

PROYECTO OCÚ – SISTEMA DE MANEJO DE EFLUENTES

Este proyecto turístico lleva por nombre “AGROTURÍSTICO TEMÁTICO”, consistente en construir un Club Hotel con bodega de producción de ron y añejamiento como actividad a ofrecer para los visitantes del proyecto, en una finca con un área de lote segregado para este proyecto de 2 has, en el Distrito de Ocú, Provincia de Herrera.

Se pretende construir un Club Hotel con patio de aparcamiento, vestíbulo, hall recibidor, recepción y conserje, área para guarda equipaje, oficina de administración general y despachos, cocina, despensa, patio central para comedor, zona de conferencias y eventos, área de piscina con vestidores para damas y caballeros, cuartos de aseo, lavandería, bodega de producción de ron con área de oficinas y sala de reuniones, siembra de levadura y sala de producción, sala de control y laboratorio, área para procesamiento de caña de azúcar con sistema de molienda, área para caldera de biomasa y edificio para añejamiento como actividad a ofrecer para los visitantes del proyecto en la planta baja y once (11) habitaciones en planta alta a las cuales se puede acceder mediante una escalera o un ascensor. También contará con una planta de sótano la cual está compuesta por una sala de usos múltiples, almacén, dos baños, cuarto de limpieza, catorce (14) criptas para el almacenamiento del ron y el acceso a este sótano es mediante una escalera o un ascensor.

Dentro del proyecto se plantea la construcción de vías de acceso, electricidad, agua potable mediante la construcción de un pozo de agua y aguas servidas. Adicional se dará entrada a los servicios de telefonía, televisión y demás que sean requeridos por el propietario.

Efluentes generados en durante la operación del proyecto:

1. Efluentes producto de actividades humanas.

La memoria de instalación y depuración se ha realizado considerando 50 usuarios en todo el complejo agroturístico, incluyendo tanto los clientes como el personal a cargo de la operación.

a. Descripción del efluente.

El efluente procede de las aguas residuales utilizadas en los baños, cocinas y servicios propios del aseo y limpieza de las infraestructuras turísticas. En este efluente se encontrarán únicamente aguas fecales, aguas procedentes de duchas, lavabos y cocinas, por lo que pudiera contener detergentes, grasas o aceites.

b. Caudal máximo del efluente.

Teniendo en cuenta la naturaleza de las instalaciones, se ha calculado que el número máximo de personas que en ellas se pueden encontrar es de 50 personas, que pueden llegar a requerir un volumen estimado promedio de 100 litros por persona y día, es decir 5 m^3 por día.

Dichos cálculos se han realizado siempre por exceso, con el fin de elegir unas instalaciones que pudieran perfectamente depurar las aguas residuales que se producen en las instalaciones.

c. Caracterización fisicoquímica y biológica del efluente.

En un agua residual no tratada la descomposición de la materia orgánica que contiene puede llevar a la producción de gases malolientes (peracresol, indol, putrescina, cisteína, mecaptanol, etc.). Además, el agua residual bruta

contiene frecuentemente microorganismos patógenos y una elevada concentración de nutrientes. Por estas razones, la eliminación inmediata del agua residual desde sus fuentes de generación, seguida de su tratamiento y evacuación es muy necesaria.

En relación con la composición tipo de las aguas fecales procedentes del vertido humano, los contenidos teóricos aproximados de las mismas son los siguientes:

Residuo fecal	
Contenido en agua	75-80%
pH	6.2 – 7.2
Materia orgánica	31% del residuo seco
Proteínas	34% del residuo seco
Lípidos	17% del residuo seco
Cenizas	13% del residuo seco
Celulosas	5% del residuo seco
Orina	
pH	5 – 7
Sales minerales	Na, Ca, Mg, NH ₄ , Cl, SO ₄ y PO ₄
Sustancias orgánicas	Urea, ácido úrico, aminoácidos, ácidos grasos, Alcoholes, etc

Para la caracterización de las aguas residuales del complejo nos hemos basado en datos extraídos de bibliografía técnica especializada. En base a esta información se ha diseñado el proceso de depuración.

A continuación, se relacionan los componentes y las concentraciones previstas, según un análisis tipo de un agua residual de origen doméstico, de características semejantes a las que se producirán en nuestras instalaciones, y que se tendrán en cuenta para determinar los procesos de depuración a emplear y sus dimensiones.

