

ESTUDIO PREOPERACIONAL DE IMPACTO AMBIENTAL MEDIANTE MODELIZACIÓN DE LA DISPERSIÓN ATMOSFÉRICA DE LAS FUTURAS EDARs SUR, BUTARQUE Y CHINA (MADRID)

Asunto/Descripción Informe Final
Fecha: 22 de julio de 2020
Código o Referencia Informe 20097263_ed2

CLIENTE

Cliente: CYGSA
Persona de contacto: Joaquín Briones
Dirección: Raimundo Fernández Villaverde, 42
CP y Población: 28003, Madrid
Provincia: Madrid

Razón Fiscal: LABAQUA S.A.
Centro: Alicante
Departamento/Sección: Diagnóstico y Control de Olores
Teléfono: 965 10 60 70
Correo electrónico: jvicente.martinez@labaqua.com

ELABORADO POR	APROBADO POR
	
Jose Vicente Martínez Jefe de Proyectos Diagnóstico y Control de Olores	Rubén Cerdá Ortiz Responsable Sección Diagnóstico y Control de Olores

INDICE

1. INTRODUCCIÓN.....	3
2. ANTECEDENTES.....	4
3. OBJETIVO DEL ESTUDIO.....	4
4. INFORMACIÓN DE LA PLANTA OBJETO DE ESTUDIO.....	5
4.1. Localización de las instalaciones.....	5
4.2. Descripción de las instalaciones.....	7
5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE OLOR.....	13
5.1. Utilidad de factores de emisión de olor.....	13
5.2. Factores de emisión de olor.....	13
5.3. Emisiones teóricas de olor para la futura EDAR China.....	15
5.4. Emisiones teóricas de olor para la futura EDAR Butarque.....	18
5.5. Emisiones teóricas de olor para la futura EDAR Sur.....	21
6. MODELIZACIÓN DE LA INMISIÓN DE OLOR.....	24
6.1. Descripción del modelo de dispersión utilizado. CALPUFF.....	24
6.2. Procedimiento de cálculo de CALPUFF en el presente estudio.....	24
7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES.....	41
7.1. Molestias de olores causadas en el entorno.....	41
ANEXO I REFERENCIAS MÁS DESTACADAS DE LEGISLACIÓN EN MATERIA DE OLORES	43
ANEXO II LA OLFATOMETRÍA: DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA.....	51
ANEXO III MODELIZACIÓN DE LA INMISIÓN DE OLOR MEDIANTE CALPUFF.....	68

1. INTRODUCCIÓN

Control y Geología S.A. ha contratado a Labaqua S.A., la realización de un estudio olfatométrico preoperacional de las futuras EDARs de Sur, China y Butarque (Madrid). Este estudio se llevará a cabo a partir de factores de emisión de olor obtenidos de datos experimentales de plantas similares y con los datos de diseño de las futuras plantas aportados por el cliente y las características de la zona (meteorología, orografía, etc). El presente informe incluye la interpretación de los resultados obtenidos, así como la determinación del grado de molestia en el entorno de cada planta.

La relación existente entre los olores emitidos por una determinada instalación y de la influencia generada sobre la población que vive en los alrededores es muy compleja de determinar ya que en esta relación participan unos componentes objetivos físicos y químicos fácilmente medibles, pero otros muchos de carácter subjetivo más difíciles de evaluar. Por ejemplo, las molestias y, por tanto las quejas por malos olores procedentes de la población no solo dependen de la concentración y duración de la exposición de los olores sino también del tipo de olor percibido (que sea más o menos agradable), de las características olfativas de cada persona y del entorno en el que se encuentra (agrícola-ganadero, industrial o urbano), de las aptitudes particulares de cada individuo hacia la instalación responsable de los olores, antecedentes históricos, etc. La relación entre el olor en el ambiente y las molestias en la población es, como se puede ver, difícil de determinar inequívocamente. Por ello, para la valoración de las molestias de olor y la búsqueda de soluciones se ha utilizado la **olfatometría**, metodología de amplia aceptación en Europa y otros países del resto del mundo.

La olfatometría se basa en establecer una relación entre los posibles orígenes de los olores y su molestia para el entorno. La metodología utilizada en el presente estudio está basada en la normativa europea UNE-EN 13.725 “Cuantificación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.

Los tres aspectos que determinan los problemas causados por los focos emisores son:

- Generación: concentración de olor producida por una fuente, en unidades de olor por metro cúbico (uo_E/m^3).
- Emisión: está ligada al caudal de aire que emite el foco y se mide como unidades de olor por unidad de tiempo.
- Inmisión: concentración de olor en el entorno (uo_E/m^3), que es función, entre otros factores, de la emisión de olor de cada instalación, de las condiciones meteorológicas propias de la zona y de la orografía de la zona.

Las posibles molestias causadas en la población están relacionadas con la concentración de olor en el entorno, así como la frecuencia con la que se superan unos ciertos límites de olor. Los resultados de los modelos de inmisión se representan mediante líneas que determinan las áreas del entorno en las que se generan molestias por malos olores, así como el grado de estas molestias.

2. ANTECEDENTES

Las actuales instalaciones de las EDARs de China y Butarque (Madrid), según se establece en el “Anexo 1. Características básicas de funcionamiento, focos de emisión, valores límite de emisión y controles” de la Resolución de la Dirección General de Evaluación Ambiental por la que se otorga la Autorización Administrativa establecida en la Ley 34/2007, de 15 de noviembre, de calidad del aire y protección de la atmósfera a la EDAR La China (Canal de Isabel II S.A.) de 10 de diciembre de 2014, y, EDAR Butarque (Canal de Isabel II, S.A.) de 28 de octubre de 2014 resueltas por la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid, las instalaciones deberán realizar un estudio olfatométrico siguiendo la metodología UNE-EN 13725 con una periodicidad de 3 años coincidiendo con los controles de emisión externos, estableciendo el siguiente valor objetivo en inmisión para los olores en ella producidos:

ACTIVIDAD	Valor objetivo de inmisión (Percentil 98 de las medias horarias de un año)
Sistemas de saneamiento de aguas residuales	7 uo _E /m ³
uo _E /m ³ : Unidad de olor europea. Cantidad de sustancias odoríferas que, cuando se evaporan en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales, originan una respuesta fisiológica de un panel equivalente a la que origina una Masa de Olor de Referencia Europea (MORE) evaporada en un metro cúbico de un gas neutro en condiciones normales.	

Teniendo en cuenta estos antecedentes para las actuales EDARs de Butarque y China, la interpretación de los niveles de inmisión de olor generados por las futuras depuradoras objeto del presente estudio se realizarán basándose en el citado nivel de 7 uo_E/m³ percentil 98.

3. OBJETIVO DEL ESTUDIO

El presente estudio olfatométrico tiene por objeto determinar el impacto ambiental producido por la puesta en funcionamiento de las futuras EDARs de Sur, China y Butarque (Madrid). Con este fin se han llevado a cabo las siguientes actividades:

- Identificación de los focos de emisión presentes en cada instalación en base a la información proporcionada por el cliente.
- Estimación de los niveles de emisión de olor para cada fuente de cada EDAR, utilizando factores teóricos de emisión obtenidos a partir de estudios experimentales en EDARs realizados por Labaqua S.A.
- Modelización matemática de los niveles de inmisión de olor en el entorno y representación de las curvas de isoconcentración.
- Interpretación de los valores de inmisión de olor, de acuerdo con los niveles guía objetivo establecidos actualmente por la Dirección General de Evaluación Ambiental de la Consejería de Medio Ambiente y Ordenación del Territorio de la Comunidad de Madrid.

4. INFORMACIÓN DE LA PLANTA OBJETO DE ESTUDIO

4.1. LOCALIZACIÓN DE LAS INSTALACIONES

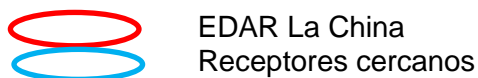
Se ha previsto la reconstrucción de las futuras EDARs Sur, China y Butarque (Madrid) sobre sus emplazamientos actuales.

Emplazamiento EDAR China

La EDAR La China está localizada en el distrito Puente de Vallecas en la provincia de Madrid. Se encuentra situada a 200 metros aproximadamente de las viviendas más cercanas. La siguiente imagen muestra una foto aérea de la ubicación de la planta.



Figura 4.1.1. Localización de la EDAR La China y sus receptores cercanos.





Emplazamiento EDAR Butarque

La EDAR Butarque, se encuentra localizada en la avenida de los Rosales, aproximadamente a 1.000 metros del municipio de Butarque en la provincia de Madrid. A 300 metros de la EDAR, aproximadamente, se encuentran las viviendas más cercanas.

La siguiente imagen muestra, en vista aérea, la ubicación de la planta y la localización de los receptores cercanos.



Figura 4.1.2. Localización de la EDAR Butarque y sus receptores cercanos.

-  EDAR Butarque
-  Receptores más cercanos



Emplazamiento EDAR Sur

La EDAR Sur, se encuentra ubicada en el término municipal de Getafe. A menos de 2000 metros de la depuradora, en dirección oeste, se encuentran las viviendas más cercanas de Perales del Río.

La siguiente imagen muestra, en vista aérea, la ubicación de la planta y la localización de los receptores cercanos.



Figura 4.1.3. Localización de la EDAR Sur y sus receptores cercanos.

-  EDAR Sur
-  Receptores más cercanos

4.2. DESCRIPCIÓN DE LAS INSTALACIONES

EDAR China

De acuerdo con la información aportada por el cliente, la línea de agua constará de las siguientes unidades:

- Pretratamiento:
 - Obra de llegada
 - Predesbaste
 - Separación de gruesos y separación de finos
 - Desarenado-desengrasado
 - Desemulsión de grasas
 - Extracción y bombeo de arenas
 - Lavado de arenas
 - Extracción y separación de grasas
- Tratamiento primario. Se ha propuesto instalación de 5 decantadores lamelares de forma cuadrada.
- Tratamiento biológico. Las líneas tendrán las siguientes zonas diferenciadas: anaerobia, anóxica, aerobia, post-anóxica y reaireación
- Decantación secundaria.
- Tratamiento terciario.
 - Físico-químico (Cámaras de mezcla y floculación)
 - Filtración
 - Oxidación avanzada
 - Desinfección del agua previo vertido

Por su parte, la línea de fangos constará de las siguientes unidades:

- Depósito de almacenamiento de fangos primarios.
- Bombeo de fangos primarios a EDAR Sur
- Almacenamiento de fangos secundarios
- Bombeo de fangos secundarios a EDAR Sur

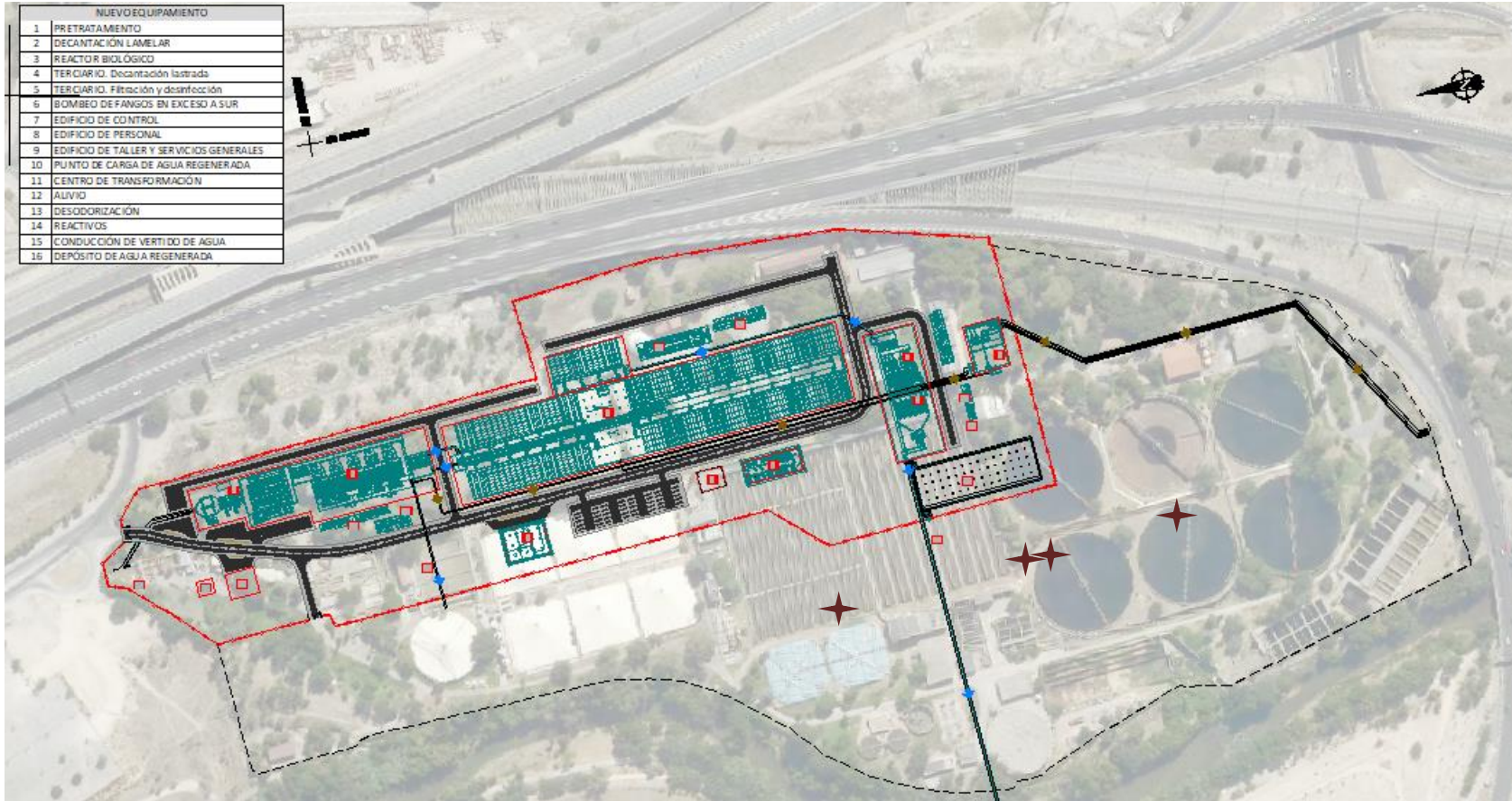


Figura 4.2.1. Vista aérea de las instalaciones de la nueva EDAR La China

EDAR Butarque

De acuerdo con la información aportada por el cliente, la línea de agua constará de las siguientes unidades:

- Pretratamiento:
 - Obra de llegada con el pozo de gruesos existente
 - Predesbaste y trituración
 - Elevación de agua bruta
 - Separación de finos
 - Desarenado-desengrasado
 - Desemulsión de grasas
 - Extracción y bombeo de arenas
 - Clasificador de arenas
 - Extracción y separación de grasas
- Tratamiento primario.
 - Cámaras de mezcla
 - Cámaras de floculación
 - Decantadores lamelares, 8 unidades
- Tratamiento biológico. Las líneas tendrán las siguientes zonas diferenciadas: anaerobia, anóxica, aerobia, post-anóxica y reaireación
- Tratamiento terciario.
 - Físico-químico (Cámaras de mezcla y floculación)
 - Filtración
 - Oxidación avanzada
 - Desinfección del agua previo vertido



Figura 4.2.2. Vista aérea de las instalaciones de la nueva EDAR Butarque

EDAR Sur

De acuerdo con la información aportada por el cliente, la línea de agua constará de las siguientes unidades:

- Pretratamiento:
 - Obra de llegada
 - Predesbaste
 - Separación de gruesos y de finos
 - Desarenado-desengrasado
 - Desemulsión de grasas
 - Extracción y bombeo de arenas
- Tratamiento primario.
 - Cámaras de mezcla
 - Cámaras de floculación
 - Decantadores lamelares, 8 unidades
- Tratamiento biológico.
- Tratamiento terciario.
 - Físico-químico (Cámaras de mezcla y floculación)
 - Filtración
 - Oxidación avanzada
 - Desinfección del agua previo vertido

Por su parte, la línea de fangos constará de las siguientes unidades:

- Bombeo de fangos primarios
- Tamizado de fangos
- Espesadores de gravedad
- Purga de fangos primarios espesados
- Bombeo de fangos en exceso
- Flotadores de fangos
- Bombeo a digestión
- Cámara de mezcla
- Digestión de fangos
- Calefacción de fangos

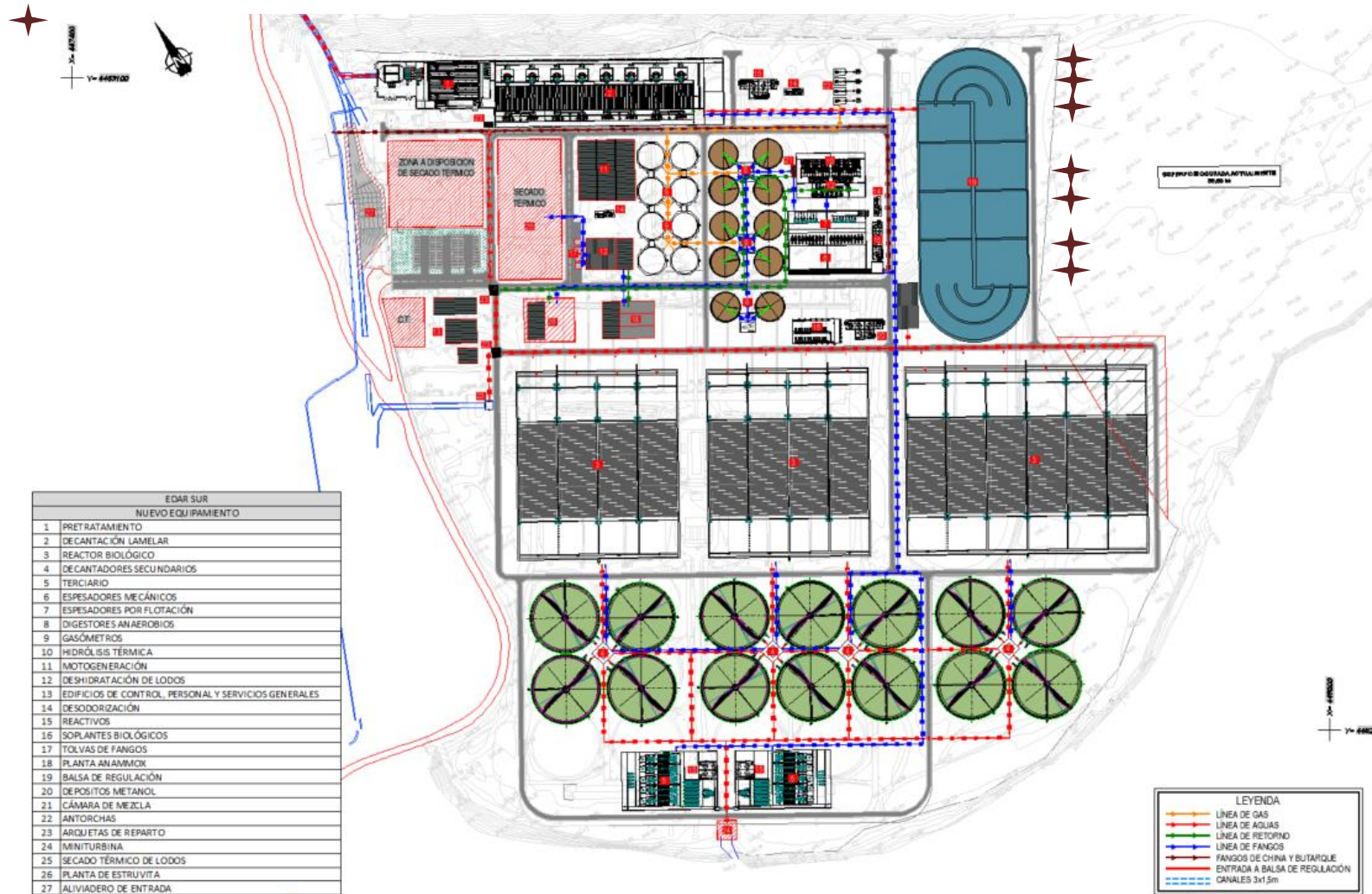


Figura 4.2.3. Vista aérea de las instalaciones de la nueva EDAR Sur

5. CÁLCULO DE LA EMISIÓN DE OLOR

5.1. UTILIDAD DE FACTORES DE EMISIÓN DE OLOR.

La utilización de factores de emisión como herramienta de control y diagnóstico de la contaminación ambiental, es una práctica extendida, siendo, en algún caso, la única forma de estimar las emisiones producidas en instalaciones industriales complejas. La Agencia de Protección Ambiental de EE.UU. (EPA) tiene multitud de documentos y protocolos que hacen referencia a la utilización de estos factores de emisión, para el cálculo de la emisión de distintos compuestos químicos como dióxido de azufre (SO₂), óxidos de nitrógeno (NO_x), o monóxido de carbono (CO). La contaminación ambiental por olores no es una excepción para la utilización de factores de emisión. La administración holandesa competente en asuntos medioambientales (Infomil), ha publicado numerosos documentos técnicos utilizando factores de emisión de olor como herramienta para la gestión y control de la contaminación ambiental. **En este informe se han utilizado factores de emisión de olor para las distintas unidades de proceso existentes en las instalaciones objeto de estudio. Estos factores de emisión han sido calculados a partir de los numerosos estudios olfatómétricos de impacto ambiental por olores realizados por LABAQUA en un periodo de 20 años en instalaciones similares.**

5.2. FACTORES DE EMISIÓN DE OLOR

En el presente apartado se plantean los factores emisión para cada una de las unidades identificadas como emisoras de olores en las instalaciones objeto de estudio. Estos factores de emisión han sido calculados a partir de los numerosos estudios olfatómétricos de impacto ambiental por olores realizados por Labaqua S.A., para un periodo de 20 años en instalaciones similares.

