

**PROPUESTA DE RECUPERACIÓN DEL BIOGÁS
DE LA EDAR DE LA FÁBRICA DE HEINEKEN DE
VALENCIA**

REALIZADO POR:

JORDI GIL MARTÍNEZ

TUTOR:

JOSEP RIBES BERTOMEU

JUNIO 2017

ÍNDICE

1. OBJETO	3
2. ENFOQUE DEL PROYECTO	4
3. ANTECEDENTES	5
4. OBJETIVO	6
5. INTRODUCCIÓN TEÓRICA	7
5.1. Proceso de digestión anaerobia	7
5.2. El Biogás	11
6. LEGISLACIÓN APLICABLE AL BIOGÁS	14
6.1. Requisitos	14
6.2. Tramitación y documentos	15
6.3. Normativa básica a consultar.....	16
7. MEJORES TÉCNICAS DISPONIBLES	18
7.1. Producción de electricidad y calor.....	18
7.2. Redes de gas	23
8. LA INDUSTRIA CERVECERA	26
8.1. Descripción general	26
8.2. Proceso de elaboración de la cerveza	26
8.3. Análisis de las operaciones con impacto ambiental	30
8.4. Usos del agua y características de las aguas residuales	35
9. DESCRIPCIÓN DE LA EDAR DE LA FÁBRICA DE HEINEKEN DE VALENCIA	41
10. ANÁLISIS DE LA MEJOR ALTERNATIVA	47
10.1. Valoración de la alternativa	47
10.2. Descripción de la alternativa seleccionada	48
10.3. Presupuesto.....	59
11. CONCLUSIONES	62
12. BIBLIOGRAFIA	63
13. ANEXOS	65

1. OBJETO

El presente proyecto tiene como objeto efectuar un estudio de la producción de biogás que genera el digestor anaerobio de la estación depuradora de la fábrica de Heineken de Valencia, para posteriormente evaluar las posibilidades de reutilización de dicho biogás.

Para ello se explicara brevemente en qué consiste un proceso de digestión anaerobia, que tipos de biogás se producen, que tecnologías existen actualmente para su valorización y que legislación lo regula.

Para conocer que tipos de residuos produce una industria cervecera, analizaremos todos sus procesos de producción y los diferentes impactos ambientales que generan, centrándose en el vertido de aguas residuales.

Con toda esta información conocida se expone cual consideramos que es la alternativa más adecuada para la reutilización del biogás dadas las condiciones actuales de la estación depuradora y la fábrica.

2. ENFOQUE DEL PROYECTO

Se dispone de abundante información de la realidad de la contaminación por metano y otros gases en la atmosfera y todos los problemas ambientales que estos acarrear. Particularmente focalizados en zonas industriales y núcleos urbanos de grandes magnitudes.

La finalidad de esta propuesta es ayudar a proteger el medio ambiente con una medida beneficiosa para la empresa y con una inversión asumible, que tenga un periodo de retorno adecuado a los intereses de la entidad. Actualmente existen muchas técnicas para evitar la emisión de estos gases a la atmósfera y reutilizarlos para la obtención de energía y/o calor.

Por eso consideramos que una empresa como Heineken no debería quemar el biogás en antorcha y valorar la aplicar alguna de las técnicas disponibles en el mercado para la recuperación del biogás producido en el digestor anaerobio de sus depuradoras y darle un nuevo uso, evitando así su emisión a la atmosfera.

3. ANTECEDENTES

La Estación Depuradora de la fábrica de Heineken de Valencia fue construida hace 20 años. En sus inicios solo contaba con una línea de aguas contratamiento aerobio. Con las nuevas leyes de gestión de residuos, la depuradora se ha ido adaptando para poder cumplir las especificaciones requeridas por la ley, sobre todo en DBO y DQO. Para ello se añadieron dos digestores anaerobios, en dos años, con toda la línea de fangos correspondiente. Cuando se instalaron estos digestores, se construyó una tubería de acero inoxidable hasta la fábrica para enviar el biogás producido en estos digestores.

Como no sabían que composición tendría el biogás se dejó un espacio en la parte trasera de los digestores por si era necesario instalar un equipo de lavado para depurar el biogás antes de ser enviado a las calderas de la fábrica. Como no se ha llegado a instalar el equipo de lavado, actualmente el biogás se está quemando en antorcha.

Pese a tener las condiciones para poner en marcha la recuperación y valorización del biogás producido en los digestores anaerobios no se ha vuelto a poner encima de la mesa esta opción, sino todo lo contrario, hace unos años la dirección de fábrica decidió externalizar la gestión de la depuradora, siendo ahora gestionada por CADAGUA S.A.

Como sabemos Heineken es una compañía con gran adquisición económica y que se puede permitir realizar inversiones que mejoren la productividad en sus empresas, sin embargo, la política actual de la empresa se basa más en abrir nuevas fábricas en mercados donde la mano de obra es más barata que mejorar las existentes, por eso en este proyecto queremos realizar un estudio de las alternativas posibles, y proponer aquella que pueda tener un periodo de retorno más corto, para que sea analizada por el departamento de ingeniería de la fábrica y valorada por los miembros de la dirección.

4. OBJETIVO

El objetivo de este proyecto es diseñar un sistema para poder recuperar el biogás producido en los digestores de la estación depuradora de la fábrica de Heineken de Valencia que actualmente se está quemando en antorcha.

Para ello se pretende diseñar un equipo de lavado que permita llevar el biogás producido hasta las calderas de la fábrica y poder mezclarlo con gas natural del mercado, reduciendo su consumo.

Para que la empresa considere esta posibilidad seriamente el objetivo es hacer una valoración económica, donde se especifiquen todos los elementos incluidos en la propuesta y un cálculo de la rentabilidad y el periodo de retorno de la inversión.

5. INTRODICCIÓN TEÓRICA

5.1. PROCESO DE DIGESTIÓN ANAERÓBICA

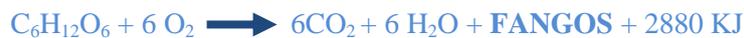
La digestión anaerobia es un proceso biológico en el cual parte de la materia orgánica contenida en un determinado residuo, es degradada por la actividad de un grupo de bacterias, en ausencia de oxígeno, produciendo un gas, mezcla de dióxido de carbono y metano con trazas de otros elementos y un alto contenido energético.



Utilizando el proceso de digestión anaerobia es posible la depuración, estabilización e higienización de gran variedad de residuos, que se generan en grandes cantidades, generalmente con abundante contenido en sólidos y una elevada humedad, lo que hace difícil su gestión: residuos vegetales, estiércoles, efluentes de industrias agroalimentarias, industrias papeleras, químicas y fangos de depuradoras.

Las principales ventajas de la digestión anaerobia son, la producción relativamente baja de biomasa y ser un proceso excedentario energéticamente.

- Se produce entre un 66 y un 90% menos de biomasa que en los procesos aerobios
- Entre el 80 y el 90% de la energía disponible por oxidación directa se transforma en metano



5.1.1.FASES DEL PROCESO

♦ Fase Hidrolítica

Los compuestos orgánicos complejos (material particulado) no puede ser utilizado directamente por los microorganismos a menos que se hidrolizen en compuestos solubles capaces de atravesar la membrana celular. La hidrólisis de estos compuestos complejos se lleva a cabo por enzimas extracelulares producidas por las bacterias hidrolíticas o fermentativas.

Cualquier sustrato orgánico se compone de los tres tipos básicos de macromoléculas: hidratos de carbono, lípidos y proteínas, que en esta etapa son hidrolizados hasta azúcares simples, pépticos, aminoácidos y ácidos grasos de cadena larga (AGCL).

La etapa hidrolítica puede ser la limitante de la velocidad del proceso global, sobre todo tratando residuos con alto contenido en sólidos.

◆ Fase de Acidogénesis

Las moléculas orgánicas solubles son utilizadas por bacterias acidogénicas o fermentativas, para producir compuestos que pueden ser utilizados directamente por las bacterias metanogénicas (Acético, Fórmico, H₂) y Ácidos grasos volátiles (AGV: láctico, butírico y propiónico principalmente).

Las bacterias acidogénicas tienen un nivel de reproducción muy alto, pudiendo duplicar su población en tan solo dos o tres horas.

Los AGV y algunos aminoácidos producidos en la fase fermentativa, tienen que ser oxidados a productos más sencillos (acetato e H₂) por la acción de bacterias acetogénicas: “organismos acetógenos productores obligados de hidrógeno” (OHPA).

Las bacterias acetogénicas presentan una velocidad de reproducción más lenta, necesitando entre 2 y 4 días para duplicar su población.

◆ Fase Metanogénica

Las bacterias metanogénicas constituyen un grupo independiente formado por diferentes especies, capaces de transformar los productos de las etapas anteriores, como acetato, CO₂, fórmico y metanol hasta la formación de metano.

Son bacterias anaerobias estrictas, su velocidad de crecimiento es considerablemente lenta aún en condiciones óptimas. Necesitan un potencial rédox menor de -330mV, pues concentraciones de O₂ del orden de 0,01 mg/l inhiben totalmente su crecimiento.

Las bacterias metanogénicas son el grupo de bacterias más importantes de la digestión anaerobia, por ser las productoras de metano y por retirar del medio los productos de las etapas anteriores, principalmente acetato e H₂.

5.1.2.FACTORES QUE AFECTAN AL PROCESO

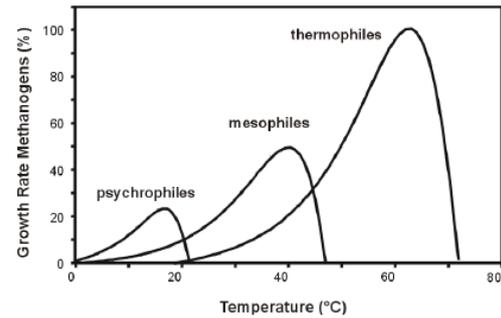
La forma de funcionar adecuadamente un digestor anaerobio es aquella que mantiene las condiciones adecuadas en el mismo, para lograr una población creciente de bacterias formadoras de ácido y generadoras de metano:

◆ Temperatura y tiempo de digestión

La temperatura ejerce un efecto primordial sobre la actividad de las bacterias. En general se distinguen tres rangos de temperatura para clasificar los procesos anaeróbicos y cada uno presenta diferentes velocidades de carga orgánica máxima. Régimen Psicrófilico, temperatura de 8 a 20°C, Mesófilico de 20 a 40°C, Termófilico de 50 a 65°C. Para cada rango de temperatura existe una flora microbiana que predomina, así que un cambio rápido de unos 10°C en el proceso de fermentación puede causar pérdidas significativas de actividad de los microorganismos. La sensibilidad de las bacterias metanogénicas respecto a cambios de temperatura es mayor en el rango Termófilico. La mayoría de las bacterias que participan en la producción de metano tienen una temperatura óptima en el rango Mesófilico a una temperatura cercana a los 35°C. Se puede afirmar que la eliminación de la materia orgánica es tres veces mayor a 36°C que a 20°C.

Digestión anaerobia, según T^a del proceso:

- **Psicrófila:** entre 10 - 25°C
- **Mesófila:** entre 30 - 40°C
- **Termófila:** entre 50 - 60°C



◆ pH

Debido a la presencia de las bacterias metanogénicas es necesario mantener el pH dentro del rango 6.8 a 7.2, en el cual estas bacterias tienen mayor actividad. Se ha determinado una inhibición total del proceso metanogénico cuando el pH cae por debajo de 6.0 o sube por encima de 8.0 por un periodo de tiempo considerable.

◆ Contenido en sólidos

Es también un factor determinante, ya que la movilidad de las bacterias metanogénicas dentro del sustrato se ve limitada a medida que se aumenta el contenido de sólidos y, por lo tanto, pueden verse afectada la eficiencia y producción de biogás.

◆ Elementos tóxicos

Ácidos Grasos Volátiles

Los Ácidos Grasos Volátiles son los más importantes intermediarios del proceso anaerobio, siendo, por ello, fundamental conocer su evolución para el control del proceso, al mostrar una rápida respuesta a variaciones en el sistema, como sobrecargas y presencia de tóxicos. El aumento de su concentración está relacionado con la disminución en la producción de biogás por inhibición de la etapa metanogénica.

La concentración de inhibición es función del pH, siendo mayor a pH bajos, debido a que el componente tóxico es la forma no ionizada del ácido acético, que aumenta con la acidez.

Ácidos Grasos de cadena larga

Altas concentraciones de Ácidos Grasos de cadena larga pueden inhibir el proceso de digestión anaerobia. El efecto tóxico se ha descrito como no reversible, y la forma tóxica son los ácidos grasos libres.

Hidrógeno

La acumulación de H₂ puede provocar la inhibición de la acetogénesis, con la consecuente acumulación de Ácidos Grasos Volátiles.

Compuestos azufrados

En presencia de compuestos azufrados las bacterias sulfatoreductoras compiten por los sustratos con las metanogénicas.

Además de la competición, el SH₂ a altas concentraciones es tóxico para muchos grupos de bacterias.

Entre los inhibidores que penetran de forma accidental en el reactor destaca como más frecuente la entrada de Oxígeno, generalmente por defectos en el bombeo o cierres defectuosos. Afecta principalmente a las bacterias metanogénicas por ser anaerobias estrictas. Su efecto se reduce de forma rápida, una vez solucionado el problema, por la presencia en el proceso de digestión anaerobia de microorganismos facultativos capaces de retirarlo del medio.

Metales

Diferentes metales, el ión amonio y especialmente los metales pesados, llegan a ser tóxicos cuando alcanzan una cierta concentración en el sustrato.

En la Tabla que se muestra a continuación, se representan los valores de concentración inhibidora de los inhibidores más habituales. Estos valores son orientativos, ya que las bacterias se pueden adaptar con el tiempo a las condiciones más desfavorables.

INHIBIDORES	
INHIBIDORES	INTERVALO(ppm)
Na	3.500-5.500
K	2.500-4.500
Ca	2.500-4.500
Mg	1.000-1.500
NH ₄	1.500-3.500

Tabla 1. Intervalos de concentración en el sustrato que resultan tóxicos Fuente: El sector del biogás agroindustrial en España.

◆ Alimentación del digestor

Una de las ventajas inherentes al proceso de digestión anaerobia es su baja necesidad de nutrientes como consecuencia de su pequeña velocidad de crecimiento. No obstante, resulta fundamental para la estabilización del proceso que la relación C/N se mantenga entre 20/1 y 30/1 y la relación N/P más adecuada es de entre 1/5 y 1/7.

◆ Agitación

Hay diferentes motivos para mantener un grado de agitación adecuado en el medio de digestión: mezclado y homogeneización del sustrato, distribución uniforme de calor para mantener la temperatura homogénea, favorecer la transferencia de gases y evitar la formación de espumas o la sedimentación. La agitación puede ser mecánica o neumática a través del burbujeo de biogás

recirculado a la presión adecuada. En ningún caso debe ser violenta, ya que podría destruir los agregados de bacterias.

5.2. EL BIOGÁS

El término biogás se refiere a una mezcla de gases producidos a lo largo de las múltiples etapas del proceso de descomposición de la materia orgánica y en las que intervienen una población heterogénea de microorganismos. Fundamentalmente el biogás está compuesto por metano y dióxido de carbono, mezclado en menor proporción con distintos gases.

5.2.1. CARACTERÍSTICAS Y TIPOS DE BIOGÁS

La riqueza del biogás depende del material digerido y del funcionamiento del proceso. La producción de biogás para cada tipo de sustrato es variable en función de su carga orgánica y de la biodegradabilidad de la misma.

En general, los residuos orgánicos industriales y la Fracción orgánica de Residuos Sólidos Urbanos (FORSU) presentan potenciales elevados de producción. Los residuos ganaderos y los lodos de depuradora presentan, sin embargo, potenciales menores, debido al relativamente bajo contenido en materia orgánica y a la baja biodegradabilidad de la misma.

Existen opciones que permiten mejorar la producción de biogás de estos residuos:

- Mezcla con residuos de mayor producción potencial (codigestión)
- Pretratamiento para mejorar la degradabilidad del sustrato
- Aumento de la temperatura para mejorar la velocidad de crecimiento de los microorganismos y la eficiencia de la fase hidrológica.

COMPUESTOS DEL BIOGÁS (%)	
CH ₄	50 - 75
CO ₂	25 - 45
H ₂ O	1 - 2
CO	0 - 0,3
N ₂	1 - 5
H ₂	0 - 3
H ₂ S	0,1 - 0,5
O ₂	0,1 - 1

Tabla 2. Compuestos que pueden aparecer en el biogás. Fuente: El sector del biogás agroindustrial en España.

Tipos de Biogás

Dependiendo del sustrato orgánico del que proceda y de las características de las instalaciones de generación-captación del biogás, el biogás utilizable como energía renovable se puede agrupar en los siguientes tipos:

◆ **Biogás de Vertedero (biodigestión natural)**

La producción de biogás en un vertedero es variable en el tiempo, con un máximo alrededor de los 2-3 años tras el vertido.

El proceso de degradación de la materia orgánica puede durar más de 20 años:

- Los residuos de comida se degradan en un 50% en 1-2 años
- Los residuos de jardín se degradan en unos 5 años
- Los residuos de papel, madera y textiles se degradan en unos 15 años.
- Los residuos como plásticos y gomas no se descomponen.

Una tonelada de RSU con un contenido de materia orgánica del 50% genera aproximadamente 200 m³ de biogás. No es posible captar todo el biogás generado: un 30-35% del mismo se perderá a través de la superficie del vertedero. Las características del biogás dependen principalmente de la composición de los RSU y de la humedad.

◆ **Biogás de Digestores (biodigestión provocada en instalaciones industriales)**

Dentro de este tipo se pueden diferenciar tres subgrupos, dependiendo del origen de los sustratos a digerir.

◆ **Biogás de depuradoras de aguas residuales.**

Biogás de depuradoras urbanas que se genera a partir de la digestión anaeróbica de los fangos primarios de las plantas de tratamiento de aguas residuales urbanas. Cuando la fracción orgánica procede de los RSU tenemos el Biogás FORSU y si se digieren subproductos y residuos de los sectores agrícola, ganadero o la industria agraria, se obtiene el denominado Biogás Agroindustrial.

De los tipos de biogás anteriores, el más noble y con menor cantidad de impurezas es el obtenido a partir de residuos agroindustriales. No obstante, en los casos donde se usen como sustrato los estiércoles y purines pueden aparecer cantidades significativas de sulfuro de hidrogeno en el biogás, que será preciso depurar antes de su aprovechamiento energético.

◆ **Biogás FORSU (Fracción Orgánica de Residuos Sólidos Urbanos)**

Este biogás se genera a partir de la fracción orgánica procedente de los Residuos Sólidos Urbanos.

◆ **Biogás Agroindustrial**

El sector agroindustrial es la principal fuente generadora de subproductos y compuestos orgánicos. Los subproductos y residuos que forman el grupo de las materias primas agroindustriales son los que provienen de:

- La agricultura
- La pesca
- La ganadería
- La industria alimentaria
- La industria bioenergética

En algunos casos se requerirán mezclas (codigestión) para hacer los procesos viables. De los tipos de biogás anteriores, el más noble y con menor cantidad de impurezas es el obtenido a partir de residuos agroindustriales. No obstante, en los casos donde se usen como sustrato los estiércoles y purines pueden aparecer cantidades significativas de sulfuro de hidrogeno en el biogás, que será preciso depurar antes de su aprovechamiento energético

5.2.2. POTENCIAL ENERGÉTICO DEL BIOGÁS

El biogás es un gas combustible cuya composición depende fundamentalmente del tipo de sustrato utilizado y digerido en el proceso, y su alta concentración en metano, de elevada capacidad calorífica (5.750 kcal / m^3), le confiere características combustibles ideales para su aprovechamiento energético en motores de cogeneración, calderas, turbinas, pudiendo por tanto generar electricidad, calor o ser utilizados como biocarburantes.

De manera aproximada, se puede constatar que el gas natural tiene un contenido en CH_4 del 100%. Por lo tanto, se podría decir que 1 m^3 de biogás equivale a la energía de $0,65 \text{ m}^3$ de gas natural (suponiendo que el biogás tiene una riqueza media en metano del 65%). Por otra parte, la cantidad de CH_4 necesaria para obtener 10 kWh de energía total es de 1 m^3 de metano aproximadamente. Si además, el rendimiento eléctrico de un motor es del 40 – 45%, se puede concluir que 1 m^3 de biogás puede llegar a producir $2,8 \text{ kWh}$ de energía eléctrica renovable.

