

ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS  
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



*Proyecto Fin de Máster*

**Diseño de una planta de biogás para el  
autoabastecimiento energético del pueblo  
Badostáin (Comunidad Foral de Navarra)**

**Design of a biogas plant for energy self-  
supply of Badostáin (Navarre)**

Para acceder al Título de

**MÁSTER UNIVERSITARIO EN  
INGENIERIA INDUSTRIAL**

**Autora: Carla Filloy Viñes**

**Marzo - 2022**

## RESUMEN

<b>TÍTULO</b>	Diseño de una planta de biogás para el autoabastecimiento energético del pueblo Badostáin (Comunidad Foral de Navarra)		
<b>AUTOR</b>	Carla Filloy Viñes		
<b>DIRECTOR / PONENTE</b>	Manuel Odriozola Rodríguez y Pablo Pascual Muñoz		
<b>TITULACIÓN</b>	Máster en Ingeniería Industrial	<b>FECHA</b>	27/02/2022

### PLABRAS CLAVE:

Autoabastecimiento, biodigestor, biogás, biomasa, cogeneración, renovable.

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA:

Los desajustes en la capacidad de generación eléctrica, están obligando a utilizar fuentes de producción de mayor coste marginal, como los combustibles fósiles. Esto se traduce en una subida en el precio de la electricidad y en las emisiones de gases de efecto invernadero, que a su vez supone una subida en el impuesto al CO<sub>2</sub>.

Por un lado, el Plan Energético de Navarra Horizonte 2030 propone realizar una transición energética en la que se antepone: la descarbonización, la descentralización de la generación energética, la participación activa de los consumidores y un uso más sostenible y local de los recursos. Para ello, apoya el fomento de tecnologías energéticas de origen renovable.

Por otro lado, el aprovechamiento de residuos orgánicos, como el purín, y la reducción de emisión de gases de efecto invernadero que su combustión emite frente a los combustibles fósiles convencionales, convierte el biogás en una fuente de energía renovable.

Dado el alto registro de explotaciones ganaderas que hay en Navarra, se ve necesario estudiar la ejecución de una planta de biogás que utiliza como biomasa los purines ganaderos.

### DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El proyecto trata sobre el diseño de una planta de biogás para el autoabastecimiento energético de un pueblo de 350 habitantes de la comarca de Pamplona, en la Comunidad Foral de Navarra.

La finalidad principal es integrar la economía circular descarbonizada en la generación de energía renovable y dotar al pueblo de independencia energética.

La planta será capaz de producir 81,61 m<sup>3</sup>/h de biogás a partir de purín porcino proveniente de una granja ubicada en el propio pueblo, colindante a la planta de biogás. Además, durante la producción de biogás se genera un efluente conocido como digestato, que se utilizará de biofertilizante para los cultivos del pueblo.

Para la digestión del purín, se empleará un biodigestor semicontinuo de mezcla completa con recirculación modelo hindú, a menudo conocido como reactor anaerobio de contacto.

El modo de operación propuesto consiste en alimentar un grupo motor-generator con biogás para producir 522,29 kW de energía eléctrica. Una pequeña parte de esa energía eléctrica se



destinará al consumo eléctrico de la planta y de la granja, y el resto para el abastecimiento del pueblo.

La obtención de energía eléctrica se basa en la tecnología de cogeneración. El calor que se libera en la combustión del biogás se aprovechará en el propio proceso productivo, para mantener el purín a 37°C, temperatura óptima para la digestión. Para ello, se empleará un circuito cerrado de tuberías de acero inoxidable, por las cuales circula agua, que comunica el módulo de cogeneración con el biodigestor y el tanque de recepción de biomasa o purín.

### **CONCLUSIONES / PRESUPUESTO:**

Para la ejecución de la planta de biogás diseñada en el presente Proyecto, se requiere un Presupuesto de Ejecución Material de 597.992,12€. Considerando un 13% de Gastos Generales, 6% de Beneficio Industrial y 21% de I.V.A, el Presupuesto de Ejecución por Contrata sin I.V.A asciende a la cantidad de 711.610,63 € y el Presupuesto de Ejecución por Contrata con I.V.A a la cantidad de 861.048,86 €.

### **BIBLIOGRAFÍA BÁSICA:**

- [Biogás | IDAE](#)
- [AEBIG | Biogás Agroindustrial](#)
- “Manual de biogás” María Teresa Varnero Moreno, FAO 2011
- “Biomasa: Digestores anaerobios” IDAE, octubre 2007
- [¿Cuáles son los beneficios del biogás? | OCHOCONTRES](#)
- “Balance Energético de Navarra, 2019”, Gobierno de Navarra, noviembre 2020
- “Diseño de un digestor para una planta de biogás agroindustrial”, Lucas Elordi García, junio 2017

## ABSTRACT

<b>TITLE</b>	Design of a biogas plant for energy self-supply of Badostáin (Navarre)		
<b>AUTHOR</b>	Carla Filloy Viñes		
<b>SUPERVISOR</b>	Manuel Odriozola Rodríguez y Pablo Pascual Muñoz		
<b>COURSE</b>	Master's course in Industrial Engineering	<b>DATE</b>	27/02/2022

### KEYWORDS:

Biodigester, biogas, biomass, cogeneration, renewable, self-sufficiency.

### PROBLEM APPROACH:

The disadjustments in the capacity of electricity generation are forcing to use production sources with higher marginal costs, such as fossil fuels. This leads to a rise in electricity prices and in greenhouse gas emissions, and therefore, in higher CO<sub>2</sub> taxes.

On one side, the Energetic Plan named Navarre Horizon 2030, proposes an energy transition that focuses on: decarbonisation, decentralised energy generation, customer's active participation and sustainable and local use of resources. To do so, the Plan supports the use of energetic renewable technologies.

On the other side, the harnessing of organic waste, such as slurry, and the decrease of greenhouse gas emissions as a results of replacing fossil fuels by biogas, makes biogas a renewable energy source.

Due to the high number of farms located in Navarre, it is seen as an oppotunity to study the implementation of a biogas plant that uses slurry as biomass.