Los factores de emisión utilizados en el presente estudio son los siguientes

Tabla 5.2. Factores de emisión para las unidades de las futuras EDARs China, Sur y Butarque.

Unidad de proceso	Factor emisión (uo _E /h·m ²)	Factor emisión (uo _E /m ³)
Edificio Pretratamiento	-	1.142 ⁽¹⁾
Pozo de gruesos	48.788 ⁽²⁾	-
Bombeo de agua bruta	48.788 ⁽²⁾	-
Zona tratamiento fosas sépticas	48.788 ⁽²⁾	-
Canales desbaste grueso	33.570 ⁽³⁾	-
Canales de tamizado	33.570 ⁽³⁾	-
Contenedores	33.570 ⁽³⁾	-
Cámara de llegada	33.570 ⁽³⁾	-
Desarenado	34.958 ⁽⁴⁾	-
Tratamiento terciario	1.518 ⁽⁵⁾	-
Decantación primaria	28.268 ⁽⁶⁾	-
Reactores Biológicos – zonas anóxicas	12.482 ⁽⁷⁾	-
Reactores Biológicos – zonas óxicas	7.364 ⁽⁷⁾	-
Decantadores secundarios	4.017 ⁽⁸⁾	-
Espesador de fangos	37.765 ⁽⁹⁾	-

Unidad de proceso	Factor emisión (uo _E /h·m ²)	Factor emisión (uo _E /m ³)
Depósito de fangos	37.765 ⁽⁹⁾	-
Silos de fangos	-	57.162 ⁽¹⁰⁾
Edificios de tamizado de fangos	-	8.435 ⁽¹¹⁾
Edificio de centrifugas de fangos	-	8.435 ⁽¹¹⁾
Edificio tratamiento primario	-	44 ⁽¹²⁾

⁽¹⁾ Para la aspiración general del edificio de pretratamiento, se ha aplicado un factor de emisión obtenido en las entradas a sistemas de desodorización procedentes de ventilaciones de edificios de pretratamiento de 4 depuradoras con extracción focalizada independiente también.

⁽²⁾ Para el bombeo de agua bruta y el pozo de gruesos, se ha utilizado los datos experimentales de entradas de agua bruta medidos en 7 depuradoras. Para la zona de tratamiento de fosas sépticas, ante la falta de datos experimentales, se ha aplicado el mismo factor que el del pozo de gruesos por su mayor similitud.

⁽³⁾ Para los desbastes de gruesos, se ha utilizado los datos experimentales en desbastes medidos en 8 depuradoras. Para los canales de tamizado, se ha asimilado el valor de los canales de desbaste. Ante la falta de datos experimentales, para los contenedores y la cámara de llegada se ha asimilado el mismo factor de emisión.

⁽⁴⁾ Para el desarenado, se ha utilizado los datos experimentales de desarenadores medidos en 42 depuradoras.

⁽⁵⁾ Para el tratamiento terciario y de tormentas, se ha utilizado los datos experimentales de tratamientos terciarios medidos en 3 depuradoras

⁽⁶⁾ Para el tratamiento primario se dispone de 46 datos experimentales medidos en los decantadores primarios de diferentes depuradoras.

⁽⁷⁾ Para los reactores biológicos, se ha utilizado un factor obtenido de 70 datos experimentales medidos en la zona aerobia y 37 datos medidos en la zona anaerobia del tratamiento biológico de diferentes depuradoras.

⁽⁸⁾ Para la decantación secundaria, se ha utilizado 46 datos experimentales medidos en los decantadores secundarios de diferentes depuradoras.

⁽⁹⁾ Para el espesador por gravedad, se ha utilizado los datos experimentales de espesadores de fangos medidos en 10 depuradoras. Para el depósito tampón y los depósitos de mezcla de fangos se ha asimilado el mismo factor de emisión.

⁽¹⁰⁾ Para los silos de fangos, se ha utilizado los datos experimentales medidos en silos de 3 depuradoras.

⁽¹¹⁾ Para los edificios de tamizado de fangos y, de centrifugas de fangos, se ha utilizado los datos experimentales a la entrada de sistemas de tratamiento de las emisiones de edificios similares medidos en 30 depuradoras.

⁽¹²⁾ Para el edificio de tratamiento primario se ha utilizado los datos experimentales medidos por Labaqua experimentalmente en un edificio de tratamiento primario.

5.3. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR PARA LA FUTURA EDAR CHINA

5.3.1. FOCOS DE EMISIÓN DE OLOR DE LA FUTURA EDAR CHINA

Estudiada la información de la planta facilitada por el cliente, cabe considerar como procesos de emisión de olor relevantes en la futura EDAR China los siguientes:

Línea de agua:

- **Edificio de pretratamiento**, el edificio se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 49.250 m³/h.
- **Desbastes de gruesos**, con una superficie de exposición total de 33 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 165 m³/h.
- **Desbastes de finos**, con una superficie de exposición total de 33 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 165 m³/h.
- **Desarenado/desengrasado**, con una superficie de exposición total de 440 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con caudal de 4.400 m³/h.
- **Bombeo de agua bruta**, con una superficie de exposición total de 105 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 3.159 m³/h.
- **Edificio de decantación primaria lamelar**, el edificio, que cuenta con una superficie de 3.996m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 119.880 m³/h.
- **Cámara de mezcla**, con una superficie de exposición total de 78 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 1.170 m³/h.
- **Cámara de floculación**, con una superficie de exposición total de 135 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 2.021 m³/h.
- **Decantador lamelar**, con una superficie de exposición total de 720 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 10.800 m³/h.
- **Edificio del reactor biológico**, el edificio, que cuenta con una superficie de 11.240,8 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 291.193 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para algunas de las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en las zonas anóxicas y aerobias de reactores biológicos.
- **Edificio del tratamiento terciario**, el edificio, que cuenta con una superficie de 2.556,3 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 25.563 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en tratamientos terciarios.

Línea de fangos:

- **Depósito de fangos primarios**, con una superficie de exposición de 240 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 2.400 m³/h.
- **Depósito de fangos secundarios**, con una superficie de exposición de 90 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 900 m³/h.
- **Bombeo de fangos**, con una superficie de exposición de 100 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 10.000 m³/h.

El aire contaminado de las unidades y edificios de proceso que se encuentran confinados y extraídos se canalizan a una unidad de desodorización tipo biotrickling y a una unidad de desodorización tipo biofiltro avanzado. En la siguiente tabla se presentan las unidades o edificios que se tratarán en cada equipo de desodorización.

Tabla 5.3.1. Unidades que tratará cada equipo de desodorización.

Biotrickling	Biofiltro Avanzado
Extracción edificio pretratamiento	Extracción edificio decantación lamelar
Desbaste de gruesos	Cámara de mezcla
Desbaste de finos	Cámara de floculación
Desarenado desengrasado	Decantador lamelar
Bombeo agua bruta	Extracción edificio reactor biológico
Depósito de fangos primarios	Extracción edificio tratamiento terciario
Depósito de fangos secundarios	
Bombeo de fangos	

Según la información aportada por el proveedor de las tecnologías, el valor de eficacia de desodorización es de 80% en el caso del biotrickling y del 95% en el caso del biofiltro avanzado, siempre que la concentración de olor de entrada se encuentre por debajo de 10.000 uo_E/m³.

5.3.2. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR ESTIMADAS PARA CADA FUENTE

A partir de los factores de emisión, las superficies de exposición, los caudales extraídos y el rendimiento de desodorización sobre los olores de los sistemas de tratamiento para cada uno de los focos, se han calculado las emisiones de olor para cada unidad, tal cual se expone en la siguiente tabla.

Tabla 5.3.2. Cálculo de la emisión teórica de olor para los focos de emisión de la futura EDAR China.

Fuente de emisión de olor	Factor emisión olor (uo _E /h·m ²)	Factor emisión olor (uo _E /m ³)	Superficie (m ²)	Q _{extracción} (m ³ /h)	Emisión olor (10 ⁶ uo _E /h)	Emisión olor total (10 ⁶ uo _E /h)	Rendimiento desodorización (%)	Emisión olor salida (10 ⁶ uo _E /h)	Q _{salida} desodoriz (m ³ /h)
Equipo desodorización tipo biotrickling									
Extracción edificio pretratamiento	-	1.142	-	49.250	56,24	95,22	80	19,04	70.439
Desbaste de gruesos	33.570	-	33	165	1,11				
Desbaste de finos	33.570	-	33	165	1,11				
Desarenado/desengrasado	34.958	-	440	4.400	15,38				
Bombeo AB	48.788	-	105	3.159	5,14				
Depósito de fangos primarios	37.765	-	240	2.400	9,06				
Depósito de fangos secundarios	37.765	-	90	900	3,40				
Bombeo de fangos	37.765	-	100	10.000	3,78				
Equipo desodorización tipo biofiltro avanzado									
Extracción ed. decantación lamelar	-	44	-	119.880	5,27	147,06	95	7,35	519.325
Cámara de mezcla	28.268	-	78	1.170	2,20				
Cámara de floculación	28.268	-	135	2.021	3,81				
Decantador lamelar	28.268	-	720	10.800	20,35				
Extracción edificio reactor biológico Zona anóxica	12.482	-	5.620	344.842	70,15				
Extracción edificio reactor biológico Zona aerobia	7.364	-	5.620		41,39				
Extracción ed. tratamiento terciario	1.518	-	-	38.571	3,88				

5.4. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR PARA LA FUTURA EDAR BUTARQUE

5.4.1. FOCOS DE EMISIÓN DE OLOR DE LA FUTURA EDAR BUTARQUE

Estudiada la información de la planta facilitada por el cliente, cabe considerar como procesos de emisión de olor relevantes en la futura EDAR Butarque los siguientes:

Línea de agua:

- **Extracción edificio de pretratamiento**, este edificio existe actualmente y no se verá modificado en el proyecto. El edificio se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento.
- **Extracción edificio de decantación primaria lamelar**, este edificio existe actualmente y no se verá modificado en el proyecto. El edificio se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento.
- **Extracción edificio fangos activos reactor biológico**, el edificio, que cuenta con una superficie de 13.860 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 83.160 m³/h.
- **Edificio del reactor biológico MBR**, el edificio, que cuenta con una superficie de 4.050 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 36.450 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para algunas de las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en reactores biológicos MBR.
- **Edificio del tratamiento terciario**, el edificio, que cuenta con una superficie de 5.830 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 58.300 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en tratamientos terciarios.

Línea de fangos:

- **Depósito de fangos primarios**, con una superficie de exposición de 420 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con un caudal de 4.200 m³/h.
- **Depósito de fangos secundarios**, con una superficie de exposición de 420 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con un caudal de 4.200 m³/h.
- **Bombeo de fangos**, con una superficie de exposición de 175 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con un caudal de 17.500 m³/h.

El aire contaminado de las unidades y edificios de proceso que se encuentran confinados y extraídos se canalizan a una unidad de desodorización tipo biotrickling y a una unidad de desodorización tipo biofiltro avanzado. En la siguiente tabla se presentan las unidades o edificios que se tratarán en cada equipo de desodorización.

Tabla 5.4.1. Unidades que tratará cada equipo de desodorización.

Biotrickling	Biofiltro Avanzado
Depósito de fangos primarios	Extracción ed. fangos reactor biológico
Depósito de fangos secundarios	Extracción edificio reactor biológico MBR
Bombeo de fangos	Extracción edificio tratamiento terciario

Según la información aportada por el proveedor de las tecnologías, el valor de eficacia de desodorización es de 80% en el caso del biotrickling y del 95% en el caso del biofiltro avanzado, siempre que la concentración de olor de entrada se encuentre por debajo de 10.000 uo_E/m³.

5.4.2. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR ESTIMADAS PARA CADA FUENTE

A partir de los factores de emisión, las superficies de exposición, los caudales extraídos y el rendimiento de desodorización sobre los olores de los sistemas de tratamiento para cada uno de los focos, se han calculado las emisiones de olor para cada unidad, tal cual se expone en la siguiente tabla.

Tabla 5.4.2. Cálculo de la emisión teórica de olor para los focos de emisión de la futura EDAR Butarque.

Fuente de emisión de olor	Factor emisión olor (uo _E /h·m ²)	Factor emisión olor (uo _E /m ³)	Superficie (m ²)	Q _{extracción} (m ³ /h)	Emisión olor (10 ⁶ uo _E /h)	Emisión olor total (10 ⁶ uo _E /h)	Rendimiento desodorización (%)	Emisión olor salida (10 ⁶ uo _E /h)	Q _{salida} desodoriz (m ³ /h)
Salida desodorización Ed. Pretratamiento existente	48.788	-	3.825	-	186,60	-	-	-	-
Salida desodorización Ed. Decantación lamelar existente	28.268	-	7.340	-	207,50	-	-	-	-
Equipo desodorización tipo biotrickling									
Depósito de fangos primarios	37.765	-	420	4.200	15,86	38,33	80	7,67	25.900
Depósito de fangos secundarios	37.765	-	420	4.200	15,86				
Bombeo de fangos	37.765	-	175	17.500	6,61				
Equipo desodorización tipo biofiltro avanzado									
Extracción ed. Fangos reactor biológico	-	8.435	-	83.160	350,73	374,49	95	18,72	192.387
Extracción ed. reactor biológico MBR	7.364	-	4.050	36.450	14,91				
Extracción ed. tratamiento terciario	1.518	-	-	58.300	8,85				

5.5. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR PARA LA FUTURA EDAR SUR

5.5.1. FOCOS DE EMISIÓN DE OLOR DE LA FUTURA EDAR SUR

Estudiada la información de la planta facilitada por el cliente, cabe considerar como procesos de emisión de olor relevantes en la futura EDAR Sur los siguientes:

Línea de agua:

- **Edificio de pretratamiento**, el edificio se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 146.250 m³/h.
- **Desbastes de gruesos**, con una superficie de exposición total de 61 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 303 m³/h.
- **Desbastes de finos**, con una superficie de exposición total de 61 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 303 m³/h.
- **Desarenado/desengrasado**, con una superficie de exposición total de 1.140 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con caudal de 11.400 m³/h.
- **Bombeo de agua bruta**, con una superficie de exposición total de 230 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 6.900 m³/h.
- **Edificio de decantación primaria lamelar**, el edificio, que cuenta con una superficie de 1.600 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 384.000 m³/h.
- **Cámara de mezcla**, con una superficie de exposición total de 98 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 1.470 m³/h.
- **Cámara de floculación**, con una superficie de exposición total de 800 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 12.000 m³/h.
- **Decantador lamelar**, con una superficie de exposición total de 3.200 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas a un sistema de tratamiento con un caudal de 48.000 m³/h.
- **Reactor biológico**, que cuenta con una superficie de 78.731 m², se encuentra al aire libre. El 50% de la superficie corresponde con zona anóxica/anaerobia y el otro 50% a zona aerobia.
- **Decantación secundaria**, con una superficie de exposición total de 8.495 m², se encuentra al aire libre.
- **Edificio del tratamiento terciario 1**, el edificio, que cuenta con una superficie de 7.000 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 49.000 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en tratamientos terciarios.
- **Edificio del tratamiento terciario 2**, el edificio, que cuenta con una superficie de 7.000 m², se encuentra desodorizado y el aire interior se conduce a un sistema de tratamiento con un caudal de 49.000 m³/h. Como no se dispone de factores de emisión para las unidades individuales se ha decidido emplear el escenario desfavorable de aplicar a la extensión total del edificio el factor de emisión por unidad de superficie experimental obtenido en tratamientos terciarios.

Línea de fangos:

- **Sala espesado mecánico de fangos**, se encuentra desodorizada y al aire se conduce a un sistema de tratamiento con caudal de 27.000 m³/h.
- **Depósito de fangos sin espesar**, con una superficie de exposición de 1.800 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 18.900 m³/h.
- **Depósito de fangos espesados**, con una superficie de exposición de 1.200 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 12.600 m³/h.
- **Predeshidratación**, con una superficie de exposición de 900 m², se encuentra confinada y sus emisiones extraídas con una caudal de 22.500 m³/h.
- **Sala de deshidratación de fangos**, se encuentra desodorizada y al aire se conduce a un sistema de tratamiento con caudal de 14.400 m³/h.
- **Depósito de fangos digeridos**, con una superficie de exposición de 900 m², se encuentra confinado y sus emisiones extraídas con una caudal de 4.500 m³/h.
- **Sala de equipos de digestores**, se encuentra desodorizada y al aire se conduce a un sistema de tratamiento con caudal de 15.000 m³/h.

El aire contaminado de las unidades y edificios de proceso que se encuentran confinados y extraídos se canalizan a una unidad de desodorización tipo biotrickling y a una unidad de desodorización tipo biofiltro avanzado. En la siguiente tabla se presentan las unidades o edificios que se tratarán en cada equipo de desodorización.

Tabla 5.5.1. Unidades que tratará cada equipo de desodorización.

Biotrickling	Biofiltro Avanzado
Extracción edificio pretratamiento	Extracción edificio decantación lamelar
Desbaste de gruesos	Cámara de mezcla
Desbaste de finos	Cámara de floculación
Desarenado desengrasado	Decantador lamelar
Bombeo agua bruta	Extracción edificio tratamiento terciario 1
Sala espesado mecánico de fangos	Extracción edificio tratamiento terciario 2
Depósito de fangos sin espesar	Sala de equipos de digestores
Depósito de fangos espesados	
Predeshidratación	
Sala deshidratación de fangos	
Depósito de fangos digeridos	

Según la información aportada por el proveedor de las tecnologías, el valor de eficacia de desodorización es de 80% en el caso del biotrickling y del 95% en el caso del biofiltro avanzado, siempre que la concentración de olor de entrada se encuentre por debajo de 10.000 uo_E/m³.

5.5.2. EMISIONES TEÓRICAS DE OLOR ESTIMADAS PARA CADA FUENTE

A partir de los factores de emisión, las superficies de exposición, los caudales extraídos y el rendimiento de desodorización sobre los olores de los sistemas de tratamiento para cada uno de los focos, se han calculado las emisiones de olor para cada unidad, tal cual se expone en la siguiente tabla.

Tabla 5.5.2. Cálculo de la emisión teórica de olor para los focos de emisión de la futura EDAR Sur.