Análisis químico	
pH	Entre 5.5 - 9
Temperatura	Menor de 25°C
Sólidos en suspensión (mg/l)	Entre 100 y 200 mg/litro
Material sedimentable (mg/l)	Entre 5 y 10 mg/litro
DBO ₅	Entre 100 y 300 mg O ₂ /l
DQO ₅	Entre 250 y 500 mg O ₂ /l
Cloruros (mg/l)	Entre 100 y 200 mg/litro
Fósforo total (mg/l)	Entre 4 y 8 mg/litro
Amoniaco (mg/l)	Entre 15 y 50 mg/litro
Nitrógeno Nítrico (mg/l)	Menor de 5 mg/litro
Aceites y grasas (mg/l)	Menor de 10 mg/litro
Detergentes (mg/l)	Entre 2 y 6 mg/litro

2. Efluentes de operación agroindustrial

Las aguas residuales se generan durante el proceso productivo (producción de ron, miel de caña, etc). En nuestro caso, también se añadirán las aguas residuales domésticas que provienen de la infraestructura turística. Estas aguas presentan diferentes composiciones según el tipo de proceso realizado. Los volúmenes de entrada, cargas orgánicas y concentraciones, como también los valores pH del agua, tienen grandes fluctuaciones.



a. Descripción del efluente.

Descripción del efluente generados: Limpiezas generales de áreas de proceso (molienda de caña, lavados de tanques fermentadores, residuos de alambiques, limpiezas generales, etc).

b. Caudal máximo del efluente.

El volumen total de agua a tratar se desglosa a continuación en función de los diversos orígenes del efluente:

- Agua resultante del lavado de equipos de actividades agroindustriales: Caudal máximo: 10 m³/día
- Fondos de alambique para la producción de ron: Caudal máximo: 25 m³/día

En base a esta información, se determina un caudal máximo de tratamiento de 35 m³/día

c. Caracterización fisicoquímica y biológica del efluente.

Las aguas residuales industriales procedentes de fábricas y alambiques para la producción de ron se producen en el momento de limpiar los tanques y fermentadores o del vaciado del alambique. Pueden existir grandes fluctuaciones en los volúmenes de agua residual, en la carga orgánica y también en los valores pH. En general, esta agua residual tiene un mayor grado de carga a depurar (cargas de DBo5 hasta 4.000mg/L) respecto al agua residual doméstica, lo que hace que sea fácil su tratamiento debido a su favorable ratio DQO/DBO

Para la caracterización de las aguas residuales del complejo agroindustrial nos hemos basado en datos extraídos de bibliografía técnica especializada y de la experiencia acumulada en proyectos similares. En base a esta información se ha diseñado el proceso de depuración. A continuación, se relacionan los componentes y las concentraciones previstas, según un análisis tipo de un agua residual de origen agroindustrial, de características semejantes a las que se producirán en nuestras instalaciones, y que se tendrán en cuenta para determinar los procesos de depuración a emplear y sus dimensiones.

Parámetro	Cantidades promedio
pH	4.2
DBO (mg/l O ₂)	4,000
DQO (mg/l O ₂)	7,500
Sólidos Totales (mg/l)	20,000
Materia Volátil (mg/l)	15,000
Nitrógeno (mg/l N)	400
Fósforo (mg/l P ₂ O ₅)	100
Potasio (mg/l CaO)	1,500
Calcio (mg/l CaO)	1,000
Magnesio (mg/l MgO)	350
Sulfato (mg/l SO ₄)	600
Carbono (mg/l C)	19,500
Materia Orgánica (mg/l)	19,500
Sustancias Reductoras (mg/l)	7,900

3. Descripción del sistema de depuración

Se diseña una estación de depuración compuesta por un sistema primario mediante un depósito de homogenización y pretratamiento, un sistema secundario mediante una estación depuradora de oxidación total y un sistema terciario de tratamiento biológico.

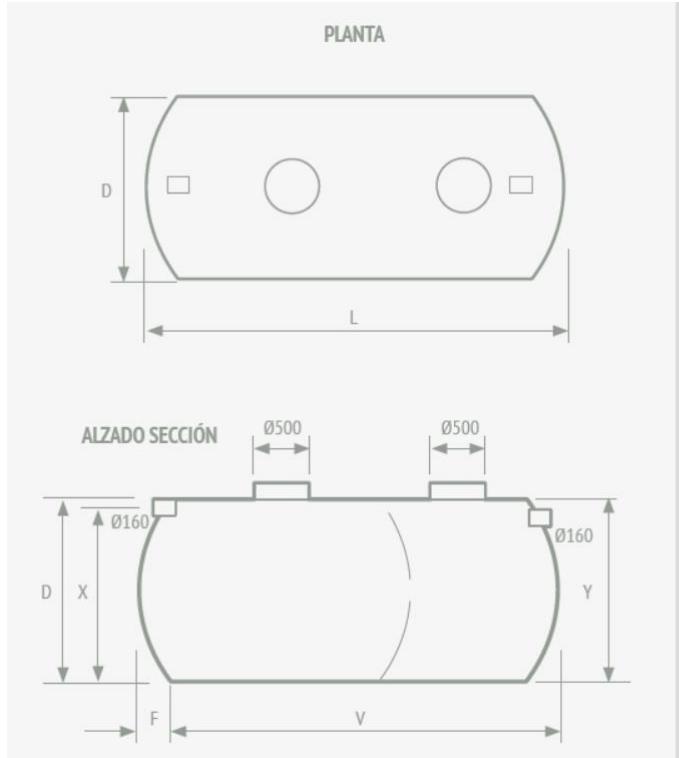
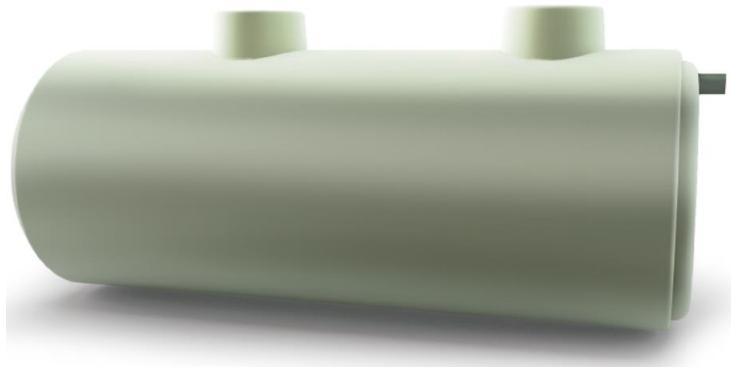
- Tratamiento primario

