

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE FI DE GRAU

Enginyeria Química

Juny 2026



Cesc Anguera Llàcer, Isis Blanco Casahuga, Matilde Granwehr de Sousa,
Oriol Fortuny Gómez, Jose Ignacio Esquivel Silva

TUTOR: Antoni Sánchez Ferrer

PLANTA DE PRODUCCIÓ DE FORMALDEHID

PROJECTE FI DE GRAU

Enginyeria Química

Juny 2026

CAPÍTOL 6: MEDI AMBIENT



Cesc Anguera Llàcer, Isis Blanco Casahuga, Matilde Granwehr de Sousa,
Oriol Fortuny Gómez, Jose Ignacio Esquivel Silva

TUTOR: Antoni Sánchez Ferrer

TAULA DE CONTINGUTS

6.1. LA INDÚSTRIA QUÍMICA I L'IMPACTE AL MEDI AMBIENT	1
6.2. MARC NORMATIU I AUTORITZACIONS AMBIENTALS	1
6.2.1. REQUERIMENTS ADMINISTRATIUS I DE LEGALITZACIÓ AMBIENTAL	1
6.2.2. MILLORS TÈCNiques DISPONIBLES (MTD)	2
6.2.3. NORMATIVA VIGENT	3
6.2.3.1 <i>Normativa Europea</i>	3
6.2.3.2 <i>Normativa estatal</i>	3
6.2.3.3 <i>Normativa autonòmica (Catalunya)</i>	4
6.2.4. JERARQUIA DE GESTIÓ DE RESIDUS	4
6.3. GESTIÓ AMBIENTAL	6
6.3.1. NORMATIVA ISO-14001	7
6.3.2. EMAS	8
6.3.3. SISTEMA DE GESTIÓ AMBIENTAL	8
6.4. GESTIÓ DE RESIDUS	9
6.4.1. RESIDUS SÒLIDS	9
6.4.1.1. <i>Zones d'emissió</i>	10
6.4.1.2. <i>Tractament</i>	10
6.4.2. RESIDUS LÍQUIDS	14
6.4.2.1. <i>Zones d'emissió</i>	15
6.4.2.2. <i>Límits d'emissions líquides</i>	15
6.4.2.3. <i>Tractament</i>	16
6.4.3. RESIDUS GASOSOS	16
6.4.3.1. <i>Zones d'emissió</i>	17
6.4.3.2. <i>Límits d'emissions gasoses</i>	17
6.4.3.3. <i>Tractament</i>	18
6.5. ALTRES CONTAMINANTS	19
6.5.1. CONTAMINACIÓ ACÚSTICA	19
6.5.1.1 <i>Normativa</i>	20
6.5.1.2 <i>Tractament</i>	20
6.5.2. CONTAMINACIÓ LUMÍNICA	20
6.5.2.1 <i>Normativa</i>	21
6.5.2.2 <i>Tractament</i>	21
6.6. GESTIÓ EXTERNA	22
6.6.1. APROVISIONAMENT DE MATÈRIES PRIMERES	22
6.6.2. GESTIÓ EXTERNA DE RESIDUS	23
6.7. MATRIU DE LEOPOLD	24
6.8. BIBLIOGRAFIA	28

6.1. La indústria química i l'impacte al medi ambient

La sostenibilitat és un eix central per al sector industrial. La indústria química té un impacte potencial molt alt sobre l'entorn, la qual cosa justifica l'estricta normativa que la regula. Per a les empreses del sector, la gestió ambiental ja no és només un tràmit legal, sinó un element clau de la seva competitivitat i responsabilitat corporativa.

Pel que fa al disseny i a la futura operació d'aquesta planta de formol, cal avaluar amb atenció l'impacte sobre el medi. Les fases de reacció, separació i emmagatzematge generaran efluents que, sense una bona gestió, podrien contaminar l'aire, l'aigua i el sòl. Concretament, es tracta d'emissions de gasos (compostos orgànics volàtils i gasos de combustió), aigües residuals de procés i residus sòlids, com és el cas dels catalitzadors esgotats.

L'estratègia del projecte per afrontar aquest repte es basa a prevenir la contaminació des de l'origen. Això s'aconsegueix aplicant les Millors Tècniques Disponibles (MTD) tant en el disseny dels equips com en les condicions d'operació. Quan no sigui possible evitar la generació d'un residu, seguirem la jerarquia habitual: minimització, reutilització, reciclatge o valorització energètica. L'eliminació mitjançant gestors autoritzats serà estrictament l'última opció, respectant sempre la llei vigent.

En resum, aquest capítol busca identificar, quantificar i reduir la petjada ambiental de la planta. Als propers apartats repassarem el marc legal i detallarem com tractarem cada focus contaminant (emissions atmosfèriques, efluents líquids, residus sòlids i contaminació acústica i lumínica). Per acabar, farem una Avaluació d'Impacte Ambiental mitjançant la Matriu de Leopold, una eina que ens permetrà mesurar l'impacte global de la instal·lació i assegurar que s'integra de manera responsable a l'entorn.

6.2. Marc normatiu i autoritzacions ambientals

6.2.1. Requeriments administratius i de legalització ambiental

La instal·lació i operació d'una planta de producció de formol basada en la tecnologia Formox implica la gestió a gran escala de substàncies altament perilloses, com és el cas del metanol (matèria primera) i del propi formaldehid. Per assegurar la protecció de l'entorn i reduir el risc químic associat, l'inici de l'activitat està subjecte a l'aprovació d'un rigorós conjunt de tràmits i normatives.

El requeriment principal per al complex industrial és l'obtenció de l'Autorització Ambiental Integrada (AAI). Atès que es tracta d'una instal·lació de producció de compostos químics orgànics de base, l'activitat recau dins la Llei 20/2009 i la Directiva d'Emissions Industrials (2010/75/UE). Aquesta autorització engloba tots els permisos relatius als vectors ambientals (aire, aigua i sòl) i estableix els Valors Límit d'Emissió (VLE) d'acord amb les Millors Tècniques Disponibles (MTD).

Dins d'aquest marc legal, destaquen les següents obligacions sectorials:

- **Protecció de l'atmosfera:** Els gasos residuals del procés Formox contenen traces de monòxid de carboni, àcid fòrmic, dimetilèter, formol i metanol. Com que s'han de tractar mitjançant oxidació catalítica (CatOx) abans d'emetre'ls a l'atmosfera, cal tramitar l'autorització com a activitat potencialment contaminadora de l'atmosfera (RD 100/2011).
- **Gestió i registre de residus:** L'empresa ha d'estar inscrita com a centre productor de residus perillosos (Llei 7/2022). El residu sòlid més crític del procés és el catalitzador esgotat d'òxids de ferro i molibdè (Fe-Mo). En acabar la seva vida útil, s'ha de gestionar a través d'empreses autoritzades, prioritzant sempre la recuperació i el reciclatge dels metalls en lloc de la deposició en abocador.
- **Abocaments d'aigües residuals:** Qualsevol efluent líquid generat per les purgues dels equips, tractament d'aigües de calderes o neteja, necessitarà un permís d'abocament. Aquest requerirà un pretractament per garantir que els nivells de càrrega orgànica compleixen els límits fixats per abocar a la xarxa de sanejament municipal.

Adicionalment, la presència de grans tancs per emmagatzemar metanol (altament inflamable) i solució aquosa de formol al 37% (tòxica i corrosiva) obliga a aplicar el Reglament d'Emmagatzematge de Productes Químics (APQ). Segons els volums acumulats, la planta pot veure's afectada per la Directiva SEVESO III (RD 840/2015) de prevenció d'accidents greus. Això implica redactar un Informe de Seguretat i implementar un Pla d'Emergència Interior (PEI), col·laborant amb les autoritats per definir el Pla d'Emergència Exterior (PEE).

Finalment, per a la posada en marxa, caldrà obtenir les llicències urbanístiques i ambientals municipals, a més de legalitzar davant d'Indústria els equips a pressió (com el reactor tubular i els absorbidors), les instal·lacions elèctriques i de refrigeració, tot complementat amb un Pla de Vigilància Ambiental per reportar dades al registre d'emissions (PRTR).

6.2.2. Millors tècniques disponibles (MTD)

Per donar compliment als estrictes límits legals fixats en l'AAI esmentada anteriorment, el disseny i l'operació de la planta es basen en l'aplicació de les Millors Tècniques Disponibles (MTD). Aquestes estratègies, recollides als documents de referència europeus (BREF) per a la indústria química, representen les solucions tecnològiques més avançades i econòmicament viables per prevenir la contaminació des de l'origen.

Aplicant aquesta filosofia a la tecnologia Formox, la implementació pràctica d'aquestes MTD es tradueix en les següents solucions tècniques:

- **Valorització energètica de les emissions atmosfèriques:** En lloc d'un simple tractament d'abatiment, la MTD per als gasos de cua exigeix un sistema d'oxidació catalítica acoblat a un sistema de recuperació de calor. D'aquesta manera, l'entalpia de combustió dels COVs i el CO no només s'elimina, sinó que s'aprofita per generar vapor d'aigua, cobrint gran part de la demanda energètica de la instal·lació.