Fuente de emisión de olor	Factor emisión olor (uo _E /h·m ²)	Factor emisión olor (uo _E /m ³)	Superficie (m ²)	Q _{extracción} (m ³ /h)	Emisión olor (10 ⁶ uo _E /h)	Emisión olor total (10 ⁶ uo _E /h)	Rendimiento desodorización (%)	Emisión olor salida (10 ⁶ uo _E /h)	Q _{salida} desodoriz (m ³ /h)
Reactor Biológico Zona anóxica	12.482	-	39.366	-	491,4	-	-	-	-
Reactor Biológico Zona aeorobia	7.364	-	39.366	-	289,9	-	-	-	-
Decantador secundario	4.017	-	8.495	-	34,12	-	-	-	-
Equipo desodorización tipo biotrickling									
Extracción edificio pretratamiento	-	1.142	-	146.250	222,15	757,6	80	150,53	265.055
Desbaste de gruesos	33.570	-	61	303	2,03				
Desbaste de finos	33.570	-	61	303	2,03				
Desarenado/desengrasado	34.958	-	1.140	11.400	39,85				
Bombeo AB	48.788	-	230	6.900	11,22				
Sala espesado mecánico de fangos	-	8.435	-	27.000	9,06				
Depósito de fangos sin espesar	37.765	-	1.800		227,75				
Depósito de fangos espesados	37.765	-	1.200		67,98				
Predeshidratación	37.765	-	900		45,32				
Sala de deshidratación de fangos		8.435	-	14.400	121,46				
Depósito de fangos digeridos	37.765	-	900	-	33,99				
Equipo desodorización tipo biofiltro avanzado									
Extracción ed. decantación lamelar	-	44	-	384.000	16,90	336,9	95	16,84	621.887
Cámara de mezcla	28.268	-	98	1.470	2,77				
Cámara de floculación	28.268	-	800	12.000	22,61				
Decantador lamelar	28.268	-	3.200	48.000	90,46				
Bombeo de elevación	12.482	-	92	920	1,15				
Sala bombas recirculación biológico	7.364	-	7.497,5	37.488	55,2				
Extracción ed. terciario 1	1.518	-	7.000	49.000	10,63				
Extracción ed. terciario 2	1.518	-	7.000	49.000	10,63				
Sala de equipos de digestores	-	8.435	-	15.000	126,5				

6. MODELIZACIÓN DE LA INMISIÓN DE OLOR

6.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN UTILIZADO. CALPUFF

El objeto del presente capítulo es introducir el modelo de dispersión empleado para calcular los niveles de inmisión de olores.

CALPUFF es un sistema de modelización de la calidad del aire desarrollado por el ASG (*Atmospheric Studies Group*) y recomendado por la agencia de protección ambiental norteamericana (*US Environmental Protection Agency*) para la evaluación del transporte de contaminantes de largo alcance y en situaciones de topografía compleja. El sistema de modelización CALPUFF consta de tres componentes principales: CALMET, CALPUFF y CALPOST.

- CALMET es un modelo meteorológico de diagnóstico que genera campos horarios de temperatura y viento en una malla tridimensional, así como campos bidimensionales como son la altura de la capa de mezcla, la precipitación, las características de la superficie, etc. CALMET puede ser inicializado con observaciones (datos en superficie y radiosondajes), con datos de un modelo meteorológico de mesoescala, o con una combinación de ambos. Para el presente estudio se han utilizado datos meteorológicos provenientes de simulaciones con el modelo meteorológico MM5, el cual se describe en el apartado 4.2.1., CALMET requiere también los usos del suelo y la elevación del terreno de la zona de estudio.
- CALPUFF es un modelo de dispersión de contaminantes de tipo *puff*, multi-capas, multiespecies, no estacionario que permite simular los efectos de las variaciones espaciales y temporales de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y eliminación de contaminantes. CALPUFF puede ser usado en escalas que van de las decenas de metros a los centenares de kilómetros. Incluye algoritmos que tienen en cuenta efectos de escala menor al paso de malla, así como efectos de largo alcance (como la eliminación de contaminantes debido a la deposición húmeda y deposición seca, la transformación química, y los efectos en la visibilidad por la concentración de partículas de materia).
- Finalmente, CALPOST es el paquete de post-procesado que lleva a cabo cálculos de visibilidad, hace medias y resúmenes de concentraciones y flujos de deposición, y genera datos para la representación gráfica de los resultados, entre otros.

6.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE CALPUFF EN EL PRESENTE ESTUDIO

El modelo CALPUFF precisa alimentarse de las siguientes variables.

6.2.1. DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos requeridos para los modelos de dispersión de contaminantes convencionales se obtienen mediante registros instrumentales. Por el contrario, los modelos de dispersión modernos, como CALPUFF, requieren datos meteorológicos correspondientes a un volumen atmosférico (datos de superficie y altura), con lo que es imprescindible el uso de modelos de simulación y es posible llegar a prescindir de los datos instrumentales. La opción más utilizada actualmente para inicializar estos sistemas es el uso de modelos de simulación numérica de la atmósfera del tipo WRF, tal y como se ha utilizado en este proyecto. A continuación, se detallan los modelos WRF y CALMET así como la metodología utilizada.

MODELO WRF

El WRF (<http://www.wrf-model.org>) es un modelo meteorológico de última generación que permite obtener campos de viento, presión, temperatura y humedad, entre otros, con alta resolución espacio-temporal, los cuales son de suma importancia como datos de entrada de los modelos de calidad de aire. El modelo WRF tiene la particularidad de poder ser configurado localmente para representar dominios espaciales en diferentes escalas de acuerdo al estudio que desee realizarse.

En lo referente a este estudio, se ejecutó la pasada de WRF para un año de datos (2019), inicializado a partir de los datos de re-análisis FNL del National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Partiendo de condiciones a escala sinóptica del FNL, se ha seguido un patrón de 3 dominios anidados hasta obtener un dominio de modelado a alta resolución (3x3 km²) centrado en la zona de estudio, obteniendo datos horarios de más de 20 parámetros meteorológicos y a 27 niveles diferentes de altura. El dominio de 3x3 km² es el utilizado para generar los campos meteorológicos de CALMET precisados en este estudio.

A modo resumen, el conjunto de parametrizaciones utilizado en WRF (ARW) ha sido el siguiente:

- Radiation: Longwave RRTM, Shortwave MM5-Dudhia
- PBL: YSU (with sfclay: Monin-Obukhov from MM5 MRF)
- Surface: 5 layer MM5 LSM
- Cumulus: Kain-Fritsch
- Microphysics: WSM6

A continuación, se expone el mapa con los dominios anidados (D1, D2, y los D3 de 27, 9 y 3 km de resolución):



Figura 6.2.1.1. Dominios utilizados para el modelo meteorológico WRF.

MODELO CALMET

Se trata de un modelo de diagnóstico meteorológico tridimensional. Este modelo utiliza estaciones en superficie y altura (radiosondeos) u otros modelos meteorológicos. Está formado por un módulo de diagnóstico del campo de vientos capaz de simular efectos locales, como los flujos de ladera, efectos cinemáticos y de bloqueo del terreno y un módulo de capa límite, por el cual se obtiene, por ejemplo, la altura de la base de la capa de mezcla. La ventaja comparativa de este modelo meteorológico frente a las soluciones tradicionales gaussianas (ej. Uso de una sola estación meteorológica en superficie) es evidente, puesto que es capaz de simular condiciones a escala local que cambian por completo el escenario meteorológico y, por tanto, la dispersión de los contaminantes.

En general, el modelo incluye tres pasos. El primer paso es interpolar o extrapolar los datos de viento medidos a la malla del dominio de estudio. El siguiente paso consiste en la parametrización para modelizar los efectos cinemáticos del terreno y del entorno. El tercer paso es ajustar los campos de vientos de modo que sean consistentes (condición de divergencia nula).

Para este estudio, se ha diseñado un dominio de 25 x 25 celdas, con centro en las instalaciones, con una resolución espacial de 400 m y 13 niveles verticales (ZFACE= 0, 20, 40, 79, 176, 290, 439, 640, 1.180, 1.580, 2.062, 3.354 y 4.162 m).

Como se comentó anteriormente, como datos de entrada del modelo se han utilizado las salidas del modelo WRF (ARW), tanto en superficie como en altura, supliendo de este modo la carencia de radiosondeos diarios (al menos 2 por día) en la zona.

Para el caso del estudio realizado en las futura EDAR China, Sur y Butarque, los datos de elevación de terreno para la zona han sido proporcionados por el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3), modelo que ha sido elaborado por la NASA y el USGS, con una resolución aproximada de 90 m. éstos se han seleccionado teniendo en cuenta el tipo de terreno predominante en el área de estudio. Los datos de los usos del suelo se han obtenido a partir del “Global Land Cover Characterization” (LULC), con una resolución de 1 km.

Todos los parámetros meteorológicos intervienen de una manera más o menos directa en los fenómenos de difusión atmosférica. El viento y la estabilidad atmosférica son los más importantes ya que influyen directamente en los fenómenos de dispersión del penacho. Estos parámetros, a su vez, vienen regidos por la distribución de los campos de temperatura, de presión y de humedad, los cuales mantienen una estrecha relación con la radiación solar, la nubosidad, la insolación, etc.

Asimismo, intervienen en la difusión de contaminantes una serie de parámetros superficiales representativos del tipo de uso del suelo del área de estudio considerada. Estos son:

- Rugosidad superficial
- Ratio Bowen
- Albedo

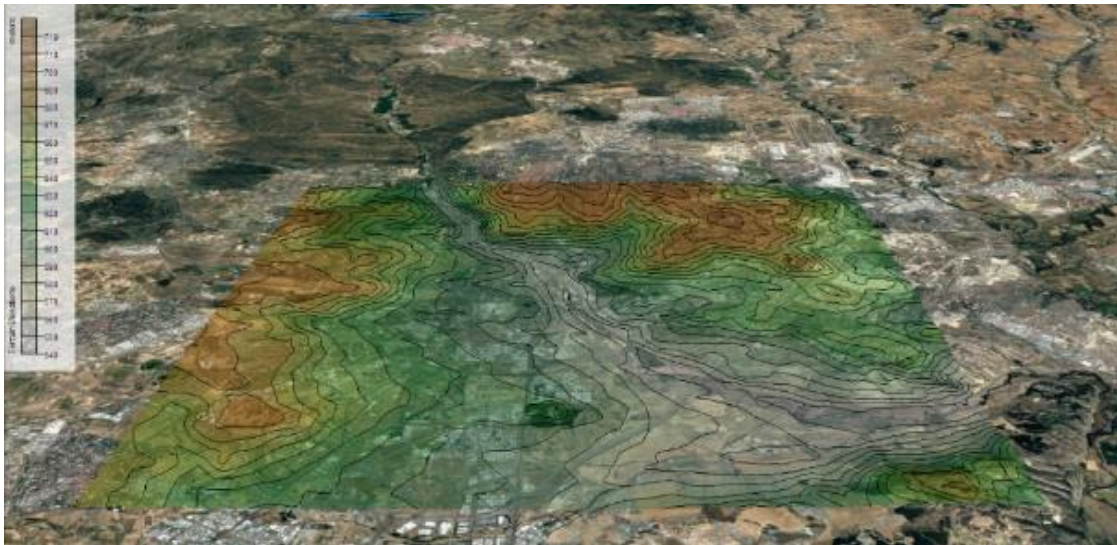


Figura 6.2.1.2. Representación del relieve de la zona utilizado en la modelización de la EDAR China



Figura 6.2.1.3. Representación del relieve de la zona utilizado en la modelización de la EDAR Butarque



Figura 6.2.1.4. Representación del relieve de la zona utilizado en la modelización de la EDAR Sur

Para la caracterización meteorológica de las zonas afectadas, se ha realizado una simulación utilizando el periodo de datos meteorológicos del periodo 01/01/2017 - 31/12/2017. En la siguiente figura se presenta la rosa de los vientos (año 2017) calculada para la ubicación de la calculada para las EDARs China. Butarque y Sur, obtenida del fichero de salida del CALMET, así como la distribución de ocurrencias de clases de velocidad de vientos.

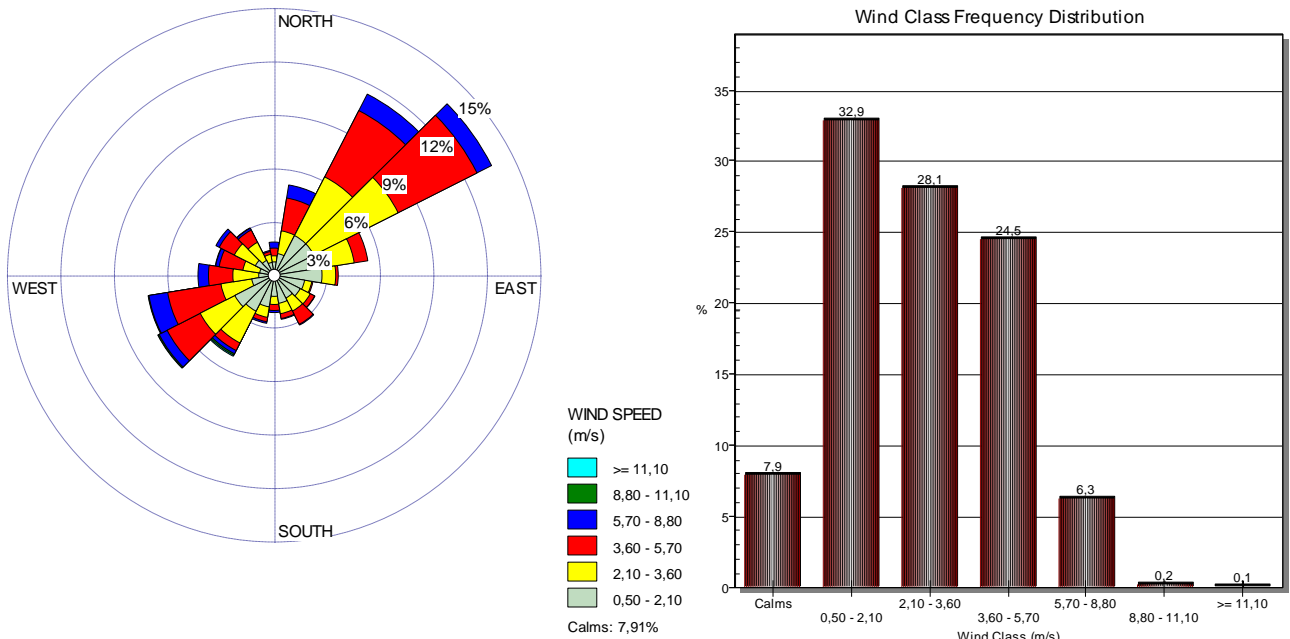


Figura 6.2.1.5. Rosa de los vientos y porcentajes de ocurrencias por clases de velocidades de viento correspondiente al periodo 01-01-2017 al 31-12-2017 para la EDAR China.

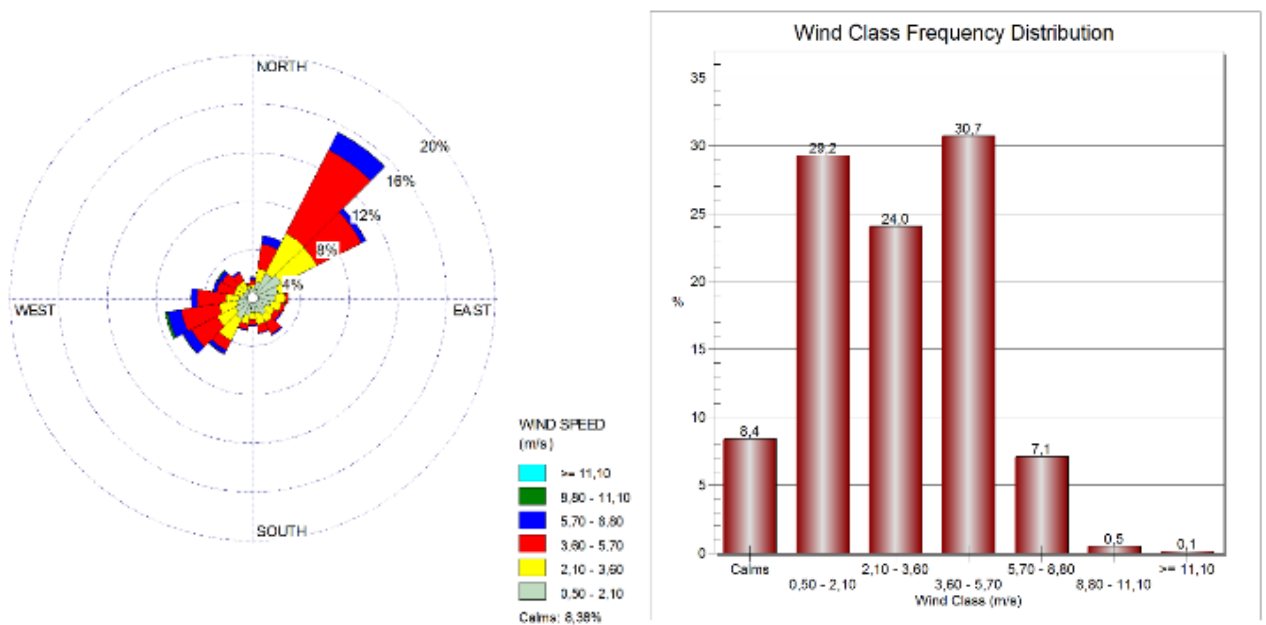


Figura 6.2.1.6. Rosa de los vientos y porcentajes de ocurrencias por clases de velocidades de vientos correspondiente al periodo 01-01-2017 al 31-12-2017 para la EDAR Butarque.

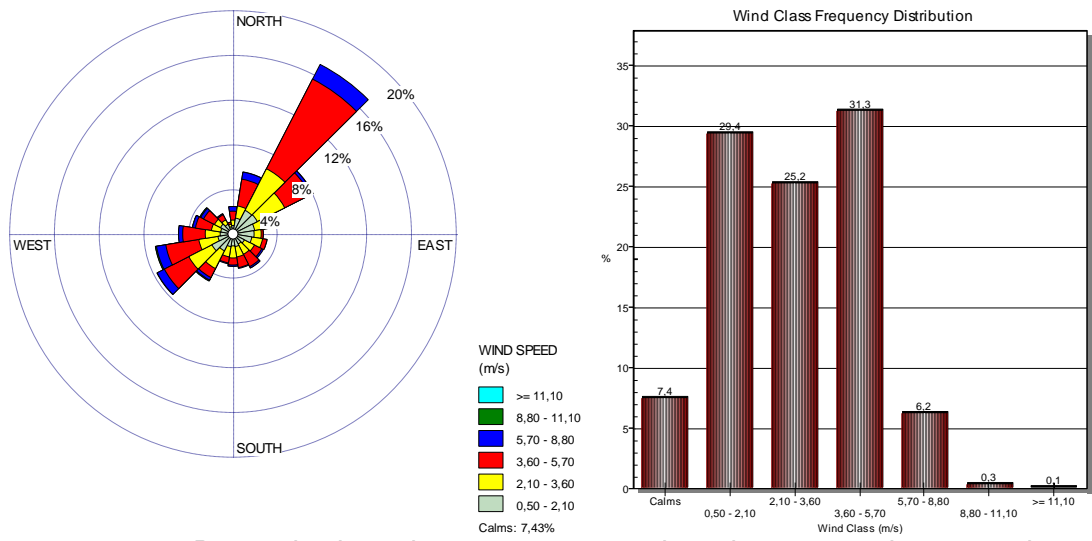


Figura 6.2.1.7. Rosa de los vientos y porcentajes de ocurrencias por clases de velocidades de vientos correspondiente al periodo 01-01-2017 al 31-12-2017 para la EDAR Sur.

En las figuras 6.2.1.8.- 6.2.1.10, se presenta una foto aérea de la EDAR y su entorno con la rosa de los vientos de la zona.



Figura 6.2.1.8. Rosa de los vientos correspondiente al año 2017, superpuesta sobre la EDAR China.



Figura 6.2.1.9. Rosa de los vientos correspondiente al año 2017, superpuesta sobre la EDAR Butarque.

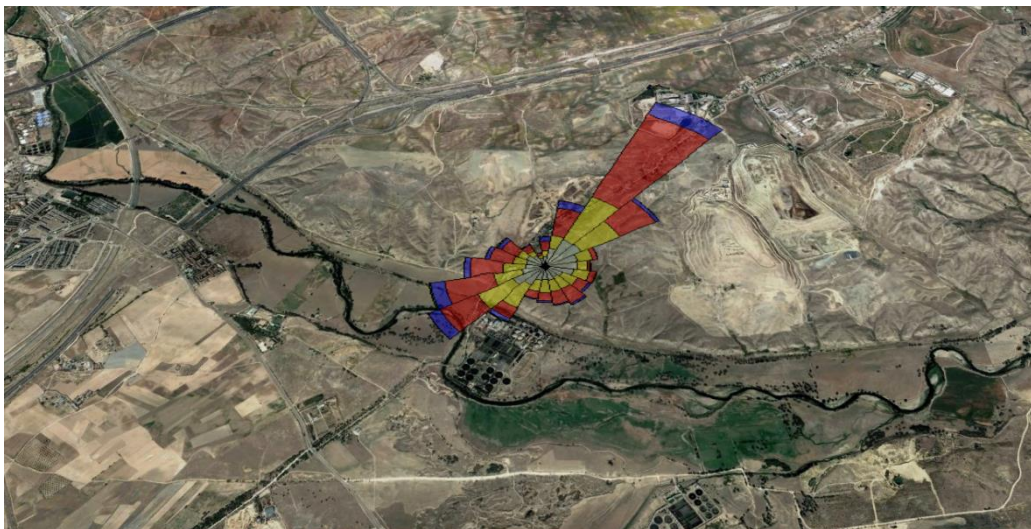


Figura 6.2.1.10. Rosa de los vientos correspondiente al año 2017, superpuesta sobre la EDAR Sur.