Cada edificio o actividad tiene unas costumbres diarias que afectan directamente al consumo de agua. Ofrecer un sistema de depuración universal es complicado. El sistema de depuración debe tener la capacidad de igualar los caudales diarios y el tipo de carga residual para:

- Evitar la evacuación del fango activo (al no entrar grandes cantidades de agua de golpe en el Reactor).
- Dar una alimentación constante a la biomasa para conseguir una depuración óptima.

Para regularizar el aporte de agua al Reactor, las aguas residuales brutas provenientes del producto de actividad humana y del proceso agroindustrial entran por gravedad en el tanque de pretratamiento y homogenización donde se almacenan temporalmente. Ejerce de tratamiento primario, dividido en dos partes, separa los sólidos en suspensión (SS) por decantación en la primera cámara que ocupa 2/3 del total. Aquí las materias más pesadas se decantan y las bacterias anaeróbicas específicas digieren parte de la materia orgánica (MO). Las aguas más claras van pasando a la siguiente cámara a la espera de ser transvasadas al reactor. El transvase de las aguas se realiza por medio de una bomba de aguas residuales.

Esta reacción biológica reduce el volumen de fangos y por tanto alarga la frecuencia de vaciado de mantenimiento. El agua pretratada se trasvaza al Reactor biológico mediante el airlift. Este sistema lamina el aporte de agua al reactor permitiendo a la biomasa digerir con gran efectividad la MO y, al mismo tiempo, produce un volumen tampón para poder almacenar los caudales punta. Este sistema es mucho más eficiente al controlar los picos hidráulicos.



CARACTERÍSTICAS DEL TANQUE

- Fabricado con PRFV
- Color natural
- Extremos abombados
- Bocas de hombre Ø500 ó 700 mm
- Tapa PE con sistema de cierre de bayoneta
- Calidad alimentaria
- Conexiones a especificar en cada caso (manguitos PVC o enbridado)
- Opciones: producto con posibilidad de adaptación para funciones específicas

- Tratamiento secundario

Se proyecta 4 equipos soterrados de depuración compacto, tipo RUIVERT, modelo EP5250. Se trata de una depuradora compacta de oxidación total o de aireación prolongada. En ella el oxígeno es introducido a través de la aportación forzada de aire, realizada de forma automática.

Reactor biológico: En el reactor, la biomasa fijada a los soportes en movimiento depura las aguas. El programa alterna fases aerobias y anóxicas optimizando el tratamiento. Los soportes auto regulan el tamaño del biofilm con los movimientos hidrodinámicos. Esta tecnología combina las ventajas de los cultivos libres (sin colmatamientos) y de los cultivos fijos (eficacia de tratamiento).

Clarificación: Las aguas depuradas llegan por desbordamiento desde el reactor biológico y se someten a una clarificación final. Los fangos decantados se acumulan en el fondo, siendo recirculados al reactor vía airlift y cabecera (tanque de pretratamiento).

