

Universidad de Cádiz

Proyectos fin de carrera de Ingeniería Industrial

Centro: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Química Industrial

Título: Instalación de una planta de compostaje de lodos

Autor: Francisco Javier Collado Becerra

Fecha: Septiembre 2013

INSTALACIÓN PARA COMPOSTADO DE LODOS PROCEDENTES DE ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES



Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Química Industrial

Alumno: Francisco Javier Collado Becerra

Convocatoria: Septiembre 2013



INSTALACIÓN PARA EL COMPOSTADO DE LODOS PROCEDENTES DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES

Titulación: Ingeniería Técnica Industrial, especialidad Química Industrial

Alumno: Francisco Javier Collado Becerra

Tutor: Pedro Luis Guerrero Santos

Convocatoria: Septiembre 2013

Agradecer a mi familia por todo su apoyo, cariño y sacrificio económico que han debido de hacer durante mi etapa como estudiante. Gracias a Pedro Luis Guerrero por todo su tiempo y dedicación en el presente proyecto. Gracias a todos los profesores que me han ayudado a tener una buena formación académica.

“El auténtico conservacionista es alguien que sabe que el mundo nos es una herencia de sus padres, sino un préstamo de sus hijos”

J.J. Audubon 1800

DOCUMENTOS DEL PROYECTO

El presente proyecto consta de los siguientes Documentos:

DOCUMENTO N° 1 MEMORIA

DOCUMENTO N°2 PLANOS

DOCUMENTO N°3 PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO N°4 PRESUPUESTO

INDICE GENERAL

DOCUMENTO N° 1: MEMORIA

CAPÍTULO 1: MEMORIA DESCRIPTIVA

1.1. Alcances y objetivos del proyecto.....	1
1.2. Antecedentes.....	1
1.3. Situación y emplazamiento	1
1.4. Origen y características de los fangos	3
1.4.1. Tratamientos primarios	3
1.4.2. Tratamientos secundarios	4
1.5. Producción de lodos de la zona.....	4
1.6. Normativa y reglamentación aplicable	
1.6.1 Normativa sobre lodos.....	8
1.6.1.1. Normativa relativa al Plan Nacional de Lodos.....	8
1.6.1.2. Marco de legislación sobre los residuos generados en la planta de compostaje de lodos.....	8
1.6.1.3. Tercer Borrador del documento de trabajo de biosólidos	9
1.6.2. Normativa sobre la calidad del compostaje de lodos	10
1.6.2.1. Normativa en España.....	10
1.6.2.2. Normativa Europea.....	11
1.6.2.3 Compost life	12

1.7. Justificación del proyecto de implantación de una planta de compostaje	
1.7.1 La problemática de los vertederos	13
1.7.2. El aprovechamiento del compost.....	14
1.7.2.1. Propiedades físicas.....	14
1.7.2.2. Propiedades químicas	15
1.7.2.3. Propiedades biológicas	16
1.7.1 La problemática de los fertilizantes	17
1.8. Compostaje.....	18
1.8.1. Introducción.....	18
1.8.2. Objetivos del compostaje.....	19
1.8.3. Condicionantes del compostaje	
1.8.3.1. Volumen.....	20
1.8.3.2. Grado de trituración.....	21
1.8.3.3. pH	21
1.8.3.4. Nutrientes.....	22
1.8.3.5. Relación carbono vs nitrógeno	22
1.8.3.6. Oxígeno	23
1.8.3.7. Temperatura.....	24
1.8.3.8. Población microbiana	25
1.8.3.9. Humedad.....	26
1.8.4. Sistemas de compostaje.....	27

1.8.4.1. Sistemas abiertos	29
1.8.4.2. Sistemas cerrados	29
1.8.5. Materias primas del compost.....	33
1.8.6. Clasificación del compost y su uso.....	33
1.8.6.1. Compost fresco	33
1.8.6.2. Compost maduro.....	34
1.8.6.3. Compost curado	34
1.8.7. Métodos para determinar la madurez de un compost.....	34
1.8.7.1. Métodos físicos	35
1.8.7.2. Métodos químicos	35
1.8.7.3. Métodos biológicos.....	36
1.8.7.4. Métodos microbiológicos.....	36
1.8.8. Plantas de compostaje en Andalucía	37
1.8.9. Mercado del compost	38
1.8.10. Implicaciones económicas de la planta de compostaje a gran escala	
1.8.10.1. Costes	39
1.8.10.2. Precios.....	40

CAPÍTULO 2: MEMORIA CÁLCULO

2.1. Introducción.....	1
2.2. Datos de partida.....	1
2.3. Proceso de la planta	1
2.4. Esquema de la planta de compostaje.....	3
2.5. Equipos y distribución de la planta.....	4
2.5.1. Báscula de camiones.....	4
2.5.2. Trituradora.....	6
2.5.3. Eras de secado.....	10
2.5.3.1. Convencionales de arena.....	12
2.5.3.2. Pavimentadas	12
2.5.3.2.1. Eras de drenaje	12
2.5.3.2.2. Eras de decantación	13
2.5.3.3. Eras de secado de medio artificial	13
2.5.3.4. Por vacío.....	13
2.5.4. Cintas transportadoras	17
2.5.5. Balsa de lixiviados.....	20
2.5.5.1. Geometría del embalse	20
2.5.5.2. Construcción del embalse	21
2.5.5.3. Impermeabilización.....	24
2.5.5.4. Obras complementarias.....	24

2.5.5.5. Recepción del embalse	25
2.5.5.6. Estimación del coste.....	26
2.5.5.7. Elección de la lámina y cálculo de la balsa	27
2.5.6. Reactor	31
2.5.6.1. Características de la volteadora	39
2.5.7. Cribado.....	42
2.5.8. Almacén de maduración	49
2.5.9. Distribución y dimensionado.....	52
2.5.9.1. Báscula	54
2.5.9.2. Trituradora	55
2.5.9.3. Almacén de restos de poda.....	56
2.5.9.4. Eras de secado	57
2.5.9.5. Reactor.....	58
2.5.9.6. Equipos de bombeo.....	59
2.5.9.7. Balsa de lixiviados	60
2.5.9.8. Cribadora.....	61
2.5.9.9. Almacén de maduración.....	62
2.5.9.10. Cintas transportadoras.....	63
2.5.9.11. Ensacadora.....	64
2.5.9.12. Edificio de oficinas y servicios generales.....	65
2.5.9.13 Dimensión de la planta.....	67

CAPÍTULO 3: ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO 1: ESTUDIO IMPACTO AMBIENTAL

1. Introducción.....	1
2. Situación y Características de la Parcela	2
3. Evaluación del Impacto	3
3.1. Valoración del impacto.....	3
3.1.1 Ecología	3
3.1.1.1. Vegetación arbórea y arbustiva.....	3
3.1.1.2. Vegetación herbácea	4
3.1.1.3. Fauna	4
3.1.1.4. Atmósfera	5
3.1.1.5. Ruidos	5
3.1.1.6. Olores.....	6
3.1.1.7. Capa freática.....	6
3.1.2 Agricultura	6
3.1.3 Geología.....	7
3.1.4 Vertidos.....	7
3.1.5 Paisajes y aspectos estéticos	7
3.1.5.1. Ruptura de la formación paisajística	7
3.1.6 Consumo energético	8
3.1.7 Medio social.....	9
3.1.7.1. Empleo.....	9
3.1.7.2. Higiene Pública.....	9
3.1.8 Medidas correctoras	9

3.1.8.1. Estudios de las distintas alternativas para el rechazo de la planta.....	9
3.1.8.1.1. Olores.....	10
3.1.8.1.2. Vertidos.....	10

ANEXO 2: II PLAN NACIONAL DE LODOS DE DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES - EDAR II PNLD (2007-2015)

ÍNDICE

1. Introducción-Antecedentes.....	1
2. Situación Actual: resultados obtenidos en el I PNLD	4
2.1. Generación de LD	4
2.2. Tratamientos de LD	4
2.3. Evolución de la valorización agrícola de los lodos (2001-2005)	5
2.4. Legislación y aplicación de las CCAA.....	6
3. Principios básicos de gestión	14
3.1. Principio de prevención	14
3.2. Principio de jerarquía.....	14
3.3. La responsabilidad del productor	15
4. Objetivos ecológicos	15
4.1. Objetivos cualitativos	15
4.2. Objetivos cuantitativos.....	15
5. Instrumentos y medidas.....	16
5.1. Programa de prevención	16
5.2. Programa de valorización.....	16
5.3. Otras medidas.....	16

6. Presupuesto	18
7. Financiación.....	18
8. Seguimiento y revisión	20

ANEXO 3: FOTOGRAFÍAS DE LA PARCELA

DOCUMENTO N° 2: PLANOS

1. Plano de situación	
2. Plano de Emplazamiento	
3. Planta de Distribución	
4. Diagrama básico de proceso	
5. Diagrama de proceso	
6. Camión	

DOCUMENTO N° 3: PLIEGO DE CONDICIONES

1. Pliego de Condiciones Generales	
1.1. Disposiciones Generales	
1.1.1. Título del proyecto y autor	1
1.1.2. Objetivo del pliego de condiciones	1
1.1.3. Documentos que integrarán el contrato de obra	2
1.1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos	3
1.1.5. Forma general de interpretación de los trabajos	3

1.1.6. Idioma oficial.....	3
1.1.7. Dirección facultativa.....	4
1.1.8. Descripción de las instalaciones	4
1.1.9. Disposiciones legales y reglamentarias.....	5
1.2. Condiciones Generales Facultativas	
1.2.1. Delimitación de funciones de los agentes intervinientes	10
1.2.2. Obligaciones y derechos del Contratista	13
1.2.3. Trabajos, materiales y medios auxiliares	16
1.3. Condiciones Generales Económicas	
1.3.1. Base Fundamental.....	20
1.3.2. Garantías de cumplimiento y fianzas	21
1.3.3. Precios y previsiones	21
2. Pliego de Condiciones Técnicas Particulares	
2.1. Base fundamental.....	24
2.2. Normativa aplicable.....	25
2.3. Condiciones técnicas a cumplir por las instalaciones	26
2.4. Condiciones técnicas de los servicios higiénicos y otros locales.....	27
2.5. Características de los materiales	
2.5.1. Consideraciones básicas	28
2.5.2. Calidades de los materiales	30
2.6. Garantías	

2.6.1. Producción de compost	32
2.6.2. Fertilidad del producto	33
2.6.3. Garantía de Materiales y Equipos.....	33

DOCUMENTO N° 4: PRESUPUESTO

Capítulo 1: Túneles de reacción. Obra civil	1
Capítulo 2: Túneles de reacción. Equipos.....	2
Capítulo 3: Almacén de material soporte. Obra civil	3
Capítulo 4: Eras de secado	4
Capítulo 5: Balsa de lixiviados.....	5
Capítulo 6: Almacén de maduración de productos terminados.....	6
Capítulo 7: Equipos	7
Resumen de presupuesto	8

DOCUMENTO N° 1

MEMORIA

CAPÍTULO 1.
MEMORIA DESCRIPTIVA

INDICE

1.1. Alcances y objetivos del proyecto	1
1.2. Antecedentes	1
1.3. Situación y emplazamiento.....	1
1.4. Origen y características de los fangos.....	3
1.4.1. Tratamientos primarios.....	3
1.4.2. Tratamientos secundarios.....	4
1.5. Producción de lodos de la zona	4
1.6. Normativa y reglamentación aplicable	
1.6.1 Normativa sobre lodos	8
1.6.1.1. Normativa relativa al Plan Nacional de Lodos.....	8
1.6.1.2. Marco de legislación sobre los residuos generados en la planta de compostaje de lodos.....	8
1.6.1.3. Tercer Borrador del documento de trabajo de biosólidos	9
1.6.2. Normativa sobre la calidad del compostaje de lodos	10
1.6.2.1. Normativa en España	10
1.6.2.2. Normativa Europea	11
1.6.2.3 Compost life.....	12
1.7. Justificación del proyecto de implantación de una planta de compostaje	
1.7.1 La problemática de los vertederos	13

1.7.2. El aprovechamiento del compost	14
1.7.2.1. Propiedades físicas	14
1.7.2.2. Propiedades químicas	15
1.7.2.3. Propiedades biológicas	16
1.7.1 La problemática de los fertilizantes.....	17
1.8. Compostaje.....	18
1.8.1. Introducción.....	18
1.8.2. Objetivos del compostaje	19
1.8.3. Condicionantes del compostaje	
1.8.3.1. Volumen	20
1.8.3.2. Grado de trituración	21
1.8.3.3. pH	21
1.8.3.4. Nutrientes.....	22
1.8.3.5. Relación carbono vs nitrógeno.....	22
1.8.3.6. Oxígeno	23
1.8.3.7. Temperatura.....	24
1.8.3.8. Población microbiana	25
1.8.3.9. Humedad	26
1.8.4. Sistemas de compostaje	27
1.8.4.1. Sistemas abiertos	29

1.8.4.2. Sistemas cerrados	29
1.8.5. Materias primas del compost	33
1.8.6. Clasificación del compost y su uso	33
1.8.6.1. Compost fresco.....	33
1.8.6.2. Compost maduro.....	34
1.8.6.3. Compost curado	34
1.8.7. Métodos para determinar la madurez de un compost.....	34
1.8.7.1. Métodos físicos	35
1.8.7.2. Métodos químicos	35
1.8.7.3. Métodos biológicos	36
1.8.7.4. Métodos microbiológicos	36
1.8.8. Plantas de compostaje en Andalucía.....	37
1.8.9. Mercado del compost.....	38
1.8.10. Implicaciones económicas de la planta de compostaje a gran escala	
1.8.10.1. Costes	39
1.8.10.2. Precios.....	40

1.1. Alcances y objetivos del proyecto

El presente proyecto tiene por objeto el dimensionamiento, cálculo, elección y valoración de las instalaciones y equipos de una planta de compostaje de lodos, con una entrada diaria de 27.500 Kg de lodos procedentes de las depuradoras de La Línea de la Concepción, Algeciras, Castellar y San Roque, la salida de estos lodos tendrán diversos fines como pueden ser terrenos agrícolas, terrenos forestales y terrenos marginales.

Para mejorar la calidad del compost se recogerán los restos de poda de la zona, los cuales serán facilitados por los ayuntamientos de Algeciras, San Roque, La Línea de la Concepción y Castellar. La alimentación diaria estimada es de 100.000 Kg diarios.

La planta de compostaje constará de servicios de recogida de lodos así como de salida una vez envasados. Para ahorrar costes en el transporte los lodos se irán recogiendo en función de su volumen generado. Se procederán a su recolección una vez alcanzado el volumen admitido por las básculas de los camiones.

1.2. Antecedentes

El presente proyecto se realiza como Proyecto Fin de Carrera para la obtención del título de Ingeniero Técnico de Química Industrial en la Escuela Universitaria Politécnica Superior de Algeciras emplazada en el término municipal de San Roque, con domicilio social en Polígono Industrial de Guadarranque.

1.3. Situación y emplazamiento

Para la situación y emplazamiento de la planta es necesario conocer previamente los rasgos geográficos del Campo de Gibraltar:

El Campo de Gibraltar, cuya ciudad más poblada es Algeciras y donde se encuentran otras ciudades importantes como La Línea de la Concepción, San Roque, o Tarifa.

La red ferroviaria consta de:

- Línea de ferrocarril Algeciras-Granada. Transcurre un tren regional con paradas en las varias localidades del Campo de Gibraltar, provincia de Málaga y Granada.

Para la elección de los terrenos, se establecieron los siguientes criterios:

- Que no se ubicarán dichas plantas de tratamiento en parque natural, reservas naturales, parajes naturales y alrededor de estas zonas.
- Que en áreas de marismas y arroyos tampoco se ubicarán las plantas, por la dificultad que entraña para la movilidad de la maquinaria.
- Que no se ubicarán plantas a menos de 500 m de aglomeraciones de viviendas que tengan cierta entidad.
- Que las plantas de tratamiento tuvieran fácil acceso desde carreteras o caminos, que tengan una anchura y condiciones de firme adecuadas para la circulación de vehículos pesados.

Por tanto la planta de compostaje de lodos estará ubicada en una zona céntrica de las depuradoras y que cumple las condiciones de los criterios mencionados anteriormente, siendo la población de Taraguilla el lugar escogido para tal fin. De esta forma se podrá aprovechar la poca distancia que tendrán que cubrir los camiones para el servicio de recogida y lodos, así como de su salida.

Otras de las características que se han tenido en cuenta para la elección del emplazamiento son la facilidad de acceso a la zona así como la disponibilidad de terreno. Estas características hacen del recinto escogido, un lugar apto para la instalación objeto del presente proyecto.

1.4. Origen y características de los fangos

Las dos fuentes principales de producción de fangos en el Campo de Gibraltar son el tratamiento primario y secundario, aunque la procedencia de los sólidos producidos en las plantas de tratamiento varía también en función del tipo de planta, de la edad del fango y del tipo de procesos al que han sido sometidos.

1.4.1. Tratamientos primarios:

En el tratamiento primario los fangos proceden de los sólidos presentes en el agua contaminada, los procesos de los que procede son:

- Decantación primaria
- Tanques de aireación

Las características generales de los fangos procedentes de las depuradoras del campo de Gibraltar presentan las siguientes características:

CARACTERÍSTICA	VALORES MEDIOS
Ph	5-8
Poder Calorífico	15000-22000 KJ/Kg
Densidad	1.4(densidad de las partículas)
Contenido en volátiles	60-80(% en peso seco)
Celulosa	8-15(% en peso seco)
Grasas y lípidos	7-35(% en peso seco)
Proteínas	20-30(% en peso seco)
Fósforo	0.8-2.8(% P ₂ O ₅ en peso seco)
Potasio	0-1(% K ₂ O en peso seco)

Tabla 1. Características de los fangos

1.4.2. Tratamientos secundarios:

En el tratamiento secundario los fangos proceden de la biomasa generada por la actividad biológica, y proceden de los siguientes procesos:

-Sedimentación secundaria

-Instalaciones de tratamiento de fangos

Características generales del fango generado en el Campo de Gibraltar :

CARACTERÍSTICA	VALORES MEDIOS
pH	6.5-8
Poder Calorífico	15000 KJ/Kg
Densidad	1.08(densidad de las partículas)
Contenido en volátiles	60-75(% en peso seco)
Celulosa	5-10(% en peso seco)
Grasas y lípidos	5-12(% en peso seco)
Proteínas	32-41(% en peso seco)
Fósforo	3-3.7(% P ₂ O ₅ en peso seco)
Potasio	0.5-0.6(% K ₂ O en peso seco)

Tabla 2. Características generales del fango

1.5. Producción de lodos de la zona

A continuación se mostrarán los datos de la producción de lodos en el año 2012 de la zona:

EDAR	Lodos (Toneladas/año)
Algeciras	9000
San Roque	150
Acerinox	21900
Castellar	60
La Línea	300

Tabla 3. Producción anual de lodos en el año 2012

Depuradora de Algeciras:

Lleva en funcionamiento 9 meses, esta depuradora posee una zona de fangos donde reducen su volumen en aguas mediante secado.

Ubicación:



Fig. 1. EDAR de Algeciras

Se observa que debido al poco tiempo que lleva en funcionamiento dicha planta, la estación depuradora de aguas residuales de Algeciras aún no estaba construida en su totalidad. Está diseñada para abastecer a una población de 220.000 habitantes. Haciendo frente a la demanda de tratamientos ya que supera con creces a la población de Algeciras actualmente.

San Roque:

Consta de dos decantadores (primario y secundario) y de un tanque de sedimentación donde recogen los lodos generados en el proceso de tratamiento.

Ubicación:



Fig.2. EDAR de San Roque

Actualmente la EDAR de San Roque abastece sus aguas residuales así como las del polígono. La planta está reconstruida ya que posee dos decantadores, ambos uno a continuación del otro, y un tanque de sedimentación. También existe un punto limpio a su izquierda.

Castellar:

Ubicación:



Fig. 3. EDAR Castellar

Abastece a la población de castellar, ubicada junto al campo de fútbol, generando unas 60 toneladas al año de lodos.

La Línea:

Ubicación:



Fig. 4. EDAR La Línea

Acerinox:

Ubicación:

**Fig.5. EDAR Acerinox**

Es la depuradora que más cantidad de lodos trata, éstas aguas sale muy ricas en nitratos por lo que sería ideal para el consumo de riego agrícola. Se busca solución para separar el níquel del lodo, puesto que les sería muy rentable. Usan un tratamiento con cal, que además sirve para neutralizar los ácidos provenientes de la planta.

Constan de un decantador, una vez sedimenten, se envían a la planta de secado, hasta un contenido en sólidos del 33-40%. Se hacen en dos pasos: deshidratación fq: se coagulan mediante polielectroelito. Deshidratación mecánica: por escurrido y prensado.

El lodo lo trasladan a un vertedero autorizado una vez “seco”.

No se recogerán los lodos de esta planta debido a la gran cantidad de metales pesados que posee los lodos implicándonos un gran coste en su tratamiento haciendo que el proceso no sea rentable.

1.6. Normativa y reglamentación aplicable

1.6.1. Normativa sobre lodos

En la planta de compostaje utilizaremos lodos procedentes de las estaciones depuradoras del Campo de Gibraltar, dichas estaciones depuradoras están reguladas por la Directiva del Consejo 91/271/CEE, de 21 de Mayo de 1991.

Parte de los lodos procedentes de las mismas, serán destinados a la agricultura por lo que pueden provocar contaminación en los suelos, para evitar dicha problemática, nos regiremos en la Directiva 86/278/CEE, relativa a la protección del medio ambiente y, en particular, de los suelos, en la utilización de lodos de depuradora en agricultura, así como del Real Decreto 1310/1990, de 29 de octubre, por el que se regula la utilización de los lodos de depuración en el sector agrario.

1.6.1.1. Normativa relativa al Plan Nacional de Lodos

Reservaremos el anexo 3 para dicho apartado.

1.6.1.2. Marco de legislación sobre los residuos generados en la planta de compostaje de lodos

Parte de los lodos pueden contener residuos no deseables, pudiendo provocar así la contaminación de los suelos, por ello es preciso basarnos en la Ley 22/2011, de 28 de Julio, que sustituye a la anteriormente vigente Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos y suelos contaminados.

Los residuos peligrosos detectados en la planta de compostaje de lodos serán regulados por la Decisión de la comisión, de 3 de mayo de 2000, que sustituye a la Decisión 94/3/CE por la que se establece una lista de residuos de conformidad con la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE del Consejo relativa a los residuos y a la Decisión 94/904/CE del Consejo por la que se establece una lista de

residuos peligrosos en virtud del apartado 4 del artículo 1 de la Directiva 91/689/CEE del Consejo relativa a los residuos peligrosos.

Para prevenir y tener un control integrado de la contaminación de los residuos estará la Ley 16/2002, de 1 de julio, cuyo principal objetivo es el de prevención, de acuerdo con las previsiones de los sucesivos programas comunitarios de acción en materia de medio ambiente y desarrollo sostenible.

Los residuos generados en nuestra planta de compostaje de lodos serán trasladados a un vertedero autorizado ubicado en Algeciras, para dicho traslado nos regiremos por el Reglamento (CE) n ° 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006, relativa a los traslados de residuos.

1.6.1.3. Tercer borrador del documento de trabajo de biosólidos

Propone nuevos valores límite de metales pesados y compuestos orgánicos en los biosólidos, valores límite de concentración de metales pesados en suelo y de cantidades anuales aportadas al mismo. Detalla los parámetros agronómicos y la frecuencia de análisis a realizar a los biosólidos, que utilizaremos en la planta de compostaje.

Describe los tratamientos admisibles aplicados a los biosólidos, y establece condiciones para su utilización. Prevé la necesidad de que el productor garantice y se responsabilice de la calidad del biosólido tratado, y la certifique en el momento de la entrega al usuario final. Éste a su vez debe comprometerse a facilitar detalles sobre el destino del biosólido. Invita a ambos a cumplir con un código de buenas prácticas.

Anima a los gobiernos a desarrollar planes a medio y largo plazo para reducir la contaminación por metales en las aguas residuales. Les encomienda la tarea de transmitir a la Comisión Europea la información que los productores de biosólidos tratados registrarían a cerca de su calidad y su destino final.

Comisión Europea (Environment DG) 27 de abril de 2000.

Normativa de referencia: Directiva 86/278/CEE.

1.6.2. Normativa sobre la calidad del compostaje de lodos

La calidad del compost generado en la planta de compostaje irá ligada al destino final que tendrá el compost, puesto que dependiendo de su finalidad, éste requerirá de distintos periodos de maduración en la planta.

1.6.2.1. Normativa en España

El compostaje se define según BOE 1970 como el producto obtenido por fermentación controlada de residuos orgánicos, o bien, según BOE 1998 como producto obtenido por fermentación aeróbica de residuos orgánicos.

Los metales máximos admitidos en la planta de compostaje de lodos vendrán determinados en la siguiente tabla:

MÁXIMO (mg/kg)	191 1988	146 1991	131 1998	Agric Ecol.
Cadmio	40	40	10	0,7
Cobre	1750	1750	450	70
Níquel	400	400	120	25
Plomo	1200	1200	300	45
Zinc	4000	4000	1100	200
Cromo	750	750	400	700
Mercurio	25	25	7	0,4

Tabla 4. Metales máximos según normativa española

La calidad microbiológica del compost vendrá determinada en el BOE 131, 2/6/98: origen animal, donde se recoge que la Salmonella deberá estar ausente en 25 g, existir estreptococos fecales de 1000 MPN/g y entrobacterias totales de 1000 UFC/g

1.6.2.2. Normativa Europea

El segundo borrador sobre residuos Biodegradables, UE, 12/2/2001, define el compost como un material estable, higienizado y semejante al humus, rico en materia orgánica y sin olores desagradables, resultante del proceso de compostaje de bio-residuos recogidos selectivamente.

Definiendo como material estable al consumo medido de oxígeno siendo este consumo inferior a un valor. Como material higienizado a aquel que han debido cumplirse determinadas condiciones de volteo y temperatura durante el compostaje, y han sido eliminados ciertos patógenos (como salmonella spp en medidas superiores a 50g). Y como bio-residuos a las lista de materiales de partida como residuos agrícolas, agroindustriales y lodos de depuradoras que cumplan su legislación).

Nuestra planta de compostaje cuidará con excesivo detenimiento estos aspectos para así poder conseguir un compost de calidad y cumplir con la normativa, es por ello que constará de sistemas de volteo, cuidado de valores de oxígeno, así como lista de materiales de partida (lodos y restos de podas)

La normativa europea recoge en la siguiente tabla los metales máximos admitidos en el compost, así como su uso en función de la clase de compost que realicemos en la planta de compostaje:

MÁXIMO (mg/kg)	BOE131 1998	UE Clase 1	UE Clase 2	UE Bio-residuo estabilizado
Cadmio	10	0,7	1,5	5
Cobre	450	100	150	600
Níquel	120	50	75	150
Plomo	300	100	150	500
Zinc	1100	200	400	1500
Cromo	400	100	150	600
Mercurio	7	0,5	1	5
PCB	-	-	-	0,4
PAH	-	-	-	3
Impurezas (%) > 2 mm	10 mm	0,5	0,5	3
Piedras > 5mm		5	5	-
USO		TODOS	< 30 ton MS/ha (media 3 años)	No Alimentos, Suelo artificial (minas, carreteras,golf) < 200 ton MS/ha sin repetir en 10 años

Tabla 5. Metales máximos según normativa Europea

1.6.2.3. Compost life

El compost life es aquel que nos surge en la planta de compostaje debido a la combinación del compostaje de lodos, residuos sólidos urbanos y poda. En la planta de compostaje utilizaremos sólo la combinación del compostaje de lodos y los restos de poda.

En la siguiente tabla distinguiremos los tipos de compost así como su proporción de volumen:

Tipo Compost	Proporciones en volumen de materias primas		
	LODOS	R.S.U.	PODA
A	1	0	3
B	0	1	1,5
C	1	0	2

Tabla 6. Compost life

Sus características son:

Parámetro	Unidad	A	B	C
pH		7,09	7,75	6,93
C.E.	dS m ⁻¹	3,38	2,83	3,96
Densidad	g/cm ³	0,503	0,455	0,675
Mat. Org.	%	32,6	27,9	24,3
C/N	%	11,9	12,8	10,7
P ₂ O ₅	%	2,38	0,98	2,09
K ₂ O	%	0,81	0,59	0,71
CaO	%	14	11,9	14,2
MgO	%	1,09	0,83	1,06

Tabla 7. Características del compost life

1.7. Justificación del proyecto de implantación de una planta de compostaje

1.7.1. La problemática de los vertederos

La necesidad de espacio para el acopio de la cantidad descomunal de residuos que producimos es uno de los grandes enemigos del paisaje contemporáneo y representa uno de los grandes problemas de gestión que cada región trata de solucionar como puede.

Una de las finalidades del presente proyecto es colaborar en la reducción de dicha problemática, eliminando el vertido de lodos procedentes de las depuradoras, los cuales presentan grandes perjuicios para ellas debido a su dificultad de tratamiento para su posterior traslado a vertedero autorizado. A la vez de que

conseguimos reducir dicha problemática conseguiremos darle una salida a esos lodos mediante el compostaje.



Fig. 6. Vertedero de Algeciras

1.7.2. El aprovechamiento del compost

El compost mejora las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo dónde se aplica:

1.7.2.1. Propiedades Físicas

La influencia de las aplicaciones del compost en las propiedades físicas del suelo está relacionada con la mejora de la estructura de este, lo que se puede traducir en:

Mejora la estructura, dando soltura a los suelos pesados y compactos y cohesionando los suelos sueltos y arenosos.

Confiere un color oscuro al suelo debido a la materia orgánica, ayudando a la retención de energía calorífica, lo que provoca un aumento moderado de la temperatura del suelo, que influye favorablemente en los procesos biológicos.

Aumento de la porosidad, facilitando el drenaje y también la aireación y respiración de las raíces.

Aumenta la capacidad de retención de nutrientes del suelo, por lo que se aumenta la fertilidad de éste.

Aumenta la infiltración y permeabilidad. Aumenta la permeabilidad de los suelos de arcilla y aumenta la capacidad de retención de agua de suelos arenosos.

Reduce la erosión del suelo, favoreciendo el crecimiento radicular y la capacidad de retención de la humedad, lo cual, junto a la formación de agregados con las arcillas, lo hace un buen agente preventivo de los problemas de desertización.

Mejora el laboreo al dar más esponjosidad al terreno.

1.7.2.2. Propiedades Químicas.

Incrementa la disponibilidad de nitrógeno, fósforo, potasio, hierro y azufre.

Estabiliza la reacción del suelo, debido a su alto poder de tampón.

Inactiva los residuos de plaguicidas debido a su capacidad de absorción.

Inhibe el crecimiento de hongos y bacterias que afectan a las plantas.

Aumenta la capacidad de intercambio catiónico "CIC"(mayor que las arcillas).

Facilita el abonado químico y hace que los minerales se disuelvan mejor.

Su riqueza en oligoelementos como hierro, manganeso, cinc, boro, molibdeno, cobre lo convierte en un fertilizante completo. Aporta a las plantas sustancias necesarias para su metabolismo.

Regula el PH. Como su PH es cercano a 7; es decir, neutro, se puede utilizar sin contraindicaciones, ya que no quema las plantas, ni siquiera las más delicadas en suelos ácidos. En suelos ácidos, incrementa el PH, con lo que puede utilizarse como enmienda en estos suelos.

1.7.2.3. Propiedades Biológicas.

El compost incentiva la coexistencia de diversas especies de microorganismos y se incrementa la microflora del suelo.

Aumenta y mejora la disponibilidad de nutrientes para las plantas, ya que los retiene impidiendo que el agua que lo atraviesa se lleve los nutrientes solubles.

Estimulación del crecimiento vegetal. Acelera el desarrollo radicular y los procesos fisiológicos de brotación, floración, madurez, sabor y color. Al mejorar el estado general de las plantas aumenta su resistencia al ataque de plagas y patógenos y la resistencia a las heladas.

Los ciclos de nutrientes esenciales y de otros macro y micronutrientes se ven favorecidos a través de una adecuada mineralización de la materia orgánica, que asegura un continuo y gradual suministro de nutrientes a la solución del suelo, para ponerlos a disposición de la planta.

Transformación de nitrógeno soluble en nitrógeno orgánico (en el cuerpo de microorganismos) evitando su pérdida por lixiviación o como amoníaco en el aire.

La acción microbiana del compost hace asimilable para las plantas materiales inertes como fósforo, calcio, potasio, magnesio, así como micro y oligoelementos

1.7.3. La problemática de los fertilizantes

Los fertilizantes químicos siguen una ley de rendimientos decrecientes, ya que la producción agrícola por unidad de superficie no crece en la misma proporción que la aplicación de fertilizantes. Como ejemplo, en los últimos años la producción agrícola española ha aumentado un 66 % mientras que la utilización de abonos nitrogenados ha crecido un 84 %, la de abonos fosfatados un 204 % y la de abonos potásicos un 421 %, cuando los fosfatos minerales y la potasa son recursos no renovables. Como consecuencias surgen la creciente pérdida de materia orgánica y la contaminación del suelo y subsuelo.

El contenido energético de los fertilizantes químicos consumidos en España en 1991 era de aproximadamente 17843 millones de kcal, consumo sólo superado por piensos y carburantes. El balance energético de los fertilizantes químicos en la agricultura española es negativo, ya que la energía contenida es menor que la consumida para su producción, y generan fuertes dependencias y pérdidas de energía.

En el presente proyecto se tratará de concienciar a los agricultores que el uso del compost generado en la planta de compostaje de lodos aunque no aporta la misma cantidad inicial de nutrientes mejora su disponibilidad a largo plazo. El compost puede ser utilizado como sustrato sin requerir un abonado mineral adicional (no existen diferencias significativas en las producciones) si sus propiedades físicas son de calidad.

1.8. Compostaje

En este apartado se abordará una breve descripción del proceso general de compostaje así como las diferentes tipos de tecnologías que existen.



