en el tiempo requerido para alcanzar el equilibrio.

La concentración del adsorbato va a influir en el equilibrio de la reacción de adsorción. A baja concentración son los microporos los que se llenan en primer lugar dada su mayor energía de adsorción, pero a altas concentraciones se pueden llenar completamente todos los poros lo que conduce a un equilibrio más rápido pero una menor vida media del carbón y un rendimiento menor del carbón ya que ciertas moléculas pueden taponar el paso hacia los microporos, quedando estos vacíos.

La temperatura de adsorción va a influir en el proceso de modo que el equilibrio es más lento si la temperatura es mayor y en consecuencia la retención será menor pero la vida del carbón será mayor.

Ambos factores han de conjugarse correctamente para obtener una vida media del carbón activo.

3.1.6 Presentación

Otro factor de decisiva influencia es la pérdida de carga que ofrecen los distintos tipos de carbón activo. Por eso, dependiendo de la aplicación se utilizarán distintas formas físicas del carbón activo:

- En forma de Pellets
- Carbón Activo Granular
- Carbón activo en Polvo

Para aplicaciones gas / aire se suelen utilizar los pellets y el Carbón Activo Granular. Según nuestra experiencia son preferibles los pellets al ofrecer una menor resistencia al paso de los fluidos gracias a su forma regular.

3.1.7 Procesos de desodorización

Como ya se ha indicado en capítulos anteriores, los procesos de desodorización las sustancias responsables de los olores son causadas por los gases liberados en los procesos de descomposición de la materia orgánica o por sustancias disueltas en el líquido que son liberados o descompuestos en los distintos procesos de tratamiento.

La mayoría de estas sustancias son derivados de los sulfuros (sulfuro de hidrógeno y sus derivados orgánicos, los mercaptanos) y de las aminas (amoníaco y derivados orgánicos).

Compuestos olorosos	Fórmula química	Calidad de olor
Aminas	CH_3NH_2;$(CH_3)_3N$	A pescado
Amoniaco	NH_3	Amoniacal
Diaminas	$NH_2(CH_2)_4NH_2$; $NH_2(CH_2)_5NH_2$	Carne descompuesta
Sulfuro de hidrógeno	H_2S	Huevos podridos
Mercaptanos (metilo y etilo)	CH_3SH;$CH_3(CH_2)SH$	Coles descompuestas
Mercaptanos (butilo y crotilo)	CH_3CSH;$CH_3(CH_2)_3SH$	Mofeta
Sulfuros orgánicos	$(CH_3)S$;$(C_6H_5)_2S$	Coles podridas
Escatol	C_9H_9N	Materia fecal

El uso de un carbón activo normal, merced a su elevada superficie específica, es capaz de retener por adsorción física o fisisorción las sustancias con punto de ebullición por encima de 40º C, pero los de las sustancias anteriormente mencionadas (sulfuros y aminas) quedan por debajo de este valor, por lo que su retención es insuficiente.

La solución a esta limitación, como se ha indicado anteriormente, radica en el uso de carbones activados impregnados con distintos compuestos químicos, con lo que a las fuerzas de adsorción física del carbón activo se suman las de afinidad química de las sustancias impregnantes hacia las moléculas odoríferas, legándose de este modo a la eliminación de estas mediante su transformación en compuestos sin olor.

Si se pretende la eliminación de sulfuros, la impregnación del carbón activo se lleva a cabo usualmente con sosa (NaOH), aunque también es posible la impregnación con KOH. Las reacciones que tienen lugar son las siguientes:

3) Reacción de neutralización del H_2S (Líq.) por la mayor parte de la sosa:

   $H_2S + NaOH \rightarrow HSNa + H2O$

   $HSNa + 2O_2 \rightarrow SO_4HNa$

4) Reacciones de :

   a) Carbonatación : Formación de carbonato sódico entre parte de la sosa y el anhídrido carbónico del aire:

   $$CO_2 + 2\ NaOH \rightarrow Na_2CO_3 + H_2O$$

   c) Neutralización por formación de sulfato sódico, sin olor, por la acción del ácido sulfhídrico, líquido, que se forma por la acción del vapor de agua sobre el sulfuro de hidrógeno , gas, sobre el carbonato sódico :

   $$H_2S_{(Líq.)} + Na_2CO_3 \rightarrow Na_2SO_4 + H_2O$$

Los mercaptanos pasarían de sulfuro orgánico a disulfuro, menos oloroso y más fácilmente adsorbible en el carbón activo.

La oxidación afectará también a los mercaptanos, R – SH, cuyo átomo de azufre con número de oxidación -2 es oxidado a número de oxidación 0, formando entonces disulfuro, R –S – S – R´, menos oloroso y más fácilmente adsorbible en el carbón activo.

El problema de esta impregnación es la disminución de la superficie disponible para la adsorción física y por tanto de retención de estos compuestos. En casos particulares deberían estudiarse otras posibles impregnaciones o soluciones alternativas. De nuevo la elección de la impregnación y de su concentración es importante para el tratamiento correcto.

Por ejemplo: En el caso de una concentración centrada especialmente en las aminas la impregnación será de ácido fosfórico. También cabe la posibilidad de una necesidad específica de eliminación de sustancias retenidas fundamentalmente por adsorción física, con lo que el carbón activo impregnado no sería adecuado.

Otro problema añadido a los carbones activados impregnados, especialmente aquellos que lo son con hidróxidos alcalinos, es la posible combustión espontánea debido a la alta reactividad de estos compuestos. Sin embargo la precaución es únicamente crítica para le retención de disolventes orgánicos, por lo que generalmente no es necesario un control exhaustivo. Una de las posibles soluciones es la inclusión en los equipos de tomas de tierra cerca de los lechos, de modo que se prevenga cualquier posible chispa o energía de activación que provoque la combustión.

La vida útil de un carbón activo empleado en un proceso de desodorización depende directamente de la concentración en el aire del contaminante que se va a tratar.

El empleo de carbón activo es una positiva solución para la eliminación de olores en las EDAR. La amplitud de posibilidades de forma física y de impregnación le imprimen una gran versatilidad.

3.2 La zeolita

Paralelamente al carbón activo, se desarrollan otros tipos de adsorbentes para su uso en desodorización.

En Francia existen experiencias de la utilización de una zeolita impregnada en permanganato potásico. Este substrato está especialmente recomendado para tratar moléculas de pequeño tamaño, como NH_3 y H_2S, lo que permite tratar los contaminantes más frecuentes con un único substrato.

Contrariamente a lo que sucede con el carbón, la eficacia de la zeolita varía poco con la humedad permitiendo por ello trabajar con una humedad relativa cercana al 100%.

Las características de la zeolita se indican a continuación.

Dependiendo de las aplicaciones, se ofrecen soluciones diferentes, no sólo en lo que respecta al lecho filtrante, sino también en lo referente al tipo de instalación, por lo que se conocen diversos tipos de tratamiento, utilizando torres, cajones compuestos por células integradas en su interior, o bien venteos.

Antonio Iglesias García

Químico

.

ANEXO C

ELIMINACIÓN DE OLORES POR BIOFILTRACIÓN

ELIMINACIÓN DE OLORES POR BIOFILTRACIÓN

1.- DESCRIPICION DEL PROCESO.
- **1.1- INTRODUCCION**
- **1.2- PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BIOFILTROS NODORTEC**
- **1.3- CONDICIONES DE OPERACION**

2.- PRETRATAMIENTO

- **2.1.- HUMIDIFICACION DEL GAS VICIADO**
- **2.2.- EQUIPO HIDRÁULICO DE RECIRCULACIÓN**

3.- BIOFILTRACION

- **3.1.- BIOFILTRO**
- **3.2.- EQUIPO HIDRÁULICO DE HUMIDIFICACION DEL BIOFILTRO**
- **3.3.- VENTILADOR**

1.- DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

1.1. INTRODUCCIÓN.

Los residuos industriales gaseosos han sido tradicionalmente tratados por métodos físico-químicos, absorción, lavado, condensación y procesos de oxidación. El tratamiento biológico representa así otra alternativa de tratamiento, que viene siendo utilizada desde 1920.
La depuración biológica en general se basa en la degradación de los compuestos orgánicos a tratar por bacterias que viven en un soporte sólido (turba, recortes de madera, etc) o en un líquido en suspensión.
En el tratamiento biológico de aire contaminado con compuestos productores de malos olores las bacterias utilizan estos compuestos como única fuente de carbono para su biosíntesis(Anabolismo) y como fuente de energía, indispensable para la degradación de un substrato (Catabolismo).
El tratamiento biológico del aire contaminado se lleva a cabo por medio de biofiltros de soporte orgánico (turba), filtros percoladores de soporte mineral (zeolita, chamota y otros), llamados también biofiltros de rociado. En el primer caso el soporte orgánico aporta al sistema elementos nutritivos complementarios. En el segundo caso, el soporte mineral debe ser inoculado con bacterias y un dispositivo de riego muy abundante, continuo, se encarga de distribuir el agua y los complementos nutrientes necesarios. El desarrollo de bacterias en este caso puede generar el colmatado del substrato o unas pérdidas de carga importantes que se regulan mediante purgas.
Los microorganismos necesitan para su desarrollo humedad, aire y calor (7 a 35ºC).
El buen funcionamiento de un proceso de biofiltración requiere que se cumplan las tres condiciones siguientes:

- La superficie de transferencia debe ser máxima para favorecer la absorción de los compuestos contaminantes de la fase gaseosa.
- La temperatura debe mantenerse fuera de congelación.
- Los gases deben contener suficiente oxígeno como para mantener el proceso en condiciones aerobias.

Los contaminantes difunden a través de la biopelícula y se degradan en forma aerobia, de tal manera que el mecanismo de biofiltración incluye una combinación de adsorción, absorción y degradación microbiana.

Los tratamientos de olores por vía biológica son aplicables para concentraciones de contaminantes por debajo de 1,5 g /m^3 y conducen a rendimientos de entre el 90 y 99 %.

Los límites en cuanto a caudal están condicionados al espacio (1m3 de filtro por 100 m^3/h de aire tratado)

1.2. PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LOS BIOFILTROS.

El proceso de desodorización del aire por biofiltración se basa en la biodegradación de las moléculas odoríferas presentes en el aire.

Este tipo de procedimiento encuentra aplicaciones esencialmente en las estaciones de depuración de aguas residuales y en diversos campos industriales.

El aire es captado y extraído de los focos emisores por ventilación mecánica e insuflado en la unidad de tratamiento donde después de humidificado sufre un proceso de biodegradación.

La biodegradación se produce en el Biofiltro donde los microorganismos presentes en el relleno húmedo captan a las moléculas odoríferas y las oxidan gracias a su complejo enzimático.

Una aplicación muy generalizada consiste en utilizar un relleno incompresible, de baja pérdida de carga, compuesto por Turba oscura envejecida que permite una construcción de filtros en altura con la consiguiente economía de espacio horizontal.

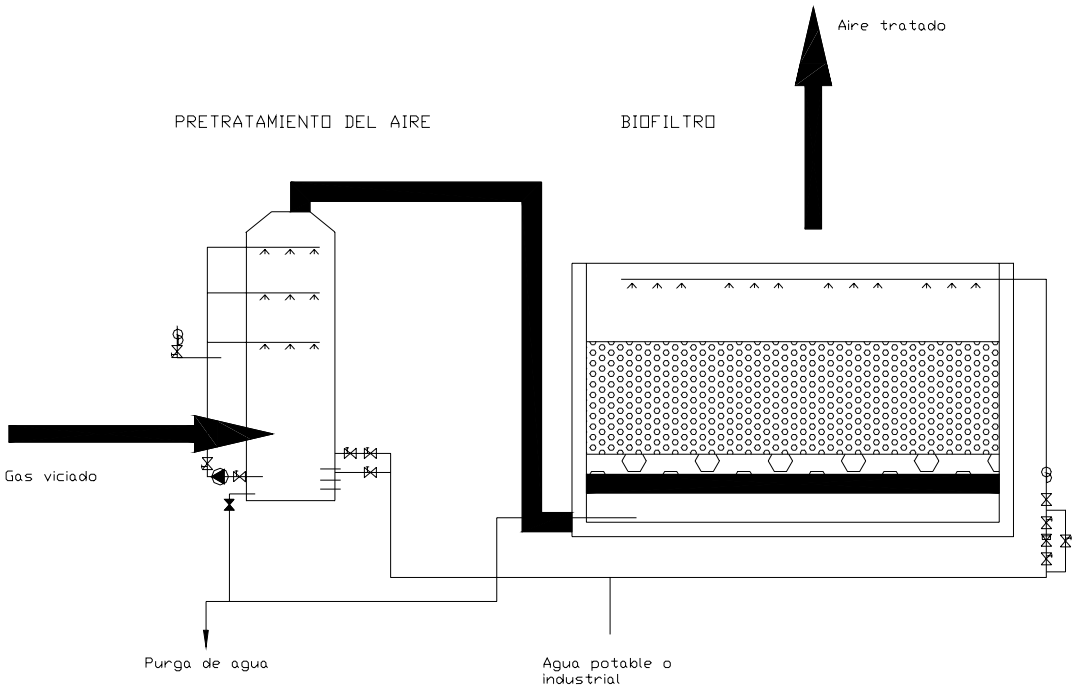


Figura 1.- Diagrama tipo de un proceso de biofiltración

Figura 2.- Sistema de biofiltración para desodorización de una EDARI en Briand les Sables d'Olonnes (Francia)

Figura 3.- Detalle del un lecho de turba para biofiltración en la misma instalación de la figura 2.

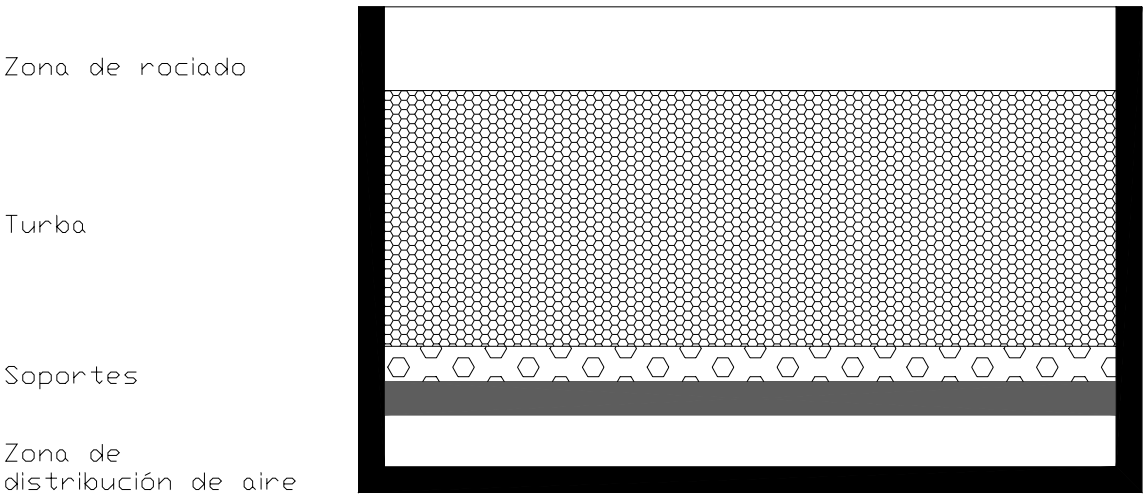
Principales parámetros de explotación.

Este procedimiento es ventajoso desde el punto de vista de economía de explotación, ya que no necesita potencias eléctricas elevadas y el consumo de reactivo químico es innecesario, salvo en el caso de elevadas concentraciones de contaminantes.

El parámetro de explotación que debemos controlar con mayor atención es la humedad de la turba que está asegurado por una humidificación permanente del aire antes de llegar al biofiltro y mediante un rociado periódico del relleno.

1.3.- CONDICIONES DE OPERACION

- Concentraciones máximas de los gases presentes (mg / m3)
  - H2S: 10
  - RSH: 4
  - NH3: 5
- Otras condiciones:
  - Temperatura del aire: 7 < T(º C) < 30
  - Humedad de l aire : 70<HR (%) < 90
  - Cantidad de O2: 18% míni
  - Contenido de polvos: <95% gravimetría
  - Agua de rociado: Potable o industrial filtrada
- Concentraciones de salida (mg / m3)
  - H2S<0,1
  - RSH<0,07
  - NH3<0,1
  - RNH2<0,1
- Garantía de vida : 5 años



2.- PRETRATAMIENTO

2.1.- HUMIDIFICACION DEL GAS VICIADO

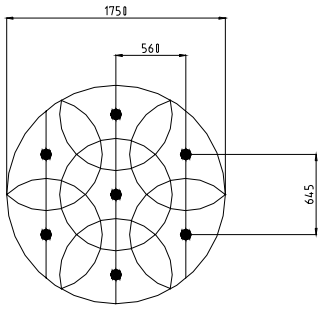
Como se ha señalado anteriormente, los microorganismos que se desarrollan en la turba necesitan un grado de humedad permanente por lo que se requiere de un pretratamiento de humidificación para saturar la corriente gaseosa antes de entrar al biofiltro. Constituye, pues, un paso determinante en la biofiltración el pretratamiento del gas viciado, mediante humidificación del mismo en una torre de contacto.