Como ya se ha señalado, el biogás es un gas combustible que puede aprovecharse energéticamente en motores de cogeneración, calderas, turbinas, pudiendo por tanto generar electricidad, calor o ser utilizados como biocarburantes. Así mismo, también puede ser inyectado el biogás depurado en la red de gas.

Cuando la concentración de sulfuro de hidrógeno en el biogás supera las 200 ppm, debe ser sometido a un proceso previo de lavado antes de ser utilizados como combustibles. Ello se produce fundamentalmente cuando se utilizan estiércoles y purines en el proceso de digestión y por tanto se deberán tener en cuenta los correspondientes costes de pretratamiento a la hora de efectuar los estudios económicos de rentabilidad de las instalaciones.

El aprovechamiento energético más habitual del biogás es en el motor de cogeneración, mediante el cual se obtienen unos rendimientos en energía eléctrica de entre el 35 y el 40% y en energía térmica de entre el 30 y el 40%. La energía eléctrica puede entregarse a la red eléctrica, recibiendo a cambio una remuneración económica.

En el apartado de mejores tecnologías disponibles analizamos los distintos usos del biogás citados anteriormente explicando cuales son las mejores tecnologías actualmente disponibles para su mejor valorización y cuáles son sus rendimientos.

6. LEGISLACIÓN APLICABLE AL BIOGÁS

MARCO LEGISLATIVO

En este apartado analizaremos de forma muy breve que leyes regulan el uso del biogás como subproducto y su valorización. Para el caso práctico que estamos analizando (la instalación de un equipo de lavado del biogás procedente del digester de la EDAR de la fábrica de Heineken de Valencia, y su posterior traslado a la fábrica para ser quemado en las calderas de cocción) consideramos que hay que tener en cuenta las siguientes normativas:

6.1. REQUISITOS

En primer lugar analizaremos cuales son los requisitos para poder realizar este tipo de instalaciones:

- ◆ Requisitos legales y autorizaciones necesarias para las instalaciones según su actividad de gestión de residuos y subproductos

La normativa aplicable a las plantas de biogás según su actividad de gestión de residuos y subproductos, viene dictada por: Ley 10/1998 de residuos, nueva Directiva Marco de Residuos o Directiva 2008/98/CE y el Reglamento (CE) 1774/2002 o Reglamento SANDACH.

- ◆ Requisitos legales y autorizaciones necesarias para las instalaciones según su actividad industrial

Las tramitaciones ambientales que pueden afectar a una planta de biogás, las cuales se estudian en mayor profundidad en las líneas siguientes, son: autorización ambiental integrada o licencia ambiental, estudio de impacto ambiental, autorización de gestor de residuos no peligrosos, autorización de vertido a cauce o al colector municipal y otro tipo de tramitaciones posibles como autorización de uso en suelo rústico, autorización de captación de aguas.

- ◆ Requisitos legales y autorizaciones necesarias para las instalaciones según su actividad de producción energética.

Existen 4 normativas aplicables a las plantas de biogás según su actividad de producción energética: Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial; Real Decreto-ley 6/2009, de 30 de abril, por el que se adoptan determinadas medidas en el sector energético y se aprueba el bono social; Real Decreto 1955/2000, de 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y procedimientos de autorización de instalaciones de energía eléctrica; y Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables y por la que se modifican y se derogan las Directivas 2001/77/CE y 2003/30/CE.

Por su parte, el Real Decreto 1955/2000 sobre la conexión y acceso a la red de distribución, establece que la construcción de las instalaciones eléctricas requiere las siguientes resoluciones administrativas:

Autorización Administrativa: se refiere al anteproyecto de la instalación y se tramitará, en su caso, conjuntamente con el estudio de impacto ambiental.

Aprobación del proyecto de ejecución: se refiere al proyecto concreto de la instalación y permite a su titular la construcción o establecimiento de la misma.

Autorización de explotación: permite una vez ejecutado el proyecto, poner en tensión las instalaciones y proceder a su explotación comercial.

Y por último la Directiva 2009/28, de fomento del uso de energía procedente de fuentes renovables, en la que en el artículo 13 se expone: “ Los Estados miembros velarán por que las normas nacionales relativas a los procedimientos de autorización, certificación y concesión de licencias que se aplican a las instalaciones e infraestructuras conexas de transporte y distribución para la producción de electricidad, calor o frío a partir de fuentes de energía renovables, y al proceso de transformación de la biomasa en biocarburante u otros productos energéticos, sean proporcionadas y necesarias”.

De este modo, quedan definidas de la forma más clara y sencilla posible todos los requisitos legales y autorizaciones necesarios para la puesta en marcha y para el transcurso de una planta de biogás industrial.

6.2. TRAMITACIONES Y DOCUMENTOS

En Segundo lugar recopilamos cuales son las tramitaciones y documentos que se deben presentar a las autoridades competentes para nuestro caso:

Las tramitaciones administrativas necesarias para las instalaciones de biogás, son:

Autorización Ambiental: el objetivo de las autorizaciones ambientales es el establecimiento de un sistema de prevención que integre en una autorización única las autorizaciones existentes en materia de vertido de aguas residuales, producción y gestión de residuos y emisiones a la atmósfera. Por ello las autorizaciones ambientales integran las autorizaciones de vertido, autorizaciones de gestor de residuos, autorizaciones de productor de residuos, declaración de impacto ambiental y la autorización de actividad potencialmente contaminadora de la atmósfera.

Los documentos necesarios que deberán adjuntarse a la autorización ambiental son:

- ◆ Proyecto Básico: el proyecto básico deberá contener la descripción de las actividades, instalaciones, procesos y tipo de producto; documentación para la obtención de licencia municipal de actividades; informe de estado ambiental de lugar e impactos previstos; materias primas, sustancias y energía generados y empleados en la instalación; fuentes generadoras de emisiones: tipo y cantidades; medidas de prevención y gestión de residuos; y sistemas de emisiones y vertidos.
- ◆ Estudio de Impacto Ambiental.
- ◆ Documentación necesaria para la Autorización de Gestor y Productor de residuos.
- ◆ Datos atmosféricos de la zona en cuestión.

- ◆ Documentación administrativa y otro tipo de documentación, como: solicitud firmada por el representante legal de la empresa; CIF de la empresa; escrituras de constitución de la empresa; informe de compatibilidad urbanística del ayuntamiento; resumen no técnico; cualquier otra documentación que puedan solicitar: modelización de residuos, de los niveles de emisión atmosférica, estudio de situación del suelo...
- ◆ Licencia Ambiental: la documentación necesaria para la correcta cumplimentación de licencia ambiental, que deberá ser presentada, es:
- ◆ Proyecto Básico: con la documentación señalada en el punto anterior.
- ◆ Documentación administrativa y otro tipo de documentación, como: solicitud firmada por el representante legal de la empresa; escrituras de constitución de la empresa; CIF de la empresa; autorización de suelo rústico, en el caso que proceda; y resumen no técnico.
- ◆ Estudio de Impacto Ambiental: la normativa de referencia para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental, es el Real Decreto Legislativo 1/2008. Por otra parte, el estudio de impacto ambiental se presentará en el caso de las autorizaciones ambientales, junto al resto de documentación necesaria en la consejería de Medio Ambiente. Mientras que en el caso de las licencias ambientales, se presentará en el órgano sustantivo pertinente (existen opiniones dispares entre los ayuntamientos o las consejerías de Medio Ambiente correspondientes).
- ◆ Autorización para la valorización o eliminación de residuos: la normativa de referencia es la Ley 10/1998 de residuos. La autorización de gestor de residuos es necesaria cuando se utilice un residuo para su valorización. Hoy en día, sí que es necesaria para las instalaciones de biogás y de compostaje, según la consejería de Medio Ambiente correspondiente, aunque en un futuro su regulación se basara en la nueva Directiva Marco de Residuos.
- ◆ Autorización de Vertido: la autorización de vertido puede ser de dos tipos: “autorización de vertido a colector” o “autorización de vertido a dominio público hidráulico”. En el caso de las primeras, se presenta en el ayuntamiento pertinente y puede además ser necesaria una memoria, en función de la ordenanza de vertidos. Para las segundas, se presentarán en la Confederación Hidrográfica correspondiente; puede ser necesario la realización de un proyecto de depuración y/o estudio hidrogeológico.

6.3. **NORMATIVA BÁSICA A CONSULTAR**

Por último nombramos la normativa básica a consultar, es la que a continuación se detalla:

- ◆ Ley 16/2002, de 1 de julio, de prevención y control integrados de la contaminación para la que se debe presentar la autorización ambiental correspondiente, correctamente cumplimentada.
- ◆ Ley de Prevención Ambiental, de la comunidad autónoma que corresponda. Se deberá adjuntar: autorización ambiental, licencia ambiental y estudio de impacto ambiental de la explotación.

-
- ◆ Real Decreto Legislativo 1/2008, de 11 de enero, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Evaluación de Impacto Ambiental. Se presentará debidamente cumplimentado el estudio de impacto ambiental.

 - ◆ Ley 10/1998, de 21 de abril, de residuos, para lo que se requiere la autorización de gestor de residuos no peligrosos.

 - ◆ Reglamento de Dominio Público Hidráulico (DPH), para el que serán necesarias las autorizaciones de vertido, de captación y las Ordenanzas Municipales correspondientes, para las que se requerirán las autorizaciones de vertido pertinentes.

 - ◆ Orden MAM/1873/2004, de 2 de junio, por la que se aprueban los modelos oficiales para la declaración de vertido y se desarrollan determinados aspectos relativos a la autorización de vertido y liquidación del canon de control de vertidos regulados en el Real Decreto 606/2003, de 23 de mayo, de reforma del Real Decreto 849/1986, de 11 de abril, por el que se aprueba el Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que desarrolla los Títulos preliminar, I, IV, V, VI y VII de la Ley 29/1985, de 2 de agosto, de Aguas. Será necesaria la autorización de vertido al Dominio Público Hidráulico (DPH) correspondiente.

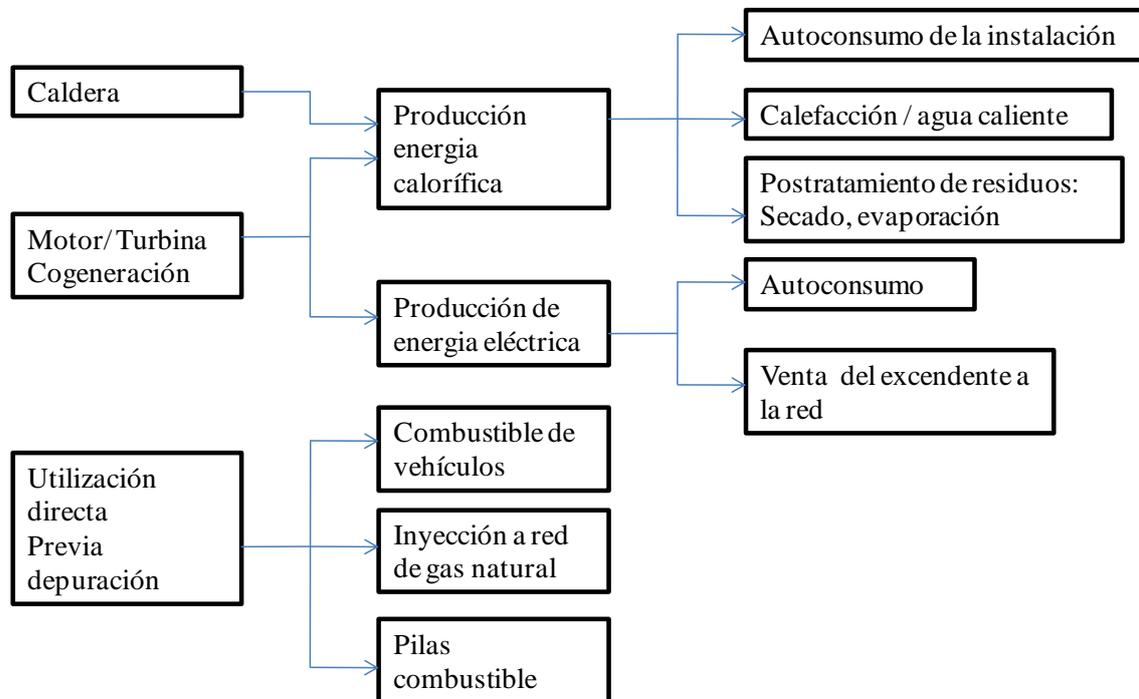
7. MEJORES TECNOLOGÍAS DISPONIBLES

Una vez obtenido el biogás existen varias técnicas de aprovechamiento energético para darle un uso y evitar su desecho. A continuación analizamos aquellas técnicas que son más usadas actualmente y profundizamos en aquellas que podrían aplicarse en la depuradora de la fábrica de Heineken de Valencia.

Principalmente existen tres tipos de aprovechamiento:

- ◆ Obtención de calor y/o electricidad
- ◆ Utilización del biogás en redes de gas
- ◆ Utilización como combustible de vehículos.

A continuación se muestra un esquema de las posibilidades existentes en la utilización del biogás:



TÉCNICAS DE VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

Analizamos con más profundidad las técnicas de valorización del biogás que se podrían aplicar a la EDAR de la fábrica de Heineken de Valencia:

7.1. PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD Y CALOR

El biogás que se genera mediante la digestión anaerobia permite dos aprovechamientos energéticos diferenciados, al quemar el producto resultante:

- ◆ Generación de calor procedente de la combustión
- ◆ Generación de electricidad mediante la disposición de motores eléctricos.

Para una EDAR Industrial del tamaño de la depuradora de Heineken de Valencia, lo más adecuado sería aprovechar el biogás para la generación de electricidad mediante motores eléctricos. Las técnicas más utilizadas actualmente para este tipo de aprovechamiento son:

- ◆ Turbinas de gas
- ◆ Microturbinas
- ◆ Motores de Cogeneración

7.1.2. TURBINAS DE GAS

La preocupación existente en la actualidad por el medio ambiente y su protección ha traído consigo la introducción de nuevas tecnologías para la producción de energía más respetuosas con la naturaleza.

Las turbinas de gas son turbomáquinas que, de un modo general, pertenecen al grupo de máquinas térmicas generadoras y cuya franja de operación va desde pequeñas potencias (30 KW para las microturbinas) hasta 500 MW para los últimos desarrollos. De esta forma, compiten tanto con los motores alternativos (ciclos termodinámicos OTTO y DIESEL) como con la instalaciones de vapor de pequeña y media potencia.

Sus principales ventajas son su pequeño peso y volumen en relación a su potencia y la flexibilidad de su operación. Esto hace que sean máquinas cuyo uso para determinadas aplicaciones, especialmente las referidas a la generación de electricidad y a la propulsión de buques y aviones, esté en claro aumento. Al ser máquinas rotativas presentan una clara ventaja frente a los motores alternativos, por la ausencia de movimientos alternativos y de rozamientos entre superficies sólidas (como las que se dan entre pistón y camisa), lo que se traduce en menores problemas de equilibrado y menores consumos de aceite lubricante, que además no están en contacto con superficies calientes ni con productos de combustión.

El uso de las turbinas de gas, que son relativamente menos contaminantes debido a su mejor rendimiento, ha aumentado considerablemente. Este crecimiento se ha visto favorecido por el incremento de actividad en el sector del gas y además por el crecimiento sostenido de la demanda.

Sin embargo, las turbinas de gas en ciclo simple no son más eficientes que los sistemas de generación de energía basados en carbón o petróleo, ya que los gases que salen de las turbinas de gas se encuentran a temperaturas muy altas. En este sentido, se han introducido varias modificaciones en el diseño de las turbinas para que resulten más económicas y medioambientalmente más atractivas.

Una de las alternativas que permite utilizar las turbinas de gas de manera que se obtengan buenos rendimientos es su utilización en ciclos combinados en lugar de utilizarlas en ciclos abiertos, de este modo el rendimiento global de la instalación es superior al de la turbina de gas operando en solitario. A pesar del buen funcionamiento que se ha conseguido tener de las turbinas de gas en el punto de diseño, debe tenerse en cuenta la fuerte dependencia que presentan estos sistemas de determinados parámetros, entre los cuales destacan los climáticos, como la humedad o la presión, y que condicionan tanto la potencia que la turbina es capaz de producir como su rendimiento. Este factor hace recomendable la utilización de sistemas de simulación para poder predecir su comportamiento.

A modo de resumen se citan algunas de sus ventajas:

- ◆ Requieren menor tiempo de instalación que otros sistemas equivalentes, por lo que resultan muy adecuadas para proyectos de desarrollo rápido.
- ◆ Pueden producir electricidad y calor simultáneamente (cogeneración).
- ◆ Prácticamente todo el calor de proceso se puede recuperar (alto rendimiento).
- ◆ Pueden operar conectados a la red eléctrica de forma continua.
- ◆ Bajo nivel de contaminantes y ruidos.
- ◆ Pueden trabajar en ciclo combinado (ciclo de gas y de vapor) aumentando su rendimiento.
- ◆ Permiten el uso de combustibles de bajo poder calorífico (biogás).

Aplicación:

Un ejemplo del uso del biogás como combustible en turbinas es la utilización de turbinas de gas derivadas de los motores aeronáuticos para la producción de electricidad y calor. Se han diseñado plantas de ciclo combinado en varios Países del mundo, destacando Estados Unidos y Brasil. Sin embargo, es necesario realizar ciertas modificaciones en la cámara de combustión para que admita el uso de combustibles con poder calorífico bajo, como es el biogás

7.1.3. MICROTURBINAS

El concepto de microturbina es el mismo que el de la turbina de gas convencional pero de un tamaño muy reducido.

Las microturbinas son sistemas de cogeneración (obtención de electricidad y calor), adecuados para pequeñas potencias (30 a 200 kW) que pueden utilizar biogás como combustible, ya que las turbinas propiamente dichas no son muy utilizadas para la obtención energética de biogás (trabajan con potencias superiores de 500 kW a 30 MW).

Las microturbinas pueden trabajar con biogás con un contenido en metano del 35% (menor que los motores de cogeneración), presentan una mayor tolerancia al H₂S que los anteriores, son menos contaminantes y el mantenimiento necesario es más sencillo que el caso de los motores de cogeneración.

Como inconvenientes: el rendimiento eléctrico obtenido es menor, del orden del 15-30% y por el momento, existen pocos suministradores; la tecnología en este caso no se encuentra tan implantada como en el de los motores de cogeneración. Las turbinas dan todo el calor residual en forma de gases de escape, por lo que el aprovechamiento es más simple que en motores donde tenemos parte del calor en agua y parte en gases.

Las microturbinas son adecuadas para la generación de electricidad con biogás en vertederos. Es una buena alternativa para vertederos pequeños o para aquellos que se encuentran al principio o al final de su vida útil.

Algunas de las ventajas más destacables son:

- ◆ Se trata de elementos compactos y con pocas partes móviles por lo que presentan menor coste de mantenimiento.
- ◆ Presentan menores emisiones atmosféricas y sonoras en relación con los motores térmicos.

Entre las desventajas se encuentran:

- ◆ No existen prácticamente utilizations en turbinas grandes
- ◆ Existen microturbinas de pequeña potencia (30 kW cada una) que pueden utilizar biogás como combustible, con excelentes resultados en emisiones de NOx
- ◆ Menos partes móviles que los motogeneradores y costes de mantenimiento menores, pero rendimiento también inferior (25 % frente al 35 %)
- ◆ Inversiones específicas elevadas, debido al pequeño tamaño de las microturbinas
- ◆ Utilización condicionada por su pequeño tamaño unitario.

7.1.4. MOTORES DE COGENERACIÓN

Los sistemas de cogeneración son los sistemas de aprovechamiento energético más habitual que existen. Por cogeneración se entiende el sistema de producción conjunta de energía eléctrica y de energía térmica recuperada de los gases de escape del motor. De esta forma, se hace un uso más completo de la energía, que la lograda mediante la generación convencional de electricidad, donde el calor generado en el proceso se pierde.

El sistema de cogeneración se utiliza de forma habitual en las instalaciones donde se pueden producir grandes cantidades de biogás (grandes explotaciones agrarias/ganaderas, plantas de tratamiento de aguas residuales, vertederos, etc.), ya que el calor producido es reutilizado en diversas fases del proceso de generación del biogás (para el calentamiento de los digestores anaeróbicos, por ejemplo).