Fig. 7. Compostaje de lodos

1.8.1. Introducción

Llegado el momento de la producción de lodos en gran cantidad, los responsables de las depuradoras o incluso los agricultores no toman las suficientes medidas para su aplicación y evitar los posibles riesgos. No tendría sentido que por una parte se depuren las aguas residuales y por otra no gestionasen correctamente los lodos.

El suelo puede ser un buen receptor de residuos orgánicos: tiene capacidad de transformar algunos de los componentes, o de inmovilizar a otros, pero también de transportar; tiene un límite una capacidad, de la que no se puede abusar. El uso indiscriminado de lodos en suelos agrícolas puede llevar a la alteración de sus características, a la contaminación de las aguas subterráneas, de ciertos cultivos o de la cadena trófica.

No es correcto potenciar el uso agrícola de los lodos obviando:

- Las necesidades de suelos y cultivos
- Los demás residuos orgánicos que se generan

- La existencia de otros tipos de suelos que sin ser agrícolas también pueden aprovechar los lodos
- Las características de lodos según tipo de tratamiento aplicado y por tanto la posibilidad (o la obligatoriedad) de escoger el destino más adecuado (aplicarlos directamente, COMPOSTARLOS, incinerarlos, verterlos....)

Es necesario, conservando el espíritu de la legislación actual y acercándose a su cumplimiento, no sobrepasar la capacidad de nuestros suelos para reciclar materias orgánicas y nutrientes y llegar a plantear una “guerra” de residuos y de intereses.

El compostaje es una técnica de estabilización de residuos orgánicos (RO) que puede tener un determinado interés en el aprovechamiento de los lodos.

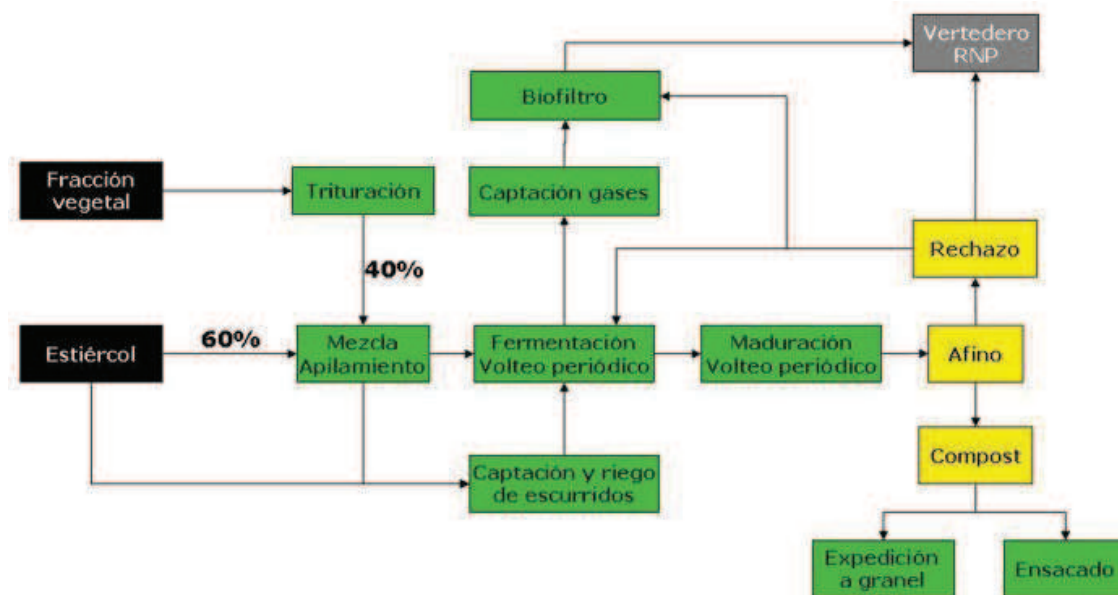


Fig. 8. Esquema de una planta de compostaje

1.8.2. Objetivos del compostaje

Los objetivos del compost generado en la planta son los siguientes:

- Obtención de abono orgánico (compost) que permita el mantenimiento de la fertilidad de los suelos, la producción de cultivos de calidad y la conservación del entorno.
- Facilitar la gestión de los residuos orgánicos procedentes de distintas actividades, reduciendo su peso y volumen, a la vez que estabilizarlos y generar un producto útil.
- Producir materiales alternativos a los sustratos tradicionales, utilizados en horticultura y jardinería.
- Reducción del volumen de la materia original: reducción de masa y volumen, debido a la reducción del contenido de agua y a la pérdida de materia seca, principalmente en forma de CO₂.
- Higienización de la materia orgánica: se consigue la destrucción o reducción de los microorganismos patógenos y la inhibición de la capacidad germinativa de las semillas presentes en los residuos.
- Reducción de olores en el producto final: por la estabilización de la materia orgánica.

1.8.3. Condicionantes del compostaje

1.8.3.1. Volumen:

El volumen del compost será un aspecto de muy a tener en cuenta en cuanto a la elaboración de la planta así como en el proceso. La planta recibirá aproximadamente 27500 kg diarios de lodos procedentes de las estaciones depuradoras.

El compost se retiene el calor de su actividad microbiológica, en dicha pila su centro será más cálido que sus bordes. Con menos de 50 cm habrá

problemas para mantener el calor, mientras que más de 100 cm no permiten el paso de aire suficiente al centro para la vida de los microbios.

1.8.3.2. Grado de trituración:

En la planta de compostaje utilizaremos restos de podas para la realización del compost. Se calcula una entrada diaria de 100.000 kg de restos que se mezclaran con los lodos en la fase previa a la maduración.

Estos restos de poda deben ser triturados previamente a la mezcla con los lodos ya que la descomposición de la materia orgánica por los microorganismos tiene lugar, preferentemente, en la superficie en contacto con el aire. Cuanto mayor sea la superficie de los residuos en que deban trabajar los microorganismos, más rápidamente se descomponen los materiales. Es como un bloque de hielo en el sol, que tarda en derretirse cuando es grande, pero se derrite muy rápido si se tritura.

1.8.3.3. pH:

En la planta de compostaje se mantendrá un pH entre 5.5 y 8.0, ya que este es el óptimo para los microorganismos de compost. Influyendo en el proceso debido a su acción sobre los microorganismos.

En el caso de que se alcalinizase la masa, se añadirán sales ácidas o azufre en polvo para la corrección.

No usaremos la cal para ajustar el pH porque se regulará a medida que avance el proceso. La agregación de cal también convierte el nitrógeno del amonio en el gas del amoníaco, creando un problema de olor.

En la planta de compostaje trataremos un sistema aerobio ya que si el sistema se vuelve anaerobio, el pH puede bajar a 4.5, limitando la actividad microbiana severamente.

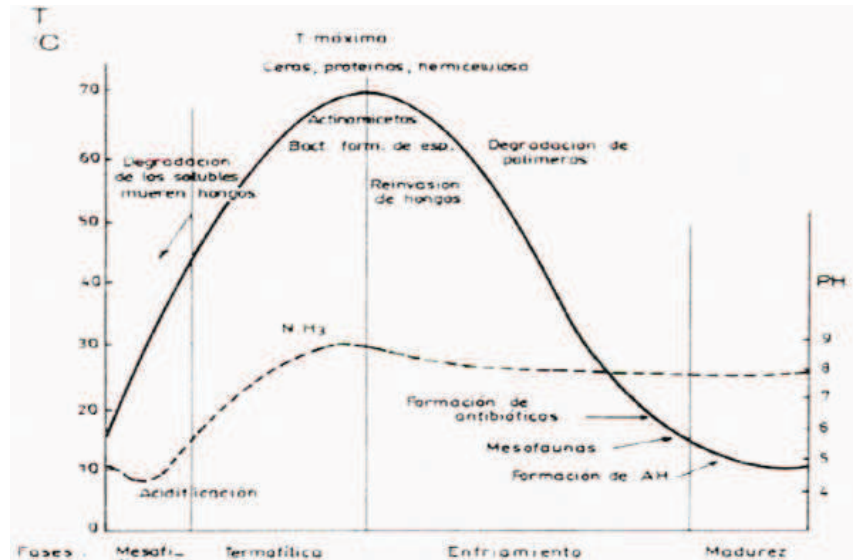


Fig.9. Evolución del pH en las distintas etapas del compostaje

1.8.3.4. Nutrientes:

Todos los organismos necesitan de nutrientes para crecer y reproducirse. Las cantidades varían de elemento a elemento, manteniendo una relación constante unos con respecto a otros. En la planta de compostaje, el mantenimiento de esta relación es especialmente importante para el carbono y nitrógeno. Los microorganismos utilizan el carbón de los residuos como fuente de energía. El nitrógeno es el elemento necesario para formar las proteínas con que construir sus cuerpos.

1.8.3.5. Relación carbono vs nitrógeno:

El carbono y nitrógeno son necesarios para el crecimiento microbiano. El carbono orgánico (que constituye aproximadamente 50 por ciento de la masa de células microbianas) proporciona una fuente de energía y un componente celular

básico. El nitrógeno es el componente esencial de las proteínas, ácidos nucleicos, aminoácidos y enzimas necesario para el crecimiento y función celular.

El carbón y el nitrógeno son los dos elementos fundamentales en el compost y que deberemos mantener controlados en el proceso, su relación de transformación (C: N) es significativa. Al inicio del proceso, la relación entre el contenido de carbono y nitrógeno debe estar alrededor de 30.

Generalmente se considera que la proporción de C/N ideal para el compostaje está alrededor de 30:1, y al finalizar el proceso debe estar próxima a 10. El proceso del compostaje se retarda si no hay bastante nitrógeno, y demasiado nitrógeno puede causar la generación de amoníaco que puede crear olores desagradables.

Con el progreso del compostaje, la proporción de C/N gradualmente disminuye de 30:1 a 10:1-15:1 para el producto acabado. Esto ocurre porque a medida que los compuestos orgánicos son consumidos por los microorganismos, parte del carbono se emite como anhídrido carbónico. El resto se incorpora junto con el nitrógeno en las células microbianas.

Una relación C:N muy baja no afecta al proceso de compostaje, pero se pierde el exceso de nitrógeno en forma de amoníaco. Dado que uno de los objetivos del compostaje es la conservación de nutrientes, no podemos permitir esta pérdida. La mezcla de distintos residuos con diferentes relaciones C:N puede solucionar el problema.

1.8.3.6. Oxígeno

Para conseguir un buen y rápido compostaje es necesario un buen aporte de O_2 . La base principal de la planta de compostaje en la fabricación del compost es una buena aireación de la masa. La demanda de aire en la planta de compostaje está

calculada en torno a $15-20 \text{ m}^3/\text{tm}/\text{día}$, y depende de muchos factores, como el material, la textura, la humedad, o la manera y frecuencia de voltear la pila.

La planta de compostaje constará de sistema de volteo, el cual sirve para homogeneizar la mezcla y su temperatura. Después de cada volteo, la temperatura disminuye de 5 a 10°c , subiendo de nuevo si el proceso no ha acabado se puede forzar la aireación por métodos de succión, de presión o mecánicos.



Fig. 10. Máquina volteadora

1.8.3.7. Temperatura

Es el parámetro que mejor indica el desarrollo del proceso, por lo tanto deberemos estar al tanto de este en todas las fases del compostaje. Debe mantenerse entre 35° y 60°c para eliminar elementos patógenos, parásitos y semillas de malas hierbas.

Con temperaturas demasiado elevadas, mueren determinadas especies buenas para el compostaje, mientras que otras no actúan por estar en forma de espora. Cuanto más caliente es la pila, más rápido es el compostaje.

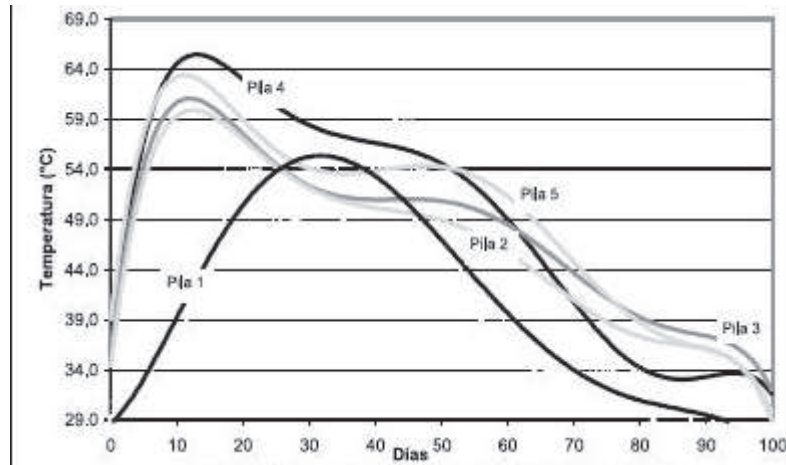


Fig.11. Evolución de la temperatura en función de la etapa de maduración del compost

1.8.3.8. Población microbiana

La pila de compost es, realmente, una granja microbiológica, en la primera etapa del compostaje aparecen las bacterias y hongos mesófilos, con predominio de las primeras. Cuando la temperatura llega alrededor de los 40 °c, aparecen las bacterias, los hongos termófilos y los primeros actinomicetos. Por encima de 75 °c cesa la actividad microbiana. Al bajar de nuevo la temperatura, reaparecen las formas activas, detectándose también la actividad de protozoos, nemátodos, miriápodos, etc.

Las bacterias son el microorganismo primario de la descomposición. Las bacterias, los actinomicetos y los hongos consumen los residuos directamente y se conocen como compostadores de primer nivel.

Los microorganismos de primer nivel de la descomposición son comidos por los del segundo nivel tales como tijeretas, ácaros, escarabajos, protozoos y rotíferos. Los del tercer nivel comen a los del primer y segundo nivel e incluyen ciempiés, escarabajos, hormigas y ácaros, las bacterias son abundantes.

La temperatura es una variable importante en el compost, pues en función de la temperatura diferentes especies bacterianas serán más o menos activas. Los micro organismos criófilos, mesófilos y termofilos funcionan mejor dentro de gamas de temperaturas específicas.

Los macro organismos son los organismos visibles involucrados en transformar material orgánico en compost. Son más activos en las etapas maduras de compostaje, cuando las temperaturas descienden pero la descomposición no es completa.

Las bacterias se encuentran distribuidas por toda la pila, mientras que los hongos y los actinomicetos están situados a 5-15 cm de la superficie, dándole un aspecto grisáceo característico.

Un compost bien fermentado produce una esterilización de todo el residuo, tanto por la elevación de la temperatura como por la propia producción de fermentos (antibióticos) y la competencia por los nutrientes, que llegan a eliminar los microorganismos patógenos llegados con los residuos.

1.8.3.9. Humedad

Es importante mantener la humedad en la pila del compost debido a que los microorganismos necesitan agua, en teoría, los valores de humedad para que pueda darse una fermentación aeróbica están entre el 30 y el 70%, siempre que se asegure una buena aireación. En la práctica, se deben evitar valores altos, pues se desplazaría el aire de los espacios entre partículas del residuo, y el proceso pasaría a anaerobio. Si, al contrario, la humedad es demasiado baja, bajará la actividad de los microorganismos.

Para conseguir la humedad adecuada, se pueden mezclar distintos tipos de residuos y triturar o desfibrar los materiales. La humedad adecuada

es esencial para la actividad microbiológica, una pila de compost seca no favorecerá para nada la descomposición, por eso se debe mojar periódicamente.

1.8.4. Sistemas de compostaje

Dependiendo del clima del lugar en que se realice el proceso, del tipo de material que estemos tratando, de la disponibilidad de terreno o de la necesidad de abreviar el proceso, se manejan unos u otros sistemas. Para elegir el sistema de compostaje de la planta es necesario conocer la climatología de la zona, ya que ésta nos determinará el sistema que se nos adecue más a nuestra zona.

La instalación de la planta estará ubicada en municipio de San Roque, cuyo clima es el mediterráneo subtropical, con una precipitación media anual que oscila entre 700 y 1.000 mm y una temperatura media anual que oscila entre los 16 y 18 grados centígrados.

A continuación se adjuntarán el mapa climático, mapa de precipitación media anual y temperatura media anual de la provincia de Cádiz:

- Mapa climático:

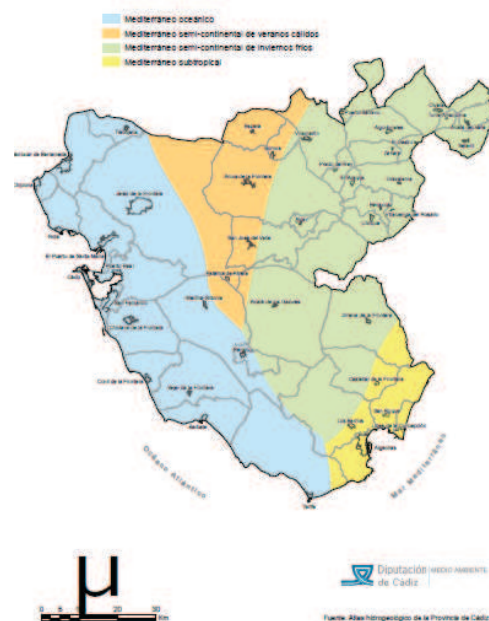


Fig. 12. Mapa Climático de la provincia de Cádiz

Mapa de precipitación media anual:

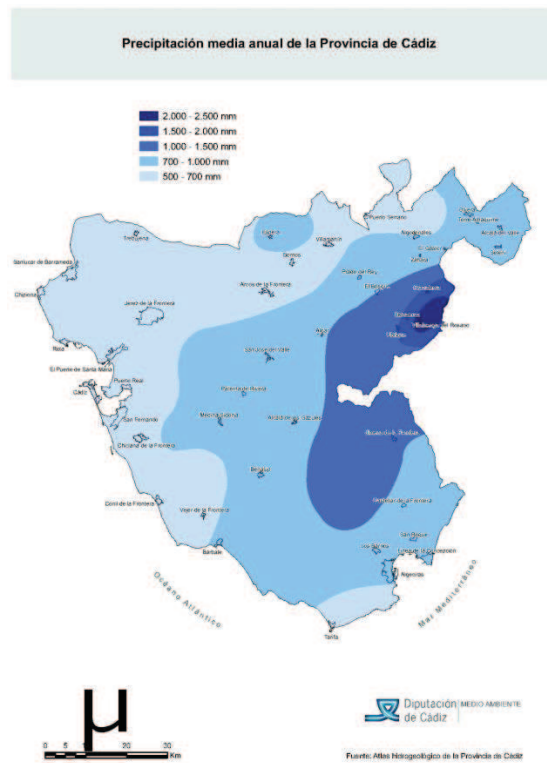


Fig.13. Mapa de precipitación anual en la provincia de Cádiz

Mapa de temperatura media:

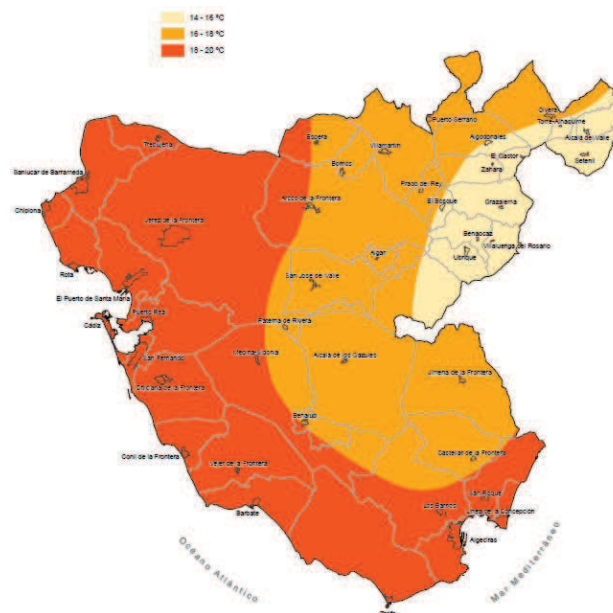


Fig.14. Mapa de temperatura media en la provincia de Cádiz

1.8.4.1. Sistemas abiertos

Los sistemas abiertos comportan un menor coste y tienen un manejo e instalación más sencilla, los diferentes procesos son: pilas estáticas, pilas estáticas con aireación pasiva, pilas estáticas con aireación forzada y pilas con volteo, mientras que los sistemas cerrados conllevan una infraestructura más complicada y costosa, al tener que realizar una instalación cerrada y emplear una maquinaria quizás más compleja.

1.8.4.2. Sistemas cerrados

Para la instalación de la planta de compostaje se ha elegido el sistema cerrado, debido a que éste se ajusta mejor a las condiciones requeridas en la zona.

Estos sistemas permiten un mejor control de los distintos parámetros del proceso en la mayor parte de los casos, así como un menor tiempo de residencia y la posibilidad de realizar un proceso continuo. Se caracterizan por llevar a cabo el compostaje en reactores cerrados, siendo el principal inconveniente que genera el elevado coste de inversión de las instalaciones.

Su principal división se da entre reactores de flujo horizontal y vertical.

Los reactores de flujo vertical suelen tener alturas superiores a los 4 m. Y pueden ser continuos o discontinuos.

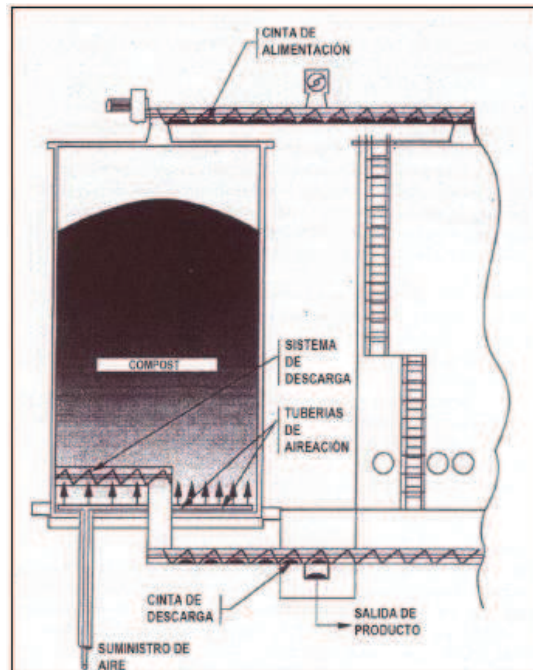


Fig. 15. Reactor de flujo vertical

Los reactores de flujo horizontal se dividen entre aquellos que poseen un depósito rotatorio, los que poseen un depósito de geometría variable con un dispositivo de agitación o los que no poseen un sistema de agitación y permanecen estáticos.

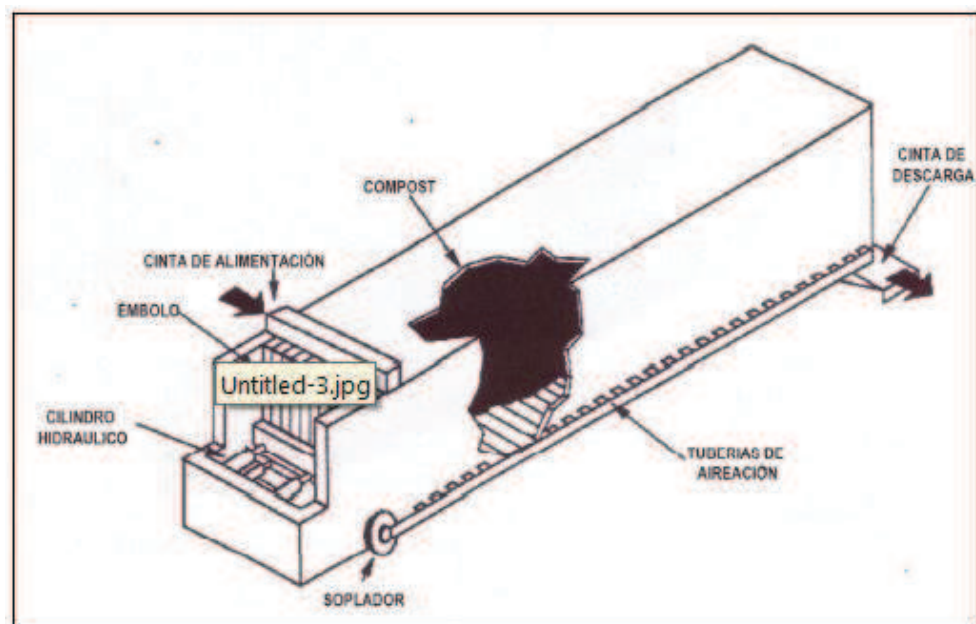


Fig. 16. Reactor flujo pistón

- Compostaje en reactores dinámicos

Los más comunes son los cilindros o tambores, principalmente de disposición horizontal aunque también los hay verticales.

Los reactores dinámicos horizontales vienen siendo el paso final de la evolución de las pilas volteadas al compostaje en trincheras (semiabierto) y de este al túnel dinámico (cerrado).

- Compostaje en reactores estáticos

Son dispositivos más sencillos al carecer de movimiento propio o de elementos mecánicos internos. Los dos tipos más comunes son los contenedores y los túneles, pues el otro tipo, los silos, apenas tienen implantación.

Comparación entre los sistemas de compostaje:

Elemento de comparación	Sistemas Abiertos	Sistemas Cerrados
Superficie a ocupar	Grande	Reducida
Clima	Temperaturas no extremas	Variable y frío
Sustrato	Todos, pero con material de soporte	Principalmente aquellos con elevada humedad
Tecnología	Relativamente sencilla. Dos opciones de sistemas de aireación: forzada y volteos	Relativamente sofisticada. Múltiples opciones de sistema de aireación
Inversión	De baja a moderada	De elevada a muy elevada
Costos de explotación	Variable	Elevado
Consumo energético	Bajo a medio	Medio a elevado
Olores	Problemas si no hay suficiente aireación	Se pueden controlar
Duración	Compostaje: 21 a 28 días Maduración: mínimo 30 días	Compostaje: 3 a 15 días Maduración: mínimo de 30 días
Calidad final del producto	Buenas si el proceso es adecuado	Mejor Calidad

Tabla 8. Comparación entre los sistemas de compostaje

En nuestro caso optaremos por el sistema de compostaje en reactores dinámicos, ya que dicho sistema nos proporcionará más eficiencia que el compostaje en reactores estáticos.

1.8.5. Materias primas del compost

Para la instalación de la planta de compostaje, optaremos como materias primas los lodos procedentes de las EDARS y los restos de podas facilitados por los ayuntamientos de cada municipio.

Aunque para la elaboración del compost se puede emplear cualquier materia orgánica, con la condición de que no se encuentre contaminada. Generalmente estas materias primas proceden de:

- Restos de cosechas
- Las ramas de poda de los frutales
- Hojas
- Restos urbanos
- Estiércol animal
- Complementos minerales
- Plantas marinas
- Algas

1.8.6. Clasificación del compost y su uso

En función del grado de evolución alcanzado durante el proceso de compostaje, el compost se puede clasificar en frescos, maduros y curados.

1.8.6.1. Compost Fresco

El compost fresco sería el que ha atravesado una fase termófila, experimentando por ello una descomposición parcial, pero que aún no ha alcanzado la estabilización.

Al añadirse al suelo continúa su proceso de degradación, mejorando la estructura del suelo y la actividad microbiana, pero puede provocar efectos desfavorables en los cultivos.

Se utiliza normalmente para la recuperación de suelos o para la preparación de suelos entre periodos de cultivos.

1.8.6.2. Compost Maduro

Es el producto final de la fase de estabilización, que cumple las especificaciones sanitarias, por lo que puede ser aplicado al suelo cuando se inician los cultivos, aunque no es conveniente su contacto con el sistema radicular de la planta.

1.8.6.3. Compost Curado

Ha sufrido un largo periodo de maduración y mineralización pudiendo ser empleado como sustrato en contacto directo con el sistema radicular.

1.8.7. Métodos para determinar la madurez de un compost

La evaluación del grado de madurez del compost se considera uno de los grandes problemas, en relación con la aplicación de nuestro producto, fundamentalmente en su aplicación agronómica.

Cuando un compost va a ser utilizado deben tenerse unas mínimas garantías de que su uso no es peligroso para el suelo y las plantas. De ese modo debe de estar libre de poblaciones patógenas y ser estable, es decir biológicamente inactivo.

La aplicación de un compost inmaduro puede provocar un bloqueo biológico del nitrógeno asimilable. También la descomposición posterior a su aplicación produce un descenso del contenido de oxígeno y del potencial de oxirreducción del suelo, así como un aumento de temperatura del mismo y el desarrollo de sustancias fitotóxicas.

Además pueden ocasionar un aumento de la solubilidad de los metales pesados.

Existe gran cantidad de test para la determinación del grado de madurez del compost que presentan distintos grados de dificultad y de fiabilidad. Los más usuales los

podemos clasificar en distintos grupos: métodos físicos, métodos químicos, métodos biológicos y métodos microbiológicos.

1.8.7.1. Métodos Físicos

Será el método que usaremos en la planta de compostaje y nos dará una idea aproximada de la madurez del compost. Se basa en lo siguiente:

Olor: Los materiales frescos desprenden compuestos como amoníaco y ácidos orgánicos que producen malos olores y que en un compost suficientemente maduro no deben existir y por el contrario desprender un olor similar a la tierra húmeda.

Temperatura: Debe ser estable una vez culminado el proceso y equipararse a la temperatura ambiente.

Color: La descomposición de los materiales frescos implica un oscurecimiento llegando a tener un color marrón casi negro.

1.8.7.2. Métodos Químicos

Relación C/N: Disminuye durante la fermentación hasta estabilizarse, alcanzando valores que dependen de los productos de partida. Generalmente se considera maduro con una relación C/N inferior a 20.

Determinación de la Demanda Química de Oxígeno (DQO): Disminuye durante el proceso de fermentación hasta alcanzar un valor constante.

Variación del PH: El PH finalizado el proceso se estabiliza tomando valores en función del producto de partida entre 7 y 8.

Capacidad de intercambio catiónico (CIC): Nos da idea de la capacidad potencial de retención de nutrientes y capacidad de inmovilización de sustancias

fitotóxicas. El CIC aumenta a medida que aumenta el grado de estabilidad de la materia orgánica.

Determinación del NH_4^+ y del SH_2 : Si el proceso de compostaje se ha realizado correctamente, al final del mismo no deben detectarse cantidades apreciables de NH_4^+ ni de SH_2 cuya presencia pondría en evidencia la existencia de condiciones reductoras.

1.8.7.3. Métodos Biológicos

Estos ensayos ponen de manifiesto la presencia de compuestos fitotóxicos que producen efectos negativos sobre la germinación y el crecimiento de las plantas.

- Test de germinación: Relacionando un porcentaje de germinación y la longitud de las raíces se calcula un índice de germinación.
- Test de crecimiento: Evalúa el efecto sobre el crecimiento en distintas especies vegetales.

1.8.7.4. Métodos Microbiológicos

Basados en la relación que existe entre la madurez del compost y la actividad biológica de los materiales, partiendo de la hipótesis de que la madurez de un compost, se alcanza por estabilidad biológica del mismo.

El grado de actividad se puede medir directamente a partir del conteo de la biomasa microbiana o de medidas de la actividad metabólica.

- Métodos respirométricos: Estudian la demanda de oxígeno en el compost

- Métodos de análisis bioquímicos: Se basan en la medida de la evolución de la actividad enzimática

1.8.8. Plantas de compostaje en Andalucía

En los últimos años se ha producido en Andalucía un considerable aumento en el tratamiento de los residuos urbanos, con la implantación prácticamente generalizada de la recogida selectiva y por la implantación de plantas de recuperación y compostaje.

Actualmente funcionan en Andalucía 18 plantas de recuperación y compostaje de residuos urbanos, realizando un tratamiento superior a los 2.300.000 de t/año, lo que supone el 73,63% de la generación de residuos urbanos de la Comunidad Autónoma de Andalucía, dando servicio al 65% de la población de la Comunidad, lo que significa que la materia orgánica contenida en los residuos urbanos generados por una población superior a los 5.000.000 de habitantes, es sometida a procedimientos de compostaje, con una producción de compost residuos urbanos cercana a las 425.000 t/ año, con un rendimiento medio de un 18% en peso sobre el total de residuos destinados a plantas de recuperación y compostaje.

Antes del año 2016 está previsto el funcionamiento de otras 4 Plantas con lo que el tratamiento total de residuos superará los 3.000.000 de t/año, lo que supondrá el 94% de la generación de residuos urbanos de la Comunidad Autónoma de Andalucía, dando servicio al 92% de la población de Andalucía, entorno 6.800.000 habitantes, con lo que la producción de compost de residuos urbanos superará las 560.000 t/ año.

1.8.9. Mercado del compost

Se podría decir que, en sentido estricto, en relación con el compost, no existe un mercado, sino un mero conjunto de transacciones. Además, el precio de venta del compost no se define por la imputación de sus costes, sino por los precios de los productos de competencia, que son bajos.

La asignatura pendiente del sector del compost en Europa es el establecimiento de una situación estructurada que permita su venta. Para que el compost pueda ser objeto de transacciones, debe tener unas características concretas, estables y definidas que le confieran la consideración de producto, para que pueda existir una demanda definida en competencia con otros.

Competiremos con productos derivados de turba (carbón vegetal), corteza, humus, estiércoles, que cuentan con experiencia en el mercado, conocimiento del producto por parte de los usuarios y una organización de ventas establecida. Esta competencia nos ha de suponer un elemento motivador a las asociaciones de compostadores para definir su producto y encontrar su hueco en el mercado.