- **Economia circular per als residus sòlids:** La directriu tecnològica principal per al catalitzador de Fe-Mo un cop substituït no és la deposició controlada, sinó l'aplicació estricta de tècniques de recuperació metal·lúrgica. El material es lliura a plantes especialitzades amb l'objectiu de reciclar els metalls valuosos i reintroduir-los a la cadena de valor.
- **Minimització d'efluents líquids:** El procés s'ha de dissenyar per ser inherentment sec. L'estratègia passa per reduir les purgues en origen i implementar sistemes tancats de refrigeració per minimitzar al màxim el volum d'aigües que requereixin tractament fisicoquímic i biològic.
- **Sistemes de contenció i seguretat d'emmagatzematge:** Més enllà dels tràmits documentals, les guies BREF exigeixen solucions tècniques físiques per als parcs de tancs. Això implica el disseny de cubetes de retenció impermeables dimensionades per suportar vessaments complets i l'ús de sistemes d'inertització amb nitrogen per als tancs de metanol.

En definitiva, la integració de les MTD en el disseny inicial no només assegura la viabilitat legal del projecte, sinó que n'optimitza l'eficiència energètica i minimitza significativament la petjada ecològica de la planta.

6.2.3. Normativa Vigent

El disseny i l'operació de la planta MethaForm de producció de formol estan condicionats per un estricte marc legal. A continuació s'enumeren les principals disposicions legislatives aplicables, estructurades segons el seu àmbit territorial:

6.2.3.1 Normativa Europea

Constitueix la base de les directrius mediambientals i de seguretat, centrades en el control de la contaminació, la gestió de substàncies químiques i la prevenció d'accidents:

- **Emissions i Avaluació:** Directiva 2010/75/UE sobre Emissions Industrials (IED) i Directiva 2014/52/UE d'Avaluació d'Impacte Ambiental (AIA).
- **Vectors Ambientals:** Directiva 2008/98/CE (Residus), Directiva 2000/60/CE (Marc de l'Aigua) i Directiva 2008/50/CE (Qualitat de l'Aire).
- **Substàncies i Seguretat:** Reglament REACH (1907/2006) per a la regulació de substàncies químiques, i Directiva 2012/18/UE (SEVESO III) relativa al control dels riscos d'accidents greus en què intervinguin substàncies perilloses.

6.2.3.2. Normativa estatal

Transposa les directives europees i estableix les obligacions directes per a la indústria a Espanya:

- **Control Integrat i Ambiental:** Reial Decret Legislatiu 1/2016 (i el seu Reglament, RD 815/2013), pel qual s'aprova el text refós de la Llei de prevenció i control integrats de la

contaminació (IPPC). Així com la Llei 21/2013 d'avaluació ambiental i la Llei 26/2007 de Responsabilitat Mediambiental.

- **Emissions i Residus:** Llei 34/2007 i RD 100/2011 sobre qualitat de l'aire i protecció de l'atmosfera (catàleg CAPCA), i la Llei 7/2022 de residus i sòls contaminats per a una economia circular.
- **Seguretat Industrial:** RD 840/2015 sobre mesures de control dels riscos inherents als accidents greus (Seveso), i RD 656/2017 pel qual s'aprova el Reglament d'Emmagatzematge de Productes Químics (APQ).

6.2.3.3. Normativa autonòmica (Catalunya)

Aterra les exigències estatals a l'administració territorial competent en matèria de concessió de permisos i inspeccions:

- **Intervenció Administrativa:** Llei 20/2009 de prevenció i control ambiental de les activitats (modificada per les lleis 9/2011 i 16/2015), que regula l'Autorització Ambiental Integrada (AAI) necessària per a la planta.
- **Desenvolupament i Inspecció:** Decret 152/2017 sobre la classificació de les activitats i el Títol VII de la Llei 20/2009 referent a la disciplina, control ambiental i la inspecció de les instal·lacions.
- **Aigües:** Decret 130/2003 pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament (abocaments d'aigües residuals).

6.2.4. Jerarquia de gestió de residus

La gestió ambientalment responsable dels residus generats durant la producció de formol és una peça fonamental en el disseny i l'operació de la planta. Aquesta gestió es basa en la jerarquia de residus, un marc de presa de decisions que prioritza les accions segons el seu menor impacte ambiental. Aquest concepte, que va evolucionar des de la Directiva 1975/442/CEE fins a la consolidació de la regla de les 3R, està actualment definit per la Directiva 2008/98/CE i transposat a l'estat espanyol mitjançant la Llei 7/2022 de residus i sòls contaminats per a una economia circular.

Aquesta jerarquia s'estructura com una piràmide inversa (veure *Figura 6.1*) on les activitats més beneficioses se situen a la base, establint el següent ordre de prioritat:

1. **Prevenció i minimització:** És la prioritat màxima de la jerarquia. Se centra a evitar o reduir la generació de residus i emissions des de la mateixa fase de disseny del procés i la selecció de la tecnologia.
2. **Preparació per a la reutilització:** Implica l'aprofitament directe de corrents de matèria o d'energia sense necessitat d'aplicar-hi transformacions químiques profundes.
3. **Reciclatge:** Quan la reutilització directa no és viable, es busca la transformació del residu en nous productes.

4. **Valorització:** Consisteix a aprofitar els corrents residuals que no es poden reciclar per extreure'n un benefici secundari, generalment mitjançant un tractament d'oxidació per generar energia útil (valorització energètica).
5. **Eliminació:** És l'última opció, estrictament reservada per a aquells residus que no poden ser tractats per cap de les vies anteriors. Inclou la disposició en abocadors controlats o la incineració sense recuperació d'energia per a residus i llocs perillosos.



Figura 6.1 Piràmide de jerarquia de gestió de residus

Per garantir el compliment d'aquesta jerarquia i els principis de l'economia circular, el disseny de la planta incorpora:

- **Prevenició en origen:** S'utilitza un catalitzador d'òxids de ferro i molibdè (Fe-Mo) d'alta selectivitat que garanteix una conversió gairebé total del metanol, reduint així la formació de subproductes no desitjats. A més, s'han implementat sistemes tancats, inertitzats i automatitzats per a l'emmagatzematge, evitant les emissions fugitives de COVs a l'atmosfera.
- **Preparació per a la reutilització:** Implica l'aprofitament de corrents sense transformacions químiques profundes. Un exemple clau és la recirculació d'una part del metanol recuperat, que s'afegeix al producte final (formol) per actuar com a agent estabilitzant i evitar-ne la polimerització.
- **Valorització energètica:** La planta compta amb una alta integració energètica. D'una banda, l'oli tèrmic que actua com a refrigerant al reactor absorbeix la forta calor de la reacció i s'aprofita per escalfar els corrents d'aire i metanol abans que entrin al procés. D'altra banda, els gasos residuals (que contenen traces de DME, metanol, formaldehid i monòxid de carboni amb alt poder calorífic) es tracten en un Oxidador Catalític (CatOx), convertint el seu potencial contaminant en una font de calor útil per a la instal·lació.
- **Gestió externa i reciclatge:** El metanol no reaccionat es recupera mitjançant les columnes d'absorció, tancant el cicle i reduint les pèrdues de matèria primera. Així mateix, es prioritza la gestió externa autoritzada (segons codis CER/LER) enviant els catalitzadors esgotats a plantes especialitzades per a la recuperació i el reciclatge dels seus metalls valuosos.

Aquest enfocament integral permet reduir l'impacte ambiental de la producció, assegurant una operació sostenible i alineada amb les exigències normatives vigents.

6.3. Gestió ambiental

En una societat on cada vegada es dona més importància i consciència al medi ambient, esdevé de vital importància disposar d'un sistema efectiu per minimitzar l'impacte de l'activitat industrial. En aquest sentit, cal assumir una gran responsabilitat per reduir els efectes perjudicials de l'empresa, aplicant diverses mesures i actuant sobre els diferents tipus de contaminació o impactes negatius.

En primer lloc, s'ha de fer un estudi de tots els residus generats ja siguin tant del procés en si com dels treballadors. Aquests han d'estar degudament classificats i separats per garantir una recollida selectiva eficient, basada en una bona distribució de l'espai i gestió dels recursos. Així mateix, el transport d'aquests residus s'ha de dur a terme amb eficàcia i mitjançant els vehicles o sistemes adequats per a cada fracció, un procés que requereix indiscutiblement l'esmentada separació prèvia.

Per tractar aquests, cal aplicar tècniques específiques per a cada tipus de rebuig. Aquestes operacions poden anar des de la separació i el reciclatge de materials fins a la recirculació de compostos per aprofitar-los de nou dins del propi procés de fabricació. Alhora, els residus sense valor afegit es poden sotmetre a una incineració o llançament controlat, mentre que aquells susceptibles de ser aprofitats poden ser comercialitzats. Pròximament en aquest mateix capítol s'explicarà la metodologia emprada pel tractament dels residus generats a les instal·lacions.

Per a poder fer aquestes tasques, cal establir una política ambiental basada en les regulacions definides per les institucions governamentals regionals, les quals asseguruen uns estàndards mínims de compromís ecològic. El compliment rigorós seguint la legislació no només protegeix l'entorn, sinó que confereix un gran prestigi corporatiu. Per aquest motiu, MethaForm aposta per la millora contínua.