En cuanto al biogás, debe ser depurado para que no contenga ácido sulfhídrico, ya que los motores son sensibles a la presencia de elementos corrosivos, además de no poder tener un contenido en metano menor del 40%, para su uso en este tipo de dispositivos.

Los motores de cogeneración, pueden alcanzar un rendimiento energético de alrededor del 85%. Esto es debido a que este tipo de motores presentan normalmente un rendimiento eléctrico del orden del 35 al 42%. Siendo el restante rendimiento térmico, es decir, de entre el 30 y el 40%.

Las centrales de cogeneración de electricidad-calor pueden alcanzar un rendimiento energético del orden del 90%. Además, el procedimiento es más ecológico, ya que durante la combustión se libera menos CO₂ y NOx, que usando fuentes de energía tradicionales (carbón o petróleo).

El funcionamiento de una planta de biogás de cogeneración es el siguiente:

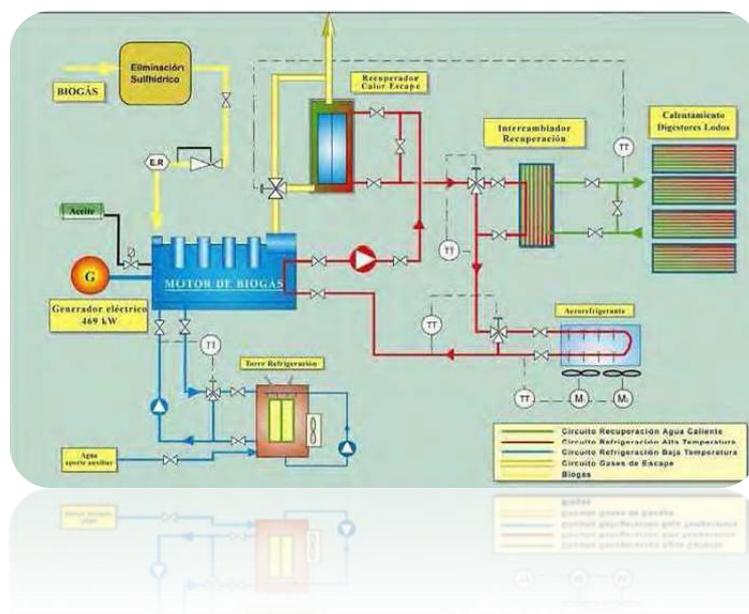
Los residuos se recogen en una fosa común que está dotada de un agitador que garantiza la homogenización en la entrada. Desde esta fosa se bombean al digestor principal en el que tiene lugar la digestión anaeróbica. Tanto el digestor como el post-digestor se mantienen a una temperatura constante entre 389 y 409 gracias a un sistema de calefacción lateral. El digesto se bombea a un tanque de almacenamiento desde el cual se retira para use como enmienda orgánica. El biogás se acumula en el techo del digestor y del postdigestor bajo una membrana de seguridad y tras superar unos niveles adecuados de presión el biogás se conduce al motor de cogeneración.

Pero antes deberá de haber pasado por un proceso de desulfurización. El biogás tratado se aprovecha energéticamente en un motor de cogeneración y la electricidad que produce se vierte a la red eléctrica. El calor de los gases de escape del motor se recuperaría mediante un intercambiador y serviría para cubrir la demanda térmica de la planta así como la de los edificios cercanos. Se aseguraría por tanto el aporte de ACS (Agua Caliente Sanitaria) y el soporte para calefacción, bien de la granja al lado de la que este la planta de Biogás o de viviendas cercanas.

A estas dos aplicaciones, venta de electricidad y soporte térmico, hay que añadir una tercera. La materia orgánica que utilizamos para producir biogás la podemos reutilizar tras finalizar el proceso en forma de abono líquido, prácticamente inodoro después de un proceso de digestión anaerobia y con mejores cualidades que el purín sin tratar, y abono solido (compost). En caso necesario se realiza un tratamiento del abono líquido (por ejemplo, una desnitrificación).

Estas plantas son de fácil manejo y operables por los propios ganaderos. Todos los procesos y parámetros biológicos y técnicos pueden ser controlados y optimizados a distancia, lo que permite el incremento de funcionamiento de la planta y por tanto una mayor rentabilidad de la misma.

Diagrama básico de cogeneración con biogás



7.2. REDES DE GAS

El aprovechamiento del biogás para la obtención de calor y/o energía mediante las técnicas explicadas anteriormente es la forma más habitual de valorizar este gas, pero como hemos comentado antes hay más técnicas para reutilizar este residuo. La técnica que analizaremos a continuación es la inyección del biogás producido en el digestor a la red de gas natural.

Esta técnica consiste simplemente en introducir el biogás producido en el digestor anaeróbico de la depuradora en la red de gas natural mediante una red de tuberías.

Pero esta técnica tiene una dificultad que no presentan las turbinas y la cogeneración y es que el biogás debe tener unos parámetros y concentraciones de ciertos elementos dentro de unos márgenes, con lo que es necesario en la mayoría de casos realizar una limpieza del biogás antes de introducirlo en la red de gas.

Entonces para poder inyectar el gas en la red de gas natural es necesario tener la instalación necesaria y un sistema de depuración adecuado. Una vez se ha depurado el biogás, eliminando compuestos como el H_2S , y aumentando la concentración de metano en la mezcla, el biogás enriquecido resultante, con un contenido de metano en torno al 91-95% puede inyectarse en las redes de transporte de gas, del mismo modo que el gas natural. De este modo, el biogás puede emplearse como combustible doméstico para calefacción, o como materia prima en el ámbito industrial.

Por consiguiente vamos a explicar en qué consiste el lavado del biogás y las distintas técnicas que existen para hacerlo.

7.2.2. DEPURACIÓN DEL BIOGÁS

Para la reutilización del biogás como gas natural e inyectarlo en la red de gas como hemos comentado es necesario una limpieza del gas, a continuación se explica más detalladamente cómo se debe realizar, que parámetros se deben conseguir dependiendo de su posterior uso y que técnicas existen.

SUSTANCIAS CONTAMINANTES EN EL BIOGÁS Y SUS EFECTOS	
SUSTANCIAS	EFECTOS
H₂S	Corrosión
	Toxicidad
	Formación de ácido sulfúrico
Agua	Formación de condensados
	Formación de soluciones ácidas
CO₂	Reducción de poder calorífico
Partículas	Decantación, obturación
NH₃	Formación de óxidos de nitrógeno durante la combustión

Tabla 3. Contaminación que pueden producir los distintos componentes que aparecen en el biogás.
Fuente: El sector del biogás agroindustrial en España.

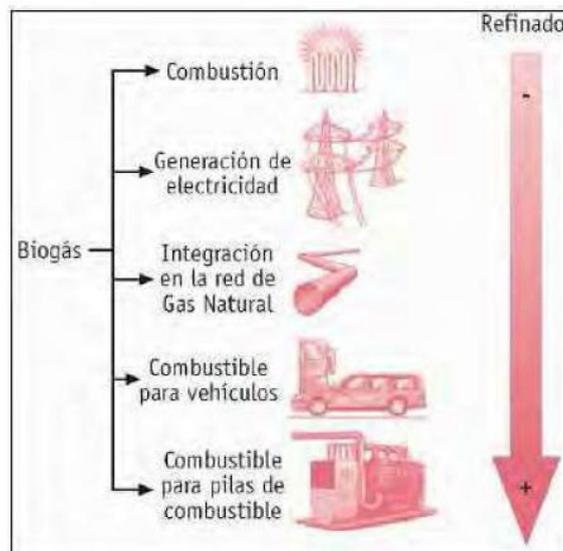
Además del metano y dióxido de carbono, el biogás también está formado por determinadas impurezas en pequeñas proporciones. Estas impurezas y sus efectos como muestra la tabla anterior.

Dependiendo del uso final que tenga el biogás, es necesaria una limpieza del combustible más o menos exhaustiva, para eliminar H₂S, NH₃, agua y partículas sólidas, tal y como se muestra en la tabla siguiente.

NIVEL DEL TIPO DE TRATAMIENTO DEL BIOGÁS SEGÚN SU USO FINAL			
USOS DEL BIOGÁS	ELIMINACIÓN DE AGUA	ELIMINACIÓN DE CO ₂	ELIMINACIÓN DE H ₂ S
Producción térmica en calderas	Parcial	No	No/Parcial/Elevado
Producción eléctrica y térmica en motores de cogeneración	Parcial/Elevado	No/Parcial/Elevado	Parcial/Elevado
Combustibles para vehículos	Elevado	Elevado	Elevado
Red de Gas Natural	Elevado	Elevado	Elevado
Pilas de Combustible	Elevado	Elevado	Elevado

Tabla 4. Nivel del tipo de tratamiento del biogás según su use final. Fuente: El sector del biogás agroindustrial en España.

El biogás debe ser depurado previamente en cualquiera de sus aplicaciones energéticas y los requerimientos en cuanto al refinado son mayores cuando se utiliza como combustible de vehículos, se inyecta en la red de gas natural o se utilizan en pilas de combustible, como queda representado esquemáticamente en la figura mostrada



7.2.3. METODOS DE DEPURACIÓN DEL BIOGÁS MÁS COMUNES

DESULFURACIÓN

La desulfuración es el proceso de depuración del biogás más habitual, ya que se encuentra presente en el diseño de todas las plantas.

Existen tres tipos de desulfuración:

- ◆ Microaerofilica
- ◆ Desulfurización biológica externa
- ◆ Desulfurización por adición de sales férricas.

Microaerofilica

Consiste en la inyección de pequeñas cantidades de aire en el espacio de cabeza del digestor donde se forman unas bacterias sulfoxidantes, que degradan el H_2S , dando lugar azufre elemental.

Desulfurización biológica externa

En el caso de la desulfuración biológica externa, se hace pasar al biogás a través de un biofiltro con relleno plástico sobre el que se adhieren las bacterias desulfurizantes; también se elimina NH_3 .

Desulfurización por adición de sales férricas.

Por último el proceso de adición de sales férricas consiste en añadir compuestos férricos al sustrato; de este modo se producen sulfatos insolubles que evitan la salida de azufre en forma de H_2S al biogás. Con este último método conviene ser muy cuidadoso porque se puede causar la corrosión de los materiales y una gran disminución del pH del proceso.

DESHUMIDIFICACIÓN

La Deshumidificación es un proceso de reducción del agua presente en el biogás, por condensación. El gas, pasa a través de unos tubos refrigerantes que condensan el agua. Existen otros métodos de deshumidificación menos habituales, como por ejemplo el filtrado del gas, el enfriamiento con agua a una temperatura de $42^{\circ}C$, etc.

ELIMINACIÓN DE CO_2

En el caso en el que se utilice el biogás para cualquier otro proceso que no sea su valorización en motores de cogeneración, será necesaria la eliminación del dióxido de carbono. Los métodos posibles de eliminación de CO_2 del biogás son (los métodos que a continuación se presentan, están ordenados en orden creciente en cuanto a su coste y eficiencia):

- ◆ Lavado con agua del CO_2
- ◆ Lavado con disolventes orgánicos
- ◆ Filtración en carbón activo (el gas circula por el carbón activo, donde se retiene el CO_2)
- ◆ Separación por membranas (proceso de alta efectividad)
- ◆ Separación criogénica de las materias según el punto de ebullición (proceso que en la actualidad se encuentra en desarrollo).

8. LA INDUSTRIA CERVECERA

8.1. DESCRIPCIÓN GENERAL

El sector cervecero se encuentra dentro de la actividades del anejo 1 de la Ley IPPC bajo el epígrafe 9.1 Tratamiento y transformación destinados a la fabricación de productos alimenticios a partir de materia prima vegetal de una capacidad de producción de productos acabados superior a 300 t/d (valor medio trimestral).

En el año 2015, la producción de cerveza en España, en las 20 factorías del sector ha sido de 30,7 millones de hectolitros litros de cerveza. España se consolida, con su crecimiento sostenido, como tercer productor de cerveza de la Unión Europea, sólo por detrás de Alemania y el Reino Unido, el primer productor de cerveza del sur de Europa por delante de Francia e Italia, y el noveno del mundo. El sector cervecero español, tiene gran peso en el panorama agroalimentario, es el segundo en importancia, con una facturación similar a la del vino y muy cercana a la del aceite de oliva.

Asimismo, genera alrededor de 8.000 empleos directos y 240.000 indirectos en España, lo que revierte en el impulso de la economía nacional, a la que aporta 5.100 millones de euros anuales (0,7 % del PIB).

La industria cervecera siempre se ha caracterizado por su preocupación por la protección del medio ambiente y ha sido pionera en la organización de sistemas tendentes a la reducción del impacto medioambiental de los residuos de envases. Es el sector de la industria de la alimentación y las bebidas que mayor proporción pone en el mercado de envases reutilizables, llegando al 73% de envases reciclados y reutilizados

Los principales cerveceros de ámbito nacional, son el grupo Mahou San Miguel (GMSM), el grupo Heineken (que además de ser uno de los líderes mundiales del sector posee en España las marcas Heineken, Cruzcampo y Ámstel) y el grupo DAMM. En el mercado peninsular también operan tres compañías cerveceras con una clara vocación regional y con una arraigada presencia en las regiones en las que están presentes: Ambar (Zaragoza), Estrella Galicia (Galicia) y la adquirida por el grupo Mahou San Miguel, Alhambra.

El sector tiene una notable importancia económica y social tanto en lo relacionado con en el cultivo de la cebada y la fabricación de la cerveza, como con la industria auxiliar asociada, sobre todo relacionada con el embotellado: fábrica de botellas, bidones, cápsulas, artes gráficas y cartonajes.

8.2. PROCESOS EN LA ELABORACIÓN DE LA CERVEZA

Vamos a describir todo el proceso de elaboración de la cerveza, desde los ingredientes necesarios hasta el embotellado, pasando por las fases más importantes, que son el malteado y la fermentación.

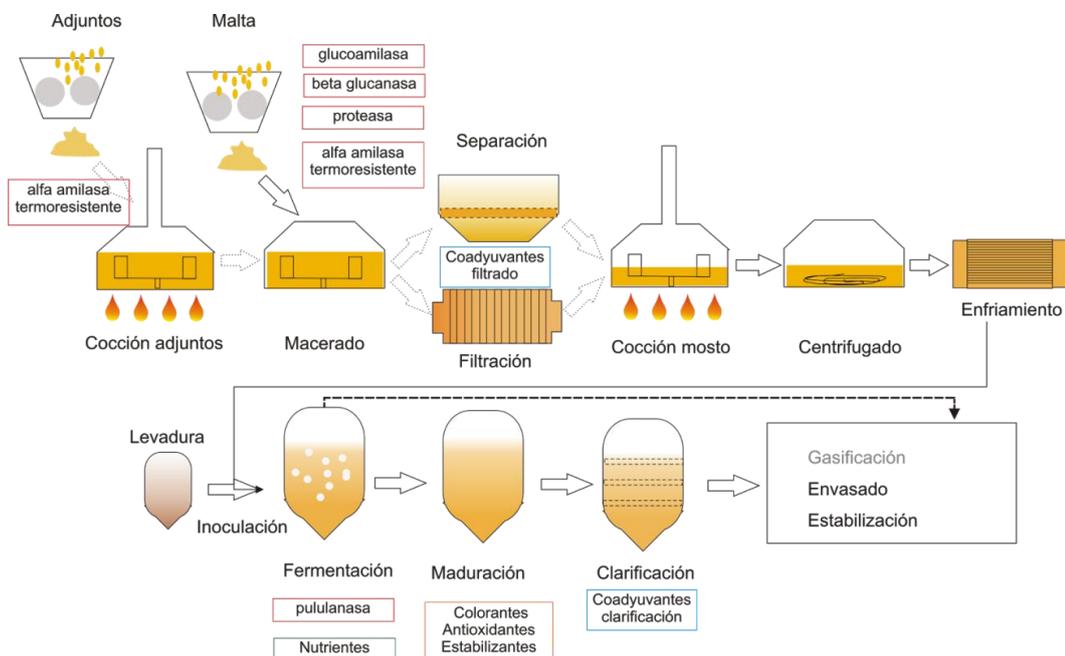
◆ INGREDIENTES

En la elaboración de la cerveza intervienen seis ingredientes básicos:

- ◆ Cereales: Con ellos, y a través del proceso de malteado, se obtiene la malta, el ingrediente base. Se puede usar cualquier cereal que se pueda maltear, es decir, que

posea almidón y sea susceptible de germinar. El cereal más empleado es la cebada, por su alto contenido en almidón.

- ◆ **Agua:** Es otro de los elementos base de la cerveza. Forma parte del proceso de malteado y de la preparación del mosto, así como en algunos filtrados. Aunque parezca poco importante, el agua debe controlarse con sumo cuidado, pues interviene en el sabor característico de cada cerveza.
- ◆ **Lúpulo:** Proveniente de la familia del cannabis, el lúpulo es un ingrediente relativamente reciente. Proporciona un sabor amargo característico, estabiliza la espuma y es responsable de los sabores florales de determinados tipos de cervezas angloamericanas
- ◆ **Levadura:** Es la encargada de transformar los glúcidos y los aminoácidos de los cereales en alcohol etílico y en CO₂ (el gas de la cerveza). Existen dos grandes grupos de cervezas dependiendo del tipo de fermentación. La cerveza Ale, de fermentación alta, asociada a las levaduras flotantes y la cerveza Lager, de fermentación baja, asociada a las levaduras que se van al fondo durante el proceso.
- ◆ **Azúcar:** No se emplea siempre, pero cuando se hace, suele ser para aumentar la cantidad de alcohol en el producto final.



◆ MALTEADO DEL CEREAL

La primera fase de todo el proceso es obtener convertir en azúcares el almidón del grano de cereal, lo cual se consigue a través del malteado. Entre todos los cereales, el más empleado es la

cebada, aunque también es fácil encontrar cervezas elaboradas con trigo o con mezclas de trigo y cebada.

Para ello, una vez seleccionado y remojado, se hace germinar el grano el tiempo justo para que el brote emita una enzima que convierte el almidón en azúcar. En ese instante se interrumpe el germinado y se pasa al secado.

El secado (también conocido como tostado) se realiza en hornos y su objetivo es reducir al mínimo la humedad del cereal. La temperatura del horno, el grado de tostado, afecta al color de la malta (cuanta más alta, más oscura) y éste, a su vez, al color de la cerveza, aunque no es el único factor que interviene.



◆ **OBTENCIÓN DEL MOSTO DE LA CERVEZA**

El siguiente paso del proceso es la maceración de la malta. En grandes recipientes se mezcla la malta con una proporción aproximada de una parte de malta por dos de agua.

Luego se somete la mezcla a diversas etapas de temperatura para activar las diferentes enzimas del cereal, tras las cuales se obtiene un líquido claro y azucarado que recibe el nombre de mosto de cerveza.

Tras la maceración, se somete al mosto a un proceso de filtrado que elimina las diferentes partículas en suspensión que podrían interferir en la fermentación. Luego se debe hervir el mosto durante casi una hora, con el objeto de eliminar las bacterias que hayan ido apareciendo hasta el momento.



Durante la cocción del mosto se añade también el lúpulo, que no sólo le otorga el aroma y amargor tan propio de la cerveza, sino que también ayuda a detener los procesos enzimáticos de la maceración.

Ahora que ya tenemos el mosto listo, pasamos a la parte fría del proceso; la fermentación.

◆ FERMENTACIÓN

Para que la levadura trabaje bien necesita una temperatura adecuada. El proceso suele empezar a temperatura ambiente (18°C) y alcanza los 24°C debido al calor propio de la fermentación.

Las levaduras que se añaden al mosto actúan a alta temperatura (entre 18 y 24°C) en la superficie de la mezcla. A las 24 horas de iniciarse el proceso, se forma una capa de espuma en la superficie. Se quita la cabeza de esta espuma para que respire el líquido mientras que las levaduras van transformando el azúcar en alcohol. Cuando termina de actuar, la levadura cae al fondo del tanque. Es un proceso rápido que suele durar entre 5 y 7 días. Es la llamada fermentación primaria.

A continuación, la mayoría de las cervezas de fermentación alta tienen algún tipo de maduración posterior. Puede ser una maduración en caliente (13-16 °C) de unos pocos días, un almacenamiento en frío o una segunda fermentación en botella o en barrica.