- Algunas de las salidas del compost en nuestra planta de compostaje son:

Tradicionales:

- Agricultura
- Fruticultura, viticultura y otros cultivos a largo plazo
- Horticultura
- Silvicultura

Innovadores:

- Jardinería.
- Obra civil, en el cubrimiento de vertederos, barreras acústicas y nivelación superficial de infraestructuras (carreteras, complejos industriales, edificios).
- Industria ambiental en biofiltros.
- Paisajismo, parques y jardines públicos, como sustrato, estabilizante estructural y para mejora y revitalización de suelos

1.8.10. Implicaciones económicas de la planta de compostaje a gran escala**1.8.10.1 Costes:**

- Costes de la recogida selectiva en origen: contenedores especiales, camiones, rutas de recogida, etc.
- Costes de inversión: destinados a la construcción de la planta y a su puesta en funcionamiento.
- Costes de operación de la planta: implica el funcionamiento normal a plena capacidad de una planta.
- Costes derivados del mantenimiento de la calidad: análisis, controles, certificados, etc.
- Costes de venta: marketing, campañas publicitarias, promoción de ventas, recursos humanos para la venta y relaciones públicas.
- Costes de distribución: transporte del compost.

1.8.10.2. Precios:

El precio de venta del compost se establece en función del precio de los productos con los que entra en competencia (humus, enmienda de suelos, etc.), normalmente este precio resulta bajo. Además del precio de los productos que compiten con el compost, el precio de éste también será determinado por la cantidad de cada transacción y su presentación:

- Para el caso de usos agrícolas vendidos a granel, este precio fluctúa entre 0 y 15€/Tn.
- El destinado a horticultura y paisajismo debidamente envasado y etiquetado, se vende a pequeños consumidores y en pequeñas cantidades a un precio que puede llegar a 70€/Tn.
- El destinado a restauración de antiguos vertederos tiene un precio nulo. El precio medio del compost en los países líderes del mercado es aproximadamente de 25€/Tn.

CAPÍTULO 2.

MEMORIA DE CÁLCULO

INDICE

2.1. Introducción.....	1
2.2. Datos de partida.....	1
2.3. Proceso de la planta	1
2.4. Esquema de la planta de compostaje.....	3
2.5. Equipos y distribución de la planta.....	4
2.5.1. Báscula de camiones.....	4
2.5.2. Trituradora.....	6
2.5.3. Eras de secado.....	10
2.5.3.1. Convencionales de arena.....	12
2.5.3.2. Pavimentadas	12
2.5.3.2.1. Eras de drenaje	12
2.5.3.2.2. Eras de decantación	13
2.5.3.3. Eras de secado de medio artificial	13
2.5.3.4. Por vacío.....	13
2.5.4. Cintas transportadoras	17
2.5.5. Balsa de lixiviados.....	20
2.5.5.1. Geometría del embalse.....	20
2.5.5.2. Construcción del embalse.....	21
2.5.5.3. Impermeabilización.....	24

2.5.5.4. Obras complementarias.....	24
2.5.5.5. Recepción del embalse	25
2.5.5.6. Estimación del coste.....	26
2.5.5.7. Elección de la lámina y cálculo de la balsa	27
2.5.6. Reactor	31
2.5.6.1. Características de la volteadora	39
2.5.7. Cribado.....	42
2.5.8. Almacén de maduración	49
2.5.9. Distribución y dimensionado.....	52
2.5.9.1. Báscula	54
2.5.9.2. Trituradora	55
2.5.9.3. Almacén de restos de poda.....	56
2.5.9.4. Eras de secado	57
2.5.9.5. Reactor.....	58
2.5.9.6. Equipos de bombeo.....	59
2.5.9.7. Balsa de lixiviados	60
2.5.9.8. Cribadora.....	61
2.5.9.9. Almacén de maduración.....	62
2.5.9.10. Cintas transportadoras.....	63
2.5.9.11. Ensacadora.....	64
2.5.9.12. Edificio de oficinas y servicios generales.....	65

2.5.9.13 Dimensión de la planta.....	67
--------------------------------------	----

2.1. Introducción

Se va a producir compost a partir de lodos frescos digeridos procedentes de las EDAR próximas a la planta. El transporte de los lodos se realizará en camiones. Si la distancia entre las EDAR y la planta no es muy grande es preferible usar transporte externo a la planta a tener camiones.

2.2. Datos de partida

Para realizar posteriores cálculos en los balances de materia se ha tenido en cuenta que:

- La densidad de los lodos se considera 100 kg/m^3 .
- La densidad del agente de abultamiento (serrín) es de 180 kg/m^3 .
- Se parte de una alimentación anual de 200.000 toneladas de lodos (ya que la producción estimada para 2013 es de 184.080 toneladas).
- La alimentación de agente de abultamiento es una relación 1/3 de lodos frente a agente de abultamiento en volumen/volumen.

2.3. Proceso de la planta

Como agente de abultamiento se va a usar restos de poda, serrín o estiércol de animales. En el caso de tener restos de poda, éstos deben ser triturados. Éstos se obtendrán de los Ayuntamientos y de las podas de las fincas de la zona. El estiércol podría obtenerse de las granjas circundantes a la planta. El serrín sería la última opción, debido a que grandes cantidades tiene un precio mayor que el resto.

El lodo se extiende en las eras de secado, donde pierden parte del agua por evaporación y por percolación. Posteriormente se esparce el agente de abultamiento por encima de los lodos absorbiendo parte del agua que le queda al lodo, permitiendo el amontonamiento de la mezcla. De este modo se ha realizado la mezcla en las eras de secado, evitándose el uso de una mezcladora.

En los túneles del reactor la mezcla avanza gracias a la máquina volteadora, a la vez que provoca la aireación.

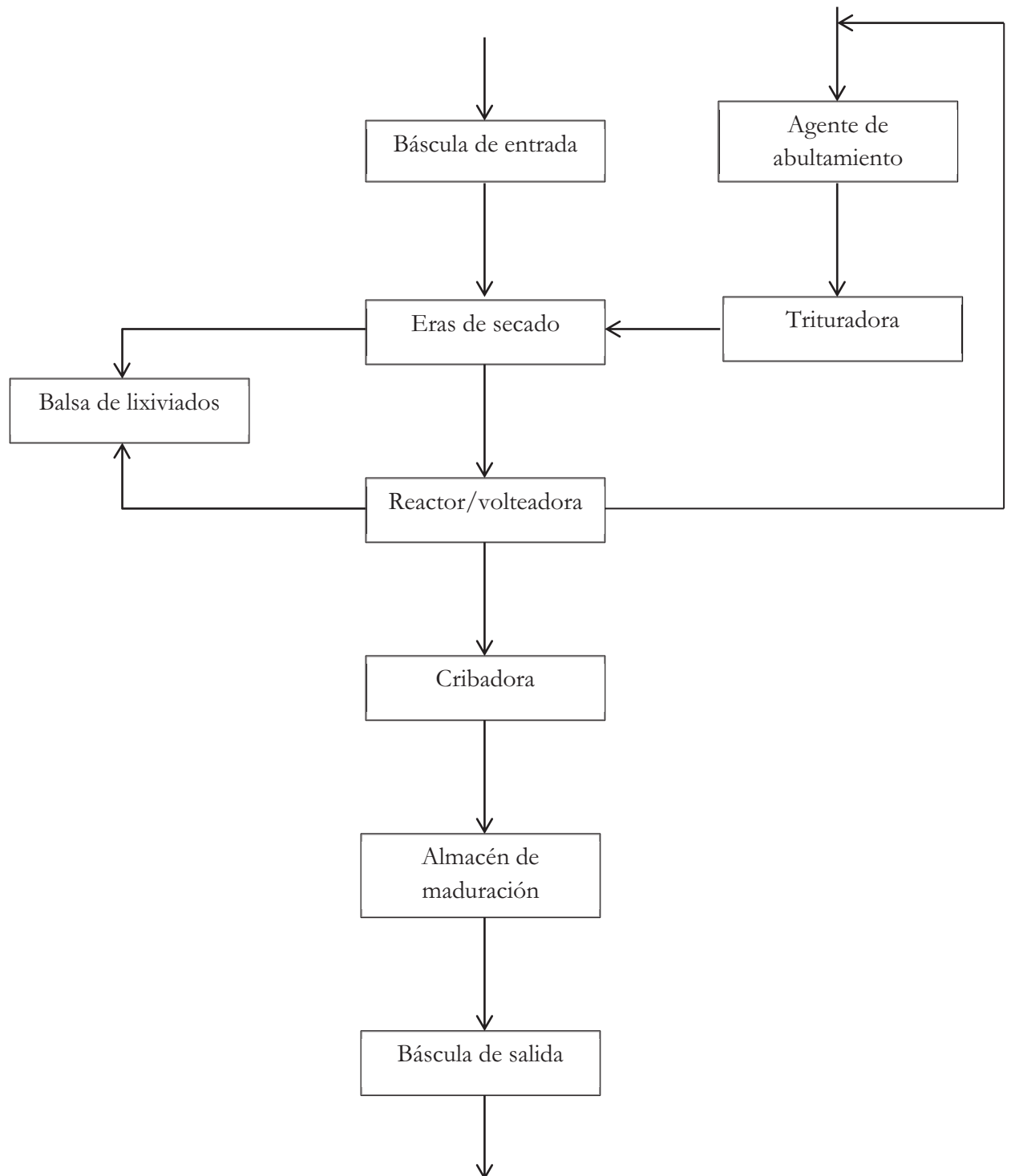
Tanto en las eras de secado como en el reactor se produce la percolación de parte del agua contenida en el lodo, que se recoge en una especie de piscina llamada balsa de lixiviados, para evitar que los posibles contaminantes que pueda llevar el agua recogida, entren en contacto con el suelo, impidiendo así posibles contaminaciones de acuíferos subterráneos o de cultivos cercanos. Por este motivo las eras de secado deben estar bien impermeabilizadas.

Una vez terminado el proceso de compostaje en el reactor el compost producido se somete a un proceso de cribado. El compost se lleva a la cribadora mediante cintas transportadoras.

Tras el cribado se procede al traslado del compost hasta un almacén de maduración durante el tiempo que sea necesario según la demanda existente, sin ser un tiempo excesivamente largo, debido a que el compost podría pudrirse por anaerobiosis.

Por este motivo el almacén debe estar techado, para evitar que se moje en el caso de que llueva, pero no debe tener paredes para que el compost tenga una adecuada aireación.

2.4. Esquema de la planta de compostaje



2.5. Equipos y distribución de la planta

2.5.1. Báscula de camiones

Cuando los lodos llegan a la planta usando un camión como medio de transporte deben de pesarse para saber la cantidad con la que se va a trabajar. Para ello se usa una báscula para camiones. En el mercado existen muchos tipos, según la capacidad a tratar y la tecnología usada según el caso. Se pueden dividir en dos clases, para instalar sobre el piso o para instalar en fosa. Las que se instalan en piso no requieren de obra civil y su mantenimiento es fácil. Pero las capacidades de las básculas que se pueden instalar en fosa existentes en el mercado son más adecuadas para el fin requerido, por ello se ha elegido una báscula para camiones electromecánica que se puede instalar en fosa. A continuación se hace una descripción del sistema.

El sistema seleccionado evita la deformación de la estructura metálica, es duradero y económico. El acabado está hecho en pintura anticorrosiva.

El sistema indicador de peso es una barra pesadora de acero inoxidable para evitar la corrosión, equipada con aparato impresor de boletos para una o varias copias. La barra se soporta sobre un gabinete metálico hecho de lámina de acero estructural. Como alternativa se puede instalar un indicador electrónico con impresor de boletos.

Tipos de camiones:

MODELO	CAPACIDAD (Tn)	DIVISIÓN MÍNIMA (Kg)	DIMENSIONES DE LA PLATAFORMA	SECCIONES	RESISTENCIA SECCIONAL (Tn)	TIPO
30 F 308	30	5	3x8 m	2	20	Torton
30 F 312	30	5	3x12 m	3	20	Torton
50 F 316	50	5	3x16 m	4	25	Tráiler
60 F 318	60	5	3x18 m	4	30	Tráiler
75 F 318	75	5	3x18 m	4	40	Tráiler
75 F 3183	75	5	3x18,3 m	4	40	Tráiler
75 F 321	75	5	3x21 m	4	40	Tráiler
75 F 322	75	5	3x22 m	4	40	Tráiler
100 F 322	100	10	3x22 m	4	50	Tráiler

Se ha elegido el modelo 75 F 318 por la capacidad y dimensiones que éste nos aporta.



Fig. 1. Báscula para pesar los camiones

2.5.2. Trituradora

Existe una amplia variedad de equipos para la reducción de tamaño. Las principales razones de la falta de estandarización son la variedad de productos que se pueden triturar y las calidades requeridas de los mismos.

El equipo se clasifica de acuerdo con la forma en que las fuerzas se aplican:

- Entre dos superficies sólidas: trituración, desgarramiento.
- En una superficie sólida: impacto o choque.
- Por acción del medio circundante: molino de coloides.
- Aplicación no mecánica de la energía: choque térmico, fragmentación explosiva, electro-hidráulica.

El estudio se centra en la fuerza que actúa entre dos superficies sólidas, concretamente en la trituración. La guía para seleccionar el equipo se puede basar en el tamaño y la dureza de la alimentación y del tamaño de la salida.

En la planta de compostaje a diseñar, la trituradora se usa para reducir el tamaño del agente de abultamiento (restos de poda), de forma que se hace más uniforme y se consigue aumentar la superficie específica del material.

A la hora de elegir el equipo adecuado para realizar este proceso hay que tener en cuenta una serie de factores, entre los que se encuentran:

- La alimentación debe tener un tamaño adecuado a la máquina y se debe introducir a una velocidad uniforme.
- El producto se debe retirar lo más pronto posible una vez que se ha alcanzado el tamaño deseado.

-El material que no es triturable se debe mantener fuera de la máquina.

-En el caso de productos de bajo punto de fusión o sensibles al calor habría que eliminar el calor generado en la molienda.

Así podrían existir dispositivos complementarios: calentadores, enfriadores, separadores de metales, bombas y soplantes, así como alimentadores de velocidad constante.

Existen diferentes tipos de trituradoras, por las características del material se usa una máquina cortadora, al tratarse de un material fibroso no se puede utilizar una trituración por impacto.

Las máquinas cortadoras se usan cuando la alimentación es demasiado tenaz demasiado elástica para ser troceada por compresión, impacto o frotamiento.

Las máquinas cortadoras comprenden:

-Cortadoras de cuchillas rotatorias: Es adecuada porque se utilizan con materiales resistentes o fibrosos, en los que es mejor ejecutar varias operaciones sucesivas de corte en lugar de ejercer una presión o un choque. Constan de un rotor horizontal que gira de 200 a 900 rpm en el interior de una cámara cilíndrica, sobre él van acopladas de dos a doce cuchillas con extremos de acero. El material de alimentación no debe exceder la longitud de las cuchillas de corte.

Las partículas de alimentación entran en la cámara por la parte superior, son cortadas y salen a través de un tamiz situado en el fondo. A veces las cuchillas móviles son paralelas a las cuchillas fijas, otras veces se encuentran formando un ángulo.

Se fabrican en acero o acero inoxidable, aunque también se pueden usar otros materiales resistentes a la corrosión. Las unidades de producción de diversos tamaños requieren entre 4 y 48 kW de potencia, diámetro de 30 a 60 cm y las longitudes de las cuchillas son de 30 a 76 cm. Las variaciones en la construcción permiten una amplísima variedad de aplicaciones distintas. La recepción de material de alimentación se realiza a través de una tolva, una ranura o rodillos de alimentación con compresión.

-Granulador: Produce partículas de tamaño irregular. Su diseño es similar al de las cortadoras rotatorias. No se elige este sistema porque sería el adecuado para materiales extraordinariamente desmenuzables.

La máquina cortadora elegida para este caso posee un sistema de corte mediante discos. La alimentación se introduce por una gran tolva por dos rodillos hidráulicos controlados por un sistema electrónico anti-atascos. Este sistema tiene una capacidad de 2,75 toneladas de material verde limpio por hora. Se trata de un motor diesel de 35 CV de potencia.

Las ventajas de esta máquina son:

-Reducción de costes respecto a otros sistemas similares.

-Produce menos ruido que otras cortadoras.

-Se requiere menos potencia.

-Las necesidades de mantenimiento son menores.

A esta trituradora van a entrar diariamente como mínimo 73.507,5 Kg (el cálculo de este valor lo podremos ver posteriormente en el balance de materia realizado en el reactor) de restos de poda y a la salida las partículas van a tener un diámetro de aproximadamente 24 mm. Se supone que no hay pérdidas, luego a la salida de la trituradora se va a tener 30.000 Kg de restos de poda.

Características de la cortadora:

-Capacidad: 170 mm.

-Motor: Isuzu Diesel 35 hp 3 cilindros refrigerado por agua.

-Volante de corte/medidas: 710 mm x 20 mm.

-Velocidad: 1650 rpm (4950 cortes/minuto).

-Volante de corte: 9 discos de acero.

-Rodillos de alimentación: hidráulicos dobles, tensados por muelles.

-Sistema de alimentación: control electrónico de los rodillos de alimentación anti-atascos (no-stress).

-Plataforma giratoria de 360 grados: optativa.

-Depósito de combustible: 44.5 litros.

-Eje: flexiride, frenos de inercia y lanza regulable en altura.

-Tamaño llanta: 13 pulgadas.

-Tamaño neumático: 175 R13 6PY.

-Tolva de alimentación/medidas: 1100 mm x 800 mm.

-Longitud (transporte): 3820 mm.

-Anchura: 1470 mm.

-Altura: 2410 mm.

- Rotación chimenea de descarga: 360°.
- Enganche de remolque: estándar.
- Velocidad de alimentación: hasta 50 m por minuto.
- Peso: 970 Kg.



Fig. 2. Máquina cortadora de discos

2.5.3. Eras de secado

Las eras de secado tienen como finalidad la deshidratación de lodos. Están formadas por una capa de material drenante dividida en compartimentos por muros verticales y sobre la que se vierte el lodo en espesores de 20 a 40 cm. Una vez seco, el lodo se retira y se le aplica el tratamiento correspondiente. El proceso dura de 1 a 2 meses según el tipo de era, aunque dependiendo de la finalidad del lodo el proceso tardará más o tardará menos. A continuación se adjunta tabla de características del lodo según su contenido en agua:

Características del lodo según su Contenido en Agua	
Contenido en Agua %	Forma del lodo
< 85	Uso agricultura
> 85	Líquido y bombeable
75-76	Plástico, se mantiene en montones, aspecto gelatinoso
65-60	Barro seco
40-35	Sólido permanente diseminable
15-10	Pulverulento
>35	Para poder eliminar en vertedero
5-20	Para utilización térmica

Actúan dos mecanismos:

-Drenaje (o infiltración) de agua a través del lecho. La proporción de agua eliminada por este mecanismo es del 20-55%, dependiendo del contenido inicial de sólidos en el lodo y de las características de éstos. El drenaje suele completarse en 1-3 días, resultando una concentración de sólidos del 15-25%.

-Evaporación de agua. A través de los mecanismos de radiación y convección.

La velocidad de evaporación es más lenta que la percolación y depende de la temperatura, humedad relativa y velocidad del aire. En esta fase se produce una reducción del espesor de la capa de lodos.

La mayor parte del agua se extrae por drenaje, razón por la cual es fundamental disponer de un sistema de drenaje adecuado. Las eras de secado están equipadas con series de tuberías de drenaje lateral dispuestas con pendientes mínimas del 1% separadas entre 2.5 y 6 m.

La capa drenante queda constituida por una capa soporte de 20 a 40 cm de grava con granulometría entre 0,3 a 2,3 cm, y una capa verdaderamente drenante de 10 a 20 cm de arena con una granulometría entre 0,3 y 1,2 mm, con coeficiente de

uniformidad inferior a 4. Se deben tomar medidas para permitir la limpieza de las conducciones.

Las eras se suelen utilizar en los casos en los que se dispone de una superficie adecuada y suficientemente aislada para evitar las quejas provocadas por la generación de olores. Deben ubicarse en emplazamiento que disten un mínimo de 1 km de edificios y urbanizaciones.

Las principales ventajas de las eras de secado son su bajo coste, el escaso mantenimiento que precisan y la elevada concentración de sólidos de producto final.

En las eras de secado se alcanza una humedad del lodo en torno al 50-60%.

Permiten un mayor contacto de la superficie del lodo con el aire facilitándose de esta manera la reducción del contenido del agua.

Se utilizan cuatro tipos de eras de secado:

2.5.3.1. Convencionales de arena

En estas eras el lodo se extiende sobre las mismas y se deja secar. Se suele usar en comunidades de pequeñas dimensiones y población de tamaño medio. En municipios grandes el coste de inversión inicial, el coste de retirada del fango y de reposición de la arena y la gran superficie de terreno necesaria hacen prohibitivo el uso de estas eras de secado.

2.5.3.2. Pavimentadas:

2.5.3.2.1. Eras de drenaje:

Funcionan de forma similar a las de arena de forma que recogen el líquido drenado en su zona inferior. En este caso el secado del lodo se puede mejorar mediante su agitación frecuente con equipos móviles. Las eras suelen ser rectangulares con paredes laterales verticales y dimensiones

entre 6 y 15 m de anchura y entre 20 y 45 m de longitud. Se usan pavimentos de hormigón de 200 a 300 mm de espesor dispuestos sobre una base de arena o de grava, debe tener una pendiente mínima de 1.5% hacia una zona de drenaje no pavimentada. Para una determinada cantidad de fango este tipo de eras requieren mayor superficie que las de arena.

2.5.3.2.2. Eras de decantación:

Usan lechos contruidos con un pavimento impermeable de bajo coste y tuberías para la decantación del líquido. La pendiente del pavimento es menor que en las de drenaje (entre 0.2 y 0.3%) y además permiten un mayor espesor de capa de lodo. En zonas de climas cálidos para tiempos de secado de 30 a 40 días se obtienen concentraciones de sólidos del orden del 40 al 50%. Este diseño resulta ventajoso en climas cálidos semiáridos y áridos.

2.5.3.3. Eras de secado de medio artificial

Incluyen el uso de medios drenantes artificiales como mallas de acero inoxidable o paneles de poliuretano. El lodo se introduce en un medio drenante horizontal que consiste en pequeñas barras de acero inoxidable con forma de cuña dispuestas con la cara plana en la parte superior.

Las ventajas que se atribuyen a este método son que el medio drenante no padece obstrucciones, los rendimientos son más elevados respecto a los de eras de secado de arena y que el drenaje es constante y rápido.

El inconveniente de este tipo de sistemas es el mayor coste de inversión.

2.5.3.4. Por vacío

Es un método utilizado para acelerar el proceso de deshidratación de fangos.

El ciclo operativo consta de varias etapas:

- Preacondicionamiento del fango por adición de polímero.
- Llenado de las eras con lodo
- Deshidratación del fango por drenaje, inicialmente por gravedad seguido de la aplicación del vacío.
- Secado del fango al aire durante 24-48 horas.
- Extracción del fango deshidratado mediante palas excavadoras.
- Limpieza de las superficies de placas porosas para eliminar los restos del lodo.

Las ventajas de este método son la menor duración del ciclo y la menor superficie necesaria en comparación con los otros métodos de secado.

La principal desventaja radica en que pueden ser necesarios procesos adicionales para conseguir una mayor reducción del contenido en humedad, ya que con este método se consiguen concentraciones de sólido comprendidas entre el 8 y el 23%. Además de unos costes muy superiores con respecto a las otras alternativas.

Tras el estudio de las distintas posibilidades de eras se ha decidido la elección de una era de secado pavimentada de decantación, debido a que puede tratar elevadas cantidades de espesor de la capa de lodo y por la impermeabilidad del suelo que ayuda a evitar problemas causados por posibles fugas.

Se considera que con la primera fase de drenaje (de 1 a 3 días) es suficiente para alcanzar la humedad requerida (80%). Se diseñarán 5 eras, de manera que siempre haya lodos que lleven 1, 2, 3 y 4 días respectivamente en las eras y otra quinta por seguridad.

En la que lleve el lodo 4 días se mezclará con el agente de abultamiento con cintas transportadoras y de aquí la mezcla pasará al reactor.

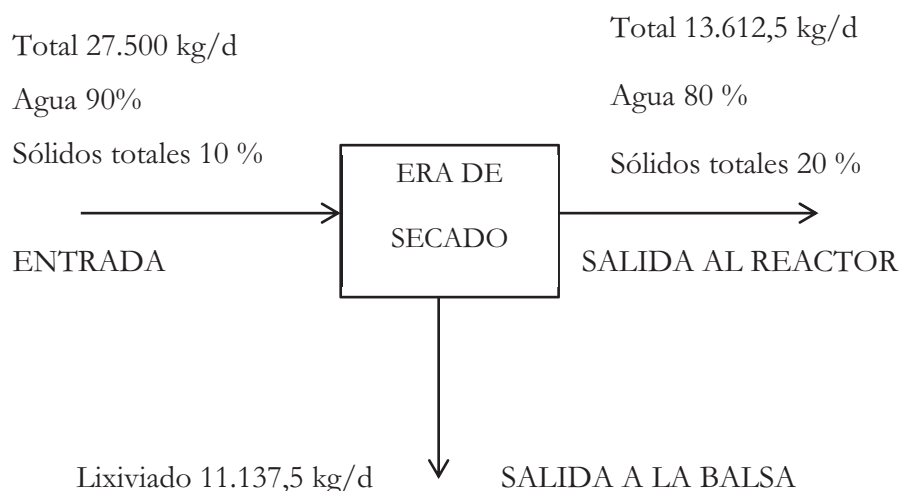
Balance de materia de la era:

Componente	Kg/día máx				Lixiviados(55%h2o)
	Entrada		Salida		
	%	Kg/día	%	t/día	
H2O	90	24750,0	80	13612,5	11137,5
S.T	10	2750,0	20	2750,0	
TOTAL		27500,0		16362,5	

Suponemos una pérdida de agua del 55%, y considerando una densidad inicial de los lixiviados de 1.000 Kg/m³ recogeremos como máximo:

$$Densidad = \frac{Masa}{Volumen}; Volumen = \frac{11.137,5}{100}; Volumen = 111,375 m^3/d$$

111,375 m³ de lixiviados diariamente, los cuales serán destinados a la balsa de lixiviados.



La era de secado estará formada por una superficie rectangular impermeable de 40 cm de espesor y con una inclinación del 0,25%, y de una serie de tuberías para la decantación. El material del que estarán hechas las eras será hormigón y estarán recubiertas de una capa de pintura impermeable.

Para el cálculo de la superficie se tendrá en cuenta el volumen diario de lodos a tratar y que éstos se disponen con un espesor de 0,4 m. No se tiene en cuenta la cantidad de agente de abultamiento, debido a que previo a la mezcla se formarán montones con el material de un espesor superior a 0,4 m, de manera que haya el espacio suficiente para realizar la mezcla. Se aplicará un factor de seguridad del 25% para evitar pérdidas de agua en los extremos.

$$\text{Volumen diario de lodos} = \text{Volumen diario de lodos} = \frac{27500 \left(\frac{\text{kg}}{\text{d}}\right)}{100 \left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)} = 275 \left(\frac{\text{m}^3}{\text{d}}\right)$$

$$\text{Volumen total} = \text{Superficie} \times \text{Espesor}$$

$$\text{Superficie} = \frac{275}{0,4} \times 1,25 = 859,3 \text{ m}^2$$



Fig. 3. Era de secado

2.5.4. Cintas transportadoras

Para facilitar la forma de trabajo en la planta de compostaje, se va a usar cintas transportadoras en lugar de palas cargadoras, para llevar la mezcla de lodos y agente de abultamiento desde las eras de secado hasta el reactor, así como desde el reactor hasta la cribadora.

Se pondrá otra después de la cribadora para transportar el compost hacia el almacén de maduración, y en el interior de éste otras móviles para llevar el compost hacia el final del almacén, estando así el compost más maduro cerca de la zona de carga.

El transportador de cinta es un equipo sencillo constituido fundamentalmente por una banda sobre la que se transportan los sólidos.

Este tipo de transportador presenta las siguientes ventajas:

- Bajo consumo de energía.
- Gran capacidad de transporte.
- Carencia de ruido.
- Bajo mantenimiento.

En cambio, ofrece algunos inconvenientes, como son:

- Dificultad para descargar el producto a lo largo del eje del transportador.
- Dificultad para transportar productos a alta temperatura.

-Limitación de las pendientes de transporte hasta uno 20-25°, según productos, a fin de que el producto no resbale.

-Dificultad para transportar productos pulverulentos.

Los elementos constituyentes de una cinta transportadora son:

-Banda: es el elemento sobre el cual se realiza el transporte del producto. Suele estar constituida por una armadura textil o metálica recubierta por capas de caucho y tiene por finalidad resistir los esfuerzos de tracción durante el funcionamiento.

-Rodillos: son elementos muy importantes del transportador, y deben reunir como características una buena concentricidad, equilibrado dinámico y bajo coeficiente de fricción. La separación entre rodillos portantes debe ser tal que no se produzca mucha flecha en la banda, y depende por tanto del ancho de la misma y del peso específico del producto a transportar.

-Estaciones motrices

-Estaciones tensoras: tienen por misión mantener en la banda la tensión necesaria para evitar resbalamiento y absorber los alargamientos permanentes y elásticos que se producen durante el funcionamiento.

-Estaciones de carga: los puntos de carga son críticos para la vida de la banda, con lo que el material debe caer en posición centrada a velocidad similar a la de la banda y disponiendo rodillos que absorban los impactos.

Se ha elegido una cinta transportadora de la empresa Cintasa, modelo TCP, con las siguientes características técnicas:

-Bastidor formado por dos chapas laminadas y plegadas de 4 mm de espesor arriostradas entre sí mediante perfiles laminados formando celosía.

-Uso apropiado para productos tales como residuos sólidos urbanos, fangos u otros que puedan contener sustancias derramables. Su forma constructiva, hace que estén protegidas todas sus partes.

-Banda de transporte con anchos en 500, 650, 800, 1000, 1200 y 1400 mm.

-Fabricación para cualquier necesidad en longitud.

-Fácil montaje de todos sus elementos. Estaciones de rodillos embridados para una mayor adaptación a cada instalación.

-Con los dispositivos de seguridad que la normativa Europea exige a este tipo de maquinaria.



Fig. 4. Cinta transportadora

2.5.5. Balsa de lixiviados

La balsa de lixiviados es un recinto similar a una piscina, en el cual se va a recoger el líquido lixiviado o percolado procedente de las eras de secado.

Los trabajos básicos, los cuales no necesitan de grandes estudios ni de especiales autorizaciones, para la construcción de las balsas son: excavar, compactar e impermeabilizar.

Los costes serán reducidos debido a la proximidad de la balsa a la zona de lixiviación, ya que las conducciones necesarias serán de menor tamaño.

Es necesario considerar los numerosos elementos que influirán en la construcción y en el coste de la obra. De todos ellos se pueden destacar: accesibilidad, proximidad entre la zona de alimentación y la zona de consumo de agua, precio del terreno, calidad del terreno, datos climatológicos.

Con un conocimiento previo de la zona, desde el punto de vista geomorfológico, bastará para determinar si debe hacerse un estudio geotécnico previo. Se extraerán muestras representativas hasta el fondo probable de la excavación, ya que son indispensables para definir la geometría del depósito, calcular asentamientos previsibles bajo la presión de la columna de agua, calcular las pendientes de los taludes del depósito y los volúmenes de tierra necesarios.

2.5.5.1. Geometría del embalse

-Tipo de embalse: en excavación, en terraplén, mixtos y de colinas. El embalse mixto es el más usual y económico para zonas llanas.

-Forma de la obra: la forma más económica será el embalse cuadrado o rectangular, ya que resulta más simple la realización del perfil y la colocación de la lámina impermeabilizante.

-Pendiente de los taludes: dependerán directamente de las propiedades del terreno y del riesgo que pueda representar en caso de rotura.

Estas características son:

-Pendiente interior y exterior del embalse.

-Altura del agua del embalse (presión sobre el fondo y paredes).

-Altura del terraplén por encima del suelo.

- Entrada de agua: el suministro de agua a la balsa debe hacerse mediante tubería.

Debe cuidarse el punto de impacto del agua sobre el elemento impermeabilizante, mediante un sistema de dispersión.

-Seguridad: se define cresta de seguridad como la reserva de altura entre el nivel más alto de agua y la coronación de las paredes del embalse. Esta cresta constituye un elemento de protección frente al oleaje y, en general, a subidas accidentales de las aguas. Debe ser contemplado un dispositivo de evacuación de urgencia para los casos de subida excepcional del nivel de aguas.

2.5.5.2. Construcción del embalse

En la primera etapa se lleva a cabo la preparación del terreno y trabajos preliminares: es necesario eliminar las raíces existentes en el emplazamiento del depósito, levantar la superficie arable y eventualmente aplicar un herbicida total.

La segunda etapa consiste en la realización de las obras que se hayan previsto para el lecho del embalse o bajo los diques. Así, la entrada y salida de aguas puede realizarse por encima de la cresta con bombeo de aguas y por el fondo del embalse. Los movimientos de tierra comprenden la excavación y la formación de terraplenes.

El compactado se lleva a la práctica sobre el terreno por capas de tierra que pueden oscilar de 50 cm a 1 m en función de la maquinaria utilizada.

El paso siguiente sería la colocación de láminas impermeables de PVC para recubrir la capa superficial, pero antes se debe asegurar la no-existencia de guijarros o bloques cuya agresividad sea perjudicial para una buena resistencia de dichas láminas en el tiempo.

En caso necesario, un buen acabado del talud que debe recibir la lámina puede conseguirse mediante instalación de una capa de arena drenante. Si no puede encontrarse este tipo de arena cerca, quizá sea más económico instalar sobre el lugar indicado un geotextil que aporte al sistema una resistencia mecánica suplementaria.

El anclaje de las láminas tendrá que realizarse en la coronación del talud. El método más corriente consiste en utilizar una zanja periférica en la cual se fija la lámina.

Se cavará esta zanja a un metro de la cresta del talud, y será de unas dimensiones mínimas de 30 x 30cm. Otro método, a veces más económico, consiste en colocar la lámina sobre el coronamiento del talud, lastrándola suficientemente. Este método exige que se haya podido calcular el talud con exactitud, teniendo en cuenta las tierras disponibles y la inclinación, para que así no pueda tener lugar ningún deslizamiento de la lámina. De todas maneras, aconsejamos que se proceda en dos etapas:

-Instalar el panel y lastrar provisionalmente la membrana en la coronación con sacos de arena u otros elementos.