2.1.1.- MÉTODO DE HUMIDIFICACION DEL GAS

Rociado del gas contaminado con agua a través de boquillas de pulverización. Estas boquillas generan una superficie de mojado con una superposición del 25 %, de modo que si tiene lugar el taponamiento de alguna de ellas la eficacia que se pierda por área seca de relleno no sea excesiva hasta que se proceda a su limpieza mediante agua de lavado.

La torre lleva dispuesto en su parte superior un sistema de aspersión de agua formado por pulverizadores de conos llenos, en PP.

Una instalación consta de dos parrillas de rociado, formada cada una de ellas por siete boquillas, siendo la superficie rociada por cada una de ellas la que figura en el siguiente dibujo:



ANEXO D

ANÁLISIS QUÍMICO DE MOLÉCULAS ODORÍFERAS

ANÁLISIS QUÍMICO DE GASES

El análisis químico constituye un complemento indispensable de la olfatometría por cuanto permite, sin riesgos de subjetividad, la cualificación y cuantificación de las moléculas odoríferas causantes de un problema de olores. Se puede realizar análisis cualitativo y cuantitativo por familias de productos o directamente para un producto específico. Estos métodos suelen ir asociados al método de muestreo.

Describiremos los principales métodos de muestreo y sus análisis en laboratorio.

1. Toma de muestras de la atmósfera

Se utilizan diversos métodos para la toma de muestras de una atmósfera contaminada por olores, desde el llenado de ampollas o de bolsas hasta la adsorción en materiales específicos.

1.1 Toma en recipiente

Cuando el análisis del gas es posible sin concentración previa, se toma en ampolla o bolsa. Las ampollas son de vidrio y van provistas de una llave de teflón. Las bolsas son de caucho o de algún tipo de plástico recubierto de polímeros especiales: teflón, tedlar , mylar.... Estos recubrimientos evitan una posible adsorción de los compuestos que vamos a analizar sobre las paredes del recipiente. Schnetzle y al.(1975) catalogaron diversos materiales minimizando la pérdida de muestra. Así, la adsorción es muy baja con los polímeros antes citados. En el caso de las ampollas de vidrio, se practica el vacío previamente en su interior. La toma de muestra se puede practicar a través de un septum por medio de una jeringa.

1.2 Toma por adsorción

La concentración de las moléculas odoríferas contaminantes es normalmente muy baja (del orden de 10^{-4} mg/Nm^3 para los derivados del azufre). Por ello es frecuente que tengamos que efectuar una preconcentración que se opera sobre diversos tipos de materiales adsorbentes.

La técnica de captura consiste en hacer pasar un volumen de gas a través de un tubo relleno de adsorbente. Los volúmenes tratados son variables, dependiendo por supuesto de la concentración de contaminantes. Belin (1984) hizo pasar 33 litros de aire ambiente de ciudad sobre 250 mg de material durante 1 hora. Pero se ha conseguido hacer pasar caudales de 3.000 litros de gas en una EDAR (Zeman y al.1984). La masa del adsorbente varía en función del material utilizado, quedando comprendida entre 50 y 1000 mg en monocapa o en mezcla de adsorbentes.

Se utiliza actualmente una gran variedad de adsorbentes. Se pueden preparar in situ para esta aplicación por medio de un procedimiento de limpieza química o de un tratamiento con disolvente. De todos modos, existe en el mercado una amplia variedad de tubos listos para el uso (Supelco 1988; Arelco, 1988). Entre los adsorbentes el carbón activo, que se comercializa en muy diversos grados de granulometría es uno de los adsorbentes más utilizados.

Se encuentra en el mercado con diversas denominacifones como Carbotrap que, al ir grafitizado, presenta un área másica del orden de 100 m^2g^{-1}, a diferencia de los carbones convencionales con áreas de entre 1.000 y 1.500 m^2g^{-1} . Otros tipos de adsorbentes frecuentes son el silicagel y la alúmina activada. También se utilizan los

materiales que constituyen la fase fija de columnas de cromatografía de gases empleadas en la detección de moléculas odoríferas: Tenax, Porapack, Chromosorb, así como resinas reticuladas. La Tabla 1 reagrupa los materiales adsorbentes y sus utilizaciones por productos o por familias de productos. E esta tabla se puede observar que los adsorbentes no son selectivos para familias de compuestos, por lo que la cuantificación de éstos deberá pasar previamente por su separación. Por otra parte, pueden darse casos de competencia de adsorción en el material, lo que supone un problema en la cuantificación de los odoríferos. Existen también tubos con varias capas, bien sea de un mismo material de diferentes granulometrías, o de dos materiales diferentes (Supelco, 1988) que posibilitan una mejor adsorción.

Los adsorbentes utilizados se reseñan en la tabla 1.

Tabla 1

Adsorbentes utilizados para la captación de moléculas odoríferas

Compuestos o familia de compuestos	Adsorbentes	Referencias
Ácidos minerales	Na $_2CO_3$ 5% en Chromosorb	Niosh, 2 ed vol7
Ácidos orgánicos	Carbotrap, XAD, o Tenax	Supelco,1988
Compuestos orgánicos	Carbón activo	Niosh, 2 ed vol7
Mercaptanos y poli alquil sulfuros	Carbón activo o Tenax Na $_2CO_3$ 5% en Chromosorb	Zeman y al., 1984 Niosh, 3ed, vol 1
Amoníaco	Silica gel activado	Niosh, 2ed, vol 1
Aminas	Silica gel activado	Niosh, 2ed,vol-7
Alcoholes Formaldehído Acroleína	2-hidroxi metil piperidina sobre Supelpack 20N	Manual OSHA
Gases de escape	Silica gel	Partbridge y al.,1987

Gran variedad de adsorbentes, no selectivos, separación previa a la identificación.

La desorción es fase importante en la analítica de las moléculas retenidas. Un método clásico consiste en la desorción fraccionada[vii]mediante el cual el soporte se somete progresivamente a una elevación de temperatura que posibilita el desprendimiento gradual de los compuestos adsorbidos de acuerdo con su volatilidad. Sin embargo este método deja de ser eficaz cuando nos enfrentamos a muestras complejas. En tal caso, es preferible someter al soporte a una temperatura suficientemente elevada que permita la deserción global y completa. El conjunto de moléculas desorbidas se separa a continuación por cromatografía de gases. Los instrumentos actualmente existentes permiten obtener un choque térmico rápido en el soporte. Así se puede pasar de 30 a 400ºC en 26 segundos (Supelco,1988).

Una alternativa a la deserción térmica es la extracción de las moléculas adsorbidas mediante un disolvente. Esta técnica ha sido utilizada con éxito por Zeman y al.(1981, 1984) para la adsorción y deserción de compuestos de azufre. La extracción se efectúa tratando el soporte con 2 ó 3 ml de diclorometano a reflujo durante 6 horas. El extracto se concentra en un aparato Kuderna Danish antes del análisis cromatográfico. Pueden utilizarse otros disolventes tales como éter, etanol,...(Guerin, 1981). En el caso

[vii] Peters y Weil, 1930; Peters y Laghaman, 1937

de una mezcla compleja, Zeman y Koch (1981) proponen, después de una primera desorción del carbón activo con diclorometano, una reabsorción en sílica gel y después una elusión selectiva con hexano para eliminar los compuestos hidrocarbonatos tipo alcohol y después una elusión con éter de los compuestos osmógenos que son analizados. Este método permite eliminar un elevado número de moléculas que enmascaran los productos investigados en la separación cromatográfica. Otro método aúna los dos precedentes. Consiste en desorber térmicamente los productos y hacerlos barbotear por medio de un gas vector en un disolvente adecuado(Supelco, 1988).La muestra líquida puede s er concentrada y después analizada.

1.3 Toma por absorción

Cuando la contaminación por olores es compleja, interesa seriar los componentes por familias. En caso de polución diluida necesitan concentración previa. El principio consiste en fijar selectivamente el constituyente a analizar en forma de solución o precipitado que se analizará.

La solución absorbente se elige en función de los productos a captar o de la técnica de análisis escogida.

En el caso de un efluente gaseoso real, se utiliza un dispositivo de toma selectivo para la captura de productos por familias.

Comprende una serie de frascos lavadores precedida de uno para la captura de condensados.

El HCl 0,1 N permite captar NH3 y aminas.

El bisulfito sódico 0,4% retiene aldehídos y cetonas.

El cloruro mercúrico 4% hace precipitar, en forma de sulfuro mercúrico, el H_2S y /o los mercaptanos. Así pues, éstos se cuantifican de forma global por gravimetría.Noes un método selectivo.

Los volúmenes son de 100 a 200 ml.

Los caudales de gas 100 lh^{-1} .

Conviene ajustar el tiempo de barboteo en función de la concentración estimada a fin de obtener precisión analítica.

Ejemplo: en establos el tiempo de barboteo es de 1 a 2 h; en EDAR de 5 a 10 h, según lugar de toma, cerrado o libre.

Sólo se obtienen valores medios: no se pueden ver los picos.

Pueden utilizarse frascos lavadores según se ilustra en la figura 1.

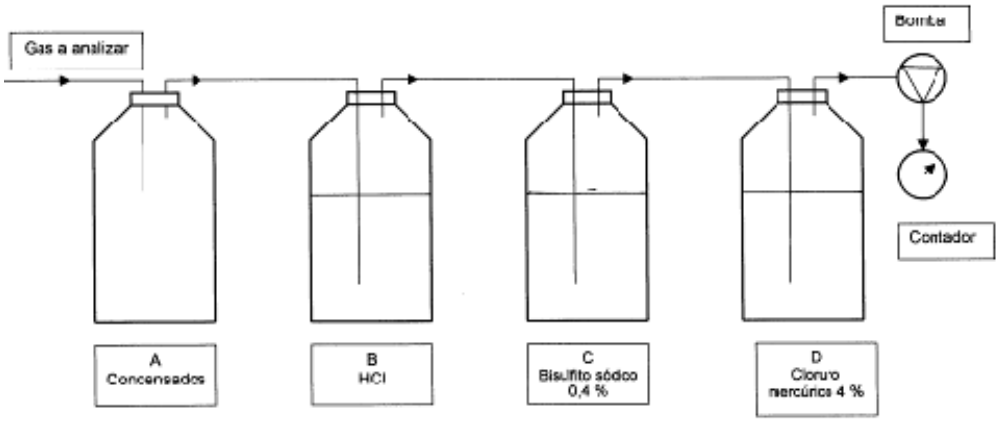


Fig.1. Dispositivo de captación y concentración por absorción de moléculas odoríferas (Le Cloirec y al., 1988)

Tabla 2
Soluciones de barboteo para la absorción de familias de compuestos odoríferos.

Productos o familia de productos	Absorbentes	Referencias
Acidez (SO_2...)	H_2O_2	Norma AFNOR, 1997 NF X43-016
Amoníaco	HCl 0,1 N o ácido Bórico 0,5 %	Le Cloirec y al., 1988 Fukuyama y al., 1986
Aminas	HCl 0,1 N	Thal y al.,1981 Nominé, 1979 Le Cloirec y al., 1988
Aldehídos y cetonas	Bisulfito sódico 4%	Thal y al.,1981 Le Cloirec y al., 1988
H_2S y mercaptanos	$HgCl_2$ al 0,4% sol. acuosa	Thal y al.,1981 Le Cloirec y al., 1988

2. Análisis

Después de la toma se puede efectuar análisis cualitativo y cuantitativo mediante las técnicas que figuran en tabla 3.

Tabla 3

Resumen de las principales técnicas analíticas utilizables según el compuesto a analizar

Compuestos o familia de compuestos	Análisis	Observaciones
H_2S	Iodometría Gravimetría Colorimetría CG	Compuesto solo
Mercaptanos	Gravimetría CG/SM	Cuantificación global Detección fotométrica de llama
SO_2	Volumetría CG/SM	Acidez Detección fotométrica de llama
NH_3	Volumetría colorimetría	Posibilidad de interferencias
Aminas	Volumetría CG/SM	Cuantificación global Detección ionización de llama
Aldehídos – cetonas	CG/SM	Detección ionización de llama
Alcoholes	CG/SM	Posibilidad de interferencias entre aminas y aldehídos.

2.1 Análisis gravimétrico

Para mercaptanos y H_2S tras barboteo en Cl_2Hg. Cuantitativo en forma de H_2S

$H_2S + HgCl_2 \rightarrow HgS + 2\ HCl$

$C_2H_5SH + Cl_2Hg \rightarrow C_2H_5S\text{-}HgCl$;

$C_2H_5S\text{-}HgCl + Cl_2Hg \rightarrow (C_2H_5S)_2Hg$

SO_2 y SO_3 se determinan por nefelometría con precipitación de $BaSO_4$

2.2 Análisis volumétrico

Para H_2S o SO_2 solos se mide el volumen de gas necesario para decolorar una solución de yodo.
Para compuestos de nitrógeno (amoníaco, aminas) las soluciones barboteadas en HCl se analizan por el método de Kjeldhal siempre que las concentraciones de aminas sean suficientemente elevadas, en caso contrario la cuantificación se efectúa de manera global.

2.3 Análisis colorimétrico o por absorción IR

El análisis colorimétrico se practica para NH_3 captado en HCl (norma AFNOR, NF T90-015).

Para el H_2S se mide el tiempo empleado por el efluente gaseoso en colorear un papel impregnado con acetato de plomo.

Los tubos reactivos forman parte en la actualidad de los métodos clásicos de análisis colorimétrico de gases. La primera patente relativa a un tubo reactivo fue registrada en

Estados Unidos en 1919 por Lamb y Hoover, que presentaron un tubo relleno de piedra pómez impregnada con una mezcla de pentóxido de yodo y ácido sulfúrico. El bombeo de una muestra de gas atmosférico a través de este lecho permitía la detección de monóxido de carbono mediante la reacción..... Una vez adsorbida la muestra, el proceso que sigue es una absorción en el vapor de agua condensado en el lecho poroso del tubo. Actualmente los tubos Dräger se diferencian sustancialmente de los originales en la precisión de la medida y en su selectividad.

Mediante FTIR se pueden determinar las aminas a través de la absorbancia del enlace H-N-R entre 3000 y 2800 cm^1.

2.4 Cromatografía de gases

En virtud de la volatilidad de los compuestos ododríferos es la técnica adecuada para su cualificación y cuantificación.

Le Cloirec y al. (1988) han descrito condiciones de análisis cromatográficos para 3 familias de compuestos generalmente responsables de olores: sulfurados, aldehídos y cetonas, aminados.

La tabla 4 muestra las condiciones analíticas.

Tabla 4
Condiciones de análisis cromatográficos en fase gaseosa de familias de compuestos odoríferos

Compuestos	H_2S y mercaptanos	NH_3 y aminas	Aldehídos y cetonas
Pretratamiento – Concentración		Absorción en HCl	Absorción en bisulfito sódico
Columna	Chromosorb T impregnada de poli MPE(12%) y H_3PO_4	Penwalt	Carbowax 20 M(4%) 0,8 %KOH sobre Carbowax B
Precolumna	-	ascrita	Ascarita
Temperatura del horno(ºC)	30	80-120	90-120
Programación(ºC/mn)	-	5	5
Temperatura del inyector(ºC)	40	200	200
Gas vector	N_2	N_2	N_2
Presión (bar)	0,75	1	1
Volumen de inyección(□l)	100	5	5
Detector	Fotometría de llama	Ionización de llama	Ionización de llama

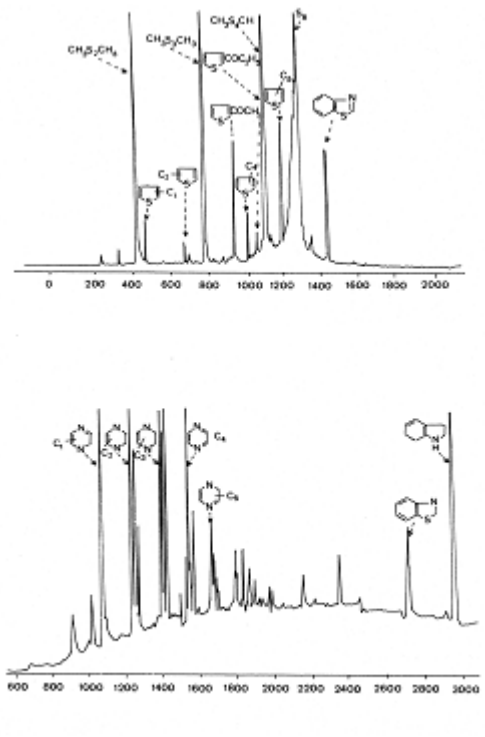


Fig 2. Perfil cromatográfico de compuestos odoríferos de nitrógeno(Zeman y Koch, 1981)

Detectores

- Para mezclas complicadas CH_3-R: aminas, alcoholes, cetonas y aldehído se emplea detector FID.
- FDP(Fotometría de llama para derivados S)
- Electroquímico para derivados S.