La cerveza se clarifica o filtra para que las levaduras se depositen en el fondo y se traspasa a barricas, tanques de maduración o a botellas para que se produzca una segunda fermentación. A veces se añade azúcar y levaduras para estimular esta segunda fermentación y carbonatación. También se le puede añadir lúpulo para darle más aroma. Esta segunda fermentación en botella, en la que hay todavía levadura, hace que algunas cervezas sigan desarrollando su carácter en la botella y pueda “envejecerse”, dependiendo de su densidad y de las levaduras que contenga.

En general, la cerveza hecha por fermentación y maduración a temperatura alta, debe servirse a unos 12/13 grados, no tan fría como las lager, para poder apreciar todas sus cualidades.

A las cervezas elaboradas por fermentación alta se les conoce como ale. Al ser un término inglés, esta palabra se utiliza sobre todo en países de habla inglesa, como el Reino Unido, Irlanda, Estados Unidos y Canadá. En Bélgica, aunque muchas de las cervezas especiales son de fermentación alta, no se les suele llamar así, sino que se conocen por distintos nombres según la especialidad de que se trate.

En general, las cervezas hechas por fermentación alta son más afrutadas que las lager ya que las levaduras que se utilizan no convierten todo el azúcar del mosto en alcohol.

◆ ACABADO

Una vez acabado el proceso de maduración, y antes de ser envasada, la cerveza puede filtrarse parcial o totalmente para eliminar los residuos sólidos que pueda tener, después se embotella o se pone en barril.



Las cervezas que hayan tenido una segunda fermentación en la botella pueden contener en el fondo de la misma un depósito de levadura o sedimento. Para no enturbiar la cerveza, habrá que tener cuidado al servirla. Este sedimento no sólo no es perjudicial sino que es señal de una buena cerveza que ha tenido una maduración posterior.

8.3. ANÁLISIS DE LE LAS OPERACIONES CON IMPACTO AMBIENTAL

En este apartado se analizan los principales efectos medioambientales en cada uno de los procesos productivos estudiados, así como las operaciones que verdaderamente son responsables del impacto medioambiental producido por el conjunto.

Los principales efectos medioambientales de las industrias del sector se localizan en unas pocas operaciones básicas que son comunes a la mayoría de los procesos. Dichos efectos son:

- ◆ Consumo de agua: Este tipo de industrias consumen grandes volúmenes de agua, fundamentalmente en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones y las operaciones de envasado. También es importante el agua que se incorpora al producto (el 95% del peso de la cerveza es agua que se añade durante el proceso de elaboración). En función del grado de optimización de las limpiezas, la necesidad o no de preparar el agua de proceso, el porcentaje de envases retornables utilizados o el tamaño de la planta, los consumos de agua pueden oscilar entre 4.5 y 10 Hl de agua/Hl cerveza
- ◆ Consumo de energía: Los consumos energéticos relacionados con el proceso de elaboración de la cerveza, se producen en forma de calor, vapor, agua caliente y electricidad. En las industrias del sector la repercusión de la energía en los costes de fabricación se sitúa como promedio en torno al 5%. Este consumo se reparte generalmente en 75% de energía térmica

y 25% de energía eléctrica. La preparación del mosto es la fase en la que se produce el mayor consumo de energía térmica (40 al 50% del total), mientras que la refrigeración, principalmente en la etapa de fermentación y bodega, consume entre el 30 y 40% de la energía eléctrica.

DISTRIBUCIÓN DEL CONSUMO ELÉCTRICO	
ETAPA DEL PROCESO	% RESPECTO AL CONSUMO TOTAL
Fabricación	9 – 17 %
Envasado	13 – 22 %
Refrigeración	35 – 41 %
Aire comprimido	11 – 13 %

Tabla 5. Distribución del consumo eléctrico dentro del proceso productivo. Fuente: Informes IDAE: Indicadores Energéticos, Sector de Fabricación de Cerveza)

- ♦ Vertido de aguas residuales: En la industria cervecera se produce un gran volumen de aguas residuales, especialmente en las operaciones de limpieza y envasado. El vertido de aguas residuales puede representar el 65-80% del total del agua consumida. Estas aguas residuales presentan una carga orgánica elevada y fácilmente biodegradable, sólidos en suspensión y vertidos puntuales de limpieza y vaciado de los baños de la lavadora de botellas con pH fuertemente alcalinos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS DE LIMPIEZA		
ETAPAS	PARÁMETROS	ASPECTOS A CONTROLAR
Cervecería	DBO, SS, Ph	Eliminación del turbio antes de las limpiezas
Fermentación	DQO, DBO, SS, Ph	Separación de las levaduras y cerveza residual
Envasado	pH, SS, Sólidos gruesos, conductividad, DQO	Optimización del baño de sosa de las lavadoras de botellas retornbles. Eliminación de restos de producto en los envases de la limpieza

Tabla 6. Características principales de las aguas de limpieza de las etapas de proceso. Fuente: Energía en fábricas de cerveza y malta.

Las características de las aguas residuales generadas dependen en gran medida del grado de optimización en el consumo de agua y de la gestión dada a los residuos.

- ◆ **Residuos sólidos:** La mayor parte de los residuos generados en las cervecerías son de carácter orgánico (bagazos, levaduras y fangos de depuradora), que pueden ser considerados como subproductos ya que pueden ser valorizados por otras industrias (alimentación humana, alimentación animal, farmacia) o para utilización agrícola como abono orgánico. Dado el valor comercial de los residuos sólidos generados en el proceso de producción y la elevadísima DBO que presentan, es recomendable minimizar el vertido de éstos junto a las aguas residuales. También se generan cantidades elevadas de residuos de envase (vidrio, cartón, plásticos, metálicos), derivados de las operaciones de recepción de materia prima y envasado

Los residuos peligrosos generados durante el mantenimiento de las instalaciones (aceites usados, grasas, tubos fluorescentes, baterías, residuos de envase peligrosos, etc.) son comunes a los generados en cualquier otra actividad y su gestión debe ser la adecuada. Como aproximación, se dan a continuación unos valores de referencia de generación de residuos:

GENERACIÓN DE RESIDUOS EN LA INDUSTRIA CERVEZERA			
GRUPO	RESIDUO	OPERACIÓN DONDE SE GENERA	CANTIDAD APROX. GENERADA
Residuos orgánicos	Bagazo	Filtración tras la maceración	20 kg/Hl cerveza (con un 80% de humedad)
	Levaduras	Fermentación y guarda	0.64 kg/Hl cerveza (con un 97% de humedad)
	Fangos de depuradora	Tratamiento de aguas residuales	Variable en función de la carga contaminante y el tratamiento de depuración
	Tierra de Diatomeas	Filtrado de la cerveza	0.14 – 0.25 kg/Hl cerveza
Residuos asimilables a urbanos	Basura general	Comedor, papeleras, etc.	
	Restos de papel y cartón	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Plásticos	Envasado y limpieza de instalaciones	
	Restos metálicos	Mantenimiento de las instalaciones	0,04 - 0,11 kg/Hl cerveza
	Vidrio	Envasado	0,5 - 0,7 kg/Hl cerveza
Residuos peligrosos	Envases usados	Limpieza y mantenimiento	
	Aceites usados	Mantenimiento	
	Resto	Limpieza, mantenimiento y depuración de aguas residuales	

Tabla 7. Generación de residuos de la industria cervecera y clasificación por tipo. Fuente: Energía en fábricas de cerveza y malta.

- ◆ **Emisiones a la atmósfera:** Las emisiones a la atmósfera que se pueden producir en este tipo de actividad son:
 - Gases de combustión (CO₂, NO_x, SO_x, Partículas). Dependen mucho del tipo de combustible utilizado (fuel, gas natural,..)
 - Partículas en las operaciones de recepción y transporte de la malta
 - Vahos de vapor de agua y compuestos volátiles durante la cocción (hasta un 10% del volumen de mosto)
 - CO₂ y compuestos volátiles durante fermentación y maduración de la cerveza en el caso de que no se recuperen (3.2-3.3 kg CO₂/Hl de cerveza)
 - Fugas eventuales de fluido refrigerante (NH₃, CFC,...)

- ◆ **Olores:** El olor característico de las cervecerías se genera en las fases de cocción y fermentación o en la estación depuradora de aguas residuales. También pueden generarse olores puntuales debido a almacenamientos inadecuados de los sólidos (bagazos, levaduras, fangos de depuradora) en el exterior de las instalaciones.

- ◆ **Ruido:** En función de la cercanía de las instalaciones a núcleos urbanos, pueden presentarse problemas por el ruido que se produce en algunas operaciones, principalmente en el envasado, y en algunos equipos como los de generación de frío. Otro aspecto importante es el ruido provocado por el tráfico de camiones, ya que se produce de forma continua durante todo el día.

En el siguiente cuadro se muestra de forma resumida los efectos contaminantes más destacables de cada una de las etapas de elaboración de la cerveza y su valoración, así como su grado de impacto.

EFECTO DE LOS CONTAMINANTES DE CADA ETAPA		
OPERACIÓN BÁSICA	EFECTO	ORDEN
Recepción y almacenamiento de materia prima	Polvo	1º
Molienda	Consumo de energía	2º
	Polvo	2º
	Consumo de agua	NS
	Vertido	NS
Maceración	Consumo de energía	1º
	Consumo de agua	NS

Filtrado	Residuos sólidos	1°
	Vertido (lixiviado del bagazo)	2°
	Consumo de agua	NS
Cocción	Consumo de energía	1°
	Emisión a la atmósfera de vapor de agua	1°
	Olores	2° (*)
Clarificación	Eliminación del turbio	1° (**)
Enfriamiento del mosto	Consumo de energía	1°
	Consumo de agua	2°
	Vertido	NS
Fermentación	Consumo de energía	1°
	Emisión de CO ₂	1°
Separación de levaduras	Residuos sólidos (levaduras)	1°
	Vertido (lixiviados)	2°
Maduración	Consumo de energía	1°
	Vertido lixiviados	1°
Centrifugación y/o Filtrado o abrillantado	Residuos de levaduras	2°
	Residuos sólidos	1°
Estabilización microbiológica	Consumo de energía	2°
	Vertido de aguas residuales	1°
	Carga contaminante del vertido	2°
Envasado	Consumo de energía eléctrica	2°
	Residuos sólidos y residuos de envases	2°

Tabla 8. Efecto de los contaminantes de cada etapa del proceso de producción de la cerveza.

Fuente: Energía en fábricas de cerveza y malta.

(*) De 1° en el caso de cercanía a núcleos urbanos.

(**) De 1° en el caso de que no se reintroduzca en etapas anteriores del proceso.

(**) En el caso de que el consumo de CO₂ sea externo, es decir, distinto al producido durante la fermentación.

EFECTO DE LOS CONTAMINANTES DE LAS OPERACIONES AUXILIARES		
OPERACIONES AUXILIARES	EFECTO	ORDEN
Preparación de agua de proceso(*)	Consumo de energía	1º
	Vertidos (pH elevado, CE,...)	1º
	Consumo de productos químicos	2º
Acondicionamiento de envases	Consumo de agua	1º
	Vertidos (pH elevado, SS, DQO,...)	1º
	Consumo de energía	2º
	Consumo de productos químicos	2º
Limpieza de equipos	Consumo de agua	1º
	Vertido (carga orgánica, pH, SS, T ^a)	1º
	Consumo de productos químicos	1º
Limpieza y mantenimiento de instalaciones	Consumo de energía térmica	2º
	Consumo de agua	1º
	Vertidos con elevada carga orgánica, productos de limpieza y desinfección y restos de residuos no orgánicos.	1º
	Residuos sólidos (Restos de envases de vidrio y hojalata, envases usados, residuos peligrosos...)	1º
Recuperación y acondicionamiento de CO ₂ (*)	Consumo de energía	2º
	Consumo de agua	2º

Tabla 9. Efectos contaminantes de las operaciones auxiliares al proceso de producción de la cerveza. Fuente: Energía en fábricas de cerveza y malta.

(*) En el caso de que la operación se realice en las instalaciones de la empresa.

8.4. USOS DEL AGUA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS AGUAS RESIDUALES

El agua, tal y como ha podido apreciarse en el apartados anteriores, además de formar parte del producto final (aproximadamente el 95% de la cerveza es agua), se emplea en diversas etapas de su fabricación. Concretamente, según se indica en la Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) en España del Sector Cerveceros 2015, editada por el Ministerio de Medio Ambiente, el agua se consume en :

- ◆ Limpieza de equipos e instalaciones,
- ◆ Circuitos de refrigeración y calderas.
- ◆ Envasado.
- ◆ Sanitarias.

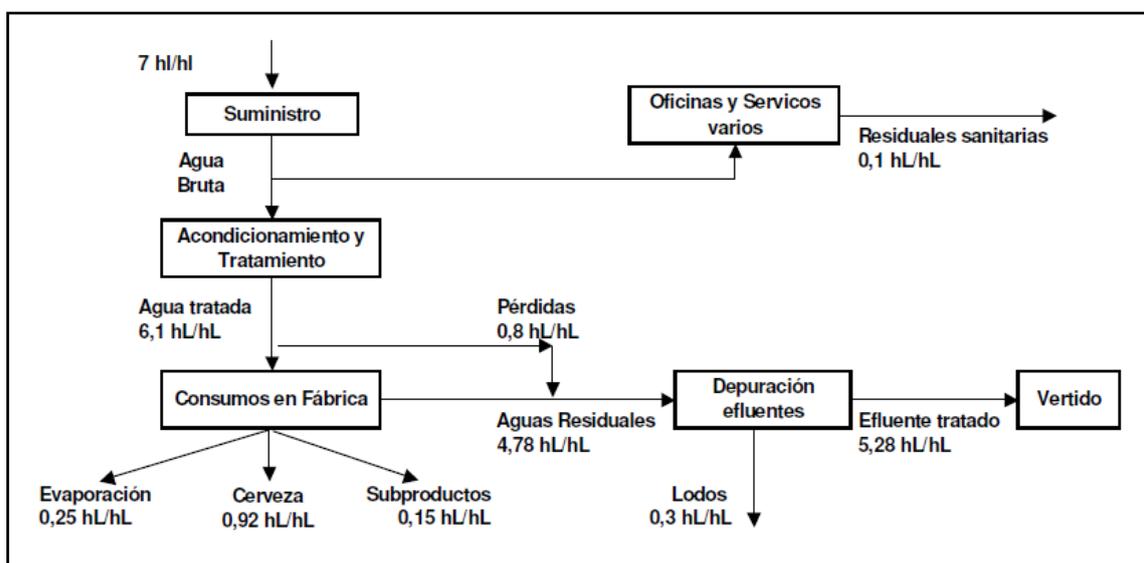
La calidad del agua empleada en la elaboración del mosto es un factor importante para determinar la calidad de la cerveza elaborada, dando las características del agua un sello específico a las cervezas.

El mayor consumo de agua se suele producir en las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones. En la línea de envasado se dan elevados consumos de agua en el acondicionamiento de los envases reutilizables, los túneles de pasteurización y la lubricación de las cintas de transporte en las líneas de envasado.

Mención aparte merece el agua utilizada en la operación de enfriamiento del mosto antes de introducirlo en los tanques de fermentación. Esta sencilla y rápida operación suele consumir por sí misma, al menos, tanta agua como mosto se produce en la instalación. Sin embargo, las condiciones favorables del agua de enfriamiento a la salida del intercambiador de calor, unido a la importante ganancia de temperatura que experimenta el agua de enfriamiento, la hace idónea para ser recuperada y reutilizada en otras partes del proceso productivo.

Según la GMTD, en las instalaciones españolas el consumo total de agua es de 4,4-8,6 hl/hl. Estos valores incluyen el volumen total de agua de cualquier procedencia y destinada a cualquier uso, desde la preparación de agua para incorporación a producto (en los casos que sea necesario) hasta la utilizada para baldeos de limpieza o preparación de soluciones de limpieza CIP.

El consumo medio de agua de la fábrica de Heineken en Valencia, es de unos 7 hl/ hl de cerveza producida, distribuidas de la siguiente forma:



Estos consumos por cada centro de actividad, serían los siguientes:

% CONSUMO DE AGUA POR PROCESO	
PROCESO/ACTIVIDAD	% CONSUMO AGUA
Envasado	34
Cocimiento	20
Maltería	18
Bodegas	16
Servicios Generales	12

Tabla 10. % de consumo de agua en cada proceso en la fábrica de Heineken de Valencia. Fuente: Departamento de ingeniería y medio ambiente de la fábrica de Valencia de Heineken.

El volumen de agua residual que se genera en las instalaciones cerveceras corresponde al total consumido menos el incorporado al producto final, el que se evapora en las operaciones de producción y servicios auxiliares y la que queda absorbida en la matriz sólida de los residuos generados. Las aguas residuales de cervecería provienen, tal y como se ha indicado, tanto de la fabricación de malta y cerveza, como de los lavados y limpieza de equipos, instalaciones y envases.

Según la de Mejores Técnicas Disponibles, el volumen total de agua residual vertida en los centros productivos españoles oscila entre 2,5- 7,2 hl/hl. Este amplio rango de emisión está relacionado directamente con el nivel de consumo de agua y con la eficiencia de la gestión que cada fábrica hace de este recurso.

El volumen total del agua residual producida proviene principalmente de las operaciones de limpieza de equipos e instalaciones, siendo a la vez la corriente que normalmente aporta mayor carga contaminante, ya que las soluciones de limpieza además de contener diversas sustancias químicas como agentes de limpieza y desinfección, entran en contacto directo con la superficie de equipos, conductos y depósitos que han transportado o contenido mosto, cerveza o materias primas, incrementando así la carga contaminante.

Estas aguas residuales se caracterizan por una carga orgánica elevada, pH variable y concentraciones apreciables de sólidos en suspensión. El contenido en nitrógeno total suele ser alto, como consecuencia de los aportes de levadura a las aguas residuales

Respecto al efluente que se genera en la planta de acondicionamiento de agua de proceso, es muy difícil valorar en conjunto las características del vertido, ya que depende fuertemente de la composición del agua a la entrada y del sistema de acondicionamiento empleado, columnas de intercambio iónico, sistemas de ósmosis inversa o electrodiálisis para garantizar la composición constante del agua de proceso, que pueden verter corrientes de rechazo o de regeneración de resinas importantes, tanto en volumen como en carga inorgánica, originada por la concentración alta de sales

En la Guía de Mejores Técnicas Disponibles se indican los siguientes valores típicos de parámetros contaminantes, expresados en kg/hl de cerveza envasada.

VALORES TÍPICOS DE PARÁMETROS CONTAMINANTES (kg/hl cerveza)					
	DQ	SS	NT	P	CL
Antes de depuración	0,5 – 2,9	0,06 – 0,28	0,01 – 0,06	0,0, - 0,1	0,06 – 0,2
Después de depuración	0,02 – 0,42	0,005 – 0,17	0,0026 – 0,031	0,0011 – 0,009	0,026 – 0,34

Tabla 11. % de consumo de agua en cada proceso en la fábrica de Heineken de Valencia. Fuente: Guía de Mejores Técnicas Disponibles (GMTD) en España del Sector Cervecerero.

Los diferentes sistemas de depuración de que disponen las cerveceras y el modo en que son operados también es un factor de variabilidad importante como se desprende de los datos de la tabla anterior. Los distintos límites de vertido impuestos a las diferentes instalaciones en función del punto de vertido final y de la legislación en materia de aguas residuales que afecta a cada municipio o comunidad autónoma, influyen en los rendimientos de las depuradoras.

Los vertidos de las cerveceras presentan una gran discontinuidad diaria tanto en su caudal como en su composición, fundamentalmente originada por la zona de la instalación. Al igual que en las bodegas, influyen notablemente factores como el elemento que se esté lavando, la fase del lavado en que se tome la muestra, los productos de limpieza, el caudal que se mezcle con el vertido antes de su llegada al alcantarillado, la importancia de los derrames, etc.

La producción de cerveza está también muy influenciada por la época del año, elaborándose mucho más a finales de primavera y el verano, factor que ocasiona cambios tanto en la cantidad de agua a depurar como en las propiedades de la misma. Los fines de semana se suele parar la actividad, aunque quedan caudales residuales de refrigeración. Por las noches también suele pararse el envasado y parte de la elaboración, salvo en las épocas de mayor demanda.