Las figuras 6.2.1.11. a 6.2.1.13., son una muestra del campo de vientos generado por CALMET en la zona objeto de estudio, para cada uno de los puntos de la malla, en los diferentes niveles de altura, se obtiene un valor de dirección y velocidad del viento. CALMET proporciona una modelización en tres dimensiones del campo de vientos.

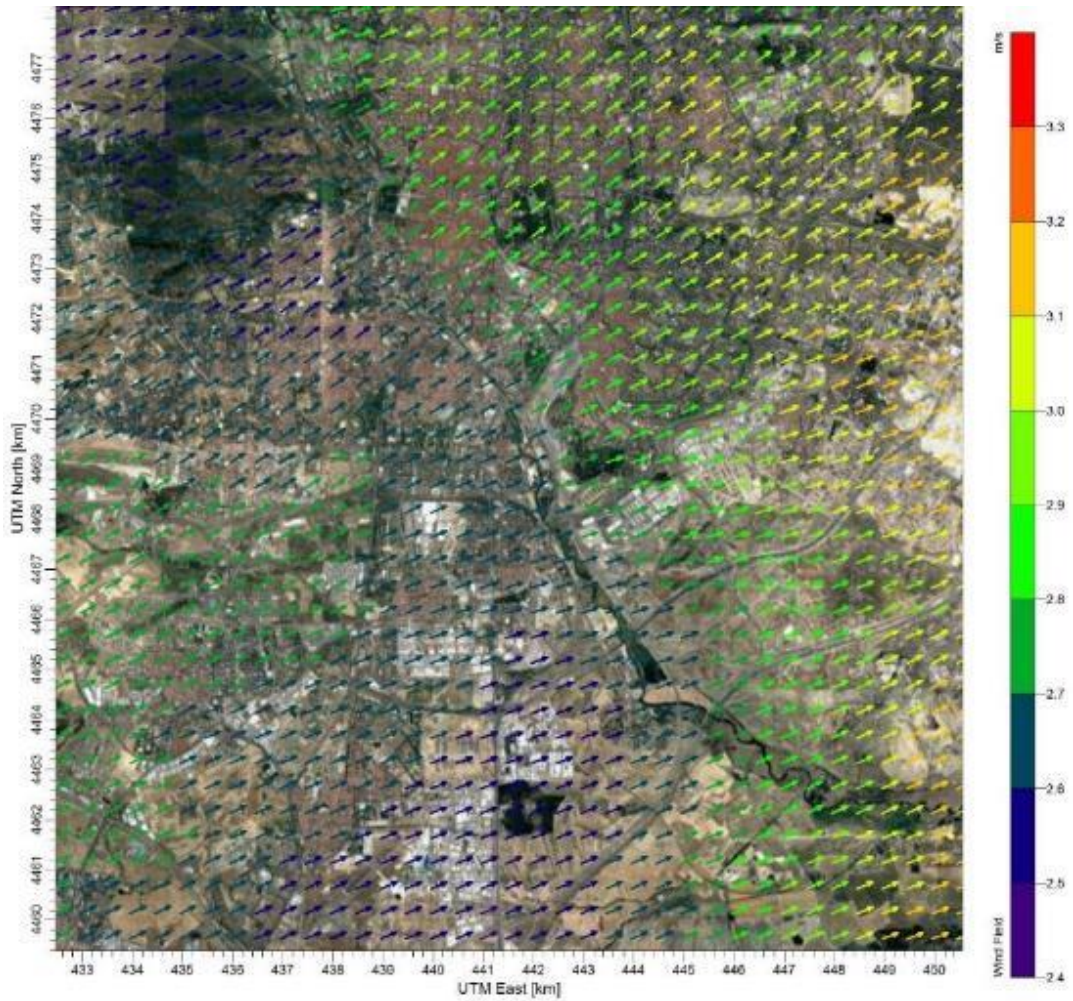


Figura 6.2.1.11. Campo de vientos a 10 m de altura a las 15:00 h del 02/08/2017 para la EDAR China.



Figura 6.2.1.12. Campo de vientos a 10 m de altura a las 12:00 h del 19/03/2017 para la EDAR Butarque.

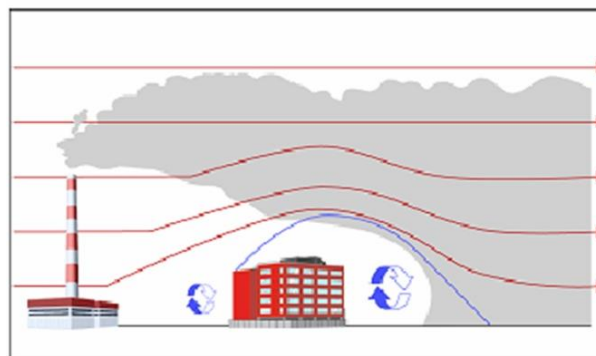


Figura 6.2.1.13. Campo de vientos a 10 m de altura a las 20:00 h del 27/10/2017 para la EDAR Sur.

6.2.2. DATOS DE LAS FUENTES DE EMISIÓN

La emisión de olor de cada fuente considerada, en $10^6 \cdot u_{oE}/h$, se introduce en un módulo tipo base de datos definido en el modelo, en donde se identifica el nombre de la fuente, el tipo de contaminante emitido (olores), la altura de emisión, velocidad de salida en fuentes puntuales (m/s), diámetro de salida en fuentes puntuales (m), dimensiones en fuentes superficiales (m^2), y coordenadas x,y de la fuente.

También se han introducido las dimensiones y localización de los edificios cercanos que puedan producir en el fenómeno denominado “building downwash”. Se calculan los efectos de inversión del flujo por presencia de edificios cercanos a la fuente (building downwash) y las concentraciones en cavidades.



Figuras 6.2.2.2. Módulo “Building” de entrada de datos de edificios y esquema del fenómeno building downwash.

En la tabla 6.2.2. se resumen los focos de emisión de olor y sus emisiones calculadas, que se han introducido en el modelo de dispersión para cada una de las EDARs.

Tabla 6.2.2. Datos básicos para la modelización de la inmisión de olor.

Foco de emisión	Emisión (10 ⁶ uo _E /h)	Diámetro chimenea salida (m)	Velocidad salida (m/s)	Altura de emisión (m)
EDAR China				
Biotrickling	19,04			
Biofiltro avanzado	7,35			
EDAR Butarque				
Desod. Pretratamiento	186,6			
Desod. Dec. Lamelar	207,5			
Biotrickling	7,67			
Biofiltro avanzado	18,72			
EDAR Sur				
R. Biológico Anóxica	491,4			0
R. Biológico Aerobia	289,9			0
Decantación secundaria	34,12			0
Biotrickling	150,53			
Biofiltro Avanzado	16,84			

6.2.3. DATOS DE LOS RECEPTORES

Se definen como receptores aquellos puntos donde se va a calcular la concentración de contaminantes a nivel del suelo. Se obtienen como una malla creada en el entorno de los focos de emisión. Para el presente estudio, para el caso de EDAR Butarque, se ha creado un “computational grid” de 20 x 20 Km con un “sampling grid” de 11 x 11 Km con un factor 2 de anidamiento y con una separación aproximada de 200 metros entre cada punto de cálculo.

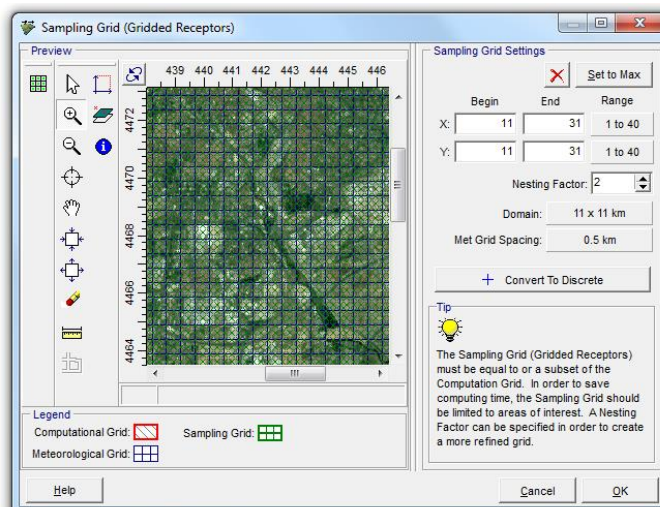


Figura 6.2.3. Ejemplo del Módulo “Receptor” de definición de la malla de receptores

6.2.4. DATOS DE SALIDA

Las concentraciones de inmisión en el entorno se expresan en uo_E/m^3 y los resultados son representados mediante las líneas isodoras formadas por puntos de igual concentración de olor, estableciendo para cada una de ellas el percentil para el que se define sobre un mapa de las depuradoras y su entorno.

En las siguientes figuras se han representado las isodoras correspondientes en las unidades uo_E/m^3 percentil 98 obtenidas en la modelización de la inmisión de olor procedente de cada una de las futuras depuradoras.

- **Modelización de la futura EDAR China** (figuras 6.2.4.1. y 6.2.4.2.). Representación de las isodoras 3, 5 y 7 uo_E/m^3 percentil 98.
- **Modelización de la futura EDAR Butarque** (figuras 6.2.4.3. y 6.2.4.4.). Representación de las isodoras 3, 5 y 7 uo_E/m^3 percentil 98.
- **Modelización de la futura EDAR Sur** (figuras 6.2.4.5. y 6.2.4.6.). Representación de las isodoras 3, 5 y 7 uo_E/m^3 percentil 98.

Nota: Para el caso de la EDAR China, las isodoras 3, 5 y 7 no inciden en el entorno y como referencia se han representado las isodora 0.15 uo_E/m^3 percentil 98



Figura 6.2.4.1. Modelización de la futura EDAR China. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m³ percentil 98. Representación sobre ortofotografía.



Figura 6.2.4.2. Modelización de la futura EDAR China. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m^3 percentil 98. Representación sobre **ortofotografía en 3D**

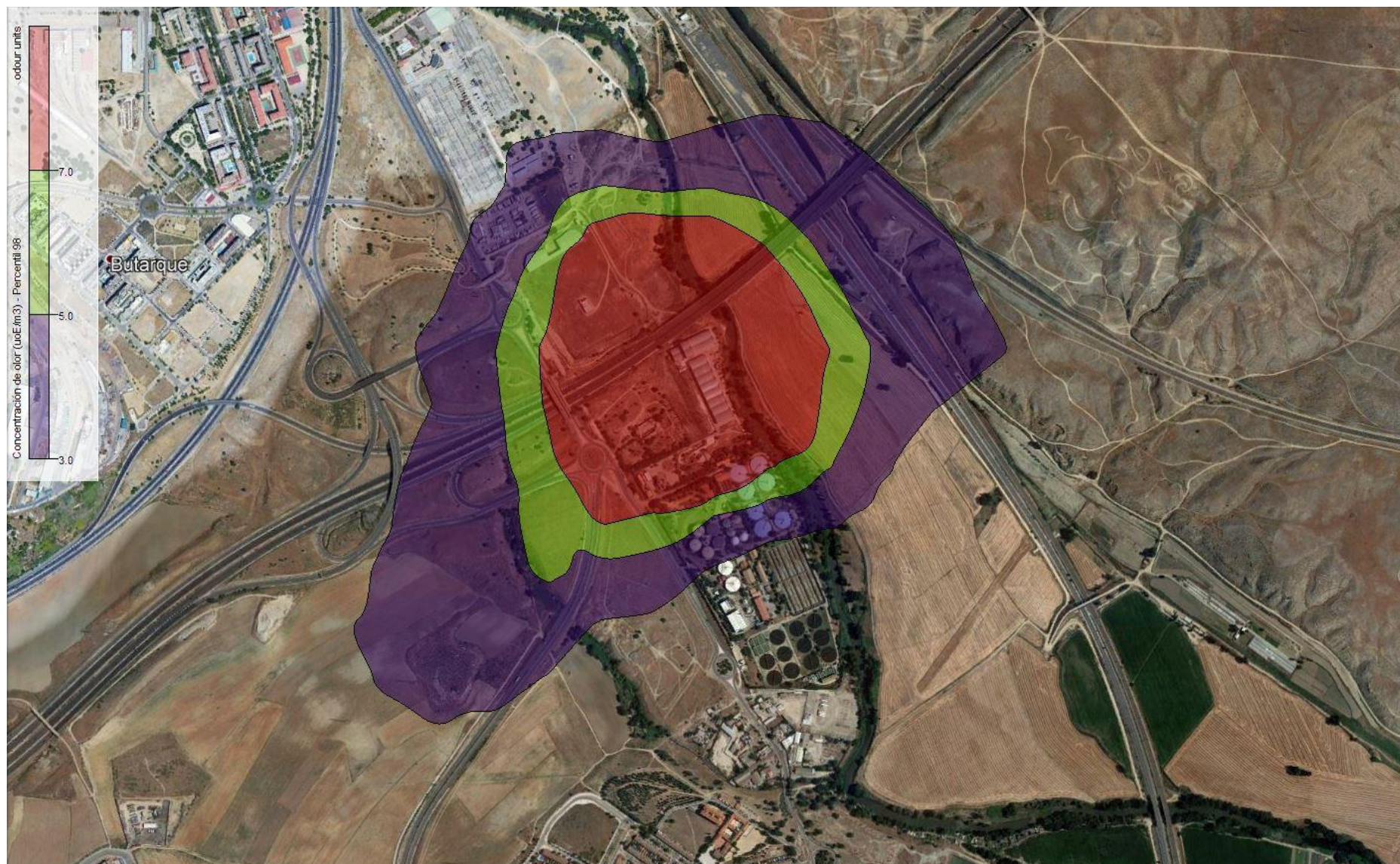


Figura 6.2.4.3. Modelización de la futura EDAR Butarque. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m^3 percentil 98. Representación sobre ortofotografía.

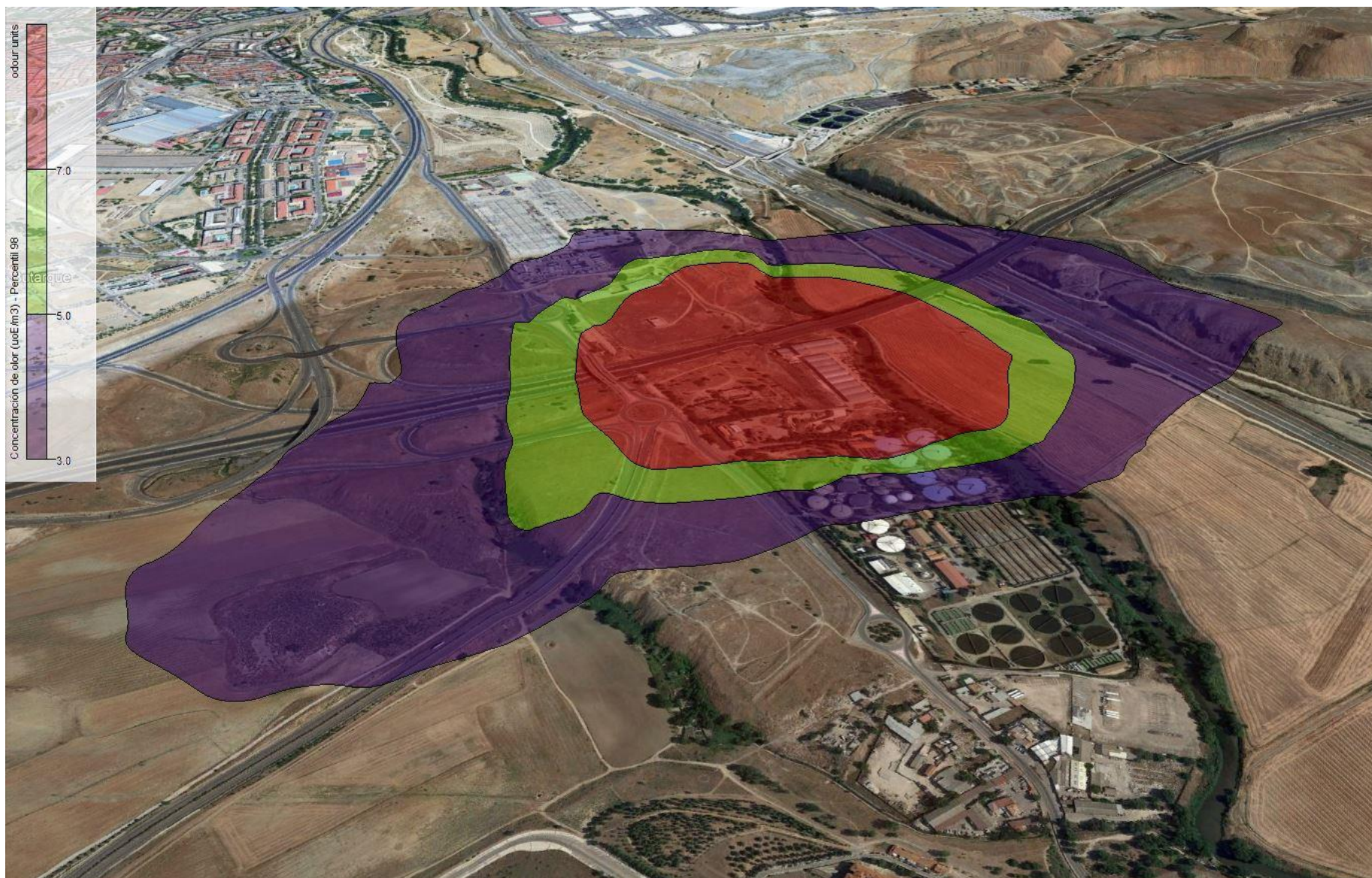


Figura 6.2.4.4. Modelización de la futura EDAR Butarque. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m³ percentil 98. Representación sobre ortofotografía en 3D

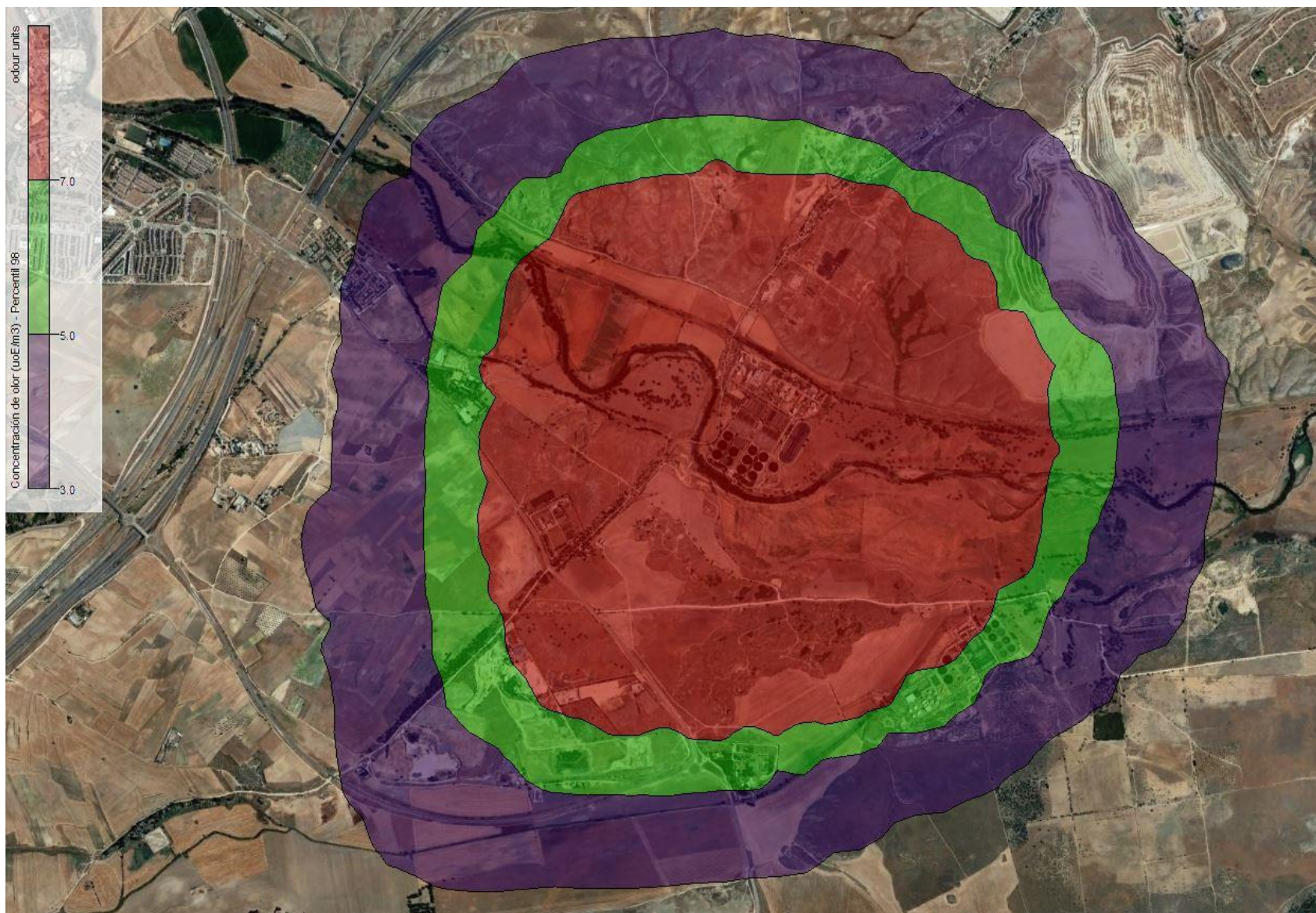


Figura 6.2.4.5. Modelización de la futura EDAR Sur. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m³ percentil 98. Representación sobre ortofotografía.