Columnas

Cuando la mezcla es muy compleja se utilizan columnas capilares.

La espectrometría de masas permite separar cualitativamente los compuestos separados en columna.

Pueden acoplarse cromatógrafo G y MS. Ejemplo: Tiofenos y escatol.

Cuando se trata de analizar compuestos con átomos de azufre se utiliza la cromatografía de gases con un detector electroquímico, sensible a este tipo de compuestos y columna Cromosorb. El detector electroquímico consiste en una cubeta provista de una rejilla que contiene disolución ácido crómico que toca en la rejilla conectada a dos electrodos; cuando el gas llega a ella se produce una reacción redox del tipo:

$$2\ CrO_3 + 3\ S\text{-}R \rightarrow 3\ R\text{-}S{=}O + Cr_2O_3$$

resultando una diferencia de potencial entre los dos electrodos que produce una señal que se registra en forma de pico para cada compuesto, identificándose éstos por su tiempo de retención.

Este tipo de cromatografía es específico para el H_2S, mercaptanos, sulfuros orgánicos y otros compuestos orgánicos con átomo de azufre. Por ello resulta muy útil para la determinación de este tipo moléculas odoríferas de las que permite una determinación cuantitativa. Por este motivo se emplea en estaciones depuradoras de aguas residuales. En la figura 3 se muestra un tipo de cromatógrafo utilizado en esta aplicación.

Fig.-3 – Cromatógrafo de gases específico para derivados del azufre.

3. CONCLUSIÓN

El análisis físico químico permite una determinación precisa de los rendimientos de una instalación y un diagnóstico preciso, cualitativo y cuantitativo, de las moléculas odoríferas que puede ser complementado con análisis olfatométrico.

ANEXO E

MAPA DE OLORES

MODELOS GAUSSIANOS Y MODELOS AVANZADOS DE DISPERSIÓN DE OLORES: VALIDACIÓN A TRAVÉS DEL ESTUDIO DE IMPACTO POR OLORES EN EL ECOPARC2 DE BARCELONA

Estel·la Pagans[1], Joan Feliubadaló[2]; Rita Domíngues[1]; Anton P. Van Harreveld[1], Peter D'Abreton[3]

[1]Odournet SL epagans@odournet.com
[3]Entidad del Medio Ambiente del Área Metropolitana de Barcelona (AMB)
[3] Pacific Environment Limited, Australia

Resumen: El presente estudio evalúa el uso del modelo de dispersión Calpuff para determinar el impacto por olores del Ecoparc2 comparando los resultados obtenidos al utilizar un modelo gaussiano y validando su coincidencia con observaciones de campo según la metodología VDI/DIN3940. Con esta finalidad, se ha obtenido la inmisión de olor asociada al Ecoparc2 expresada como el percentil 98 de las concentraciones horarias utilizando el modelo gaussiano ISCST y el modelo avanzado Calpuff en su modalidad de 3 dimensiones, que presenta mejor capacidad para modelar situaciones de calmas. De manera paralela, para poder validar los resultados obtenidos, se han medido las inmisiones de olor a los alrededores del Ecoparc2 a través de observaciones de campo según el estándar alemán VDI/DIN3940 durante dos periodos de estudio de 6 meses (2006 y 2008). Los resultados muestran que el modelo ISC no es suficientemente preciso para estimar el área de impacto del Ecoparc2, sobrestimándolo considerablemente en la dirección de los vientos dominantes. Por el contrario, el modelo Calpuff resulta en una estimación aceptable del área donde han sido observadas frecuencias de horas de olor positivas. Asimismo, el contorno $C_{98p,1h}$ = 3 ou_E/m^3 parece ser un criterio de calidad de aire ligeramente más exigente para los olores que el del 10% de frecuencias de horas de olor aplicado en la legislación Alemana.

Palabras clave: Calpuff; ISCST; VDI/DIN3940; EN13725, Olfatometría

ODOUR IMPACT OF A WASTE MANAGEMENT PLANT IN THE BARCELONA AREA, CHARACTERISED BY VDI3940 FIELD OBSERVATIONS, GAUSSIAN ISCST MODELLING AND CALPUFF MODELLING.

Abstract: An odour exposure study using field panel observations according to German standard EN3940 was carried out around Ecoparc2. The odour impact was also modelled using dispersion modelling. Two models were applied, ISC as an example of the more traditional Gaussian plume model and Calpuff in 3 dimensional mode as an example of more advanced modeling with higher capacity to model large proportion of calms and low windspeeds. The results of the three methods of odour impact assessment are assessed and the model results are compared and validated against the observed odour frequencies over two 6 month period (2006 and 2008). The Gaussian ISC model proved to be unable to effectively predict the odour footprint as determined by direct field observations of exposure, overestimating the distance of impact substantially in the direction of prevailing winds. The Calpuff model in 3D mode did predict the area of measurable odour hour frequencies quite well. The 98 percentile for 3 $ou_E \cdot m^{-3}$ appears to be a bit more restrictive than the German <10% odour hours criterion applied in German regulation.

Key words: Calpuff; ISCST; VDI/DIN3940, EN13725, Olfactometry.

1. Introducción

1.1. Diferencias entre los modelos gaussianos y no gaussianos de dispersión atmosférica de olores

La mayoría de los modelos de dispersión atmosférica utilizados para caracterizar los impactos en situaciones de pequeña escala (> 10 km) son modelos gaussianos, como por ejemplo: ISCST (Industrial Source Complex Short Term), Aermod, ADMS o Pluimplus (modelo normativo en los Países Bajos).

Los modelos gaussianos son modelos en estado estacionario, es decir, asumen que en una misma hora de simulación las condiciones meteorológicas no varían. En base a estos datos, calculan la distribución de las concentraciones a nivel del suelo a sotavento de la fuente de emisión. Este enfoque tiene varias limitaciones. En primer lugar no simula adecuadamente la acumulación de contaminantes en condiciones de poca velocidad de viento o de calma, ni su posterior dispersión cuando vuelve a aumentar la velocidad del viento. Las situaciones de baja velocidad de viento tampoco se modelan debidamente, si la dirección del viento cambia en la siguiente hora de observación, el modelo no recuerda que en la zona aún persiste una masa de olor perteneciente a la primera hora. Finalmente, el modelo tampoco es capaz de simular correctamente el campo de vientos sobre el terreno.

Existe una nueva generación de modelos que resuelven las principales limitaciones identificadas anteriormente, denominados modelos de Lagrange o de “puff”. Este es el caso del modelo Calpuff, que considera la emisión como una serie de descargas puntuales (“puff”) que son recogidas por el flujo de viento y se dispersan a medida que se mueven a lo largo de la capa superficial de la atmósfera. Este planteamiento permite una simulación más ajustada a la realidad de emisión, salvando muchas de las limitaciones de los modelos gaussianos.

En la Figura 1 se ilustran las principales diferencias entre un modelado gaussiano y un modelado con Calpuff.

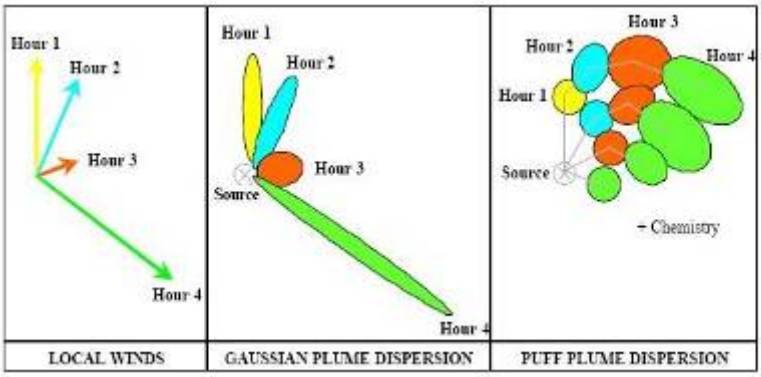


Figura 1. Comparación entre las características de dispersión de modelos gaussianos y modelos puff (Carper et al., 2003).

Es de especial importancia tener en cuenta que, como sucede con todos los modelos, la calidad de los resultados depende, además de la precisión del modelo, de la calidad de los datos que se introducen. En este sentido, la simulación con Calpuff precisa de un tratamiento de datos meteorológicos más amplio que los modelos gaussianos.

Así, los componentes principales del nuevo sistema de modelado son el Calmet (un modelo meteorológico tridimensional), el Calpuff propiamente dicho (un modelo de dispersión de calidad del aire) y el Calpost (un paquete post procesamiento).

El Calmet es un pre-procesador meteorológico que incluye un generador de campo de vientos que contiene un análisis objetivo y un tratamiento parametrizado de flujos de pendiente, efectos de terreno y efectos de bloques en el terreno. El pre-procesador genera campos de componentes de viento, temperatura del aire, humedad relativa, tipo de mezcla, altura y otras variables micrometeorológicas, con los que integra los campos meteorológicos tridimensionales que se utilizarán en el modelo de dispersión Calpuff.

Este modelo meteorológico más avanzado permite modelar situaciones muy comunes en el sur de Europa, y en especial en climas mediterráneos, como son las condiciones de bajas velocidades de viento y elevados porcentajes de calma. Precisamente, en estas situaciones es cuando todas las carencias de los modelos gaussianos se hacen más patentes.

Los modelos Calpuff aún no son ampliamente utilizados, ya que las estaciones meteorológicas actuales a veces no disponen de todos los datos que requiere el modelo. Este déficit de información se puede resolver, en parte, mediante el uso de modelos de predicción meteorológica de pequeña y mediana escala como el MM5.

Hasta la actualidad, la mayoría de estudios de impacto por olores se han llevado a cabo utilizando los modelos gaussianos. Estos modelos, a la vez, se emplearon para establecer estudios epidemiológicos de relación dosis-efecto, en los que se determinaba la relación entre la exposición, calculada por simulación, y el efecto, evaluado midiendo la molestia a través de cuestionarios. Estos estudios epidemiológicos han sido la base reglamentaria de los criterios de aceptabilidad de exposición a los olores en diversos países (Países Bajos, Reino Unido e Irlanda). En Cataluña aparecen dichos criterios en forma de borrador de anteproyecto de ley (GenCat, 2005).

Cuando se presenta un nuevo modelo, del que se espera que aporte predicciones más ajustadas, debe validarse éste a través de estudios epidemiológicos. Así, la mejora sobre los anteriores se demostraría si el nuevo modelo proporcionara una correlación mayor que la existente entre la exposición calculada y la medida de la molestia en la población. Este tipo de validación no se ha llevado a cabo todavía para el Calpuff.

En este sentido, en el presente artículo, en lugar de emplear la vía epidemiológica, se persigue validar el Calpuff determinando con él el impacto por olores del Ecoparc2, evaluando su coincidencia con observaciones de campo según la metodología VDI/DIN3940 y comparando los resultados obtenidos con los obtenidos al utilizar un modelo gaussiano.

1.2 Ecoparc2 y su entorno

El Ecoparc2 es una planta de tratamiento mecánico biológico ubicada al Norte de Barcelona capacitada para tratar 240.000 toneladas de residuos sólidos municipales, incluyendo la fracción orgánica separada selectivamente y la fracción resto. Las instalaciones pertenecen a la Entidad del Medio Ambiente del Área Metropolitana de Barcelona (AMB), responsable de los servicios públicos de suministro de agua potable, tratamiento de aguas residuales y gestión y eliminación de residuos sólidos urbanos) de la mayor parte del área de Barcelona.

La instalación está confinada y provista de equipos de extracción mecánica de aire. El aire contaminado se envía hacia una unidad de desodorización constituida por un lavado químico seguido de un sistema de biofiltración capaz de tratar aproximadamente 500.000 m^3/h. El flujo de aire tratado se libera a la atmósfera a través de una chimenea cuya altura sobre el suelo era en el año 2006 de 27 metros

sobre el nivel del suelo. Para mejorar la dispersión atmosférica, en el año 2008 la altura de la chimenea se incrementó en 12 m.

En el entorno del Ecoparc2 existen otras actividades potencialmente generadoras de olores, como una fábrica de lípidos (Lípids Santiga), una panadería y pastelería industrial (Panrico), diversas pequeñas industrias (SaraLee, KAO y Stabilit) y varias explotaciones ganaderas.

2. Material y Métodos

2.1 Evaluación de la exposición directa al olor: observaciones de campo según VDI/DIN3940

La metodología de las observaciones de campo según la VDI/DIN3940 consiste en la realización de percepciones olfativas programadas a lo largo del tiempo, entre 6 y 12 meses, mediante inspectores de campo calibrados, según EN-13725, en una serie de puntos predeterminados y distribuidos en el área de estudio formando una malla. En este caso, tal y como se muestra en la Figura 2, la malla contenía 152 puntos de observación para el año 2006 que se redujeron a 53 puntos en el 2008, centrados en aquellas zonas con mayor riesgo de impacto según los resultados del 2006. En cada punto se llevaron a cabo 26 observaciones independientes, en fechas y horas del día aleatorias durante todo el período de observación, que comprendió del 23 de mayo al 17 de diciembre de 2006 y del 7 de febrero al 29 de julio de 2008. Las observaciones tuvieron lugar 4 días por semana y participaron un total de 20 asesores cualificados según EN13725.

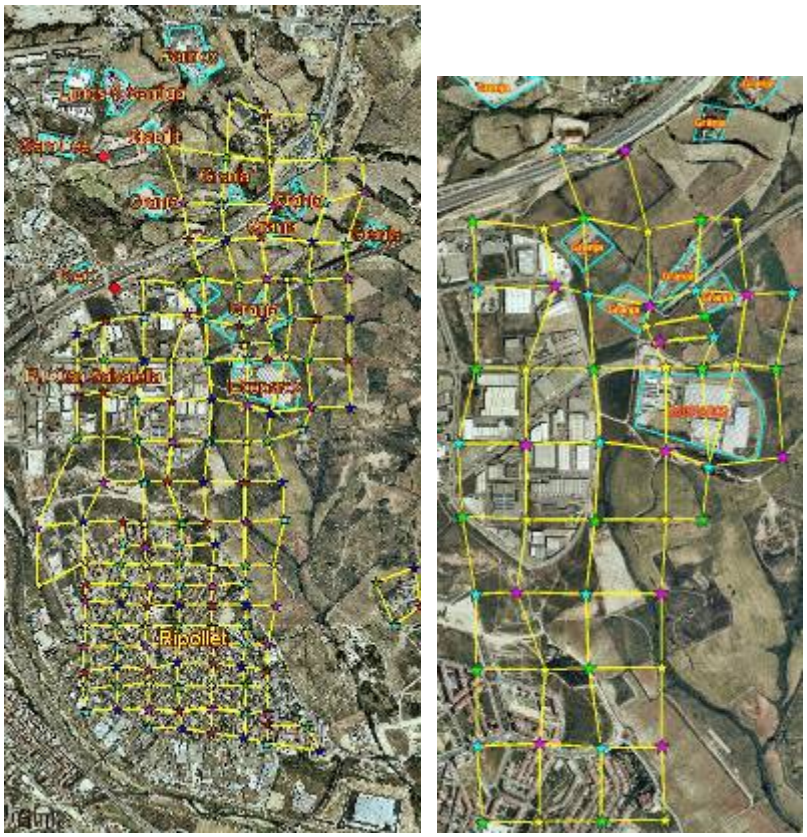


Figura 2. Situación del Ecoparc2, con fuentes de emisión de olor adicionales, y la red de puntos de observación para el año 2006 (izquierda) y para el año 2008 (derecha).