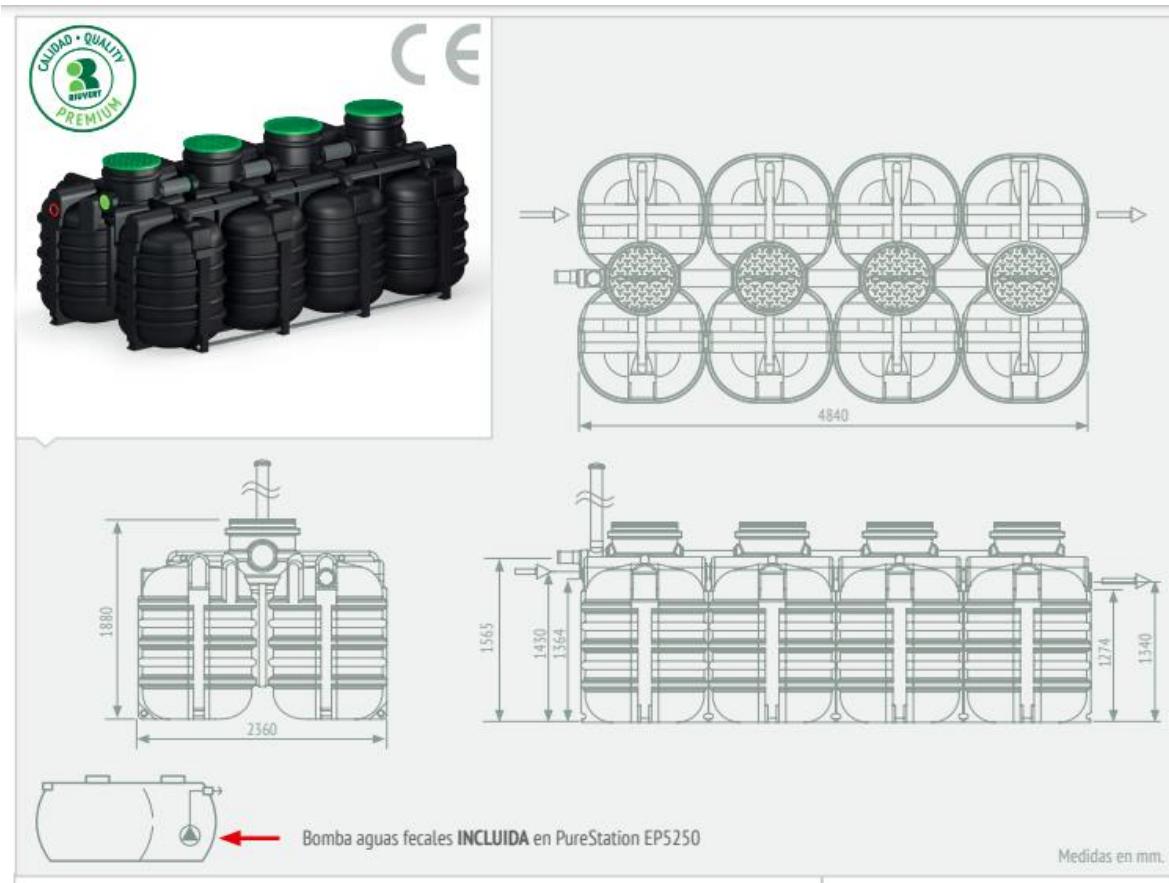
Estos procesos de recirculación ayudan en el equilibrio y mejora del tratamiento.

Es el sistema de depuración más completo que requiere energía eléctrica para su funcionamiento, ya que dispone de inyectores de aire que actúan con un motor eléctrico. Este sistema permite el tratamiento biológico de las aguas residuales asimilables o domésticas proporcionando un buen rendimiento en calidad de aguas a la salida del equipo.

Se proyecta un sistema modular mediante válvulas automáticas que permite activar automáticamente los diferentes módulos de tratamiento en la función de cantidad de aguas residuales producidas.

La planta contará con diversas conexiones hidráulicas y la activación de los equipos electromecánicos.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS PRINCIPALES DE LA DEPURADORA DE OXIDACIÓN TOTAL EP5250 RIUVERT:



PRINCIPIO DE DEPURACIÓN	Fango activo en suspensión
CAPACIDAD	De 35 a 52 Habitantes equivalentes (estimados)
CAUDAL MÁXIMO DIARIO DE DEPURACIÓN	5.250 litros/día
ENTRADA Y SALIDA	Ø125 mm.
MANTENIMIENTO PREVENTIVO (FRECUENCIA ANUAL)	4
VACIADO DE SÓLIDOS Y FANGOS NO TRATADOS	1 vez al año (aprox. 5 m ³)
SISTEMA COMPUESTO DE:	<ul style="list-style-type: none"> • ** Pretratamiento con retención • Reactor biológico • Decantación • Purga de fangos • Almacenador de fangos • Clarificador
RENDIMIENTOS DE DEPURACIÓN:	<ul style="list-style-type: none"> • DBO₅: 95% • DQO: 90% • SS: 90%
 UNE-EN-12566-3	

** Tanque de pretratamiento NO INCLUIDO.
10 m³ mínimo.

Modelo	Código	Capacidad	Caudal máximo
EP5250	33005050	35-52 HE	5.250 litros/día



Unidad de control

- Cuadro eléctrico IP54 de pie
- Diferencial
- Seguro de motor
- Enchufe
- 2 electroválvulas
- 2 testigos
- Funcionamiento y alarma
- Bomba soplante 80 W-32 dBA
- PLC
- Consumo eléctrico estimado: 1 kwh por día
- Dimensiones (L x A x h): 487 x 256 x 715 mm

- Tratamiento terciario

Extracción de efluente tratado: El agua depurada sale de la estación de depuración y se envía al depósito de tratamiento terciario. Este sistema de tratamiento final del efluente consiste en un tratamiento biológico de oxidación y su posterior uso para fertilización de suelos agrícolas anexos.