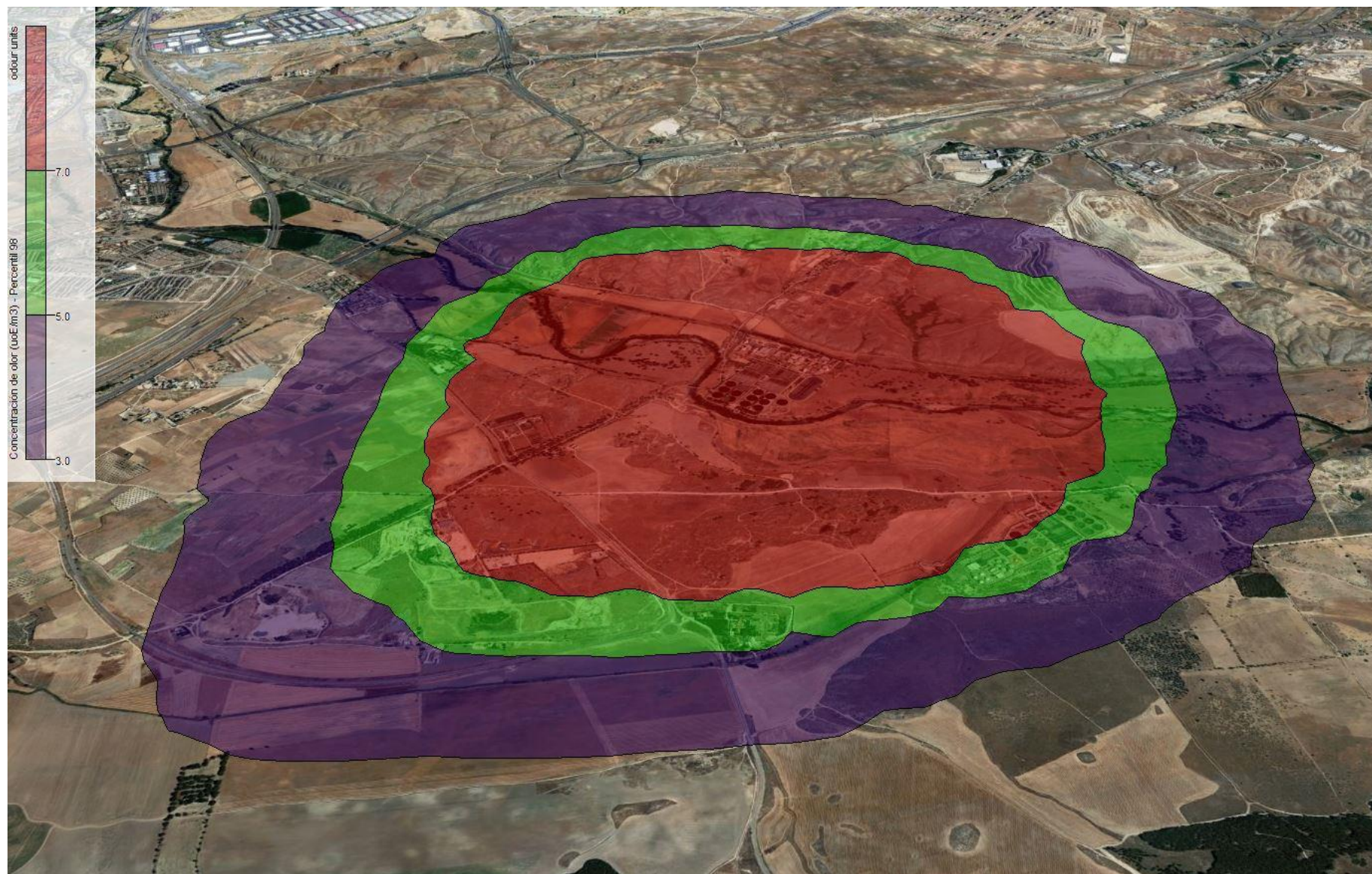


Figura 6.2.4.6. Modelización de la futura EDAR Sur. Isodoras 3, 5 y 7 uoE/m³ percentil 98. Representación sobre ortofotografía en 3D

7. INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS Y CONCLUSIONES

7.1. MOLESTIAS DE OLORES CAUSADAS EN EL ENTORNO.

La evaluación de los olores percibidos en el entorno depende de varios factores. Por ejemplo, las molestias y, por tanto, las quejas por malos olores procedentes de la población no solo dependen de la duración de la exposición a los olores, y del tipo de olor percibido (que sea más o menos agradable), sino también de las características olfativas de cada persona y del entorno en el que se encuentra (agrícola-ganadero o netamente urbano). Por tanto, la relación entre la concentración de olor en el ambiente y las molestias entre la población no puede ser unívocamente determinada.

Existe numerosa legislación internacional dirigida a solucionar el problema de la contaminación ambiental por olores. En Europa los países con una normativa más avanzada son Holanda, Alemania y el Reino Unido. En países de Asia con mucha densidad de población como Japón, China o Singapur existe legislación desde hace varias decenas de años. En Japón se introdujo en 1971 la ley de control de los olores ofensivos, corregida en 1995. En España, el anteproyecto de ley contra la contaminación odorífera de Cataluña que actualmente se encuentra en fase borrador y parado su proceso de aprobación. El Gobierno de Canarias tiene previsto aprobar un proyecto de decreto de protección de la atmósfera de Canarias en el que se ha incorporado la contaminación ambiental por olores y se regula con valores límite en inmisión

Nota: En el anexo I se incluye referencias de legislaciones más destacadas en materia de olores y niveles guía.

7.1.1. MOLESTIAS DE OLORES CAUSADAS EN EL ENTORNO DE LA FUTURA EDAR CHINA

Actualmente y de acuerdo con lo recogido en el Anexo I de la Resolución de la Dirección General de Evaluación Ambiental por la que se otorga la Autorización Administrativa a la EDAR La China se establece el valor objetivo de concentración de olor **en inmisión de 7 uo_E/m^3 percentil 98** para la interpretación de los resultados obtenidos en la modelización de la dispersión de olores y la valoración del impacto en los alrededores. **Se entiende que cuando la nueva EDAR China entre en funcionamiento seguirá aplicando el mismo valor de interpretación.**

Como referencia se han representado adicionalmente las curvas isodoras 0.15 y 0.3 uo_E/m^3 percentil 98.

Como se puede ver de las figuras 6.2.4.1. a 6.2.4.2 de salida del modelo de dispersión atmosférica, **la curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 no aparece como resultado de la modelización, la concentración de olor más elevada en inmisión es de 0,3 uo_E/m^3 , por tanto, la curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 no incide en los alrededores.**

7.1.2. MOLESTIAS DE OLORES CAUSADAS EN EL ENTORNO DE LA FUTURA EDAR BUTARQUE

Actualmente y de acuerdo con lo recogido en el Anexo I de la Resolución de la Dirección General de Evaluación Ambiental por la que se otorga la Autorización Administrativa a la EDAR Butarque se establece el valor objetivo de concentración de olor **en inmisión de 7 uo_E/m^3 percentil 98** para la interpretación de los resultados obtenidos en la modelización de la dispersión de olores y la valoración del impacto en los alrededores. **Se entiende que cuando la nueva EDAR Butarque entre en funcionamiento seguirá aplicando el mismo valor de interpretación.**

Como referencia se han representado adicionalmente las curvas isodoras 3 y 5 uo_E/m^3 percentil 98.

Como se puede ver de las figuras 6.2.4.3. a 6.2.4.4 de salida del modelo de dispersión atmosférica, **la curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 incide a 350 metros en dirección noroeste al perímetro de la futura instalación, 250 metros en dirección noreste y a 125 metros en dirección oeste. La curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 no alcanza núcleos de población urbanos.**

7.1.3. MOLESTIAS DE OLORES CAUSADAS EN EL ENTORNO DE LA FUTURA EDAR SUR

Para la EDAR Sur, se ha considerado aplicar el mismo valor en inmisión de **7 uo_E/m^3 percentil 98** establecido por la Dirección General de Evaluación Ambiental a las EDAR China y Butarque, para la interpretación de los resultados obtenidos en la modelización de la dispersión de olores y la valoración del impacto en los alrededores.

Como referencia se han representado adicionalmente las curvas isodoras 3 y 5 uo_E/m^3 percentil 98.

Como se puede ver de las figuras 6.2.4.5. a 6.2.4.6 de salida del modelo de dispersión atmosférica, **la curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 incide en un radio de 1.500 metros alrededor del perímetro de la instalación. La curva 7 uo_E/m^3 percentil 98 no alcanza núcleos de población cercanos.**

El mayor radio de alcance de las curvas isodoras de la futura EDAR Sur respecto a las futuras EDAR China y Butarque es debido a la gran superficie de exposición que tienen los reactores biológicos y la decantación secundaria que están proyectadas sin cubrición.

ANEXO I
REFERENCIAS MÁS DESTACADAS DE LEGISLACIÓN EN
MATERIA DE OLORES

Valores de referencia

I.1. Legislación holandesa (Netherlands Emission Guidelines for Air).

La actual política holandesa sobre malos olores (*Netherlands Emission Guidelines for Air* publicado en el año 2000 y revisado en el 2003) se resume en los siguientes puntos:

- No se requieren medidas de minimización de olores en una instalación generadora si no existen molestias por malos olores en la población vecina.
- Si existen molestias por malos olores, y se demuestra mediante un estudio olfatómico que la actividad en cuestión es la causante de los mismos, ésta tiene que reducir sus emisiones de olores aplicando medidas que sean técnico-económicamente razonables.
- Efectivamente, la magnitud de las molestias por malos olores puede determinarse realizando un estudio de olores que incluya estudios olfatómicos, investigación de campo mediante panelista, revisión de los registros de quejas recibidas (tanto a nivel propio como en las diferentes administraciones, Municipios, Diputaciones Provinciales, etc.).
- La licencia de funcionamiento de una determinada actividad especifica el nivel de molestia por malos olores que es aceptable en su entorno particular.

Como se comentó anteriormente, la relación “concentración de olor en inmisión-molestias en la población” no es directa ya que depende de diversos factores: la duración a la exposición, tipo de olor, características olfativas de cada persona, entorno social, etc. Como consecuencia, en cada caso particular se establecen los límites de inmisión de olor en la licencia de funcionamiento, los cuales pueden diferir ligeramente con respecto a otros emplazamientos.

Las licencias de funcionamiento, en lo que a actividades que generan malos olores se refiere, tienen en cuenta el tipo de actividad industrial tal como sigue:

- Categoría 1: actividades industriales pertenecientes a sectores homogéneos con similares emisiones de olores en cada sector:
 - Productos derivados de la patata
 - Industrias cárnicas
 - Instalaciones de secado de piensos o forrajes
 - Producción de comidas para animales
 - Producción de galletas
 - Producción de chocolates y cacao
 - Tostado de café
 - Industrias lácteas
 - Panificadoras
 - Producción y embotellado de bebidas
 - Fabricación de aromas, especias y fragancias
 - Fabricación de asfaltos
 - Depuradoras de aguas residuales
 - Plantas de compostaje
 - Fabricación de cuero
- Categoría 2: actividades industriales de relativa entidad, con emisiones de olores características y diferentes de unas instalaciones a otras dentro de un mismo sector. En estos casos, las licencias de funcionamiento se establecen de forma individualizada para cada empresa, incluyendo medidas de reducción de olores específicas.
- Categoría 3: Complejos y polígonos industriales, con plantas de producción de

diferentes sectores de actividad, como pueden ser los complejos químicos. En estos casos se precisan estudios de olores con amplios períodos de toma de muestras y de recogida de datos meteorológicos.

Las competencias reglamentarias, de inspección y sanción recaen directamente en los municipios al considerarse circunscrita la problemática de olores en el ámbito local. Cada municipio puede determinar el nivel de olor aceptable en una determinada zona en base a:

- número de quejas de la población por malos olores
- técnicas que razonablemente se pueden aplicar (desde el punto de vista técnico-económico) para reducir las emisiones de olores de las actividades clasificadas presentes en la zona.

En la tabla I.1., se presentan los niveles guía máximos para las actividades de la categoría 1.

Tabla I.1. Niveles guía máximos para las actividades de la Categoría 1, de la Netherlands Emission Guidelines for Air.

ACTIVIDAD	NIVELES MÁXIMOS DE INMISIÓN	
PRODUCCIÓN DE COMIDA PARA ANIMALES	<ul style="list-style-type: none"> 1 uo_E/m³ percentil 98 en áreas de alta densidad de población. 1 uo_E/m³ percentil 95 en áreas con casas dispersas. 	
INSTALACIONES DE SECADO DE PIENSOS O FORRAJES	<ul style="list-style-type: none"> 2,5 uo_E/m³ percentil 98 en áreas habitadas 	
PANIFICADORAS	<ul style="list-style-type: none"> No se ha incluido ninguna especificación numérica en niveles de olor. Observaciones: No se pudo establecer ninguna correlación clara entre las concentraciones actuales de olor y el porcentaje de personas que experimentan molestias de olor.	
PRODUCCIÓN DE GALLETAS Y PASTELERÍA	<ul style="list-style-type: none"> 5 uo_E/m³ percentil 98, en áreas construidas. Observaciones: Los resultados de las investigaciones realizadas indicaron que el 12 % de las quejas de personas por molestias de olor ocurrían a dicho nivel de concentración.	
INDUSTRIAS CÁRNICAS	Mataderos	<ul style="list-style-type: none"> 1,5 uo_E/m³ percentil 98, en áreas construidas. Entre 0,55-1,5 uo_E/m³ percentil 98, las administraciones competentes decidirán si se toman medidas de reducción, < 0,55 uo_E/m³ percentil 98, no será necesario tomar medidas.
	Producción de grasas animales	<ul style="list-style-type: none"> 2,5 uo_E/m³ percentil 98 en áreas construidas. Entre 0,95-2,5 uo_E/m³ percentil 98, las administraciones competentes decidirán si se toman medidas de reducción. < 0,95 uo_E/m³ percentil 98, no será necesario tomar medidas.
INDUSTRIAS DE TOSTADO DE CAFÉ	<ul style="list-style-type: none"> 3,5 uo_E/m³ percentil 98, para plantas en funcionamiento. Observaciones: Para nuevas instalaciones, el nivel aceptable será más bajo. Se recomienda que en las nuevas instalaciones se mantenga una distancia suficiente entre la tostadora de café y las viviendas.	
INDUSTRIAS DE PRODUCCIÓN DEL CACAO	Observaciones: No se ha establecido ninguna concentración sobre cual molestia de olor es inaceptable. Pero se ha recopilado una serie de medidas para limitar las molestias de olores.	
PRODUCCIÓN DE BEBIDAS (CERVECERÍAS)	<ul style="list-style-type: none"> 1,5 uo_E/m³ percentil 98, para plantas en proyecto. Para plantas en funcionamiento el nivel de inmisión de 1,5 uo_E/m³ percentil 98, se ha fijado como un nivel de "aviso". Observaciones: Para cervecerías con una capacidad de más de 200.000 hl/año	
PLANTAS DE COMPOSTAJE DE RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS	<ul style="list-style-type: none"> Concentración máxima de olor de 3 uo_E/m³ (percentil 98) en zonas habitadas para plantas en funcionamiento. Concentración máxima de olor de 1,5 uo_E/m³ (percentil 98) en zonas habitadas, para plantas en proyecto. 	
DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES	Plantas en funcionamiento	<ul style="list-style-type: none"> Concentración máxima de olor de 1,5 uo_E/m³ (percentil 98) en los alrededores (población urbana). Concentración máxima de olor de 3,5 uo_E/m³ (percentil 98) en los alrededores (casas dispersas).
	Plantas en proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Concentración máxima de olor de 1 uo_E/m³ (percentil 98) en los alrededores (casas dispersas). Concentración máxima de olor de 0,5 uo_E/m³ (percentil 98) en los alrededores (población urbana).
INDUSTRIAS DEL PROCESO DE LA PATATA	<ul style="list-style-type: none"> No se ha incluido ninguna especificación numérica en niveles de olor. 	
FABRICACIÓN DE CUERO		
FABRICACIÓN DE AROMAS, ESPECIAS, FRAGANCIAS	Plantas funcionamiento en	<ul style="list-style-type: none"> 3,5 uo_E/m³ percentil 98, en áreas construidas. Entre 3,5-2 uo_E/m³ percentil 98, las administraciones competentes decidirán si se toman medidas de reducción. < 2 uo_E/m³ percentil 98, no será necesario tomar medidas.
	Plantas en proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Concentración máxima de olor de 2 uo_E/m³ (percentil 98).

Otras referencias destacadas en cuanto a niveles guía son:

- **I.2.** - El documento "**H4 Odour Management. How to comply with your Environmental Permit**", publicado por la Agencia de Medio Ambiente de Reino Unido en el año 2011. En la tabla I.2., se presentan los niveles guía que se establecen en este documento, resultado de estudios de población dosis-efecto que se llevaron a cabo en el Reino Unido. Estos resultados son consistentes con los obtenidos en los estudios de población que se habían realizado anteriormente en Holanda y Alemania. Los niveles guía se relacionan en función del tipo de actividad emisora y la "ofensividad" del olor.