### PROJECT DESCRIPTION:

The present Project is about the design of a biogas plant to energy self-supply a village of 350 inhabitants in the suburb of Pamplona, Navarre (Spain).

The main purpose is to incorporate the decarbonised circular economy into the generation of renewable energy and to grant energy independece to the village.

The plant will be able to produce 81,61 m<sup>3</sup>/h of biogas from pig slurry originating from a farm located in the village, adjoining the biogas plant. Moreover, the production of biogas generates an effluent commonly known as digestate, which can be used as biofertiliser for the crops in the village.

A Hindu full mix semi-continuous biodigester, also known as anaerobic contact reactor, will be used for the slurry digestion.

The operating mode proposed consists in using biogas to power a motor-generator group to produce 522,29 kW of electric energy. A small amount of that energy is intended to supply the plant and the farm, while the rest is used to self-supply the village.



Energy production is based on cogeneration technologies. The combustion of biogas releases heat, which can be leveraged to maintain the slurry at the aimed temperature for digestion, 37°C. To do so, water flows through a stainless steel closed pipe circuit that connects the cogeneration module with the biodigester and the reception slurry or biomass tank.

### CONCLUSIONS/BUDGET:

The material execution budget needed to build the biogas plant designed in the present Project is 597.992,12€. Considering 13% of overheads, 6% of industrial profit and 21% V.A.T rate, the contract execution budget without V.A.T. rises to the quantity of 711.610,63 € and the contract execution budget with V.A.T. to 861.048,86 €.

### BASIC BIBLIOGRAPHY:

- [Biogás | IDAE](#)
- [AEBIG | Biogás Agroindustrial](#)
- “Manual de biogás” María Teresa Varnero Moreno, FAO 2011
- “Biomasa: Digestores anaerobios” IDAE, octubre 2007
- [¿Cuáles son los beneficios del biogás? | OCHOCONTRES](#)
- “Balance Energético de Navarra, 2019”, Gobierno de Navarra, noviembre 2020
- “Diseño de un digestor para una planta de biogás agroindustrial”, Lucas Elordi García, junio 2017

# ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO I: MEMORIA Y ANEJOS

DOCUMENTO II: PLANOS

DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

DOCUMENTO V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

## DOCUMENTO I: MEMORIA Y ANEJOS

# ÍNDICE DOCUMENTO I

MEMORIA .....	6
1. Introducción y objeto .....	7
2. Titular .....	8
3. Alcance.....	9
4. Antecedentes .....	10
5. Principios de funcionamiento de una planta de biogás .....	13
5.1. Tecnología del biogás.....	13
5.2. Etapas de producción .....	18
5.3. Factores determinantes en la producción de biogás .....	19
6. Ubicación y emplazamiento .....	22
7. Bases del Proyecto .....	23
7.1. Condicionantes .....	23
7.1.1 Condicionantes legales.....	23
7.1.2 Condicionantes físicos.....	25
7.1.3 Otros condicionantes .....	26
7.2. Situación actual .....	27
8. Biodigestor y plan productivo .....	28
9. Tecnología de generación energética .....	29
10. Ingeniería del proceso .....	30
10.1. Datos de partida.....	30
10.2. Cálculos iniciales.....	31
11. Ingeniería de las obras.....	32
11.1. Estructuras.....	32
11.2. Equipamiento .....	34
12. Ingeniería de las instalaciones.....	38
12.1. Instalación hidráulica .....	38
12.1.1 Líneas de tuberías.....	38
12.1.2 Equipos de bombeo .....	38
12.2. Instalación de calefacción .....	39
12.2.1 Necesidades térmicas .....	39
12.2.2 Líneas de tuberías.....	39
12.2.3 Equipos de bombeo .....	40
12.3. Instalación de gas .....	40
12.3.1 Líneas de tuberías.....	40
12.3.2 Equipos de compresión .....	40

12.4.	Instalaciones auxiliares .....	40
12.4.1	Instalación eléctrica.....	41
12.4.2	Instalación protección contra incendios .....	41
13.	Layout .....	43
14.	Análisis de rentabilidad.....	44
14.1.	Indicadores .....	44
14.2.	Análisis de sensibilidad.....	45
15.	Conclusiones .....	46
	ANEJOS .....	47
	Anejo 1: Hoja de valoración de suelos rústicos .....	48
	Anejo 2: Cédula parcelaria.....	49
	Anejo 3: Estudio de alternativas.....	50
	Anejo 3.1: Ubicación y emplazamiento .....	50
	Anejo 3.2: Biodigestor .....	51
	Anejo 3.3: Tecnología de generación energética .....	52
	Anejo 4: Ingeniería del proceso .....	54
	Anejo 5: Cálculos constructivos y de diseño de las estructuras .....	56
	Anejo 6: Consumo de energía eléctrica.....	60
	Anejo 7: Consumo de energía térmica .....	61
	Anejo 8: Instalación de tuberías .....	65
	Anejo 8.1: Dimensionamiento línea 1 .....	65
	Anejo 8.2: Dimensionamiento línea 2.....	67
	Anejo 8.3: Dimensionamiento línea 3.....	69
	Anejo 8.4: Dimensionamiento línea 4.1 .....	69
	Anejo 8.5: Dimensionamiento línea 5.....	71
	Anejo 8.6: Dimensionamiento líneas 6, 7 y 8 .....	72
	Anejo 8.7: Dimensionamiento línea 9, 10, 11 y 12.....	76
	Anejo 9: Equipos de bombeo y compresión.....	78
	Anejo 9.1: Bomba 1 .....	78
	Anejo 9.2: Bomba 2 .....	79
	Anejo 9.3: Bomba 3 .....	80
	Anejo 9.4: Bomba 4 .....	81
	Anejo 9.5: Bomba 5 .....	82
	Anejo 9.6: Compresor .....	82
	Anejo 10: Layout.....	83
	Anejo 11: Análisis de rentabilidad.....	84
	Anejo 11.1: Datos de partida.....	84