Conforme a esta metodología, la malla de observación está formada por celdas de 4 puntos, y en cada uno se realizan un total de 26 observaciones en días diferentes. Cada una de estas medidas consiste en una serie de observaciones reiteradas, concretamente 60 observaciones sensoriales durante un periodo de 10 minutos. Si durante este tiempo se percibe y reconoce un mismo tipo de olor el 10% o más de las veces, la medida es considerada como una hora de olor para este olor en cuestión. El impacto de olor en una celda se determina a partir de la suma de todas las de horas de olor y se expresa en forma de porcentaje en relación al número total de observaciones como frecuencia de horas de olor. La Figura 3 muestra un ejemplo de una celda con sus correspondientes 4 puntos de observación, donde se obtienen 13 registros positivos respecto a las 104 observaciones totales, lo que representa un 13% de frecuencia de horas de olor.

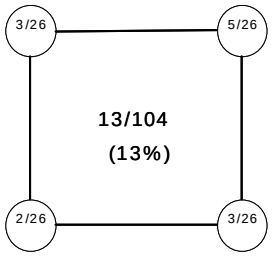


Figura 3. Ejemplo de una celda con sus correspondientes 4 puntos de observación y el cálculo de la frecuencia de horas de olor según el método VDI/DIN3940

Para poder evaluar el impacto, habitualmente se aplican los criterios de la legislación ambiental alemana. Este reglamento define un nivel de exposición aceptable a los olores cuando las frecuencias de horas para un mismo tipo de olor en zonas residenciales no superan el 10%, y cuando son inferiores al 15% en zonas industriales y comerciales.

La metodología VDI/DIN3940 es laboriosa y requiere una importante inversión de tiempo. En compensación, aporta una cuantificación real de los diferentes tipos de olores presentes en el área de estudio para el período evaluado. Adicionalmente, la metodología es técnicamente sencilla de explicar y los resultados obtenidos permiten una lectura fácil de comprender para la comunidad afectada, así como para las administraciones locales y los operadores de la instalación, en este caso del Ecoparc2.

2.2 Caracterización de la tasa de emisión del Ecoparc2

Las principales fuentes de emisión identificadas con capacidad de crear impacto a los alrededores, fueron la chimenea principal de salida de los efluentes tratados y el edificio de recepción de residuos. Ambos focos de olor fueron muestreados y analizados de acuerdo con la normativa EN13725. Las muestras se analizaron en el laboratorio de PRA Odournet bv en Ámsterdam, acreditado según ISO17025 por RvA/NKO para el análisis de olfatometría (L403, ámbito de aplicación disponible en www.rva.nl).

2.3 Simulación de dispersión atmosférica mediante un modelo gaussiano

El modelo ISCST se utilizó para calcular el percentil 98 del promedio de concentraciones horarias (US EPA, 1995a). Se emplearon las observaciones de la estación meteorológica local del Ecoparc2, y un modelo digital del terreno del Instituto Cartográfico de Cataluña (ICC).

2.4 Simulación de dispersión atmosférica utilizando un modelo puff

Se aplicó el modelo de simulación avanzado Calpuff (US EPA, 1995b; TRC, 2008) con un modelo de campo de vientos en 3 dimensiones establecido utilizando el módulo Calmet.

El modelo meteorológico se estableció inicialmente para un gran dominio de simulación que abarcaba la mayor parte de Cataluña, de 147 por 147 km, utilizando observaciones del Servicio Meteorológico de Cataluña (SMC). Las estaciones incluidas en el conjunto de datos fueron las de Barcelona, Girona, La Granada, Caldes de Montbui, El Vendrell, Els Hostalets de Pierola, Òdena, Rellinars, Vallirana, Viladrau, Vila-rodona, Clariana de Cardener, Sabadell y Reus

Además de las observaciones de superficie, se utilizaron los datos de radiosondeo de Barcelona, obtenidos dos veces al día, así como los datos de uso del suelo y un modelo digital del terreno. El modelo inicial, con una red de resolución de 1,5 kilómetros, fue redefinido para el área de estudio del Ecoparc2 ejecutando el Calmet en modo anidado, con una resolución espacial de 100 m.

Finalmente, se utilizó el Calpuff para calcular el promedio de concentraciones horarias de olor del ambiente con los mismos datos de emisión utilizados para el ISC.

2.4 Comparación Calpuff versus observaciones de campo (VDI/DIN3940)

De manera adicional, en cada punto de observación y para ambos periodo de estudio, se comparó el nivel de exposición obtenido mediante la VDI/DIN3940 y la simulación Calpuff. Esta comparación permitió determinar la compatibilidad entre los criterios de exposición definidos en cada uno de los anteriores métodos, "frecuencia de horas de olor" en el caso de las observaciones de campo y “percentil 98 de la media de las concentraciones horarias” en el caso del modelado.

3. Resultados

3.1. Exposición a los olores obtenida por observaciones de campo y modelado

La Figura 4 muestra las isodoras obtenidas mediante simulación empleando ISCST y Calpuff 3D, conjuntamente con los resultados de frecuencia de horas de olor en cada celda de la malla de estudio para el periodo de 2006. La Figura 5 muestra los mismos resultados para el período de 2008 sin incluir la simulación ISCST. Adviértase que ambas metodologías (modelado y VDI/DIN3940) permiten una comparación directa de los resultados, ya que el periodo de los datos meteorológicos utilizados para la simulación coincide con el periodo de observaciones de campo.

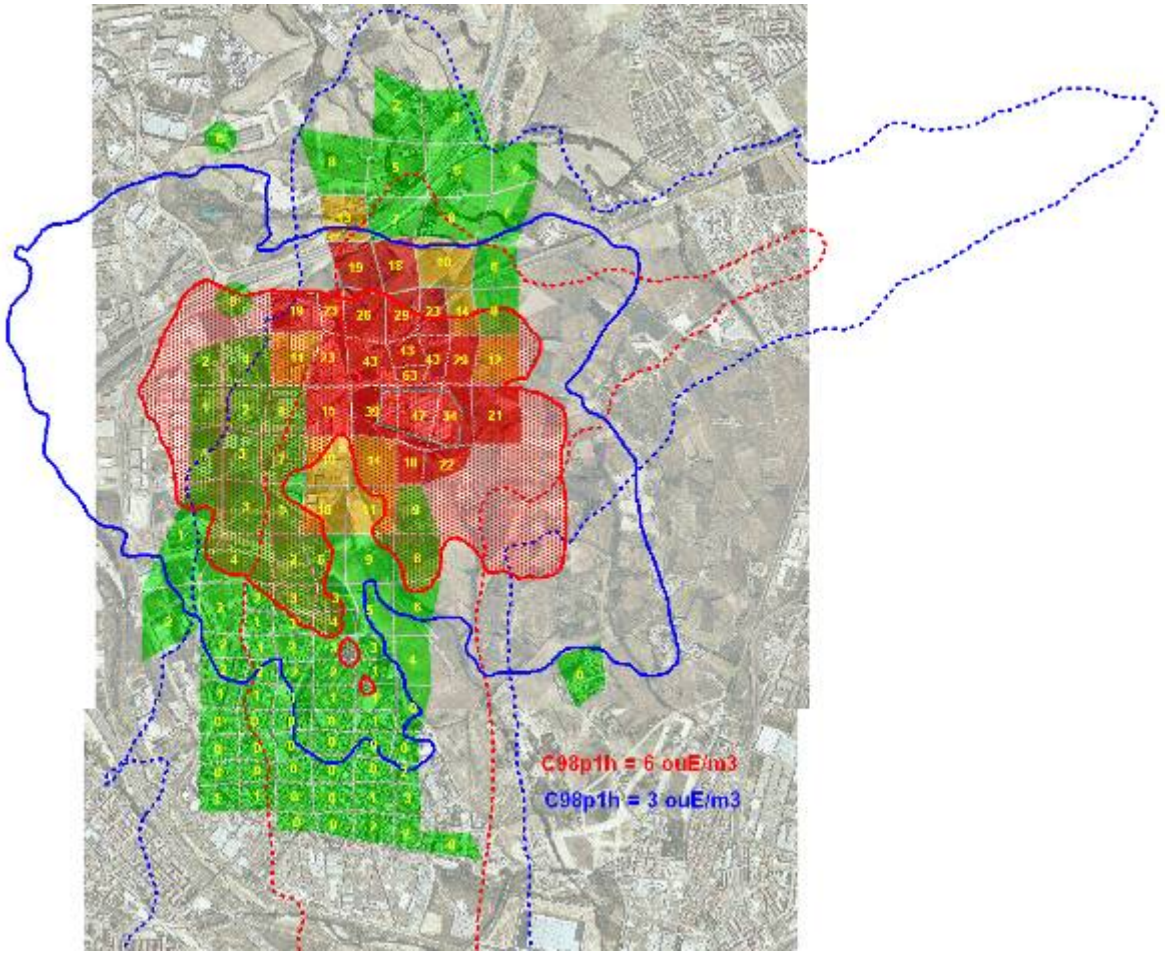


Figura 4. Exposición a los olores expresado como frecuencia de horas de olor y como percentil 98 de los contornos de 3 ou_E/m^3 (azul) y 6 ou_E/m^3 (rojo) calculados utilizando el ISCST (líneas discontinuas) y el modelo Calpuff (líneas continuas) para el 2006

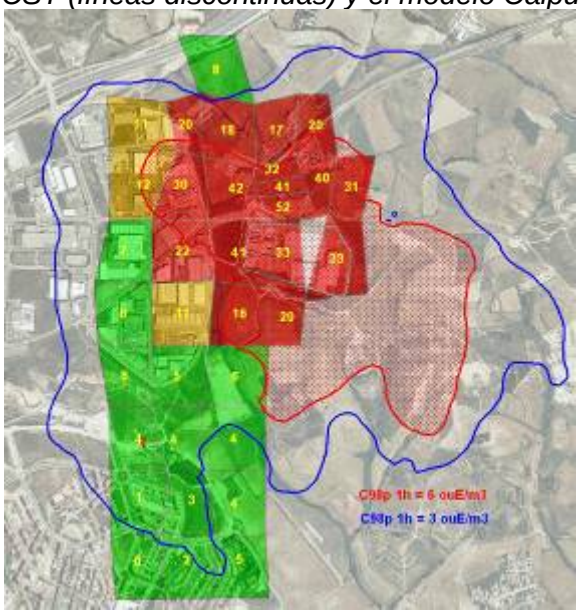


Figura 5. Exposición a los olores expresado como frecuencia de horas de olor y como percentil 98 de los contornos de 3 ou_E/m^3 (azul) y 6 ou_E/m^3 (rojo) calculados utilizando el modelo Calpuff para el 2008

Según las normas ambientales alemanas, las celdas de color verde son aquellas que cumplen con el criterio establecido para zonas residenciales, las celdas en amarillo cumplen con el criterio para zonas industriales y comerciales y las celdas en rojo, con una frecuencia de horas de olor superior al 15%, exceden ambos criterios de exposición aceptable a los olores.

Según los resultados del año 2006 y 2008, el criterio para las zonas residenciales no se excede en ninguna parte del área urbana de Ripollet, al sur del Ecoparc2. Sin embargo, la única granja residencial ubicada a tan sólo 75 m al norte del Ecoparc2, se ubica en la celda que presenta el máximo de frecuencia de horas de olor observado, con valores del 63% y 52% para el año 2006 y 2008 respectivamente. Ambas exposiciones son claramente excesivas según lo considerado aceptable por el criterio alemán. El criterio para las zonas industriales se supera en 4 y 3 celdas de observación en 2006 y 2008 respectivamente, situadas en la zona industrial de Can Salvatella, al oeste del Ecoparc2.

Con relación a los resultados del modelo gaussiano ISC para el año 2006, los contornos obtenidos se extienden varios kilómetros hacia las direcciones de los vientos predominantes, concretamente hacia el noreste y al sur. En dirección noroeste, sin embargo, la isodora $C_{98p,\ 1\ hora}$ = 3 ou_E/m^3 coincide con el contorno de una celda con una frecuencia de horas de olor del 19%. No obstante, ni la ubicación ni la forma de los contornos obtenidos concuerdan con la realidad de la exposición observada mediante la VDI/DIN3940.

Los contornos conseguidos con el modelo Calpuff, tanto para el año 2006 como para el 2008, coinciden mucho mejor con el patrón de frecuencias de horas de olor obtenido por observaciones de campo. En este caso, la isodora de $C_{98p,\ 1\ hora}$ = 3 ou_E/m^3 concuerda al sur con el límite de frecuencias de horas de olor mesurables, de entre el 1-6% para el año 2006 y de entre 1-4% para el año 2008. Al norte, la misma isodora coincide en gran medida con el límite de las celdas con una frecuencia de horas de olor del 7-13 para el año 2006 y del 8% para el año 2008.

Finalmente, y según los resultados de ambos períodos de estudio, los niveles objetivo de inmisión de olor establecidos por el Departamento de Medio Ambiente de la Generalitat de Catalunya de C98p, 1 hora = 3 ou_E/m^3 para el sector de gestión de residuos (GenCat, 2005), parecen ser más exigentes que los límites de exposición aceptable a los olores en zonas residenciales del 10% según la legislación Alemana.

3.2. Comparación de criterios de exposición

La Figura 6A y 6B representan gráficamente el percentil 98 de la media de las concentraciones horarias simuladas con Calpuff versus el percentil 90 de las observaciones de campo para ambos periodos de estudio. La línea recta vertical representa el criterio Alemán del 10% de horas de olor para zonas residenciales. La línea recta horizontal representa el criterio de exposición simulado que propone el borrador de anteproyecto de ley de la Generalitat de Catalunya para las instalaciones del sector de gestión de residuos. La Figura 6C representa los mismos resultados, pero en este caso para el percentil 95 de la media de las concentraciones horarias simuladas con Calpuff y sólo para el período de estudio del año 2008.

De esta manera, los gráficos quedan divididos en cuatro rectángulos:

- Rectángulo superior derecho: zona donde ambos métodos coinciden en concluir que la exposición está por encima de los valores de los criterios.
- Rectángulo inferior izquierdo: zona donde ambos métodos coinciden en concluir que la exposición está por debajo de los valores de los criterios.

- Rectángulo superior izquierdo: zona donde el modelo sobreestima la exposición en relación al método de observaciones de la red de puntos.
- Rectángulo inferior derecho: zona donde el modelo subestima la exposición en relación al método de observaciones de la red de puntos.

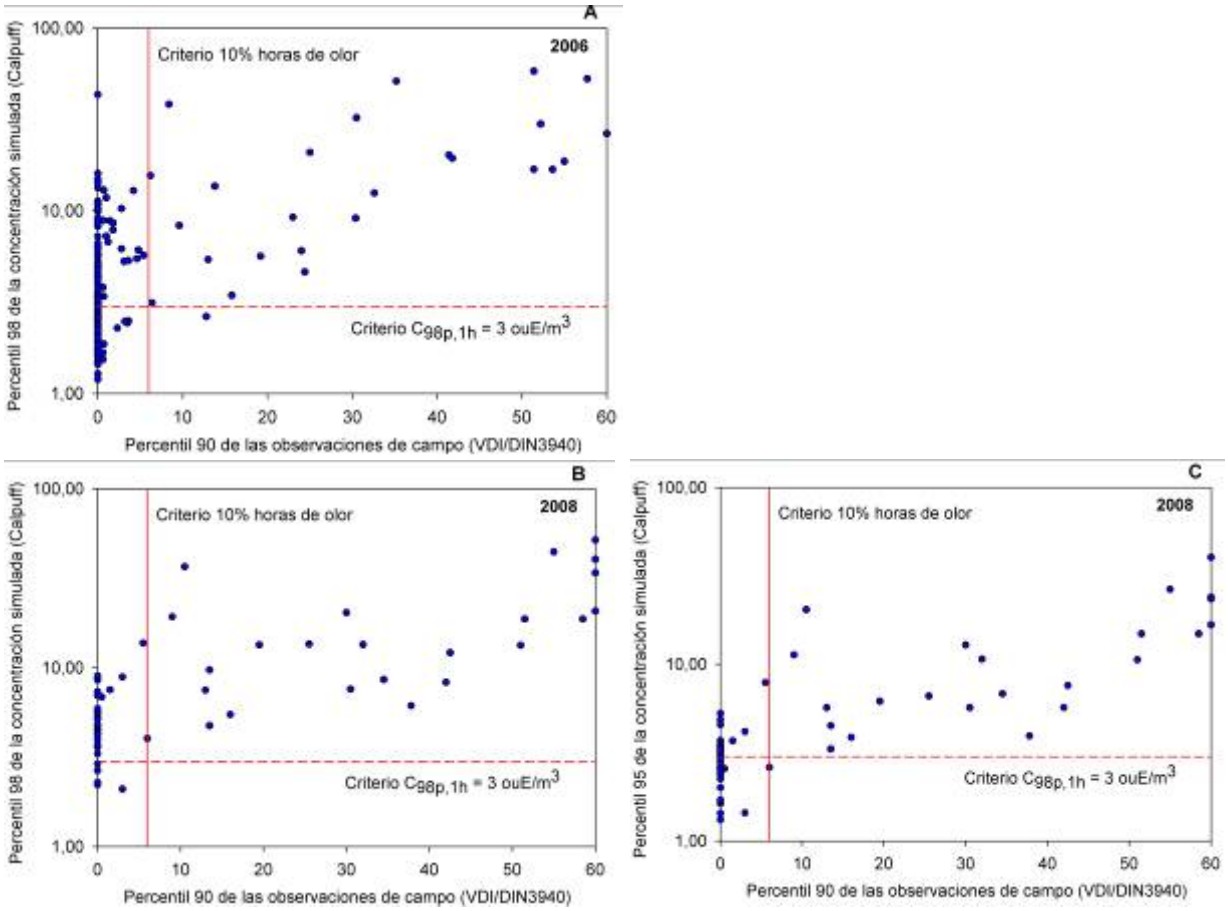


Figura 6. Comparación entre la exposición modelada con CALPUFF 3D y la obtenida por las observaciones de campo para el año 2006 (A) y 2008 (B y C) con el percentil 98 (A y B) y 95 (C) de la concentración simulada

4. Discusión

4.1 Simulación Calpuff versus ISCST

Las importantes diferencias detectadas entre los resultados obtenidos en el caso del Ecoparc2 mediante el Calpuff y mediante el ISC no se daban en algunas comparaciones anteriores, que constataban una coincidencia razonablemente buena entre ambos modelos (US EPA, 1998b; Diosey et al., 2004). El factor determinante que puede actuar como causa raíz de esta discrepancia, podría ser la presencia de elevadas proporciones de periodos de calma y de bajas velocidades de viento (Ormerod, 2001; Godfrey et al., 2004).