Tabla I.2. Criterios indicativos de la exposición del olor para concentraciones en inmisión

ACTIVIDAD	Relación de "ofensividad" del olor	CRITERIO INDICATIVO DE INMISIÓN (Percentil 98 de las medias horarias a lo largo de un año)
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades que involucren basura putrescible (vertederos) • Procesos que involucren a restos de animales y pescados • Tratamiento de aguas residuales y procesamiento de lodos 	ALTA	1,5 uo_E/m³
<ul style="list-style-type: none"> • Procesamiento de grasas y aceites (procesamiento de alimentos) • Compostaje de residuos verdes • Procesos de la remolacha • Ganadería intensiva 	MEDIA	3 uo_E/m³
<ul style="list-style-type: none"> • Cervecerías. • Confiterías. • Tostado de café. • Panaderías 	BAJA	6 uo_E/m³

- **I.3. “Proyecto de decreto de protección de la atmósfera de Canarias”**

En el capítulo II del citado proyecto de decreto, **artículo 5, Clasificación de las actividades generadoras de olor**, se establece lo siguiente:

1. *Las actividades generadoras de olor se clasifican en las siguientes categorías*
 - *Categoría 1. Nivel de molestia alto*
 - *Categoría 2. Nivel de molestia medio*
 - *Categoría 3. Nivel de molestia bajo*
2. *Por categorías, se consideran actividades generadoras de olor las siguientes:*

ACTIVIDAD	CATEGORÍA
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de gestión de residuos susceptibles de generar olores desagradables • Aprovechamiento de subproductos de origen animal • Procesos que involucren a restos de animales y pescados • Mataderos • Fabricación de pasta de papel • Refino de petróleo • Tratamiento de aguas residuales e instalaciones accesorias 	1
<ul style="list-style-type: none"> • Procesado de carne. • Procesos de comida para engorde. • Ganadería intensiva. • Ahumado de alimentos. • Tratamiento de productos orgánicos. • Refinado de aceite. • Procesos lácteos. • Procesamiento de grasas y aceites. • Almacenamiento de productos petrolíferos. • Producción de aromas y fragancias. • Fabricación de cerveza. • Producción de comidas para animales. • Industria tabaquera 	2
ACTIVIDAD	CATEGORÍA
<ul style="list-style-type: none"> • Fabricación de chocolate o cacao. • Fabricación industrial de pan, masas diversas o galletas. • Confiterías. • Secado de productos vegetales. • Tostación o torrefacción de café 	3

3. *La categoría de una actividad generadora de olor podrá modificarse de forma motivada mediante orden de la consejería competente en materia de medio ambiente, en función de su potencial generador de olor o de las molestias que pudiera producir.*
4. *Las actividades generadoras de olor no incluidas en las categorías anteriores podrán clasificarse mediante orden de la consejería competente en materia de medio ambiente en la categoría que corresponda, en función del nivel de molestia y por analogía con las actividades categorizadas*

En el capítulo III, Prevención de la Contaminación Atmosférica, en el artículo 15, **valores objetivo**, se establece lo siguiente:

Se establecen los siguientes valores objetivo de inmisión de olor por categorías para las actividades generadoras de olor:

- Categoría 1: 3 uo_E/m³
- Categoría 2: 6 uo_E/m³
- Categoría 3: 9 uo_E/m³

Estos valores objetivo están referidos al percentil 98 de las medias horarias de la concentración de olor a lo largo de un año natural

- **I.4. "Borrador de ante proyecto de Ley contra la contaminación odorifera" de la Generalitat de Catalunya, de febrero de 2.010**

Artículo 1. Objeto

Regular las medidas necesarias para prevenir y corregir las molestias por olores generadas por determinadas actividades e infraestructuras en zonas sensibles.

Artículo 3. Ámbito de aplicación

Quedan sometidas a esta Ley las actividades e infraestructuras con potencial incidencia olfativa en el entorno, relacionadas con el anexo I

Anexo 1 de l'esborrany de llei. Actividades y prácticas incluidas en el ámbito de aplicación de la ley

Grupo A: Actividades incluidas en los anexos de la Ley 3/1998, de 27 de febrero.

- Gestores de residuos: Plantas de compostaje, Valorización de residuos orgánicos, Plantas de tratamiento de residuos y fracción resto, etc.
- Instalaciones ganaderas destinadas a la cría intensiva.
- Industria Química.
- Refinerías de petróleo y de gas.
- Agroalimentaria: Aprovechamiento de subproductos de origen animal, Mataderos, Procesamiento de la carne, Cervecerías, Secado de cereales, Hornos industriales de pan, Tueste/procesado de café o cacao, etc.
- Fábricas de pasta de papel
- Otros

Grupo B. Actividades clasificadas en el anexo II, de acuerdo con la Ley de Prevención y Control Ambiental de las actividades.

- B1: Actividades que quedan dentro del ámbito de competencia de la Generalitat.
- B2: Actividades que quedan dentro del ámbito de competencia del Ayuntamiento.

Grupo C. Infraestructuras no incluidas en los apartados anteriores con potencial incidencia por olores en el entorno.

En la tabla I.4., se presentan los valores objetivos de inmisión de olor, incluidos en el anexo 3 del borrador de anteproyecto de ley, para cada actividad.

Tabla I.4. Valores objetivo de inmisión de olor generados por cada actividad.

ACTIVIDAD	VALOR OBJETIVO DE INMISIÓN (Percentil 98 de las medias horarias a lo largo de un año)
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades de gestores de residuos • Aprovechamiento de subproductos de origen animal • Destilación de productos de origen vegetal y animal • Mataderos • Fabricación de pasta de papel • Otras actividades asimilables 	3 uo_E/m³
<ul style="list-style-type: none"> • Actividades ganaderas • Procesado de carne • Ahumado de alimentos • Aprovechamiento de subproductos de origen vegetal • Tratamiento de productos orgánicos • Sistemas de Tratamiento de Aguas Residuales. • Otras actividades asimilables 	5 uo_E/m³
<ul style="list-style-type: none"> • Instalaciones de tueste/procesado de café o cacao • Hornos de pan, pastelerías y galletas. • Cervecerías. • Producción de aromas y fragancias. • Secado de productos vegetales. • Otras actividades asimilables 	7 uo_E/m³

ANEXO II
LA OLFATOMETRÍA: DESCRIPCIÓN Y METODOLOGÍA

DESCRIPCIÓN DE LA OLFATOMETRÍA

Los malos olores generados por diversas fuentes representan un problema medioambiental y son el origen de numerosas quejas entre la población. Aún en el caso de que las sustancias olorosas emitidas no posean ningún efecto perjudicial para la salud, las molestias causadas por los malos olores pueden constituir un serio problema que necesita ser evaluado, investigado en sus causas y solucionado para responder a las quejas de la sociedad.

Sin embargo, a la hora de enfrentarse a las molestias producidas por los malos olores surgen una serie de dificultades que pueden complicar la evaluación objetiva de dichas molestias. En primer lugar, está el hecho que la percepción del olor es diferente para cada persona, tanto cuantitativamente (capacidad olfativa), como cualitativamente (subjetividad de la percepción).

Por otra parte, los olores pueden estar causados por sustancias o compuestos que se encuentran en una proporción ínfima dentro de una mezcla de gases, de tal manera que puede ser muy difícil y costoso identificarlos y, por lo general, no existen reglas fijas que permitan relacionar la concentración de una materia olorosa en una mezcla con el olor resultante de la misma.

A pesar de estas dificultades, distintos países como Estados Unidos, Holanda, Reino Unido, Alemania, Francia y Dinamarca han procedido o están procediendo a elaborar normas para definir metodologías que permitan cuantificar de manera objetiva la emisión de olores, así como relacionar dichas emisiones con el grado de molestia que causan en el entorno. La mayoría de estos países han optado por aplicar métodos olfatométricos.

El interés por la olfatometría dinámica en el ámbito europeo llevó a la elaboración de una norma europea UNE-EN 13725 "Air quality - Determination of odour concentration by dynamic olfactometry" basado en la norma holandesa NVN 2820 y a su validación mediante la realización de ejercicios de intercomparación entre distintos países europeos.

En resumen, la olfatometría es una técnica de toma de muestras y análisis de olores que, unida al desarrollo de sistemas de modelización de la dispersión, permite evaluar las molestias producidas por malos olores y determinar el origen de las mismas. Los estudios olfatométricos constituyen una herramienta de gran utilidad para el control y reducción de los malos olores emitidos por distinto tipo de fuentes. Estos estudios permiten no sólo determinar el grado de molestia creado en el entorno, sino también identificar las fuentes de olor realmente importantes y adoptar sistemas eficaces de eliminación.

Un estudio de olores se basa en establecer una relación entre los posibles orígenes de los olores y su molestia para el entorno, mediante el seguimiento de los componentes olorosos durante su difusión alrededor de las fuentes generadoras. En este sentido, hay que distinguir tres aspectos diferentes que determinan los problemas causados por los focos emisores:

Generación: En general, como consecuencia de ciertos procesos industriales, ya sea por causa del proceso en sí o por tratamientos de los efluentes que provienen del proceso, se originan una serie de olores. Estos olores varían dependiendo de los procesos en sí y de las condiciones de los mismos. La mayor o menor intensidad del olor se mide, en olfatometría, a través de la concentración de olor producida por esa fuente, en unidades de olor por metro cúbico (uoE/m^3).

Emisión: Los olores generados con una determinada concentración son emitidos al exterior por cada una de las fuentes o focos de emisión. En general, la emisión de los olores está muy ligada al flujo de aire que emite el foco; y la forma en que se liberan dichos olores viene determinada, en gran medida, por la naturaleza de la fuente. En el caso de una emisión realizada por una chimenea, por ejemplo, la emisión total de olor dependerá en gran medida de la cantidad de aire/gas que se evacue al exterior de la industria. En el caso de olores generados por superficies de agua, la emisión dependerá de factores tales como grado de turbulencia, área de contacto agua-aire, cantidad de aire inyectado en unidades con aireación, etc. La emisión se mide como unidades de olor por unidad de tiempo (uo_E/h ; $uo_E/año$).

Inmisión: Los olores generados causan molestias en su entorno en función de varios factores, entre otros:

Factores climatológicos: dispersión, dirección y velocidad del viento, estabilidad atmosférica, temperatura, etc.

Factores locales: grado de exposición al viento, presencia de olores enmascarantes (como gases de escape de automóviles), etc.

Ubicación: zona residencial o industrial.

Las molestias causadas en la población están relacionadas con la concentración de olor en el entorno, así como la frecuencia con la que se superan unos ciertos límites de olor. Por ello, los resultados de los modelos de inmisión se representan mediante líneas isodoras, de concentraciones y percentiles dados, que determinan las áreas del entorno en las que se generan molestias.

De lo anteriormente expuesto se deduce que hay una diferencia entre la concentración de olor generada (la percibida por el personal de cada una de las plantas), y la inmisión de olor en el entorno (la percibida por la gente que vive en los alrededores de las plantas).

Por otra parte, un estudio olfatométrico permite distinguir claramente entre concentración de olores y emisión de los mismos a la atmósfera. En muchas ocasiones, fuentes con grandes concentraciones de olor, a priori siempre tachadas como causantes de molestias, pueden tener menor influencia sobre el entorno que otras fuentes de menor intensidad de olor pero de mayores dimensiones y, por tanto, responsables de molestias más acusadas en el entorno de la instalación. En este sentido, se pueden evaluar los efectos que cada unidad del proceso tiene sobre la emisión total de una instalación.

Otra gran ventaja de la olfatometría es que permite evaluar cuál es el área de influencia de la emisión de olores en el entorno y cómo contribuyen cada una de las fuentes individuales en su trazado. De igual manera se puede visualizar la repercusión de una posible medida correctora en la mejora de la situación de partida, gracias a la facilidad de simulación de los distintos escenarios que se pueden encontrar tras la implantación de dicha medida.

METODOLOGÍA DE LOS ESTUDIOS OLFATOMETRICOS

Para cumplir los objetivos descritos en el punto anterior, las fases de un estudio de olfatometría son las siguientes (ver figura 1):

- FASE I: Campaña de toma de muestras
- FASE II: Análisis de las muestras mediante el olfatómetro
- FASE III: Cálculo de las emisiones de olor de cada fuente
- FASE IV: Cálculo de los niveles de inmisión en el entorno
- FASE V: Conclusiones. Determinación de medidas correctoras

A continuación, se describe el contenido de cada una de las fases I, II y III, objeto del presente estudio.

Fase I: Campaña de toma de muestras

Elaboración del plan de toma de muestras

La identificación de las fuentes de olor relevantes de la planta se realiza en base a la experiencia y/o mediante una visita previa a la misma. Posteriormente se elabora el plan de toma de muestras, determinándose en qué puntos se deben tomar muestras y el calendario a seguir.

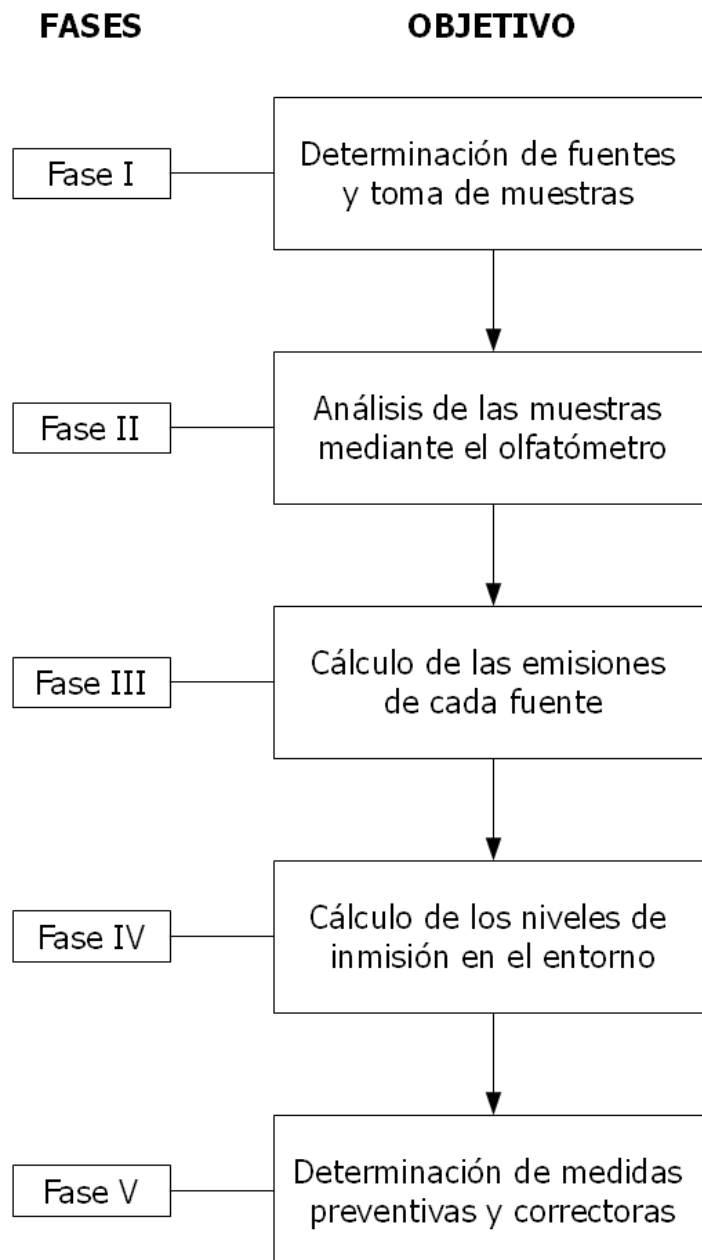
Toma de muestras

Para la toma de muestras se utiliza un equipo específicamente diseñado con ese fin. En realidad, el proceso de toma de muestras consiste en almacenar aire contaminado en bolsas de nalophan, un material especial que no absorbe olor, con el fin de que pueda ser transportado al laboratorio de olfatometría sin sufrir alteraciones para analizar la concentración de olor de cada muestra.

Básicamente, el equipo de muestreo consta de los siguientes elementos:

- Dilutor
- Cámara de vacío
- Bomba de vacío
- Botella de aire sintético comprimido
- Sonda toma-muestras
- Túnel de viento
- Ventilador
- Filtro de carbón activo
- Campana
- Bolsas “nalophane”
- Bidones para el transporte de las bolsas “nalophane”
- Accesorios

METODOLOGÍA DE UN ESTUDIO OLFATOMÉTRICO



En condiciones de humedad elevada, si las muestras de aire contaminado fueran almacenadas directamente en las bolsas nalophan se producirían condensaciones en el interior de las mismas, lo que conllevaría alteraciones en el olor de la muestra. Por otra parte, puede ocurrir que la concentración de olor de las muestras sea demasiado alta y quede fuera del rango de operación del olfatómetro. Para evitar esto, las muestras deben ser prediluidas en el momento en que son introducidas en las bolsas nalophan. Con este fin se utiliza el dilutor, que es el elemento central del equipo de muestreo y es el encargado de gobernar y controlar todo el proceso de llenado de las bolsas nalophan con muestras de aire oloroso.

A través del dilutor circulan dos flujos diferentes de aire (ver figura 2):

Aire sintético comprimido: Se conecta una botella de aire sintético comprimido al dilutor. Este aire sintético es utilizado para diluir la muestra de aire contaminado con olores que se extrae del conducto por el que circula el mismo. Por lo tanto, el aire sintético entra en el dilutor, y éste lo envía a la sonda que recoge el aire en la cantidad adecuada mediante el capilar crítico para conseguir una mezcla con la dilución que se haya fijado en el panel de control.

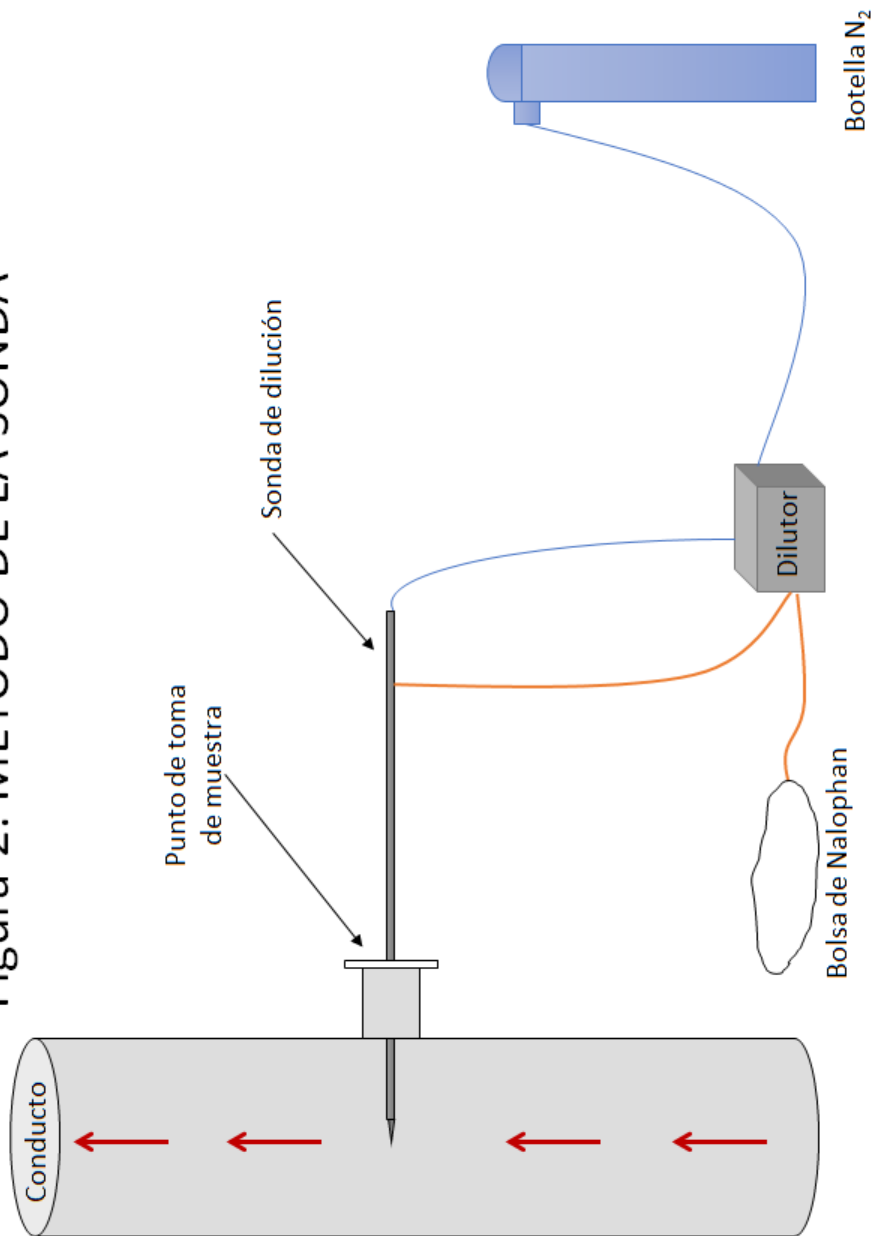
Muestra de aire oloroso: El aire del conducto, diluido a la concentración fijada por el dilutor, pasa a través de este último y se introduce en la bolsa.

La dilución del aire de la muestra con aire sintético inodoro se realiza en la misma sonda de muestreo mediante capilares críticos (existen capilares con diferentes secciones y, por tanto, diferentes caudales de succión), lo que evita que se produzcan condensaciones bien en la sonda, bien en el tubo que conecta la sonda a la bolsa nalophan. El principio del funcionamiento de los capilares críticos se basa en el “efecto VENTURI”, dependiendo la dilución obtenida de la presión de aire sintético inodoro inyectado a través del capilar, y del caudal que permite pasar el mismo.