Anejo 11.2: Análisis de sensibilidad.....	85
Anejo 12: Fichas técnicas.....	88
Anejo 12.1: Catálogo de reactores de biogás de Zorg Biogás.....	88
Anejo 12.2: Decantador de Bauer .....	89
Anejo 12.3: Filtro de carbón activado 100 m <sup>3</sup> /h de Zorg Biogás.....	95
Anejo 12.4: Enfriador de gas 100 m <sup>3</sup> /h de Zorg Biogás.....	96
Anejo 12.5: Gasómetro a presión de Zorg Biogás .....	97
Anejo 12.6: Grupo motor-generator de Caterpillar .....	98
Anejo 12.7: Agitador sumergible de Zorg Biogás .....	100
Anejo 12.8: Analizador de gas de Zorg Biogás.....	101
Anejo 12.9: Antorcha quemadora de gas abierta de Zorg Biogás.....	102
Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE .....	103
Anejo 12.11: Compresor de Zorg Biogás.....	123
Anejo 12.12: Centro de Transformación Ormazabal .....	124
BIBLIOGRAFÍA.....	129

MEMORIA

## 1. Introducción y objeto

El presente Trabajo de Fin de Máster trata sobre el diseño de una planta destinada a la producción de biogás para el autoabastecimiento eléctrico de un pueblo de 350 habitantes, situado en la Comunidad Foral de Navarra.

La planta aprovechará los purines provenientes de una granja porcina ubicada en el propio pueblo para producir biogás, utilizando un digestor anaerobio. Además de biogás, tras la digestión se libera un producto denominado digestato, que tiene un mayor valor agronómico que el purín y que se utilizará como fertilizante agrario.

El modo de operación propuesto consiste en alimentar un grupo motor-generador con biogás para producir energía eléctrica. Una pequeña parte de esa energía eléctrica se destinará al consumo eléctrico de la planta y el resto para el abastecimiento del pueblo.

La obtención de energía eléctrica se basa en la tecnología de cogeneración. Parte del calor que se produce de la combustión del biogás se aprovechará en el propio proceso de producción del biogás.

El objeto principal del trabajo es integrar la economía circular descarbonizada en la generación de energía renovable y dotar al pueblo de independencia eléctrica. Con ello, se logra contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y abaratar el coste energético del pueblo.

## 2. Titular

Las instalaciones del presente Proyecto se ubican dentro del terreno propiedad del dueño de la granja porcina.

Los datos del titular son los siguientes:

- Dirección: Plaza del Frontón, 4, Badostáin (Navarra) C.P.: 31192
- Número de teléfono: 948 222 222
- Correo electrónico: [juan.filloy@gmail.com](mailto:juan.filloy@gmail.com)

### 3. Alcance

El alcance del presente Proyecto comprende el desarrollo de los siguientes apartados:

- Investigación previa
- Estudio de posibles alternativas
- Recopilación de datos de partida
- Dimensionamiento y distribución en planta de los distintos equipos e instalaciones industriales que componen la planta
- Elaboración de planos de conjunto
- Elaboración de planos como herramienta de apoyo a los cálculos
- Ejecución de presupuesto del Proyecto
- Redacción de documento de Pliego de condiciones y Estudio de Seguridad y Salud

## 4. Antecedentes

El cambio climático y la degradación del medio ambiente son una emergencia mundial que exige soluciones coordinadas y cooperación internacional para avanzar hacia un mundo más sostenible.

Con el fin de abordar el cambio climático y sus efectos adversos, 197 países se reunieron en la Conferencia sobre el Clima de París (COP21) en 2015 y elaboraron el Acuerdo de París. El acuerdo incluye el compromiso de los países participantes de reducir sus emisiones y colaborar para hacer frente a los efectos del cambio climático. Con motivo de revisar el progreso de las metas establecidas en la COP 21, cada año se reúnen los países participantes. El pasado noviembre de 2021, tuvo lugar la COP26. De dicha conferencia, se resumen que hay dos aspectos claves para combatir efectivamente el cambio climático: la eficiencia energética y la transición energética hacia las energías renovables [1].

El objetivo a largo plazo del Acuerdo de París consiste en reducir las emisiones mundiales de gases de efecto invernadero con el fin de limitar el aumento de la temperatura media mundial muy por debajo de 2°C y mantener los esfuerzos para limitarlo a 1,5°C [2]. Desde la elaboración del acuerdo, no solo la temperatura causada por la actividad humana ha aumentado un 1,1°C, sino que se prevé alcanzar los 2,7°C para 2050.

En conformidad con el Acuerdo, la Comisión Europea elaboró El Pacto Verde Europeo, un programa que recoge una serie de iniciativas con la finalidad de hacer de Europa el primer continente neutralmente climático de aquí a 2050. Para lograrlo, uno de los objetivos más destacables es lograr la reducción de las emisiones de efecto invernadero para 2030 hasta al menos un 55% con respecto a 1990 [3].

Navarra, alineándose con la estrategia europea, elaboró el Plan Energético Horizonte 2030, que sucedió al III Plan Energético de Navarra horizonte 2020. En el nuevo plan estratégico se plantean los siguientes objetivos:

- Actuar contra el cambio climático disminuyendo las emisiones de CO<sub>2</sub>
- Avanzar hacia un mix energético que incorpore una reducción muy significativa de la energía proveniente de combustibles fósiles
- Garantizar la seguridad de suministro y reducir la pobreza energética.
- Ser líder en innovación en energía renovable

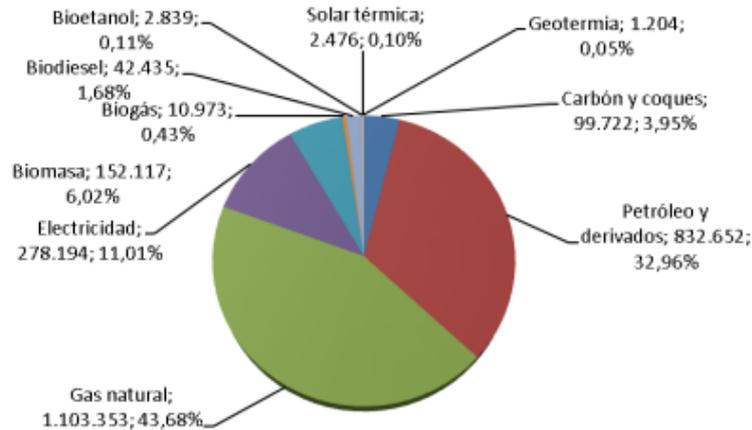


Figura 1 - Consumo energía primaria en Navarra en 2019 (TEP y %). Fuente: Balance Energético de Navarra 2019 [4]

En la actualidad, en la Comunidad Foral de Navarra existen únicamente dos centrales convencionales de biogás que produjeron la baja cantidad de 0,43% de la energía primaria consumida en 2019, de acuerdo con la Figura 1. Sin embargo, Navarra es una comunidad rica en ganadería que cuenta con 917 explotaciones porcinas, 1525 explotaciones vacunas y 2145 explotaciones ovinas, entre otras, de las cuales se podrían aprovechar los desechos orgánicos que las mismas generan para generar energía [5].