Dins d'aquest context de recerca de l'excel·lència, per estructurar un Sistema de Gestió Ambiental sòlid, les dues normatives de referència a escala europea que atorguen més garantia i reputació són:

- ISO-14001
- EMAS

Per garantir l'excel·lència en aquest àmbit, les dues certificacions de referència que s'han valorat per a la planta són la ISO 14001 i l'EMAS. Aquests dos estàndards, d'ampli prestigi a Europa, requereixen la implementació d'un pla de gestió mediambiental rigorós, atorgant un alt nivell de credibilitat i garantia ecològica a les organitzacions que els adopten. Ara bé, perquè la seva aplicació sigui realment efectiva, és vital que tota l'empresa i el seu personal assumeixin aquest compromís com a propi, implicant-se de manera activa en les bones pràctiques i assegurant el compliment estricte dels objectius i polítiques mediambientals fixats per la direcció.

6.3.1. Normativa ISO-14001

L'estàndard internacional ISO 14001 és una norma de referència mundial dissenyada per assegurar una excel·lent gestió ambiental dins les organitzacions. Aquesta certificació es fonamenta en el principi de la millora contínua i proporciona a les empreses un marc estructurat per detectar, avaluar i controlar el seu impacte sobre l'entorn.

L'adopció d'aquesta norma permet a les companyies implementar un Sistema de Gestió Ambiental (SGMA) rigorós que dona compliment als requisits aplicables i que exigeix avaluacions periòdiques per garantir l'assoliment dels propòsits marcats. Més enllà del compliment normatiu, obtenir aquesta certificació evidencia un ferm compromís i responsabilitat ecològica, la qual cosa repercuteix de manera molt favorable en la reputació i la imatge corporativa.



Figura 6.2 Sistema de gestió mediambiental, ISO 14001

El funcionament d'aquest sistema s'estructura com un procés completament cíclic (tal i com es mostra a la Figura 6.2), on la revisió i l'optimització de les pràctiques són constants. Un dels requisits primordials és la definició d'una política ambiental per part de l'alta direcció, la qual recau a tots els membres de la plantilla. Juntament amb aquesta política, s'han de fixar fites i objectius que permetin fer un seguiment precís de l'evolució de les mesures adoptades. Per verificar que el ritme i la direcció de les accions són els correctes, el sistema exigeix l'execució d'auditories de control regulars.

Com a pas previ per definir aquesta política i els seus objectius, és imprescindible dur a terme una anàlisi exhaustiva dels aspectes i impactes ambientals de la instal·lació. Aquest estudi ha d'englobar qualsevol activitat, servei o producte de l'organització que pugui interaccionar amb el medi. Així, l'estratègia comença amb la identificació dels diferents focus d'emissió per, posteriorment, determinar i dissenyar les mesures de control més adequades.

Finalment, la normativa ISO 14001 obliga a establir procediments pràctics i operatius per garantir una gestió eficient i controlada dels residus generats, els contaminants emesos i els consums energètics.

6.3.2. EMAS

A nivell europeu, el Sistema Comunitari d'Eco gestió i Auditoria (EMAS) és un dels instruments voluntaris més rigorosos per a les organitzacions que busquen l'excel·lència en la seva responsabilitat ecològica. Aquest model no només garanteix l'estricta compliment de la legislació vigent, sinó que exigeix una pro activitat real cap a la millora contínua i impulsa la transició cap a l'economia circular.

L'aplicació d'aquest reglament es basa en definir indicadors de rendiment per optimitzar l'ús dels recursos, impulsant la innovació i la cerca d'alternatives més netes.

Per inscriure's al registre, l'empresa ha de realitzar un diagnosi inicial, fixar metes estratègiques i publicar els resultats en una declaració mediambiental. El tret distintiu de l'EMAS és la seva transparència: tota aquesta informació ha de ser obligatòriament escrutada i validada per un verificador ambiental independent. Només amb la seva aprovació es pot formalitzar l'alta davant l'administració pública corresponent.



Figura 6.3 Logotip d'EMAS

Aconseguir aquest reconeixement atorga el dret a utilitzar el logotip EMAS (*Figura 6.3*), un símbol inqüestionable de garantia ambiental de cara a l'exterior. A més d'aquest salt reputacional, l'adopció de la norma es tradueix en beneficis pràctics molt rellevants: estalvis econòmics derivats d'una major eficiència operativa, una reducció dels riscos d'accidents i l'accés a avantatges administratius, com ara bonificacions o una menor pressió en les inspeccions.

6.3.3 Sistema de gestió ambiental

Per garantir l'alineació amb els estàndards ISO 14001 i EMAS, la instal·lació integrarà un Sistema de Gestió Ambiental (SGMA) proactiu i orientat a la millora contínua. Aquest model es fonamenta en la definició de polítiques clares, la fixació d'objectius avaluables a termini i l'execució d'auditories internes periòdiques per detectar punts febles i corregir ràpidament qualsevol desviació. A més, aquest rigor s'estendrà a tota la cadena de valor, exigint col·laborar únicament amb proveïdors, socis i clients que puguin assegurar pràctiques respectuoses amb l'entorn.

Més enllà de la mitigació de l'impacte ecològic, la integració d'aquesta estratègia proporciona a l'empresa un conjunt d'avantatges competitiu estratègics:

- **Rendibilitat i Innovació:** La valorització de residus i l'eficiència dels recursos generen un estalvi econòmic directe, mentre que l'exigència de millora contínua actua com a motor per a la inversió en R+D+i, impulsant el desenvolupament global de la planta.

- **Reputació corporativa:** Treballar de manera transparent i sostenible facilita els tràmits amb l'Administració, ajuda a fer que la comunitat local accepti el projecte i millora la imatge de l'empresa al mercat.

En conclusió, la implementació d'aquest sistema consolida un model on la sostenibilitat, el rigor normatiu i el desenvolupament de la planta avancen de forma unida i verificable.

6.4 Gestió de residus

L'activitat de la planta genera una sèrie de residus que requereixen un tractament adequat. Aquests corrents residuals es classifiquen en funció del seu estat físic (sòlid, líquid o gasós), ja que cada tipus d'efluent necessita un procés de gestió específic. Totes les actuacions es duen a terme complint estrictament amb la normativa vigent i prioritzant la màxima reducció i reaprofitament d'aquests residus, en línia amb el ferm compromís mediambiental de l'empresa.

A continuació, es classifiquen i determinen tots els efluent contaminants generats a les instal·lacions i se n'especifiquen els àmbits d'actuació per a cada cas. Cal destacar que les tècniques aplicades no són estàtiques; la filosofia de millora contínua de l'empresa impulsa la recerca i la implementació constant de les millors tècniques disponibles al mercat.

6.4.1 Residus sòlids

Per entendre millor d'on surten els residus sòlids que es generen a la planta, se solen dividir en dos grans grups: els que provenen directament de l'activitat industrial i els que s'assemblen als que generariem en un entorn urbà o domèstic.

El primer bloc correspon als **residus industrials**. Són tots aquells materials que es generen pel simple fet de produir, transformar o fer el manteniment de les instal·lacions (tal com marca la Llei 7/2022). Aquí hi entren elements molt lligats al funcionament tècnic de la planta, com per exemple:

- Maquinària i peces mecàniques de recanvi.
- Filtres i sistemes de purificació.
- Components propis de la instal·lació (com vàlvules, canonades o aparells de control).
- Materials descartats i residus propis del laboratori.

El segon grup engloba els **residus assimilables a urbans**. Aquests no surten de les màquines ni del procés de fabricació, sinó del dia a dia de les zones d'oficines, menjadors o vestidors. Són residus molt comuns i fàcils d'identificar, com ara:

- Paper, cartró, plàstics i envasos de vidre.
- Matèria orgànica.
- Piles, bateries, bombetes i fluorescents.
- Material de farmaciola i de primers auxiliis.

- Equips de Protecció Individual (EPIs) que ja no poden fer servir els treballadors.

Ajuntant aquests dos blocs tenim la fotografia completa de tots els residus sòlids que emet la planta. Ara bé, cal tenir clar que aquesta divisió només serveix per classificar-los i saber d'on venen. A l'hora de la veritat, el tractament o reciclatge que se'ls aplica és completament independent del grup al qual pertanyen; es mira exactament quin tipus de residu és i es gestiona de la manera més adequada.

6.4.1.1. Zones d'emissió

Per tal de controlar quines zones de la planta generen més volum de residus sòlids, s'ha registrat el punt d'origen de cadascun dels materials que s'han descrit fins ara. Tota aquesta informació s'ha recopilat i es presenta de manera resumida a la *Taula 6.1*.

Taula 6.1 Separació de gestió de residus sòlids per zones i la seva classificació.