El tiempo de toma de muestra, es decir, desde que empieza a entrar aire en la bolsa nalophan, hasta que se desconecta el proceso, depende de la capacidad de la bolsa tedlar ó nalophan que se utilice. Lo más común es utilizar bolsas de entre 5 a 80 litros (LABAQUA S.A. utiliza bolsas de 8 litros).

Aunque el tiempo de muestreo esté en torno a los 20 minutos, antes de estar en disposición de empezar a tomar muestras, hay que realizar una serie de trabajos que son laboriosos: instalar los equipos, conectarlos, estabilizar el dilutor, programarlo con los parámetros adecuados, etc. Esto implica que para tomar un par de muestras se tenga que emplear prácticamente media jornada, aunque varía mucho dependiendo de la dificultad de la muestra a tomar (método empleado, acceso fácil o difícil, etc.) y de la necesidad o no de mover los equipos de un sitio a otro.

Figura 2. MÉTODO DE LA SONDA



En relación a la dificultad de la muestra a tomar, se ha mencionado que ésta depende del método empleado, ya que en función del tipo de fuente emisora de olores se utilizan distintos métodos de toma de muestras. A continuación se describen los distintos tipos de focos emisores que se pueden encontrar y el método de toma de muestras especificado en la norma UNE-EN-13725 aplicable a cada uno de ellos:

Fuentes puntuales fijas:

Este es el caso más sencillo a la hora de tomar la muestra (por ejemplo: chimeneas, conductos, salidas de sistemas de extracción de aire, etc.). Únicamente es necesario que la sonda pueda ser introducida en el interior del conducto por donde circula el aire que se quiere muestrear. En la mayoría de los casos se realiza un pequeño orificio en el conducto por el que la sonda es introducida y la muestra es absorbida por la sonda.

Fuentes superficiales pasivas (sin aireación):

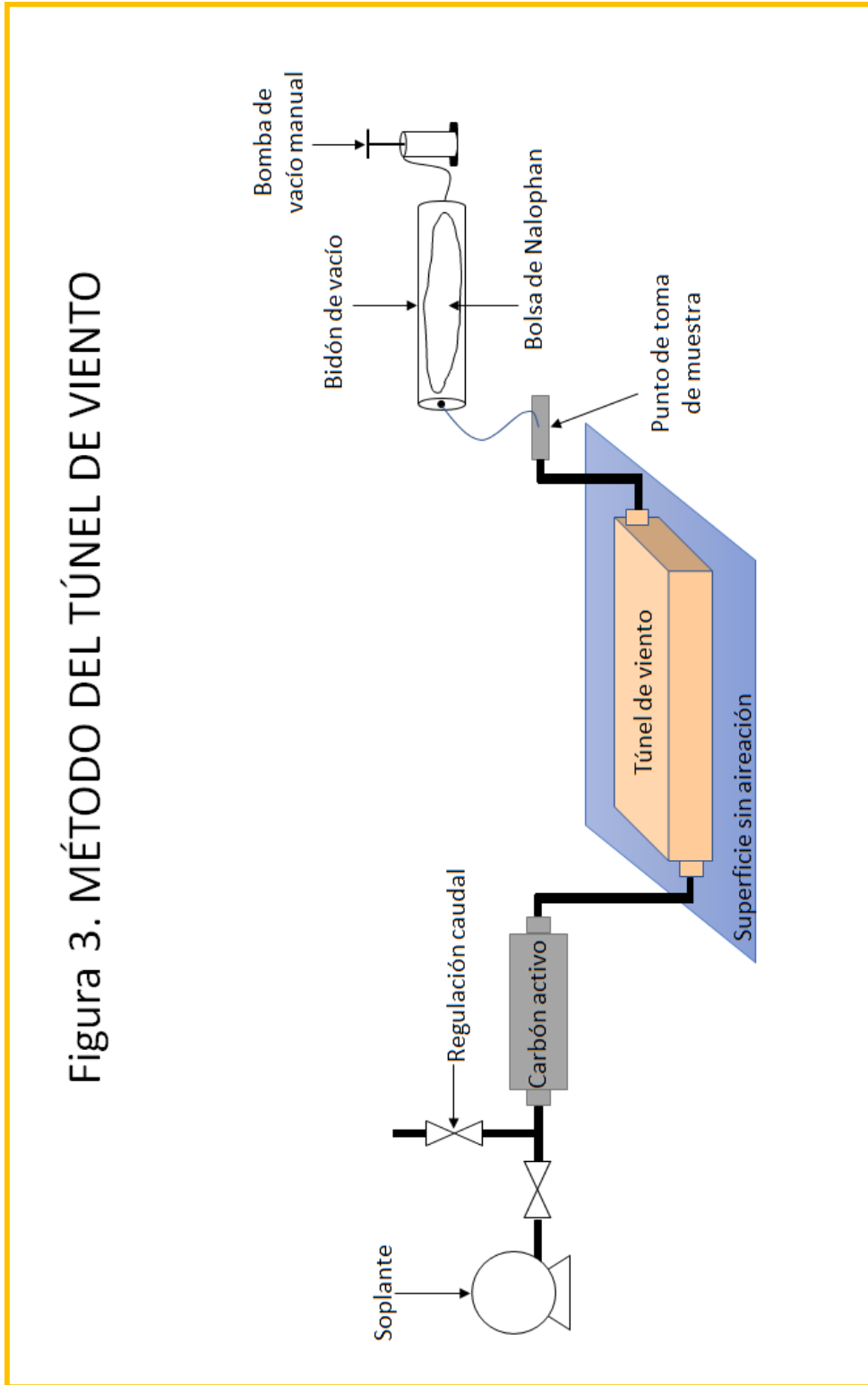
Para este tipo de focos en los que el caudal emitido es difícil de evaluar, La Agencia Medioambiental Americana (U.S. EPA) recomienda, para estos casos el empleo de la denominada cámara de flujo ("Flux chamber"). Básicamente una cámara de flujo consiste en un túnel cerrado depositado sobre la superficie a muestrear sobre el que se inyecta una corriente de aire exento de contaminación que arrastra los VOCs de la superficie objeto de análisis hacia la salida de este túnel donde se colecta la muestra. La cámara de flujo es el método de elección recomendado por la EPA tanto en superficies pasivas no aireadas líquidas y sólidas, así como en el caso de emisiones fugitivas. Paralelamente las metodologías para el cálculo de las emisiones olorosas propuestas por el Comité Europeo de Normalización para este tipo de focos emisores han desembocado en el mismo planteamiento. En este caso el túnel de viento empleado denominado Túnel de viento (que fue diseñada por Lindvall en 1974) ha sido propuesto para estos cálculos. El túnel de viento es una caja de base rectangular de superficie 1 m² con un conducto de entrada a un lado y uno de salida en el extremo opuesto.

De lo que se trata con los accesorios de la figura 3 es de simular la acción del viento sobre la superficie y recoger una muestra de la emisión producida.

Para tomar la muestra con el túnel de viento se deposita la misma, sobre la superficie que se quiere muestrear. Además se crea una corriente de aire según lo indicado en la norma VDI 3880, con ayuda de un pequeño ventilador, que se hace pasar a lo largo del túnel de viento. La corriente de aire crea un flujo laminar sobre la superficie que se encuentra bajo la caja similar al creado por el viento; arrastrando, también como lo hace el viento, los componentes olorosos que la fuente superficial emite. Para desodorizar el aire que entra al túnel de viento se intercala antes de ésta un filtro de carbón activo.

En el conducto conectado al extremo del túnel de viento por donde sale el aire, se introduce la sonda que extrae la muestra que se envía a la bolsa tedlar o nalophan.

Figura 3. MÉTODO DEL TÚNEL DE VIENTO



Fuentes superficiales activas (con aireación interna):

En este tipo de fuentes se toman muestras con ayuda de una campana (ver figura 4). Ya que existe una inyección de aire. Este método es más simple en su concepción y más sencillo de ejecutar que el de la túnel de viento. Para tomar la muestra se deposita la campana (de forma piramidal con base cuadrada de 1 m²) sobre la superficie de la fuente con aireación. La emisión de olor se produce precisamente por efecto de la aireación y el punto de muestreo se sitúa en la parte superior de la campana, donde existe un conducto de salida que sirve para introducir la sonda.

Otros métodos de toma de muestras:

Existen otra serie de métodos específicos de toma de muestras para casos especiales en los que no sea posible tomar muestras mediante alguno de los sistemas anteriores; por ejemplo: mediante inyección de aire en el interior de una muestra, método de la “ventana”, etc. Pero se intenta utilizar, siempre que sea posible, alguno de los tres métodos mencionados anteriormente.

Una vez que el tiempo de muestreo se ha terminado, se para el proceso de recogida de muestra y se extrae la bolsa nalophan del interior de la cámara de vacío, previa normalización de la presión interna de la misma, y se deposita en unos barriles de plástico cerrados para evitar que se pueda rasgar o deteriorar durante su transporte al laboratorio de olfatometría

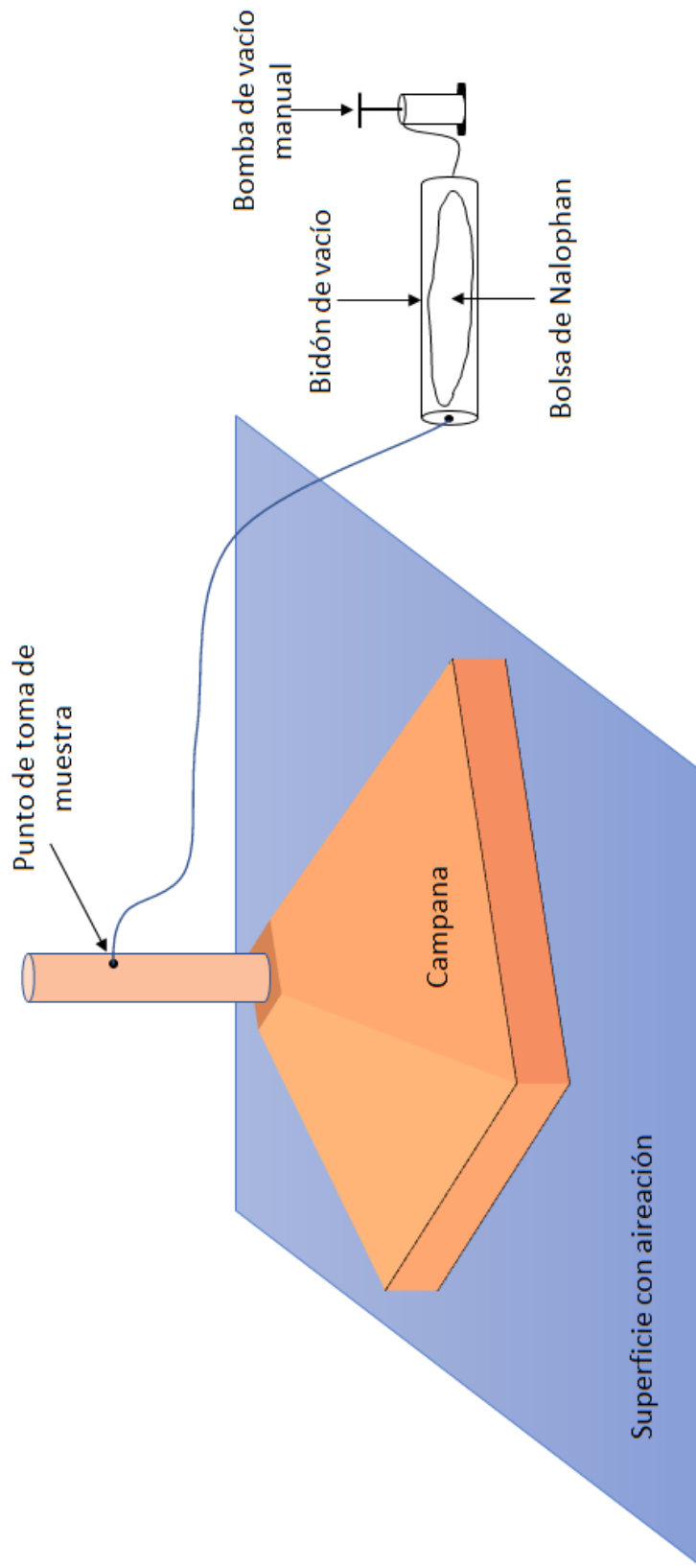
Además de obtener la muestra debidamente envasada, durante la recogida de la misma se realizan una serie de mediciones adicionales, que servirán después para calcular la concentración de olor de la muestra y para hallar, a partir de esta última, la emisión de olor de cada unidad.

En general, los datos que se recogen durante el proceso de muestreo son los siguientes:

- Temperatura de la muestra
- Humedad relativa de la muestra
- Presión atmosférica
- Velocidad del flujo de aire de donde se toma la muestra
- Sección del conducto de donde se extrae la muestra
- Presión atmosférica de la zona
- Observaciones o datos relevantes sobre el funcionamiento de las instalaciones en el momento de recoger la muestra: unidades de la planta que están paradas por reparaciones o mantenimiento, funcionamiento anómalo, etc.
- Datos descriptivos de las condiciones atmosféricas y climatológicas del día: lluvias, presencia de vientos, etc.

Una vez que se han recogido las muestras y los datos que se han mencionado, es el momento de transportarlas para proceder a su análisis olfatométrico.

Figura 4. MÉTODO DE LA CAMPANA



Fase II: Análisis de las muestras mediante el olfatómetro

Descripción general del olfatómetro

El análisis se realiza con la ayuda de un olfatómetro (Figura. 5). Este método se basa en la percepción real del ser humano de los olores, utilizando el olfato humano como detector de olores. Generalmente resulta muy difícil cuantificar los olores mediante métodos analíticos. El olor de una determinada muestra de aire es consecuencia de múltiples factores y una pequeña alteración de alguno de los componentes de la muestra puede producir cambios impredecibles en el olor de la misma.

Además de la complejidad de establecer una relación entre la composición química de la muestra y su olor, los métodos analíticos resultan enormemente costosos para el objetivo que persiguen.

Por estas razones, los métodos olfatométricos actuales se basan en la percepción real del olfato humano.

Un laboratorio de olfatometría consta básicamente de los elementos:

- Olfatómetro
- Ordenador
- Envases porta-muestras
- Aire sintético comprimido
- Accesorios

El elemento básico del laboratorio es el olfatómetro, que es un aparato de dilución capaz de presentar muestras de olores a un panel de 4 “observadores” bajo condiciones reproducibles. El analista basándose en el origen de la muestra y en las indicaciones del técnico de campo que ha tomado la muestra establece una dilución alta de la muestra que se encuentre por debajo del umbral olfativo de los observadores. El olfatómetro mezcla aire puro con la muestra y va ofreciendo diluciones menores de la muestra. Por cada dilución de la muestra que se ofrece al observador, el olfatómetro presenta un blanco de referencia IR. El observador debe discernir cuál de los dos ofrecimientos corresponde a la muestra y cual al blanco de referencia. El olfatómetro también ofrece aleatoriamente e intercalándose entre la serie de diluciones blancos que el observador debe identificarlos. El análisis de la muestra concluye cuando los cuatro observadores han detectado las dos últimas diluciones ofrecidas por el olfatómetro.

El olfatómetro es controlado por un programa de ordenador diseñado especialmente para realizar esta función. Las muestras recogidas y transportadas en el interior de envases isotérmicos son conectadas al olfatómetro. Con el fin de diluir las muestras para su presentación a los observadores, se conecta al olfatómetro un sistema para generar aire comprimido inodoro mediante un compresor adaptado

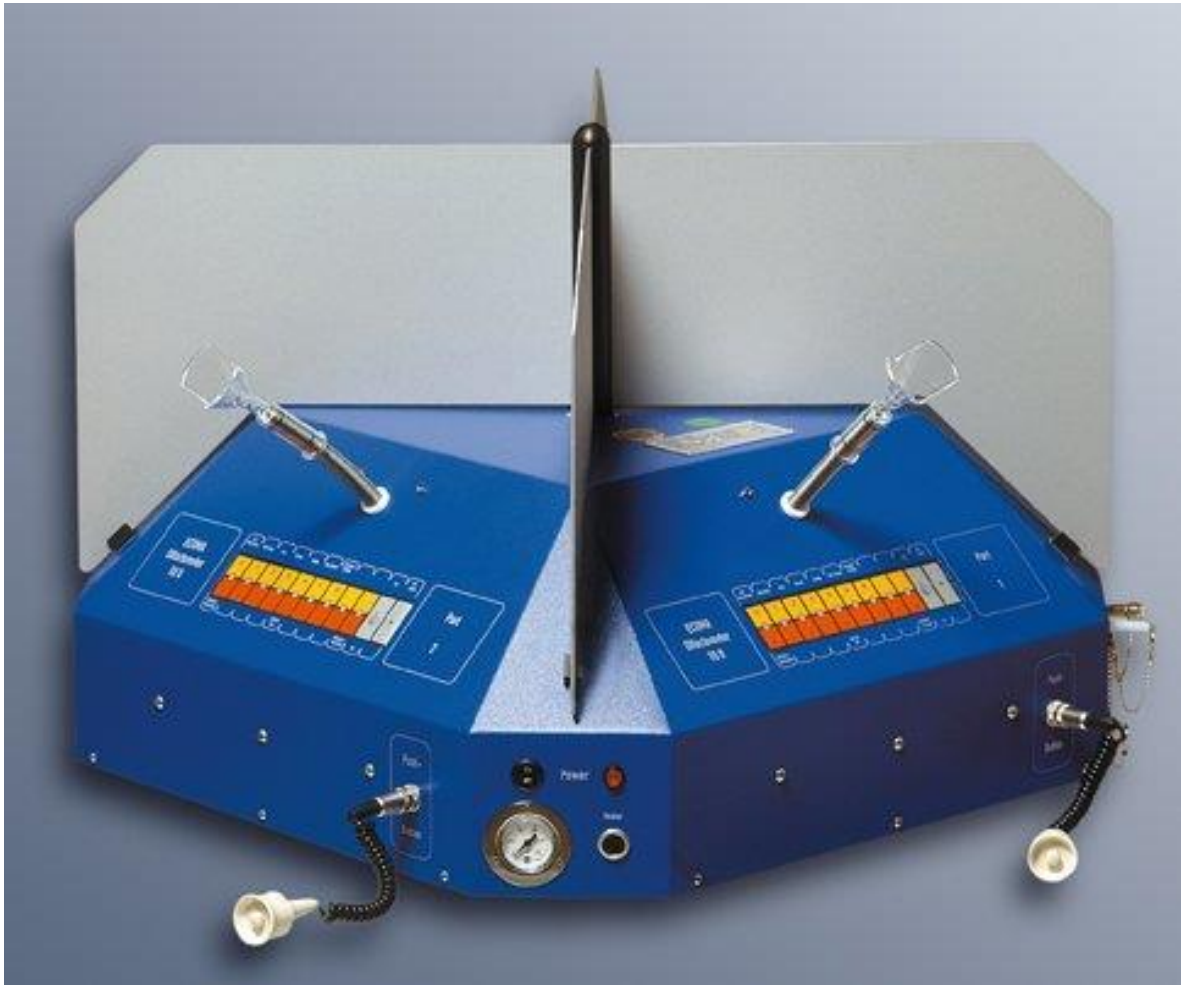


Figura 5. Olfatómetro Ecoma T08.

Términos y definiciones

A continuación se describe cuáles son los métodos y procedimientos que han de seguirse para realizar un análisis olfatométrico de sustancias o mezclas de sustancias. Dichos métodos y procedimientos están basados en la norma española UNE-EN 13725 “Calidad del aire-determinación de la concentración de olor por olfatometría dinámica”.

A la hora de analizar la concentración de olor de una sustancia o mezcla de sustancias, lo primero que hay que determinar es el umbral de olor de la misma. Por umbral de olor se entiende la concentración de esa sustancia o mezcla de sustancias en aire puro que puede ser distinguida de una muestra de aire inodoro por la mitad de un grupo de observadores (panel). Por definición, el umbral de olor de una sustancia corresponde a una concentración de olor de 1 unidad de olor por metro cúbico ($1 \text{ uo}_E/\text{m}^3$).