8.4.2. TRATAMIENTO DE LAS AGUAS RESIDUALES

Una vez conocido como funciona la Industria Cervecera, que impactos ambientales tiene y qué tipo de residuos genera analizaremos el tipo de tratamiento del agua sería el más adecuado para una EDAR de una industria cervecera

En función de la calidad del agua que se exija al vertido de la depuradora, que a su vez depende si va a cauce o a alcantarillado que lo conduce a otra instalación de depuración, puede realizarse un tipo de tratamiento u otro.

Cuando se requieren elevados rendimientos de depuración, normalmente la mejor tecnología disponible es una combinación de una etapa anaerobia a la que continua una aerobia, conforme al esquema siguiente:

- ◆ Línea de agua: Desbaste (tamizado), homogeneización (a veces acompañada de neutralización), decantación, ajuste de pH, digestión anaerobia, tratamiento aeróbico (lodos activados) y decantación secundaria.
- ◆ Línea de lodos: Espesamiento y deshidratación.

Dada las altas concentraciones de materia orgánica fácilmente biodegradable que tienen estos vertidos, es recomendable el empleo de un sistema anaerobio previo al aerobio, ya que el anaerobio suele conllevar una serie de ventajas para el sistema aerobio:

- ◆ Al disponer de un sistema anaerobio que elimina el 70-80% de la materia orgánica (DQO), el sistema aerobio no se encuentra sobrecargado.

- ◆ La fracción fácilmente biodegradable del agua residual ha sido eliminada por el sistema anaerobio, por lo que desaparece el fenómeno del bulking. Se produce una espectacular disminución del IVF.
- ◆ El sistema aerobio no requiere el mismo grado de atención, y el control sobre los parámetros de operación (por ejemplo F/M, O.D., SSVLM, etc.) no son esenciales.
- ◆ No suele ser necesaria la adición de nutrientes: Los sistemas anaerobios requieren menos nutrientes (relación DBO₅:NTK:P del orden de 1000–350 : 5 : 1) y eliminan cerca del 80% de la materia orgánica, por lo que es difícil que exista posteriormente déficit de nutrientes en el sistema aerobio.
- ◆ Disminuye la cantidad de fangos producidos por el sistema aerobio y además están más estabilizados.

Los inconvenientes más relevantes que aparecen tras la incorporación del sistema anaerobio son:

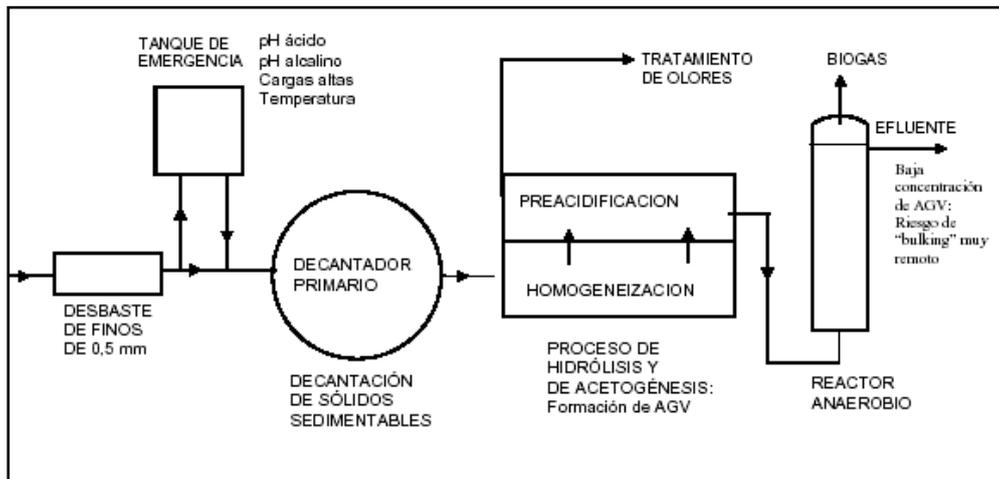
- ◆ Requiere un mayor control del pH
- ◆ Requiere un mayor control de las cargas orgánicas que le llegan.
- ◆ La pérdida de biomasa debido a un exceso de carga orgánica (acidificación del reactor) a pH excesivamente ácidos o alcalinos, o a un shock tóxico, son irreversibles y requiere arrancar de nuevo el reactor con aporte externo de fango granular anaerobio.

Las diferencias más importantes entre los sistemas aerobios y los anaerobios están recogidas en la siguiente Tabla.

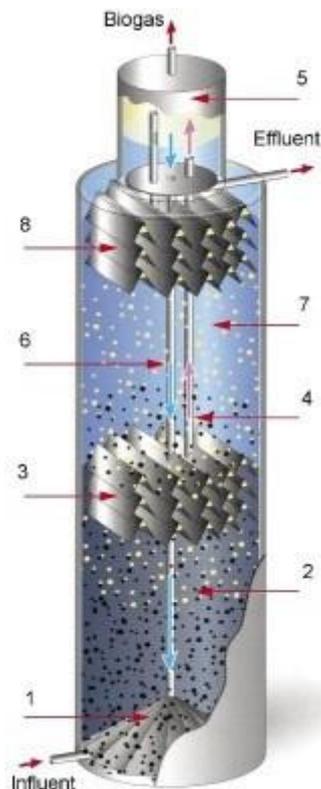
DIFERENCIAS ENTRE LOS SISTEMAS AEROBIOS Y ANAEROBIOS		
PARÁMETRO	AEROBIO	ANAEROBIO
DQO entrada	< 1.500 mg O ₂ /L	> 1.500 mg O ₂ /L
Estado de la biomasa	Floculenta	Granular
Formación de biomasa	0,7 Kg/Kg DQO eliminada	<0,02 Kg/Kg DQO eliminada
Carga volumétrica	0,3 – 0,7 Kg/m ³ ·d	10 – 30 Kg/m ³ · d
Carga másica	0,2 – 0,5 Kg/Kg SSV·d	0,5 - 1 Kg/Kg SSV·d
Relación DBO/N/P	100/5/1	1.000 - 350/5/1
Rendimiento	90-95%	80-85%
Formación de biogás	No	Si
Superficie requerida	Grande	Pequeña
Control de pH	Según los casos	Imprescindible
Parada de un reactor	Obliga a vaciar y arrancar de nuevo si es por cierto tiempo	La biomasa puede permanecer parada durante meses
Arranque del reactor	Rápida sin necesidad de aporte de biomasa externa	Lenta y requiere aporte de biomasa externa

Tabla 12. Comparativa entre los sistemas Anaerobios y aerobios.

La configuración básica del sistema anaerobio se encuentra representada en la siguiente figura:



Existen distintos tipos de sistemas anaerobios para el tratamiento de aguas residuales, siendo el más extendido en las cerveceras el tipo UASB (upflow anaerobic sludge blanket), siendo el sistema anaerobio de recirculación interna (BIOPAQ-IC) uno de los más avanzados y de mayor implantación.



El digestor es un tanque vertical, con una altura entre 16 y 28 metros y una anchura entre 1,5 y 15 metros. El afluente es bombeado en el fondo del reactor utilizando un sistema de distribución, y se mezcla con la biomasa granular anaerobia (1). En el compartimiento inferior del reactor (2) la mayoría de los componentes orgánicos son convertidos en biogás que se recoge en la fase de separación de nivel inferior (3). Esto genera un "gas lift", que fuerza hacia arriba por el elevador (4) el líquido hacia el separador de la parte superior del reactor (5). El biogás sale del reactor a través de este separador, y el agua vuelve a través del conducto descendente (6) de nuevo a la parte inferior del sistema, de ahí el nombre, de circulación interna. Básicamente consiste en dos reactores UASB colocados uno encima del otro, En conjunto, la carga volumétrica en un reactor IC puede ser de 20-30.kg.DQO/m³.

9. DESCRIPCIÓN DE LA EDAR DE LA FÁBRICA DE HEINEKEN DE VALENCIA

La estación depuradora de la fábrica de Heineken está situada dos kilómetros al este de la fábrica y están conectadas mediante un canal. Esta EDAR solo gestiona los residuos procedentes de la fábrica de cerveza. La gestión y explotación de esta planta la lleva a cabo la empresa CADAGUA.



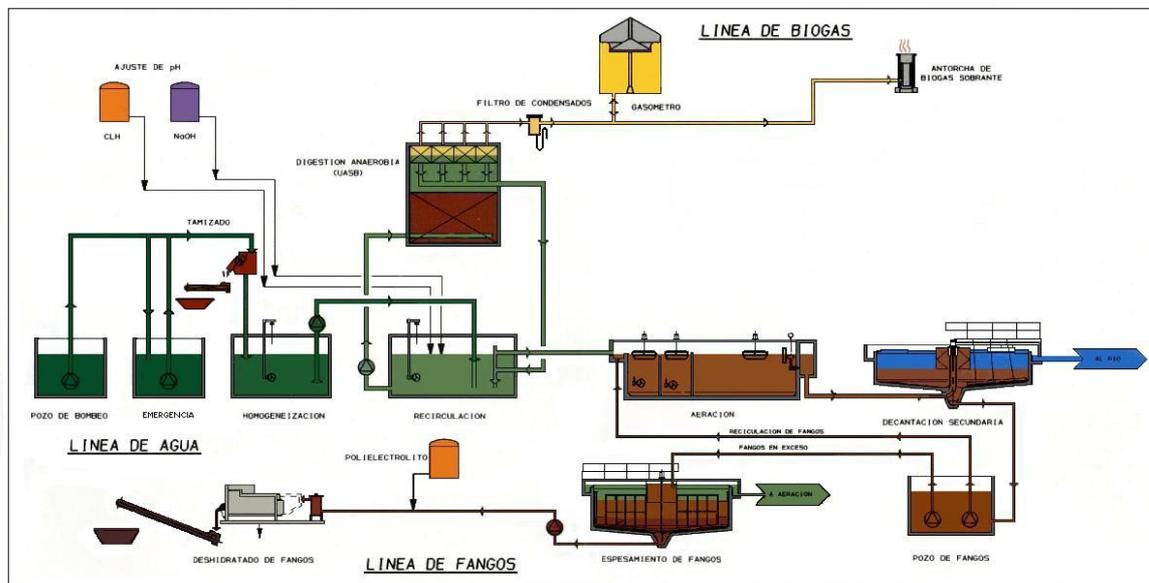
El agua procedente de la fábrica al llegar a la depuradora es bombeada y pasa por unos tamices. Antes de entrar en el proceso de depuración la planta cuenta con una balsa de homogenización en la entrada para poder controlar el pH y la conductividad, ya que hay vertidos puntuales con



cargas elevadas de Sosa Caustica procedente de las limpiezas en las distintas líneas de envasado.

Una vez estabilizado el efluente entra en el digester anaerobio UASB, diferenciado en dos unidades. La línea de agua también cuenta con dos balsas de aireación y dos decantadores secundarios.

El agua que sale de los decantadores secundarios es vertida al río, realizándose siempre los controles rutinarios pertinentes para asegurar que todos los parámetros del efluente cumplen los requisitos de vertido.



Los fangos procedentes del decantador pasan a la línea de fangos, que cuenta con un espesador de fangos, polielectrolito y finalmente un deshidratador. Los fangos obtenidos se venden para uso agrícola.

La EDAR de Heineken trata aproximadamente 530.000 m³ en un año, lo supone un caudal diario medio de 1.500 m³/día. Aunque esta sea la media anual, durante el año la depuradora sufre grandes variaciones, ya que la producción de cerveza es variable durante el año. En el periodo de verano la producción se triplica, lo que implica un cambio brusco en la entrada de agua a la EDAR, pero siempre controlado por la balsa de homogenización. El mes donde el caudal es más elevado es Junio, se tratan alrededor de 1.800m³/día, y el mes que menos es enero, con una media de 1.200 m³/día (Datos de 2015 facilitados por CADAGUA).

A continuación expondremos los valores medios de los parámetros más importantes de una Depuradora Industrial, para conocer en que cifras trabajan. Los parámetros que afecten a la producción de biogás serán utilizados para realizar el diseño de nuestra propuesta.

Todos estos datos han sido facilitados por la empresa CADAGUA, corresponden a los valores medios anuales del año natural 2015.

1.- DATOS GENERALES

		MEDIA ANUAL 2015
Nº días del mes	días	30
Caudal diario (proceso completo)	m ³ /día	1.448

Destino fangos

pH vertido final río	ud. pH	8,05
Sólidos sedimentables vertido final río	mL / L	0,00

SS influente	mg/L	498
SS entrada a balsas	mg/L	549
SS agua tratada	mg/L	20
SS vertido final río	mg/L	17

DBO5 influente	mg/L	1.864
DBO5 entrada a balsas	mg/L	530
DBO5 agua tratada	mg/L	7
DBO5 vertido final río	mg/L	5

DQO influente	mg/L	3.170
DQO salida homogeneización	mg/L	3.128
DQO entrada a balsas	mg/L	1.112
DQO agua tratada	mg/L	66
DQO vertido final río	mg/L	47

Nt influente	mg/L	66,55
Nt entrada a balsas	mg/L	72,52
Nt agua tratada	mg/L	8,78
Nt vertido final río	mg/L	9,70

Pt influente	mg/L	12,15
Pt entrada a balsas	mg/L	12,23
Pt agua tratada	mg/L	1,71
Pt vertido final río	mg/L	1,52

Rendimiento eliminación SS total	%	94,99
Rendimiento eliminación DBO5 total	%	98,70
Rendimiento eliminación DQO total	%	93,82
Rendimiento eliminación Nt total	%	85,25
Rendimiento eliminación Pt total	%	85,45

Rendimiento eliminación SS total	%	93,81
Rendimiento eliminación DBO5 total	%	99,60
Rendimiento eliminación DQO total	%	97,66
Rendimiento eliminación Nt total	%	85,55
Rendimiento eliminación Pt total	%	84,80

Rendimiento eliminación DQO total	%	97,77
Rendimiento eliminación DQO total	%	98,46

Rendimiento eliminación SS total	%	95,66
Rendimiento eliminación DBO5 total	%	99,71
Rendimiento eliminación DQO total	%	98,32
Rendimiento eliminación Nt tota	%	84,12
Rendimiento eliminación Pt tota	%	86,69

2.- TRATAMIENTO UASB (Sistema anaeróbico de flujo ascendente)

Digestor 1

Caudal tratado	m ³	642,90
Caudal medio horario (24 horas)	m ³ /h	26,79
Tiempo de retención hidráulico (media diaria)	h	242,02
Temperatura en digestor 1	°C	29,89
SS influente a digestor 1	mg/L	539,93
SS efluente de digestor 1	mg/L	381,16
DBO5 influente a digestor 1	mg/L	998,58
DBO5 efluente de digestor 1	mg/L	239,62
DQO influente a digestor 1	mg/L	1.897,30
DQO efluente de digestor 1	mg/L	503,20
Kg DQO alimentados al digestor 1	Kg	1.250,11
Kg DQO eliminados por el digestor 1	Kg	1.983,53
Rendimiento eliminación SS dig. 1	%	22,66
Rendimiento eliminación DBO5 dig. 1	%	74,27
Rendimiento eliminación DQO dig. 1	%	71,57
Caudal biogás digestor 1	m ³ /h	47,21

Digestor 2

Caudal tratado	m ³	1.372,35
Caudal tratado (media diaria)	m ³ /h	57,18
Tiempo de retención hidráulico	h	131,73
Temperatura en digestor 2	°C	30,81
SS influente a digestor 2	mg/L	539,93

SS efluente de digestor 2	mg/L	435,90
DBO5 influente a digestor 2	mg/L	998,58
DBO5 efluente de digestor 2	mg/L	264,71
DQO influente a digestor 2	mg/L	1.897,30
DQO efluente de digestor 2	mg/L	555,88
Kg DQO alimentados al digestor 2	Kg	3.879,53
Kg DQO eliminados por el digestor 2	Kg	3.348,44
Rendimiento eliminación SS dig. 2	%	19,26
Rendimiento eliminación DBO5 dig. 2	%	73,50
Rendimiento eliminación DQO dig. 2	%	70,72
Caudal biogás digestor 2	m ³ /h	61,07

DQO entrada a balsas	mg/L	1.112
DBO5 entrada a balsas	mg/L	530
SS entrada a balsas	mg/L	549
Nt entrada a balsas	mg/L	72,52
Pt entrada a balsas	mg/L	12,23

3.- TRATAMIENTO SECUNDARIO

Balsa de aireación 1

Caudal a balsa 1	m ³ /día	1.447,94
Carga DQO entrada a balsa 1	Kg DQO/día	2.240,11
DQO eliminada	Kg DQO/día	2.109,37
DBO5 entrada a balsas	mg/L	529,59
DBO5 salida balsa 1 (agua tratada)	mg/L	6,60
Carga DBO5 entrada a balsa 1	Kg DBO5/día	1.066,72
DBO5 eliminada	Kg DBO5/día	1.053,64
Caudal de recirculación	m ³ /día	4.706,46
Q recirculación / Q tratado	%	28,41
Caudal fangos en exceso (purga)	m ³ /día	179,09
SS fangos en exceso	mg/L	7.600,69
Volumen unitario reactor	m ³	3.000,00
Tiempo de retención hidráulico	h	0,02
SSLM	mg/L	6.696,36
SSVLM	%	50,10
V-30	mL/L	344,58
Índice de Mohlman - IVF	mL/g	50,28
Carga másica	Kg DBO5/(Kg SSLM*día)	0,06
Carga volúmica	(Kg DBO5/día)/m ³	0,36
Edad del fango	días	635.964,35

4.- DECANTACI3N SECUNDARIA

Decantador 1

Tiempo de retenci3n hidr3ulico	h	422,42
SS fango en exceso	mg/L	7.634,39
Carga sobre vertedero	m ³ /(m ² *h)	0,40
Carga de s3lidos	Kg SS/(m ² *h)	14,04

Decantador 2

Tiempo de retenci3n hidr3ulico	h	422,42
SS fango en exceso	mg/L	7.600,69
Carga sobre vertedero	m ³ /(m ² *h)	0,40
Carga de s3lidos	Kg SS/(m ² *h)	13,82

5.- ESPESADO POR GRAVEDAD

Caudal diario fango a espesado	m ³ /d3a	179,09
Carga hidr3ulica	m ³ /(m ² *h)	0,06
Tiempo de retenci3n hidr3ulico	h	224,22

6.- CONSUMOS ENERGÉTICOS

Consumo energ3a ACTIVA	kWh/d3a	2205,78
Consumo energ3a REACTIVA	kVArh/d3a	437,34
Ratio energ3a/DQO eliminada	kWh/Kg DQO elim.	0,0053
Ratio energ3a/caudal tratado	kWh/m ³ agua tratada	1,56

10. ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA, DESCRIPCIÓN Y PRESUPUESTO

10.1. ELECCIÓN DE LA MEJOR ALTERNATIVA

Una vez estudiadas las distintas posibilidades de aprovechamiento del Biogás obtenido de un digestor anaerobio y conociendo de las características del reactor anaerobio de la depuradora de la fábrica de Heineken de Valencia y el caudal de biogás medio producido ($108\text{m}^3/\text{h}$) consideramos que las opciones que de adecuan más son:

- 1- La instalación de una microturbina que pueda generar la electricidad suficiente para abastecer toda la Estación depuradora.
- 2- Inyectar el Biogás producido en la red de gas natural para trasportarlo hasta las calderas de la fábrica.

Como se ha comentado en los antecedentes, conociendo la política de inversiones de la empresa, la opción de instalar una microturbina se descarta, ya que el biogás necesitaría pasar por un proceso de lavado previo y la inversión de este equipo junto con la de la microturbina eleva el periodo de retorno demasiado para las exigencias de la empresa. También la opción de generar energía eléctrica para la depuradora es menos atractiva que la de reducir el consumo de gas natural del mercado.

Por eso, conociendo las cantidades medias anuales generadas y sabiendo que en ambos casos es necesario realizar una limpieza previa del biogás, consideramos que la medida más adecuada para que la empresa valore seriamente valorizar el biogás es inyectarlo en la red de gas de la fábrica para ser quemado en las calderas de cocción por las siguientes razones:

- 1- Existe una red de tuberías construida en 2012 para el transporte del gas, es decir no es necesario realizar una obra para transportar el gas hasta la fábrica.
- 2- Los consumos de gas de la fábrica son muy elevados y con la inyección del biogás obtenido en la depuradora a la red de gas, se reducirían considerablemente.
- 3- Medioambientalmente consideramos significativo reducir el consumo de gas natural que producir energía para abastecer a la planta depuradora.
- 4- La reutilización de un residuo propio como materia prima para el proceso de elaboración de la cerveza daría a Heineken como empresa y a la fábrica de Valencia, una imagen de compromiso con el medio ambiente, cosa que cada vez es más valorada por el cliente.
- 5- Como veremos más adelante la inversión no es muy elevada y tendría un periodo de retorno muy corto, sería una medida muy adecuada para la empresa ya que los beneficios económicos serían muy importantes a corto-medio plazo.