Residus sòlids	Zona	Classificació
Aparells	A-100 a A-500	Industrial
Bombetes i fluorescents	Totes	Urbà
Catalitzador Fe-Mo	A-300	Industrial
Màquines i peces de màquines	A-100 a A-500	Industrial
Matèria orgànica	Totes	Urbà
EPIs	A-1100	Urbà
Papers i cartó	Totes	Urbà
Piles i bateries	Totes	Urbà
Plàstics	Totes	Urbà
Residus de laboratori	A-900	Industrial
Vidres	Totes	Urbà

6.4.1.2. Tractament

Com que a la planta es genera una gran varietat de materials, cadascun d'ells requereix un tractament específic. La clau per gestionar-ho correctament és garantir una bona separació des del primer moment, i per això s'han distribuït contenidors específics per totes les instal·lacions. El funcionament d'aquests punts de recollida interns és senzill: s'han de buidar de manera obligatòria un cop a la setmana o, lògicament, abans en cas que s'omplin. El protocol consisteix

a traslladar els residus des d'aquests contenidors petits fins a uns de més gran capacitat situats a la zona exterior de la fàbrica, respectant sempre la separació per tipus de material. El fet de tenir aquests grans contenidors a fora facilita molt la logística de recollida. L'etapa final del procés queda en mans d'empreses gestores externes, que passen a recollir aquests contenidors exteriors i s'encarreguen de fer el tractament corresponent. Aquest és el procediment estàndard per a la majoria de materials; de tota manera, si algun residu en concret necessita una gestió diferent, queda detallat en el llistat següent:

- **Residus industrials.** Aquest grup inclou els materials que ja s'han detallat a l'apartat 6.4.1. La seva gestió es derivarà a una empresa externa especialitzada, però el tractament serà una mica diferent de la resta. En lloc d'utilitzar el circuit de contenidors estàndard, aquests residus es traslladaran a una àrea d'emmagatzematge específica per condicionar-los abans del transport. A més, perquè l'empresa gestora pugui treballar de la manera més àgil possible, serà obligatori deixar tots els materials perfectament separats, endreçats i amb les etiquetes corresponents. Principalment, ens centrarem en la gestió del Fe-Mo. Atès l'alt valor de mercat del molibdè, aquest material s'emmagatzemarà i es tractarà exclusivament per a la seva valorització metal·lúrgica. D'aquesta manera, es garanteix la recuperació del metall i s'evita qualsevol pèrdua econòmica per a la planta, transformant un residu en un subproducte rendible. Aquesta tasca específica es derivarà a un gestor de residus amb tecnologia per a la recuperació química i de metalls valuosos, com ara el Grup Tradebe o Befesa.
- **Piles i bateries.** Aquests elements s'engloben dins la família de residus de piles i acumuladors. Sota cap concepte s'han de barrejar amb les deixalles comunes, ja que és fonamental evitar que vagin a parar a un abocador convencional. Si això passés, el risc és alt: els materials altament tòxics que contenen es podrien anar filtrant a poc a poc pel terreny i acabar contaminant els aqüífers i els pous d'aigua subterrània. Per aquest motiu, s'han de dipositar exclusivament en el contenidor que els pertoca, que és precisament el que es mostra a la *Figura 6.4*.



Figura 6.4 Contenidor de piles i bateries

- **Matèria orgànica.** Dins d'aquest grup hi comptem bàsicament les restes de menjar, el paper de cuina, determinats tipus de paper o les càpsules de cafè, entre d'altres. Tota aquesta fracció s'ha de llançar directament al contenidor marró habilitat per a aquesta finalitat, tal com s'il·lustra a la *Figura 6.5*. Ara bé, per un tema purament estètic, a la zona

d'oficines no s'hi posaran aquests contenidors tan grossos. En el seu lloc, es disposarà d'unes papereres més discretes (les que es poden veure a la *Figura 6.6*) que estaran destinades única i exclusivament a recollir aquests residus orgànics.



Figura 6.5 Contenedor d'orgànic



Figura 6.6 Paperera d'orgànic

- **Equips de protecció individual (EPIs).** Quan el material de seguretat dels treballadors s'ha de descartar, el procediment a seguir és molt concret. Primer de tot, s'ha de posar a dins d'una bossa de plàstic i assegurar-se que quedi ben tancada. Seguidament, s'ha de dipositar al contenidor destinat a la fracció resta. Aquest recipient s'identifica clarament pel seu color gris i és exactament igual al que es pot veure a la *Figura 6.7*.



Figura 6.7 Contenedor d'EPIs.

- **Material de primers auxilis.** Les restes derivades de les cures o farmacioles segueixen un protocol a part, tot i que cal fer un petit matís. Alguns elements d'aquest grup, com per exemple els plàstics que fan d'embolcall del material sanitari, es poden llançar tranquil·lament als contenidors de plàstic que hi ha repartits per la instal·lació. Ara bé, pel que fa als residus que són estrictament sanitaris, la gestió recau en una empresa externa. Per garantir que se'n puguin fer càrrec correctament i que el material els arribi ben classificat i en condicions òptimes de seguretat, a la planta s'haurà de recollir tot dipositant-ho dins de bosses de plàstic que hauran de quedar perfectament tancades.
- **Paper i cartó.** Com és lògic, aquesta categoria engloba tots els residus fets d'aquests materials. Per recollir-los, s'utilitzaran els clàssics contenidors de color blau, com el que es pot veure a la *Figura 6.8*, que estaran repartits per diferents punts de la instal·lació. Ara bé, a les oficines i a les zones de descans s'ha buscat una opció visualment més estètica i menys voluminosa. Per això, en aquests espais concrets no s'hi trobaran els

contenidors grossos, sinó que es faran servir unes papereres especials (les de la *Figura 6.9*) on únicament es podrà llançar aquest tipus de material.



Figura 6.8 Contenidor de paper i cartró



Figura 6.9 Paperera de paper i cartró

- **Bombetes i fluorescents.** Com el seu propi nom indica, aquí es parla dels diferents elements d'il·luminació. Tot i que estiguin fets majoritàriament de vidre, és important recalcar que no s'han de llençar mai al contenidor verd. Aquests elements formen part de la categoria de Residus d'Aparells Elèctrics i Electrònics (RAEE) i, per tant, requereixen uns contenidors especials per a la seva recollida, com el que s'il·lustra a la *Figura 6.10*. Cal tenir en compte que a les oficines i a les àrees de descans no es disposarà d'aquests recipients; així doncs, per desfer-se de qualsevol d'aquests materials caldrà anar als punts de recollida específics que hi ha distribuïts per la resta de la planta.



Figura 6.10 Contenidor de bombetes i fluorescents

- **Residus de laboratori.** La gestió dels residus de laboratori dependrà de la seva perillositat. Els materials no contaminats es podran dipositar als contenidors convencionals. En canvi, els residus tòxics o perillosos s'hauran de classificar i condicionar de forma segura. Atès que se'n preveuen volums reduïts, la seva gestió i eliminació es farà internament o a través d'un gestor extern especialitzat.
- **Vidre.** Tal com s'ha indicat anteriorment, cal recordar que les bombetes i els fluorescents tenen el seu propi circuit de recollida i, per tant, queden totalment exclosos d'aquest grup. Així doncs, aquesta categoria queda reservada exclusivament per a la resta d'elements fabricats amb vidre, com podrien ser envasos convencionals, trossos de finestres, miralls trencats o panells. Per desfer-se'n, s'utilitzaran els contenidors específics per a aquesta fracció (com el que s'il·lustra a la *Figura 6.11*), que es trobaran repartits per diferents punts de les instal·lacions. Igual que passa amb altres residus, als espais com les oficines o les zones de descans no hi haurà aquests recipients; per tant,

per llançar qualsevol vidre caldrà desplaçar-se fins a un dels punts habilitats a la resta de la planta.



Figura 6.11 Contenidor de vidre

- **Plàstics.** Aquesta fracció inclou qualsevol deixalla fabricada amb plàstic, com ara ampolles d'aigua, embolcalls de peces noves o restes de components de la maquinària. Per recollir aquests materials s'utilitzaran els contenidors que s'indiquen a la *Figura 6.12*. Com passa amb altres residus, a les zones d'oficines i de descans s'ha buscat una solució més estètica: allà no hi haurà contenidors grossos, sinó unes papereres específiques (com les de la *Figura 6.13*) destinades exclusivament a recollir aquesta mena de material.



Figura 6.12 Contenidor de plàstic



Figura 6.13 Paperera de plàstic

6.4.2 Residus líquids

A la indústria química, la generació de residus líquids és molt freqüent. Aquests efluents exigeixen un tractament rigorós, ja que solen concentrar una gran varietat i quantitat de contaminants. Per aquest motiu, resulta imprescindible portar un control exhaustiu tant del volum de les emissions com de la seva composició química. Amb el ferm propòsit de minimitzar l'impacte d'aquests abocaments sobre l'entorn, a la planta s'ha establert una classificació detallada. Aquesta segregació és el pas previ fonamental per poder aplicar una estratègia de gestió i depuració específica, adaptada a les característiques de cada corrent líquid.

A l'hora de gestionar els efluents líquids de la planta, aquests es classifiquen en quatre grans grups:

- Aigües residuals industrials
- Aigües residuals pluvials
- Aigües sanitàries o d'ús personal
- Residus líquids de laboratori

6.4.2.1. Zones d'emissió

Per poder avaluar correctament la gestió d'aquests efluent, resulta fonamental identificar els punts exactes de la instal·lació on es generen. Per aquest motiu, a la *Taula 6.2* es detallen les diferents zones d'emissió corresponents a cada corrent líquid.