El aprovechamiento de residuos orgánicos convierte el biogás en una fuente de energía renovable. De acuerdo al Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía o IDAE, “El biogás es la única energía renovable que puede usarse para cualquiera de las grandes aplicaciones energéticas: eléctrica, térmica o como carburante” [6]. Otro de los motivos que convierte el biogás en una fuente de energía limpia es la menor cantidad de gases de efecto invernadero que su combustión emite frente a los combustibles fósiles convencionales, tales como el carbón, el petróleo y el gas natural.

La materia orgánica susceptible de ser usada como fuente de energía recibe el nombre de biomasa y consiste principalmente de residuos ganaderos y agroindustriales, los lodos de estaciones depuradoras de aguas residuales urbanas (EDAR) y la fracción orgánica de los residuos sólidos urbanos (RSU)[6]. Se define como residuo agroindustrial a aquel sustrato proveniente de deyecciones ganaderas, lodos de industrias agroalimentarias, restos de cosechas, cultivos energéticos, etc. [7].

Con el fin de participar en la transición energética y colaborar con el Plan Energético Horizonte 2030, en el presente Proyecto se diseña una planta de biogás alimentada de desechos ganaderos provenientes de una granja porcina con el fin de generar energía.

El biogás es un gas combustible compuesto por metano, dióxido de carbono y otros componentes en menores proporciones. El metano es el principal componente (entre 50% y 70% en volumen) y el que le confiere la característica de combustible. Por tanto, el valor energético de dicho gas queda determinado por la concentración de metano [7].

El biogás se produce a partir de la descomposición microbiológica de materia orgánica biodegradable en condiciones anaeróbicas, es decir, en ausencia de oxígeno [7]. La digestión

anaeróbica se caracteriza por ser un proceso muy complejo, debido a las numerosas reacciones que tienen lugar y a la cantidad de microorganismos involucrados. Los estudios realizados hasta el momento, dividen la descomposición en cuatro etapas consecutivas: hidrólisis, acidogénesis, acetogénesis y metanogénesis[8].

La descomposición anaeróbica de biomasa, además de producir biogás, genera un efluente estabilizado conocido como digestato, cuya fracción líquida es susceptible de ser usada como bioabono o biofertilizante, y con unas características que dependen de diversos factores como: el tipo de tecnología empleada, el tiempo de estabilización y la biomasa empleada para la digestión [9]. Normalmente, el bioabono presenta un mayor contenido de nitrógeno amoniacal que la materia prima, lo que presenta una ventaja productiva para los cultivos y una ventaja ambiental, puesto que contribuye en la disminución de gases de efecto invernadero, de acuerdo con un estudio realizado por el grupo de investigación de NUMAPS de la UPV [10].

## 5. Principios de funcionamiento de una planta de biogás

### 5.1. Tecnología del biogás

El proceso de obtención de biogás comienza con la recogida y almacenaje de la materia prima en un tanque de recepción y finaliza con la producción de biogás y almacenaje en el gasómetro. Para comprender las etapas involucradas a lo largo del proceso, es necesario conocer los elementos y equipos involucrados de principio a fin.

#### Tanque o depósito de recepción

Es un depósito que conforma la planta y que sirve para coleccionar, homogeneizar y almacenar la materia prima que alimenta el digestor [11].



*Figura 2 – Almacenamiento de materia prima en silo modular*

#### Equipos de bombeo y compresión

Se requieren tanto bombas como compresores para impulsar la materia en ciertas partes de la instalación. Por ejemplo, para propulsar la biomasa del interior del tanque de recepción al tanque de mezclado del biodigestor. Si no fuera lo suficientemente líquido, se podría emplear una cinta transportadora en vez de una bomba [11].

#### Cargador o dosificador

Su función es dosificar el sustrato y alimentar el biorreactor. Los hay de varios tipos: de piso rascador, piso inferior móvil y alimentación por tornillo, siendo este último el más común. Las paredes están fabricadas con materiales resistentes al desgaste [12]. Suele venir incorporado en el biodigestor.

### Digestor o biodigestor

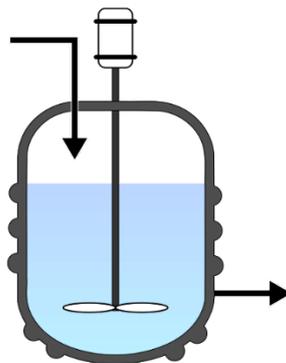
También conocido como fermentador, reactor o biorreactor. Es el elemento principal de una planta de biogás puesto que en su interior, en el tanque de mezclado, tiene lugar la fermentación anaeróbica de la biomasa y, en consecuencia, la producción de biogás. Se diseña en base al sustrato que va a digerir y a la temperatura que va a trabajar. Los digestores de purines más utilizados son los reactores de tanque agitado (CSTR) y los reactores de flujo pistón (PFR). Habitualmente se fabrican en hormigón armado [13]. Puede llevar incorporado el gasómetro en la parte superior y el cargador o dosificador.



*Figura 3 - Digestor anaeróbico cilíndrico*

### Dispositivos de mezcla

Se emplean para agitar y evitar que se formen cortezas. Se colocan de tal forma que permita la transferencia de calor y masa, asegurando la misma temperatura en todo el depósito. Son necesarios en el tanque de recepción, en el tanque de mezcla del digestor y en el tanque de residuos digeridos. Las condiciones de mezclado dependen del tipo de sustrato, de la humedad etc. Existen los siguientes tipos de mezcladores: mezcladores inclinados, de grandes palas, mezcladores sumergibles, etc. Todos ellos fabricados en acero inoxidable [11].