Por todo esto se propone la instalación de un equipo de lavado del biogás producido en el digestor de la estación depuradora para su posterior traslado e inyección en la red de gas de la fábrica.

10.2. DESCRIPCIÓN DE LA ALTERNATIVA PROPUESTA

En la presente propuesta se detalla el suministro de equipos mecánicos, eléctricos e instrumentación para la puesta en marcha de la planta de lavado biogás procedente de los reactores anaerobios UASB de la planta Depuradora de Aguas Residuales de Heineken de Valencia.

La propuesta consiste en aprovechar el biogás disponible quemándolo en las calderas disponibles en fábrica, para lo cual se hace necesario lavar el biogás previamente, debido a su alta concentración en H_2S . Para eliminar el sulfhídrico se puede optar bien por un lavado biológico o por un lavado químico, para este caso en concreto se propone un lavado biológico THIOPAQ de la empresa PAQUES.

Como hemos comentado, existen dos opciones técnicamente probadas para lavar el biogás. Una de ellas es el lavado biológico y la otra es el lavado químico con sosa. Para los caudales y las concentraciones de H_2S que presenta la fábrica de Heineken de Valencia, la justificación principal de seleccionar el lavado biológico son los altos costos de explotación que conlleva el lavado químico, que compensan las diferencias de inversión.

Si tenemos en consideración la capacidad de la planta depuradora existente y considerando las grandes variaciones de carga orgánica y la producción de biogás de la planta en el tiempo, se requiere un sistema de tratamiento del biogás capaz de atender demandas muy variables de biogás.

También es notable la cantidad y composición de las purgas del sistema químico respecto al biológico, purgas que han de ser enviadas al colector municipal. En el lavado biológico, estas purgas se reducen notablemente y su composición no representa un problema para su vertido.

Ventajas del proceso Thiopaq:

- ◆ No tiene riesgo de colmatación. Gracias al carácter hidrofílico del azufre biológico producido.
- ◆ Sencillez de operación Gracias a su reducido número de parámetros de control.
- ◆ Mínimos requerimientos de supervisión. Gracias a una total automatización del sistema de control.
- ◆ Alta flexibilidad. Soporta elevadas fluctuaciones en caudal y concentración, manteniendo su eficacia.
- ◆ Opera a bajas presiones de biogás.
- ◆ Integra la purificación del biogás con la recuperación del azufre en un solo proceso.
- ◆ Seguridad absoluta. En ningún momento entra en contacto el oxígeno con el biogás, eliminándose los riesgos de explosión.

En definitiva, se trata de un proceso altamente fiable, simple de operar, de bajos costos operacionales y altamente seguro.

Por otra parte dentro de los sistemas biológicos, aparte del THIOPAQ existen otros sistemas en los que el H₂S es descompuesto en vapor de H₂O y SO₄⁻². En estos sistemas, el bioreactor y el scrubber forman un solo bloque. A pesar de ser sistemas compactos, tienen una serie de desventajas importantes que listamos a continuación.

Desventajas de otros procesos biológicos:

- ◆ Rendimiento limitado. Los rendimientos son entre un 89-99% frente a un 96-97% del Thiopaq.
- ◆ Alta acidificación del agua de lavado. En el proceso, la mayor parte del azufre se convierte en ácido (H₂SO₄), generando un vertido con pH 2 o inferior, lo cual puede conllevar un problema de gestión y vertido.
- ◆ Riesgo de explosividad. La mezcla de oxígeno con metano acarrea un inherente riesgo de explosión. El límite superior de explosividad de una mezcla metano/aire se encuentra en un 14,5% metano – 85,5% aire.
- ◆ Colmatación del relleno. Un déficit de oxígeno provoca una excesiva producción de azufre elemental que se acumula en el relleno generando serios problemas de rendimiento y mantenimiento.

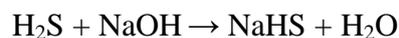
Ninguno de estos riesgos es atribuible al proceso de Thiopaq y es por ello que consideramos este proceso como la Mejor Tecnología Disponible en el mercado.

Principio de funcionamiento

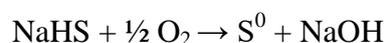
Consiste en un proceso que combina la adsorción físico-química del sulfuro de hidrógeno en una ligera solución alcalina con la regeneración biológica de la solución cáustica por medio de aire.

Consta de dos etapas; en una primera etapa se realiza una absorción del H₂S en una torre de lavado con una solución alcalina, seguida de una oxidación biológica del H₂S absorbido hasta azufre elemental

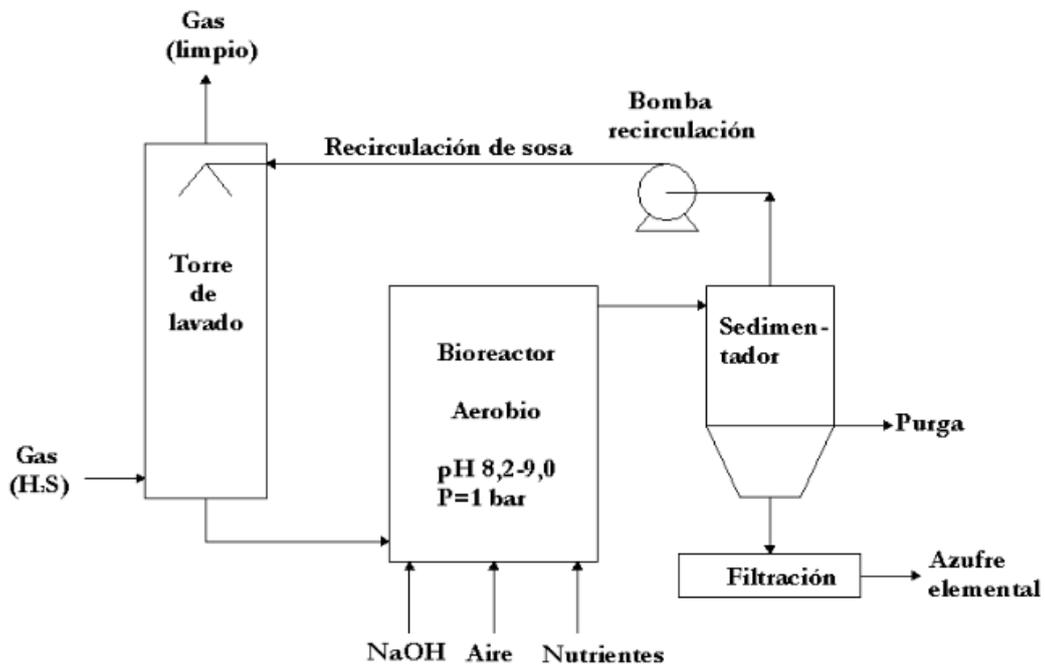
El biogás con contenido de sulfuro de hidrógeno entra en la columna de absorción y es lavado por un líquido de lavado de naturaleza alcalina que absorbe el sulfuro de hidrógeno.



El biogás sale por la parte superior del absorbedor prácticamente libre de sulfuro de hidrógeno. El líquido con contenido de sulfuro fluye al biorreactor, donde las bacterias lo oxidan y lo convierten en condiciones de oxígeno limitante en azufre y sosa cáustica.



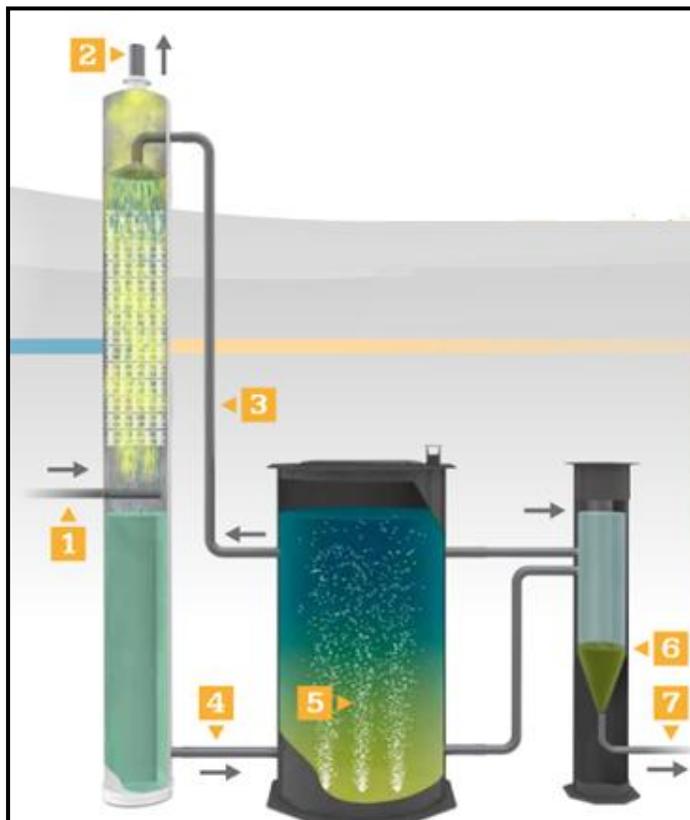
En la siguiente figura se muestra de forma simplificada el sistema THIOPAQ:



El producto final es el azufre elemental, siendo tan sólo menos del 5% oxidado hasta sulfato, la solución alcalina no es totalmente regenerada en el reactor biológico, por lo que es necesaria la adición de sosa para mantener el pH sobre 8,2.

Según la información que facilita la empresa que ha desarrollado la tecnología se trata de bacterias del género *Thiobacillus*. Recientemente han aislado de un bioreactor THIOPAQ en Eerbeek (Países Bajos) una nueva bacteria anaerobia (*Desulfurispirillum alkaliphilum*), que utiliza azufre como aceptor de electrones y acetato como fuente de carbono, describen que el reactor trabaja en condiciones limitantes de oxígeno y condiciones alcalinas.

Funcionamiento del THIOPAQ

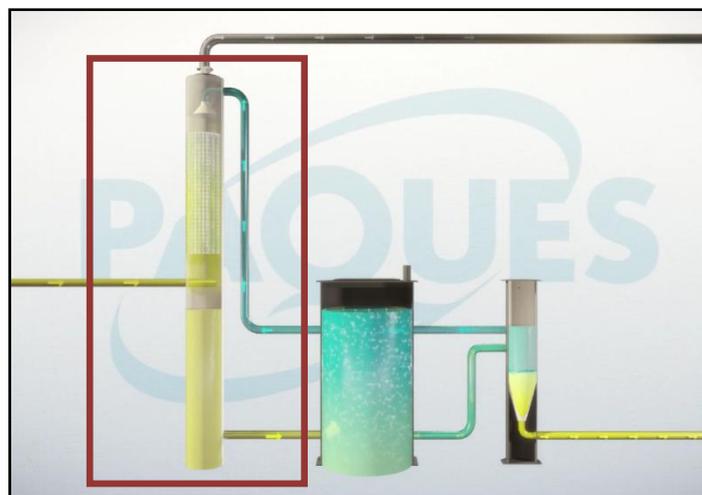


THIOPAQ, como funciona

- 1** Entra gas rico en H_2S
- 2** Gas purificado
- 3** Solución alcalina de lavado (Absorbe el H_2S del gas)
- 4** Solución rica en sulfuro pasa del lavador al biorreactor
- 5** Aire para la reacción de oxidación del azufre (Sulfuro a azufre elemental)
- 6** Separación del azufre
- 7** Azufre elemental

El proceso se divide en tres secciones:

- ◆ La primera es la sección de absorción, el biogás rico en sulfuro de hidrógeno entra en el sistema y entra en contacto con la solución de lavado. Esta solución absorbe el sulfuro de hidrógeno. El gas purificado se extrae por la parte superior.

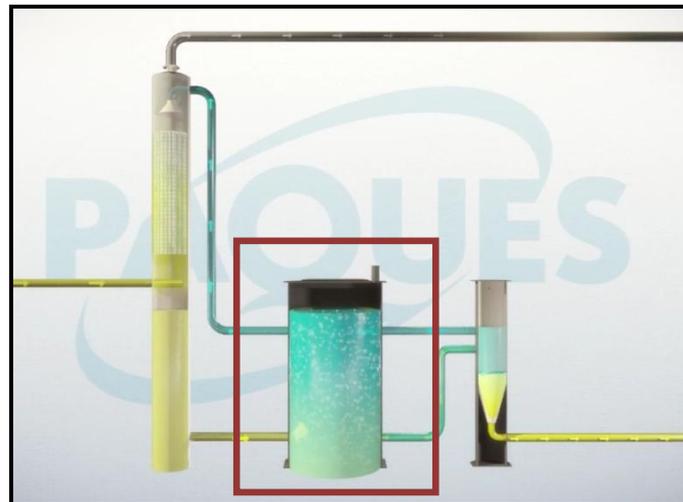


El gas rico en sulfuro de hidrógeno entra en la sección de absorción y es elevado hacia la parte superior. La solución de lavado bombeada desde el bioreactor entra por la parte superior del absorbedor y se pulveriza uniformemente sobre la columna para asegurar un contacto apropiado entre la solución en el gas, así el gas que sube y la solución que entra desde arriba entran en contacto quedando el sulfuro de hidrógeno absorbido en la solución.

El gas purificado fluye hacia arriba a las salidas en la parte superior del absorbedor.

La solución de lavado utilizada en el proceso es una solución alcalina de bicarbonato para conseguir que el sulfuro de hidrógeno se disuelva. El líquido rico en sulfuro de hidrógeno se acumula en la parte inferior del absorbedor y se bombea a la sección del biorreactor.

- ◆ La segunda etapa es la sección del biorreactor donde las bacterias absorben el sulfuro y producen azufre elemental con la ayuda del aire.

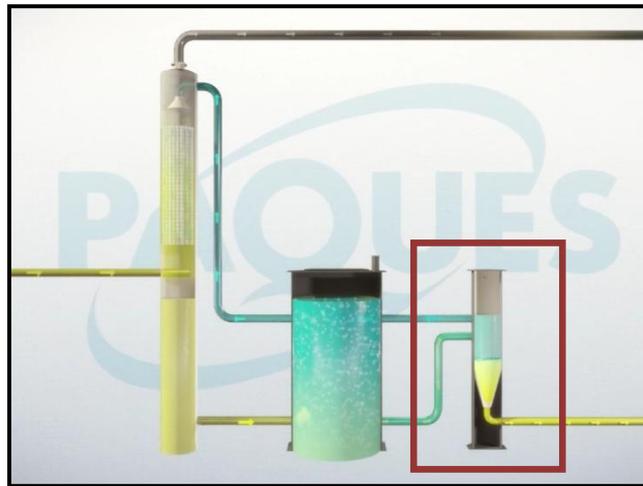


En el biorreactor se introduce aire en el sistema para ayudar a las bacterias a convertir el sulfuro en azufre elemental. Estas bacterias consumen el sulfuro presente en el líquido y excretan el azufre elemental.

El azufre elemental producido es hidrofílico y puede causar obstrucción en el sistema por lo que tiene que ser extraído del sistema.

La solución de lavado se regenera para ser bombeada de nuevo a la sección de absorción para un nuevo ciclo de procesamiento. Esto ahorra una gran cantidad de costos y no se introduce aire en el biogás.

- ◆ La tercera etapa es la sección de colonización donde el azufre se concentra y se retira del sistema.



En la tercera sección, la sección de decantación, una parte de la solución de lavado, se bombea a un decantador por gravedad, el biosulfuro se concentra hasta el 10-15% de azufre elemental en peso y sale del sistema como lodo de azufre.

El azufre producido puede ser utilizado como fungicida o fertilizante en el mercado.

Datos de diseño:

Caudales:

- ◆ Caudal medio del biogás: 108m³/h
- ◆ Caudal máximo de biogás: 186m³/h

Composición del biogás:

- ◆ CH₄: 60-70%
- ◆ CO₂: 20-25%
- ◆ H₂O: saturado%

Concentración de H₂S:

- ◆ Previo al lavado biológico: 3000-5400 ppm
- ◆ Tras el lavado biológico: ≤ 200 ppm

Actualmente no se están analizando los parámetros relacionados con el biogás producido en el digestor, ya que se está quemando en antorcha y no serían de gran valor. Pero se conocen las concentraciones aproximadas de sus concentraciones porque hace unos años si que se realizaron varios análisis para poder hacer el estudio para instalar el equipo de lavado. Heineken nos ha facilitado esos datos y ellos consideran que la concentración máxima de H₂S dependerá del caudal del biogás a lavar, que para caudal medio será 3100 ppm y para caudal máximo será 5400 ppm aproximadamente.

Tampoco se conocen las concentraciones exactas de H₂S que contiene el gas natural consumido en las calderas, pero desde el departamento de Ingeniería y Medio Ambiente de Heineken consideran que para no tener ningún tipo de problema en la mezcla de gases, el biogás enviado desde la depuradora no debe superar las 200ppm.

Temperatura:

- ◆ De 25 a 30°C

Presión biogás:

- ◆ Máximo 30 mbar

Descripción de la solución adoptada

Para la conducción del biogás es necesaria una tubería de acero inoxidable de diámetro 150 mm. Se realizarán los injertos de estas tuberías en las tuberías ya existentes mediante soldadura o aprovechando las bridas existentes. Dicha tubería será conectada con la conducción existente de envío a fábrica.

Mediante la colocación de cuatro válvulas de accionamiento neumático, se controlará el flujo de biogás en los tres modos de funcionamiento siguientes:

- ◆ Modo 1: El biogás sale de los reactores UASB y, sin pasar por el Scrubber, entra directamente en la línea Gasómetro-Antorcha, para ser quemado en ella. Este es el modo de trabajo que se ha seguido hasta hoy. Este modo prácticamente no será el

utilizado, dado que es recomendable lavar el biogás incluso antes de quemarlo evitando así la emisión de SOx.

- ◆ Modo2: El biogás sale de los reactores UASB y entra en el Scrubber para ser lavado. Una vez lavado, entra en la línea Gasómetro-Antorcha para ser quemado en ella. Este modo de trabajo dura muy pocos minutos y está previsto para la purga del conducto, evitando así la entrada de H₂S residual en las calderas.
- ◆ Modo3: El biogás sale de los reactores UASB y entra en el Scrubber. Posteriormente entra en la línea Gasómetro-Antorcha y es aspirado por el compresor, para ser redirigido al aprovechamiento del mismo.

Todo el modulo THIOPAQ se instalará en la parte trasera del digester anaerobio, para poder aprovechar las tuberías de salida del gas hacia la antorcha.