Taula 6.2 Separació de gestió de residus líquids per zones.

Residus líquids	Zona
Aigües residuals industrials	A-100 a A-500
Aigües residuals pluvials	Totes
Aigües sanitàries o d'ús personal	A-300
Residus líquids de laboratori	A-100 a A-500

6.4.2.2. Límits d'emissions líquides

L'Annex II del Decret 130/2003, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament, defineix els límits permesos per a l'abocament d'aigües residuals a la xarxa pública. Aquestes restriccions es detallen a la *Taula 6.3*, on es recullen els diferents paràmetres que poden ser assumits per les Estacions Depuradores d'Aigües Residuals (EDAR) sense que això suposi un impacte rellevant per als objectius de qualitat del medi receptor.

Taula 6.3 Límits legals per a l'abocament d'efluents líquids.

Paràmetre	Valor límit	Unitat
Temperatura	40	°C
pH	6-10	pH
MES	750	mg/L
DBO5	750	mg/L
DQO	1500	mg/L
Olis i greixos	250	mg/L
Conductivitat	6000	µS/cm
Diòxid de sofre	15	mg/L
Sulfats	1000	mg/L

Sulfurs totals	1	mg/L
Sulfurs dissolts	0,3	mg/L
Fòsfor total	50	mg/L
Nitrats	100	mg/L
Amoni	60	mg/L
Nitrogen orgànic i amoniacal	90	mg/L

6.4.2.3. Tractament

Com que cada corrent líquid presenta una composició i unes característiques fisicoquímiques diferents, el sistema de tractament s'ha d'abordar de manera individualitzada. L'objectiu principal és garantir que tots els efluent emesos per la planta compleixin de manera estricta amb els límits legals d'abocament. Per aconseguir-ho, s'apliquen protocols específics per a cada fracció, sovint derivant-ne la gestió a instal·lacions externes especialitzades. Els àmbits d'actuació per a cada tipus d'efluent són els següents:

- **Aigües residuals industrials:** Són aquelles que s'originen en les diferents parts de producció, en les tasques de neteja d'equips o arran de la recollida de possibles vessaments. A causa de la seva càrrega contaminant, es canalitzen cap a una Estació Depuradora d'Aigües Residuals (EDAR) industrial, on se sotmeten als tractaments necessaris per reduir-ne els contaminants fins a nivells segurs per a la seva emissió.
- **Aigües pluvials:** Aquestes aigües corresponen a la pluja recollida a les zones netes de la planta (cobertes i vials). Com que no tenen contacte amb productes químics, es canalitzen directament a la xarxa de pluvials
- **Aigües sanitàries o d'ús personal:** Són les generades als vestidors, lavabos, oficines o fonts de la planta. Com que la seva composició és exclusivament orgànica i assimilable a la urbana, s'aboquen a la xarxa de clavegueram sanitari, la qual les condueix a una EDAR municipal per a la seva depuració convencional.
- **Residus líquids de laboratori:** Engloba totes les restes de reactius i analítiques que, per la seva naturalesa, no es poden abocar per la pica. Tot i generar-se en petites quantitats, s'emmagatzemen en envasos homologats i es lliuren a una empresa externa gestora de residus especials, que s'encarrega d'aplicar-los el tractament fisicoquímic de neutralització més adequat.

6.4.3 Residus gasosos

La generació d'emissions gasoses és un factor inherent a la pràctica totalitat de la indústria química. Com que aquests efluent s'alliberen a l'atmosfera, resulta imprescindible sotmetre'ls a un control estricte. Per poder dissenyar i aplicar el tractament de depuració més adequat en cada cas, i reduir així al mínim l'impacte mediambiental, el pas previ fonamental és identificar i caracteritzar cada corrent.

Amb aquesta finalitat, a les instal·lacions de la planta s'han catalogat els següents focus principals d'emissió de gasos:

- **Emissions directes derivades del procés productiu.** Aquest és el corrent principal, on s'alliberen els subproductes gasosos generats per les reaccions secundàries a l'interior del reactor (CO, CO₂, DME), així com la possible emissió de traces de metanol no reaccionat i no recuperat provinents de la segona columna d'absorció.
- **Gasos provinents de les operacions d'inertització amb nitrogen.**
- **Vapors generats per les respiracions dels tancs d'emmagatzematge** (corrents que contenen compostos orgànics volàtils evaporats, com el metanol i el propi formaldehid).
- **Emissions puntuals associades a les maniobres de posada en marxa.**
- **Gasos procedents de les purgues d'equips i canonades.**

6.4.3.1. Zones d'emissió

Per poder avaluar i dimensionar correctament el tractament d'aquestes emissions a l'atmosfera, resulta fonamental localitzar els focus exactes de la instal·lació on es generen. Amb aquesta finalitat, a la *Taula 6.4* es detallen els diferents equips i zones d'origen corresponents a cada corrent gasós.

Taula 6.4 Separació d'efluents gasosos per zones.

Residus gasosos	Zona
Emissions del procés	A-1400
Inertització nitrogen	A-100 i A-600
Gasos dels tancs	A-100 i A-600
Gasos de purga	A-100 a A-500

6.4.3.2. Límits d'emissions gasoses

L'Annex II del Reial Decret 508/2007, pel qual es regula la informació d'emissions (E-PRTR), estableix els valors llindar d'emissió a l'atmosfera de les diferents substàncies. A la *Taula 6.5* es recullen aquests valors per als compostos de la planta.

Taula 6.5 Límits legals per a l'abocament d'efluents gasosos.

Substància contaminant	Valor llindar d'emissió a l'atmosfera (kg/any)
Diòxid de carboni (CO ₂)	100.000.000
Monòxid de carboni (CO)	500
Compostos Orgànics Volàtils No Metànics (COVNM)*	100

** En la categoria de Compostos Orgànics Volàtils No Metànics (COVNM) s'hi engloben vapors i gasos com el metanol, el formaldehid i l'èter dimetílic (DME).*

6.4.3.3. Tractament

El corrent 15, provinent dels caps de la segona columna d'absorció, està format majoritàriament per inerts (N_2 , O_2), però arrossega traces de monòxid de carboni (CO) i diversos COVs (dimetilèter, metanol, formaldehid i àcid fòrmic). A causa d'aquests contaminants, es descarta emetre'l directament a l'atmosfera. Pel seu tractament, i d'acord amb les Millors Tècniques Disponibles (MTD), s'ha optat per instal·lar un Oxidador Catalític (CatOx). Aquesta tecnologia és l'òptima per a aquest corrent perquè permet destruir eficaçment aquestes traces operant a temperatures molt més baixes que una oxidació tèrmica convencional, la qual cosa suposa un estalvi energètic considerable per a la planta

Aquest equip destrueix els contaminants mitjançant oxidació però, gràcies a l'ús d'un llit catalític (habitualment de platí o pal·ladi), opera a temperatures molt més baixes que un sistema tèrmic convencional (entre 250 i 400 °C). Tot i que el catalitzador encareix la inversió inicial, aquesta reducció tèrmica suposa un estalvi energètic decisiu que en minimitza els costos d'operació. El procés transforma la toxicitat dels gasos en diòxid de carboni i vapor d'aigua amb una eficiència superior al 99%, aprofitant l'oxigen que ja es troba àmpliament disponible en el mateix corrent. Les reaccions principals de neutralització que es donaran en el sistema són:

- **Oxidació del monòxid de carboni:** $CO + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2$
- **Oxidació de l'èter dimetílic (DME):** $CH_3OCH_3 + 3 O_2 \rightarrow 2 CO_2 + 3 H_2O$
- **Oxidació del metanol:** $CH_3OH + \frac{3}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + 2 H_2O$
- **Oxidació de l'àcid fòrmic:** $HCOOH + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow CO_2 + H_2O$

Com que el catalitzador rebaixa l'energia d'activació necessària, es redueix al mínim el consum de gas natural per escalfar els gasos, mitigant substancialment la petjada de carboni de la instal·lació i garantint uns costos d'operació molt continguts. A nivell d'implantació, per processar els cabals derivats de la planta MethaForm, el CatOx (veure *Figura 6.14*) s'implementa mitjançant un disseny modular integrat (tipus *skid*) que agrupa el ventilador d'impulsió, l'intercanviador de calor i el reactor catalític. Aquest conjunt requerirà una superfície d'implantació d'entre 30 i 60 m², i s'ubicarà de forma adjacent a l'última columna d'absorció per minimitzar el recorregut de les canonades de gas. L'element de major magnitud estructural serà la xemeneia d'evacuació, dissenyada amb una alçada estimada d'entre 15 i 30 metres per assegurar la correcta dispersió atmosfèrica segons normativa. Atenent a la complexitat d'aquesta tecnologia, l'enginyeria de detall i el manteniment del CatOx es delegaran a una empresa externa especialitzada en solucions mediambientals industrials (com Airprotech o Anguil).



Figura 6.14 CatOx compacte tipus skid de l'empresa Anguil.