-Después de realizar las soldaduras entre paneles, dejar que se destense la membrana, colocar a continuación el extremo superior del panel en la zanja y rellenarla, compactando la tierra aportada.

Este método tiene la ventaja de reducir las tensiones de la membrana bajo el efecto de su peso y de aumentar, por otra parte, su duración.

Alrededor de las tuberías de entrada y salida de agua y de las de aliviadero, si se hiciesen, la lámina ha de recostarse. En caso de tuberías de PVC, una pieza especial “manguito” se desliza alrededor de la tubería, se suelda a ésta y después a la membrana.

En el caso en que la tubería sea de otro material, la unión del manguito debe hacerse por encolado o presión y posterior sellado. Es importante que este trabajo se haga con gran atención. Además, es recomendable prevenir un sistema de disipación de la energía, en el punto de contacto del agua de llenado con la lámina impermeabilizante.

Una vez instalada la lámina y lastrada para evitar que se levante a causa de presiones o depresiones motivadas por el viento, la cuestión está en la necesidad o no de una cobertura que asegure a su vez su protección contra los agentes atmosféricos. Esta cobertura es de una importancia variable, puede tratarse simplemente de un tejido geotextil puesto sobre la lámina para protegerla de los rayos UV y también para disminuir su envejecimiento. Este geotextil, si está provisto de bolsas, puede lastrarse con pesos diferentes. Esta protección puede ser continua o local, es decir, limitada a ciertas bandas según sea la pendiente del talud. Así mismo, puede limitarse a las zonas donde las tensiones sean más fuertes, por ejemplo las superiores del talud. También puede hacerse con una capa de arena y/o gravilla rodada.

Es imprescindible una dirección de obra para asegurar la correcta ejecución de los diferentes trabajos de construcción de la balsa.

2.5.5.3. Impermeabilización

Existen en el mercado diferentes tipos de láminas plásticas que permiten la impermeabilización de embalses: PVC, PEAD, Caucho-Butilo, etc.

Propiedades de las láminas de PVC:

- Total impermeabilidad.
- Elasticidad permanente.
- Altas resistencias mecánicas.
- Resistencia a la intemperie.

La primera parte del planteamiento consiste en elegir, sobre la base de las características de la obra, el tipo de membrana PVC reforzado o no reforzado, espesor y color.

Partiendo de láminas de 2,05 m de ancho, se escoge una determinada anchura de panel, y se estudia el recortado de la superficie a revestir. Todo ello influye directamente en el costo de la impermeabilización. En efecto, la elección de paneles mayores aumenta el coste del transporte, pero disminuye el número de soldaduras a realizar en la obra, y al revés.

2.5.5.4. Obras complementarias

- Murete perimetral de cemento. Para concluir el embalse, puede optarse por realizar un murete perimetral de cemento en la zona de coronación.

-Tuberías y aliviadero por encima de la coronación. En los casos más sencillos en los que no se ha previsto la entrada de agua y salidas de aliviadero incluidos en la obra general, es el momento de instalarlos por encima de la zona de coronación del embalse.

-Valla perimetral. Una valla periférica a la obra protegerá la membrana del vandalismo y de los animales y evitará accidentes. Además, la colocación de una cuerda en los extremos de la balsa servirá de salvavidas para las posibles caídas de personas.

-Protección de taludes exteriores. Pueden utilizarse los siguientes sistemas:

-Riegos asfálticos.

-Vegetación.

-Mallas de vaso.

2.5.5.5. Recepción del embalse

La recepción se basará esencialmente en los puntos siguientes:

-Estado de las soldaduras.

-Funcionamiento correcto de las entradas y salidas de agua.

-Funcionamiento de los sistemas de evacuación urgente.

-Control de fugas.

Se procurará llenar el embalse por fases, para así controlarlo bajo alturas de agua progresivas.

2.5.5.6. Estimación del coste

Cuando se plantee la realización de un embalse, será necesario tener en cuenta los siguientes componentes del coste:

-Coste de los estudios hidrológicos básicos: prospección y obtención del agua necesaria, análisis de calidad del agua y examen de la necesidad, o no, de tratamientos antes de su uso.

-Coste del estudio de concepción del embalse: equipo de estudios o ingeniero consultor y asistencia del especialista en estanqueidad.

-Coste de canalización del agua: instalación de los conductos de entrada, salida y derivación de seguridad, bombes eventuales a prever, tratamiento eventual del agua corriente abajo y zanja bajo el dique o talud a construir.

-Coste de la preparación del terreno o eliminación de residuos vegetales.

-Coste de los movimientos de tierras: excavación, terraplenado y compactación.

-Coste de la colocación eventual del drenaje.

-Coste de la limpieza cuidadosa de la capa superficial de tierra: refino de taludes interiores.

-Coste del transporte eventual de arena o de otras tierras seleccionadas.

-Coste de un eventual geotextil antipunzonamiento y/o drenante, colocado sobre el terreno.

-Coste de la impermeabilización: materiales, preensamblado de las láminas en paneles, mano de obra de colocación, soldadura y control.

-Coste de una eventual protección de dicha impermeabilización: lastrado, aportación de arena, geotextil u otro sistema.

-Coste de los trabajos complementarios: coronamiento de la obra, vallado, salida de agua de urgencia.

2.5.5.7. Elección de la lámina y cálculo de la balsa

El objeto del diseño es calcular la forma y dimensiones más adecuadas del embalse. Los tres elementos más influyentes en el coste son: movimiento de tierras, superficie de impermeabilización y superficie de terreno ocupado.

Ha sido necesario fijar una serie de premisas para poder establecer comparaciones:

-La pendiente interior del embalse será de 3:1.

-La pendiente exterior del embalse será de 2:1.

-El pasillo de coronación será de 2 m.

-La diferencia entre la altura del embalse y la del agua será de 1 m.

-Las alturas de vaciado y de relleno han sido concebidas de forma que se compensen los volúmenes excavados y apartados con un 5% de diferencia, de manera que el volumen vaciado es igual a 1,05 del volumen de relleno, para compensar las pérdidas en los movimientos de tierra. L

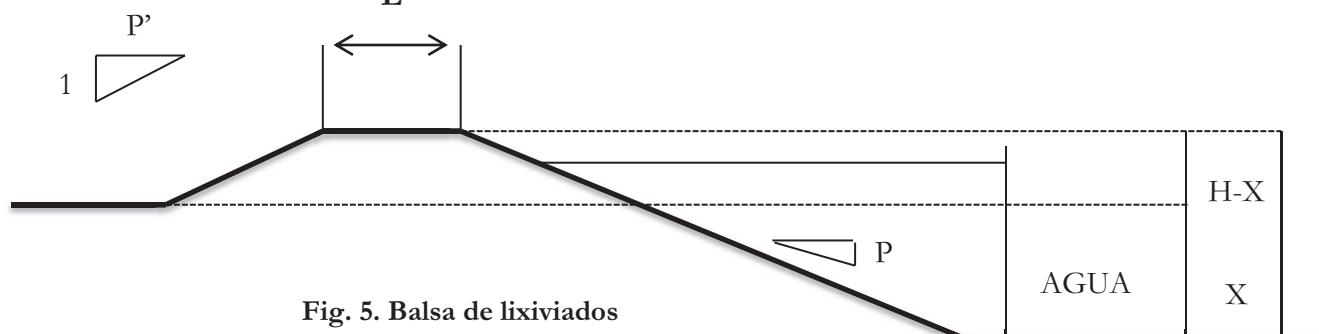


Fig. 5. Balsa de lixiviados

P = Pendiente

X = profundidad de terreno a excavar

H-X = altura de terraplén a construir

L = anchura pista en zona coronación

H = altura del talud

En la siguiente tabla se indican los valores absolutos, calculados para una altura del embalse de 6 m y de forma rectangular $a = 2b$.

Capacidad del embalse	Capacidad de tierras a desplazar	Superficie a impermeabilizar	Superficie de terreno ocupado
4.000 m ³	2.559 m ³	2.664 m ²	3.616 m ²
6.000 m ³	3.656 m ³	3.401 m ²	4.564 m ²
10.000 m ³	5.537 m ³	4.743 m ²	6.310 m ²
15.000 m ³	7.647 m ³	6.301 m ²	8.305 m ²
20.000 m ³	9.642 m ³	7.750 m ²	10.115 m ²
30.000 m ³	13.534 m ³	10.506 m ²	13.642 m ²

La tabla siguiente indica los aumentos o disminuciones en % sobre los valores de la tabla anterior, si tomamos como hipótesis una altura de lixiviados de 7 m en lugar de 5 m. Se comprueba en las tablas que conforme mayor es la profundidad de la balsa, menor es la superficie a impermeabilizar.

Capacidad del embalse	Capacidad de tierras a desplazar	Superficie a impermeabilizar	Superficie de terreno ocupado
6.000 m ³	0% 3.656 m ³	-3,6% 3.277 m ²	-3% 4.426 m ²
10.000 m ³	+2,2% 5.661 m ³	-6% 4.460 m ²	-4,8% 6.607 m ²
15.000 m ³	+4,1% 7.963 m ³	-8,5% 5.763 m ²	-6,9% 7.733 m ²
20.000 m ³	+6,2% 10.236 m ³	-9,9% 6.980 m ²	-7,9% 9.314 m ²
30.000 m ³	+6,9% 14.470 m ³	-12,1% 9.233 m ²	-9,5% 12.188 m ²

El cálculo de la balsa está referido a los m³ de agua que se obtiene en la era de secado únicamente, ya que la procedente del reactor se va a suponer despreciable puesto que las pérdidas de agua se producen por evaporación.

La sección de la balsa es:

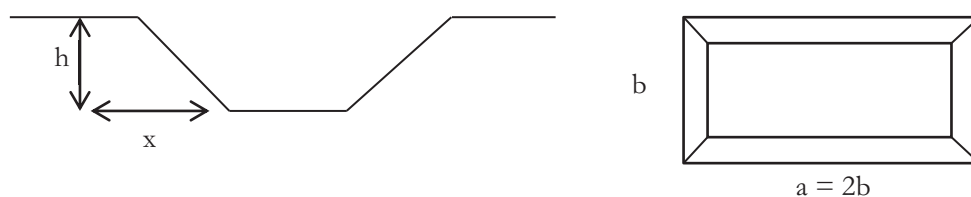


Fig.7. sección de la balsa

Para la obtención de los parámetros a y b se toma la siguiente ecuación:

$$V_{H_2O} = 10.000 \text{ m}^3 = h \cdot a \cdot b + 2 \cdot \left(\frac{x \cdot h}{2}\right) \cdot b + 4 \cdot \left(\frac{x \cdot x \cdot h}{2}\right)$$

Sabiendo que $h = 5$ m y que x es el triple de la profundidad, se obtiene que:

$$a = 38 \text{ m}$$

$$b = 19 \text{ m}$$

Se debe tener en cuenta que por seguridad se establece un margen de un metro en la profundidad, por lo que empleando de nuevo la ecuación se puede obtener un volumen de la balsa de lixiviados para ($h = 6$ m):

$$V = 1.4376 \text{ m}^3$$

Se ha realizado un nuevo cálculo para una profundidad de la balsa de siete metros (para ver cuál se seleccionará). Se obtienen los siguientes datos:

$$a = 14 \text{ m}$$

$$b = 7 \text{ m}$$

Por seguridad se establece un margen de un metro en la profundidad, por lo que para $h = 8$ m:

$$V = 14.032 \text{ m}^3$$

Se va a elegir la balsa de siete metros de profundidad dado que con ella se ahorra en superficie de terreno y en PVC, aunque se invierte más en la cantidad de tierra a retirar.

El líquido percolado recogido en la balsa de percolados será fundamentalmente agua acompañada de sustancias que llevaba el lodo. Este líquido normalmente no es contaminante, por lo que podrá ser usado para regar el reactor en el caso que se necesite disminuir su temperatura como para regadío de cultivos cercanos, ya que lleva disueltos o en suspensión elementos necesarios para las plantas.

La planta está provista de unos laboratorios de análisis, donde se analizan las materias primas, el producto y los percolados. Si en el análisis del líquido de percolación se encuentran altos niveles de contaminación, este líquido debe ser tratado en la propia planta mediante depuración, ósmosis inversa o algún sistema similar. Si el contaminante no supera los límites admisibles por la estación depuradora de la zona no haría falta hacerle ningún tratamiento en la planta.

2.5.6. Reactor

El control efectivo del medio ambiente en que se desarrolla el tratamiento de los lodos se basa en la comprensión de los principios fundamentales que rigen el crecimiento de los microorganismos.

-Crecimiento en términos de número de bacterias en cultivos puros.

La forma general en que se produce el crecimiento de las bacterias en un cultivo discontinuo sigue un proceso en el que inicialmente se inocula un pequeño número de bacterias en un volumen determinado de un medio de cultivo y se recuentan el número de bacterias vivas en función del tiempo. El modelo de crecimiento basado en el número de células consta de cuatro fases diferenciadas: fase de retardo o latencia, fase de crecimiento exponencial, fase estacionaria y fase de muerte

-Crecimiento en cultivos mixtos

En general, los procesos de tratamiento biológico están compuestos por complejas poblaciones biológicas mezcladas e interrelacionadas, en las que cada microorganismo del sistema tiene su curva de crecimiento. La posición y forma de la curva particular de crecimiento dentro del sistema es función del tiempo, de los nutrientes disponibles, así como de factores ambientales tales como la temperatura y el pH y el carácter aerobio o anaerobio del sistema. Si bien las bacterias son de importancia capital, existen muchos otros microorganismos que participan en la estabilización del residuo orgánico pero sólo se tiene en cuenta en el proceso las bacterias, ya que estas son mayores en

número.

Para asegurar el crecimiento de las bacterias se les debe permitir un tiempo de permanencia en el sistema suficiente para que se reproduzcan. Este periodo depende de la tasa de crecimiento, la cual está directamente relacionada con la velocidad a la que metabolizan o utilizan el sustrato. Suponiendo que las condiciones ambientales estén debidamente controladas, se puede asegurar una estabilización eficaz mediante el control de la tasa de crecimiento de los microorganismos

-Crecimiento celular.

Tanto en los sistemas de cultivo de alimentación continua como en los de alimentación discontinua la tasa de crecimiento de las células bacterianas se puede definir mediante la siguiente expresión:

$$r_g = \mu \cdot X$$

donde, r_g = tasa de crecimiento bacteriano, masa/volumen·tiempo,

μ = velocidad de crecimiento específico, tiempo⁻¹,

X = concentración de microorganismos, masa/volumen.

-Crecimiento limitado de sustrato.

Uno de los requisitos esenciales para el crecimiento es el sustrato o nutrientes. Éste está presente en cantidades limitadas, será el primero en agotarse y se detendrá el crecimiento. En un cultivo continuo este hecho tendrá el efecto de limitar el crecimiento. Experimentalmente se ha podido determinar que el efecto de disponer de cantidades limitadas de sustrato y de nutrientes a menudo se puede definir adecuadamente mediante la siguiente expresión desarrollada por Monod:

$$\mu = \mu_m \frac{S}{K_s + S}$$

Donde μ = velocidad de crecimiento específico, tiempo⁻¹,

μ_m = máxima tasa de crecimiento específico, tiempo⁻¹,

S = concentración de sustrato medio, masa/volumen,

K_s = constante de velocidad, determinada a la concentración de sustrato a la mitad de la máxima tasa de crecimiento, masa/volumen.

-Efectos del metabolismo endógeno.

En los sistemas bacterianos que se emplean en el tratamiento biológico la distribución de edades de las células es tal que no todas las células del sistema están en la fase de crecimiento exponencial. Consecuentemente, la expresión de la tasa de crecimiento se debe corregir para tener en cuenta la energía necesaria para el mantenimiento celular. Otros factores, tales como la muerte y la depredación, también deben ser objeto de consideración. Generalmente, se engloban estos factores en uno único, y se supone que la disminución de la masa celular causada por ellos es proporcional a la concentración de microorganismos presentes. Esta disminución se identifica como descomposición endógena. El término de la descomposición endógena se puede formular de la siguiente manera:

$$r_d = K_d \cdot X$$

Donde K_d = coeficiente de descomposición endógena, tiempo⁻¹,

X = concentración de células, masa/unidad de volumen.

La expresión correspondiente para la tasa neta de crecimiento específico viene dado por la siguiente ecuación:

$$\mu' = \mu_m \frac{S}{K_s + S} - k_d$$

Suponiendo que el reactor se comporta como un reactor flujo pistón se puede obtener el tiempo de retención hidráulico.

Tomando un elemento diferencial de volumen ΔV , el balance de materia de un reactivo C se escribe de la siguiente forma:

$$\frac{\partial C}{\partial t} \Delta V = [Q \cdot C]_x - [Q \cdot C]_{x+\Delta x} + r_c \Delta V$$

Acumulación = Entrada – Salida + Generación de producto a partir de sustrato, donde,

C= concentración de sustrato, Kg/l,

ΔV = elemento diferencial de volumen, l.

Q= caudal, l/día,

r_c = constante de reacción de sustrato, Kg/l.

Si se sustituye en la ecuación anterior la forma diferencial del término

$[Q \cdot C]_{x+\Delta x}$, se obtiene:

$$\frac{\partial C}{\partial t} \Delta V = Q \cdot C - Q \cdot \left(C + \frac{\Delta C}{\Delta x} \cdot \Delta x \right) - r_c \Delta V$$

$$\frac{\partial C}{\partial t} A \cdot \Delta x = -Q \cdot \left(\frac{\Delta C}{\Delta x} \cdot \Delta x \right) + r_c \cdot A \cdot \Delta x$$

Al dividir por A y por Δx , la expresión que resulta es:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{Q}{A} \cdot \left(\frac{\Delta C}{\Delta x} \right) + r_c$$

Si se lleva esta expresión al límite cuando Δx tiende a cero, se obtiene:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -\frac{Q}{A} \cdot \left(\frac{\partial C}{\partial x} \right) + r_c$$

Al hacer la aproximación de que las condiciones son estacionarias ($\frac{\partial C}{\partial t} = 0$), y que la constante de la reacción se define como $r_c = -K \cdot C^n$, la integración entre los límites $C = C_0$ y $C = C$, y $x = 0$ y $x = L$, se obtiene:

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{KC^n} = \frac{A}{Q} \int_0^L dx = \frac{A \cdot L}{Q} = \frac{V}{Q} = |\Theta_H|$$

Donde Θ_H es el tiempo de retención hidráulica.

La ecuación anterior es la solución general del balance de materia de un reactor flujo pistón en condiciones estacionarias.

Como los microorganismos son los que llevan a cabo la reacción, el tiempo de retención celular de estos es el correspondiente al tiempo de retención hidráulica del reactor. Para ello se realizarán una serie de cálculos, desde el punto de vista biológico, para obtener dicho tiempo.

Tomaremos los siguientes valores:

$$\mu_{\max} = 0,313 \text{ d}^{-1}$$

$$K_d = 0,005 \text{ d}^{-1}$$

$$Y = 0,420 \text{ Kg SV / Kg DBO}$$

$$k_s = 0,22 \text{ g/l}$$

Los pasos a seguir son los siguientes:

-Paso 1

-Determinación de la tasa máxima de utilización de sustrato, $k(\text{d}^{-1})$:

$$k = \frac{\mu_{\max}}{Y} = \frac{0,313}{0,420} = 0,75 \text{ d}^{-1}$$

Donde Y = coeficiente de rendimiento máximo durante un período de crecimiento logarítmico, masa de células formadas por masa de sustrato consumido.

-Paso 2

Cálculo del tiempo mínimo de retención celular, $\Theta_M^C(d)$:

$$\frac{1}{\theta_M^c} = Y \cdot k - K_d = 0,420 \cdot 0,74 - 0,005 \rightarrow \theta_M^c = 3,23d$$

-Paso 3

El factor de seguridad S.F. empleado, suele estar comprendido entre 2 y 7, en este caso se utiliza un factor de seguridad de 7. Esto es debido a que la difusión del oxígeno esta dificultada en el proceso.

Teniendo en cuenta esto:

$$SF = \frac{\theta^c}{\theta_M^c} \rightarrow \theta^c = 22,61d$$

Donde θ^c = tiempo medio de retención celular de diseño, día.

-Paso 4

Determinación de la tasa de utilización del sustrato, U, Kg DBO/kg SV día:

$$\frac{1}{\theta^c} = Y \cdot U - K_d \rightarrow U = 0,117 \frac{kgDBO}{kgSVd}$$

-Paso 5

Determinación del tiempo de retención hidráulico:

$$\theta = \frac{S_0 - S}{U \cdot X}$$

Donde S_0 = DBO en la entrada, kg/l,

S = DBO en la salida, kg/l,

X = concentración de microorganismos, en las aguas residuales oscila entre los valores de 2 y 7 g/l, como los lodos están más concentrados, se considera que X = 14 g/l.

Balance de materia del reactor:

Habrà que calcular la cantidad de agente de abultamiento:

$$\text{Lodos} = (13612,5 \text{ kg/d})/100 \text{ Kg/m}^3 = 136,125 \text{ m}^3/\text{d}$$

$$\text{Agente de abultamiento} = 3 \cdot 136,25 = 408,375 \text{ m}^3/\text{d} \cdot 180 \text{ Kg/m}^3 = 73507,5 \text{ Kg/d}$$

		ENTRADA		SALIDA		PÉRDIDAS
		%	Kg/d	%	Kg/d	Kg/d
ST	SV	70	1925	54	962,5	962,5
	SF	25	687	39	687	
	N	2	55	2,3	13,75	41,25
	P	1	27,5	1,6	27,5	
	Otros	2	55	3,1	55	
TOTAL ST		13	2749,5	9,7	1745,75	1003,75
Agua		52	13612,5	49	2722,4	10890,1
Abultamiento		35	73507,5	41,3	73507,5	
TOTAL			89869,5		77975,65	

Teniendo en cuenta que la reducción de los S.V es de un 50%, la del N un 25% y la del agua un 20%

Concentración de sólidos volátiles en la entrada:

Partimos de 89869,5 Kg/d de materia orgánica en la entrada del reactor donde 1925 Kg/d son de SV.

El caudal total se calculará:

$$\text{Caudal total} = \text{Lodos} + \text{Agente de abultamiento} = 136,125 + 408,375 = 544,5 \text{ m}^3/\text{d} = 544,5 \text{ l/d.}$$

Por tanto la concentración de volátiles es:

$$\text{Concentración de SV en la entrada} = \frac{1925}{544,5} = 0,0035 \text{ kg/l}$$

Ya podemos calcular S_0 :

$$S_0 = \text{concentración de } \frac{SV}{Y} = \frac{0,0035}{0,420} = 0,0083 \text{ kg DBO/l}$$

Concentración de sólidos volátiles en la salida:

Considerando una reducción de SV de un 50% en peso, la DBO de salida sería:

$$\text{Concentración de SV a la salida} = \frac{962,5}{544,5} = 0,0018 \text{ kg/l}$$

$$S = \text{concentración de } \frac{SV}{Y} = \frac{0,0018}{0,420} = 0,0043 \text{ kg/l}$$

Teniendo en cuenta estos datos el tiempo de retención hidráulico es:

$$\theta_H \frac{0,0083 - 0,0043}{0,11 \cdot 0,014} = 3 \text{ días} = \theta^c$$

-Paso 6

Considerando la temperatura media del reactor en funcionamiento de 45°C, se obtiene una reducción del 48%. Este valor es asumible por lo que las consideraciones tomadas anteriormente son correctas.

El volumen del reactor se obtiene mediante la ecuación:

$$\int_{C_0}^C \frac{dC}{KC^n} = \frac{A}{Q} \int_0^L dx = \frac{A \cdot L}{Q} = \frac{V}{Q} = |\theta_H|$$

Teniendo en cuenta que el caudal de lodo, Q, hay que sumarle tres veces el agente de abultamiento (relación 1:3), el caudal total debería ser teóricamente 4Q, pero debido a la porosidad del agente de abultamiento el lodo se introduce dentro de los huecos reduciéndose así el caudal a 3Q. Teniendo en cuenta estas consideraciones el volumen del reactor es:

$$\frac{V}{Q} = \theta_H \rightarrow V = Q \cdot \theta_H = 3 \cdot 136,125 \cdot 3 = 1226 \text{ l} = 1226 \text{ m}^3$$

Considerando el reactor con una geometría similar a la de un paralelepípedo, y atendiendo a las características de una máquina volteadora, la sección transversal (a·b) del reactor es de 49 m². Teniendo esto en cuenta, la longitud del reactor (c) es:

$$V = a \cdot b \cdot c \rightarrow c = \frac{V}{a \cdot b} = \frac{1226}{49} = 25m$$

Atendiendo al resultado obtenido se toma la decisión de hacer 1 túnel en paralelo de 25 m de longitud.

Se instalará un segundo reactor por seguridad, para evitar problemas con las cargas punta o que alguno de los reactores tenga un mal funcionamiento.

2.5.6.1. Características de la volteadora

La descripción de la máquina volteadora está referida a los modelos de Backhus 9.30 y 9.45.

Las volteadoras de trincheras Backhus han sido diseñadas especialmente para el compostaje de residuos biológicos y fangos de depuradora, así como para el saneamiento de suelos contaminados y para el tratamiento mecánico-biológico de residuos en instalaciones de trincheras o túneles.

Se ofrecen en diferentes variantes de equipamientos, en función de las exigencias de la planta.

Las volteadoras Backhus 9.30 y Backhus 9.45, con accionamiento eléctrico, trabajan de forma completamente automática, con mando por SPS y sin necesidad de conductor adicional, por lo que son especialmente apropiadas para la operación en instalaciones cerradas de túneles o trincheras.

Además, la máquina Backhus 9.45 se ofrece con accionamiento por motor Diesel y es dirigida manualmente por un operario desde la cabina. Esta máquina ha sido desarrollada especialmente para su utilización en el compostaje de trincheras abiertas.

Las volteadoras de trincheras vienen equipadas con mecanismos de rodadura por orugas, provistos de cadena de goma, que tienen la ventaja de poder avanzar directamente sobre el tabique del túnel.

El rotor montado horizontalmente asegura una intensa aireación y homogeneización del material. Mediante el proceso de volteo el material es transportado en sentido longitudinal. Un sistema de riego permite la adaptación del contenido de humedad al grado de maduración requerido. Las revoluciones del rotor son regulables y programables. Durante la secuencia de volteo el rotor proyecta el material hacia atrás y lo deposita de forma suelta, produciéndose un desplazamiento de 2.0-2.5 m en dirección descarga.

Cuando la volteadora llega al lado de carga, el rotor es colocado en posición de transporte mediante un elevador cinemática espacial. Las volteadoras de trincheras Backhus, completamente automáticas y accionadas eléctricamente, son trasladadas hasta la próxima trinchera sobre una cureña. En la versión Diesel, este procedimiento es efectuado por el conductor.

Los motores hidráulicos de cubos de ruda son accionados sobre la superficie plana a través de un joystick de forma independiente el uno del otro, lo que permite ahorrar espacio al poder girar sobre sí mismo. Durante el volteo, la máquina es conducida de forma segura sobre las paredes de las trincheras, en combinación con un doble sistema de seguridad. Un dispositivo de paro de emergencia protege la máquina de un deslizamiento involuntario por las paredes de las trincheras.

El accionamiento del rotor se efectúa en el centro a través del eje de accionamiento y un reductor, con lo que los dos extremos del rotor pueden girar libremente, evitando que en las paredes del túnel se acumulen capas de material, con lo que se reducen considerablemente las fuerzas necesarias de avance. El ancho del rotor puede ajustarse a la distancia entre los muros del reactor.

De los tres tipos de volteadoras se elige la versión Diesel, ya que su consumo es menor y tiene una mayor capacidad de volteo. Atendiendo a esta capacidad sólo se necesita una máquina.

Datos técnicos y dimensiones Backhus 9.45:

-Ancho trinchera: 4.500 mm

-Altura trinchera hasta: 2.200 mm

-Sección trinchera: máx. 10 m²

-Granulometría hasta: 300 mm

-Capacidad de volteo: máx. 3.000 m³/h

-Motor: 6 cil. Turbo-Diesel con refrigerador, aire de carga, 200 kW, 2.200 l/min (refrigerado por agua).

-Diámetro rotor: 1.200 mm

-Longitud rotor: 2 x aprox. 2.100 mm

-Posición de trabajo: Longitud: ~3.300 mm

Ancho: aprox. 5.300 mm

Altura a partir calzada: aprox. 3.600 mm

-Posición de transporte: Longitud: aprox. 3.300 mm

Ancho: aprox. 5.300 mm

Altura: 3.350 mm

-Radio de giro: aprox. 3.000 mm

-Desplazamiento parva: aprox. 2-2.50 m

-Peso: aprox. 12.0 t

2.5.7. Cribado

El cribado o tamizado es la separación por medio de superficies con aberturas de una mezcla de granos de distintos tamaños en dos o más porciones. La separación se efectuará de manera que los granos de cualquiera de las porciones sean de tamaños más uniformes que los de la mezcla original.

Para el diseño de la criba se debe conocer:

-Peso del material: si el material es pesado la malla debe ser resistente para evitar deformaciones.

-Tamaño de granos a clasificar. El cribado se reserva para separación de granos comprendidos entre 1,5 y 100 mm.

-Alimentación total que se realiza a la criba, va a depender de la cantidad de producto que salga del reactor.

-Abertura idónea de la superficie de cribado para conseguir la separación necesaria.

Los factores que influyen en el rendimiento del cribado son:

-Factores propios de la superficie de cribado: dimensión y forma de las

aberturas y superficie libre de paso.

-Factores propios del material a cribar: granulometría, coeficiente de forma, distribución de tamaño, humedad, plasticidad, etc.

-Factores propios del movimiento de la criba: frecuencia del movimiento, amplitud, coeficiente de aceleración, ángulo de trabajo, etc.

-Factores propios de las condiciones de trabajo de la criba: ritmo de la alimentación, coeficiente de disponibilidad y eficiencia.

Tela de tamiz

Superficie de mallas metálicas hechas de un material relativamente fino. La criba tiene una malla menos cerrada que el tamiz (de ahí la diferencia entre criba y tamiz).

Se denomina paso o tamaño de abertura de malla al espacio libre mínimo entre los bordes de la abertura en la superficie del tamiz, y se expresa, en general, en pulgadas o milímetros.

El área abierta o luz de una malla es el porcentaje de aberturas reales respecto del área superficial total.

Equipos

Se dividen en:

-Cribas de rejillas

Consisten en una serie de barras paralelas mantenidas con una separación predeterminada por medio de espaciadores. Las barras son de acero al manganeso (12%) para reducir su desgaste.

El inconveniente que posee este tipo de criba es que las crucetas retardan la circulación del material y ocasionan atascamientos de las aberturas. Esta dificultad se evita parcialmente colocando las crucetas a distancias considerables de las barras que forman la superficie de cribado.

Los materiales húmedos necesitan mayor pendiente que los secos, y cuanto mayor sea el tamaño del grano alimentado mayor debe ser la pendiente.

Puede ser un conjunto de barras estacionarias o una rejilla vibratoria:

-Rejilla estacionaria: es el más sencillo de todos los dispositivos de separación y el menos costoso de instalar y mantener. Normalmente se limita a la separación preliminar de materiales secos de 50 mm y aún mayores, y no resulta satisfactoria para materiales húmedos y pegajosos.

-Rejillas planas: las barras paralelas se encuentran en el plano horizontal, y se utilizan en las partes superiores de las tolvas de minerales de carbón y debajo de los caballetes de descarga.

-Rejillas vibratorias: son simplemente rejillas de barras montadas en excéntricas de tal manera que se transmita a todo el conjunto un movimiento hacia delante y hacia atrás o bien que se traduzca en un movimiento circular.

-Cribas de sacudidas o de agitación mecánica

Consisten en un marco rectangular que sostiene una tela de alambre

o una placa perforada. Presentan una ligera inclinación y se suspende mediante varillas o cables sueltos, o bien se apoya en un marco base, mediante resortes planos y flexibles.

Dan un rendimiento bastante alto en tamaños más gruesos que 13 mm. Éstas requieren de 0,55 a 1,1 CV/m² de superficie tamizadora. Están inclinadas con un ángulo de 18 a 20°. Las capacidades varían de 20 a 78 t/ m² (en 24h).

Las ventajas de este tipo de máquina son los bajos requisitos de potencia y altura sobre cabeza.

Los inconvenientes son el elevado coste de mantenimiento del tamiz y de la estructura de soporte debido a la vibración, y su baja capacidad en comparación con las cribas vibratorias inclinadas de alta velocidad.

-Cribas vibratorias:

Se utilizan cuando se desea gran capacidad y alta eficiencia.

Ventajas:

- Exactitud de la selección de tamaños.
- Aumento de la capacidad por metro cúbico.
- Bajo coste de mantenimiento por tonelada de material manejado y ahorros en el espacio de instalación y el peso.

Estas cribas se clasifican en:

- Cribas con vibración mecánica: en general se acepta que la vibración más adecuada para seleccionar tamaños medios a

gruesos es el círculo vertical producido mediante un eje excéntrico o desequilibrado.

-Cribas con vibración eléctrica: manejan muchos materiales ligeros, finos y secos, y polvos metálicos de aproximadamente malla 4 a 325. La mayoría de esas cribas tienen una vibración intensa, de alta velocidad (1500 a 7200 vibraciones/minuto) y baja amplitud, proporcionadas por medio de un electroimán.

Se aplica la frecuencia más baja para los tamizados más gruesos (8 mallas/pulgada) y la más alta para los más finos (por debajo de unas 80 mallas/pulgadas).

-Cribas pulsatorias u oscilantes

Este tipo de criba se caracteriza por oscilación a baja velocidad (300-400 rpm), en un plano esencialmente paralelo a la tela del tamiz.

Se emplean corrientemente desde aberturas de 13 mm hasta 60 mallas/pulgadas.

Sin embargo, algunos materiales ligeros que fluyen libremente pueden separarse con 200 a 300 mallas/pulgadas. Con frecuencia se usan tejidos de seda.