Este sistema de tratamiento final consta de varias fases adicionales:

Tratamiento biológico: El efluente de origen agroindustrial, previamente tratado en el sistema de depuración, contenía los residuos de descarga del alambique, combinados con carbohidratos no fermentados, levaduras muertas, compuestos orgánicos, sales minerales, así como las aguas de limpieza y lavado de equipos e infraestructuras y las aguas tratadas del complejo turístico.

Este sistema adicional consiste en la utilización de un tratamiento biológico basado en la aplicación continua de un producto natural compuesto principalmente por bacterias ácido-lácticas, levaduras, y bacterias fototrópicas entre otros. Estos microorganismos coexisten en un medio líquido y cuando son introducidos en un ambiente natural, tienen efectos benéficos en la degradación de la materia orgánica, control de malos olores y desplazamiento de microorganismos patógenos.

Antes de utilizar estos microorganismos, es necesario realizar un proceso de activación dado que éstos se encuentran en estado de latencia para prolongar su conservación. La activación consiste en suministrar una fuente energética para propiciar la multiplicación de los microorganismos, a través de un proceso de fermentación bajo condiciones anaeróbicas.

Los Microorganismos Eficientes son un cultivo mixto de microorganismos benéficos naturales, en gran cantidad, sin manipulación genética, presentes en ecosistemas naturales, fisiológicamente compatibles unos con otros que al entrar en contacto con la materia orgánica aceleran el proceso de descomposición de esta, sin permitir putrefacción, que promueven un proceso de fermentación antioxidante benéfico y promueven el equilibrio de la flora microbiana. Los microorganismos presentes en el bio-inoculante son:

Bacterias Fototrópicas: Son bacterias autótrofas que sintetizan sustancias útiles a partir de materia orgánica y gases nocivos, usando la luz solar como fuente de energía. Están presentes en las algas verdes y en cualquier partícula de suelo

Bacterias Ácido-Lácticas: Estas bacterias producen ácido láctico a partir de azúcares y otros carbohidratos sintetizados por bacterias fototrópicas y levaduras. El ácido láctico es un fuerte esterilizador, suprime microorganismos patógenos e incrementa la rápida descomposición de materia orgánica. Se usan en la elaboración de yogurt, quesos, etc.

Levaduras: Estos microorganismos sintetizan sustancias antimicrobianas a partir de aminoácidos y azúcares secretados por bacterias fototrópicas, materia orgánica y raíces de las plantas. Las sustancias bioactivas, como hormonas y enzimas, producidas por las levaduras, promueven la división activa de las células. Sus secreciones son sustratos útiles para microorganismos eficientes como bacterias ácido-lácticas y actinomicetos. Se usan para hacer panes, cervezas, vinos, etc.

Así como en los procesos de fermentación más conocidos, el tratamiento biológico acelera la ruptura de compuestos como proteínas, azúcares, grasas y fibras, promoviendo la rápida descomposición de la materia orgánica. Aunado a esto, trabaja en dos vías primarias, por exclusión competitiva de otros microorganismos nocivos y por la producción de subproductos beneficiosos como enzimas, ácidos orgánicos, aminoácidos, hormonas, y antioxidantes que promueven la salud del medio ambiente.

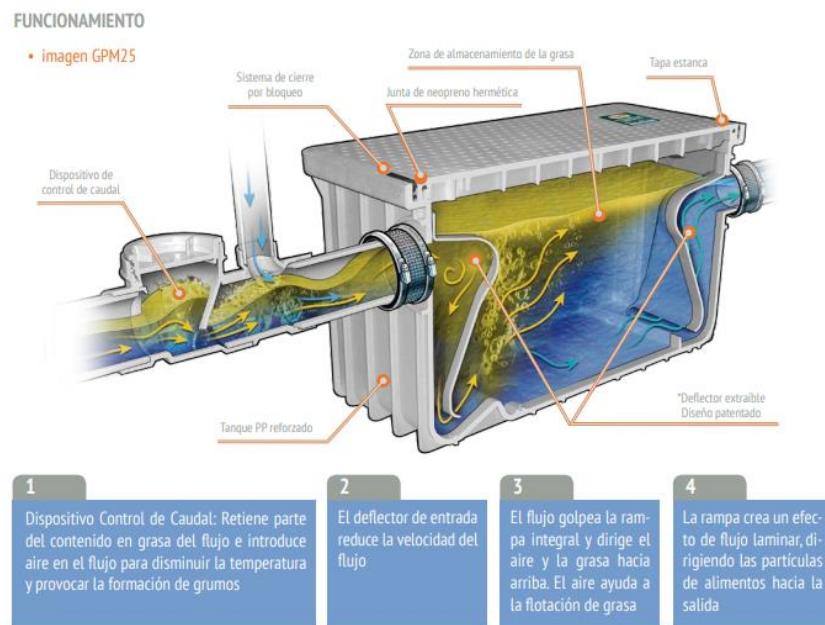
La materia orgánica, produce olor cuando la descomponen microorganismos de tipo putrefactivo; al aplicar EM, empiezan a predominar los fermentativos, que eliminarán el olor, ya que segregan ácidos orgánicos, enzimas, antioxidantes y quelatos metálicos. El amoniaco (el gran responsable del olor característico de los procesos de descomposición orgánica), es una sustancia alcalina débil, que es neutralizada por dichos ácidos; las enzimas y los antioxidantes, en acción sinérgica, tienen un efecto amortiguador que reduce el olor; los quelatos metálicos, reaccionan con sustancias olorosas de manera instantánea, convirtiéndolas en inodoras.