A nivell legal, la xemeneia de l'equip constitueix el principal focus emissor de la planta i està regulada per la Directiva 2010/75/UE i el Reial Decret 100/2011. A més, per donar compliment a la normativa europea de referència (*BREF WGC*), l'equip incorporarà un Sistema de Monitoratge Continu d'Emissions (CEMS). Aquest control permetrà demostrar en temps real davant l'Administració que no se superen en cap cas els Valors Límit d'Emissió (VLE) exigits per l'Autorització Ambiental Integrada (AAI).

6.5 Altres contaminants

A més de la generació de residus convencionals, les plantes químiques produeixen altres formes d'impacte ambiental que, tot i ser menys evidents a simple vista, requereixen una atenció especial: la contaminació lumínica, acústica i odorífera. Una gestió rigorosa d'aquestes emissions és fonamental per dos grans motius. En primer lloc, controlar-ho garanteix una bona convivència amb els veïns, les empreses de l'entorn i les institucions. En segon lloc, com que afecta directament l'entorn de treball, cal prendre mesures preventives per protegir el benestar físic i mental dels empleats, la qual cosa es tradueix en un millor rendiment.

6.5.1 Contaminació acústica

La contaminació acústica a la indústria química prové de l'activitat diària de la planta, com ara el funcionament de la maquinària pesant, els sistemes de ventilació o les constants operacions de transport i manipulació de materials. Aquest tipus de contaminació genera un doble impacte que cal controlar de manera exhaustiva. D'una banda, cap a l'exterior pot alterar el dia a dia de les comunitats veïnes i d'altres empreses de la zona, a més de destorbar la fauna local i afectar els seus cicles naturals o de comunicació. D'altra banda, a l'interior de les instal·lacions, l'exposició continuada a sorolls que superin els 85 decibels pot dificultar la comunicació operativa entre els treballadors i acabar provocant problemes de salut greus, com ara pèrdua d'audició, estrès, irritabilitat o fins i tot problemes cardiovasculars.

6.5.1.1 Normativa

Per tal de fer una gestió adequada d'aquests sorolls i garantir el compliment legal, l'empresa s'emmarca dins d'un conjunt de regulacions. A escala europea es regeix per la Directiva 2002/49/CE sobre el soroll ambiental, mentre que a nivell estatal s'aplica la Llei 37/2003 del Soroll i els reials decrets derivats centrats en la zonificació i avaluació acústica. A Catalunya, la legislació vigent és la Llei 16/2002 de protecció contra la contaminació acústica i el seu reglament, el Decret 176/2009. Segons aquesta normativa, el territori es divideix en zones de sensibilitat acústica en funció de l'ús del sòl. Atès que la planta està ubicada en una àrea amb predominança d'ús industrial, li correspon la classificació C2. Els valors màxims d'immissió permesos per a aquesta categoria varien en funció de la franja horària, establint una exigència més restrictiva durant les hores de descans nocturn, tal com es detalla a la *Taula 6.6*.

Taula 6.6: Valors límit d'immissió acústica per a zona de sensibilitat C2 (Ús industrial).

Període	Franja horària	Límit d'immissió (dB)
Dia (Ld)	07:00 h – 21:00 h	70
Tarda (Le)	21:00 h – 23:00 h	70
Nit (Ln)	23:00 h – 07:00 h	60

6.5.1.2 Tractament

Per assegurar que no se superen aquests límits i protegir tant l'entorn com la salut de la plantilla, cal aplicar mesures correctores de manera estratègica. El primer pas és actuar directament sobre l'origen del soroll, prioritzant l'adquisició d'equips o maquinària més silenciosa i fent un manteniment preventiu rigorós per evitar estridències derivades de fregaments o desgast mecànic. Un cop generat el soroll, s'ha de frenar la seva propagació pel medi. Això s'aconsegueix aïllant la maquinària més conflictiva dins de cabines o encapsulats insonoritzats i instal·lant amortidors o suports antivibratoris a les bases dels equips. En aquesta mateixa línia, s'utilitzen materials absorbents a parets i sostres, i es dissenya la planta separant físicament les zones de producció més sorolloses de les àrees de descans i control. Finalment, en aquelles zones on l'acció tècnica no és suficient, s'actua sobre el treballador proporcionant-li equips de protecció individual, com taps o auriculars, obligant-ne l'ús a les àrees de risc i duent a terme controls auditius periòdics per fer un seguiment de la salut de la plantilla.

6.5.2 Contaminació lumínica

La contaminació lumínica a les instal·lacions industrials es produeix per l'augment de la lluentor del cel nocturn a causa de la dispersió i reflexió de la il·luminació artificial, així com per qualsevol emissió de llum que envaeixi espais no desitjats. Igual que passa amb el soroll, aquest excés de llum té conseqüències tant a dins com a fora de la planta. En l'àmbit exterior, afecta negativament les comunitats veïnes, suposa un increment innecessari del consum energètic i de les emissions de diòxid de carboni, i altera de manera significativa els cicles biològics i els patrons de comportament de la flora i la fauna nocturnes. En l'àmbit intern, una exposició perllongada a

una il·luminació artificial inadequada pot arribar a alterar el ritme circadiari dels propis treballadors, repercutint en el seu descans i benestar general.

6.5.2.1 Normativa

Per fer front a aquesta problemàtica, l'enllumenat de les instal·lacions industrials està estrictament regulat a diferents nivells administratius, amb l'objectiu de garantir tant l'eficiència energètica com la preservació del cel fosc. A escala europea, l'empresa s'ha d'ajustar als reglaments de disseny ecològic per a fonts lluminoses, destacant el Reglament de la Comissió (UE) 2019/2020 i el Reglament (UE) 1194/2012, els quals estableixen els requisits tècnics rigorosos que han de complir les làmpades direccionals i la tecnologia LED. A nivell estatal, l'activitat queda emmarcada pel Reial Decret 1890/2008, pel qual s'aprova el reglament d'eficiència energètica en instal·lacions d'enllumenat exterior, incloent-hi totes les seves instruccions tècniques complementàries.

Aprofundint en l'àmbit autonòmic, a Catalunya la legislació vertebradora és la Llei 6/2001 d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn, acompanyada del Decret 190/2015 que la desplega detalladament, i l'Ordre MAH/566/2009 per la qual es regula la Comissió de Prevenció de la Contaminació Llumínosa. Aquest cos normatiu estableix un mapa que divideix el territori català en quatre àrees segons la vulnerabilitat del medi. Aquestes àrees van des de la zona E1, que atorgaria una protecció màxima a espais naturals d'interès, fins a la zona E4, de protecció menor per a sòls urbans amb gran intensitat comercial o d'oci. Atès que la planta d'aquest projecte està situada en un terreny urbanitzable amb predominança d'ús industrial, queda classificada legalment dins de la zona E3. Aquesta categoria exigeix una protecció moderada i obliga la instal·lació a respectar uns paràmetres luminotècnics màxims molt concrets cap a l'exterior, els quals queden quantificats a la *Taula 6.7*.

Taula 6.7: Valors i paràmetres màxims d'emissió lluminosa per a la zona de protecció E3.

Paràmetre luminotècnic	Límit màxim permès
Nivell d'il·luminació vertical intrusa	10 lux (vespre) i 5 lux (nit)
Intensitat lluminosa emesa per les lluminàries	10.000 cd
Luminància mitjana per a l'enllumenat de façanes	5 cd/m ² (mitjana) i 10 cd/m ² (màxima)
Luminància màxima de senyals i anuncis lluminosos	800 cd/m ²

6.5.2.2 Tractament

Per assegurar que es respecten aquests límits i es minimitza la petjada lumínica, cal aplicar una combinació de mesures tecnològiques i de disseny de la planta. La principal estratègia consisteix a utilitzar enllumenat altament enfocat cap a les àrees de treball on realment fa falta, instal·lant pantalles, viseres i apantallaments que dirigeixin el feix de llum exclusivament cap a terra per

evitar projectar qualsevol raig de llum cap al cel. Aquesta mesura es complementa amb l'ús de tecnologia LED d'alta eficiència i temperatures de color adequades, integrant temporitzadors i sensors de moviment que garanteixin que els llums s'encenen només en funció de les necessitats d'ocupació reals. D'altra banda, tot i que s'intenta aprofitar al màxim la il·luminació natural durant les hores de sol, cal garantir que a la nit la potent llum interior no es filtri cap a fora; per aconseguir-ho, les obertures com portes i finestres han de disposar de mecanismes físics de tancament. Finalment, es redueix a la mínima expressió l'ús de rètols comercials encesos durant la matinada i es duen a terme accions de conscienciació entre els operaris per fomentar un ús racional dels interruptors durant el seu torn.

6.6 Gestió externa

La gestió externa de la planta és un pilar estratègic per garantir-ne l'operativitat, el compliment legal i la seguretat industrial. Aquest àmbit engloba, d'una banda, el subministrament continu i segur de matèries primeres essencials com el metanol, a més de l'aprovisionament energètic, de fluids auxiliars i de consumibles crítics com el catalitzador. D'altra banda, abasta el tractament de totes les sortides del procés que requereixen ser gestionades fora de les instal·lacions mitjançant empreses autoritzades, com ara l'evacuació i tractament de residus perillosos. També s'hi inclouen aquells serveis externalitzats indispensables, com les inspeccions de control ambiental, les analítiques de laboratori o el manteniment especialitzat d'equips. Atesa la naturalesa perillosa i inflamable dels compostos manipulats, tota aquesta logística exigeix un rigorós control documental sota la normativa de transport ADR, així com una coordinació preventiva constant amb proveïdors, transportistes i serveis d'emergència.