La unidad de olor (uo_E) se define como la cantidad de una sustancia gaseosa o mezcla gaseosa de sustancias que, distribuida en 1 m^3 de aire puro inodoro, es distinguida de aire completamente inodoro por la mitad de un panel de observadores.

Una vez que se ha determinado el umbral de olor de la sustancia o mezcla de sustancias, se puede calcular la concentración de olor de la misma, que se define como el número de unidades de olor por metro cúbico (uo_E/m^3). El valor numérico de la concentración de olor es igual al número de veces que la muestra de aire olorosa debe ser diluida con aire inodoro para alcanzar su umbral de olor.

Selección de panelistas

Cuando se quiere analizar una muestra mediante el olfatómetro, lo primero que hay que hacer es formar un panel de observadores (panelistas), que no es más que un grupo de personas que han sido seleccionadas como individuos cualificados para ejecutar una medición de olores.

El objeto de esta selección de observadores es conseguir que los resultados de las mediciones no dependan del grupo de observadores escogidos y que los resultados obtenidos sean los mismos si realizamos el análisis con otro grupo de observadores diferente que también cumpla los criterios de selección. El panel de observadores ha de estar formado al menos por 4 personas y sus miembros deben tener por lo menos 16 años.

Para conseguir un panel de observadores se sigue el proceso de selección que se describe a continuación.

En primer lugar se instruye a los futuros miembros del panel en el uso del olfatómetro y en cómo deben actuar y comportarse cuando se ejecuta un análisis de una muestra. Para realizar la selección se utiliza un gas de referencia certificado (gas patrón). El gas de referencia en la norma UNE-EN 13725 es el n-butanol con concentraciones en nitrógeno de 60 mmol/mol respectivamente.

Para cada aspirante a observador, se determina al menos 10 veces el umbral de olor individual del gas de referencia para dicho aspirante. Por umbral de olor individual se entiende aquella concentración del gas que se encuentra entre la concentración a la cual el observador puede distinguir perfectamente la muestra de aire oloroso de aire inodoro y la concentración a la cual el observador no puede distinguir uno de otro.

Para determinar el umbral individual de cada aspirante, el olfatómetro ofrece al mismo, muestras diluidas de n-butanol, de manera que la dilución de cada oferta va disminuyendo, o lo que es lo mismo, va aumentando la concentración de las mismas. El aspirante debe elegir de entre los ofrecimientos detectando cualitativamente las distintas concentraciones de n-butanol.

El umbral individual de olor se determina hallando la media geométrica de los dos siguientes valores:

La dilución para la cual el resultado es correcto y el aspirante así lo indicó y, la dilución anterior a ésta última.

A continuación, se determina la media geométrica de los logaritmos naturales de los 10 umbrales individuales calculados, así como la dispersión de los mismos. De acuerdo a la norma UNE-EN 13725, el aspirante a miembro del panel es aceptado si cumple los siguientes criterios de selección:

- El número de pruebas realizadas debe ser al menos 10.
- El valor medio de los logaritmos decimales de los 10 umbrales individuales calculados se encuentra entre los valores 1,30 y 1,90 (entre 20 y 80 ppb de una muestra de n-butanol).
- La desviación típica de los resultados debe ser $< 0,36$.

Además, cada vez que un miembro del panel realiza un análisis de muestras, antes de dicho análisis se le hace una prueba con n-butanol para determinar que el miembro del panel sigue estando cualificado para realizar el análisis olfatométrico (siguiendo especificaciones de la UNE-EN-13725).

Por otra parte, a los miembros del panel se les exige siempre una serie de normas a fin de que no se distorsionen los resultados de las mediciones. Estas normas generales son, básicamente, las siguientes:

- No fumar media hora antes del comienzo de los análisis.
- No comer o beber (excepto agua) inmediatamente antes o durante la realización de un análisis olfatométrico.
- No utilizar cosméticos, perfumes, etc. Que puedan distorsionar su capacidad olfativa.
- No participar en los análisis si se padecen procesos catarrales o afecciones similares que puedan afectar la capacidad olfativa del panelista.
- No comunicarse con otros miembros del panel acerca del desarrollo y los resultados del análisis.
- Realizar los análisis con motivación y atención.

Análisis de muestras

El análisis de las muestras recogidas ha de hacerse durante las 30 horas siguientes a la recogida de la muestra, para evitar que se produzcan alteraciones en el olor debido al almacenamiento de la misma.

En una medición/análisis de olores se ofrecen tres series de presentación de diluciones de una muestra en orden descendente, es decir, se ofrece primero la muestra más diluida aumentando progresivamente la concentración de la muestra a analizar. El número de panelistas que debe realizar el análisis es de 4 personas. A cada presentación de una dilución de la muestra siempre le acompaña un blanco de referencia (reference air), los panelistas deben indicar si huelen o no las muestras diluidas y no marcar como positivo el blanco de referencia. Intercalándose aleatoriamente en una serie de presentación, se ofrecen blancos, muestras compuestas por aire purificado. Los panelistas no deben identificar estos ofrecimientos como muestras positivas. Una serie de presentación finaliza cuando los cuatro miembros del panel han identificado correctamente al menos los dos últimos ofrecimientos. A partir de aquí se calcula el ITE (individual threshold estimate). El factor de dilución empleado para la dilución de las muestras es 2. Las series de dilución deben ser distribuidas simétricamente en torno al umbral de olor esperado para cada muestra.

A cada miembro del panel se le asigna un número determinado y debe registrarlo antes de empezar cada análisis. Para cada presentación, el programa informático que gobierna el olfatómetro decide, si comienza presentando el blanco de referencia o la muestra diluida.

El tiempo de decisión para el miembro del panel es de 2,2 segundos. El intervalo que transcurre entre dos presentaciones a un mismo miembro del panel debe ser de al menos 20 segundos.

Cada una de las decisiones tomadas por cada miembro del panel es registrada por el ordenador, en forma de tabla, debajo del número correspondiente al miembro del panel en cuestión.

Cálculo de concentraciones de olor

Recordemos que la concentración de olor de una determinada muestra se define como el número de unidades de olor por metro cúbico (uo_E/m^3). El valor numérico de la concentración de olor es igual al número de veces que la muestra de aire olorosa debe ser diluida con aire inodoro para alcanzar su umbral de olor.

Por tanto, el primer paso a dar a la hora de calcular la concentración de olor es la determinación del umbral de olor de la muestra a partir de los resultados que se han obtenido del análisis de la muestra por parte de los miembros del panel.

Para ello se calcula la media geométrica de los ITE (individual threshold estimate)

Esto puede ser hecho de manera gráfica o con la ayuda de tablas que contienen pares de valores de ambas funciones y el cálculo subsecuente de la línea recta que encaja en los valores obtenidos.

El programa informático que controla el olfatómetro durante la ejecución del análisis de las muestras por los miembros del panel, está diseñado para recoger y almacenar las respuestas que dan los mismos a las distintas concentraciones de la muestra que se les ofrecen. Además, una vez que ha finalizado el análisis de las muestras, el mismo programa informático se encarga de determinar, en base a las respuestas almacenadas y mediante la aplicación de los algoritmos, el umbral de olor de la muestra.

A partir del umbral de olor de la muestra, se halla la concentración de olor determinando el número de diluciones que se han hecho para alcanzar el umbral de olor. Para ello hay que tener en cuenta las prediluciones que se realizaron a la hora de tomar la muestra y las que ha realizado el olfatómetro para llegar al citado umbral.

Fase III: Cálculo de las emisiones de olor de cada fuente

La fase anterior finaliza cuando se hallan las concentraciones de olor de las muestras tomadas en cada una de las fuentes, pero el dato que en realidad interesa conocer es la emisión de olor de cada una de las fuentes, es decir, como contribuye cada foco a la emisión total de olores de la planta.

Por emisión de olor de una fuente se entiende el número de unidades de olor por unidad de tiempo que dicha fuente emite. Las unidades más comúnmente empleadas para medir emisiones de olores en vertederos son millones de unidades de olor por hora ($uo_E \cdot 10^6/h$).

Para transformar las unidades de olor por metro cúbico que se han obtenido al hallar las concentraciones de olor de cada fuente en unidades de olor emitidas por hora, se siguen distintos métodos dependiendo del método de muestreo utilizado:

Fuentes puntuales fijas

Las muestras son recogidas mediante la introducción de una sonda en el conducto del cual se quiere medir su emisión de olores. Para calcular la emisión de la fuente basta con multiplicar la concentración de olor hallada en la muestra por el caudal de aire que circula por el conducto.

Fuentes superficiales activas (con aireación interna):

En este caso se habrá tomado la muestra con la campana. Bastará con multiplicar la concentración de olor de la muestra tomada por el caudal total de aire inyectado en la unidad de la que se trate.

Fuentes superficiales pasivas (sin aireación interna):

En este caso se habrán tomado las muestras con el túnel de viento. Para ello, se hace circular una corriente de aire a través de dicha caja (de acuerdo a lo indicado en la norma VDI 3880 de octubre de 2011), que tiene una base rectangular de $0,5 \text{ m}^2$.

Pues bien, para calcular la emisión de olor de la fuente superficial pasiva de que se trate, se debe multiplicar la concentración de la muestra por el caudal medido. Como esta es la emisión correspondiente a una porción de la superficie de $0,5 \text{ m}^2$, para hallar la emisión total de la fuente se multiplica por la superficie total de la fuente.

Fase IV: Cálculo de los niveles de inmisión en el entorno

Ver Anexo III.

ANEXO III
MODELIZACIÓN DE LA INMISIÓN DE OLOR MEDIANTE CALPUFF

III.1. DESCRIPCIÓN DEL MODELO DE DISPERSIÓN UTILIZADO. CALPUFF

El objeto del presente capítulo es introducir el modelo de dispersión empleado para calcular los niveles de inmisión de olores.

CALPUFF es un sistema de modelización de la calidad del aire desarrollado por el ASG (*Atmospheric Studies Group*) y recomendado por la agencia de protección ambiental norteamericana (*US Environmental Protection Agency*) para la evaluación del transporte de contaminantes de largo alcance y en situaciones de topografía compleja. El sistema de modelización CALPUFF consta de tres componentes principales: CALMET, CALPUFF y CALPOST.

III.1.1. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO CALMET

CALMET es un modelo meteorológico de diagnóstico que genera campos horarios de temperatura y viento en una malla tridimensional, teniendo en cuenta campos bidimensionales como son la altura de la capa de mezcla, la precipitación, las características de la superficie, etc. CALMET puede ser inicializado con observaciones (datos en superficie y radiosondajes), con datos de un modelo meteorológico de mesoescala, o con una combinación de ambos.

Para la generación del campo de vientos CALMET utiliza un modelo de aproximación de dos pasos:

- En el primer paso se realiza una aproximación del campo de vientos a partir de los efectos cinemáticos del terreno, de los flujos entre colinas o laderas o y los efectos de bloqueo que puede producir el terreno.
- En el segundo paso se introducen los datos meteorológicos, del tipo que sean, a través de los cuales se realiza un análisis y para generar el campo de viento final.

Un importante avance del módulo CALMET, es que contiene dos módulos de capas límite diferente, uno que trabaja sobre la tierra y otro que trabaja sobre el agua. Aumentando de este modo la precisión de los análisis que involucran grandes masas de agua.

III.1.2. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO CALPUFF

CALPUFF es un modelo de dispersión de contaminantes de tipo *puff*, multi-capas, multiespecies, no estacionario que permite simular los efectos de las variaciones espaciales y temporales de las condiciones meteorológicas en el transporte, transformación y eliminación de contaminantes. CALPUFF puede ser usado en escalas que van de las decenas de metros a los centenares de kilómetros. Incluye algoritmos que tienen en cuenta efectos de escala menor al paso de malla, así como efectos de largo alcance (como la eliminación de contaminantes debido a la deposición húmeda y deposición seca, la transformación química, y los efectos en la visibilidad por la concentración de partículas de materia).

III.1.3. DESCRIPCIÓN DEL MÓDULO CALPOST

CALPOST es el paquete de post-procesado que lleva a cabo cálculos de visibilidad, hace medias y resúmenes de concentraciones y flujos de deposición, y genera datos para la representación gráfica de los resultados, entre otros.

III.2. PROCEDIMIENTO DE CÁLCULO DE CALPUFF EN EL PRESENTE ESTUDIO

El modelo CALPUFF precisa alimentarse de las siguientes variables.

III.2.1. DATOS METEOROLÓGICOS

Los datos meteorológicos requeridos para los modelos de dispersión de contaminantes convencionales se obtienen mediante registros instrumentales. Por el contrario, los modelos de dispersión modernos, como CALPUFF, requieren datos meteorológicos correspondientes a un volumen atmosférico (datos de superficie y altura), con lo que es imprescindible el uso de modelos de simulación y es posible llegar a prescindir de los datos instrumentales. La opción más utilizada actualmente para inicializar estos sistemas es el uso de modelos de simulación numérica de la atmósfera del tipo WRF, tal y como se ha utilizado en este proyecto. A continuación, se detallan los modelos WRF y CALMET así como la metodología utilizada.

MODELO WRF

El WRF (<http://www.wrf-model.org>) es un modelo meteorológico de última generación que permite obtener campos de viento, presión, temperatura y humedad, entre otros, con alta resolución espacio-temporal, los cuales son de suma importancia como datos de entrada de los modelos de calidad de aire. El modelo WRF tiene la particularidad de poder ser configurado localmente para representar dominios espaciales en diferentes escalas de acuerdo al estudio que desee realizarse.

En lo referente a este estudio, se ejecutó la pasada de WRF para un año de datos (2019), inicializado a partir de los datos de re-análisis FNL del National Centers for Environmental Prediction (NCEP). Partiendo de condiciones a escala sinóptica del FNL, se ha seguido un patrón de 3 dominios anidados hasta obtener un dominio de modelado a alta resolución (3x3 km²) centrado en la zona de estudio, obteniendo datos horarios de más de 20 parámetros meteorológicos y a 27 niveles diferentes de altura. El dominio de 3x3 km² es el utilizado para generar los campos meteorológicos de CALMET precisados en este estudio.

A modo resumen, el conjunto de parametrizaciones utilizado en WRF (ARW) ha sido el siguiente:

- Radiation: Longwave RRTM, Shortwave MM5-Dudhia
- PBL: YSU (with sfclay: Monin-Obukhov from MM5 MRF)
- Surface: 5 layer MM5 LSM
- Cumulus: Kain-Fritsch
- Microphysics: WSM6

A continuación, se expone el mapa con los dominios anidados (D1, D2, y los D3 de 27, 9 y 3 km de resolución):



Figura 5.2.1.1. Dominios utilizados para el modelo meteorológico WRF.

MODELO CALMET

Se trata de un modelo de diagnóstico meteorológico tridimensional. Este modelo utiliza estaciones en superficie y altura (radiosondeos) u otros modelos meteorológicos. Está formado por un módulo de diagnóstico del campo de vientos capaz de simular efectos locales, como los flujos de ladera, efectos cinemáticos y de bloqueo del terreno y un módulo de capa límite, por el cual se obtiene, por ejemplo, la altura de la base de la capa de mezcla. La ventaja comparativa de este modelo meteorológico frente a las soluciones tradicionales gaussianas (ej. Uso de una sola estación meteorológica en superficie) es evidente, puesto que es capaz de simular condiciones a escala local que cambian por completo el escenario meteorológico y, por tanto, la dispersión de los contaminantes.

En general, el modelo incluye tres pasos. El primer paso es interpolar o extrapolar los datos de viento medidos a la malla del dominio de estudio. El siguiente paso consiste en la parametrización para modelizar los efectos cinemáticos del terreno y del entorno. El tercer paso es ajustar los campos de vientos de modo que sean consistentes (condición de divergencia nula).

Para este estudio, se ha diseñado un dominio de 25 x 25 celdas, con centro en las instalaciones, con una resolución espacial de 400 m y 13 niveles verticales (ZFACE= 0, 20, 40, 79, 176, 290, 439, 640, 1.180, 1.580, 2.062, 3.354 y 4.162 m).

Como se comentó anteriormente, como datos de entrada del modelo se han utilizado las salidas del modelo WRF (ARW), tanto en superficie como en altura, supliendo de este modo la carencia de radiosondeos diarios (al menos 2 por día) en la zona.

Para el caso del estudio realizado en las futuras EDARs de China, Butarque y Sur (Madrid), los datos de elevación de terreno para la zona han sido proporcionados por el Shuttle Radar Topography Mission (SRTM3), modelo que ha sido elaborado por la NASA y el USGS, con

una resolución aproximada de 90 m. éstos se han seleccionado teniendo en cuenta el tipo de terreno predominante en el área de estudio. Los datos de los usos del suelo se han obtenido a partir del “Global Land Cover Characterization” (LULC), con una resolución de 1 km.

Todos los parámetros meteorológicos intervienen de una manera más o menos directa en los fenómenos de difusión atmosférica. El viento y la estabilidad atmosférica son los más importantes ya que influyen directamente en los fenómenos de dispersión del penacho. Estos parámetros, a su vez, vienen regidos por la distribución de los campos de temperatura, de presión y de humedad, los cuales mantienen una estrecha relación con la radiación solar, la nubosidad, la insolación, etc.

Asimismo, intervienen en la difusión de contaminantes una serie de parámetros superficiales representativos del tipo de uso del suelo del área de estudio considerada. Estos son:

- Rugosidad superficial
- Ratio Bowen
- Albedo

III.2.2. DATOS DE LAS FUENTES DE EMISIÓN

Emisión de olor de cada una de las fuentes muestreadas. A partir de la concentración de olor analizada en laboratorio y los datos de caudal de emisión relativos a cada una de las fuentes, se calculan las emisiones puntuales en 10^6 uoE/h con la ayuda de una hoja de cálculo.

La emisión de olor de cada fuente considerada, en $10^6 \cdot \text{uoE/h}$, se introduce en un módulo tipo base de datos definido en el modelo, en donde se identifica el nombre de la fuente, el tipo de contaminante emitido (olores), la altura de emisión, velocidad de salida en fuentes puntuales (m/s), tipo de terreno (rural o urbano), diámetro de salida en fuentes puntuales (m), dimensiones en fuentes superficiales (m^2), y coordenadas x,y de la fuente.

En caso de ser necesario también se introducen las dimensiones y localización de los edificios cercanos que puedan producir en el fenómeno denominado “building downwash”. Se calculan los efectos de inversión del flujo por presencia de edificios cercanos a la fuente (building downwash) y las concentraciones en cavidades.

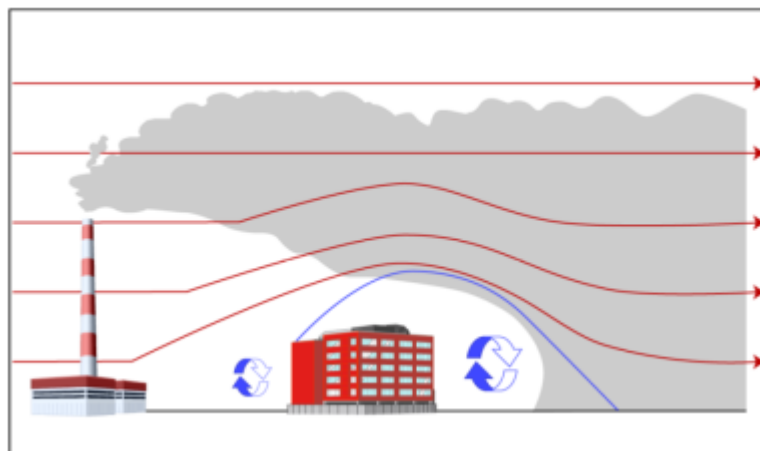


Figura III.2.2.1. Esquema del fenómeno building downwash

III.2.3. DATOS DE LOS RECEPTORES

Se definen como receptores aquellos puntos donde se va a calcular la concentración de contaminantes a nivel del suelo. Se obtienen como una malla creada en el entorno de los focos de emisión. Para el presente estudio se ha creado un “computational grid” de 20 x 20 Km con un “sampling grid” de 11 x 11 Km con un factor 2 de anidamiento y con una separación aproximada de 200 metros entre cada punto de cálculo.

III.2.5. DATOS DE SALIDA

Las concentraciones de inmisión en el entorno se expresan en uo_E/m^3 y los resultados son representados mediante las líneas isodoras formadas por puntos de igual concentración de olor, estableciendo para cada una de ellas el percentil para el que se define sobre un mapa del complejo y su entorno.