El modelo ISC, a diferencia del Calpuff, básicamente ignora las observaciones con velocidades de viento inferiores a 1 m/s, especialmente frecuentes cuando soplan los vientos del norte. Este hecho implica que para esta ubicación y período de observación, el 33,5% de las horas (en especial las nocturnas y matutinas, como se ha dicho) no estuvieron representadas en el modelo de cálculo para el año 2006. Consecuentemente, el modelo sobrestima considerablemente la extensión de la

exposición real a los olores en la dirección de los vientos dominantes y de mayor velocidad y, recíprocamente, subestima la exposición en las horas en que los vientos no son dominantes y poseen velocidades bajas .

Por ello, la herramienta más utilizada en la práctica actual para predecir las emisiones de olor no es suficientemente eficaz para simular y evaluar impactos por olores de instalaciones existentes o futuras ubicadas en zonas con clima mediterráneo, con direcciones de viento variable y alta frecuencia de condiciones de calma. Así, se pone de manifiesto la necesidad de utilizar el modelo Calpuff en estas condiciones, aunque sea considerablemente más exigente en los datos de entrada. Existen experiencias en condiciones similares en Australia, que han llevado a la utilización generalizada de este modelo para hacer frente a las condiciones de dispersión críticas asociadas a vientos débiles y campos de viento influenciados por el terreno (Ormerod, 2001).

También es destacable mencionar que en la elaboración del modelo Calpuff 3D, no se utilizó ninguna estación meteorológica local. Si se dispusiera de los datos de una estación meteorológica local con mayor calidad de las observaciones de dirección de viento, ubicada lejos de cualquier estructura que cause interferencias, a 10 m de altura y, sobre todo, con un límite de medición de la velocidad de viento inferior a 0,1 m/s o menos mediante un sensor ultrasónico, mejoraría la calidad de la simulación.

4.1 Evaluación de criterios de exposición (Calpuff vs VDI/DIN3940)

Según la Figura 6 se verifica que los dos métodos coinciden satisfactoriamente en términos de evaluación de exposición, tanto para los resultados que están por encima (rectángulo superior derecho) como los que están por debajo (rectángulo inferior izquierdo) de los criterios de ambos métodos. Así, muchos de los puntos se sitúan dentro de estas dos áreas. En general, no hay discrepancias entre los dos métodos para situaciones en que el modelo considera un nivel "de exposición aceptable". Para ser más exactos, en la parte inferior derecha, donde el modelo subestima la exposición, prácticamente no existen puntos. No obstante, en el rectángulo superior izquierdo se observa un número importante de puntos, que indican que el modelo tiende en ocasiones a sobrestimar la exposición en relación al método de observaciones de campo en una red de puntos. Estos resultados son plausibles, ya que el modelo evalúa un percentil muy elevado, el percentil 98, mientras que el método de las observaciones sobre la red de puntos requiere el 10% de registros positivos ("horas de olor"). Otro factor que contribuye a este efecto se debe a que el modelo considera todas las horas del periodo de estudio, mientras que el método de las observaciones de campo sólo considera una muestra de 26 observaciones en cada punto sobre un total de miles de horas correspondientes al periodo de estudio. De esta manera, se pueden obtener observaciones en un punto determinado que cumplen con el criterio Alemán simplemente porque se han perdido registros de olor por las leyes de la toma de muestras y la probabilidad. Es así interesante observar cómo la disparidad de la "sobrestimación del modelo" se reduce considerablemente al simular considerando un percentil más bajo (Figura 7).

Finalmente, la comparación de la caracterización de la exposición al olor por observaciones de campo (VDI3940) y simulación avanzada en 3D utilizando CALPUFF permite concluir que los dos métodos son compatibles y concuerdan.

5. Conclusiones

- Los contornos $C_{98p,1h}$ = 3 y 6 ou_E/m^3 calculados con el modelo gaussiano ISC muestran una sobreestimación substancial del área de impacto del Ecoparc2, extendiéndose diversos kilómetros en las direcciones de los vientos dominantes.

- El modelo ISC no es suficientemente preciso para estimar el área de impacto de industrias ubicadas en zonas con clima mediterráneo, caracterizado por vientos con direcciones variables y, de manera más importante, alta frecuencia de periodos de calma.
- El modelo Calpuff en su modalidad de 3D, combinado con el modelo meteorológico Calmet, resulta en una estimación aceptable del área donde han sido observadas frecuencias de horas de olor positivas.
- Los contornos $C_{98p,1h}$ = 3 ou_E/m^3 coinciden con frecuencias de horas de olor observadas del 1-6% en celdas ubicadas al sur del Ecoparc2 y con el 7-13% en las de la zona norte.
- El contorno $C_{98p,1h}$ = 3 ou_E/m^3 parece ser un criterio de calidad de aire ligeramente más exigente para los olores que el del 10% de frecuencias de horas de olor aplicado en la legislación Alemana.

Agradecimientos

Los autores agradecen a la Entidad del Medio Ambiente del Área Metropolitana de Barcelona (AMB) su interés y financiación recibida para llevar a cabo el estudio.

6. Bibliografía

Carper, E.A.H., Ottersburg, E. 2003. Significance of a Calpuff Near-Field Analysis. En: Proceedings A&WMA 96th Annual Conference and Exhibition, San Diego USA.

Diosey, Ph., Hess, M., Farrell, L. 2004. Modeling of odors and air toxics: a comparison of the ISCST3, Aermod, and Calpuff models. En: Proceedings of the Specialty conference on Odor, Water Environment Federation , Alexandria USA

EN13725 2003 Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry, Comité Européen de Normalisation (CEN).

GenCat 2005 Esborrany d'Avantprojecte de Llei contra la Contaminació Odorífera, Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Direcció General de Qualitat Ambiental, Barcelona, Catalunya.
http://mediambient.gencat.net/cat/el_medi/atmosfera/contaminacio_odorifera/

Godfrey, Jenny and Scire, Joseph S. 2004. Odor modeling usig non-steady-state models WEF/A&WMA Odors and Air Emissions Conference 2004, Meydenbauer centre, Bellevue, Washington , April 18-21, 2004. File PDF ODR403C : Amsterdam,

Ormerod, R.J. 2001 Improving Odour Assessment by Using Better Dispersion Models: Some Examples. Prepared for presentation at First IWA Odour Conference on Odours: Measurement, Regulation and Control Techniques, University of NSW, 25-29 March 2001, Sydney, Australia

TRC 2008 Calpuff website: http://www.src.com/calpuff/calpuff1.htm

US EPA 1995a, Industrial Source Complex Short Term, U.S. Environmental Protection Agency, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park.

US EPA 1995b A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model., U.S. Environmental Protection Agency, EPA-454/B-95-006, Office of Air Quality Planning and Standards, Research Triangle Park, NC 338 pp.

US EPA 1998b. A Comparison of CALPUFF with ISC3., United States Environmental Protection Agency, EPA-454/R-98-210. URL: http://www.epa.gov/scram001/7thconf/calpuff/calisc3.pdf.

VDI/DIN3940 (2006), Determination of Odorants in Ambient Air by Field Inspections, VDI, Beuth Verlag, Germany.

ANEXO F

APORTACIÓN DEL AYUNTAMIENTO DE LA CORUÑA

Ayuntamiento de A Coruña 2010

Plan de Gestión de los olores molestos

Marta Ríos Rodríguez y Guillermo Leira Nogales

SECCIÓN DE CALIDAD AMBIENTAL

ÁREA DE MEDIO AMBIENTE, SOSTENIBILIDAD Y MOVILIDAD

1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA.

El territorio de A Coruña se caracteriza por una de las más altas densidades de población del estado español, que distribuye a cerca de 250.000 habitantes en sus escasos 36 Km2, lo que la sitúa en el segundo lugar en el ranking de capitales de provincia con menor superficie.

Esta compacidad territorial, beneficiosa desde determinados puntos de vista, trae consigo una serie de consecuencias más o menos relevantes desde el punto de vista ambiental y le confieren un carácter diferenciador con respecto a otras comunidades locales de mayor extensión geográfica.

Entre esas consecuencias destaca el hecho de que algunos de los diagnósticos ambientales que se han elaborado en nuestro municipio desde la firma de la carta de Aalborg han dado como resultado unos índices de población afectada a determinados contaminantes más elevados que otras ciudades de nuestro entorno, a pesar de que, en muchos casos, los resultados obtenidos en valores absolutos no diferían demasiado de los de otros municipios de la misma entidad en términos de población. En definitiva, una inmisión con igual o menor afección territorial que otro municipio, pero de idéntico nivel, aquí se traduce en mayor población afectada y eso es algo a tener en cuenta ante cualquier plan de gestión ambiental que se plantee.

Entrando en la materia que nos ocupa, el de la contaminación por olores, veremos que en A Coruña la actividad industrial prácticamente coexiste con el sector residencial, de tal manera que la influencia del uno sobre el otro es total.

Tal es esta influencia, que existe un indicador muy utilizado entre los vecinos de A Coruña para detectar los cambios de las condiciones atmosféricas que es el “olor a refinería”. Los ciudadanos de A Coruña han relacionado históricamente este hecho con una situación de paso del buen tiempo a temporada de lluvias de la forma más natural e intuitiva.

Como vemos, la relación de A Coruña con los olores de carácter industrial no es algo nuevo, sino que ya forma parte del acervo popular.

Por otro lado, a finales del siglo pasado, un desgraciado accidente en el vertedero de Bens dio como resultado la emanación de gases con alta concentración de olor que afectó severamente, y durante un período bastante largo, a nuestra ciudad y ello trajo consigo una sensibilización especial al problema de los olores.

La adopción de un nuevo Plan de Gestión de Residuos en la ciudad, mediante la construcción de una planta de tratamiento dentro de nuestro territorio y el sellado del viejo vertedero para el aprovechamiento energético del biogás generado, dieron como resultado una eliminación de aquel problema, pero exigió la adopción de un método para controlar las emisiones de la nueva infraestructura ambiental que se había implantado dentro del término municipal.

Por otro lado, en nuestro vecino Ayuntamiento de Arteixo se encuentra ubicada una planta de tratamiento de residuos cárnicos y de pescado, que es conocida también por

sus emisiones de olor, motivo que la llevó a recibir el apelativo de La “Cheirona” (olorosa), como es conocida por los vecinos de A Coruña y Arteixo.

En la ciudad también existen otros focos de olor de menor entidad como una fábrica de cervezas o las propias descargas portuarias, aunque su incidencia, especialmente en el primer caso, no es comparable a la de los otros tres emisores citados anteriormente.

En definitiva, el problema de los malos olores en la ciudad era conocido pero no cuantificado, hasta que durante el diagnóstico de Agenda 21 saltaron las alarmas al detectarse que, para los ciudadanos de A Coruña, esta forma de contaminación se situaba en segundo lugar como problema ambiental después del tráfico.

La necesidad de adoptar medidas urgentes no se podía hacer esperar, por lo que se decidió afrontar el problema con una herramienta a la altura de las circunstancias.

2. BÚSQUEDA DE UNA METODOLOGÍA ADECUADA

La principales dificultades para afrontar el problema con garantías se encontraban en la falta de regulación del problema de los olores a nivel europeo y estatal. A excepción de alguna mención en el derogado RAMINP y en alguna normativa en materia de calidad del aire, no existía un marco normativo concreto que determinase métodos de evaluación y niveles máximos permitidos, con el fin de atacar el problema de forma efectiva.

Por otro lado, desde el punto de vista técnico, el emplazamiento de los principales focos de olor en la ciudad en el mismo lugar geográfico dificultaba enormemente las labores de determinación de forma clara y contundente del origen de las mismas cuando se daban determinadas condiciones meteorológicas.

Durante 2004 se llevó a cabo el desarrollo del pliego de condiciones para la implantación de un Plan de Gestión de los Olores Molestos en la ciudad, que se basaba en las siguientes premisas:

- Determinar la dimensión real del problema: origen, distribución territorial y distribución temporal
- Identificar inequívocamente los focos causantes de estos malos olores.
- Tomar las medidas oportunas para la erradicación de dichas molestias.

Los ocho objetivos primordiales que se pretendían alcanzar con este proyecto eran:

1. Realizar un diagnóstico general de los niveles de olor existentes en A Coruña, y evaluar su distribución geográfica en todo el término municipal.

2. Determinar la influencia de la emisión de olores en el entorno así como la contribución que realiza cada foco individual.

3. Evaluar la conformidad de las principales fuentes de olor con la normativa vigente, verificando la eficacia de las medidas correctoras que se propongan.

4. Disponer de una herramienta que permitiese predecir el impacto que produciría la implantación de nuevas actividadesproductoras de olores, así como visualizar cualquier cambio sobre la situación preexistente en el término municipal.

5. Obtener los índices de población afectada, y determinar puntos de muestreo de inmisión.

6. Permitir atender a las quejas de la ciudadanía de forma eficaz así como ofrecer información ambiental adecuada.

7. Conocer las principales actuaciones a desarrollar para corregir hasta los límites económicamente viables, todas las desviaciones de los niveles de olor para conseguir así los objetivos de calidad ambiental de la ciudad.

8. El ámbito del estudio debería abarcar todo el Término Municipal, e incluiría fuentes de olor que aún estando fuera del mismo, se compruebe que le afecten significativamente.

A nivel metodológico se exigió la necesidad de llevar a cabo un estudio previo de todos los focos potencialmente emisores de olor de A Coruña para determinar aquellos sobre los que se iban a llevar a cabo los análisis de detalle.

Para ello se estudiaron los CNAE de 600 actividades presentes en la ciudad, seleccionando aquellas que manipulan materias primas o substancias volátiles. Con ellas se creó una base de datos inicial.

Posteriormente se analizaron los registros históricos de eventos de olor y se hizo una amplia consulta de la hemeroteca (años 2001-2004) para la evaluación de las empresas mencionadas.

Se llevó a cabo la revisión bibliografía y literatura científica, así como el análisis de distribución de sustancias clasificadas con umbrales de olor (programa PNUMA-UNEP).

Otro aspecto determinante fue el análisis del registro histórico de condiciones meteorológicas y la evaluación de ubicaciones de actividades con potencial incidencia:

- análisis de condiciones *meteorológicas*: rosa de vientos, velocidades de viento, insolación y evaporación, temperaturas, precipitación, estabilidad atmosférica,… (datos INM-MMA y datos propios de la red de vigilancia de la calidad del aire municipal).

- *digitalización topográfica* según GIS municipal y términos adyacentes para identificación de obstáculos a la dispersión de olores desde los focos

- *ubicación relativa* de cada actividad e identificación de actividades ubicadas que favorecen el transporte de olores a zonas pobladas (20 actividades).

11

00

Para la selección de empresas de mayor potencial se llevaron a cabo los siguientes trabajos:

1. Visitas a proceso en plantas y entrevistas con responsables (15 visitas),

2. Solicitud y evaluación de documentación del proceso productivo, materias primas, condiciones de proceso, frecuencia y volumen de emisiones estimado, compuestos, etc.