Los microorganismos se aplican distribuyéndolos homogéneamente en la laguna de oxidación de forma que colonicen todo su volumen.

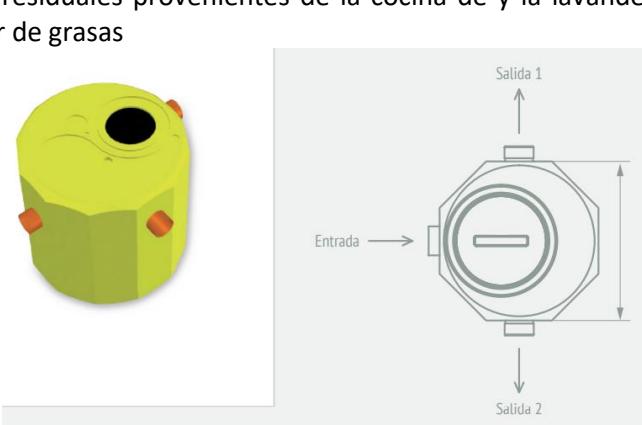
Utilizando este sistema de tratamiento final con microorganismos eficientes en la última etapa del proceso de depuración de las aguas residuales del complejo, aseguramos que el agua tratada resultante tendrá excelentes cualidades para ser aplicada en el riego de las parcelas agrícolas anexas, mejorando su estructura, aportando nutrientes, aumentando la cantidad de materia orgánica y la fertilidad del suelo.

- Elementos complementarios de la instalación

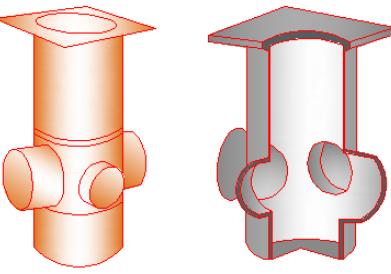
Separador de grasas: Las aguas residuales provenientes de la cocina de y la lavandería de la zona residencial pasarán a través de un separador de grasas



Arqueta repartidora: Las aguas residuales provenientes de la cocina de y la lavandería de la zona residencial pasarán a través de un separador de grasas



Arqueta toma de muestras: Para el análisis y control de del efluente depurado.

DETALLE DE ARQUETA RECOGIDA DE MUESTRAS				
				
S-226	MEDIDAS	REFERENCIAS	COLOR	U.CAJA
CON TAPA	250X110X160 H	27015	Teja	1
	315X160X200 H	27031	Teja	1
S-227	MEDIDAS	REFERENCIAS	COLOR	U.CAJA
CON REJILLA	250X110X160 H	27015	Teja	1
	315X160X200 H	27031	Teja	1
Colector				

4. Manejo de lodos generados en la EDAR – Compostaje para producir fertilizantes orgánicos.

Los lodos se generan como resultado de las distintas etapas de depuración de las aguas residuales en la EDAR.

Aplicamos el siguiente principio:

“La valorización agrícola de los lodos permite que un residuo se transforme en un recurso”.



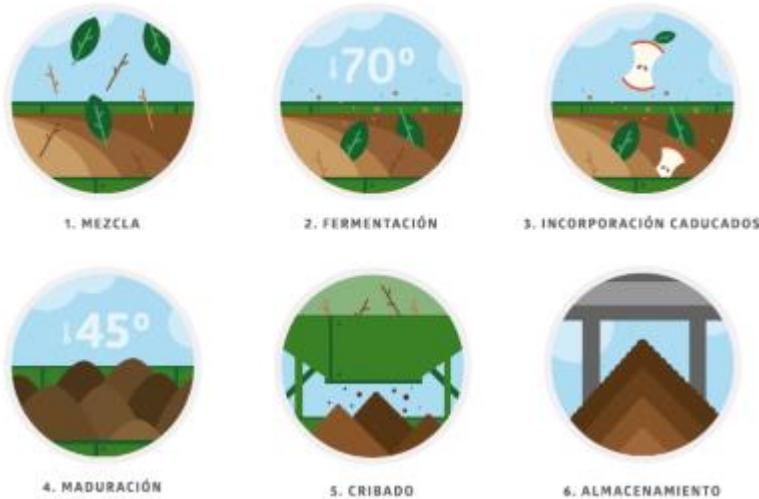
Para conseguirlo, los lodos procedentes de la EDAR se van a combinar con estiércol de cabra y gallinaza para producir COMPOST, que se utilizará posteriormente para la fertilización orgánica de las fincas circundantes.