El equipamiento necesario para la instalación viene descrito a continuación:

Equipamiento:

El equipamiento necesario para realizar este proyecto es el siguiente:

- 1- Sistema de lavado biológico de biogás THIOPAQ Scrubber Tipo 5/0.5
 - ◆ Una Columna (Scrubber) con relleno
 - ◆ Un bioreactor
 - ◆ Bombas de proceso (Una bomba de recirculación, una válvula dosificadora de sosa y una bomba dosificadora de nutrientes)
 - ◆ Una válvula de control de caudal de aire al reactor

- ◆ Tuberías y válvulas necesarias del sistema de lavado Nutrimix en el período de puesta en marcha.
 - ◆ Instalación eléctrica, instrumentación y sistema de control.
- 2- Tuberías de conexión de biogás desde el reactor anaerobio UASB hasta el sistema de lavado
 - 3- Tuberías de biogás desde el sistema de lavado hasta compresor para el aumento de presión y envío a calderas.
 - 4- Cuadro eléctrico para soplantes de biogás.
 - 5- Envío y regulación de la sosa necesaria desde el depósito existente hasta el lavado de biogás.
 - 6- Valvulería y accesorios correspondientes.
 - 7- Equipo desendurecedor de agua de aporte.
 - 8- Compresor para la impulsión de biogás de las siguientes características:
 - ◆ Caudal: 100-190 Nm³/h
 - ◆ Presión: 2 bar
 - ◆ Potencia: 15kW

Enfriamiento y condensación

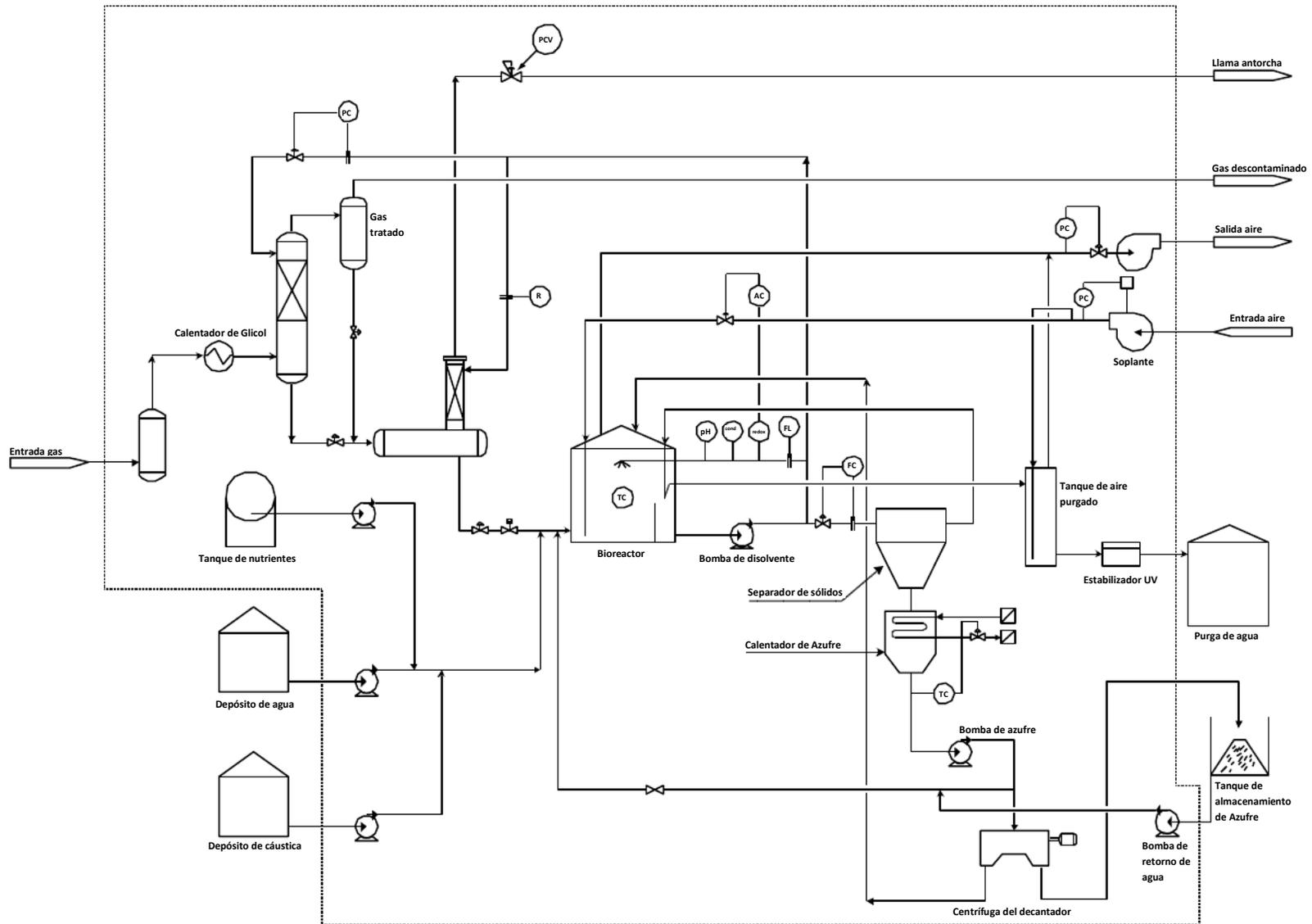
Se incluye una instalación compuesta por un intercambiador, separador y purgador, enfriado por una máquina de frío, cuyo objetivo es evitar la condensación en las tuberías de envío a fábrica.

El enfriador está compuesto por un intercambiador de calor, de tipo haz tubular, donde se enfriará el biogás con un elevado contenido de humedad. El enfriamiento se consigue haciendo pasar el flujo de agua fría procedente de una máquina refrigeradora a través de la carcasa del intercambiador.

Características técnicas:

- ◆ Caudal: 200 Nm³/h
- ◆ Material de construcción: AISI 316
- ◆ Potencia consumida: 12.65 kW

A continuación se muestra un diagrama de flujo donde se detallan todos los elementos que compondrán el equipo de lavado de THIOPAQ.



TITULO DIAGRAMA DE FLUJO LINEA DE BIOGÁS		PLANO Nº
PROPIETARIO HEINEKEN ESPAÑA		D-001
SITUACION EDAR HEINEKEN VALENCIA		FIRMA
ESCALA A1	PLANO	cadagua
FECHA	LAVADO DE BIOGAS HEINEKEN	

En el diagrama de flujo aparecen todos los equipos que componen el equipo de lavado, a continuación detallaremos que equipos o materiales auxiliares más importantes que necesita cada uno:

- ◆ Tuberías de llegada del biogás: Tuberías, Válvulas y electroválvulas.
- ◆ Depósito de recirculación: Depósito, Válvulas y tuberías.
- ◆ Equipo para bombear reactor IC: Bombas, indicador de presión, válvulas de bola, válvulas de mariposa y tuberías.
- ◆ Reactor IC: Tanque para el reactor, tuberías y Válvulas de guillotina, de retención y de mariposa.
- ◆ Ciclón para IC: Tuberías, válvulas de mariposa, electroválvulas y válvulas de interrupción.
- ◆ Sistema de carga y descarga de fangos: Bomba helicoidal, válvulas de guillotina y tuberías.
- ◆ Depósito de recirculación: Equipo de medida de temperatura, equipo de medida de nivel, interruptor de nivel y medidor de pH.
- ◆ IC: Caudalímetro, equipo de medida de temperatura, interruptor de nivel y medidor de pH.
- ◆ Electricidad y control: Centro de control de motores, variador de frecuencia, válvula de frecuencia, cables de control, cables de distribución y bandejas.
- ◆ Programación e ingeniería: Programación de PLC, programación del sistema SCADA y puesta en marcha.

En el ANEXO I se detallan con total exactitud todos los materiales y equipos necesarios para la construcción e instalación del equipo de lavado THIOPAQ, detallando las marcas (siempre dando varias opciones) y las medidas que deben tener todos los equipos y materiales. Esta información está dividida por capítulos que corresponden a los nombrados en el párrafo anterior, dentro de algunos capítulos podemos encontrar subcapítulos, donde especifica mejor que necesita cada equipo.

10.3. PRESUPUESTO

10.3.1. COSTE DE INSTALACION

Conocida la solución adoptada y todo el equipamiento necesario se le ha pedido a CADAGUA que realice un presupuesto detallando todo el material necesario y en precio final de la instalación. El precio final de la instalación del equipo THIOPAQ Scrubber de lavado, con el condensador y todo el material auxiliar necesario es de 499.370 euros. En el Anexo I podemos encontrar la oferta por escrito realizada por CADAGUA, donde figuran todos los materiales incluidos en este precio.

10.3.2. ESTUDIO DE EXPLOTACION

Consumos:

- a) Thiopaq scrubber en funcionamiento 8.000 horas al año:
- ◆ Sosa (20%) - 19 l/d
 - ◆ Nutrientes (Nutrimix) - 0,2 l/d
 - ◆ Agua ablandada (<10° DH) - 100 l/d
 - ◆ Consumo eléctrico medio - 2,3 kWh/h

Los consumos calculados están basados en las condiciones de diseño. Se incluirán unos contadores para el control del consumo de Sosa y Agua ablandada.

- b) Compresor biogás:
- ◆ Potencia eléctrica instalada - 15 kW
 - ◆ Consumo medio - 11,71 kWh/h
- c) Bombas dosificadoras:
- ◆ Potencia eléctrica instalada - 0,06 kW
- d) Válvulas neumáticas:
- ◆ Aire de instrumentos - min. 5 bar
- e) Enfriador:
- ◆ Potencia eléctrica instalada - 12,65 Kw

Costes de explotación del Lavado del Biogás:

- ◆ Sosa: 19 l/día → 1.224 €/año
- ◆ Nutrientes: 0,2 l/día → 800€/año
- ◆ Electricidad: 179.155 kWh/año x 0,1049 €/kWh = 18.793 €/año

- ◆ **TOTAL → 20.817 €/año**

Producción de fangos y purgas:

Se espera una purga de fango de 96 litros/día con la siguiente composición:

COMPOSICIÓN DE LOS FANGOS	
PARÁMETRO	CANTIDAD
SO₄/S₂O₃	10 – 35 g/l
HCO₃/CO₃	12 – 36 g/l
S₀	50 – 200 g/l
Sodio	30 g/l
Biomasa	1 g/l
Conductividad	58 μS/cm
Temperatura	35 – 40°C
pH	8,0 – 8,5
Alcalinidad	600 meq/l

Estos fangos se mezclarán con los producidos en la línea de fangos de la depuradora para realizarles el mismo tratamiento por espesado y ser vendidos para uso agrícola, evitando así costes extraordinarios por su gestión, ya que la depuradora gestiona 179,09m³/día, por tanto los fangos producidos por el equipo de lavado suponen un 0,05% del total de la depuradora. Dadas las cantidades de S₀ se podría plantear la recuperación de este para su venta.

10.3.3. ESTUDIO DE AMORTIZACIÓN

Según los datos aportados por Heineken Valencia, el Gas Natural tiene un coste de:

0,0079 €/MJ → 0,0284 €/KWh

- ◆ Caudal de Biogás: 108 Nm³/h → 2.592 Nm³/día
- ◆ PCI ≈ 6.020 Kcal/Nm³ (65%CH₄) (normalmente PCI ≈ 6.500K cal/Nm³)
- ◆ Días anuales de trabajo: 280 días.
- ◆ **Ahorro anual disponible** = $2.592 \times 280 \times 6.020 \times \frac{1}{860} \times 0,0284 = 143.802 \text{ €/año}$

RESUMEN AMORTIZACIÓN	
Inversión	499.370 €
Ahorro en Gas Natural	143.802 €/año
Costes Explotación	20.817 €/año
Payback	4,06 años

11. CONCLUSIONES

Se ha hecho un estudio de la producción de biogás en los digestores anaerobios y las posibilidades que existen actualmente para su reutilización de forma global, para después analizar la situación específica de la EDAR de la fábrica de Heineken de Valencia y conseguir demostrar que se puede evitar desechar este residuo y considerarlo una materia prima, con una inversión asumible por una empresa de las dimensiones de Heineken.

La medida propuesta haría que la fábrica de Heineken de Valencia conseguiría dejar de emitir gases nocivos a la atmosfera y disminuiría el consumo de gas natural del mercado de forma considerable. Dos medidas medioambientalmente muy positivas, que ayudarían a proteger el entorno inmediato de la fábrica y el medio ambiente en general.

También hay que considerar que la imagen corporativa de una empresa actualmente es muy importante dada la gran competencia que existe en un mundo tan globalizado. Considerando que hoy en día que se tiene mucha más conciencia sobre la importancia de preservar nuestro planeta y revertir la situación actual, aplicar una medida de este calibre haría que Heineken fuera una empresa aun más valorada de lo que ya es.

12. BIBLIOGRAFIA

Libros consultados:

Pascual, A., Ruiz, B., Gómez, P. y Fernández, B. (2011). *Situación y potencial de generación de biogás. Estudio Técnico PER 2011-2020*. Madrid: IDAE Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Sarquella, L. y Flotats, X. (2008). *Producció de biogás per codigestió anaeròbia*. Barcelona: Institut Català d'Energia.

Seco, A. y Ferrer, J. (2007). *Tratamientos Biológicos de Aguas Residuales*. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Seco, A., Ferrer, J., Gabaldón, M^oC., Martín, M. y Marzal, P. (1994). *Aguas residuales industriales, Minimización y tratamiento*. Valencia: Consejo de Camaras de Comercio de la Comunidad Valenciana.

Documentación oficial:

El sector del biogás agroindustrial en España; Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. (Documento elaborado por miembros de la mesa de biogás).

Plan Nacional Integrado de Residuos, 2008-2015 (PNIR).

Plan de Energías Renovables 2005 - 2010. Área del Biogás. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.

Mejores Técnicas disponibles en el sector cervecero. Instituto tecnológico Agroalimentario.

Páginas web consultadas:

Tecnología anaerobia para el tratamiento de aguas residuales industriales y municipales:
<http://www.ibtech.com.mx/main20.htm>.

Productos finales de la digestión anaerobia.: <http://www.udl.es/>

Buscador de legislación Española Iberlex: <http://www.boe.es/buscar/>

Funcionamiento del Thiopaq. <http://www.en.paques.nl/>

Legislación consultada:

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. Ministerio de Medio Ambiente. Gobierno de España. 2002.

Directiva 2009/28/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de abril de 2009, relativa al reglamento del uso de energías procedentes de energías renovables y por la que se modifican y derogan las Directivas 2001/77/CEE y 2003/30/CEE.