6.6.1. Aprovisionament de matèries primeres

L'aprovisionament de matèries primeres per al procés d'obtenció de formol s'ha de gestionar sota estrictes protocols d'eficiència i seguretat, donada la inflamabilitat i la toxicitat dels compostos implicats. El subministrament del reactiu principal, el metanol, s'efectua exclusivament mitjançant transport terrestre per carretera.

El metanol s'aprovisiona de forma periòdica mitjançant camions cisterna procedents de proveïdors autoritzats, complint rigorosament amb l'Acord Europeu sobre el Transport de Mercaderies Perilloses per Carretera (ADR). El metanol és un líquid altament inflamable i tòxic, amb un punt d'inflamabilitat molt baix (al voltant d'11 °C), per la qual cosa està sotmès a la normativa d'Emmagatzematge de Productes Químics. Específicament, la seva gestió i emmagatzematge han de complir amb les especificacions de la Instrucció Tècnica Complementària MIE APQ-10 (Emmagatzematge en recipients mòbils) o, en el cas de la nostra planta on s'utilitzen tancs fixos, principalment amb la ITC MIE APQ-1 per a l'emmagatzematge de líquids inflamables i combustibles.

A l'arribada a la instal·lació, els camions es dirigeixen a una àrea de descàrrega habilitada i aïllada. Aquesta zona està dissenyada amb una cubeta de retenció per evitar qualsevol vessament al sòl o a la xarxa de clavegueram, i compta amb sistemes d'extracció i ventilació. Un cop realitzades les connexions de seguretat pertinents, el metanol es bombeja cap a la zona d'emmagatzematge

principal, formada per 4 tancs atmosfèrics. Aquests tancs estan dissenyats específicament per contenir líquids inflamables, compten amb sistemes d'inertització amb nitrogen per evitar atmosferes explosives a l'interior, i estan equipats amb instrumentació contínua: sensors de nivell, vàlvules de pressió-buit, detectors de fuites i sistemes de detecció de gasos tòxics i inflamables enclavats al sistema de control distribuït de la planta.

D'altra banda, el catalitzador requereix un aprovisionament puntual cada dotze o divuit mesos. El material es rep en forma d'anells o pèl·lets envasats en bidons estancs o saques industrials, i s'ha d'emmagatzemar en un espai completament sec i ventilat per evitar que la humitat en degradi l'activitat. Tot i no ser inflamable, la seva manipulació i càrrega al reactor genera pols en suspensió, fet que obliga els operaris a protegir-se amb equips de protecció individual (EPIs) específics, com mascaretes amb filtre de partícules i ulleres de seguretat.

6.6.2. Gestió externa de residus

En aquest apartat es detalla la gestió d'aquells residus que requereixen el tractament per part d'empreses externes autoritzades. D'una banda, els residus assimilables a urbans es gestionen mitjançant un sistema de recollida selectiva que en garanteix una segregació òptima. La fracció orgànica es recull amb una freqüència de tres cops per setmana, la fracció resta un cop per setmana, i els materials reciclables com el vidre, el plàstic, el paper i el cartró s'evacuen dues vegades per setmana. D'altra banda, la planta genera de forma contínua residus perillosos d'ús general i manteniment, com ara piles, bombetes, fluorescents, cartutxos i restes de reactius de laboratori. Per a la seva correcta canalització, l'empresa gestora externa realitza recollides regulars i desplaça un assessor mediambiental a la instal·lació, el qual s'encarrega d'identificar les fraccions a tractar i elaborar tota la documentació pertinent d'acord amb la normativa vigent.

Pel que fa als equips de protecció individual (EPIs) que s'han de reemplaçar, la seva gestió segueix estrictament la jerarquia de residus. Els components que ho permeten es destinen al reciclatge, mentre que els elements contaminats per productes químics o que incorporen logotips de l'empresa són destruïts de manera segura, operació per la qual la planta obté el corresponent certificat de destrucció. En relació amb el catalitzador esgotat, un cop finalitzada la seva vida útil al reactor, és recollit per una empresa externa especialitzada. Aquest residu s'envia a instal·lacions on s'intenta aprofitar per produir nous catalitzadors o materials mitjançant la recuperació dels seus metalls; si això no és possible, el material és inertitzat i destruït amb totes les garanties de seguretat.

Finalment, els residus líquids perillosos generats a la planta, com els olis industrials o les mescles orgàniques aquoses residuals, es gestionen prioritzant les vies de valorització. S'apliquen principalment operacions com la recuperació o regeneració de dissolvents (codi R02) o el reciclatge de substàncies orgàniques (codi R03). Si les característiques fisicoquímiques del residu impedeixen la seva recuperació, s'apliquen vies d'eliminació seguint l'ordre establert per la normativa: ja sigui mitjançant tractaments fisicoquímics d'evaporació o assecat (codi D09) o bé mitjançant la incineració controlada (codi D10). Tota aquesta logística queda estructurada i codificada d'acord amb el Catàleg Europeu de Residus (CER), tal com es resumeix a la *Taula 6.8*.

Taula 6.8: Classificació CER i vies de gestió externa dels residus generats a la planta.

Tipus de residu generat	Codi CER	Classificació	Via de gestió i tractament extern
Olis tèrmics i de manteniment usats	13 03 08*	Perillós	Valorització energètica (R) o tractament (D09/D10)
Material absorbent, draps i EPIs contaminats	15 02 02*	Perillós	Destrucció certificada i incineració controlada
Reactius de laboratori i mescles químiques	16 05 06*	Perillós	Tractament fisicoquímic i estabilització
Catalitzador esgotat (Fe-Mo)	16 08 07*	Perillós	Recuperació de metalls o inertització segura
Paper i cartró	20 01 01	No perillós	Reciclatge en plantes de triatge
Vidre i plàstic	20 01 02 / 20 01 39	No perillós	Reciclatge i valorització material

6.7 Matriu de Leopold

Amb l'objectiu d'identificar, categoritzar i quantificar els impactes ambientals que pot generar l'activitat industrial de MethaForm, s'ha elaborat una matriu de Leopold, un instrument clàssic en l'avaluació d'impactes ambientals. Aquesta metodologia consisteix a construir una matriu de doble entrada on, a les columnes, s'indiquen les accions o activitats del projecte (com ara l'emmagatzematge, el procés de reacció, la gestió de residus o el tractament d'emissions atmosfèriques) i, a les files, s'estableixen els elements del medi ambient susceptibles de rebre un impacte, com ara l'aigua, l'aire, el sòl o la salut humana.

A cada encreuament d'aquesta matriu s'assigna un valor qualitatiu basat en dos paràmetres que es representen a la mateixa casella. D'una banda, s'avalua la magnitud de l'impacte (anotada a la part superior esquerra) mitjançant una escala de -10 a +10, sent negatius els impactes adversos i positius els beneficis ambientals. De l'altra, es determina el nivell d'importància (anotat a la part inferior dreta) en una escala de l'1 al 10 per identificar l'abast i el pes de l'impacte en qüestió. Aquesta aproximació analítica permet identificar ràpidament quines accions requereixen mesures correctores i quines ja es troben ben gestionades des del disseny inicial de la instal·lació.

L'anàlisi s'ha elaborat contemplant totes les etapes de la vida de la planta (construcció, operació i desmantellament), així com les accions associades a la gestió de residus i la seguretat dels productes, especialment pel risc químic i d'inflamabilitat derivat de l'ús de compostos com el

metanol i el formaldehid. L'avaluació ja integra l'efecte atenuant de les Millors Tècniques Disponibles (MTD) implementades al disseny, com l'ús de l'Oxidador Catalític (CatOx) per als gasos o les bancades d'inèrcia per a la maquinària. D'aquesta manera, la matriu de Leopold proporciona una visió estructurada de l'impacte ambiental global del projecte i serveix com a línia base fonamental per a les futures auditories del Sistema Comunitari d'Eco gestió i Auditoria (EMAS) i l'establiment de polítiques de millora contínua a MethaForm.