Estas cribas se clasifican en:

-Cribas de movimiento alternativo: son muy importantes para trabajos químicos. La oscilación es producida por una excéntrica situada debajo del tamiz y varía desde un movimiento giratorio (de unos 50 mm de diámetro) en el extremo de la alimentación hasta un movimiento de vaivén en el de la descarga

-Tamices giratorios o Cernedores (sifters): son máquinas de caja, ya sean redondas o cuadradas, con una serie de telas de cribas colocadas unas sobre otras

-Zarandas (riddles): criba movida según una trayectoria oscilatoria por medio de un mecanismo unido al soporte de cuero de la criba. Es la más barata que hay en el mercado. Se aplica al cribado seco o húmedo.

Superficies de cribado.

La selección de la superficie de tamizado apropiada es muy importante y es preciso tomar en consideración la abertura, diámetro del alambre y la superficie abierta.

Los cuatro tipos general de superficie de tamizado son:

-Tela metálica: la más simple es la de alambre de piano, formada por alambres paralelos tensados a lo largo del tamiz.

-Telas de seda: se originan en Suiza y se tejen, en general, con seda natural torcida de hilos múltiples. En los últimos años se ha introducido el nylon y otros materiales sintéticos similares, tejidos en gran parte a partir de monofilamentos.

-Placas perforadoras: existen en gran variedad de formas que incluyen las de aberturas circulares, cuadradas, hexagonales y alargadas. Su uso se limita normalmente a las separaciones de partículas gruesas.

-Rejillas de barras o varillas: se emplean para el manejo en general de partículas grandes y pesadas. Se forman a partir de rieles, varillas o barras de formas adecuadas, fabricadas con acero laminado o moldeado

Para la elección de la máquina cribadora de la planta de compostaje se debe tener en cuenta que el compost es un producto con un alto contenido en agua, por lo tanto es necesaria una máquina que permita trabajar con materiales húmedos e impida que se produzcan atascamientos de las aberturas.

Con esto, se va a elegir la cribadora vibratoria con vibración mecánica, ya que además de tratar materiales húmedos, va a permitir manejar una gran capacidad de producto.

La cribadora permitirá obtener distintos tamaños de compost, ya que tiene disponibles dos mallas, una (la de mayor abertura) por encima de la otra, obteniéndose dos tipos de granulometrías de compost y como rechazo el agente de abultamiento.

En función del fin útil que se le dé al producto se empleará un tamaño de grano distinto:

-Compost de granulometría gruesa para cultivos tales como la vid, el algodón, la remolacha, etc.

-Compost de granulometría fina para praderas y cultivos forrajeros, cultivos delicados como jardinería, invernadero, hortofructícolas e incluso plantas ornamentales.

En la cribadora entra como alimentación el compost procedente del reactor. Se obtiene como rechazo un 80% de los restos de poda que se añadieron en las eras de secado. De este modo el balance resulta de la siguiente forma:

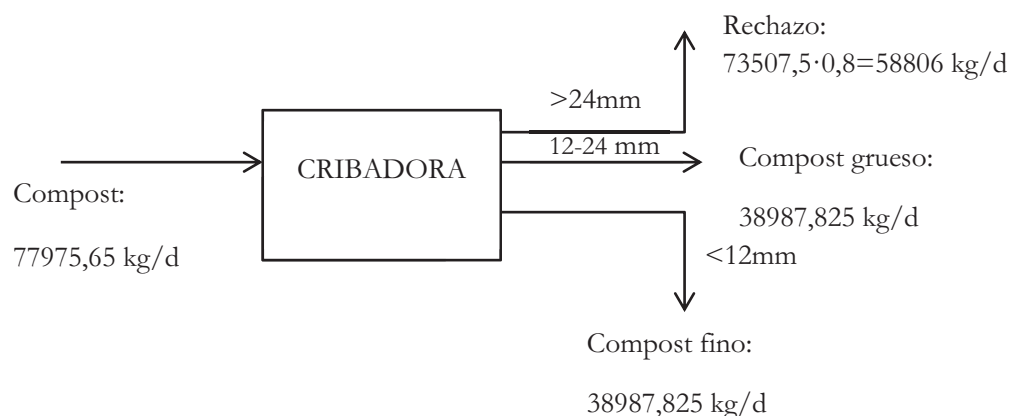


Fig. 8. Proceso de la cribadora

2.5.8. Almacén de maduración

Una vez que el compost ha sido separado de los restos de poda debe ser llevado a un almacén para terminar el proceso, es decir, la maduración.

Para que los efectos de la aplicación del compost sean positivos, éste debe ser lo suficientemente maduro, es decir, estable, de lo contrario la materia orgánica poco estabilizada seguirá el proceso de descomposición en el suelo pudiendo provocar problemas. Para evitar estos posibles efectos negativos se hace necesaria la evaluación de la madurez de un compost.

El tiempo que esté el compost en el almacén va a depender de la demanda de este producto en el mercado, pudiendo no hacer falta el proceso de maduración si existe una gran demanda como para ser vendido justo a la salida de la cribadora.

La construcción de este almacén consta de unos soportes verticales y vigas horizontales de acero que soporten una cercha (cada una de las vigas triangulares y paralelas que soportan las correas, especialmente las de cabeza superior poligonal, en cubiertas de dos o más aguas) de dos aguas, el cual va a ser de fibra de vidrio, que permita el paso de la luz solar.

Las vigas son elementos estructurales lineales horizontales, es decir, piezas en las que una dimensión, la longitud, predomina sobre las otras dos. Existen diversos tipos de vigas en función de que estén constituidas por “alma llena” o “alma aligerada”. Las de alma llena se caracterizan por ser macizas, mientras que las otras presentan orificios o alvéolos, lo que las hacen más ventajosas.

Dentro de las vigas de “alma aligerada” se han elegido las vigas alveoladas.

Entre las ventajas que este tipo de vigas presentan se pueden citar:

- Peso reducido, lo que repercute en el resto de la estructura y origina cierta economía en el transporte y montaje.

- Las aberturas existentes en el alma permiten el paso de todo tipo de canalizaciones.

- Menor gasto de pintura protectora por la reducción de la superficie del alma.

- En relación con su peso, las vigas aligeradas presentan una buena rigidez, por lo que las deformaciones son pequeñas.

Con respecto a los soportes se puede decir que son elementos estructurales verticales, cuya función es transmitir las cargas que reciben de las vigas y elementos estructurales horizontales a las cimentaciones. Se va a usar un perfil del tipo HEA.

Se empleará para la cubierta un techo translúcido de poliéster reforzado con fibra de vidrio. Las características principales son:

- Gran poder aislante.

- Baja conductividad térmica.

- Fáciles de manejar y transportar.

- Resistencia a la erosión, intemperie y viento.

-Protección contra la decoloración ambiental. Más de 90% de los rayos UV son bloqueados.

-Soportan altas temperaturas.

El hecho de esta estructura carente de paredes se debe a la necesidad de aireación de las pilas que se formen, intentando evitar la posible anaerobiosis que se pueda dar en la maduración, además debe permitir la entrada y salida de cualquier tipo de maquinaria que sea necesaria. Por estos motivos también se requiere que el techo esté a una altura determinada.

Dado que el rechazo de la cribadora es de un 80% y que los restos de poda tiene una densidad de 0,18 kg/l se obtiene un valor de 326,7 m³/día de restos de poda que se llevan a la trituradora. De este modo, teniendo en cuenta que el volumen de material que se maneja es de 544,5 m³/día, se sabe que el volumen de compost que se transporta al almacén es de 217,8 m³/día.

Para el diseño se tendrá en cuenta que el compost va a permanecer durante 30 días en maduración. Así, el volumen total que entrará en ese período de tiempo es 6534 m³.

El material se dispondrá en el almacén en pilas de sección cúbica, conociendo el ancho del almacén de unos 41 m, la altura de 10 m, y el largo de 18,5 m observamos como obtenemos un volumen total de:

$$\text{Volumen total} = \text{Ancho} \cdot \text{Largo} \cdot \text{Alto}$$

Volumen total = 41 · 10 · 18,5 = 7400 m³, para abastecer un volumen de 6534 m³ de compost.

El almacén de maduración constará de 10 pilas de compost con 3 m de larga, 1,5 m de ancha y 1,5 m de alta. Puesto que la altura es inferior a la de la planta no nos supondrá problema alguno en los cálculos. Las pilas de compostaje constarán de un área de 4,5 m² espaciadas en 1 m entre pila y pila, con éste área y espaciado lograremos introducir 60 pilas ordenadas de la siguiente forma:

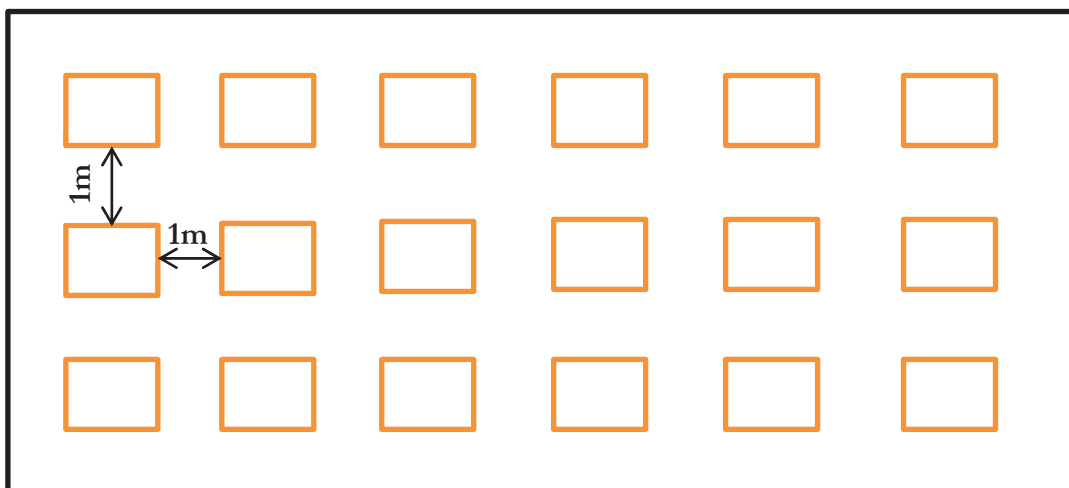


Fig. 9 Distribución de las pilas de compostaje

2.5.9. Distribución y dimensionado

Una planta es una concentración de aparatos, materias primas, materia en transformación, de productos transformados, de subproductos y de personas.

En la planta hay que optimizar dónde se van a poner los aparatos, nunca un aparato debe estar pegado a la pared, teniendo en cuenta el tamaño de cada uno, hay que disponer de un espacio para la movilidad de los aparatos, de los operarios alrededor de ellos y debe haber espacio suficiente entre aparatos para poder sacarlos.

A veces la puesta en planta obliga a optimizar de nuevo lo que ya se había optimado porque se pueden tener problemas de enlace entre los aparatos.

A la hora de la distribución de los aparatos en el solar se busca repartir toda la tecnología en un mínimo espacio y con un máximo de facilidades.

El objetivo de una distribución determinada será conseguir la máxima rentabilidad a la inversión.

La distribución se puede hacer en vertical u horizontal.

-La vertical ha sido rechazada por una serie de inconvenientes, como son:

-Necesita mayor espacio unitario por cada elemento.

-Dificultad de movimiento de máquinas y aparatos.

-Menor seguridad.

-Mayor coste de instalación.

-En la distribución horizontal lo primero que hay que calcular son los metros cuadrados necesarios, para lo cual hay que hacer una proyección sobre el suelo de todos los aparatos.

Las tuberías van por canalizaciones que recorren la planta por el suelo. Siempre que se pueda la parcela debe tener pendiente para facilitar la limpieza.

Todos los aparatos se proyectan sobre un plano a escala y se obtienen los metros que ocupa la maquinaria y aparatos, sobre estos metros se aumenta un 30% para el movimiento. Cuando se hace la proyección sobre el plano de cada aparato, se sobredimensiona porque la tecnología varía y el tamaño aumenta. Además hay que prever posibles ampliaciones futuras de la planta.

La planta de compostaje se ha diseñado con una vía de acceso central que permite llegar a todos los puntos de la planta. Los aparatos se han colocado en sentido circular, siguiendo el orden del proceso y rodeando la vía de acceso.

2.5.9.1. Báscula

Se sitúan en la entrada de la zona de acceso; siendo la báscula 1 utilizada para la pesada a la salida y la báscula 2 para la pesada a la entrada. Las dimensiones de ambas son 3 m de ancho por 18 m de largo, siendo una superficie total de 54 m² por báscula.

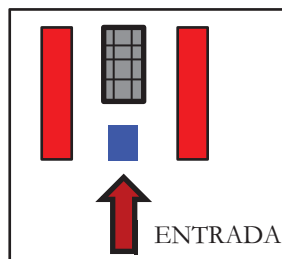


Fig. 10 Báscula de entrada

Entre ambas básculas se encuentra la caseta de pesada que controlará ambas básculas.

Las dimensiones de la caseta son 3 m de ancho por 3 m de largo, siendo un total de 9 m².

EQUIPO	DIMENSIÓN (m ²)
Báscula 1	3x18
Báscula 2	3x18
Caseta de pesada	3x3

2.5.9.2. Trituradora

Se encuentra a la derecha de la entrada, en la zona de descarga, antes de las eras de secado. Su situación es tal que favorece la linealidad del proceso.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m²)
Trituradora	2x4

2.5.9.3. Almacén de restos de poda

Se encuentra situado cerca de la trituradora a una distancia que permite el tránsito de maquinaria.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m²)
Almacén de restos de poda	4x9

2.5.9.4. Eras de secado

Las eras de secado tienen una superficie total de 859,3 m², se distribuyen paralelas a la dirección de transporte. El número de eras de secado es 5 y están separadas por 6 muros de 0,4 m de altura y sus dimensiones son:

	DIMENSIÓN (m)
Largo	22
Ancho total	39
Ancho de eras	7
Ancho de muros	1

En las eras se descarga primero el agente de abultamiento, a continuación los lodos se dejan secar y con una pala cargadora se pasan a unas cintas transportadoras que los llevan al reactor.

La distancia de las eras hacia la pared lateral es de 5 m, hacia la carretera 4 m, hacia la pared de la entrada de 33 m y hacia el reactor 25m.

2.5.9.5. Reactor

Situado entre las eras de secado y la cribadora, con los túneles paralelos a la zona de acceso, de manera que facilita la alimentación desde las eras de secado mediante cintas transportadoras.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m²)
Reactor	25x5
Superficie total	25x10

2.5.9.6. Equipos de bombeo

Es una bomba centrífuga monobloc serie P. Ha sido construida para elevar aguas turbias con sólidos en suspensión. Es especialmente apta para suministros domésticos, industriales, agrícolas, etc.

Características de la bomba:

-Tipo: P32-20

-Potencia: 2 CV

-Caudal: 21 m³/h para 2 m de altura manométrica

-Corriente trifásica 380 V.

Características de la tubería:

-Diámetro: 2"

-Espesor: 1,6 mm

-Longitud total: 93 m

-Material: PVC

Entre la era de secado y la bomba, se encuentra un depósito de 6 m³ de capacidad, puesto que el equipo es capaz de bombear mucha más cantidad de agua que las eras de secado pueden suministrar. De esta forma solo bombeará cuando este al 75% de capacidad del depósito. Esto será controlado por un sistema de sondas.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m ²)
Equipo de bombeo	1x1

2.5.9.7. Balsa de lixiviados

Se encuentra en la zona más lejana a la entrada, debido a que la balsa puede dar malos olores y nos es un elemento activo en el proceso de producción.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m²)
Balsa de lixiviados	7x14

2.5.9.8. Cribadora

Está situada entre el almacén de maduración y el reactor, está conectada con las otras dos partes mediante cintas transportadoras.

EQUIPO	DIMENSIÓN (m²)
Cribadora	3x4

2.5.9.9. Almacén de maduración

El almacén tiene un área total de $758,5 \text{ m}^2$, con forma rectangular. Las dimensiones del almacén son:

	Dimensión (m)
A	41
B	18,5
C	10

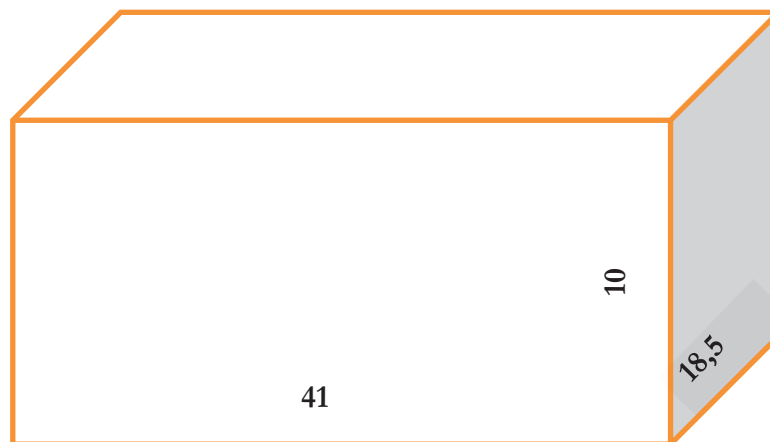


Fig. 11 Almacén de maduración

2.5.9.10. Cintas transportadoras

En la salida de las eras de secado habrá un pequeño escalón para facilitar la carga de las cintas transportadoras.

La distancia desde las eras de secado al reactor es de 25 m, por lo tanto si se tiene en cuenta que la cinta transportadora no va a estar en las esquinas de las eras ni del reactor, se puede tomar como longitud del ancho de cada aparato 30 m de este modo se puede calcular la mayor longitud posible de cinta que se necesita. Esta longitud sería la diagonal existente entre una esquina de la era y la esquina contraria del reactor. Se tiene así que esta longitud es de 40 m, por lo que se podría poner una cinta de 40 m o bien dos de 20 m, con lo que se facilitaría el movimiento. Así en la planta de compostaje se van a colocar dos cintas de 20 m entre las eras de secado y el reactor.

También es necesaria una cinta transportadora desde los reactores hasta la cribadora, usando el plano a escala, se puede calcular la mayor distancia entre los reactores y la cribadora, por lo cual se va a usar una cinta transportadora de 25 m.

De igual modo se obtiene la longitud de la cinta que transporta el compost desde la cribadora hasta el almacén de maduración. La distancia entre la cribadora y la entrada del almacén es de 5 m, por lo que debe usarse una cinta con una longitud mínima de 6 m.

2.5.9.11. Ensacadora

Es interesante, con vistas a tener un mercado más amplio, el ensacado del compost para su venta a pequeños agricultores y a comercios de productos de jardinería o fertilizantes.

Por lo cual, podría colocarse una ensacadora al final del almacén de maduración junto a la zona de carga. De este modo parte del compost maduro será ensacado y cargado en camiones para su distribución o apilados en un almacén en el exterior de la planta para su posterior venta.

La cantidad de compost que se vaya a ensacar va a ser considerablemente menor que la que se venda a granel.

2.5.9.12. Edificio de oficinas y servicios generales

El edificio de oficinas y servicios generales debe estar compuesto por laboratorios de análisis, cafetería, oficinas de atención a clientes, dirección, vestuarios, servicios, etc.

Las diferentes disposiciones que se pueden realizar de este edificio dentro de la planta son:

-En la entrada de la planta, ocupando parte del edificio, la zona de transporte, por lo que debe haber un túnel para que pasen los camiones por debajo.

-En la misma disposición anterior pero en el centro de la planta. Este caso es muy útil cuando en la fábrica se produzcan distintos productos y sea interesante tenerlos separados, por lo que el edificio serviría como división de la planta.

-En los laterales, al final de la planta. En este caso habría menos terreno para procesos.

El edificio de oficinas y servicios generales debe ocupar 1/6 de la planta. En la figura se muestran los tres tipos de disposiciones expresadas anteriormente.

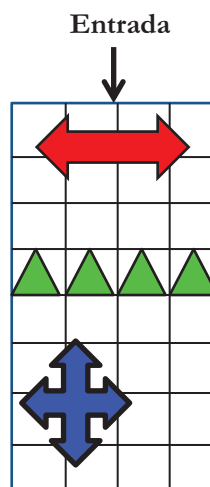


Fig. 12 Distribución de las oficinas

En la planta de compostaje, este edificio se va a ubicar a la izquierda de la entrada de la fábrica. Teóricamente deberían haber ocupado 1/6 de la planta, pero debido a las dimensiones de la planta será suficiente con 1/9.

Se ha pensado esa disposición para que todo el personal de la planta acceda a los vestuarios en la entrada de la planta, sin necesidad de recorrer parte de la planta.

Además en esta disposición, desde las oficinas se tiene una visión general de toda la planta, colocando la oficina del director hacia el interior de la planta pudiendo así controlar todo el movimiento de vehículos de la planta.

Se ha dejado 5 metros de distancia entre la pared que delimita la planta y el edificio, con la intención de permitir el paso de ambulancias o coches de bomberos en caso de accidentes o incendios, con el fin de la evacuación del edificio.

El edificio de oficinas puede tener un máximo de 1250 m² distribuido en tres plantas. En la planta baja se colocará el almacén de repuestos, servicios de personal, mantenimiento, etc. En la primera planta se colocará la zona de control, laboratorio de control (de procesos, materias primas, productos, etc.), laboratorio de I+D, paneles de control, etc. En la segunda planta se ubicará la administración y Dirección.

2.5.9.13. Dimensión de la planta

Para el dimensionado de la planta es necesario conocer el área que ocupa cada elemento en el plano. La superficie obtenida debe aumentarse en un 30% permitiendo así el movimiento alrededor de los aparatos y la sustitución de aparatos siempre que sea necesario.

Todos estos elementos ocuparán:

-Báscula: 70 m²

-Trituradora: 8 m²

-Almacén de agente de abultamiento: 36 m²

-Eras de secado: 858 m²

-Reactor: 250 m²

-Cribadora: 12 m²

-Balsa de lixiviados: 98 m²

-Almacén de maduración: 758,5 m²

SUPERFICIE TOTAL DE LOS APARATOS: 2090,5 m²

ANCHO DE LA PLANTA: 60 m

LARGO DE LA PLANTA: 80 m

SUPERFICIE DE LA PLANTA: 4800 m²

CAPÍTULO 3.
ANEXOS A LA MEMORIA

ANEXO 1
ESTUDIO IMPACTO
AMBIENTAL

ÍNDICE

1. Introducción.....	1
2. Situación y Características de la Parcela	2
3. Evaluación del Impacto	3
3.1. Valoración del impacto.....	3
3.1.1 Ecología	3
3.1.1.1. Vegetación arbórea y arbustiva.....	3
3.1.1.2. Vegetación herbácea	4
3.1.1.3. Fauna	4
3.1.1.4. Atmósfera	5
3.1.1.5. Ruidos	5
3.1.1.6. Olores.....	6
3.1.1.7. Capa freática.....	6
3.1.2 Agricultura	6
3.1.3 Geología.....	7
3.1.4 Vertidos.....	7
3.1.5 Paisajes y aspectos estéticos	7
3.1.5.1. Ruptura de la formación paisajística	7
3.1.6 Consumo energético	8
3.1.7 Medio social.....	9
3.1.7.1. Empleo.....	9
3.1.7.2. Higiene Pública.....	9
3.1.8 Medidas correctoras	9
3.1.8.1. Estudios de las distintas alternativas para el rechazo de la planta.....	9

3.1.8.1.1. Olores..... 10

3.1.8.1.2. Vertidos..... 10

1. Introducción

Por medio del presente Estudio de Impacto Ambiental (EIA) se somete al Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental (SEIA), el proyecto “Instalación para el compostaje de lodos de depuradoras de aguas residuales en San Roque”.

El Proyecto consiste en el dimensionamiento de una planta de compostaje de lodos, cuyo producto (compost) será comercializado, con el fin de abastecer demandas de su consumo.

Las obras e instalaciones que abarca el proyecto corresponden a: planta de compostaje de lodos con sus respectivas eras de secado, pre/post tratamientos de restos de podas, nave de maduración y obras de descarga de compost. Así mismo, forman parte de las instalaciones del Proyecto la tubería de impulsión del lixiviado proveniente de las eras de secado hacia la balsa de lixiviado.

El compost del lodo debe hacerse de la manera más sostenible posible. La sostenibilidad se entiende como el modelo que responde de forma equitativa a las necesidades ambientales y al desarrollo de las generaciones futuras.

Los efectos negativos directos o indirectos en el medio ambiente el compost de lodos son derivados de la energía empleada en sus procesos, el vertido de sus lixiviados y de olores generados en el proceso.

Por este motivo, este proyecto de ingeniería necesita, para poder ejecutarse, de un pronunciamiento favorable por parte de la autoridad competente de Medio Ambiente, en forma de Declaración de Impacto Ambiental (DIA).

En dicha DIA se determina respecto a los efectos medioambientales previsibles, la conveniencia o no de realizar la actividad proyectada y en caso afirmativo las condiciones que deben establecerse en orden a la adecuada protección del medioambiente.

Para que la administración pueda pronunciarse, es necesario realizar la EIA

que conduce a la elaboración de un documento técnico encaminado a predecir las consecuencias del proyecto sobre el medioambiente y establecer las pertinentes medidas correctoras.

Aunque la realización del EIA de un proyecto como éste es una tarea que se antoja bastante compleja e interdisciplinar que, por tanto, requiere de la participación de varias personas, se presentarán a continuación los aspectos e impactos ambientales básicos más importantes asociados al mismo.

2. Situación y características de la parcela

La elección del lugar debe responder a criterios como la protección de áreas edificadas o declaradas de interés medioambiental, cercanía a la fuente de energía y a la fuente de alimentación así como al área de deposición final de los restos de poda y del lugar de abastecimiento del lodo producido a fin de evitar impactos adicionales en los diferentes transportes de energía y lodo y la consecuente reducción de costes asociadas a las medidas citadas.

El lugar elegido para la ubicación de la planta de compostaje de lodo es una parcela situada en la población de San Roque, exactamente en la zona de Taraguilla.

Por su situación, reúne las mejores condiciones para servir de asiento al lodo producido en la zona.

Las ventajas derivadas de su situación deben ser contrastadas con los potenciales impactos económicos y ambientales que la construcción y desarrollo de una planta de compostaje puede producir.

3. Evaluación de impacto ambiental

3.1. Valoración del impacto

La ubicación de una instalación de compostaje de lodos en la parcela de referencia producirá los siguientes efectos:

- 1) Alteración estética del paisaje y de la perspectiva visual.
- 2) Posible contaminación por olores e incluso ruidos en el ambiente inmediato.
- 3) Dotación de una infraestructura sanitaria y herramienta ecológica imprescindible para la higiene de la población.

La población del municipio no se encuentra muy próxima a la parcela seleccionada, por lo que no podrían presentarse problemas de polución odorífera. No obstante, tanto la tecnología empleada, como las medidas correctoras previstas, minimizarían estas potenciales condiciones adversas.

3.1.1. Ecología

3.1.1.1. Vegetación Arbórea y Arbustiva

No existe actualmente vegetación de tipo arbórea y arbustiva de gran importancia biológica y medioambiental. En la parcela solo existen grama marina y cardo marino que forman la única extensión arbustiva de la zona de construcción. Aunque en un futuro se creará al realizar las obras, mejorando las condiciones estéticas mediante ajardinamiento.

3.1.1.2. Vegetación Herbácea

Existe una vegetación herbácea que desaparecerá con las obras y se potenciará y mejorará con el tapiz vegetal verde de ajardinamiento que se cree.

3.1.1.3. Fauna

Se establece como una zona cercana a la playa de Guadarranque y la río Guadarranque donde hace apenas 25 años existía la zona húmeda más importante, formadas por la unión de la desembocadura de este río con el río Palmones. Actualmente el río Guadarranque sigue gozando de una gran importancia para numerosas especies de aves (tanto migratorias como estacionarias), que encuentran en este reducto cobijo y alimento, siendo al mismo tiempo punto de partida y llegada para miles de aves que cruzan el Estrecho de un Continente a otro.

Con la llegada de las lluvias, se refugian numerosas aves limícolas y lariformes. Dentro del ciclo invernante, en este enclave junto con el río Palmones se ha comprobado la invernada de especies como el flamenco, el Zarapito real, Archibebe claro, la Lechuza campestre....

No obstante la planta de compostaje de lodos se encuentra a más de 500 metros del río de Guadarranque, sin interferir en la vegetación ni en su lugar de cobijo, por lo que estas especies de aves no se encontraran en peligro.

3.1.1.4. Atmósfera

Este medio no se ve alterado en sus condiciones térmicas por la instalación.

La planta no producirá ni humos sólo un poco de nieblas de vapor de agua, debido al volteo de las pilas de compost, las cuáles no llevaran ningún contaminante que pueda afectar a la atmósfera. Se producirá generación de polvo durante la fase de la obra, en forma muy localizada y como resultado de las excavaciones y movimiento de tierras.

En la situación final, el tratamiento urbanístico y la total cobertura del suelo mediante ajardinamiento mejorarán estas condiciones de impacto.

3.1.1.5. Ruidos

Ciertamente, es un impacto temporal en cuanto a la ejecución de las obras y debe asegurarse su eliminación, mediante las oportunas medidas correctoras. Aunque en la fase de desarrollo de la planta, el ruido de las plantas de compostaje se debe principalmente a las trituradoras. Éstas, tienen que triturar los restos de poda para facilitar el crecimiento de bacterias que nos acelerará el compost.

El nivel de ruido generado por estas instalaciones es bajo prácticamente nulo, ya ni que las eras de secado ni el proceso de maduración del compost provocarán ruido alguno.

3.1.1.6. Olores

La creación de olores en la planta de compostaje se mantendrá altamente vigilada por los trabajadores de la planta, ya que dichos olores pueden advertir de un mal proceso en el sistema de maduración del compost. En teoría, siguiendo el proceso diseñado en la planta no debe haber olores, aunque siempre hay algunos olores debido a la putrefacción de la materia orgánica generada en las pilas de compostaje.

No influirán estos olores a ninguna población cercana, debido a que la planta se ha situado a una distancia suficientemente larga como para que éstos olores no les afecten.

3.1.1.7. Capa Freática

El ámbito local de este tipo de infraestructura y su escasa influencia en las etapas freáticas son conocidas.

La única influencia negativa que sobre la calidad de las aguas podría existir, es la relativa a la potencial pérdida de aguas por malas estanqueidades o roturas de las conducciones de agua o de fango.

3.1.2. Agricultura

El ajardinamiento de la zona no empeorará la condición del actual terreno. No obstante, el proyecto que aquí tratamos es para la mejoría de la agricultura de la zona, ya que la mayoritariamente los productos generados se destinarán a este fin.

3.1.3. Geología

Las obras alterarán localmente el subsuelo, pero la escasa profundidad de influencia no repercutirá en los estratos geológicos.

3.1.4. Vertidos

Los vertidos que se generaran en esta planta provendrán de la balsa de lixiviados, aunque cabe decir que estos lixiviados serán destinados mayoritariamente al uso de la agricultura, ya que estos lixiviados serán beneficiosos para este fin, siendo previamente analizados. En el caso de que estos lixiviados contengan un exceso de metales pesados si serán destinados a vertederos autorizados habiéndose neutralizados previamente.

El sistema de tuberías en las eras de secado hacia la balsa de lixiviados impedirán vertidos indeseables en el terreno. Acabando así con la problemática de vertidos peligrosos en la zona.

3.1.5. Paisajes y Aspectos Estéticos

3.1.5.1. Ruptura de la Formación Paisajística

Las obras modificarán la formación paisajística de forma transitoria. Se han adoptado los medios de diseño adecuados tales como alturas máximas de 11 metros, ajardinamiento y urbanización, así como el tratamiento arquitectónico de edificios, y dado el carácter rural de la zona, no se producirá una modificación negativa de la percepción visual del paisaje del área afectada sino que son fácilmente integrables en su entorno, tal y como se muestra en la figura 1:



Fig. 1: Planta de compostaje

3.1.6. Consumo energético

Como el uso de combustibles fósiles supone la emisión de gases de efecto invernadero, se debe tomar medidas que minimicen dicho consumo o bien potenciar el uso de energías renovables para el proceso de desalación:

- Eólica: el uso de la energía eólica para producir la energía eléctrica que consume los equipos de la planta de compostaje pueden apoyarse en la electricidad originada por la energía eólica, pero aún se requieren esfuerzos tecnológicos que reduzcan los costes de dicha alternativa para que sea viable económicamente.
- Solar: Análogamente a las que emplean energía eólica, están comenzando a ponerse en práctica a pequeña escala – como el caso de Almería- pero se encuentra con la misma barrera del coste.
- Oceánica: Existen prototipos de plantas submarinas que aprovechan las altas presiones para eliminar el uso de las bombas de alta presión y con ello, se reduce significativamente el consumo de energía y la correspondiente emisión de CO₂. Además se evita el pre-tratamiento químico necesario para las membranas ya que a dichas

profundidades el agua de mar está exenta de contaminantes orgánicos e inorgánicos. Es pues, una solución alternativa que podría llevarse a cabo con la instalación de la planta de compostaje cercana al océano.

- **Hidráulica:** Normalmente la energía hidráulica no es accesible en las regiones que requieren de la instalación de planta de compostaje.

3.1.7. Medio Social

3.1.7.1. Empleo

La instalación producirá un beneficio en la creación de empleo tanto en el sector secundario como en el terciario, aunque el número de trabajadores permanentes a incorporar, será relativamente pequeño.

3.1.7.2. Higiene Pública

No se ve afectada la higiene pública, dado que la instalación de la planta de compostaje se hará en una zona alejada de la vida urbana y, además, no tiene repercusión alguna.

3.1.8. Medidas Correctoras

En relación con los aspectos analizados se pueden describir los criterios de diseño y la incorporación de medidas correctoras de mayor importancia para asegurar una casi nula afección al medio ambiente de la infraestructura de desalación.