*Figura 4 - Reactor CSTR con mezclador sumergible vertical*

### **Desgasificador**

Se emplea antes de la entrada del digestato al decantador. Permite remover los residuos y liberar las burbujas de biogás adheridas a las partículas [14].

### **Decantador**

Se trata de un separador sólido-líquido, situado entre la salida del digestor y el tanque de residuos digeridos. Parte de la fracción sólida de los residuos digeridos continúa siendo provechosa, por lo que se recircula nuevamente al tanque de mezcla.

### **Intercambiador de calor**

Es un dispositivo diseñado para calefactar el digestor. En la digestión, es fundamental mantener la temperatura constante y en un rango de temperatura determinado para que se desarrolle la actividad de los microorganismos. La temperatura dependerá tipo de sustrato empleado y de sus condiciones. Habitualmente, las plantas de biogás están equipadas con una unidad de cogeneración, en la cual se aprovecha parte del calor producido en el ciclo termodinámico para calentar el digestor [11].

### **Gasómetro de cubierta flotante**

Recipiente hermético, resistente a la presión, a la luz ultravioleta, a la temperatura y a las condiciones meteorológicas que se emplea para recibir el biogás liberado en la digestión [11]. Se construye a modo de cúpula en la parte superior del digestor, como se observa en la imagen. Su función es recolectar el biogás producido en el digestor.



*Figura 5 - Gasómetro de doble membrana encima del biodigestor*

### **Sistema de enfriamiento y deshidratación de biogás**

El biogás pasa por un enfriador para secar el biogás: enfriándolo y eliminando el condensado. De este modo se consigue reducir la humedad relativa y, por consiguiente, aumentar el poder calorífico del biogás y evitar dañar el compresor.

### **Unidad de desulfuración**

Tecnología que se emplea para eliminar el sulfuro de hidrógeno producido en la fermentación y purificar el biogás. Se utiliza un filtro con carga de carbón activado, impregnado con yoduro de potasio. Este proceso es indispensable para cumplir con la normativa medio ambiental y de Seguridad y Salud y para evitar la corrosión de los equipos y motores.

### **Gasómetro a presión**

Recipiente hermético, resistente a la presión, a la luz ultravioleta, a la temperatura y a las condiciones meteorológicas que se emplea para almacenar a presión el biogás tratado antes de ser enviado a la unidad de cogeneración para su uso. Se emplea este segundo gasómetro por seguridad y mantenimiento.



*Figura 6 - Gasómetro de doble membrana, cúpula en forma de 1/3 D*

### **Tanque de residuos digeridos**

Depósito de almacenamiento de la materia orgánica que ya ha pasado por el digestor, conocida como digestato, y susceptible de usarse como biofertilizante.

### **Unidad de cogeneración**

Es un equipo que funciona en base a un motor de combustión interna alimentada con el biogás producido, que genera energía mecánica. Por medio de un generador, se transforma la energía mecánica en energía eléctrica. Gracias a un intercambiador de calor, se consigue aprovechar el calor proveniente de los gases de escape de la combustión.

### **Dispositivos de regulación y control**

Son instalaciones compuestas por una entrada de un sensor, una señal digital y una salida de regulación (humedad, pH, temperatura, etc.). Entre sus funcionalidades destaca evitar la emisión de malos olores y compuestos inflamables y posiblemente explosivos, que puedan afectar a la

seguridad y confort de las personas y del entorno. Algunos de estos dispositivos son: reguladores de humedad, reguladores de pH, manómetros, quemadores, válvulas, etc.

### Equipos de control con visualización

Permiten una visualización rápida y sencilla de distintos parámetros del proceso (presión, temperatura, etc.). Esto se logra con pantallas gráficas personalizables que muestran indicadores específicos del proceso.

### Sistemas de emergencia y sistemas de seguridad

Se compone de dispositivos que permiten preservar los bienes materiales y asegurar la seguridad de los trabajadores de la planta y alrededores disminuyendo el impacto de una emergencia. Algunos de los elementos más importantes son: señalización, elementos de seguridad (válvulas antirretorno, manómetros, reguladores de presión, juntas de sellado, etc.) y elementos de emergencia (apagallamas, válvulas de emergencia, apagallamas, válvula de emergencia (de presión), reguladores de presión, manómetros, válvulas antirretorno, etc. Por normativa, todas las plantas de biogás anaeróbicas deben estar equipadas con un dispositivo apagallamas, normalmente una antorcha (Figura 7). Dicho elemento permite eliminar el biogás que se ha producido en exceso y no puede ser consumido.



*Figura 7 - Antorcha vertical*

### Valvulería

En este Proyecto se emplean diversas válvulas cuyas funcionalidades se exponen a continuación.

- Válvula de retención: Este tipo de válvulas impiden el paso de un fluido en un sentido mientras que permiten el fluido libre en el otro sentido, por ello, se conocen también como válvulas unidireccionales. Se emplean en tuberías unidas a sistemas de bombeo para evitar golpes de ariete y el descebado de las bombas.

- Válvula de compuerta: Su función es elevar o abrir una compuerta para permitir o no el paso del fluido que circula por la tubería en la que está instalada la válvula.
- Válvula en ángulo: Es un elemento que permite controlar el flujo que circula por una tubería.
- Válvula de seguridad o de alivio de presión: Su función principal es evitar que la instalación sobrepase un límite de presión elevado. Cuando la presión excede el límite dado por la válvula, esta se abre.
- Válvula en T o de tres vías: Es una combinación de dos válvulas de dos vías en una sola. Permite dirigir un flujo por una u otra salida, tomar el fluido de una u otra entrada, mezclar el flujo de dos entradas en una sola salida, separar un fluido de entrada en dos salidas, etc.
- Codo estándar de 90°: Es un elemento que se utiliza para unir tuberías y cambiar la dirección del fluido que circula por ellas 90°.