3. Identificación de los focos emisores y procesos origen,

4. Identificación y análisis de condiciones de proceso y emisión más desfavorables para la emisión de olores,

5. Selección de empresas y focos en cada empresa para muestreo in situ de emisiones a la atmósfera.

Estos estudios permitieron identificar las instalaciones y, más concretamente, los procesos responsables de la generación de malos olores en la ciudad.

Estas actividades se ubican, principalmente en el sector SW de la ciudad, tanto dentro como fuera del término municipal, como se puede ver en el plano adjunto. La proximidad de las actividades referidas entre sí conduce a una situación particularmente compleja. Tres de las cuatro instalaciones (1, 2 y 3) se encuentran casi en línea hacia la ciudad, de forma que si se dan condiciones meteorológicas favorables para la dispersión de olores hacia el núcleo urbano (vientos de dirección WSW, entre otras), lo serán para estos tres focos a la vez. **FOCOS SELECCIONADOS**

INSTALACIÓN TIPO DE ACTIVIDAD LOCALIZACIÓN TÉRMINO MUNICIPAL

Nº 1

Transformación de subproductos de origen animal

Lugar de Suevos s/n

Arteixo

Nº 2

Tratamiento de residuos sólidos urbanos

Lugar de Bens s/n

A Coruña

Nº3

Refinería

Lugar de Nostián s/n

A Coruña

Nº4

Fabricación de cerveza

Polígono A Grela-Bens

A Coruña

OTROS FOCOS

Descargas en el puerto, emisiones de gas de barcos en el puerto, etc

Puerto de A Coruña

A Coruña

Instalación 1: Esta empresa, dedicada a la transformación de subproductos animales, se localiza en el Lugar de Suevos, en el término municipal de Arteixo. A pesar de esta circunstancia, las sustancias olorosas emitidas a la atmósfera desde estasinstalaciones alcanzan en ocasiones la ciudad, que en verdad se encuentra muy próxima.

El proceso de fabricación que tiene lugar en la planta es la obtención de grasa o aceite y harina mediante la transformación de subproductos de otra industria.

PRINCIPALES FOCOS DE OLOR **1**

Planta de tratamiento de aguas residuales **2**

Planta de carne: zona de descarga de la materia prima y zona de digestión **3**

Planta de pescado: zona de recepción de la materia prima, zona de recepción de subproductos y zona de digestión **4**

Chimenea del termoxidor, único foco canalizado

Instalación 2: La planta de tratamiento de residuos urbanos del Ayuntamiento de A Coruña, ubicada en Nostián, transforma los residuos urbanos procedentes del Término Municipal de A Coruña y del Consorcio de As Mariñas, para generar una serie de subproductos y compost. Las instalaciones cuentan, además, con un vertedero asociado, en el que no se depositan ya más rechazos al haber alcanzado el límite de su capacidad. Este vertedero está en la actualidad pendiente de sellado.

PRINCIPALES FOCOS DE OLOR **1**

Vertedero **2**

Acumulación temporal de rechazos al aire libre **3**

Balsa de lixiviados del vertedero **4**

Nave de compostaje

Instalación 3: Situado en el Lugar de Bens, este complejo industrial, nacido en 1964, se caracteriza por su alto grado de conversión de productos pesados a ligeros, lo que permite la obtención de naftas, gasolinas y destilados sin que se produzcan prácticamente fuelóleos residuales. Se obtienen además asfaltos, coque y azufre. PRINCIPALES FOCOS DE OLOR **1**

Separadores de entrada a la estación depuradora de aguas residuales (separadores API) **2**

Descarga del contenido de los APIs **3**

Tanque de productos ligeros **4**

Cargadero de asfalto **5**

Tanque receptor en el terminal marítimo

Instalación 4: Las instalaciones principales de esta empresa se sitúan en pleno Polígono de A Grela, una zona embebida en la ciudad, existiendo bloques de viviendas en las inmediaciones.

PRINCIPALES FOCOS DE OLOR **1**

Sistema de venteo de las dos calderas de cocción de mosto **2**

Biofiltro de la planta de tratamiento de efluentes

Otros focos: Cualquier otra instalación o proceso puede ser causante de olores molestos en la ciudad. En particular, se detectan en ocasiones molestias causadas por los olores procedentes de la descarga de cereales en el puerto. Constatadas están las emisiones gaseosas causadas por determinados navíos en el puerto, que resultan muy alarmantes para la población.

Sobre todas estas actividades se llevaron a cabo tareas de muestreo y análisis de las emisiones de sus focos siguiendo la siguiente metodología:

- Muestreo in situ de emisiones con equipos calibrados según UNE EN 13725: focos superficiales y canalizados.
- Toma de datos en campo de características de focos para

evaluaciones de cantidades

emitidas: diámetro, altura,

caudales, temperaturas, superficies, coordenadas de ubicación de detalle, etc.

- Análisis de muestras en laboratorio por parte de panel olfatométrico acreditado según EN 13725 (75 análisis): concentración u.o.E/m3 y por parte de laboratorio cromatográfico (HRGC-HRMS) de alta resolución para identificación de compuestos olorosos emitidos por cada foco (compuestos trazadores).

Con los resultados obtenidos se calcularon las tasas por foco: u.o.E/m2·s en emisiones superficiales y u.o.E/s en emisiones canalizadas.

Para la determinación de la molestia causada por los niveles de inmisión de olor producido por los focos emisores, se llevó a cabo una amplia revisión bibliográfica, estudio de la literatura científica y se llevaron a cabo contactos internacionales con experiencia en Holanda, Nueva Zelanda, Japón, Australia, Gran Bretaña, Canadá, con el objeto de elegir el método considerado más apropiado a las características del problema de A Coruña.

De todos ellos se consideraron dos métodos de evaluación complementarios:

- Simulación matemática de la dispersión de contaminantes a partir de datos de emisión obtenidos mediante análisis olfatométricos, según la norma UNE-EN 13725 y teniendo en cuenta la topografía compleja y las condiciones meteorológicas de A Coruña.

- Consistente en un panel de 18 expertos, calibrado según EN-13725 actuando según VDI 3940 de dos formas: salidas programadas y en eventos de olor

Finalmente se desestimó el método de medida mediante análisis químico para la identificación de olor en inmisión por problemas de interacción entre sustancias y la baja concentración de las mismas.

3. RESULTADOS OBTENIDOS

Para llevar a cabo el análisis de la dispersión mediante simulación matemática se seleccionó un modelo gaussiano por su sencillez y experiencia internacional en su aplicación y se le introdujeron los siguientes datos:

- De término fuente:

  - topografía.

  - meteorología: viento, temperatura, estabilidad, capas de mezcla, emisiones en cada foco georreferenciadas (GIS).

  - selección de puntos singulares discretos para evaluación.

- Determinación de condiciones de simulación.

- Rodado y obtención de niveles de concentración esperables en cada punto receptor (u.o.E/m3).

- Cuantificación de concentración en puntos singulares de interés (Barrios de: Os Castros, Mallos, Avda. Finisterre, Ciudad Escolar, Pza Pontevedra, Zalaeta, Rosales, Sardiñeira, Labañou, Conchiñas, etc.).

Simulación matemática: conclusiones

1. Se comprobó que existía una situación de molestia en el término municipal que superaba en varios puntos de la ciudad una concentración de olor en el aire de hasta 20 uoE/m3

2. La persistencia (% del tiempo por encima de 10 uoE/m3) era inferior al 10%: Se comprobó que se dan situaciones esporádicas agudas pero no una situación crónica de molestia.

3. El análisis anual indica que aunque pueden darse eventos cortos a lo largo del año si la meteorología es favorable la mayor frecuencia e intensidad se da entre julio y septiembre, hacia las últimas horas del día (19 h a 24 h).

4. Los eventos de olor se dan con vientos del SSW y con velocidades entre 3 km/h y 5 km/h y alturas de capa de mezcla de 200 m (baja capacidad de dispersión).

5. La acción conjunta de los focos puede provocar efectos sinérgicos con resultados diferentes a la mera suma de ellos (interacción química de las sustancias).

6. Las zonas con mayor riesgo de molestia son:

- La Isodora de 50 uoE/m3: zona SW Polígono A Grela.
- Isodora de 20 uoE/m3: Zona alta Rosales, arco ciudad escolar-Ronda Outeiro hasta Av. Arteixo , Plaza Pontevedra, Paseo Marítimo área Orzán - casa de los peces, Zalaeta y Pza España, Barrio de las Flores – Matogrande
- Isodora de 10 ouE/m3: Castros y franja este hasta estación ffcc, zona baja Rosales, istmo de la ciudad (S. Andrés), Zona central y este de Montealto.

El otro método de evaluación mediante el despliegue del panel sensorial (salidas programadas):

- Se llevó a cabo una selección de candidatos según método EN 13725 y VDI 3940 (sensibilidad entre 20 ppb y 80 ppb a n-butanol y desviación entre medidas < 2,3 ppb).

- Se definió una malla de 180 puntos de medida en el término municipal cubriendo todas las zonas pobladas y sensibles.

- Se llevó a cabo un entrenamiento en el reconocimiento de olores con visita de 25 expertos a cada foco prioritario.

- Se llevó a cabo un período de medida de 6 meses con 13 repeticiones a lo largo de los 180 puntos e intercambio de panelistas por puntos, consiguiéndose una cobertura de 24 h/día (aproximadamente 140.500 medidas).

Con esta metodología se pretendía confirmar los datos obtenidos mediante el modelo de dispersión.

Los resultados en esta etapa se resumen de la siguiente manera:

Las conclusiones del panel de campo durante las salidas programadas en los 180 puntos durante 6 meses y 24 horas al día fueron las siguientes:

- La frecuencia de detección de olores perceptibles procedentes de cada foco difiere en las observaciones de salidas sistemáticas respecto de las salidas en eventos (confirma tesis del modelo matemático- fenómeno agudo).
- Se han podido determinar las frecuencias y zonas de afección en la ciudad.
- Las zonas de afección son diferentes según el foco analizado. Cada foco posee un patrón específico de incidencia.

- Las vías de difusión mayoritarias son a través de zonas sin obstáculos: a través del mar en el eje SW-NE.
- Existen barrios sobre los que atraviesan los olores pero que no los perciben, determinados por la topografía y meteorología.
- Las zonas de primera línea respecto al eje meteorológico son las más afectadas, especialmente si están más altas (Ventorrillo, Agra del Orzán, Rosales,…).
- La distribución temporal evaluada del 15.08.2005 al 31.01.2006 indica un registro de eventos mayoritario en agosto, que va decreciendo a medida que avanza el otoño-invierno, siendo casi nula en enero 2006 lo que confirma las conclusiones del modelo.

En relación con los resultados obtenidos por las salidas durante los eventos de olor (no programadas):

Como conclusiones a los resultados obtenidos:

- los resultados obtenidos en eventos proporcionan índices de frecuencia por foco distintos a los obtenidos para las salidas programadas: olores agudos no crónicos.
- Las determinaciones de salidas programadas sirven como diagnóstico pero no como medida de control para la toma de decisiones: debe existir un dispositivo de evaluación rápida: DOMO (Dispositivo de Olores Molestos).
- Las molestias para la población proceden de eventos intensos más que de un olor de fondo habitual.
- Las condiciones meteorológicas específicas y las condiciones de actividad de los focos determinan que se produzcan eventos:
- paradas por avería o mantenimiento.
- vientos de SW-W con baja velocidad.
- Movimientos de materiales con emisión de olores.

4. ACCIONES PROPUESTAS

Finalmente, este proyecto dio como resultado una serie de medidas, pasando del ámbito de lo meramente teórico a lo práctico. Así, de entre todas las que se plantearon en ese momento, destacamos las siguientes:

- Desarrollo de propuesta de Ordenanza Municipal amparada en Ley 8/2002 Autonómica siguiendo líneas internacionales. Dicho documento está elaborado en este momento si bien para su correcta puesta en marcha habría que disponer los medios necesarios de control que, como mencionaremos más abajo, a día de hoy ya están en marcha.
- Desarrollo de una herramienta informática de diagnóstico de olores y evaluación de próximos eventos. El modelo de dispersión permite sacar mapas de dispersión de cualquier día del año a partir de los datos meteorológicos registrados por nuestras estaciones meteorológicas de la Red de Vigilancia de la Calidad del Aire de A Coruña.
- Necesidad de un entrenamiento de personal municipal y puesta a disposición de panel de expertos para configurar un “Domo” en caso de eventos de olor para actuación inmediata. Como veremos esta actuación a día de hoy es una realidad.

- Redacción de Planes de Acción Individualizados para cada empresa y foco prioritario:

Finalizada la fase de análisis, conocidos los principales focos emisores y su repercusión sobre la ciudad, se trabajó con las empresas implicadas en la elaboración de Planes de Acción Individualizados para cada uno de los focos (PAI), para tratar de dar solución a las molestias ocasionadas en la población.

Los planes establecen mínimos que han de desarrollarse en función de la realidad de cada industria, de su proceso productivo y del estado del arte en cuanto a medidas correctoras aplicables a cada foco según la mejor tecnología disponible.

Recogen tanto medidas de carácter técnico, -realimentación de flujos al proceso productivo, instalación de sistemas de depuración, duplicado de equipos, mantenimiento preventivo de equipos, etc., como cambios en los procedimientos de operación, adopción de buenas prácticas y de medidas de vigilancia y autocontrol de las emisiones olorosas.

5. DANDO CONTINUIDAD AL PLAN DE GESTIÓN

Durante los años 2006 al 2008, la labor principal consistió en el mantenimiento del Sistema de gestión desarrollado, para lo cual se puso en marcha una nueva campaña de campo aprovechando la disponibilidad de algunos de los panelistas calibrados durante el desarrollo del Plan de gestión de Olores.

Como medida preventiva, en total colaboración con las empresas, que siempre han estado implicadas en el plan de gestión de los olores molestos, se implantaron los **informes de riesgo de olor** que se han venido remitiendo semanalmente a los focos mencionados desde el año 2006. Estos informes individualizados se basan en el análisis de la previsión meteorológica y su misión es alertar a las empresas del grado de riesgo existente de que las emisiones olorosas de sus actividades, favorecidas por las condiciones atmosféricas, afecten a la población de la ciudad, a fin de que durante los días problemáticos pongan en marcha las medidas correctoras de sus respectivos PAI.

Las tablas elaboradas para comunicar las previsiones de riesgo utilizan, por simplicidad, una codificación de colores, como se muestra en el ejemplo inferior.Igualmente se prosiguió con una campaña de 6 meses de duración por año, coincidiendo con los períodos de mayor riesgo, en las que se llevaron a cabo salidas programadas para verificar las previsiones efectuadas y llevar a cabo un seguimiento de los PAI. Igualmente se llevaron a cabo salidas de campo en todos los episodios detectados. La metodología utilizada fue en todo momento la indicada en la norma VDI 3940.

Los resultados de las salidas son comunicados a las empresas, que informan al ayuntamiento de las razones que pudieron ocasionar ese episodio de olor.

6. SITUACIÓN ACTUAL DEL PROCESO

6.1. OBJETIVOS DE LA PRESENTE FASE DEL PLAN DE GESTIÓN DE OLORES MOLESTOS

- Formar un grupo estable de personal municipal calibrado y preparado para hacer mediciones de campo ante situaciones de evento, garantizando la capacidad de respuesta del Ayuntamiento cuando tiene lugar este tipo de episodios de

contaminación. Se pretende minimizar la dependencia de recursos externos para realizar las mediciones.

- Constituir una red de alerta ciudadana con personal calibrado y formado, que transmita alarmas en tiempo real ante la detección de olor de algún foco en algún punto del término municipal, permitiendo una intervención ágil del personal de campo para investigar el evento.
- Actualizar los Planes de Acción Individuales de las empresas causantes de las molestias, revisando con ellas la situación actual de los focos, para reflejar los cambios que pudieran haber acontecido desde la redacción inicial del documento.

6.2. CONSOLIDACIÓN DEL DISPOSITIVO DE OLORES MOLESTOS DE A CORUÑA (DOMO)

6.2.1. ¿QUÉ ES EL DISPOSITIVO DE OLORES MOLESTOS DE A CORUÑA?

El Dispositivo de Olores Molestos de A Coruña, denominado mediante el acrónimo DOMO, es un grupo de personas cuya actuación conjunta y coordinada permite detectar, investigar y documentar los episodios de olor que tienen lugar cualquier día del año en cualquier zona poblada del término municipal.

Se considera un episodio (o evento) de olor, aquella situación de contaminación por olor de origen industrial que afecta de forma significativa a la ciudad, tanto por su intensidad como por la extensión de territorio afectado.