3.1.8.1. Estudio de las distintas alternativas para el rechazo de la planta

Los posibles inconvenientes de la instalación de la planta de compostaje pueden ser:

3.1.8.1.1. Olores

Los olores en la planta de compostaje es uno de los principales problemas que deben tenerse en cuenta. Estos se producen debido a la descomposición de la materia orgánica, los cuales podrán ser evitados, si las pilas de compostaje son controladas frecuentemente.

Para evitar los problemas de olores se llevará un control en la pila por los trabajadores de la planta, vigilando con excesivo detenimiento la generación de olores.

3.1.8.1.2. Vertidos

Los lixiviados destinados a un vertedero autorizado no pasarán del 2%, y será en el caso de que dichos lixiviados contengan demasiados metales pesados, esto se sabrá mediante el análisis de los lixiviados antes de destinarse al uso de la agricultura.

ANEXO 2

II PLAN NACIONAL DE LADOS DE DEPURADORAS DE AGUAS RESIDUALES – EDAR II PNLD (2007-2015)

ÍNDICE

1. Introducción-Antecedentes.....	1
2. Situación Actual: resultados obtenidos en el I PNLD	4
2.1. Generación de LD	4
2.2. Tratamientos de LD	4
2.3. Evolución de la valorización agrícola de los lodos (2001-2005)	5
2.4. Legislación y aplicación de las CCAA.....	6
3. Principios básicos de gestión	14
3.1. Principio de prevención	14
3.2. Principio de jerarquía.....	14
3.3. La responsabilidad del productor	15
4. Objetivos ecológicos	15
4.1. Objetivos cualitativos	15
4.2. Objetivos cuantitativos.....	15
5. Instrumentos y medidas.....	16
5.1. Programa de prevención	16
5.2. Programa de valorización.....	16
5.3. Otras medidas.....	16
6. Presupuesto	18
7. Financiación.....	18
8. Seguimiento y revisión	20

1. Introducción-Antecedentes

En Junio de 2001 se aprobó el I Plan Nacional de Lodos de Depuradora-EDAR 2001-2006 (I PNLD), publicado en el BOE del 12 de julio. Ese Plan finaliza su periodo de validez el 31 de diciembre de 2006, por lo que se hace necesario redactar un II PNLD.

El PNLD (2001-2006) tenía por objeto mejorar la gestión de lodos, y en particular optimizar la aplicación agrícola, protegiendo el medio ambiente y especialmente la calidad del suelo. El PNLD (2001-2006) priorizaba el reciclado de los nutrientes y especialmente del LD sobre otras posibles opciones respetando el principio de jerarquía establecido en la normativa de residuos.

A modo de valoración general hay que señalar que ya en el 2005 se alcanzaba el objetivo de valorización agrícola que el Plan proponía para el 2006, que en el campo de la prevención, el control y la regulación de los vertidos industriales a la red de saneamiento se ha traducido en una disminución del contenido en metales pesados (Ni, Pb, Zn y Cr) de los lodos destinados a uso agrícola. Asimismo durante estos años se han llevado a cabo los estudios y análisis previstos en el Plan anterior para mejorar el conocimiento de las características, los tratamientos de los lodos así como las características de los suelos receptores.

Sin embargo queda pendiente la clarificación competencial en materia de gestión de lodos y el desarrollo de una norma y guías para establecer unas pautas claras para la gestión con independencia de si el destino es el uso en el suelo o no. Tampoco se ha profundizado suficientemente en la selección de los tratamientos adecuados al destino previsto siendo necesario incrementar la capacidad de almacenamiento en las depuradoras.

Legislación aplicable

Los lodos de depuradoras de aguas residuales urbanas son residuos a los que les es de aplicación las normas en vigor relativas a los residuos, y en particular

la Ley 10/998 de Residuos que incorpora al derecho interno la Directiva Marco de Residuos, 12/2006 y las Decisiones 2000/532/CEE, 2001/119/CEE, 2001/573/CEE, en las que se establece la Lista Europea de Residuos (LER), incorporada a nuestro ordenamiento por Orden MAM 304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la Lista Europea de Residuos.

Los lodos de las depuradoras (LD), de código LER 190805, tienen la peculiaridad respecto a otros tipos de residuos, de que su uso en el suelo está regulado por la Directiva 86/278/CEE relativa a la protección del medio ambiente y en particular de los suelos en la utilización de los lodos con fines agrícolas. Esta Directiva regula las condiciones de aplicación de los LD a los suelos agrícolas, condiciones orientadas a evitar el posible efecto nocivo sobre las aguas, el suelo, la vegetación, los animales y la salud humana.

La citada Directiva prohíbe el empleo de LD sin tratar, salvo en los casos de inyección directa o enterramiento en el suelo, si lo autorizan los Estados Miembros (en España no está autorizado). Asimismo prohíbe la aplicación en determinados cultivos, al tiempo que establece plazos para su aplicación en los cultivos autorizados. Además indica que la utilización de los lodos en agricultura debe hacerse teniendo en cuenta las necesidades de nutrientes de las plantas. Al mismo tiempo limita los contenidos en metales pesados y exige de un control estadístico de los LD producidos, cantidades dedicadas a fines agronómicos, composición y características de los LD, tipos de tratamiento, y la identificación del destinatario y lugar de aplicación.

Esta Directiva se incorporó a la legislación española mediante el Real Decreto 1310/1990. En él se designa al Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación y las autoridades responsables de las Comunidad Autónomas en esta misma materia como los competentes en materia de aplicación y control de la citada Directiva. Una Orden posterior, la de 26 de octubre de 1993, sobre la utilización de LD en agricultura, establece las exigencias de suministro de información de la estación depuradora al inicio de su funcionamiento y el envío por el responsable de la depuradora de una ficha semestral elaborada por la entidad que gestiona los lodos de uso agrícola con las cantidades dedicadas a fines agronómicos.

El informe de la Comisión sobre la aplicación de la legislación comunitaria de residuos (12059/06), en lo que se refiere la Directiva 86/278 de los años 2001, 2002 y 2003 refleja que la evolución del uso de los lodos en agricultura se ha incrementado en algunos Estados Miembros (EM), mientras que en otros ha decrecido. Dichas tendencias opuestas pueden atribuirse a factores diversos, como son el estado de los suelos en diferentes EM, la disponibilidad de tierra agrícola, la competencia con otros fertilizantes minerales y orgánicos o las características de los lodos.

La Directiva 91/271/CEE, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas, al establecer que las “vías de evacuación” de los LD se prevean minimizando los efectos nocivos sobre el medio ambiente y que se sometan a normas, registros y/o autorizaciones apuntaba ya a la necesidad de establecer el control de los distintos opciones de gestión. Dicha Directiva ya prohibió la evacuación de los LD a las aguas de superficie desde 1999.

Al día de hoy aún no se ha procedido a la revisión de la citada Directiva, en contra de las previsiones que se hacían en el I PNLD. La Comisión ha incluido en la Estrategia de Prevención y Reciclaje el compromiso de presentar una propuesta de revisión de la Directiva 86/278/CEE, cuyo contenido y orientación no se conoce todavía. En relación con esta futura revisión, se asume que la utilización en los suelos como fertilizante y enmienda orgánica es una buena opción ambiental y que esa nueva Directiva debe ser el instrumento para asegurar que los beneficios ambientales derivados de su utilización no se vean menoscabados por la transmisión de contaminantes. En estos últimos años también a nivel de la UE se han llevado a cabo Estudios, Programas Piloto, conferencias, recopilación de información, pero no se ha plasmado todo eso en una nueva Directiva superadora de la actual. Se esperaba que para el 2007 la Comisión de la UE hiciera una propuesta concreta que podría basarse en toda la información acumulada en estos años y en la opinión de todos los Estados Miembros, que han sido consultados con este fin.

2. Situación actual: resultados obtenidos en el I PNLD

2.1. Generación de LD

Según datos del Registro Nacional de Lodos (RNL) del MAPA la producción de lodos se ha incrementado en un 39% (1997-2005). Las CCAA que más lodos producen son Cataluña, Madrid y la Comunidad Valenciana. En el año 2005 el 65% de los lodos se destinaban a uso agrícola una parte de ellos compostados. El contenido en algunos metales (Ni, Pb, Zn y Cr) de los LD aplicados al suelo ha disminuido.

2.2. Tratamientos de LD

No se dispone de información cuantitativa suficiente sobre los tratamientos de los LD; sólo hay información cualitativa, según la cual los tratamientos aplicados son los siguientes:

- Digestión anaerobia mesofílica con o sin aprovechamiento energético
- Digestión anaerobia mesofílica con o sin aprovechamiento energético del metano
- seguida en algunos casos de compostaje y en otros de secado térmico, que puede
- ser seguido en algún caso por la incineración.
- Deshidratación y compostaje
- Deshidratación y secado térmico
- Deshidratación, secado térmico y compostaje
- Estabilización aerobia con o sin compostaje posterior
- Estabilización química
- Secado térmico e incineración
- Secado térmico y coincineración en cementeras

Todavía hay muchas depuradoras, en su mayoría pequeñas, en las que los LD se someten a un almacenamiento prolongado como forma de tratamiento, en lugar de enviarlos a plantas más grandes para su tratamiento conjunto con otros LD.

Con frecuencia tienen lugar varios tratamientos encadenados, a veces innecesarios e incluso perjudiciales desde el punto de vista ambiental; un objetivo, pues, de este Plan, consiste en precisar los tratamientos realmente necesarios para optimizar la valorización de los LD; en algunos casos es posible mejorar de manera significativa la eficacia de los tratamientos introduciendo pequeñas modificaciones en los procesos. Las medidas que se adopten en este sentido propiciarán, no sólo una mejor gestión, sino su abaratamiento. En lo referente al aspecto energético de los tratamientos, se hace necesario minimizar el consumo de energía procedente de fuente no renovable y producir energía a partir de metano.

Otro factor logístico de gran importancia práctica se refiere a la capacidad de almacenamiento de las depuradoras. En relación con la aplicación al suelo, disponer de capacidad de almacenamiento es esencial para garantizar la calidad ecológica de ese uso. En la actualidad, algunas plantas EDAR no disponen de suficiente capacidad de almacenamiento, por lo que hay que prever medidas para aumentarla en los próximos años.

Por otra parte, en aplicación del principio de proximidad, es aconsejable evitar, en lo posible, el transporte de LD a grandes distancias y ello por la doble razón del impacto ambiental de esa operación y el encarecimiento de la gestión que ella significa.

2.3. Evolución de la valorización agrícola de los lodos (2001-2005)

En el año 2005 el 65% de los LD se destinaron a uso agrícola, una parte de ellos compostados. El contenido en algunos metales (Ni, Pb, Zn y Cr) de los LD aplicados al suelo ha disminuido. Las cantidades destinadas a valorización agrícola en los últimos años pasaron, de 606.119 (2001) a 725.433 toneladas (2005), lo que significa, en términos porcentuales un notable incremento. El porcentaje de LD aplicados a la agricultura en 2005 representa el 65% del total generado.

Con esto se da cumplimiento a los objetivos de valorización agrícola que figuraban en el I Plan Nacional de LD, artículo 2.2. No obstante, se hace necesario mejorar el control de estas aplicaciones agrícolas. A este respecto una figura que parece muy prometedora es la de los planes integrales de fertilización, razón por la cual la elaboración de estos planes es una de las medidas novedosas de este II PNLD.

2.4. Legislación y planificación de las CCAA

Existe una gran heterogeneidad entre las CCAA: unas disponen de planes específicos, otras aplican normas de gestión de residuos o los incluyen en los planes de residuos urbanos, otras aplican el R.D. 1310/1990 a través de sus Consejerías de Agricultura o desde los servicios de residuos o de saneamiento de las Consejerías de Medio Ambiente. Esta situación no es muy deseable, no sólo por razones ecológicas, sino también por razones de eficacia administrativa, ya que a veces hay incluso cierta confusión respecto del departamento competente.

Es por esto que el MMA, en colaboración con las CCAA, ha llevado a cabo algunos trabajos y tiene en marcha otros que culminarán en el establecimiento de directrices y normas comunes en todo el territorio español. Un primer paso en esta Dirección lo constituye la propuesta de modificación de los Anejos de la Orden del 23 de octubre de 1993, del MAPA, relativa al suministro de información sobre la gestión de Lodos por parte de los responsables de las estaciones depuradoras; con ella se pretende tener un mejor conocimiento y control de la generación y destino de los LD, y no solo del destino agrícola sino también de los destinados a incineración o vertedero.

Otros trabajos realizados, y previstos en el Plan, son los que se resumen en los epígrafes siguientes:

Prevención y reducción de la contaminación en origen

Como ya se indicaba en el anterior Plan la prevención en origen de la contaminación es un requisito imprescindible para obtener LD fácilmente valorizables. La mayor parte de la contaminación de los LD, sobre todo la de componentes peligrosos y metales pesados, procede de vertidos incontrolados o ilegales a las redes de alcantarillado municipal; las depuradoras EDAR no están diseñadas ni preparadas para depurar o eliminar ese tipo de contaminantes. Por estas razones se hace necesario poner el acento en las iniciativas dirigidas a evitar esos vertidos, a menudo de origen industrial.

Muchas Comunidades Autónomas han hecho un gran esfuerzo de prevención, pero será necesario continuarlo y ampliarlo en el futuro. Siguiendo lo previsto en el anterior Plan, se ha elaborado una guía de prevención de la contaminación de los LD que tiene por objeto proporcionar información a municipios y a CCAA, sobre el tipo de contaminantes originados en las actividades industriales, facilitando su identificación y la puesta en marcha de posibles medidas.

Caracterización de los suelos receptores

a) Mapa de contenidos en materia orgánica y metales pesados de los suelos agrícolas y pastizales españoles:

En el año 2005 se ha publicado el trabajo realizado en el marco del convenio suscrito entre el MMA, el MAPA y el INIA para la confección del mapa de materia orgánica y metales pesados. Este mapa es una herramienta fundamental para ir delimitando áreas que requieren políticas específicas de protección del suelo, así como para establecer estrategias de reciclaje de residuos orgánicos, entre los que se encuentran los LD.

La información generada en este trabajo y su futura ampliación nos permite contribuir con datos precisos y detallados a la elaboración de mapas necesarios para

el desarrollo de políticas de protección de suelo, y sirve de base para la implantación en el futuro de programas de vigilancia de la evolución y la calidad de los suelos. Es la primera aproximación sistemática en los suelos agrícolas y pastizales que cubre todo el territorio español.

Entre sus conclusiones hay que destacar que la mitad de los suelos españoles son muy pobres en materia orgánica, contienen menos del 1% de COT, y que sus contenidos en metales pesados son relativamente bajos, lo que abre amplias posibilidades de reciclaje de una parte importante de los LD.

El trabajo ha sido distribuido a los Departamentos de Agricultura, Medio Ambiente e Investigación de todas las CCAA y a Centros Profesionales del mundo de los residuos y de la protección del suelo.

b) Mapa de contenido en fósforo en los suelos agrícolas y pastizales españoles:

En el 2005 se suscribió un nuevo Convenio MMA-MAPA-INIA para completar el trabajo anterior con la determinación de los contenidos en fósforo en todo el territorio. Su duración será de tres años.

Caracterización de LD

También en 2005 se inició un programa de caracterización de LD de depuradoras. Fue diseñado y elaborado por el MMA en colaboración con las CCAA y la Asociación Española de Saneamiento, y su coordinación la lleva a cabo el CEDEX; los trabajos de laboratorio se realizan en el CEDEX, el CIEMAT y el IMIDRA. Se han incluido en él 66 depuradoras, representativas de las diversas condiciones y tipos existentes. Los parámetros que se están analizando son los agronómicos, metales pesados y compuestos orgánicos y microbiológicos. También se está recogiendo información sobre los tratamientos de las aguas y de los lodos en las propias depuradoras.

Los primeros resultados parciales que se han obtenido indican que los contenidos de los metales pesados de los LD analizados son relativamente bajos, en

general cumplen los límites para usos agrícolas que figuraron en los borradores de posible revisión de la Directiva 86/278/CEE.

Este estudio es esencial para definir los tipos de depuradoras (en función de sus características técnicas y ecológicas), la eficacia de los tratamientos, facilitando la identificación de los que proporcionan mejor calidad (bajo contenido en metales, buen contenido en nutrientes, bajo nivel de contaminantes orgánicos), los contaminantes más frecuentes y su concentración. Sólo cabe contemplar el uso agrícola de los LD de mejor calidad, y el resto, si no hay posibilidades de rebajar su nivel de contaminantes, iría destinado a otras formas de valorización (valorización energética, incineración u otras), de forma que se minimice el vertido final.

Con este trabajo se daba cumplimiento al objetivo ecológico del I PNLD, artículo 2.2b).

Calidad del compost producido en España

El MMA, en colaboración con las CCAA también ha llevado a cabo un estudio analítico para caracterizar la calidad de los distintos tipos de compost fabricado con LD y con RSU de recogida mixta. Dos importantes conclusiones de este trabajo son las más relevantes:

- El compost de LD contiene más nutrientes que el de RSU, principalmente N y P.
- Hay pocas diferencias significativas en los otros parámetros de calidad regulados en la vigente legislación (materia orgánica total, H, C/N, granulometría y metales pesados), salvo en la relación C/N, más alta en el compost de RSU, y en los metales pesados, más elevados en el compost de RSU; éstos últimos sobrepasan con cierta frecuencia los límites legales establecidos para los metales pesados

Normativa sobre compost

En colaboración con el Comité de Fertilización del MAPA se han llevado a cabo trabajos para la elaboración del Real Decreto 824/2005, sobre productos fertilizantes, en el que se establecen varias clases de compost, según su calidad (a,b,c), lo que constituye un paso adelante en la introducción de criterios de calidad ecológica en las normas agronómicas de fertilización. Este Real Decreto incluye los LD como posible material orgánico para la fabricación de fertilizantes.

El Proyecto “Horizontal”: Normas analíticas de los LD.

En colaboración con el Joint Research Center (JRC), el Comité Europeo de Normalización (CEN) y otros Estados Miembros de la UE el MMA y el CIEMAT iniciaron en el 2002 su participación en este Proyecto cuyo objetivo principal consiste en la adopción de metodologías analíticas normalizadas para LD, compost y suelos.

Durante el bienio 2004-2005 se ha llevado a cabo la fase final que culminará en una propuesta de adopción en el 2007/2008 de métodos estándar en la UE para los análisis de los distintos parámetros. Naturalmente, estos métodos serán aplicados también en España.

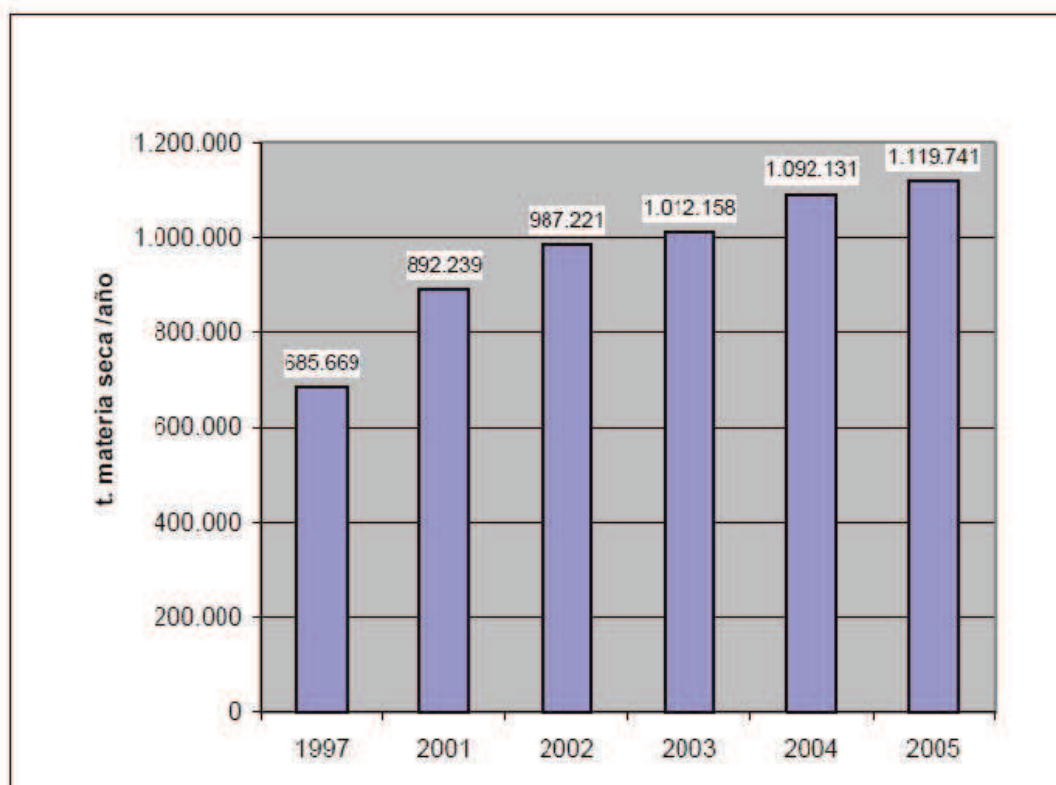
Programas de I+D+i

En el período 2004-2006 y en el marco de los programas de ayudas a I+D+i que concede el MMA se han evaluado varios centenares de proyectos relacionados con los LD, de los cuales se aprobaron 28. Los contenidos principales de estos trabajos de investigación se refieren a:

- a. Prevención de la contaminación de los LD.
- b. Códigos de buenas prácticas en fertilización agrícola a base de LD.
- c. Calidad de los tratamientos de los LD, en particular del Compostaje.
- d. Búsqueda de nuevos usos de los LD.

En materia de estadísticas y datos cuantitativos sobre la generación y gestión de los LD, se ha registrado un progreso limitado en estos últimos años. Los mejores datos de que dispone el MMA son los que figuran en el Registro correspondiente del MAPA (Registro Nacional de Lodos de Depuradora). En los gráficos y tabla siguientes se resume la evolución en el período 1997-2005:

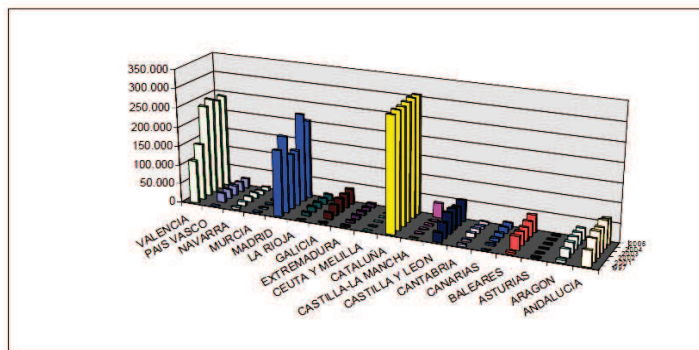
Evolución de la generación anual de LD (t de materia seca/a)



Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA

La evolución por CCAA, ha sido la siguiente:

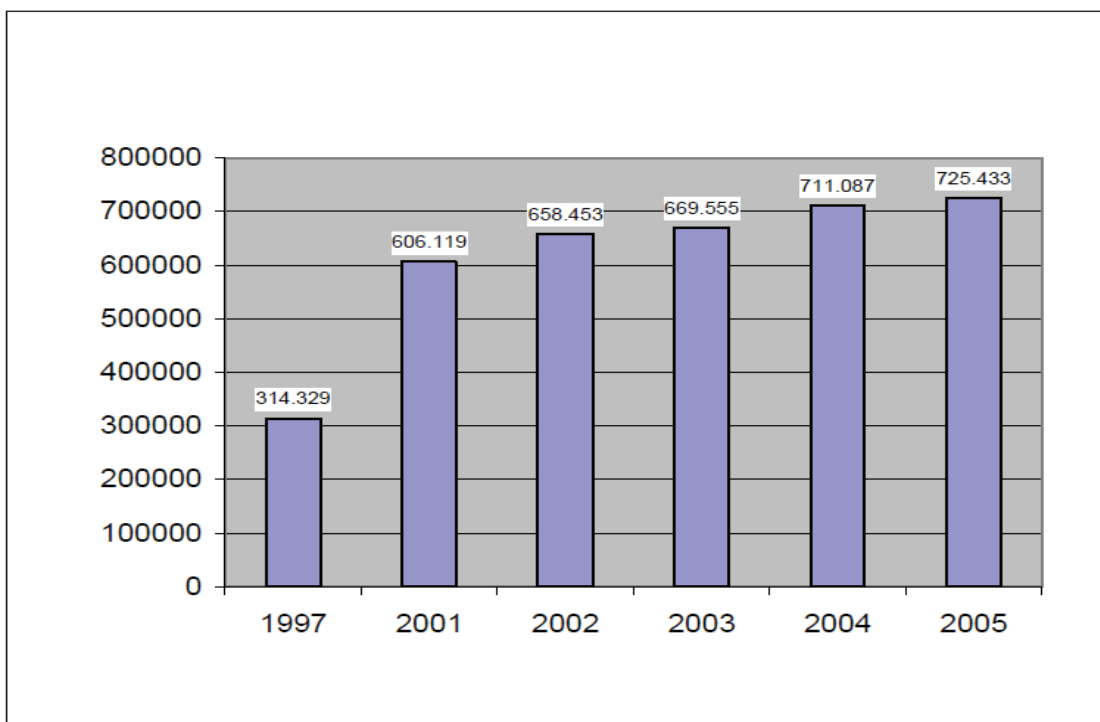
Evolución de la generación de LD, por CCAA (1997-2005)



Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA

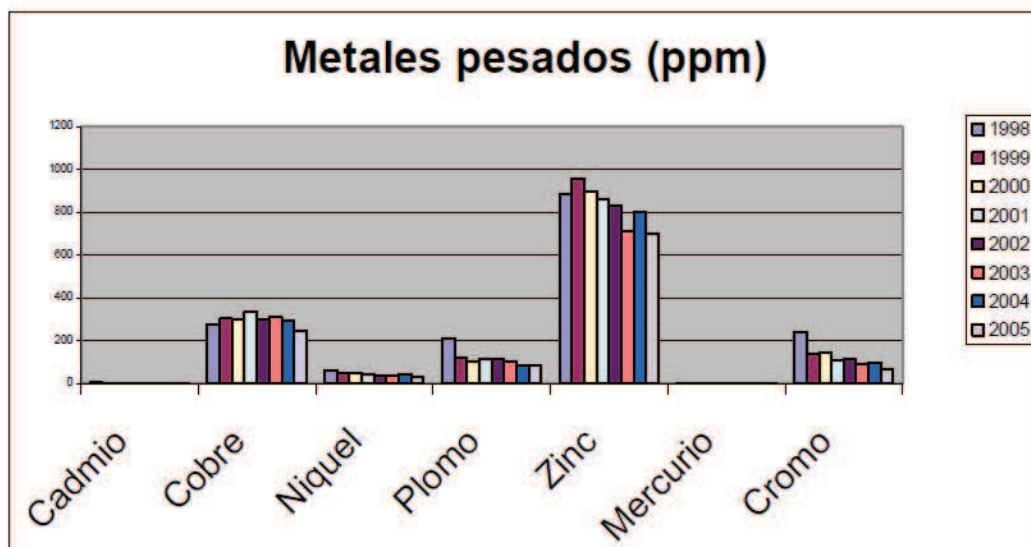
De estos LD se ha destinado a valorización agrícola una parte muy significativa. La evolución en este periodo de tiempo del uso agrícola de LD ha sido la siguiente:

Evolución de la valorización agrícola de LD (t de materia seca/a)



Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA

En lo que respecta a los contenidos en metales pesados de los LD declarados al Registro del MAPA, en el gráfico siguiente se indican los valores medios de siete metales pesados en el periodo 1997-2005:



Fuente: Registro Nacional de Lodos del MAPA

Tabla 1

CC.AA.	Agricultura					
	1997	2001	2002	2003	2004	2005
ANDALUCIA	13.920	49.552	54.721	53.830	55.065	54.107
ARAGON	500	3.214	6.495	8.319	9.017	9.171
ASTURIAS	1.413	1.413	1.413	1.413	1.413	1.413
BALEARES	0	31.002	31.002	31.002	34.011	40.624
CANARIAS		0	0	20	23	24
CANTABRIA	0	0	0	0	273	273
CASTILLA Y LEON	8.365	23.463	29.516	29.579	33.088	39.990
CASTILLA-LA MANCHA	0	2.350	2.350	2.350	2.400	27.382
CATALUÑA	59.678	158.182	158.187	160.560	163.120	162.895
CEUTA Y MELILLA		0	0	0	0	0
EXTREMADURA	1.680	3.580	6.114	6.114	6.114	6.114
GALICIA	1.574	14.473	22.206	25.203	30.211	27.258
LA RIOJA		9.100	13.653	15.247	15.830	15.962
MADRID	151.674	193.713	138.468	138.729	168.404	143.872
MURCIA	997	1.003	1.003	1.003	1.003	1.003
NAVARRA	5.614	10.667	13.557	13.957	9.644	9.527
PAIS VASCO		1.721	1.721	1.721	1.721	1.721
VALENCIA	68.914	102.685	178.049	180.509	179.744	184.092
TOTAL	314.329	606.119	658.453	669.555	711.087	725.433

3. Principios Básicos de Gestión

3.1. Principio de prevención

Siempre que sea tecnológica y económicamente viable se deberán aplicar las medidas disponibles para evitar o disminuir la generación de LD, reducir sus contenidos en sustancias peligrosas, facilitar su reciclaje y valorización.

3.2. Principio de jerarquía

Como en todo Plan de Gestión de Residuos es obligado respetar el llamado principio de jerarquía, contemplado en el artículo 1 de la Ley 10/1998, de Residuos. Se trata, por tanto, de prevenir en la medida de lo posible, reutilizar lo que se pueda, reciclar lo que no se pueda reutilizar y valorizar energéticamente todo lo que no se pueda reutilizar o reciclar. El depósito final en vertedero es la última opción y la menos satisfactoria. Este principio de orden general puede ser matizado en razón de los condicionantes tecnológicos y económicos que se den en cada caso.

Se hace necesario contemplar medidas concretas de estímulo a las autoridades, agentes económicos y consumidores para que los LD sean gestionados correctamente desde el punto de vista ambiental y, en la medida de lo posible, respetando este principio.

3.3. La responsabilidad del productor

Corresponde a las depuradoras la responsabilidad básica de la correcta gestión ambiental de los LD, en aplicación tanto de las Directivas de la UE como del artículo 7 de la Ley 10/1998, de Residuos.

4. Objetivos ecológicos

4.1. **Objetivos cualitativos:**

- Clarificar la responsabilidad y la competencia para autorizar y controlar las operaciones de gestión.
- Asegurar una infraestructura adecuada de instalaciones de almacenamiento, tratamiento y eliminación.
- Mejorar la gestión ambiental de los LD, ajustando su calidad al destino final.
- Establecer criterios homogéneos y normalizados para su correcta gestión.
- Prevención de la contaminación los LD en coordinación con las actividades de saneamiento.
- Ampliar y mejorar la coordinación entre las distintas Administraciones y gentes privados e involucrados, en particular entre los Departamentos de Medio Ambiente, Agricultura y Saneamiento y Calidad de las Aguas.
- Minimización de los LD destinados a depósito en vertedero.
- Mejora del sistema estadístico y de generación de datos.

4.2. **Objetivos cuantitativos:**

- Valorización en usos agrícolas de al menos el 70% de los LD antes del 2011.
- Valorización energética de un 15% como máximo de los LD antes de 2011.
- Depósito en vertedero de un máximo de un 15% de los LD antes de 2011.
- Correcta gestión ambiental del 100% de las cenizas de incineración de LD.

5. Instrumentos y Medidas

Se prevén las siguientes:

5.1. Programa de prevención.

- Realización de programas piloto para la puesta en práctica de actuaciones de prevención. Acuerdos voluntarios con los Municipios o Comunidades Autónomas con este fin.

- Normativa: Elaboración y aprobación de una nueva norma reguladora sobre gestión de LD.

5.2. Programa de valorización

- Redacción y aprobación de un manual técnico sobre el almacenamiento de LD.

- Código de buenas prácticas para la aplicación al suelo de lodos.

- Redacción y aprobación de un manual técnico sobre tratamientos posibles de LD, indicando sus ventajas e inconvenientes, así como las recomendaciones pertinentes para cada caso práctico concreto.

5.3. Otras medidas

- Información sobre los usos de los LD en el suelo (agricultura, jardinería, restauración de suelo, etc...)

- Coordinación técnica y jurídica entre los departamentos competentes en materia de Medio Ambiente, Agricultura y de Calidad de las Aguas en las diferentes Administraciones. Creación de un Grupo de Trabajo interadministrativo e intersectorial con este fin. El MMA propondrá su creación antes de 2008.

- Programas de formación de personal especializado en gestión de LD. El MMA incluirá enseñanzas sobre gestión de LD en sus programas de divulgación y de enseñanza ambiental (CENEAM, etc.)
- Programas de formación especialmente dirigidos a los responsables de plantas de depuración de aguas residuales –EDAR
- Divulgación de resultados de los proyectos de I+D+i.
- Impulso a las mejoras tecnológicas y a la adquisición de experiencia o práctica a través de los Programas de I+D+i de las Administraciones. El MMA continuará concediendo estas ayudas anuales y aumentará en los próximos años el presupuesto disponible para este fin.
- Creación de un sistema de información específico sobre LD; diseño y puesta en práctica de una aplicación con este fin en el marco del Sistema HERCULES. Elaboración del Inventario Nacional de Gestión de LD, que se incorporará al Inventario Nacional de Residuos.
- Establecimiento de una taxonomía homogénea y normalizada de la desagregación de los datos e informaciones necesarios para la creación del Sistema de Información citado en el epígrafe anterior. Aprobación de un modelo de cuestionario informativo a cumplimentar por los responsables de las estaciones EDAR.
- Realización de un estudio económico sobre la gestión de LD, en todas sus modalidades. Propuesta de un modelo de financiación de su gestión basado en sus conclusiones.