## 5.2. Etapas de producción

El primer paso en la obtención de biogás es alimentar el tanque de recepción la biomasa que se desea aprovechar (deyecciones ganaderas, lodos de industrias agroalimentarias, restos de cosechas, cultivos energéticos, etc.). El sustrato, una vez homogeneizado, se transporta al cargador que se encarga de dosificar la cantidad de sustrato necesaria y suministrársela al digestor. Una vez se ha introducido la materia prima en el interior del digestor, se cierra el depósito herméticamente, para evitar la entrada de oxígeno y que comience la digestión anaeróbica [11], [15].

En el segundo paso, gracias a la falta de oxígeno y el control de algunos parámetros (relación carbono/nitrógeno, temperatura, etc.), comienza la actividad de las bacterias y los desechos orgánicos empiezan a degradarse, produciendo un gas rico en metano. Gracias a los dispositivos de mezclado, se evitan diferencias de temperatura y de masa en el interior del digestor. La descomposición lleva de varios días a varios meses.

En el tercer paso, el biogás generado en el interior del digestor se extrae y se limpia de impurezas para mejorar la calidad energética. El gas se almacena en el gasómetro a presión, listo para usarse [15].

En el cuarto paso, se alimenta el generador eléctrico con el biogás producido anteriormente y se obtiene energía eléctrica y térmica. La energía térmica se obtiene de la combustión del gas. La energía tanto eléctrica como térmica producida se emplea para el abastecimiento de la propia planta de biogás y, la que sobre, se puede emplear para dotar de electricidad y/o calefacción a otros núcleos vecinos.

Paralelamente a la producción de biogás, a medida que se va digiriendo el sustrato se va produciendo digestato que se puede tratar para comercializar como biofertilizante agrario.

El esquema de la Figura 8 resume las etapas de generación de energía a partir de biogás.

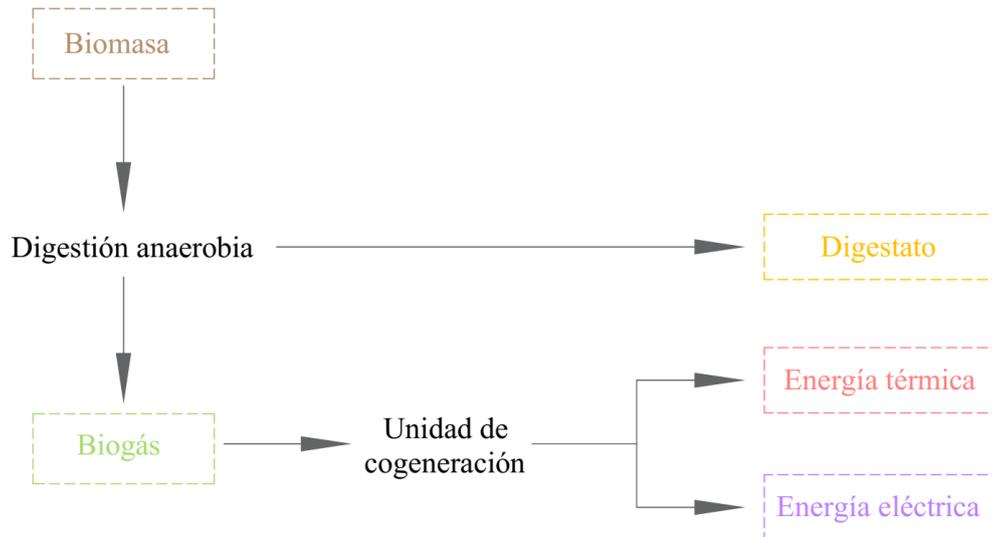


Figura 8 – Etapas de producción energética de una planta de biogás

### 5.3. Factores determinantes en la producción de biogás

Habitualmente, se mide la producción de biogás en función de la tasa de producción de metano. La metanogénesis consiste en la formación de metano durante la descomposición de la biomasa y es considerada la etapa crítica en la producción de metano y, por tanto, de biogás.

Prácticamente toda la materia orgánica es capaz de producir biogás, pero la calidad y la cantidad dependerá del tipo de residuo empleado y de las condiciones físicas del proceso.

La actividad metabólica que tiene lugar durante el proceso metanogénico es muy sensible a las condiciones ambientales y, por ello, es necesario analizar los factores más importantes [9].

#### La naturaleza y composición de la biomasa

Las materias primas que favorecen la fermentación metanogénica son muy diversas (residuos de origen vegetal, residuos de origen animal, residuos agroindustriales, etc.)

Su composición debe ser específica para favorecer el proceso microbiológico. No solo se requiere la presencia de carbono y nitrógeno, sino que se debe lograr un equilibrio específico de sales minerales (azufre, calcio, fósforo, potasio, etc.)

Los sustratos que mejor cumplen estos requisitos son los estiércoles y lodos cloacales. En ocasiones, es necesaria la adición de compuestos o un tratamiento posterior para lograr las proporciones adecuadas [9].

#### Relación carbono/nitrógeno de la biomasa

El carbono y el nitrógeno constituyen la principal fuente de alimentación de las bacterias metanogénicas. Dichas bacterias consumen 30 veces más carbono que nitrógeno, por lo que la relación óptima C/N de la materia prima está comprendida en un rango de 30:1 hasta 20:1. Por encima del rango, la descomposición transcurre más lentamente, y por debajo se produce amonio en exceso, el cual puede retener el proceso [9].

### **Niveles de sólidos totales y sólidos volátiles**

La materia orgánica está compuesta por agua y por sólidos, denominados sólidos totales. Un alto contenido de sólidos totales puede dificultar la movilidad de las bacterias metanogénicas, afectando negativamente en el proceso.

Para conocer la cantidad de agua necesaria que se debe incorporar a la mezcla inicial, es necesario conocer el porcentaje de sólidos totales. En función del tipo de digestor empleado, el porcentaje de sólidos totales admisible varía [9].

### **Temperatura del sustrato**

La temperatura es uno de los parámetros más importantes a la hora de diseñar el digestor.