El dispositivo emplea la nariz humana como sistema de detección, permitiendo evaluar de modo científicamente contrastado y basado en métodos internacionales la sensación subjetiva percibida por los ciudadanos y proporcionar información para la toma de decisiones, como posibles mejoras en las instalaciones y cambios en prácticas operativas, así como información de base para la elaboración de la legislación de olores futura y para las labores de inspección por parte del municipio.

En cuanto a su ámbito de actuación, el DOMO opera tan solo ante la presencia de olores de provocados por la industria que afectan a una parte significativa de la población. No es objeto de este dispositivo analizar y registrar problemas de olores de entidad menor, tales como los provenientes de locales de hostelería, viviendas, suciedad en las calles, etc.

Para que el dispositivo proporcione las debidas garantías en la detección y medición de olores, es necesario que las personas que lo integran tengan una sensibilidad olfativa específica, una estabilidad determinada y una adecuada formación. Por ello, se preseleccionó a un grupo de 55 personas, que se sometieron a las pruebas de calibración olfativa.

6.2.2.- PROCESO DE CALIBRACIÓN OLFATIVA

El sentido del olfato de los candidatos a formar parte del DOMO se evaluó de forma científica, de conformidad con la metodología y criterios establecidos en la norma *UNE EN 13725: Calidad del aire. Determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica*.

Este proceso se llevó a cabo en la sede de la Policía Local, en la que se acondicionó un aula para este propósito, con buena circulación de aire para evitar cualquier tipo de interferencias con otros olores. Con carácter previo, se comunicó a los aspirantes la obligación de observar unas normas básicas durante el proceso, de forma que este sea lo más objetivo posible (no usar perfumes o lociones intensas, no fumar, comer o beber desde una hora y media antes de las pruebas, etc).

Cada aspirante fue sometido a tres sesiones de calibración en tres días no consecutivos. Cada ronda de pruebas estuvo integrada por cuatro candidatos que se sentaron ante un olfatómetro y registraron mediante un pulsador los instantes en que detectaron en la corriente gaseosa expulsada por las boquillas del olfatómetro la presencia del gas utilizado como patrón (n-butanol). La concentración de gas en las muestras ofrecidas a los candidatos se varió mediante un sistema informático permitiendo, al final de las pruebas, disponer de un conjunto de trece series de datos por persona utilizados para calcular el umbral individual de detección del n-butanol.

El análisis final de los resultados permitió seleccionar a aquellas personas que cumplen los criterios de sensibilidad y de reproducibilidad de la respuesta establecidos por la norma UNE EN 13725, que son los siguientes:

- El promedio del umbral de detección del mismo debe situarse en el rango de 20-80 ppb(v/v) de n-butanol (el valor medio del umbral de detección de n-butanol en Europa es de 40 ppb(v/v)
- . La variabilidad de la detección debe ser inferior a 2,3 ppb(v/v)

Estas condiciones indican que el panelista tiene un olfato medio, lo que le convierte en representativo del promedio de la población. Además, su capacidad olfativa es estable, pues la variación en la detección de la sustancia de referencia es aceptable.

De las 55 personas sometidas a las pruebas, resultaron dentro de estos parámetros 28, que pasan a formar parte del DOMO. A todas ellas les fue expedido un certificado de sensibilidad olfativa en el que constan los resultados obtenidos tras el proceso de calibración. Este certificado, expedido por un laboratorio acreditado por ENAC para la realización de este tipo de calibraciones conforme a la norma UNE EN 13725, avala el cumplimiento por parte de su titular de los requisitos olfativos establecidos por la norma técnica para la realización de determinaciones de olor por olfatometría dinámica.

6.2.3. ESTRUCTURA DEL DOMO

Dentro del DOMO pueden distinguirse dos grupos de personas con funcionalidades diferentes:

6.2.3.1.- LOS CIUDADANOS ALARMA

De las 28 personas que resultaron calibradas según la norma UNE EN 13725, denominamos CIUDADANOS ALARMA a aquellos cuya labor profesional se desarrolla en ámbitos distintos a la protección ambiental o a la labor policial en general. En este grupo de 14 personas se encuentran trabajadores sociales, administrativos, delineantes, técnicos de distintas áreas y un número reducido de personas externas de confianza.

Se trata de personas que, de forma voluntaria, colaboran en la detección de eventos de olor tanto durante su jornada laboral como en cualquier momento de su vida cotidiana. Estas personas funcionan, en la práctica, como detectores humanos de olores molestos. Su misión principal es poner en conocimiento del coordinador del dispositivo la detección de episodios olorosos, aportando información básica relativa a la calle o zona en que se detecta, la hora, el posible foco de procedencia, cuando sea posible identificarlo, y la intensidad con la que se percibe la molestia.

A estas 14 personas se suma un segundo grupo constituido por las 27 personas que se sometieron a las pruebas de calibración y resultaron fuera de los parámetros establecidos en la norma, fuese bien por poseer un sentido del olfato demasiado agudo, por lo contrario, o bien por no ofrecer una respuesta lo suficientemente constante ante el estímulo olfativo. Con este grupo se ha querido contar también en la

red de alerta para recibir avisos ante la detección de olor, si bien las alertas serán consideradas en un segundo nivel, al igual que sucede con las provenientes de cualquier ciudadano.

Los ciudadanos alarma conforman una RED DE ALERTA para cuya constitución se buscó la colaboración de personas comprometidas, dispuestas a participar en este proyecto en aras a una mejora de la calidad de vida de la ciudadanía coruñesa.

Para garantizar la representatividad de las zonas de la ciudad que históricamente se han visto más afectadas por los episodios, se hizo especial hincapié en la presencia de personas en la red cuyos puestos de trabajo o domicilios habituales estuviesen localizados en los lugares referidos. Se buscó, asimismo, la participación de personas cuyos puestos de trabajo llevasen inherentes desplazamientos diarios por el territorio municipal, pues esta circunstancia multiplica enormemente el potencial de la red para detectar todos los eventos significativos que se produzcan.

6.2.3.2.- LOS PANELISTAS DE OLORES

El otro grupo fundamental de personas que integran el DOMO lo constituyen los panelistas de olores. Se trata en este caso de personas que se dedican a tareas de protección ambiental, esto es, miembros de la Patrulla Verde de la Policía Local y de la Inspección de Medio Ambiente. Por las características de su puesto de trabajo, se integran en este grupo, adicionalmente, los miembros de la Policía Local que, no perteneciendo a la Patrulla Verde, resultaron aptos en las pruebas de calibración olfativa según los criterios de la norma UNE EN 13725. Este grupo está constituido por 15 personas en total.

Además de actuar como ciudadanos alarma, detectando por sí mismos episodios de olor, su cometido va más allá, pues son las personas que, como respuesta a un número significativo de avisos de los ciudadanos alarma o de otras fuentes de entrada, proceden a desplazarse al lugar de la denuncia y a determinar in situ los valores de inmisión mediante olfatometría dinámica, visitando en último término el foco causante del episodio. Los panelistas han sido instruidos para realizar mediciones olfatométricas de campo siguiendo el procedimiento establecido por la norma alemana VDI 3940.

Además, los panelistas pueden llevar a cabo también mediciones olfatométricas programadas a partir del tratamiento de los datos de sucesos de olor ocurridos en la ciudad y ya introducidos en el sistema de información geográfica. De esta forma es posible contar con una red de inmisión de olores mediante captadores pasivos.

6.2.3.3.- LOS CIUDADANOS EN GENERAL

Cabe resaltar que, si bien el resto de la ciudadanía no forma parte del DOMO propiamente, las alertas recibidas por los medios habituales (registro general, teléfono de atención ciudadana, web, etc) son también canalizadas, registradas y tomadas en consideración para la detección y actuación ante sucesos de olor.

6.2.4. PROGRAMA DE FORMACIÓN DE LOS MIEMBROS DEL DOMO

Tras el proceso de calibración, los constituyentes del DOMO fueron sometidos a un programa formativo en tres etapas:

6.2.4.1. Formación teórica general sobre la materia

Sesión de formación abierta a todos los participantes en el proceso, independientemente de cuáles fuesen los resultados individuales de las pruebas. Esta sesión de formación versó sobre el problema de la contaminación por olores en la ciudad y el Plan de Gestión de Olores Molestos.

6.2.4.2 Formación práctica: reconocimiento de los focos de olor (visita a las instalaciones)

Para desarrollar la memoria olfativa de los integrantes del dispositivo y garantizar el correcto diagnóstico de los episodios de olor, se programó una jornada de visita a los distintos focos de olor que afectan a la ciudad: la fábrica de harinas de carne y pescado Ártabra, la planta de tratamiento de residuos urbanos de Nostián, el Complejo Industrial de Repsol y la fábrica de cerveza Estrella Galicia.

6.2.4.3. Formación práctica sobre las mediciones de campo, dirigida exclusivamente a los panelistas del DOMO

Una vez completada la formación teórica y reconocidos los focos de olor, se programó una sesión de medición de campo impartida por un panelista con experiencia en el diagnóstico y medición de los eventos de olor en la ciudad. Esta sesión pretende dar a conocer el procedimiento de medición que ha de ser empleado por los integrantes del dispositivo cuando sean requeridos para analizar un evento o bien ante una salida programada para registrar los niveles de olor de fondo en la ciudad.

6.2.5. FUNCIONAMIENTO DEL DOMO

6.2.5.1. Cómo procederá un CIUDADANO ALARMA al detectar un evento de olor

Cuando un ciudadano alarma detecte un episodio de olor en el lugar en que se encuentra, lo pondrá con la mayor prontitud en conocimiento del coordinador del DOMO para que este pueda proporcionar la respuesta adecuada.

El Coordinador del dispositivo es la persona designada para gestionar las alarmas emitidas por los miembros del dispositivo, quien establecerá comunicación con los panelistas a los que se asigne la investigación de cada evento para que estos realicen las medidas olfatométricas necesarias. El coordinador del DOMO será también la persona a la que se remitirán los informes resultantes de tales investigaciones, y quien los hará llegar a los responsables de las empresas a las que se atribuye el episodio de contaminación.

La comunicación con el coordinador del dispositivo tendrá lugar de alguna de las siguientes formas:

Para la remisión de una alerta a través de la web, se accederá a la página www.coruna.es/medioambiente o a la que se proporcione, en su caso, como alternativa, y se introducirá la información básica relativa al evento detectado cubriendo la „ficha de comunicación de evento de olor" mostrada en las páginas siguientes.

6.2.5.2. Cómo procederán los miembros del PANEL DE OLORES

A. Como ciudadanos alarma

Los miembros del panel de olores actuarán también como ciudadanos alarma, siguiendo los procedimientos de comunicación con el coordinador del DOMO descritos en el apartado anterior. Ante un evento de olor que

LLAMADA TELEFÓNICA AL COORDINADOR DEL DISPOSITIVO que se encuentre de guardia.

Cubriendo la **FICHA DE COMUNICACIÓN DE EVENTO DE OLOR** que se encontrará disponible vía web

SMS AL COORDINADOR DEL DISPOSITIVO. El mensaje tomará la siguiente forma: Nombre del ciudadano alarma + calle afectada + foco responsable + intensidad del olor (1, 2 o 3). Ejemplo: Luis Gómez-Avda. Finisterre-Ártabra-2 detecten, por tanto,

reaccionarán poniéndolo en conocimiento del coordinador del dispositivo, quien contactará con los panelistas a los que corresponda realizar las medidas de campo.

B. Como panel de olores en la realización de mediciones olfatométricas de campo

Al margen de su función básica como ciudadanos alarma, llevarán a cabo mediciones sensoriales de campo a petición del coordinador del dispositivo, generalmente en respuesta a las alarmas recibidas de los demás miembros del DOMO. No obstante, también podrán ser requeridos para realizar mediciones programadas. La metodología de trabajo utilizada para realizar las mediciones de campo sigue la norma alemana VDI 3940.

El funcionamiento del dispositivo de olores molestos fue recogido en un manual destinado a todos sus integrantes. Se realizaron dos versiones: una más resumida para los ciudadanos alarma y otra más completa para los panelistas.

6.3.- PROCEDIMENTACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN DE EVENTOS DE OLOR

Buscando siempre el mayor rigor y las mayores garantías al trabajar, se consideró necesario:

1. Estandarizar los puntos de medición: referir siempre las medidas a puntos previamente definidos en el territorio municipal, como se viene haciendo desde la fase inicial del plan de gestión.

2. Estandarizar el procedimiento de medición, de forma que todos los panelistas utilicen la misma sistemática durante la investigación y seguimiento de un evento.

3. Estandarizar el formato de los informes resultantes de las mediciones, asegurando que todos incluyen la información necesaria y que esta se presenta de la forma adecuada, haciendo posible su utilización posterior.

6.3.1. ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DE LOS PUNTOS DE MEDICIÓN OLFATOMÉTRICA EN LA CIUDAD

Para estandarizar los puntos en los que realizar las mediciones, se trazó una malla de 250 m de lado sobre el territorio municipal. De todos los vértices formados por la malla se seleccionaron como posibles puntos de medida los que cubren las zonas con impacto potencial sobre la población. Se obviaron, por ello, las zonas agrícolas, las de monte y los polígonos industriales.

Siguiendo esta metodología, se dispusieron 181 puntos de medición, a los que corresponden direcciones concretas. Estos puntos se encuadran en 11 zonas predefinidas, cada una de las cuales está representada por un punto característico, cuya medición se realiza siempre tanto cuando se trata de salidas programadas como cuando se investiga un evento de olor.

Para facilitar la labor de los panelistas durante la investigación de un evento, se está elaborando una guía de bolsillo de los 181 puntos utilizados para la realización de mediciones de campo. La guía contiene la dirección, un plano y una fotografía de cada punto, así como la descripción de la zona a la que corresponde. Se señalan también los puntos representativos de cada zona.

6.3.2. ELABORACIÓN DE UN PROTOCOLO DE ACTUACIÓN PARA LA INVESTIGACIÓN DE EVENTOS DE OLOR

De este procedimiento, que ya ha sido puesto a disposición de los panelistas e integrado en el sistema de gestión de la calidad de la Policía Local, se reproduce aquí el punto 5, relativo a la descripción del proceso:

"5.1. Comunicación de alerta y activación del dispositivo de olores molestos

Los avisos emitidos por los ciudadanos alarma y por los panelistas al detectar olor procedente de focos industriales se harán llegar al coordinador del dispositivo de olores molestos por los canales habilitados para ello.

El coordinador, ante un número significativo de alertas, se pondrá en contacto con la sala del 092 para solicitar la intervención en la investigación del evento de los panelistas que se encuentren de servicio. El personal policial que se encuentra cualificado como panelista puede consultarse en el "Registro de panelistas del Dispositivo de Olores Molestos de A Coruña pertenecientes al cuerpo de la Policía Local".

5.2. Investigación del evento. Definición de los puntos de medición

Una vez designados los panelistas que cubrirán el evento, estos se desplazarán a la zona de la que provengan las alertas, información que les será comunicada por el coordinador del dispositivo, para iniciar las mediciones.

Ya en la zona, procederán de la siguiente forma:

- *1.- Se desplazarán al punto de medida más cercano al lugar de la denuncia.*

Una vez en el punto de medición, se cubrirá la HOJA DE DATOS METEOROLÓGICOS según se recoge en el Anexo 3.

Registrados los datos meteorológicos, se tomará la primera medida de olor en este punto, cubriendo la HOJA DE DATOS OLFATOMÉTRICOS según se recoge en el Anexo 4.

- *2.- Desde el primer punto de medición se trazará una ruta hacia el foco que se haya identificado como causante del evento. La ruta contendrá puntos suficientes para estimar la banda de olor producida por el foco, hasta dejar de percibirlo (normalmente un mínimo de 9 puntos). Para simplificar las mediciones, como norma general no se tomarán datos olfatométricos en puntos adyacentes (directamente unidos por una línea en la cuadrícula). La correcta investigación del evento conllevará:*
  - *Mediciones desde el punto de inicio en dirección contraria al foco, hasta determinar dónde deja de percibirse el olor.*
  - *Mediciones a derecha e izquierda de la línea imaginaria que conduce al foco, para investigar la anchura de la mancha de olor.*
- *3.- Una vez alcanzado el foco, se realizará una inspección visual básica para determinar si existe algún proceso anómalo causante de la emisión.*
- *4.- Además, independientemente de dónde se produzca la alarma, será siempre necesario realizar una medida en el punto representativo de cada una de las zonas predefinidas (Anexos 1 y 2, 11 puntos en total), para poder descartar otras zonas afectadas por el evento. En caso de detectar olor en alguno de estos puntos, se procederá de nuevo como se ha descrito, trazando desde el nuevo punto de olor una ruta hacia el foco emisor.*

5.3. Cómo cubrir la hoja de datos meteorológicos

Sólo será necesario registrar los datos meteorológicos una vez a lo largo de la investigación del evento, salvo que las condiciones meteorológicas cambien de forma apreciable mientras se realiza el trabajo de campo, en cuyo caso se reflejarán las nuevas condiciones cubriendo los datos en una segunda hoja.