Por medio del compostaje conseguiremos:

- Una composición nutritiva más equilibrada
- Reducción de patógenos
- Producto terroso con mejores propiedades de manejo
- Su aplicación no genera rechazo social
- Destino no condicionado por factores climatológicos o agronómicos

El compostaje no es más que la estabilización de residuos orgánicos en condiciones aerobias, a lo largo de la cual se generan elevadas temperaturas durante el tiempo suficiente para la higienización de los mismos. Es un proceso sencillo y ampliamente utilizado.

¿CÓMO SE ELABORA EL COMPOST?



Los principales componentes del compostaje procedente de una EDAR son los siguientes:

- Materia orgánica 78%
- Calcio 9%
- Fósforo 5%
- Nitrógeno 4%
- Hierro 2%
- Potasio 1%
- Otros minerales 1%

El compost tiene un enorme valor agronómico. Entre sus efectos benéficos se incluyen:

- Efecto del compost sobre las propiedades físicas del suelo:
 - Aumento y mejora de la porosidad del suelo
 - Aumento de la capacidad de retención de agua y de la cantidad de agua disponible
 - Aumento de la capacidad de retención de nutrientes
- Estas modificaciones provocan, entre otros, los siguientes efectos:
 - Mejor germinación y emergencia de las plantas
 - Mayor facilidad para el desarrollo del sistema radicular
 - Se facilita el laboreo, reduciéndose el coste energético
 - Se mejora la eficacia en el aprovechamiento del agua y nutrientes del suelo
 - Se reduce la escorrentía y erosión del suelo
 - Mejora el crecimiento y desarrollo de los cultivos

En nuestro caso, con el fin de aumentar la producción de compost y mejorar su calidad, se van a combinar los lodos procedentes de la EDAR con estiércol de cabra y gallinaza. De esta forma se obtendrá un fertilizante

orgánico de excelente calidad para el mejoramiento de los suelos de la finca anexa y los cultivos que se establezcan en ellos.

El estiércol de cabra figura entre los más ricos en nutrientes y contiene alrededor de un 7% de nitrógeno, un 2% de fósforo y un 10% de potasio, además de un alto porcentaje de materia orgánica.

La gallinaza también contiene una gran proporción de nutrientes (4% nitrógeno, 4% fósforo, 1.5% potasio), y alto contenido de materia orgánica y oligoelementos.

La utilización de compost combinado con lodos procedentes de la EDAR, gallinaza y estiércol de cabra, conseguiremos obtener un excelente fertilizante orgánico que además servirá para mejorar la calidad del suelo de las fincas anexas, que son muy ácidos y pobres en materia orgánica y elementos minerales.

Los lodos al momento de su tratamiento también recibirán aplicaciones de Microorganismos Eficientes para mejorar sus características, eliminar malos olores durante el tratamiento y facilitar su posterior compostaje.

5. Manejo de efluentes líquidos generados en la EDAR – Lagunas de fitoremediaciόn.

Para el tratamiento de los efluentes líquidos aplicaremos el mismo principio que se aplicó para los lodos:

“La valorización agrícola de los efluentes líquidos permite que un residuo se transforme en un recurso”.

Pero adicionalmente a este principio, se va a dar un valor ornamental y didáctico al tratamiento de los efluentes para demostrar que además de dar valor agronómico al efluente, también puede ser muy agradable visualmente y generar un entorno ambientalmente integrado.

La fitoremediaciόn es una ecotecnología, basada en la capacidad de algunas plantas en interacción con sus microorganismos asociados para tolerar, absorber, acumular, metabolizar, volatilizar, estabilizar o degradar compuestos contaminantes presentes en el suelo, aire, agua o diversos sedimentos.

Las plantas acuáticas funcionan como filtros biológicos que remueven sustancias biodegradables, sustancias tóxicas y microorganismos patógenos. Lo anterior se debe a que estas macrófitas absorben cantidades significativas de nutrientes y otros elementos, directamente a través de sus raíces. Por otra parte, estas plantas tienen la habilidad de absorber nutrientes en cantidades muy superiores a sus requerimientos, particularmente cuando se encuentran disponibles en gran cantidad. Muchas plantas tienen la habilidad de crecer en condiciones anóxicas o hipóxicas, gracias al aire que queda en sus tejidos.