Por un lado, una mayor temperatura de trabajo acelera el proceso de digestión, resultando en una mayor producción de biogás. Existen tres rangos de temperatura para este proceso:

- Rango psicofílico (<25 °C). Se considera poco viable debido a los reactores de gran tamaño que requiere.
- Rango mesofílico (25-45°C). El más utilizado actualmente.
- Rango termofílico (45-65 °C). Más inestable que el mesofílico, pero consigue mayores velocidades de reacción.

Por otro lado, es importante garantizar una temperatura homogénea de la materia prima, para evitar la desestabilización del proceso. Para que el funcionamiento del digestor sea óptimo, las variaciones de temperatura no deben exceder los 0,6-1,2 °C/día. Para ello, se necesita un sistema de agitación y un controlador de temperatura [9].

### **Tiempo de retención hidráulico (TRH)**

Se define como el tiempo que la materia orgánica permanece en el interior del reactor, expresado en días. Este parámetro está relacionado directamente con la temperatura de digestión. A mayor temperatura, mayor velocidad de reacción, menor tiempo de retención y menor volumen de reactor requerido. Sin embargo, si las temperaturas son muy elevadas, se puede desestabilizar el proceso, como se ha mencionado en el punto anterior. La fórmula que relaciona el TRH y el volumen del reactor ( $V_R$ ) es la siguiente:

$$TRH = \frac{V_R}{V}$$

Donde el TRH se expresa en días, el volumen del reactor en  $m^3$  y el caudal diario en  $\frac{m^3}{día}$  [9].

### **Nivel de acidez (pH)**

Los microorganismos metanogénicos son muy sensibles a variaciones de pH. El nivel de acidez determina la producción y la composición de biogás.

El nivel óptimo de funcionamiento es en torno a la neutralidad, el 7. Si se alcanzan valores inferiores a 6, el biogás que se produce es muy pobre en metano y, por tanto, tiene menores cualidades energéticas. Si alcanza valores superiores a 8, se puede llegar a producir amoníaco en exceso, que es inhibidor del crecimiento microbiano.

Se debe asegurar un pH neutro en la metanogénesis, debido a que es la etapa limitante del proceso anaeróbico [9].

### **Potencial redox (grado de mezclado)**

El potencial redox es una medida que mide la actividad de los electrones en una reacción química, expresada en mV. Indica cómo será el equilibrio entre los agentes oxidantes (captan electrones) y los agentes reductores (donan electrones) de la mezcla [16].

Para facilitar el crecimiento de los microorganismos anaerobios, el potencial redox debe ser negativo, es decir, el agente reductor es más fuerte que el oxidante. El rango óptimo de potencial redox es -220mV a -350mV, para un pH 7.0. A menudo, para asegurar un valor óptimo se añaden agentes reductores fuertes a la mezcla [9].

### **Presencia de compuestos tóxicos e inhibidores de la metanogénesis**

La presencia de sustancias tóxicas en exceso puede afectar negativamente en la digestión anaeróbica. Estas sustancias pueden formar parte de la propia materia prima que alimenta el digestor o surgir de la actividad metabólica de los microorganismos anaeróbicos. Cabe destacar que, muchas de esas sustancias, en bajas concentraciones pueden ser estimulantes del proceso metanogénico.

Algunas de las sustancias inhibidoras del proceso son el oxígeno, los ácidos grasos volátiles, el hidrógeno, etc. [9]

### **Agregado de inoculantes en el proceso**

El crecimiento bacteriano se divide en tres etapas consecutivas: crecimiento, estabilización y declinación. Durante la estabilización, aumenta la actividad metabólica de las bacterias con respecto a las otras dos etapas, y, en consecuencia, la producción de biogás. Para alcanzar la segunda etapa más rápidamente, se añaden agentes inoculantes a la mezcla [9].

## 6. Ubicación y emplazamiento

La granja porcina está ubicada en el término municipal de Badostáin, perteneciente al Valle de Egües en la Comunidad Foral de Navarra. Se encuentra en la parcela 51 del Camino de Zolina y tiene una superficie de 1.838,50 m<sup>2</sup>, de acuerdo con el Sistema de Información Urbanístico de Navarra (SIUN) [17].

La parcela que se ha seleccionado en el *Anejo 3.1: Ubicación y emplazamiento* para el emplazamiento de la planta de biogás es la parcela 258, colindante a la granja, con una superficie de suelo rústico de 2.011,79 m<sup>2</sup>.

Para más información acerca de la parcela, ver *Anejo 1: Hoja de valoración de suelos rústicos* y *Anejo 2: Cédula parcelaria*.

La ubicación y emplazamiento definitiva de la granja y la planta de biogás se pueden ver en el *Plano 1: Ubicación y emplazamiento*.

## 7. Bases del Proyecto

En esta sección se mencionan brevemente los condicionantes que afectan al Proyecto y se explica la situación actual.

### 7.1. Condicionantes

#### 7.1.1 Condicionantes legales

Para el diseño de la planta de biogás se ha tenido en cuenta la siguiente normativa:

##### **Normativa urbanística**

- La parcela en la cual se ubica el Proyecto está clasificada como suelo rústico no urbanizable. La normativa aplicable al Proyecto es la Ley Foral de Ordenación del Territorio y Urbanismo del Decreto Foral Legislativo 1/2017, publicada en el Boletín Oficial de Navarra el 31 de agosto de 2017 [18]
- Decreto Foral 84/1990, de 5 de abril, por el que se regula la implantación de polígonos y actividades industriales en Navarra, publicada en el Boletín Oficial de Navarra el 7 de abril de 1990 [19]

##### **Normativa sanitaria**

- Orden foral de 22 de noviembre de 1999, del consejero de agricultura, ganadería y alimentación por la que se procede a la publicación de la aprobación del código de buenas prácticas agrarias de navarra [20]
- Decreto foral 148/2003, de 23 de junio, por el que se establecen las condiciones técnicas ambientales de las instalaciones ganaderas en el ámbito de la comunidad foral de navarra [21]
- Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano [22]