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CAPITULO 000 TUBERIA DE LLEGADA		
MTTKMO200	ML Tubería y accesorios en acero inoxidable: - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y bride loca de aluminio. - Diámetro: 200 mm. - Material: AISI 316L - Soportes en acero pintado	15,00
MITZZRA10001	Ud Conjunto de elementos para configurar la red de aire a presión, incluyendo: - 10 m de tubería en acero inoxidable, incluidos accesorios DN-15 - 1 electroválvulas de 4 vías DN-15. Marca: JOUCOMATIC o similar - 1 válvulas de interrupción DN-15. Marca: TECVAL o similar - 10 m de tubería en cobre y accesorias en latón. DN-15	2,00
MVIVRN130200H	Ud Válvula de mariposa de las siguientes características: - Marcia: AMVI o similar - Modelo: AOUISORIA - Diámetro nominal: 200 mm - Presión nominal: 10 bar - Conexiones: Wafer - Accionamiento: Neumático ON-OFF mediante servomotor de doble efecto con reductor manual de socorro y dos contactos eléctricos fin de carrera - Materiales • Cuerpo: Fundición gris A48.35 • Mariposa: Fundición nodular + Halar • Elastómero: EP.D.M. • Fe: AIS-420	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CAPITULO 010 DEPÓSITO DE RECIRCULACIÓN		
MDE01	<p>Ud Depósito de preacidificación en acero al carbono S-275-JR con recubrimiento de epoxi:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones: 3.9m diámetro; 3.02 m alto. - Volumen 30 m³. <p>Accesorios Incluidos:</p> <ul style="list-style-type: none"> 1x 840mm x 840mm Boca de hombre + davit (epoxi) X2x DN150 PN10 simple, conexión bridada (epoxi) X2x DN200 PN10 simple, conexión bridada (epoxi) X1x escalera vertical tipo gato (acero galvanizado) X1x plataforma con un área de trabajo útil de 1m² (acero galvanizado) 	1,00
MTTKM0200	<p>ML Tubería y accesorios en acero inoxidable:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y brida loca de aluminio. - Diámetro: 200 mm. - Material: AS1316L - Soportes en acero pintado 	1,00
MTTXM01505	<p>ML Tubería y accesorios en acero inoxidable:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Milimétrica (SO) con valona y brida Coca de aluminio. - Diámetro: 150 mm. - Material: ASI 316L - Longitud: 2 m - Bidas: 3 	1,00
MVCPMB0150	<p>Ud Válvula de compuerta de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marco: BI3GICAST o similar. - Tipo: Husillo, exterior no ascendente / serie corta F-4 - Diámetro nominal: ON 150 - Presión nominal: PN 10/16 - Conexiones: Brides DIN 2502 - Accionamiento: Manual - Material cuerpo y compuerta: Fundición nodular. 	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CAPITULO 040 BOMBEO A IC		
MBOIG002	<p>Ud Bombas a reactor anaerobio de las siguientes características 2 (1+ 1R)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: STERLING SIHI o similar - Modelo: ZLND 080160 AB BJ3 OB 2 - Ejecución: Horizontal - Fluido a bombear: Agua - Caudal: 160 m³/h - Altura manométrica: 30 mca - Velocidad de la bomba: 2.900 rpm - Potencia absorbida: 16 kW - Potencia motor: 18,5 kW - Tipo de cierre: Cierre mecánico <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Carcasa: GG-25 - Rodete: GG 25 - Eje: X20 Cr 13 	2,00
MPI01	<p>Ud Indicador de presión:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fabricar: BOURDON. - Tipp: MIX. - Diámetro: 100 mm. - Materiales: AISI-316. <p>Incluyendo racor, tubería y válvulas de aislamiento y toma de muestras de 1/2" gas.</p>	2,00
MVELG0015B	<p>Ud Válvula de bola de las siguientes características</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Diámetro: 15 mm. - Presión nominal: 25 Kg/cm² - Conexiones: roscadas - Accionamiento: manual por llave - Material: Bronce 	4,00
MVMRMB0200K	<p>Ud Válvula de mariposa de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Modelo: GOLD LOCK BV-05-2CW - Diámetro nominal: 200 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Wafer - Accionamiento: Manual mediante desmultiplicador <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo: Fundición nodular GGG 40. • Mariposa: Acero inoxidable AISI-316 • Elastómero: E.P.D.M. • Eje: AISI-420 	2,00
MVMRMB0150K	<p>Ud Válvula de mariposa de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Modelo: GOLD LOCK BV-05-2CW - Diámetro nominal: 150 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Wafer - Accionamiento: Manual mediante palanca <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo: Fundición nodular GGG 40. • Mariposa: Acero inoxidable AISI-316 • Elastómero: E.P.D.M. • Eje: AISI-420 	2,00
MVRCME0150K	<p>Ud Válvula de retención de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICST o similar - Tipo: Clapeta oscilante - Diámetro nominal: 150 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Bridas DIN 2502 <p>Materiales:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo: GG-25 	2,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MITK140200A	<p>Ud Conjunto de tubería y accesorios en acero inoxidable AISI-316L para aspiración de bombas, de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none">- Material: Acero inoxidable AISI-316L- Norma: ISO (milimétrica) con valona y brida loca de aluminio.- Espesor: 2 mm. <p>Incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none">- 6 m tubería en AISI-316L DN-200- 6 bridas DN 2501 en AISI-316L DN 200- Codos 2	1,00
MTTKM0150A	<p>Ud Conjunto de tubería y accesorios en acero inoxidable AISI-316L. Para aspiración de bombas, de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none">- Material: Acero inoxidable AISI-316L- Norma: ISO (milimétrica) con valona y brida loca de aluminio.- Espesor: 2 mm. <p>Incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none">- 5 m tubería en AISI-316L DN-150- 6 bridas DN 2501 en AISI-316L DN 150- Codos 2	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	CAPITULO 050 REACTOR IC SUBCAPÍTULO 050.1 Reactor IC	
MDP001	Ud Tanque para reactor IC en acero inoxidable AISI 316 Diámetro 5.700 mm. Altura cilindro 20.000 mm. Altura total 20.000 mm, aproximadamente. Fondo inferior Plano. Presión..... Atmosférica. Temperatura diseño..... 10° a 60° C. Temperatura servicio.....25° a 38° C En acero inoxidable AISI 316L ESPESORES DE CHAPA: 1ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm. 2ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 3ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 4ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 5ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 6ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 7ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 8ª VIROLA 5.00 MM Ancho: 2.000 mm 9ª VIROLA 6.00 MM Ancho: 2.000 mm 10ª VIROLA 6.00 MM Ancho: 2.000 mm 11ª VIROLA 6.00 MM Ancho: 2.000 mm 12ª VIROLA 6.00 MM Ancho: 2.000 mm FONDO INFERIOR 6.00 MM. Incluye montaje de los internos y barandilla superior en AISI 304L. y escalera de acceso.	1,00
MDP002	Ud Internos para reactor IC de 5 7 m x 20 m de altura.	1,00
MVGLNY0150	Ud Válvula de guillotina de las siguientes características: - Marca: ORBINIOX o similar - Tipo: Guillotina - Diámetro nominal: DN 150 - Presión nominal: PN 10 Materiales: - Cuerpo y prensa-eslopas GG-25 con Epoxy. - Guillotina: Acero inoxidable AISI-316	1,00
MITKM0150	ML Tubería y accesorios en acero inoxidable: - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y brida loca de aluminio. - Diámetro: 150 mm. - Material: AISI 316L	2,00
MTTKM0050	Ud Tubería y accesorios en acero inoxidable: - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y brida loca de aluminio. - Diámetro: 50 mm - Material: AISI 316L - Longitud: 3 m - Codos: 5 - Bridas: 15	1,00
MVMRMB0050K	Ud Válvula de mariposa de las siguientes características - Marca: BELGICAST o similar - Modelo: GOLD LOCK BV-05-2CW - Diámetro nominal: 50 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Wafer - Accionamiento: Manual mediante palanca - Materiales: Cuerpo: Fundición nodular GGG 40 Mariposa: Acero inoxidable AISI-316 Elastómero: E.P.D.M. Eje: AISI-420	5,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
MVRBMB0150	Ud Válvula de retención de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Tipo: Bola - Diámetro: DN 150 - Presión nominal: 10 bar - Conexiones: Bridas DN 2502 - Materiales: · Cuerpo: GG-25 · Bola: Gorra dura 	1,00
SUBCAPÍTULO 050.2 Ciclón		
MRIC001	Ud Ciclón para reactor IC en HDPE	1,00
MTTR10250	Ud Tubería y accesorios en HDPE, de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> - Diámetro: 250 mm. - PN 10 - Uniones: para soldar - Longitud: 2 mm. - Accesorios - Soportes en acero pintado 	1,00
MTTZZRAI0001	Ud Conjunto de elementos para configurar la red de aire a presión, incluyendo: <ul style="list-style-type: none"> - 10 m de tubería en acero inoxidable, incluidos accesorios DN-15 - 1 electroválvulas de 4 vías DN-15. Marca: JOUCOMATIC o similar - 1 válvulas de interrupción DN-15. Marca: TECVAL o similar - 10 m de tubería en cobre y accesorios en latón. DN-15 	1,00
MVMRUB01501	Ud Válvula de mariposa de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Modelo: GOLD LOCK BV-05-2CW - Diámetro nominal: 150 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Wafer - Accionamiento: Servomotor neumático de regulación con posicionador 3 a 15 psi, mando manual de emergencia y finales de carrera. - Materiales · Cuerpo: Fundición nodular GGG 40 · Mariposa: Acero inoxidable AISI-316 · Elastómero: E.P.D.M · Eje: AISI-420 	1,00
MTTKM0150	ML Tubería y accesorios en acero inoxidable: <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y brida loca de aluminio. - Diámetro: 150 mm. - Material: AISI 316L 	15,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	SUBCAPÍTULO 050.3 Sistema de carga y descarga de fangos	
MBHE01	<p>Ud Bomba helicoidal de lomilla para la introducción de los fangos anaerobios en el reactor IC, de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: COMPAIR NEMO o similar - Modelo: 063BY01P05B - Tipo Desplazamiento positivo - Caudal: 45 m³/h. Altura manométrica 20 m.c.a. - Velocidad de la bomba 270 rpm. - Potencia absorbida 41 kW - Bridas aspiración/descarga DN 100 - Materiales: <ul style="list-style-type: none"> · Cuerpo: GG-25. · Eje Acero Cromado 1.4021 DN 17440 (AISI 420) · Rotor: Acero 1.2436 DN 17440 (AISI 433 D6) · Estator: Perbunam SBBPF - Palencia motorreductor 7,5 kW 	1,00
MVGLNY0100	<p>Ud Válvula de guillotina de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> Marca ORBINOX o similar - Tipo: Guillotina - Diámetro nominal: DN 100 - Presión nominal: PN 10 Materiales: <ul style="list-style-type: none"> - Cuerpo y prensa-estopas: GG-25 con Epoxy - Guillotina: Acero inoxidable AISI-316 	4,00
MTTK1002	<p>Ud Tubería y accesorios en acero inoxidable:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bridas locas de aluminio y valonas en AISI-316L - Diámetro: 100 mm. - Material: AISI 316L - Longitud: 15 m - Codos: 4 - Bridas: 13 - Soportes en acero pintado 	1,00
	SUBCAPÍTULO 050.4 Tuberías By-pass	
MTTKM0150	<p>ML Tubería y accesorios en acero inoxidable:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Tipo: Milimétrica (ISO) con valona y brida Coca de aluminio. - Diámetro: 150 mm. - Material: AISI 316L 	10,00
MTTZZRAI0001	<p>Ud Conjunto de elementos para configurar la red de aire a presión, incluyendo:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 10 m de tubería en acero inoxidable, incluidos accesorios DN-15 - 1 electroválvulas de 4 vías DN-15. Marca: JOUCOMATIC o similar - 1 válvulas de interrupción DN-15. Marca: TECVAL o similar - 10 m de tubería en cobra y accesorios en latón. DN-15 	2,00
MVMRNB01500K	<p>Ud Válvula de mariposa de las siguientes características:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Marca: BELGICAST o similar - Modelo: GOLD LOCK BV-05-2CW - Diámetro nominal: 150 mm. - Presión nominal: 10 bar. - Conexiones: Water - Accionamiento: Mediante cilindro neumático doble efecto, con mando manual de emergencia y finales de carrera. - Materiales: <ul style="list-style-type: none"> · Cuerpo: Fundición nodular GGG 40 · Mariposa: Acero inoxidable AISI-316 · Elastómero: EP.DM · Eje: AISI-420 	2,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	CAPÍTULO 060 LÍNEA DE BIOGÁS	
MTTK0150	ML Tubería y accesorios en acero inoxidable: - Tipo Milimétrica (ISO) con valona y brida loca de aluminio. - Diámetro 150 mm. - Material: AISI 316L	20,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	CAPÍTULO 070 INSTRUMENTACIÓN	
	SUBCAPÍTULO 070.1 Depósito de recirculación	
MITTEH	Ud Equipo de medida de temperatura de las siguientes características: - Marca: ENDRESS + HAUSER o similar - Modelo: TSC110S - Tipo: Inmersión - Rango: Hasta 400 °C - Longitud inserción: Hasta 400 mm - Conexión: Rosca G 1/2" - Material: INCONEL 600 - Cabezal: TA 20B, DN B en aluminio - Protección: IP 65 - Transmisor: TMD 831 ajustado al valor deseado	1,00
MINUEH05	Ud Equipo de medida de nivel. - Marca: ENDRESS + HAUSER o similar - Modelo: FDU 80 + FMU 861 - Principio de medida: Ultrasónico SENSOR ULTRASÓNICO - Sensor de Tª integrado para compensación velocidad sonido - Protección IP68 (NEMA 6) - Intervalo de medida: 0-5 m sólidos (10 m. líquidos) - Distancia de bloqueo: 0,80 m - Tª de trabajo: -20 a + 80 °C - Presión máxima: 2 bar abs. - Material: PPS - Conexión a proceso: Rosca 1" G, reforzado en PP - Longitud de cable: 5 m TRANSMISOR ultrasónico de 1 canal - Montaje: en campo PC/ABS - Salida analógica: 4/20 mA - Calculo volurren / lineakzacion - Teclado e indicador en caja - Protección IP-65/NEMA 4 - Señal 3 relés libres de potencial SFDT - Tensión de alimentación: 180/253 VAC	1,00
MINSB2VG	Ud Interruptor de nivel, de las siguientes características: - Marca: VEGA o similar - Tipo: boya KARI - Modelo: 2H/ 2L (marcha/paro bomba) - Interruptor magnético	1,00
MIAPEH01	Ud Medidor de pH, de las siguientes características: Características: - Tipo: Inmersión. - Marca: ENDRESS + HAUSER o similar - Modelo: CPF 81 - CYA 611 - CPM 253. - Sensor: • Rango: ± 1.000 mV. • Temperatura: 80 °C. • Longitud cable: 5 m. • Conexión: 3/4 NPT. - Sonde de inmersión: • Material: PVC. • Temperatura de operación: 60 °C. • Longitud: 1.630 mm. - Transmisor de pH: • Microprocesador. • Indicación: pH • Contactos de alarma: 1. • Alimentación: 230 V c.a. • Salida: 0/4 + 20 mA. • Protección: IP65. • Indicación: Display LCd de 4 y 3 1/2 dígitos. - Incluyendo sistema de limpieza	1,00

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	SUBCAPÍTULO 070.2 Bombeo a IC	
MICE0150EH	Ud Caudalímetro electromagnético, de las siguientes características: - Marca: ENDRESS+HAUSER o similar - Modelo: PROMAG 50W - Electrónica: Microprocesador programable - Diámetro nominal: 150 mm. - Recubrimiento interior: Goma dura - Presión nominal PN-6 - Conexión: Bridas DN 2501, en acero - Tubo de medida: Acero 1.4301 - Electrodo: Acero inoxidable 1.4435 (316 L) - Temperatura máxima: 80°C (130°C versión S y LS) - Conductividad mínima del Fluido: 5 microS/cm - Tensión: 220 V 50/80 Hz - Consumo: < 15 VA - Tipo de protección IP-67 - Salida de corriente 9/4-20 mA, programable - Salida de impulsos 24 V.c.c - Precisión: 0,5% del valor medio - Reproducibilidad 0,1%	1,00
	SUBCAPÍTULO 070.3 IC	
MICE0150EH	Ud Caudalímetro electromagnético, de las siguientes características: - Marca: ENDRESS+HAUSER o similar - Modelo: PROMAG 50W - Electrónica: Microprocesador programable - Diámetro nominal: 150 mm. - Recubrimiento interior: Goma dura - Presión nominal PN-6 - Conexión: Bridas DN 2501, en acero - Tubo de medida: Acero 1.4301 - Electrodo: Acero inoxidable 1.4435 (316 L) - Temperatura máxima: 80°C (130°C versión S y LS) - Conductividad mínima del Fluido: 5 microS/cm - Tensión: 220 V 50/80 Hz - Consumo: < 15 VA - Tipo de protección IP-67 - Salida de corriente 9/4-20 mA, programable - Salida de impulsos 24 V.c.c - Precisión: 0,5% del valor medio - Reproducibilidad 0,1%	1,00
MITTEH	Ud Equipo de medida de temperatura de las siguientes características: - Marca EINDRESS + HAUSER o similar - Módulo: TSC110S - Tipo: Inmersión - Rango. Hasta 400 °C - Longitud inserción: Hasta 400 mm. - Conexión: Rosca G 1/2" - Material: INCONEL 600 - Cabezal: TA 20B, DIN B en aluminio - Protección: IP 65 - Transmisor: TMD 831 ajustado al valor deseado	1,00
MINSB2VG	Ud Interruptor de nivel, de las siguientes características: - Marca: VEGA o similar - Tipo: boya KARI - Modelo: 2H/2L (marcha/paro bomba) - Interruptor magnético	1,00
MIAPEH01	Ud Medidor de pH, de las siguientes características: Características: - Tipo Inmersión. - Marca: ENDRESS + HAUSER o similar - Modelo: CPF 81 - CYA 611 - CPM 253. - Sensor: · Rango: ± 1.000 mV. · Temperatura: 80 °C · Longitud cable: 5m	1,00

<u>CÓDIGO</u>	<u>DESCRIPCIÓN</u>	<u>CANTIDAD</u>
---------------	--------------------	-----------------

- Conexión: 3/4 NPT.
- Sonda de inmersión:
 - Material: PVC
 - Temperatura de operación: 60°C.
 - Longitud: 1.630 mm.
- Transmisor de pH:
 - Microprocesador.
 - Indicación: pH
 - Contactos de alarma: 1.
 - Alimentación: 230 V c.a.
 - Salida: 0/4 + 20 mA.
 - Protección: IP65.
 - Indicación: Display LCD de 4 y 3 1/2 dígitos.
- Incluyendo sistema de limpieza.

ANEXO I. ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
CAPÍTULO 080 ELECTRICIDAD Y CONTROL		
SUBCAPÍTULO EE Electrical Installation		
Apartado EE-01.1CCM		
E50CSBD	Ud Centro de Control de Motores de ejecución fija, corriente de cortocircuito máxima de 30 kA, sistema de distribución TN-S, construido en chapa de acero de	1,00
E50G2ST0.75	Ud Variador de frecuencia para actor III hasta 2.2A, 0.75kw, 50 Hz, de las siguientes características: - Grado de protección IP-20. - Montaje en CCM. - Refrigeración mediante intercambiador de calor aire-aire. - Conmutación mediante transistores IGBT. - Filtro RFI nivel 1B. - Unidad de programación con display incorporado. - Protecciones de motor incorporadas: - Sobrecarga del motor. - Fallo a tierra. - Termistor PTC. - Descompensación de corriente entre fases. - Cortocircuito entre fases. - Rotor bloqueado - Cortocircuito a tierra. - Fallo de alimentación. - Sobrevoltaje red. - Bajo voltaje red.	2,00
E50G2ST07. 5.	Ud Variador de frecuencia para motor III hasta 16A, 7.5kw, 50 Hz, de las siguientes características: - Grado de protección - Montaje en CCM. - Refrigeración mediante intercambiador de calor aire-aire. - Conmutación mediante transistores IGBT. - Filtro RFI nivel 1B. - Unidad de programación con display incorporado. - Protecciones de motor incorporadas: - Sobrecarga del motor. - Fallo a tierra. - Termistor PTC. - Descompensación de corriente entre fases. - Cortocircuito entre fases. - Rotor bloqueado - Cortocircuito a tierra. - Fallo de alimentación. - Sobrevoltaje red. - Bajo voltaje red.	2,00

ANEXO I. ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Apartado EE-01.2 Cables y bandejas		
E60A.048CW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 kV de 4 x 2,5 mm ² .	345,00
E60A.0413CX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1 kW de 4 x 2,5 mm ² .	3,00
E60A.04ECW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 kV de 4x 10 mm ² .	100,00
E60A.04ECX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1W de 4 x 10 mm ² .	1,00
E60AO04BCW	ML Cable de cobre apantallado ROV-0,6/1 kV de 4 x Z5 mm ² , según E.T.E.E-50/01D	160,00
E60AO04BCX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos apantallado ROV-0,6/1 W de 4 x 2,5 mm ² .	2,00
E60AO04CCW	ML Cable de cobre apantallado ROV-0,6/1 kV de 4x 4 mm ² , según E.T.E.E-S0/01D	100,00
E60AO04CCX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos apantallado ROV-0,6/1 kV de 4 x 4 mm ² .	1,00
E60AO04DCW	ML Cable de cobre apantallado ROV-0,6/1 W de 4 x 6 mm ² , según E.T.E.E-50/01D	200,00
E60AO04DCX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos apantallado ROV-0,6/1 kV de 4 x 6 mm ² .	2,00
SUBCAPÍTULO EE Electrical Installation		
Apartado EE-01.1CCM		
Subapartado EA 1.1. Cables de distribución SAI		
E60B.03BCW	ML Cable de cobre DN-0,6/1 kV de 3 x 2,5 mm ² .	1.300,00
E60B.03ECX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos DN-0,6/1 W de 3 x 2,5 mm ²	13,00
Subapartado EA 1.2. Cables de control		
E60A.03ACW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 W de 3x 1,5 mm ² , según E.T.E.E-50/01G	1.250,00
1550A.03ACX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1 kV de 3 x 1,5 mm ² .	19,00
E60A.04ACW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 W de 4 x 1,5 mm ² , según E.T.E.E-50/01G	110,00
E60A.04AOC	Ud conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1 kV de 4 x 1,5 mm ²	1,00
E60A.05ACW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 W de 5 x 1,5 mm ² , según E.T.E.E-50/01G	130,00
6504.05ACX	Ud conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1 kV de 5 x 1,5 mm ²	3,00
E60A.06ACW	ML Cable de cobre RV-0,6/1 W de 6 x 1,5 mm ² , según E.T.E.E-50/01G	20,00
E60A.06ACX	Ud conexión de cable de cobre en ambos extremos RV-0,6/1 kV de 6 x 1,5 mm ²	4,00
Subapartado EA 1.3. Cables de instrumentación		
E60AO02ACW	ML Cable de cobre apantallado ROV-0,6/1 kV de 2 x 1,5 mm ²	1.670,00
E60AO02ACX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos apantallado ROV-0,6/1 kV de 2 x 1,5 mm ²	19,00
E60AO04ACW	ML Cable de cobre apantallado ROV-0,6/1 W de 4 x 1,5 mm ²	110,00
E60AO04ACX	Ud Conexión de cable de cobre en ambos extremos apantallado ROV-0,6/1 kV de 4 x 1,5 mm ² .	1,00

ANEXO I. ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
Subapartado EA 1.4. Bandejas, tubos y accesorios		
E70TAEG16	ML Tubo de acero galvanizado, Pg-16, coupleto (M-25)	200,00
E70TAEG16RF	Ud Remate flexible de acero, con tubo y racores Pg-16	40,00
E70TAEG21	ML Tubo de acero galvanizado, P9-21, completo (M-32)	5,00
E70TAEG21RF	Ud Remate flexible de acero, con tubo y racores Pg-21	1,00
E70AC2PO11	Ud Caja distribución de poliéster IP-65 hasta 10 bornas	5,00
E70AC1FA-P	Ud Botonera fundición Al, IP-65 con pulsador "P"	8,00
E70T004	Ud. Conjunto de accesorios y pequeño material auxiliar para el cableado de maniobra y control.	1,00
Apartado EA.2 Ampliación sistema de control		
6ES73901AF3	Ud SIMATIC S7-300, perfil soporte longitud =530mm (6ES7390-1AF30-0AA0)	2,00
6ES73211BL 00	Ud SIMATIC S7-300, tarjeta de entradas digitales SM 321, con separación galvánica 32 ED, 24 V DC(1 x 32 ED)	2,00
6ES73221BL00	Ud SMATIC S7-300, tarjeta de salidas digitales SM 322, con separación galvánica, 32 SD, 24 V DC, 0,5 A corriente total 8 A.	1,00
6ES73311KF01	Ud SIMATIC S7-300, Tarjeta de entradas analógicas SM 331, con separación galvánica, 8 EA, resolución 13 bit, resistencia/PT100, N1100, N11000, LG-N1000 tiempo de conversión 66 ms, 40 polos. (6ES7331-5HF131-0AB0)	3,00
6ES73325HF00	Ud. SIMATIC S7-300, tarjeta de salidas analógicas SM 332, con separación galvánica, 8 SA, U/I; con diagnostico, resolución 11/12.	1,00
6ES73CON32D	Ud. SIMATIC S7-300, Sistema de conexión de 32 entradas o salidas digitales, compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> - 1 Conector frontal con cable plano de vaina redonda pare tarjetas digitales de 32 entradas/salidas del S7-300, alimentación mediante terminales de tornillo vía borne elástico. (6ES7921-3AB20-0AA0) - 8 Conector, cable plano (hembra) según DIN441652, 16 polos, técnica de contacto por corte (8 piezas + 8 alivios de tracción). (6ES7921-3BE10-0AA0) - 8 Cable plano redondo con 16 hilos 0.14 mm², longitud: 30m sin apantallamiento. (6ES7923-0CC00-0AA0) - 4 Bloque de terminales TP3, 3 filas, 8 canales, conexión con cable plano de vaina redonda, contactos de tornillo. (6ES7924-0CA00-0AA0) 	3,00
6ES73C0N40A	Ud. SIMATIC S7-300, Sistema de conexión de entradas o saldas analógicas de 40 polos, compuesto por: <ul style="list-style-type: none"> - 1 Conector frontal con cable plano de vaina redonda para tarjetas analógicas (40 pines) del S7-300, alimentación mediante terminales de tornillo. (6ES7921-3AG20-0AA0) - 2 Conector, cable plano (hembra) según DIN41652, 16 polos, técnica de contacto par corte (8 piezas + 8 alivios de tracción). (6ES7921-3BE10-0AA0) - 2 Cable plano redondo con 16 hilos 0.14 mm², longitud: 30m apantallado. (6ES7923-0CD00-0BA0) - 1 Bloque de terminales TPA, 3 filas, para tarjetas analógicas del SIMATIC S7; conexión con cable plano de vaina redonda, conexiones mediante terminales de tornillo. (6ES7924-0CC0-0AA0) 	4,00

ANEXO I. ESPECIFICACIONES

CÓDIGO	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD
	Apartado EA.5 Programación e Ingeniería	
A ENG-PLC	Ud. Programación de PLC <u>Composición:</u> - 36 Entradas digitales - 8 Salidas digitales - 16 Entradas analógicas - 5 Salidas analógicas - 1 Elementos de comunicación	1,00
A ING-SCA	Ud. Programación de SCADA <u>Composición:</u> - 1 Pantalla principal del sistema - 2 Pantallas de detalle de elementos del sistema - 26 Pantallas emergentes de equipos	1,00
A. ENG-PM	Ud. Puesta en marcha	1,00