6. Presupuesto

Concepto	Programa	Inversión (M€)
Prevención	• Programa de reducción en origen de la contaminación	90
	• Caracterización analítica de LD y de suelos receptores	81
Reciclaje	• Infraestructuras de tratamiento	150
	• Instalaciones de almacenaje	150
	• Adaptación y mejora de las plantas existentes	75
Eliminación	Adaptación y modernización de las plantas de incineración de LD existentes	6
Control estadístico	Programa de información, bases de datos e inventarios	3
Mejora de prácticas ambientales	Programa de I+D+i	45
Sensibilización y formación	Programa de formación de personal y campañas de concienciación ciudadana	12
TOTAL		612

7. Financiación

Las iniciativas, programas y proyectos incluidos en los diferentes planes específicos que conforman el PNIR del que forma parte en este II PNLD y figuran en sus anexos, se financiarán de acuerdo con los siguientes criterios generales:

- El principio de responsabilidad del productor. La obligación de financiar la recogida y gestión de los residuos que son el resultado del uso de determinados objetos corresponde a quienes los pusieron por primera vez en el mercado (Art. 7 de la Ley 10/1998, de Residuos).
- Cuando la responsabilidad jurídica de la recogida y gestión de los residuos corresponda a las CCAA o a las entidades locales, éstas podrán exigir en ambos casos el resarcimiento de los gastos que para ellas signifique esa gestión; en el primer caso, esa compensación financiera podrá llevarse a cabo por medio de diversos instrumentos jurídicos (convenios, participación en sistemas de recogida

de iniciativa pública, SIG, etc.) y en el segundo, por ejemplo, por la vía de las tasas de residuos regionales o municipales.

- Las administraciones públicas llevarán a cabo y financiarán, de acuerdo con sus disponibilidades presupuestarias, estudios tendentes a mejorar la gestión de los residuos, en particular los referentes a las posibilidades de aumentar y mejorar la prevención. El Ministerio de Medio Ambiente, en sus presupuestos anuales, reservará una cantidad mínima anual para llevar a cabo estos estudios.
- Los programas de innovación tecnológica, mejoras en los procesos de tratamientos, programas piloto y similares podrán ser financiados parcialmente con cargo a los fondos de I+D+i que las distintas administraciones prevean anualmente en sus respectivos presupuestos. El Ministerio de Medio Ambiente continuará priorizando la cofinanciación de estas iniciativas en el marco del programa correspondiente de la Dirección General de Calidad y Evaluación Ambiental.
- Las administraciones públicas analizarán, y en su caso propondrán, medidas de carácter económico que graven el vertido o eliminación final de los residuos, como medida para incentivar su valorización, siempre que los recursos económicos así obtenidos se destinen a ampliar y mejorar su prevención y reciclaje.
- El Ministerio de Medio Ambiente aportará fondos propios para la puesta en práctica de algunas de las medidas e iniciativas previstas en este Plan. Con cargo a estos fondos económicos se ejecutarán todas o algunas de las siguientes medidas:
 - Estudios teóricos para mejorar la gestión de los residuos, en especial para impulsar y ampliar las medidas de prevención.
 - Ayudas a I+D+i con el mismo fin.
 - Campañas de concienciación ciudadana para motivar a la población hacia comportamientos que faciliten el logro de los objetivos del Plan.

Estas ayudas se enmarcarán en un programa general que, con los mismos principios y objetivos, abarcará a los once planes de residuos y al Programa Nacional de Pilas y Acumuladores Usados que, junto al de suelos contaminados, constituyen el Plan Nacional Integrado de Residuos (PNIR).

A estos efectos el Ministerio de Medio Ambiente dedicará, en conjunto, los siguientes recursos (en M €):

2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
20	20,4	20,81	21,22	21,65	22,08	22,52	22,97	23,43

Estos recursos podrán ser invertidos, bien directamente en programas propios del Ministerio de Medio Ambiente, bien en colaboración con programas similares de otras administraciones.

8. Seguimiento y revisión

La puesta en práctica de este Plan será objeto de un seguimiento específico a través de un Grupo de Trabajo que, a iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente, se constituirá y el que formarán parte el Ministerio de Economía y Hacienda, el de Sanidad y Consumo, todas las Comunidades Autónomas y la Federación Española de Municipios y Provincias (FEMP). Este Grupo de Trabajo celebrará, al menos una vez por año, sesiones abiertas en las que participarán representantes de los sectores económicos y sociales interesados; en particular se invitará a esas sesiones a representantes de las organizaciones patronales, de los sindicatos, de las organizaciones conservacionistas y de los consumidores. En estas sesiones se pasará revista al desarrollo y ejecución del Plan y se analizarán las medidas posibles para impulsarlo y mejorar sus resultados.

Este Plan será revisado con periodicidad bienal; la primera revisión se llevará a cabo no más tarde del año 2014. Tal y como se contempla en el propio Plan, en estas revisiones se

podrán modificar sus contenidos, incluidos los objetivos ecológicos, al tiempo que se irá adaptando a la evolución de la regulación jurídica de los LD y a los avances tecnológicos. En lo referente al primer aspecto, y habida cuenta del hecho que en la actualidad se encuentra en proceso de revisión tanto la Directiva Marco de Residuos de la UE como algunas normas nacionales españolas relevantes, es previsible que pueda ser necesaria su adaptación en el corto plazo. Los trabajos de revisión se coordinarán con los que lleven a cabo las CCAA, en especial en lo relativo a la generación y verificación de datos y estadísticas, así como a la compatibilidad de los sistemas informáticos autonómicos con el Sistema HÉRCULES, del Ministerio de Medio Ambiente. En este Sistema se preverá una aplicación específica para LD siguiendo el modelo establecido para este tipo de residuos en el marco de la Directiva 92/692/CE, de normalización de informes. La taxonomía y códigos utilizados para la desagregación de los datos serán las de la LER.

En el Grupo de Trabajo se analizarán y propondrán medidas concretas para estimular a los productores la mejora en la generación de datos, su verificación y la comunicación a las autoridades competentes.

ANEXO 3
FOTOGRAFÍAS PARCELA



Figura 1. Polígono industrial de Guadarranque

A continuación se presentan las distintas fotografías que se tomaron “in situ” en el emplazamiento destinado para la planta, desde ellas se pone de manifiesto la amplitud de la zona y la cercanía de las EDARS



Figura 2. La localización provocará poco impacto ambiental.

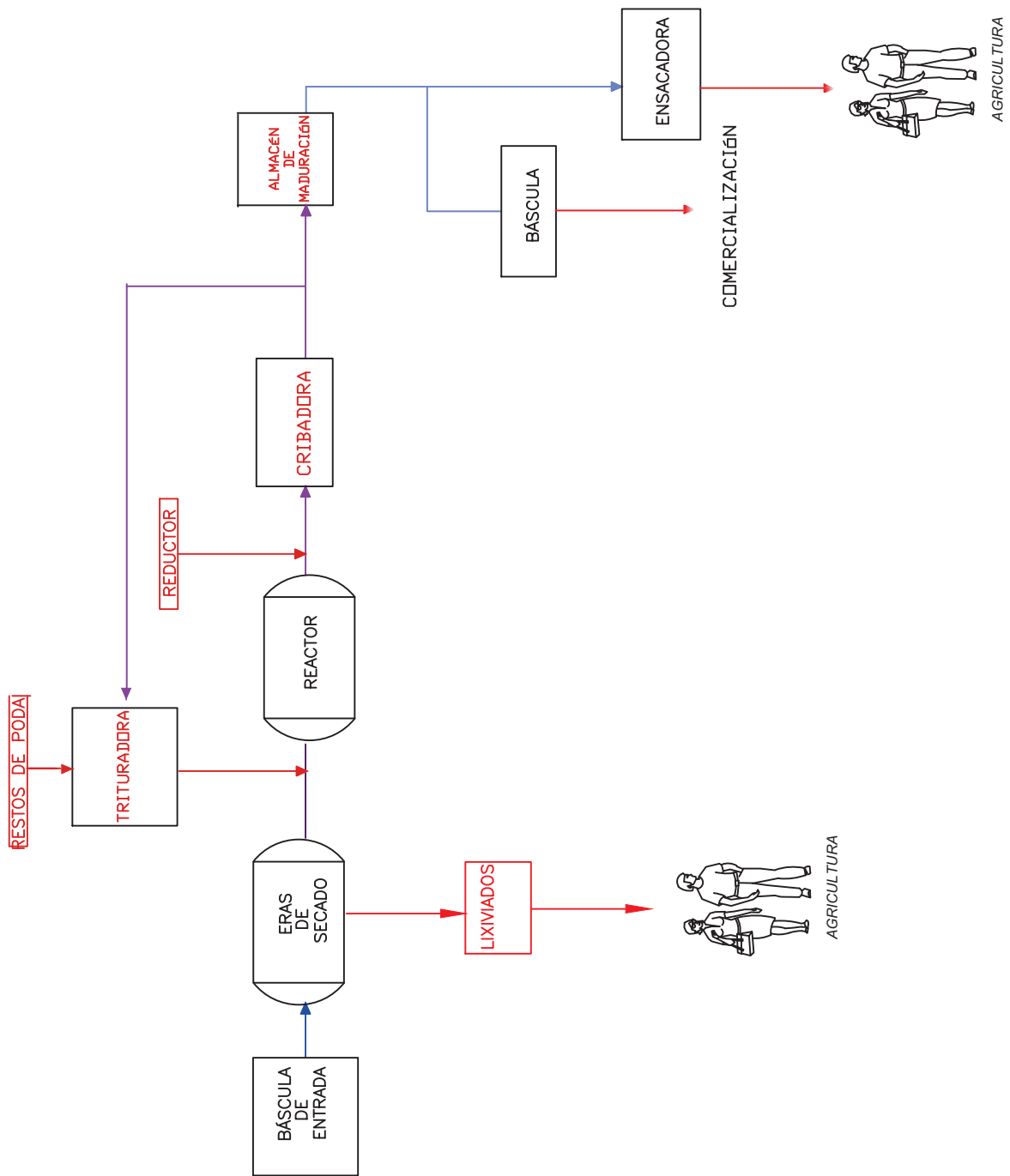


Figura 3. Terreno llano de fácil acceso para la nueva planta

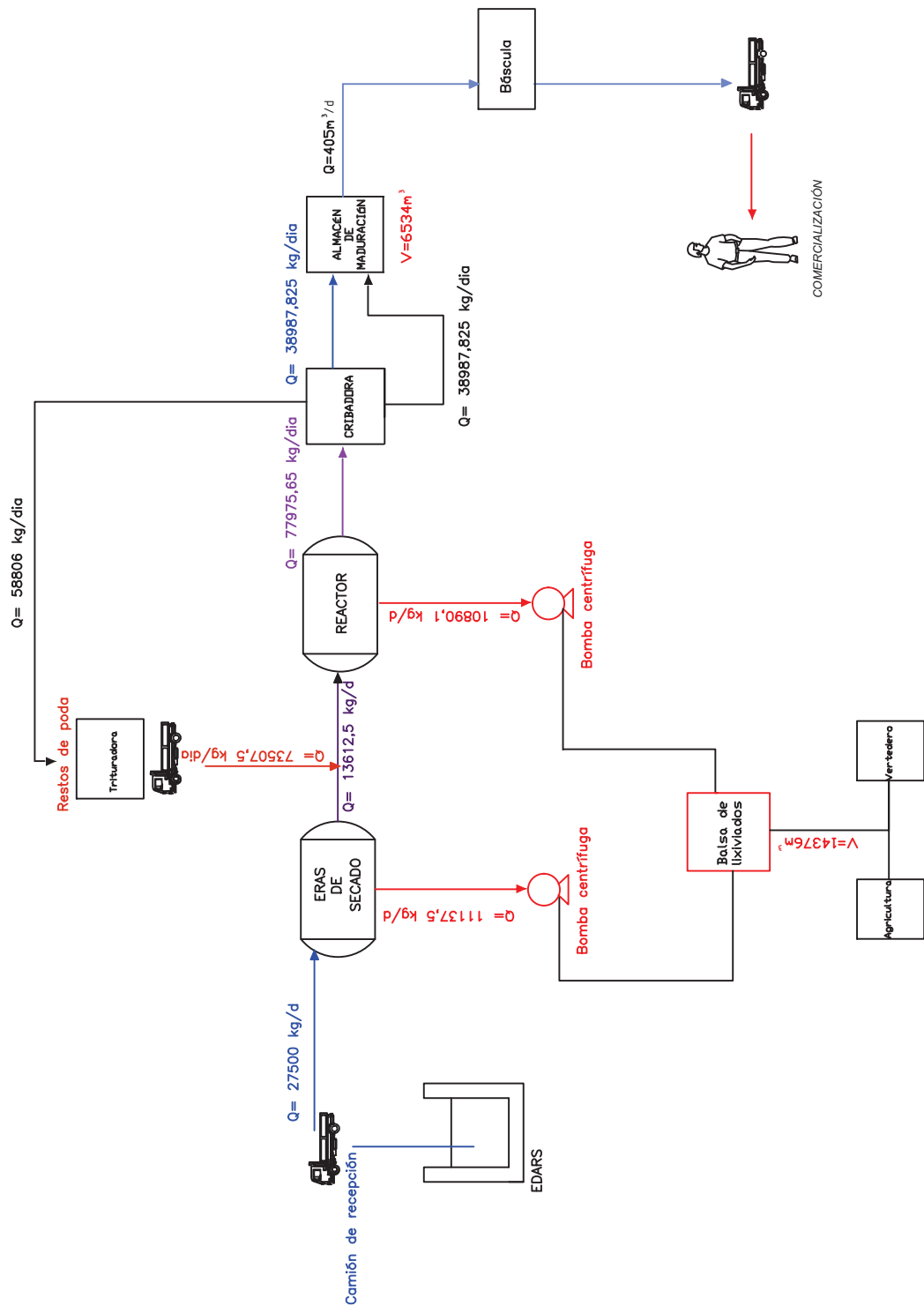
DOCUMENTO N° 2
PLANOS

INDICE

1. Plano de situación
2. Plano de Emplazamiento
3. Planta de Distribución
4. Diagrama básico de proceso
5. Diagrama de proceso



	FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO	MAYO 2013	FCO. JAVIER COLLADO		
COMPROBADO				
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:			
S/E	INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE DE LODOS PROCEDENTES DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS EN TARAGUILLA			
	DENOMINACIÓN DEL PLANO:			PLANO N°:4
			DIAGRAMA BÁSICO DE PROCESOS	



		FECHA	NOMBRE	FIRMA	ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR DE ALGECIRAS INGENIERÍA TÉCNICA INDUSTRIAL
DIBUJADO		MAYO 2013	FCO. JAVIER COLLADO		
COMPROBADO					
ESCALA	DENOMINACIÓN DEL PROYECTO:				
S/E	INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE DE LODOS PROCEDENTES DE LAS ESTACIONES DEPURADORAS EN TARAGUILLA				
	DENOMINACIÓN DEL PLANO:		DIAGRAMA DE PROCESOS		PLANO N°:

DOCUMENTO N° 3
PLIEGO DE CONDICIONES

INDICE

1. Pliego de Condiciones Generales

1.1. Disposiciones Generales

1.1.1. Título del proyecto y autor	1
1.1.2. Objetivo del pliego de condiciones	1
1.1.3. Documentos que integrarán el contrato de obra	2
1.1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos	3
1.1.5. Forma general de interpretación de los trabajos	3
1.1.6. Idioma oficial.....	3
1.1.7. Dirección facultativa.....	4
1.1.8. Descripción de las instalaciones	4
1.1.9. Disposiciones legales y reglamentarias.....	5

1.2. Condiciones Generales Facultativas

1.2.1. Delimitación de funciones de los agentes intervinientes	10
1.2.2. Obligaciones y derechos del Contratista	13
1.2.3. Trabajos, materiales y medios auxiliares	16

1.3. Condiciones Generales Económicas

1.3.1. Base Fundamental.....	20
1.3.2. Garantías de cumplimiento y fianzas	21
1.3.3. Precios y previsiones	21

2. Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

2.1. Base fundamental.....	24
2.2. Normativa aplicable.....	25
2.3. Condiciones técnicas a cumplir por las instalaciones	26
2.4. Condiciones técnicas de los servicios higiénicos y otros locales.....	27
2.5. Características de los materiales	
2.5.1. Consideraciones básicas	28
2.5.2. Calidades de los materiales	30
2.6. Garantías	
2.6.1. Producción de compost	32
2.6.2. Fertilidad del producto	33
2.6.3. Garantía de Materiales y Equipos.....	33

1. Pliego de Condiciones

Es un conjunto de artículos o cláusulas que regulan los derechos, responsabilidades, obligaciones y garantías mutuas entre los distintos agentes de la edificación: promotor, constructor, proyectista, director de obra, director de ejecución de las obras.

En este capítulo se regulará el desarrollo general de las obras desde el punto de vista facultativo, económico y legal.

1.1. Disposiciones Generales

1.1.1. Título del proyecto y autor

Título: “Instalación de una planta de compostaje de lodos procedentes de las estaciones depuradoras en Taraguilla” como Proyecto Fin de Carrera.

Autor: Francisco Javier Collado Becerra

1.1.2. Objetivo del pliego de condiciones

El objetivo del presente Pliego de Condiciones es definir el conjunto de directrices, requisitos y normas aplicables al desarrollo de las obras que se refieren a este proyecto en cuestión. Contiene las condiciones técnicas normalizadas referentes a los materiales y equipos, el modo de ejecución, medición de las unidades de obras y, en general, cuantos aspectos han de regir en las obras comprendidas en el presente proyecto. El Pliego de Condiciones constituye el documento más importante desde el punto de vista contractual.

Es objeto del presente Pliego de Condiciones:

- Definir las especificaciones que habrán de satisfacer los diversos materiales y maquinaria a emplear en estas obras, tanto en su composición como en su control de calidad.

- Definir las distintas unidades de obra, relacionando los materiales componentes y maquinaria, estableciendo criterios para su ejecución y fijando los procedimientos a aplicar para su medición y abono.

- Establecer los criterios y pruebas para la recepción de las obras.

- Todo ello de acuerdo con las correspondientes especificaciones técnicas y disposiciones legales que más adelante se relacionarán.

- Debe prever lo imprevisto. Cualquier omisión puede generar conflictos en la obra.

Se considerarán sujetas a las condiciones de este Pliego, todas las obras cuyas características, planos y presupuestos, se adjuntan en las partes correspondientes del presente Proyecto, así como todas las obras necesarias para dejar completamente terminados los edificios e instalaciones con arreglo a los planos y documentos adjuntos.

1.1.3. Documentos que integrarán el contrato

Los documentos que definen las obras y que la propiedad entrega al Contratista, pueden tener carácter contractual o meramente informativo.

Son documentos contractuales los Planos, Pliego de Condiciones, Cuadros de Precios y Presupuestos Parcial y Total, que se incluye en el presente Proyecto.

Los datos y las marcas comerciales incluidas en la Memoria y Anexos, así como la justificación de cálculos y precios tienen carácter meramente informativo.

Cualquier cambio de planteamiento de la Obra que implique un cambio sustancial respecto de lo proyectado deberá ponerse en conocimiento de la Dirección Técnica para que lo apruebe, si procede, y redacte el oportuno proyecto reformado.

1.1.4. Compatibilidad y relación entre los documentos

La documentación de obra responde a las preguntas ¿qué?, ¿cómo?, ¿cuándo?, ¿cuánto?, y ¿qué ocurre si no se cumple? Los planos responden a las dos primeras preguntas, y el pliego de condiciones a las tres últimas.

En caso de contradicción entre los planos y el Pliego de Condiciones, prevalecerá lo prescrito en este último documento. Lo mencionado en los planos y omitido en el Pliego de Condiciones o viceversa, habrá de ser ejecutado como si estuviera expuesto en ambos documentos.

1.1.5. Forma general de interpretación de los trabajos

El orden de prelación de documentos del proyecto, de mayor a menor, queda fijado de la siguiente forma:

Planos – Mediciones y Presupuesto – Pliego de Condiciones – Memoria

Si por cualquier circunstancia fuese necesario ejecutar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de la fecha en que se redacte, se considerará parte integrante del proyecto primitivo y, por tanto, sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos.

1.1.6. Idioma oficial

En las relaciones de las Empresas Constructoras con el Propietario se utilizará el castellano.

1.1.7. Dirección Facultativa

El "Director Facultativo" es la persona, con titulación adecuada y suficiente, directamente responsable de la comprobación, vigilancia y control de la correcta realización de la obra contratada y de la instalación.

El Director designado será comunicado al contratista por la Administración antes de la fecha de la comprobación del replanteo, y dicho Director procederá de igual forma respecto de su personal colaborador. Las variaciones de uno u otro que acaezcan durante la ejecución de la obra serán puestas en conocimiento del contratista, por escrito. El Contratista proporcionará toda clase de facilidades para que el Director, o sus subalternos, puedan llevar a cabo su trabajo con el máximo de eficacia.

1.1.8. Descripción de las instalaciones

El objeto del presente Proyecto es la definición de la base técnica necesaria para la realización de las obras del proyecto "INSTALACIÓN DE UNA PLANTA DE COMPOSTAJE EN TARAGUILLA."

Descripción de la instalación

La instalación recibirá diariamente 27500 Kg diariamente de lodos procedentes de estaciones depuradoras para diversos consumos, para lo que se ha dividido la planta en 5 eras de secado, con una capacidad de producción individual de 2722,4 kg al día con lo que quedará cubierta en su totalidad la demanda de compost exigente.

La instalación tendrá las siguientes características:

- ✓ Se recogerán de las EDARS los lodos generados pesados en una báscula a la llegada de la planta
- ✓ Estos lodos se dirigirán hacia las eras de secado, donde perderán parte de su contenido en agua.

- ✓ Se introducirán restos de poda triturados previamente a la mezcla con los lodos
- ✓ Los lodos pasarán por un reactor compuesto a su vez por una máquina volteadora
- ✓ El lixiviado generado en las eras de secado se destinará directamente mediante tuberías hacia la balsa de lixiviados
- ✓ El lodo, junto con los restos de poda, irán por último hacia el almacén de maduración.
- ✓ Una vez finalizado el proceso, el compost será envasado y destinado a su comercialización.

1.1.9. Disposiciones legales y reglamentarias

Serán de aplicación en la ejecución de las obras definidas en el presente Pliego, en lo referente a las técnicas de ejecución y materiales a emplear en las mismas, los siguientes Reglamentos, Instrucciones, Normas y Pliegos, siempre que sus prescripciones no se opongan a las insertas en este Pliego de Condiciones.

Son de obligado cumplimiento las disposiciones contenidas en:

- Ley 54/2003, de 12 de diciembre, de reforma del marco normativo de la prevención de riesgos laborales. BOE núm. 298 de 13 de diciembre.
- Real decreto 337/2010, de 19 de marzo, por el que se modifican el real decreto 39/1997, de 17 de enero, por el que se aprueba el reglamento de los servicios de prevención

- Real Decreto 780/1998, de 30 de abril, por el que se modifica el Real Decreto 39/1997 (BOE del 01/05/1998)
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas en materia de señalización de seguridad y salud en el trabajo (BOE nº 97, de 23/04/1997)
- Real Decreto 488/1997, de 14 de abril, sobre disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas al trabajo con equipos que incluyen pantallas de visualización (BOE nº 97, de 23/04/1997)
- Real Decreto 773/1997, de 30 de mayo, por el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de los equipos de protección individual (BOE nº 140, de 12/06/1997)
- Real decreto 2177/2004, de 12-nov, ministerio de la presidencia b.o.e.: 13-nov-04, por el que se modifica el Real Decreto 1215/1997, de 18 de julio, en el que se establecen las disposiciones mínimas de seguridad y salud relativas a la utilización por los trabajadores de equipos de trabajo (BOE nº 188, de 07/07/1997)
- Proyecto de ley por la que se modifica la ley 42/1997, de 14 de noviembre, ordenadora de la inspección de trabajo y seguridad social (bocg de 24 de junio de 2011)
- Ley orgánica 3/2009, de 18 de diciembre, de modificación de la ley orgánica 8/1980, de 22 de septiembre, de financiación de las comunidades autónomas («boe núm. 305/2009, de 19 de diciembre de 2009»)

- Ley 4/1983, de 29 de junio, de fijación de la jornada máxima legal en 40 horas y de las vacaciones anuales mínimas en 30 días (BOE nº 155, de 30/06/1983). Corrección de errores BOE nº 175, de 23/07/1983
- Ley 32/1984, de 2 de agosto, por la que se modifican ciertos artículos de la Ley 8/80 del Estatuto de los Trabajadores (BOE nº 186, de 04/08/1984)
- Ley 11/1994, de 19 de marzo, por la que se modifican determinados artículos del Estatuto de los Trabajadores y del texto articulado de la Ley de Procedimiento Laboral y de la Ley sobre infracciones y sanciones en el orden social (BOE nº 122, de 23/05/1994)

Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo

- Orden de 9 de marzo de 1971, por la que se aprueba la Ordenanza General de Seguridad e Higiene en el Trabajo (BOE nº 64 y 65, de 16 y 17 de marzo de 1971). Corrección de errores BOE de 06/04/1971. Únicamente Capítulo VI (resto derogado por la Ley 31/95 y Reglamento de Desarrollo)

Ruido y Vibraciones

- Convenio OIT, de 20 de junio de 1997. Ratificado por instrumento 24 de noviembre de 1980 (BOE de 30/12/1981). Protección de los trabajadores contra riesgos debido a la contaminación de aire, ruido y vibraciones en el lugar de trabajo
- Reglamento de Actividades molestas, insalubres, nocivas y peligrosas (Decreto 2414 de 30 de noviembre de 1961) (BOE de 07/12/1961).
- Real Decreto 245/1989, de 27 de febrero, sobre Homologaciones. Determinación y limitación de la potencia acústica admisible de determinado

material y maquinaria de obra (BOE nº 60 de 13/03/1989) y modificaciones posteriores.

- Real Decreto 1316/1989, de 27 de octubre, sobre protección de los trabajadores frente a los riesgos derivados de la exposición al ruido durante el trabajo (BOE nº 295, de 09/12/1989). Directiva 86/188/CE

Manutención manual

- Decreto de 26 de julio de 1957, Ministerio de Trabajo, por el que se fijan los trabajos prohibidos a menores de 18 años y mujeres (BOE de 26/08/1957). Rectificación (BOE de 05/09/1957). Derogado parcialmente, en lo que se refiere al trabajo de las mujeres, por la Ley 31/1995 de Prevención de Riesgos Laborales
- Convenio 127 de la OIT, Jefatura de Trabajo, relativo al peso máximo de carga transportada por un trabajador (BOE de 15/10/1970). Ratificado por Instrumento de 6 de marzo de 1969

Seguridad en Máquinas

- Convenio 119 de la OIT, Jefatura de Estado, de 25 de junio de 1963, sobre protección de maquinaria (BOE de 30/11/1972).
- Real Decreto 1459/1986, Ministerio de Relaciones con las Cortes, de 26 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de Seguridad en las máquinas (BOE nº 173, de 21/07/1986, rectificado posteriormente en BOE nº 238, de 04/10/1986), y modificaciones posteriores.
- Orden de 8 de abril de 1991, Ministerio de Relaciones con las Cortes, por la que se establecen las Instrucciones Técnicas Complementarias MSG-SM 1 del

Reglamento de Seguridad de las máquinas, referente a máquinas, elementos de máquinas o sistemas de protección usados (BOE nº 87, de 11/04/1991).

- Real Decreto 1435/1992, Ministerio de Relaciones con las Cortes, de 27 de noviembre, por el que se dictan las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas (BOE nº 297, de 11/12/1992). Aplicación Directiva 89/392/CEE.
- Real Decreto 56/1995, Ministerio de la Presidencia, de 20 de Enero, por el que se modifica el Real Decreto 1435/1992, relativo a las disposiciones de aplicación de la Directiva del Consejo 89/392/CEE, relativa a la aproximación de las legislaciones de los Estados Miembros sobre máquinas (BOE nº 33, de 08/02/1995).

Aparatos a Presión

- Reglamento de Aparatos a Presión, Decreto de 4 de abril de 1979 (BOE de 29/05/1979).

Protección Personal

- Real Decreto 1407/1992, de 20 de noviembre de 1992, por el que se regula las condiciones para la comercialización y libre circulación intracomunitaria de los equipos de protección individual

1.2. Condiciones Generales Facultativas

Describe y regula las relaciones entre la Contrata, la Propiedad y la Dirección Facultativa derivada de la ejecución técnica de las instalaciones.

En España, y según la Ley de Ordenación de la Edificación, la dirección facultativa (DF) está integrada por:

- El director de obra (DO)
- El director de ejecución de obra (DEO)
- El coordinador de seguridad y salud (CSS)

1.2.1. Delimitación de funciones de los agentes intervinientes

Artículo 1: El Promotor

Será promotor cualquier persona, física o jurídica, pública o privada, que, individual o colectivamente decida, impulse, programe o financie, con recursos propios o ajenos, las obras de edificación para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del promotor de esta obra:

- a) Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él.
- b) Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al director de obra las posteriores modificaciones del mismo.
- c) Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra.

Artículo 2: El proyectista

Son obligaciones del proyectista:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico redactor del proyecto que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Redactar el proyecto con sujeción a la normativa vigente y a lo que se haya establecido en el contrato y entregarlo, con los visados que en su caso fueran preceptivos.
- c) Acordar, en su caso, con el promotor la contratación de colaboraciones parciales.

Artículo 3: El constructor

Son obligaciones del constructor:

- a) Ejecutar la obra con sujeción al proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del director de obra y del director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el proyecto.
- b) Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como constructor.
- c) Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera.
- d) Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra.
- e) Organizar los trabajos de construcción, redactando los planes de obra que se precisen y proyectando o autorizando las instalaciones provisionales y medios auxiliares de la obra.

f) Elaborar el plan de seguridad y salud de la obra en aplicación del estudio correspondiente, y disponer, en todo caso, la ejecución de las medidas preventivas, velando por su cumplimiento y por la observancia de la normativa vigente en materia de seguridad y salud en el trabajo.

Artículo 4: El Director de Obra

Corresponde al director de obra:

- a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de arquitecto, arquitecto técnico, ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda, y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de obra que tenga la titulación profesional habilitante.
- b) Verificar el replanteo y la adecuación de la cimentación y de la estructura proyectada a las características geotécnicas del terreno.
- c) Dirigir la obra coordinándola con el proyecto de ejecución, facilitando su interpretación técnica, económica y estética.
- d) Asistir a las obras, cuantas veces lo requiera su naturaleza y complejidad, a fin de resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el libro de órdenes y asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del proyecto.

Artículo 5: El Director de la Ejecución de la Obra

Corresponde al ingeniero o arquitecto técnico la dirección de la ejecución de la obra, que formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado. Siendo sus funciones específicas:

a) Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante.

Artículo 6: El Coordinador de Seguridad y Salud (CSS)

El coordinador en materia de seguridad y salud durante la ejecución de la obra deberá desarrollar las siguientes funciones:

- a) Coordinar la aplicación de los principios generales de prevención y de seguridad.
- b) Coordinar las actividades de la obra para garantizar que los contratistas y, en su caso, los subcontratistas y los trabajadores autónomos apliquen de manera coherente y responsable los principios de la acción preventiva que se recogen en el artículo 15 de la Ley de Prevención de Riesgos Laborales durante la ejecución de la obra.
- c) Aprobar el plan de seguridad y salud elaborado por el contratista y, en su caso, las modificaciones introducidas en el mismo.
- d) Coordinar las acciones y funciones de control de la aplicación correcta de los métodos de trabajo.
- e) Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder a la obra. La Dirección Facultativa asumirá esta función cuando no fuera necesaria la designación de coordinador.

1.2.2. Obligaciones y derechos del Contratista

Artículo 7: Verificación de los Documentos del Proyecto

Antes de dar comienzo a las obras, el constructor consignará por escrito que la documentación aportada le resulta suficiente para la comprensión de la totalidad de la obra contratada, o en caso contrario, solicitará las aclaraciones pertinentes.

Artículo 8: Plan de Seguridad y Salud

El constructor, a la vista del proyecto de ejecución conteniendo, en su caso, el estudio de seguridad y salud, presentará el plan de seguridad y salud de la obra a la aprobación del aparejador o arquitecto técnico de la dirección facultativa.

Artículo 9: Proyecto de Control de Calidad

El constructor tendrá a su disposición el proyecto de control de calidad, si para la obra fuera necesario, en el que se especificarán las características y requisitos que deberán cumplir los materiales y unidades de obra, y los criterios para la recepción de los materiales, según estén avalados o no por sellos marcas e calidad; ensayos, análisis y pruebas a realizar, determinación de lotes y otros parámetros definidos en el proyecto por el arquitecto o aparejador de la dirección facultativa.

Artículo 10: Remisión de solicitud de ofertas

Por la Dirección Facultativa se solicitarán ofertas a las Empresas especializadas del sector, para la realización de las instalaciones especificada en el presente Proyecto para lo cual se pondrá a disposición de los ofertantes un ejemplar del citado Proyecto o un extracto con los datos suficientes. En el caso de que el ofertante lo estime de interés deberá presentar además de la mencionada, la o las soluciones que recomiende para resolver la instalación. El plazo máximo fijado para la recepción de las ofertas será de un mes.

El Contratista, por sí o por medio de sus representantes o encargados estará en la obra durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la DF en las visitas que hará en la obra durante la jornada laboral.

Por sí o por medio de sus representantes, asistirá a las reuniones de obra que se convoquen, no pudiendo justificar por motivo de ausencia ninguna reclamación a las órdenes emitidas por la DF en el transcurso de las reuniones.

Artículo 11: Representación del Contratista.

El constructor viene obligado a comunicar a la propiedad la persona designada como delegado suyo en la obra, que tendrá el carácter de jefe de obra de la misma, con dedicación plena y con facultades para representarle y adoptar en todo momento cuantas decisiones competan a la contrata.

Cuando la importancia de las obras lo requiera y así se consigne en el pliego de condiciones particulares de índole facultativa, el delegado del contratista será un facultativo de grado superior o grado medio, según los casos.