- *Datos generales:*

  Nombre del panelista, fecha y hora de la toma de datos

- *Datos meteorológicos:*
- *Velocidad del viento: se marcará con una cruz una de las opciones indicadas en la tabla*
- *Procedencia del viento: se marcará con una cruz una de las opciones indicadas en la tabla*
- *Nubosidad: se marcará con una cruz una de las opciones indicadas en la tabla*
- *Lluvia: se marcará con una cruz una de las opciones indicadas en la tabla*
- *Observaciones: se reflejará aquí aquellas observaciones relativas a las condiciones meteorológicas reinantes que se consideren relevantes.*

5.4. Cómo cubrir la hoja de datos olfatométricos

En cada uno de los puntos objeto de medición, se tomarán los datos olfatométricos utilizando para ello la hoja del Anexo 4.

La hoja de campo dispone de dos bloques de datos a registrar:

- *Datos generales de la medición:*

  Nombre del panelista, fecha de la medida, hora de comienzo y de finalización de la toma de datos en ese punto y número correspondiente al punto de medida en el que se está realizando la medición (entre el 1 y el 181).

- *Datos propios de la medida:*
- *Origen del olor: se trata de responder cada diez segundos y durante 1 ó 2 minutos, a criterio del panelista, a la pregunta ¿a qué huele? La respuesta debe reflejarse para cada intervalo en los recuadros dispuestos a tal fin en la hoja. Para ello debe elegirse el código correspondiente al foco de olor según la tabla "codificación de focos" que figura en la propia hoja.*
- *Índice o tono hedónico: se registrará la intensidad (tono hedónico) del olor en cada punto en la tabla "índice hedónico", de conformidad con los criterios establecidos en la tabla inferior.*

ÍNDICE HEDÓNICO DEL OLOR *DESCRIPCIÓN DE LA PERCEPCIÓN SENSORIAL DEL OLOR NIVEL DE INTENSIDAD ASIGNADO CÓDIGO IDENTIFICATIVO DE LA INTENSIDAD COLOR UTILIZADO EN LA REPRESENTACIÓN GRÁFICA DE LA ZONA DE AFECCIÓN DEL EVENTO*

Entre débilmente perceptible y suave

Bajo

1

AMARILLO

Entre distinguible y fuerte

Medio

2

VERDE

Entre muy fuerte y extremadamente fuerte

Alto

3

ROJO

- Comentarios al olor o al punto de medida: se reflejarán aquí aquellas observaciones relativas a la toma de datos en ese punto que el panelista considere relevantes.

5.5. Comportamiento del panelista durante la toma de datos

- *En el momento de realizar las mediciones de olor, el panelista deberá alejarse de las fuentes de olor localizadas que no sean objeto de la investigación (escapes de vehículos, contenedores de residuos, conductos de evacuación de gases de locales, etc) y que puedan distorsionar las mediciones. Se reflejará en el campo de observaciones, en su caso, cualquier circunstancia que pudiera tener relevancia en este sentido.*
- *El panelista habrá de permanecer especialmente concentrado durante el período que dure la medición en cada punto, emitiendo un juicio espontáneo y definitivo sobre la procedencia y la intensidad del olor detectado, garantizando la veracidad de la información registrada y el buen curso de la investigación.*

5.6. Elaboración del informe final sobre el evento de olor

Finalizada la toma de datos, se elaborará un informe global sobre la información obtenida en la investigación del evento utilizando la plantilla del Anexo 5.

El informe resumirá la información obtenida durante la investigación e incorporará como ANEXOS:

1.- La representación gráfica sobre la cartografía municipal de la zona de afección del evento. Esta representación se hará sombreando las cuadrículas de la malla en las que se haya detectado olor, y asignando a cada cuadrícula el color que le corresponda de acuerdo con el tono hedónico (intensidad baja en amarillo, media en verde y alta en rojo). Se adjunta un ejemplo de la forma que debe tomar la representación.

2.- Las hojas de datos meteorológicos y olfatométricos cubiertas durante la investigación.

El informe final se hará llegar al coordinador del dispositivo en las 24 HORAS siguientes a la investigación para que pueda ser comunicado a la empresa responsable del evento."

6.4.- EL REGISTRO DE ALARMAS DE OLOR

Aunque su creación se remonta al año 2005 y desde entonces ha venido utilizándose, el registro de alarmas de olor continúa siendo la herramienta utilizada hoy por hoy para almacenar y gestionar las alarmas emitidas por el DOMO, incorporando también aquellas quejas que hacen llegar los ciudadanos ante situaciones de contaminación por olor.

Este registro permite disponer de un histórico de todas las molestias ocasionadas a la población, una información muy valiosa tanto para trabajar con el modelo de dispersión como para analizar la evolución del número y tipo de eventos con el tiempo.

Se trabaja en la actualidad en el volcado de esta información a un sistema de información geográfica, lo que permitirá una visualización más clara de la distribución

geográfica de las alarmas, así como un tratamiento de la información mucho más potente.

6.5.- LA ACTUALIZACIÓN DE LOS PLANES DE ACCIÓN INDIVIDUALIZADOS

Finalizada la fase de análisis, conocidos los principales focos emisores y su repercusión sobre la ciudad, se trabajó con las empresas implicadas en la elaboración de Planes de Acción Individualizados para cada uno de los focos (PAI), para tratar de dar solución a las molestias ocasionadas en la población.

Los planes establecen mínimos que han de desarrollarse en función de la realidad de cada industria, de su proceso productivo y del estado del arte en cuanto a medidas correctoras aplicables a cada foco según la mejor tecnología disponible.

Recogen tanto medidas de carácter técnico, -realimentación de flujos al proceso productivo, instalación de sistemas de depuración, duplicado de equipos, mantenimiento preventivo de equipos, etc-, como cambios en los procedimientos de operación, adopción de buenas prácticas y de medidas de vigilancia y autocontrol de las emisiones olorosas.

Tras una primera fase de trabajo con las empresas, en la actualidad, los Planes de Acción Individualizados se encuentran en fase de actualización, para incorporar a los mismos todas aquellas actuaciones llevadas a cabo para evaluar y minimizar las emisiones de olor de los principales focos inventariados.

1. La REFINERÍA ha introducido notables mejoras que han redundado en la reducción de las emisiones olorosas en la ciudad:

- ¸ *Mejoras en las instalaciones*, ejecutadas entre 2006 y 2009:
    - o En el cargadero de cisternas de asfalto:
        - 2008: Instalación de cuatro brazos de carga de actuación neumática, que sustituyeron a los de carga manual. Disponen de una boca que se ajusta en cualquier tipo de cisterna, evitando la salida de vapores durante el proceso de llenado.
        - 2009: Instalación de un sistema de tratamiento de los gases recuperados en cada brazo.
    - o ¸ En la planta de tratamiento de efluentes:
        - 2008 y 2009: Cubrición de los separadores de entrada a la estación depuradora de aguas residuales (APIs 2 y 3), identificados como uno de los principales puntos de emisión de olor. La inversión consistió en la instalación de cubiertas flotantes (se desplazan con el propio líquido, impidiendo que se generen vapores), de doble sello entre las paredes del API y el panel para evitar fugas al exterior, la sustitución de los carros barredores externos por unos internos y la instalación de un nuevo sistema de recogida de lodos del fondo de los APIs.
        - 2008: sustitución parcial de los agitadores convencionales por otros de tipo difusor en el tratamiento biológico. Con este cambio se persigue superar la insuficiencia que mostraban los aireadores superficiales en ciertos momentos de alta carga, que no eran capaces de tratar todo el caudal recibido.
    - o ¸ En los tanques de almacenamiento:

- Instalación de dobles sellos en los tanques de lecho flotante para evitar las pérdidas evaporativas.
- 2009: Sustitución de los agitadores de empaquetaduras en determinados tanques, donde se producían fugas puntuales, por otros de cierre mecánico, caracterizados por su estanqueidad.

o En las unidades productivas:

- Recuperación de gases de antorcha, mediante la instalación de un compresor de anillo líquido que permitiese el envío del gas recuperado a un absorbedor.

- . Mejoras operativas:
  - o Cada unidad ha identificado las diferentes actividades puntuales que son potenciales emisoras de olor. Estas actividades, si bien son necesarias para la operación y mantenimiento de las instalaciones, se realizan previa comprobación de las condiciones meteorológicas, para garantizar que se minimiza su impacto.
  - o En el Terminal Marítimo no se realizan, desde Septiembre de 2008, vertidos provenientes de los deslastres de los barcos, pues se incorporan al proceso productivo.
  - o En el Terminal Marítimo se han introducido también mejoras en las condiciones de operación: las descargas de crudo se realizan en sistema cerrado, al igual que las operaciones de carga de los LPGs.
- Actuaciones en curso:
  - o En 2010 se contrató la realización de un estudio para la implantación de un programa LDAR (Leak Detection and Repair) Híbrido. La metodología está basada en la identificación de emisiones fugitivas de COVs en equipos de proceso, y contempla la inspección de las unidades definidas mediante una cámara de IR, la cuantificación de las fugas, su reparación y remonitorización.
  - o En 2010 se aprobó una inversión para la reducción de los olores procedentes de los prelavadores en la unidad de gases 2, mediante la instalación de un sistema de inyección de vapor de baja presión que minimice los olores durante las operaciones de drenaje de estos equipos.
- Notificaciones de previsión de riesgos de olor y de eventos remitidas por el Ayuntamiento
  - o La Refinería transmite los partes de riesgo de evento de olor remitidos por el Ayuntamiento a las diferentes Áreas de Producción para su consideración en la programación de las actividades identificadas como potencialmente olorosas.
  - o Las notificaciones de evento de olor emitidas por el Ayuntamiento son comunicadas automáticamente al Comité de Dirección y al Jefe de Fábrica para el análisis de las actuaciones realizadas y la identificación de su posible origen, tomando las acciones oportunas. Son, asimismo, informadas y analizadas en los Comités de Medio Ambiente que el complejo industrial celebra trimestralmente.

2. La FÁBRICA DE TRANSFORMACIÓN DE SUBPRODUCTOS ANIMALES se encuentra tabajando en la elaboración de un proyecto para la instalación de un sistema en depresión en sus naves, de forma que el aire en estos recintos sea

conducido a un biofiltro para su tratamiento. Este proyecto redundaría en una reducción de las emisiones de compuestos olorosos.

3. La FÁBRICA DE CERVEZA ha llevado a cabo las siguientes actuaciones:

- En 2006 comienza a trabajar en el desarrollo de un nuevo lecho filtrante con concha de mejillón, que permitió superar la situación de saturación detectada ese mismo año y que situaba el rendimiento del filtro por debajo del 50 %. El nuevo sistema filtrante entró en funcionamiento en el año 2008, situándose el rendimiento actual del sistema en un 95 %.
- En 2008 se llevan a cabo dos actuaciones más: la primera consiste en la prolongación de las chimeneas y la segunda en la instalación de una planta de biogás.
- La empresa tiene ya presupuestada la puesta en marcha de un nuevo cocimiento, cuya entrada en funcionamiento está prevista para el primer trimestre de 2012, que contempla la recuperación de los vahos de ebullición en un condensador. Esta recuperación, que será utilizada para la producción de agua caliente de proceso, repercutirá notablemente en la reducción de emisiones de compuestos olorosos, pues eliminará la emisión de vapor a la atmósfera.

4. En relación a la PLANTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS URBANOS:

La situación de esta actividad ha cambiado de forma notable en lo que se refiere al estado de los focos de olor, desde los inicios del Plan de Gestión.

Uno de los focos identificados en su momento como de mayor contribución a la contaminación por olores lo constituía el vaso de vertido asociado a la planta. Se trataba de un foco difuso con una superficie muy elevada y abierta a la atmósfera, ubicado, además, en los terrenos más elevados de la instalación.

En la actualidad, la capacidad de este vertedero se encuentra ya agotada y las celdas presentan una cobertura de tierra que limita la emisión de compuestos olorosos a la atmósfera. El proyecto de sellado definitivo de este vertedero se encuentra en la actualidad en fase de tramitación, siendo esperable que su ejecución se produzca en un futuro próximo.

6.6. EVOLUCIÓN DE LOS EVENTOS DE OLOR REGISTRADOS EN LA CIUDAD DESDE LA PUESTA EN MARCHA DEL PLAN DE GESTIÓN

En el momento en que se iniciaron los primeros trabajos del Plan de Gestión de Olores Molestos en la ciudad, en 2005, las situaciones de molestia por olor, especialmente en período estival, eran realmente asiduas. Desde entonces, el número de eventos registrados en la ciudad se ha reducido de manera muy significativa.

De los más de 35 eventos registrados en la campaña semestral realizada en 2006, se pasó a una cifra de 12 eventos en la campaña de 2009. En los casi 10 meses transcurridos del presente año 2010, el número total de episodios registrados asciende a 12. Se ha experimentado, además, una reducción en la cifra de episodios de intensidad alta.

Si bien se podría argumentar que la nueva situación no es achacable exclusivamente a la puesta en marcha del Plan de Gestión de Olores, el trabajo que se ha venido realizando desde el año 2005 ha dado frutos evidentes. La capacidad de respuesta inmediata que otorga el dispositivo de olores molestos, la continua comunicación con las empresas responsables en situaciones de evento, la remisión de partes

meteorológicos de riesgo de evento, el seguimiento de las planes de acción individuales y, en definitiva, todo el esfuerzo puesto en este trabajo, ha permitido reducir la incidencia de un tipo de contaminación sobre el que la población coruñesa puso en su día el acento en las encuestas de satisfacción ciudadana.

REFERENCIAS UTILIZADAS EN LA ELABORACIÓN DEL DOCUMENTO DEFINITIVO

[1] Miras Portugal, Mará Teresa-*Receptores olfativos: el perfume del éxito* , An. R. Acad. Nac. Farm. 2005, 71: 15-43
[2] Dr. José Cid Montañés- Director Técnico SOCIOENGINYERIA, S.L.- Inspector Certificado Olores Ambientales (MN, USA)-C/Alexander Bell, 79, 2º- 08224-TERRASSA (BCN)www.malosolores.org
socioenginyeria@telefonica.net

[3] www.olores
[4] Valor, I- Encuentro sobre contaminación ambiental por olores, Madrid, 2007.
[5] La contaminación atmosférica por olores: unas técnicas analíticas avanzadas: una legislación específica inexistente. Iglesias García, A. Comunicación técnica CONAMA 9.
[6] *Problemas de olores en las EDAR*, Iglesias, A; Química e Industria, junio 1998.
[7] Ibidem.
[8] *Control de olores debidos a la formación de H2S en las EDARs,*Baldasano, J.M; Gassó; Velamazán, S.; Amat, J; Orfila; y Lapouza. Tecnología del Agua, octubre 2001
[9] San Vicente de la Barquera
[10] Gema Hernaiz, Aportación al texto
[11] Ref. Queja nº 100208, SANT JOAN D'ALACANT - 03550 (Alicante)

[12] Nombre del documento: Gloria Sánchez , Servei de Prevenció y Gestió de Residus, 20 de abril de 2010).

OLORES_
[13] IPPC_CM_JULIO 201(.**José Juan Castro Díez**
Área de Control Integrado de la Contaminación
Dirección General de Evaluación Ambiental
Consejería de Medio Ambiente, Vivienda y Ordenación
del Territorio de la Comunidad de Madrid;E. Crespo Díez, área de calidad atmosférica Nom

[14] J.M.García Torres,
[15] Datos facilitados por la Asociación de Químicos de Galicia, a través de su Presidente, D.Antonio Macho, Asambleista de la ANQUE.
[16] Ignacio Cuesta-15.11.2010-Asociación de Químicos del Principado de Asturias-Asambleista de la ANQUE (Asociación Nacional de Químicos de España).
[17] La fuente anterior (16) se refiere al siguiente persona contactadol: Jefe del Servicio de Calidad Ambiental;Jefe de Sección de Contaminación Atmosférica; Técnico del Área de Contaminación Gaseosa
[18] Ver en Plataforma….
[19] NOMBRE DEL DOCUMENNTO, Manel Manel Flores. D. Medio Ambiente y Vivienda. Generalitat de Cataluña.
[20] www.Olores.org
[21] A este importante aspecto se aludió en las ponencias del GT 03 deL 22.11.2010 en CONAMA 10