La fitoremediaciόn es por tanto un método de descontaminación natural que se vale de la misma acción de las plantas para tratar aguas sucias, por ejemplo, las residuales. Frente a las tradicionales técnicas fisicoquímicas, la fitoremediaciόn presenta diversas ventajas, algunas de las cuáles citamos a continuaciόn:

- Bajo costo
- Respeto hacia los procesos ecológicos del ecosistema a descontaminar.
- Se trata de una tecnología social, estética y ambientalmente más aceptada.

- La fitorremediación permite mejorar la calidad del aire, suelo o agua de un modo natural, lo que significa evitar el uso de productos químicos.

La elección de las plantas es clave para la preservación o recuperación de distintos ecosistemas, por lo que resulta importante cuidar este aspecto, y eso es algo que vamos a tener muy en cuenta en el desarrollo de este proyecto.

El sistema que se utilizará para el tratamiento de los efluentes líquidos procedentes de la EDAR consta de varias etapas:

1. **Sección de homogeneización del efluente.** En esta sección, consistente en un reservorio abierto de unos 50 m³ de capacidad, protegido con una geomembrana para evitar la infiltración subterránea del efluente, se instalarán tubos perforados en su zona inferior por medio de los cuáles se inyectará aire de forma continua al efluente, con el fin de provocar una oxidación acelerada de la materia orgánica y elementos presentes en el efluente para reducir su DBO y DQO antes de enviar el efluente a la laguna de fitorremediación.

En esta sección de homogeneización también se dará de forma continua un tratamiento con microorganismos eficientes, para la eliminación de malos olores y para la mejora del efluente antes de enviarlo a la laguna de fitorremediación.

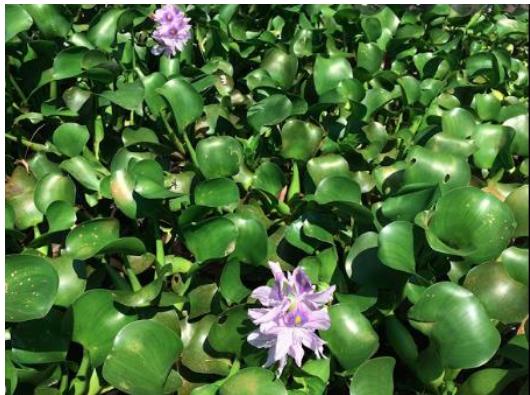
2. **Laguna de fitorremediación.** Esta sección tiene una superficie con dimensiones de 15 metros de ancho x 30 metros de largo por 1.5 metros de profundidad, para un volumen total de 675 m³ de capacidad, correspondiente a 15 días de tiempo de retención.

Esta laguna de fitorremediación, además de estar dotada de un sistema de aireación continuo, también será el hogar de las plantas seleccionadas que realizarán el proceso de purificación final del agua.

3. **Estanque de disposición final.** De este pequeño estanque, con una capacidad de 50 m³, también protegido con una geomembrana, es desde donde se tomará el agua que será posteriormente utilizada por medio de un sistema de bombero para el riego de las áreas verdes y jardines del proyecto, así como de las fincas circundantes.

En principio se ha previsto utilizar el jacinto de agua (*Eichhornia crassipes*) para la laguna de fitorremediación. Es una planta acuática de libre flotación con hojas en forma de rosetas, soportadas por pecíolos que pueden ser cortos y abultados o largos y delgados, que se desarrollan desde el ápice de un tallo pequeño y vertical llamado rizoma. Cuando se encuentra en aguas poco profundas y oxigenadas, presenta hojas muy pequeñas que sólo alcanzan largos de 8 cm, mientras que, en plantas bien aireadas, especialmente en aguas de flujo continuo, las hojas alcanzan los 125 cm de longitud. La posición de la hoja también varía dependiendo de la especie y condiciones ambientales. Su función principal, al igual que el resto de las plantas, es la fotosíntesis y transpiración producida en sus células superficiales. Los tallos floreadores, que crecen a partir del centro de la roseta, producen una inflorescencia vistosa de flores azules

El sistema de raíces de *E. crassipes*, representa entre un 20 y 50 % de la biomasa de la planta y consta de raíces principales, cubierta por raíces laterales que funcionan como anclaje y además de preservar la estabilidad del rosetón. Al igual que todo órgano sumergido, las raíces deben tener un suministro adecuado de oxígeno disuelto. De esta manera el oxígeno consumido alcanza el tejido interior por difusión a través del gradiente de concentración en la epidermis, pero este suministro puede ser suplementado por difusión desde los sitios de fotosíntesis en el follaje.



Dentro de los sistemas depurativos presentado por *E. crassipes* las raíces son el órgano de mayor importancia, puesto que, a través de ellas, la planta absorbe los compuestos con algún valor nutritivo necesario para su metabolismo. Al mismo tiempo en la rizosfera, los microorganismos presentes actúan sobre el material orgánico biodegradable, sustancias inorgánicas y sólidos suspendidos, reduciendo su contenido en los medios tratados.