Taula 6.9: Matriu de Leopold de la planta MethaForm

Medi afectat	Etapas													Impactes positius	Impactes negatius	Impacte global ponderat
	Tractament de gasos de cua (CatOx)	Emissions fugitives (COVs)	Gestió d'efluents líquids de procés	Emmagatzematge de Metanol i Formol	Gestió de residus (Catalitzador Fe-Mo)	Integració energètica i consum	Aprofitament tèrmic (Oli tèrmic/Vapor)	Emissions acústiques i vibratòries	Logística i transport (Cisternes ADR)	Prevenció de riscos i accidents (SEVESO)	Sistemes de contenció i inertització N2	Adequació del terreny	Manteniment i neteja			
Aire	8 9	-3 5	-1 2	-2 6	-1 2	-4 6	4 6	0 0	-4 5	2 4	4 5	-4 5	-1 2	4	8	1
Aigua	0 0	-1 1	7 8	-2 6	0 0	-3 5	-1 2	0 0	-1 2	2 4	6 7	-2 3	-5 6	2	6	1
Sòl	0 0	-1 1	2 5	-4 7	3 6	0 0	0 0	-1 2	-1 3	3 5	7 8	-10 10	1 3	3	4	18
Fauna	0 0	-1 1	1 3	-1 4	-1 2	-1 2	0 0	-3 4	-2 3	1 2	1 2	-5 6	0 0	2	6	-53
Flora	0 0	-1 1	1 3	-1 4	-1 2	-1 2	0 0	0 0	-1 2	1 2	1 2	-10 10	0 0	2	6	-98
Paisatge	0 0	0 0	-1 2	-1 3	-1 2	0 0	-1 2	-1 2	-2 3	0 0	-1 3	-9 9	2 3	1	8	-108
Salut humana	6 7	-3 6	4 6	-4 8	2 5	-1 2	2 4	-7 8	-4 7	8 9	8 9	-3 5	4 6	6	7	121
Recursos naturals	-1 2	0 0	-8 8	-2 5	7 8	5 7	8 9	0 0	-8 9	2 4	-2 4	-4 5	-2 3	3	5	-193
Impactes positius	2	0	4	0	3	1	2	0	0	7	6	0	3	-311		
Impactes negatius	1	6	3	8	3	4	2	4	8	0	2	8	3			
Impacte per accions ponderat	112	-41	17	-104	84	-31	92	-68	-126	129	131	-481	-25			

Feta la matriu de Leopold com es veu representada a la *Taula 6.9* de la planta MethaForm, tenint en compte les etapes escollides, s'obté un valor total d'un impacte ambiental de -311 punts. Aquest valor indica un impacte negatiu de la planta, és totalment coherent, ja que treballem amb compostos perillosos i recursos naturals. No obstant això, la xifra és prou moderada, fet que evidencia el gran pes de les mesures preventives aplicades, disminuint així l'impacte operatiu de la planta.

Fent un anàlisi més profund, s'observen tres focus principals d'impacte negatiu que son:

- **Adequació del terreny (-481 punts):** és l'acció amb un impacte més gran de tot el projecte. La industrialització d'una parcel·la té un efecte força perjudicial sobre la flora, fauna i sobre el paisatge.
- **Consum de recursos naturals i logística (-193 i -126):** l'elevat consum de metanol, el transport d'aquest amb cisternes ADR i demanda de serveis generals genera un impacte ecològic considerable
- **Emmagatzematge de metanol i formol (-104):** les grans dimensions dels compostos que intervenen en la planta, i el fet de que siguin inflamables i tòxics suposa un risc inherent a una possible fuga al terra o a l'aire.

Per un altre costat, la matriu ens mostra quins punts positius té la planta a nivell ambiental, a causa de l'aplicació de les Millors Tècniques Disponibles (MTD):

- **Tractament de gasos amb CatOx (+112):** la capacitat de neutralitzar els COVs i gasos tòxics fa que el impacte final a nivell atmosfèric sigui molt reduït.
- **Prevenió de riscos i accidents i inertització (+129 i +131):** el sistema de contenció, prevenció d'accidents i inertització amb nitrogen son una barrera de protecció del sòl i aigües, però principalment, assegura un entorn segur de treball.
- **Aprofitament energètic i economia circular (+92 i +84):** la recirculació dels fluids refrigerants i la gestió externa del catalitzador Fe-Mo mostren un procés clarament optimitzat el qual redueix el malbaratament.

La matriu de Leopold obtinguda, ens indica que tot i que l'alteració física de l'entorn i consum de recursos és inevitable, l'impacte global està força regulat gràcies a les mesures preventives ja comentades. Amb aquesta informació es pot fer un diagnòstic de que la planta MethaForm és assumible i sostenible. Tot i l'estudi ambiental realitzat, per tal de continuar millorant el procés, els esforços de les futures auditories s'haurien de centrar a reduir la dependència de recursos externs i a fer més eficient la logística de transport.

6.8 Bibliografia

- [1] **Directiva 2010/75/UE** del Parlament Europeu i del Consell, de 24 de novembre de 2010, sobre les emissions industrials (prevenció i control integrats de la contaminació). Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/doue/2010/334/L00017-00119.pdf>.
- [2] **Reglament (CE) núm. 1907/2006 (REACH)**, relatiu al registre, l'avaluació, l'autorització i la restricció de substàncies i preparats químics. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/?uri=CELEX%3A32006R1907>.
- [3] **Directiva 2012/18/UE (SEVESO III)**, relativa al control dels riscos d'accidents greus en els quals intervinguin substàncies perilloses. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/doue/2012/197/L00001-00037.pdf>.
- [4] **Directiva 2008/98/CE** del Parlament Europeu i del Consell, de 19 de novembre de 2008, sobre els residus. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/doue/2008/312/L00003-00030.pdf>.
- [5] **Directiva 2000/60/CE** pel qual s'estableix un marc comunitari d'actuació en l'àmbit de la política d'aigües. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/doue/2000/327/L00001-00073.pdf>.
- [6] **Reial decret legislatiu 1/2016**, de 16 de desembre, pel qual s'aprova el text refós de la Llei de prevenció i control integrats de la contaminació (IPPC). Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/rdlg/2016/12/16/1>.
- [7] **Llei 7/2022**, de 8 d'abril, de residus i sòls contaminants per a una economia circular. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/l/2022/04/08/7>.
- [8] **Reial decret 840/2015**, de 21 de setembre, pel qual s'aproven mesures de control dels riscos inherents als accidents greus (Transposició SEVESO III). Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2015/09/21/840>.
- [9] **Reial decret 656/2017**, pel qual s'aprova el Reglament d'Emmagatzematge de Productes Químics (APQ) i les seves instruccions tècniques complementàries. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2017/06/23/656>.
- [10] **Reial decret 100/2011**, de 28 de gener, pel qual s'actualitza el catàleg d'activitats potencialment contaminadores de l'atmosfera (CAPCA). Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2011/01/28/100>.
- [11] **Reial decret 508/2007**, de 20 d'abril, pel qual es regula el subministrament d'informació sobre emissions del Reglament PRTR i de les AAI. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/rd/2007/04/20/508>.
- [12] **Llei 37/2003**, de 17 de novembre, del Soroll. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.boe.es/eli/es/l/2003/11/17/37>.

- [13] **Llei 20/2009**, de 4 de desembre, de prevenció i control ambiental de les activitats (PCAA). Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/l/2009/12/04/20>.
- [14] **Decret 130/2003**, de 13 de maig, pel qual s'aprova el Reglament dels serveis públics de sanejament. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/d/2003/05/13/130>.
- [15] **Llei 16/2002**, de 28 de juny, de protecció contra la contaminació acústica. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/l/2002/06/28/16>.
- [16] **Llei 6/2001**, de 31 de maig, d'ordenació ambiental de l'enllumenament per a la protecció del medi nocturn. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/l/2001/05/31/6>.
- [17] **European IPPC Bureau (2022)**. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for Common Waste Gas Management and Treatment Systems in the Chemical Sector (WGC)*. JRC Publications Office. Recuperat de: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/common-waste-gas-management-and-treatment-systems-chemical-sector>.
- [18] **European IPPC Bureau (2017)**. *Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Large Volume Organic Chemicals (LVOC)*. JRC Publications Office. Recuperat de: <https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/production-large-volume-organic-chemicals>.
- [19] **Johnson Matthey / Haldor Topsoe (2024)**. *FORMOX™ solutions: Leading the way in formaldehyde production and Fe-Mo catalyst performance*. Technical White Paper. Recuperat de: <https://matthey.com/en/products-and-services/chemical-processes/formox>.
- [20] **Anguil Environmental Systems (2025)**. *Catalytic Oxidizers (CatOx): Design and efficiency for VOC and CO abatement in chemical processing*. Tech Report. Recuperat de: <https://anguil.com/oxidizers/catalytic-oxidizers/>.
- [21] **Reif, W., et al. (2011)**. *Formaldehyde*. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH. (Referència per al disseny del reactor d'òxids metàl·lics Fe-Mo).
- [22] **Airprotech Srl (2026)**. *Integrated solutions for industrial gas purification using CatOx technology*. Recuperat el 12 de maig de 2026, de: <https://www.airprotech.eu/>.
- [23] **ISO 14001:2015**. Sistemes de gestió ambiental. Requisits amb orientació per al seu ús. International Organization for Standardization.
- [24] **Reglament (CE) núm. 1221/2009** del Parlament Europeu i del Consell, de 25 de novembre de 2009, relatiu a la participació voluntària en un sistema comunitari d'ecogestió i auditoria (EMAS). Recuperat de: <https://www.boe.es/doue/2009/342/L00001-00045.pdf>.
- [25] **Leopold, L. B., et al. (1971)**. *A Procedure for Evaluating Environmental Impact*. Geological Survey Circular 645. U.S. Geological Survey. Recuperat de: <https://pubs.usgs.gov/circ/1971/0645/report.pdf>.