El pliego de condiciones particulares determinará el personal facultativo o especialista que el constructor se obligue a mantener en la obra como mínimo, y el tiempo de dedicación comprometido.

El incumplimiento de esta obligación o, en general, la falta de cualificación suficiente por parte del personal según la naturaleza de los trabajos, facultará al ingeniero para ordenar la paralización de las obras sin derecho a reclamación alguna, hasta que se subsane la deficiencia.

Artículo 12: Presencia del Constructor

El jefe de obra, por sí o por medio de sus técnicos, o encargados estará presente durante la jornada legal de trabajo y acompañará a la Dirección Facultativa, en las visitas que hagan a las obras, poniéndose a su disposición para la práctica de los reconocimientos que se consideren necesarios y suministrándoles los datos precisos para la comprobación de mediciones y liquidaciones.

Artículo 13: Trabajos no estipulados expresamente

Es obligación de la contrata el ejecutar cuando sea necesario para la buena construcción y aspecto de las obras, aun cuando no se halle expresamente determinado en los documentos de proyecto, siempre que, sin separarse de su espíritu y recta interpretación, lo disponga el arquitecto dentro de los límites de posibilidades que los presupuestos habiliten para cada unidad de obra y tipo de ejecución.

En defecto de especificación en el pliego de condiciones particulares, se entenderá que requiere reformado de proyecto con consentimiento expreso de la propiedad, promotor, toda variación que suponga incremento de precios de alguna unidad de obra en más del 20% del total del presupuesto en más de un 10%.

1.2.3. Trabajos, materiales y medios auxiliares

Artículo 14: Libro de Órdenes

El Contratista tendrá siempre en la oficina de la obra y a disposición de la DF un libro de órdenes con sus hojas foliadas por duplicado y visado por el colegio profesional correspondiente. En el libro se redactarán todas las órdenes que la DF crea oportuno dar al Contratista para que adopte las medidas de todo género que puedan sufrir los obreros.

El hecho de que en el libro no figuren redactadas las órdenes que ya preceptivamente tiene la obligación de cumplimentar el Contratista de acuerdo con lo establecido en las normas oficiales, no supone atenuante alguno para las responsabilidades que sean inherentes al Contratista, no podrá tener en cuenta ningún acontecimiento o documento que no haya quedado mencionado en su momento oportuno en el libro de órdenes. El cumplimiento de las órdenes expresadas en dicho Libro es tan obligatorio para el Contratista como las que figuran en el Pliego de Condiciones.

Artículo 15: Caminos y accesos

El constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra, el cerramiento o vallado de ésta y su mantenimiento durante la ejecución de la obra. El aparejador o arquitecto técnico podrá exigir su modificación o mejora.

Artículo 16: Trabajos defectuosos

El Contratista debe emplear los materiales que cumplan con las condiciones exigidas en las condiciones generales de índole técnico del Pliego de Condiciones en la edificación, y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado en dicho documento.

Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva de la obra, el Contratista es el único responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en estos puedan existir, por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que pueda servirle de excusa ni le otorgue derecho alguno, la circunstancia de que la DF o sus subalternos no le hayan llamado la atención sobre el particular, ni tampoco el hecho de que hayan sido valorados en las certificaciones parciales de la obra.

Artículo 17: Aclaraciones y modificaciones de los documentos del Proyecto

Cuando se trata de aclarar, interpretar o modificar preceptos de los Pliegos de Condiciones o las órdenes e instrucciones de los planos, las órdenes e instrucciones correspondientes se comunicarán por escrito al Contratista, estando obligado éste a su vez, a devolver, ya los originales, ya las copias, suscribiendo con su firma, que figura asimismo en todas las órdenes, avisos o instrucciones que reciba tanto de la Propiedad como de la Dirección Técnica.

Artículo 18: Ampliación del proyecto por causas imprevistas

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por el arquitecto en tanto se formulan o se tramita el proyecto reformado.

El constructor está obligado a realizar con su personal y sus materiales cuanto la dirección de las obras disponga para apeos, apuntalamientos, derribos, recalzos o cualquier otra obra de carácter urgente, anticipando de momento este servicio, cuyo importe le será consignado en un presupuesto adicional o abonado directamente, de acuerdo con lo que se convenga.

Artículo 19: Materiales y aparatos. Su procedencia

El constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en los casos en que el pliego particular de condiciones técnicas preceptúe una procedencia determinada.

Obligatoriamente, y antes de proceder a su empleo o acopio, el constructor deberá presentar a la DF una lista completa de los materiales y aparatos que vaya a utilizar en la que se especifiquen todas las indicaciones sobre marcas, calidades, procedencia e idoneidad de cada uno de ellos.

Artículo 20: Características de los materiales, aparatos y su procedencia

El Contratista tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas las clases en los puntos que le parezcan convenientes, siempre que reúnan las condiciones exigidas en el Contrato, que estén perfectamente preparados para el objeto a que se apliquen y se ajuste a lo prescrito en el Pliego de Condiciones y a las instrucciones de la DF.

Artículo 21: Empleo de los materiales y aparatos

No se procederá al empleo y colocación de los materiales y aparatos que no fuesen de la calidad requerida, sin que antes sean examinados y aceptados por la DF, en los términos prescritos en los Pliegos, depositando al efecto el Contratista las muestras y modelos necesarios previamente contrastados, para efectuar en ellos las comprobaciones, pruebas o ensayos prescritos en el Pliego de Condiciones vigente en la obra.

Los gastos que ocasionen dichas comprobaciones, pruebas, etc., serán a cargo del Contratista.

Artículo 22: Materiales no utilizables

El Contratista, a su costa, transportará y colocará agrupándolos ordenadamente en el sitio de la obra en el que por no causar perjuicios en la marcha de los trabajos se le designe, los materiales procedentes de las excavaciones, derribos, etc., que no serán utilizables en la obra. Se retirarán de ésta o se llevarán al vertedero cuando así estuviese establecido en el Pliego de Condiciones Particulares vigente en la obra.

Si no se hubiese prescrito nada sobre el particular, se retirarán de ella cuando así lo ordene la DF, pero acordando previamente con el Contratista la justa tasación de dichos materiales y los gastos de dichos transportes.

Artículo 23: Materiales y aparatos defectuosos

Cuando los materiales no fuesen de la calidad requerida o no estuviesen preparados, la DF dará orden al Contratista para que los reemplace por otros que se ajusten a las condiciones requeridas, o a falta de estas a las órdenes de la DF. La DF podrá permitir el empleo de aquellos materiales defectuosos que mejor le parezcan o aceptar el empleo de otros de calidad superior a la indicada en los Pliegos. Si no le fuese

posible al Contratista suministrarlos en el modo requerido por ellos, se descontará en el primer caso la diferencia de precio del material requerido con el defectuoso empleado y no teniendo derecho el Contratista a indemnización ninguna en el segundo.

Artículo 24: Medidas de seguridad

El Contratista deberá atenerse a las disposiciones vigentes sobre la seguridad e higiene en el trabajo, tanto en lo que se refiere al personal de la obra como a terceros.

Como elemento primordial de seguridad se prescribirá el establecimiento de la señalización necesaria tanto durante el desarrollo de las obras, como durante su explotación, haciendo referencia bien a peligros existentes o a las limitaciones de las estructuras.

Se utilizarán, cuando existan, las correspondientes señales establecidas por el Ministerio competente, y en su defecto por departamentos nacionales u organismos internacionales.

1.3. Condiciones Generales Económicas

Regula las relaciones económicas entre Propiedad y Contrata, y la función de control que ejerce la Dirección de Obra.

1.3.1. Base Fundamental

Artículo 25: Alcance

Comprenderán las que afecten al coste y pago de las obras contratadas, al plazo y forma de las entregas, a las fianzas y garantías para el cumplimiento del Contrato establecido, a los casos que proceden las mutuas indemnizaciones y todas las que se relacionen con la obligación contraída por el Propietario a satisfacer el importe y la

remuneración del trabajo contratado, una vez ejecutadas, parcial o totalmente por el Contratista, y de acuerdo con las condiciones convenidas, las que le fueren adjudicadas.

1.3.2. Garantías de cumplimiento y fianzas

Artículo 26: Garantías

La DF podrá exigir al Contratista la presentación de referencias bancarias o de otras entidades o personas, al objeto de cerciorarse de que éste reúne todas las condiciones requeridas para el exacto cumplimiento del Contrato, dichas referencias, si le son pedidas las presentará el Contratista antes de la firma del Contrato.

Artículo 27: Fianza

Se podrá exigir al Contratista, para que responda del cumplimiento de lo contratado, una fianza del 10% del presupuesto de las obras adjudicadas.

Artículo 28: Ejecución de trabajos con cargo a la fianza

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para utilizar la obra en las condiciones contratadas, el Ingeniero Director, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones legales a que tenga derecho el propietario en el caso de que el importe de la fianza no baste para abonar el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fueran de recibo.

1.3.3. Precios y previsiones

Artículo 29: Revisión de precios

Contratándose las obras a riesgo y ventura, es natural por ello, que no se debe admitir la revisión de los precios contratados. No obstante y dada la variedad continua de los precios de los jornales y sus cargas sociales, así como la de los materiales y transportes, que es característica de determinadas épocas anormales, se admite, durante ellas, la revisión de precios contratados, bien en alza o en baja y en anomalía con las oscilaciones de los precios en el mercado.

Por ello y en los casos de revisión en alza, el Contratista puede solicitarla del Propietario, en cuanto se produzca cualquier alteración de precio, que repercuta, aumentando los contratos. Ambas partes convendrán el nuevo precio unitario antes de comenzar o de continuar la ejecución de la unidad de obra en que intervenga el elemento cuyo precio en el mercado, y por causa justificada, especificada, especificándose y acordándose, también, previamente, la fecha a partir de la cual se aplicará el precio revisado y elevado, para lo cual se tendrá en cuenta y cuando así proceda, el acopio de materiales de obra, en el caso de que estuviesen total o parcialmente abonados por el propietario.

Si el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviere conforme con los nuevos materiales, transportes, etc., que el Contratista desea como normales en el mercado, aquel tiene la facultad de proponer al Contratista, y éste la obligación de aceptarlos, los materiales, transportes, etc., a precios inferiores a los pedidos por el Contratista, en cuyo caso lógico y natural, se tendrá en cuenta para la revisión, los precios de los materiales, transportes, etc., adquiridos por el Contratista merced a la información del propietario.

Cuando el propietario o el Ingeniero Director, en su representación, no estuviere conforme con los nuevos precios de materiales, transporte, etc, concertará entre las dos partes la baja a realizar en los precios unitarios vigentes en la obra, en equidad por la experimentada por cualquiera de los elementos constructivos de la unidad de obra y la fecha en que empezarán a regir los precios revisados.

Cuando, entre los documentos aprobados por ambas partes, figurase el relativo a precios unitarios contratados descompuestos, se seguirá un procedimiento similar al preceptuado en los casos de revisión por alza de precios.

Artículo 30: Medidas parciales y finales

Las mediciones parciales se verificarán en presencia del Contratista, de cuyo acto se levantará acta por duplicado, que será firmada por ambas partes. La medición final se hará después de terminadas las obras con precisa asistencia del Contratista.

En el acta que se extienda, de haberse verificado la medición en los documentos que le acompañan, deberá aparecer la conformidad del Contratista o de su representación legal. En caso de no haber conformidad, lo expondrá sumariamente y a reserva de ampliar las razones que a ello obliga.

Artículo 31: Equivocaciones en el presupuesto

Se supone que el Contratista ha hecho detenido estudio de los documentos que componen el Proyecto, y por tanto al no haber hecho ninguna observación sobre posibles errores o equivocaciones en el mismo, se entiende que no hay lugar a disposición alguna en cuanto afecta a medidas o precios de tal suerte, que la obra ejecutada con arreglo al Proyecto contiene mayor número de unidades de las previstas, no tiene derecho a reclamación alguna.

Si por el contrario, el número de unidades fuera inferior, se descontará del presupuesto.

Artículo 32: Carácter provisional de las liquidaciones parciales

Las liquidaciones parciales tienen carácter de documentos provisionales a buena cuenta, sujetos a certificaciones y variaciones que resulten de la liquidación final. No

suponiendo tampoco dichas certificaciones aprobación ni recepción de las obras que comprenden.

La propiedad se reserva en todo momento y especialmente al hacer efectivas las liquidaciones parciales, el derecho de comprobar que el Contratista ha cumplido los compromisos referentes al pago de jornales y materiales invertidos en la obra, a cuyo efecto deberá presentar el contratista los comprobantes que se exijan.

Artículo 33: Pagos

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos prestamente establecidos y su importe corresponderá, precisamente, al de las Certificaciones de obra expedidas por el Ingeniero Director, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

2. Pliego de Condiciones Técnicas Particulares

2.1. Base fundamental

Artículo 1: Interpretación y validez del pliego

El presente Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares contiene aquellas normas que, salvo autorización escrita de la Dirección Facultativa (DF) se aplicarán en la presente obra.

En lo especificado en este Pliego regirán las disposiciones indicadas en el vigente Pliego de Condiciones, en lo que sea de aplicación, siempre que no contradiga las estipulaciones del Contrato para la ejecución de las obras o el presente texto. Debe estar adecuado a la normativa vigente.

Artículo 2: Forma general de interpretación de los trabajos

El orden de prelación de documentos del proyecto, de mayor a menor, queda fijado de la siguiente forma:

Planos – Mediciones y Presupuesto – Pliego de Condiciones – Memoria

Si por cualquier circunstancia fuese necesario ejecutar alguna variación en las obras a realizar, se redactará el correspondiente proyecto reformado, el cual desde el día de la fecha en que se redacte, se considerará parte integrante del proyecto primitivo y, por tanto, sujeto a las mismas especificaciones de todos y cada uno de los documentos de éste en cuanto no se le opongan explícitamente.

2.2. Normativa aplicable

En el desarrollo del proyecto, serán de aplicación de modo explícito, las siguientes normas y disposiciones:

- Reglamento de Compostaje de lodos.
- Legislación sobre Seguridad e Higiene en el Trabajo.
- Normas Básicas de la Edificación NBE-EA-95.
- Instrucción Eduardo Torroja para estructuras de acero I.E:M. 62.
- Normas ASTM sobre Tubos de Hormigón en Masa y Armado, así como sobre uniones y juntas entre tubos.
- Reglamento de Líneas Eléctricas de Alta Tensión, RD223/2008 de 15 de Febrero.
- Reglamento Electrónico de Baja Tensión e instrucciones complementarias, D2413/73 de 20 de Septiembre, O.M. de 31 de Octubre de 1.973 y O.M de 6 de Abril de 1.974.
- Recomendaciones y Normas de la Organización Internacional de Normalización (I.S.O)
- En general, cuantas prescripciones figuran en los reglamentos, Normas e Instrucciones Oficiales, que guarden relación con obras del presente proyecto.

Si algunas de las prescripciones o normas a las que se refieren los párrafos anteriores coincidieran de modo distinto, en algún concepto, se entenderá como válida la más restrictiva.

En el caso de que al iniciarse las obras hubiera entrado en vigor algún documento más actualizado que los anteriores, será de aplicación lo especificado en el mismo

2.3. Condiciones técnicas a cumplir por las instalaciones

Artículo 3: Instalación contra incendios

Se instalarán extintores de polvo polivalente de acuerdo con la Norma UNE-23010, serán revisados según indique su “ficha de control de mantenimiento” y recargados si es necesario. Así mismo, se instalarán en los lugares de más riesgo a una altura máxima de 1,70 m del suelo y se señalarán de forma reglamentaria.

Artículo 4: Almacenamiento y señalización de productos

Los productos, tales como disolventes, pinturas, barnices, adhesivos, etc., y otros productos de riesgo, se almacenarán en lugares limpios y ventilados con los envases debidamente cerrados, alejados de focos de ignición y perfectamente señalizados. El carácter específico y la toxicidad de cada producto peligroso, estarán indicado por la señal de peligro normalizada.

Artículo 5: Instalación de protección

Se refiere el presente artículo a las condiciones de ejecución, de los materiales de control de la ejecución, seguridad en el trabajo, medición, valoración y mantenimiento, relativas a las instalaciones de protección contra fuego y rayos.

Se cumplirá lo prescrito en la norma NBE-CPI-96 sobre condiciones de protección contra incendios y se adoptará lo establecido en la norma NTE-IPF "Protección contra el fuego", y anejo nº 6 de la EH-82, así como se adoptará lo establecido en la norma NTEIPP "Pararrayos".

2.4. Condiciones técnicas de los servicios higiénicos y otros locales

Tal como se ha indicado en el apartado correspondiente de la Memoria, se dispondrá de instalaciones de vestuarios, servicios higiénicos y comedor para los operarios, dotados como sigue:

Vestuarios

- De fácil acceso a los aseos y de dimensiones suficientes para los trabajadores que deban utilizarlos simultáneamente
- Contarán con asientos (bancos o sillas), en número suficiente, y taquillas individuales
- Dispondrán de calefacción y medios que permitan poner a secar la ropa de trabajo, si fuera necesario

Aseos

- Contarán con lavabos y duchas de dimensiones adecuadas, en número suficiente, con agua corriente, caliente y fría
- Se dotarán de los elementos auxiliares necesarios (jabón, secamanos automáticos o toallas de papel, papelera, espejos de dimensiones adecuadas, etc.)
- Contarán con retretes y urinarios en número suficiente para los trabajadores presentes en obra
- Estarán separados para hombres y mujeres o se preverá su utilización por separado de los mismos

Comedor

- Se instalarán comedores con mesas y asientos en número suficiente para los trabajadores que van a utilizarlos
- Contarán con medios para calentar la comida
- Estas instalaciones se mantendrán en las debidas condiciones de limpieza y desinfección, disponiendo para ello de un trabajador con la dedicación necesaria.

2.5. Características de los materiales

2.5.1. Consideraciones básicas

Todos los materiales que se utilicen en las instalaciones deberán cumplir las condiciones que se establecen en el Pliego de Condiciones, pudiendo ser rechazados en caso contrario por el Ingeniero Director. Por ello, todos los materiales que se propongan ser utilizados en obra deben ser examinados y ensayados antes de su aceptación en primera instancia, mediante el autocontrol del Contratista y eventualmente con el control de Dirección de Obra.

Cuando la procedencia de los materiales no este fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas, los materiales requeridos para la ejecución del contrato será fijado por Contratista en las fuentes de suministro que ése determine oportuno.

El Contratista notificará al Director, con la suficiente antelación, la procedencia de los materiales que se propone utilizar, aportando, cuando así lo solicite el Director, las muestras y los datos necesarios para su posible aceptación, tanto a lo que se refiere a su cantidad como a su calidad.

El no rechazo de un material no implica su aceptación. El no rechazo a la aceptación de una procedencia no impide el posterior rechazo de cualquier partida de

material de ella que no cumpla las prescripciones, ni incluso la eventual prohibición de dicha procedencia.

Manipulación de materiales.

Todos los materiales se manipularán con cuidado, y de tal modo que se mantengan su calidad y aptitud para la obra.

Inspección en planta.

Si el volumen de la obra, la marcha de la construcción y otras consideraciones lo justifican, el Ingeniero puede proceder a la inspección del material o de los artículos manufacturados en sus respectivas fuentes.

Inspección de los materiales.

Con objeto de facilitar la inspección y prueba de los materiales, el Contratista notificará al ingeniero con dos semanas como mínimo de antelación a la entrega.

Materiales defectuosos.

Todos los materiales que no se ajusten a los requisitos del Pliego de Condiciones se consideran defectuosos y, por tanto, se rechazarán inmediatamente del lugar de la obra, amenos que el Ingeniero ordene lo contrario.

El material rechazado, cuyos efectos se hayan corregido substancialmente, no se utilizarán mientras no se les haya otorgada la aprobación.

Retirada de materiales no empleados en la obra.

A medida que se realicen los trabajos, el Contratista debe proceder, por su cuenta, a la policía de la obra y a la retirada de los materiales acopiados que ya no tengan empleo en la misma.

Energía eléctrica y agua.

La obtención de cuantos permisos sean necesarios para las concesiones en la utilización del tendido eléctrico y la red de aguas correrán a cargo del Contratista.

Objetos y material aprovechable hallados en las obras.

El estado se reserva la propiedad de los objetos de arte, antigüedades, monedas y materiales aprovechables en general que se encuentren en las excavaciones y demoliciones practicadas en terrenos del Estado o expropiados para la ejecución de la obra, sin perjuicio de los derechos que legalmente correspondan a terceros.

El contratista tiene la obligación de emplear todas las precauciones que para la extracción de tales objetos le sean indicados por la Dirección y derecho a que se le abone el exceso de gasto que tales trabajos le causen.

El contratista está también obligado a advertir a su personal de los derechos del Estado sobre este extremo siendo responsable subsidiario de las sustracciones o desperfectos que pueda ocasionar al personal empleado en la obra.

El contratista tendrá derecho al uso y aprovechamiento de elementos de estructuras metálicas desmontadas y retiradas de los edificios - naves objetos de demolición. El abono a la Administración de estos materiales se considerará recogida en el presupuesto de adjudicación de las obras.

2.5.2. Calidades de los materiales

Se resume a continuación los materiales previstos para los distintos componentes de la instalación

- Trituradora de material vegetal RSI
- Pala cargadora con altura máxima de carga de 4,75 m
- Tolva para descarga de lodos con capacidad máxima de 60 m³
- Cribadora vibratoria para homogeneizar el compost
- Báscula para pesar la fracción vegetal y lodos
- Dataloger-Squirrel serie 1250
- Ordenador Portátil Compaq
- Autómata programable tipo CS-31
- Máquina volteadora Backhus 9.45
- Cinta transportadora Cintasa TCP

Tuberías

- Tubo Hm Machihembrado.
- Tubería de hormigón en masa, de 400 mm de diámetro
- Tubería PVC rígida de 250 mm de diámetro y 10 atm de presión.
- Tubería PVC rígida de 200 mm de diámetro y 10 atm de presión.
- Tubería PVC rígida de 160 mm de diámetro y 10 atm de presión.

- Tubería PVC rígida de 125 mm de diámetro y 10 atm de presión para las oficinas del edificio de control.
- Tubería de polietileno de alta densidad de 63 mm para la acometida de agua
- Tubo PVC con unión elástica DN 400 para la balsa de lixiviados.
- Tubería metálica de sección circular para los túneles de reacción

Válvulas

- Autoválvula de 25 KV y 10 KA para línea eléctrica de media tensión.
- Válvula de retención de 1" 25 mm para los equipos de protección contra incendios.

Bomba

- Bomba centrífuga monobloc serie P. construida para elevar aguas turbias con sólidos en suspensión

Depósito

- Situado entre la era de secado y la bomba de 6 m³ de capacidad.

2.6. Garantías

2.6.1. Producción de compost

La instalación tendrá una producción nominal de 6534 m³/día de compost siempre y cuando las características del compostaje no sean más desfavorables que las adoptadas en el diseño.

La medida del compost producido se pesará en la salida de la planta de compostaje.

2.6.2. Fertilidad del producto

La fertilidad del compost producido será igual o superior a la de los fertilizantes de hoy en día siempre que las características del compost sean las previstas para el diseño de la instalación.

2.6.3. Garantía de Materiales y Equipos

Se garantizan los equipos y materiales de la instalación por periodo de UN AÑO, contado a partir de la puesta en marcha de la misma.

El alumno:

FRANCISCO JAVIER COLLADO BECERRA

Algeciras, a.....de.....2013

ANEXO 4
PRESUPUESTO

ÍNDICE

Capítulo 1: Túneles de reacción. Obra civil	1
Capítulo 2: Túneles de reacción. Equipos.....	2
Capítulo 3: Almacén de material soporte. Obra civil	3
Capítulo 4: Eras de secado	4
Capítulo 5: Balsa de lixiviados.....	5
Capítulo 6: Almacén de maduración de productos terminados.....	6
Capítulo 7: Equipos	7
Resumen de presupuesto	8

CAPÍTULO 1 TÚNELES DE REACCIÓN. OBRA CIVIL				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
1.1	m ³ EXC. ZANJA A MÁQUINA T. COMPACTO	45,00	11,66	524,7
1.2	m ³ CARGA PALA MECÁNICA DE TIERRA O MATERIALES PÉTREOS	45,00	4,74	213,3
1.3	m ³ TRANSP. VERT. <20km. CARGA MEC.	45,00	9,33	419,85
1.4	m ³ HORM. LIMPIEZA HM-20/P/20/I V.MAN	65,00	86,27	5607,55
1.5	kg SUMINISTRO Y COLOCACIÓN DE ACERO CORRUGADO B-400S	800,00	1,74	1392,00
1.6	m ² FORJADO DE VIGUETA DE HORM. PRETENS. DE 20 cm DE ESPESOR	110,000	68,13	7494,30
1.7	m ² HORM. P/ARMAR HA-25/P/20/I PILAR	400,00	29,37	11748,00
1.8	m ² TECHO DE PLACAS ACÚSTICAS DE CONGLOM. DE FIBRA Y VIDRIO	100,00	38,43	3843,00
1.9	m ² PLACA PERFORADAS DE ALEACIÓN ACERO AL CARBONO	95,00	471,70	44811,50
E10	u PUERTA CORREDERA METÁLICA DE DIMENSIONES 5,00X 4,00	8,00	4725,77	37806,16
TOTAL CAPÍTULO 1 TÚNELES DE REACCIÓN. OBRA CIVIL.....		113860,36		

CAPÍTULO 2 TÚNELES DE REACCIÓN. EQUIPOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
2.1	u VENTILADOR CENTRÍFUGO DE ALTO RENDIMIENTO	1,00	16799,66	16799,66
2.2	m TUBERÍA METÁLICA DE SECCIÓN CIRCULAR	75,00	54,16	4062
2.3	u BIOFILTRO DEPÓSITO DE HORMIGÓN	1,00	6142,64	6142,64
2.4	u LAVADORA DE GASES ÁCIDOS (SCRUBBER)	2,00	25725,36	51450,72
E15	m TUBERÍA METÁLICA DE SECCIÓN RECTANGULAR	100,00	33,19	3319,00
TOTAL CAPÍTULO 2 TÚNELES DE REACCIÓN. EQUIPOS				81774,02

CAPÍTULO 3 ALMACÉN DE MATERIAL SOPORTE. OBRA CIVIL				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
3.1	m ³ EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA TERRENO COMPACTO	20,00	11,66	233,20
3.2	m ³ TRANSPORTE VERTEDERO <20km CARGA MECÁNICA	25,00	9,33	233,25
3.3	m ³ HORM. LIMPIEZA HM-20/P/20/I V. MAN	25,00	86,27	2156,75
3.4	kg ACERO CORRUGADO DE DIÁMETRO 4 A 16 MM B-400-S	635,00	1,74	1104,9
3.5	m ² ENCOFRADO EN MUROS 2 CARAS 2,70 m	50,00	16,80	840,00
3.6	m ² FÁB.BLOQ.HORM.BLAN.40x20x15 C/VT	200,00	36,54	7308,00
3.7	m ² TECHO DE PLACAS ACÚSTICAS DE CONGLOM. DE FIBRA Y VIDRIO	70,00	38,43	2690,10
3.8	u PUERTA CORREDERA METÁLICA DE DIMENSIONES 5,00X 4,00	1,00	4725,77	3675,80
TOTAL CAPÍTULO 3 ALMACÉN DE MATERIAL SOPORTE. OBRA CIVIL.....				18242,00

CAPÍTULO 4 ERAS DE SECADO				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
4.1	m ³ EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA TERRENO COMPACTO	20,00	11,66	233,20
4.2	m ³ TRANSPORTE VERTEDERO <20km CARGA MECÁNICA	25,00	9,33	233,25
4.3	m ³ HORM. LIMPIEZA HM-20/P/20/I V. MAN	25,00	86,27	2156,75
4.4	kg ACERO CORRUGADO DE DIÁMETRO 4 A 16 MM B-400-S	635,00	1,74	1104,9
4.5	m ³ ENCOFRADO EN MUROS 2 CARAS 2,70 m	50,00	16,80	840,00
4.6	m ² FÁB.BLOQ.HORM.BLAN.40x20x15 C/VT	200,00	36,54	7308,00
4.7	m ² TECHO DE PLACAS ACÚSTICAS DE CONGLOM. DE FIBRA Y VIDRIO	70,00	38,43	2690,10
4.8	u PUERTA CORREDERA METÁLICA DE DIMENSIONES 5,00X 4,00	1,00	3675,80	3675,80
4.9	m TUBO DE DRENAJE CORRUGADO CIRCULAR - DN 200	20,00	11,80	236,00
4.10	kg PINTURA CLOROCAUCHO PARA PISCINAS	20,00	11,18	223,60
E180	m ² IMPERMEABIL. TABL. PUENTE EPOXI-HIDROCARBURO NO TÓXICO	20,00	22,91	458,20
TOTAL CAPÍTULO 4 ERAS DE SECADO.....				19159,80

CAPÍTULO 5 Balsa de Lixiviados				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
5.1	m ³ EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA TERRENO COMPACTO	20,00	11,66	233,20
5.2	m ³ TRANSPORTE VERTEDERO <20km CARGA MECÁNICA	25,00	9,33	233,25
5.3	m ³ HORM. LIMPIEZA HM-20/P/20/I V. MANZ	25,00	86,27	2156,75
5.4	kg ACERO CORRUGADO DE DIÁMETRO 4 A 16 MM B-400-S	635,00	1,74	1104,9
5.5	m ² ENCOFRADO EN MUROS 2 CARAS 2,70 m	50,00	16,80	840,00
5.6	m ² FÁB.BLOQ.HORM.BLAN.40x20x15 C/VT	200,00	36,54	7308,00
5.7	m ² TECHO DE PLACAS ACÚSTICAS DE CONGLOM. DE FIBRA Y VIDRIO	70,00	38,43	2690,10
5.8	u PUERTA CORREDERA METÁLICA DE DIMENSIONES 5,00X 4,00	1,00	4725,77	4725,77
5.9	kg PINTURA CLOROCAUCHO PARA PISCINAS	20,00	11,18	223,60
5.10	m ² MURO PERIMETRAL DE CEMENTO	40,00	95,78	3831,20
5.11	m TUBO PVC CON UNIÓN ELÁSTICA-DN 400	15,00	56,47	847,05
TOTAL CAPÍTULO 5 Balsa de Lixiviados.....				24193,82

CAPÍTULO 6 ALMACÉN DE MADURACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
6.1	m ³ EXCAVACIÓN ZANJA A MÁQUINA TERRENO COMPACTO	30,00	11,66	349,80
6.2	m ³ TRANSPORTE VERTEDERO <20km CARGA MECÁNICA	40,00	9,33	373,2
6.3	m ³ HORM. LIMPIEZA HM-20/P/20/I V. MAN	45,00	86,27	3882,15
6.4	kg ACERO CORRUGADO DE DIÁMETRO 4 A 16 MM B-400-S	500,00	1,74	870
6.5	m ² ENCOFRADO EN MUROS 2 CARAS 2,70 m	40,00	16,80	672,00
6.6	m ² FÁB.BLOQ.HORM.BLAN.40x20x15 C/VT	100,00	36,54	3654,00
6.7	m ² TECHO DE PLACAS ACÚSTICAS DE CONGLOM. DE FIBRA Y VIDRIO	70,00	38,43	2690,10
6.8	u PUERTA CORREDERA METÁLICA DE DIMENSIONES 5,00X 4,00	1,00	4725,77	4725,77
6.9	u VIGAS PERFIL TIPO HEA 360	2,00	241,00	482,00
TOTAL CAPÍTULO 6 ALMACÉN DE MADURACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS.....				17699,02

CAPÍTULO 7 EQUIPOS				
CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO	IMPORTE
7.1	u TRITURADORA DE MATERIAL VEGETAL RSI	1,00	165000,00	165000,00
7.2	u PALA CARGADORA CON ALTURA MÁXIMA DE CARGA DE 4,75 m	1,00	99749,74	99749,74
7.3	u TOLVA PARA DESCARGA DE LODOS CON CAPAC. MAX. DE 60 m ³	1,00	52500,69	52500,69
7.4	u CRIBADORA VIBRATORIA PARA HOMOGENEIZAR EL COMPOST	1,00	76302,00	76302
7.5	u BÁSCULA PARA PESAR LA FRACCIÓN VEGETAL Y LODOS	2,00	30341,00	60682,00
7.6	u DATALOGER-SQUIRREL SERIE 1250	1,00	4725,78	4725,78
7.7	u ORDENADOR PORTÁTIL COMPAQ	1,00	2204,78	2204,78
7.8	u AUTÓMATA PROGRAMABLE TIPO CS-31	1,00	9975,67	9975,67
7.9	u MÁQUINA VOLTEADORA BACKHUS 9.45	1,00	100000,00	100000,00
7.10	u CINTA TRANSPORTADORA CINTASA TCP	4,00	4500,00	18000,00
TOTAL CAPÍTULO 7 EQUIPOS.....				589140,66

RESUMEN DE PRESUPUESTO		
CAPÍTULO	RESUMEN	EUROS
1	TÚNELES DE REACCIÓN. OBRA CIVIL	113.860,36
2	TÚNELES DE REACCIÓN. EQUIPOS	81.774,02
3	ALMACÉN DE MATERIAL SOPORTE. OBRA CIVIL	18.242,02
4	ERAS DE SECADO	19.159,8
5	BALSA DE LIXIVIADOS	24.193,52
6	ALMACÉN DE MADURACIÓN DE PRODUCTOS TERMINADOS	17.699,02
7	EQUIPOS	589.140,66
	TOTAL EJECUCIÓN MATERIAL	864.069,4
	13,00 % Gastos Generales.....	112.329,02
	6 % Beneficio industrial.....	51.844,16
	SUMA DE G.G. Y B.I.	164.173,18
	21% I.V.A.....	215.930,94
	TOTAL PRESUPUESTO CONTRATA	1.080.000,34
	TOTAL PRESUPUESTO GENERAL	1.080.000,34

El alumno:

FRANCISCO JAVIER COLLADO BECERRA

Algeciras, a.....de.....2013