##### **Normativa ambiental**

- Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines [23]
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos [24]
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados [25]
- Ley foral 17/2020, de 16 de diciembre, reguladora de las actividades con incidencia ambiental [26]
- Ley foral 4/2005, de 22 de marzo, de intervención para la protección ambiental [27]
- Ley foral 16/1989, de 5 de diciembre, de control de actividades clasificadas para la protección del medio ambiente [28]
- Decreto foral 13/2006, de 20 de febrero, por el que se regulan los subproductos animales no destinados al consumo humano [29]
- Decreto foral 6/2002, de 14 de enero, por el que se establecen las condiciones aplicables a la implantación y funcionamiento de las actividades susceptibles de emitir contaminantes a la atmósfera [30]

### **Normativa referente al uso de digestato**

- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias [31]
- Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes [32]
- Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la comercialización de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE) nº 1069/2009 y (CE) nº 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) nº 2003/2003 [33]
- Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos [24]

### **Normativa referente a las instalaciones de gas y equipos de presión**

- Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias [34]
- Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11 [35]

### **Normativa referente a la generación de energía eléctrica**

- Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica [36]
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial [37]
- Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos [38]
- Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica [39]
- Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia [40]

### **Normativa referente a instalaciones eléctricas**

- Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23 [41]
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión [42]

### **Normativa referente a instalaciones de protección contra incendios**

- Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y resistencia frente al fuego [43]
- Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios [44]
- Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales [45]

## Otras normativas

- Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas [46]

### 7.1.2 Condicionantes físicos

En base al *Apartado 5.3: Factores determinantes en la producción de biogás*, se elabora este apartado.

#### La naturaleza y composición de la biomasa

La materia orgánica que se dispone son purines porcinos con un 92% de humedad. En la realidad, al mezclar el caudal de entrada con el caudal de recirculación, la humedad baja. Sin embargo, puesto que se desconoce con exactitud la humedad del caudal de recirculación y que el volumen que supone este caudal con respecto al caudal de biomasa nueva es relativamente bajo, se supone que el caudal que entra al digestor lo hace con un 92% de humedad.

#### Relación carbono/nitrógeno de la biomasa

La relación C/N de los residuos porcinos se encuentra dentro del rango óptimo (20:1,30:1), por lo que no es necesario mezclar con materia orgánica rica en carbono, como sucede con otros tipos de desechos.

#### Niveles de sólidos totales y sólidos volátiles

El purín de cerdo tiene un 8% de materia seca, es decir, está compuesto por un bajo contenido de materia orgánica.

#### Temperatura del sustrato

Se va a trabajar en un rango de temperatura mesofílico (25-45°C). Más concretamente, se buscan los 36-38°C de trabajo en el tanque de mezclado del biodigestor. Con la ayuda de un medidor de temperatura y una calefacción y una agitación adecuada, se mantiene la temperatura constante durante la fermentación.

#### Tiempo de retención hidráulico (TRH)

El tiempo de retención hidráulico para este tipo de biomasa está entre 20-30 días. Se toman 25 días.

#### Nivel de acidez (pH)

El pH de un proceso anaeróbico se controla por la alcalinidad natural del sistema. A menudo, para mantener el pH óptimo en el tanque de mezclado, es necesaria la adición de alcalinidad utilizando químicos como el bicarbonato de sodio, hidróxido de amonio, etc. Con la ayuda de un medidor de pH y una automatización adecuada, la adición de químicos (ácido o base, según sea necesario) se realiza de manera totalmente automática [9].

#### Potencial redox (grado de mezclado)

Para asegurar un ambiente fuertemente reductor, se instaura una sonda para la medición de potencial redox, que indica si es necesaria la incorporación de agentes reductores, tales como el sulfuro [9].

### Presencia de compuestos tóxicos e inhibidores de la metanogénesis

Se debe controlar que los elementos inhibidores no alcancen las concentraciones máximas durante la fermentación. Para ello, se instala una sonda medidora de la composición de la mezcla en el interior del tanque de mezcla. Las concentraciones inhibitoras de los compuestos más comunes se muestran en la tabla.

Inhibidores	Concentración inhibitora
$SO_4^-$	5000 ppm
$NaCl$	40000 ppm
$NO_3^-$	0,05mg/ml
$Cu$	100mg/l
$Ni$	200-500 mg/l
$CN^-$	25 mg/l
$Na$	3500-5500 mg/l
$K$	2500-4500 mg/l
$Ca$	2500-4500 mg/l
$Mg$	1000-1500 mg/l
$Cr$	200 mg/l

*Concentración inhibitora en un proceso anaeróbico. Fuente: Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludges [47]*

### Agregado de inoculantes en el proceso

La adición de inoculantes es muy beneficiosa en digestores discontinuos, para acortar la primera etapa o etapa de arranque. En reactores semicontinuos o continuos, no es tan relevante su uso.

#### 7.1.3 Otros condicionantes

##### Carreteras y comunicaciones

Las carreteras que comunican la parcela con el pueblo y la ciudad están en perfectas condiciones. Además, la granja y la parcela son colindantes, lo cual supone una gran ventaja. Las comunicaciones no suponen ninguna limitación para la ejecución del Proyecto.

##### Abastecimiento de agua, suministro eléctrico y otros suministros

Las instalaciones son adecuadas, de manera que no suponen ningún inconveniente en el desarrollo del Proyecto.

##### Uso de suelo

La parcela en la que se va a emplazar el Proyecto cumple con la normativa vigente para la realización del mismo y ha sido cedida por el Ayuntamiento del Valle de Egües.

##### Mano de obra

La mano de obra no supone ningún problema ya que hay diversos núcleos de población en la zona (Valle de Egües, Valle de Aranguren, Pamplona, Burlada, etc.).

##### Agentes climáticos

Para la planificación de la obra, se deberá tener en cuenta que los meses de mayores precipitaciones son marzo, octubre y noviembre, y los meses de temperaturas más extremas enero, julio y agosto [48].

## 7.2. Situación actual

La explotación porcina de la cual se quieren aprovechar los desechos orgánicos está formada por un total de 920 cerdas reproductoras, 62 verracos y 689 lechones. Las instalaciones de la granja ocupan una superficie total de 2.270,50 m<sup>2</sup>.

Las instalaciones que conforman la granja consumen energía tanto eléctrica como térmica: sistemas de ventilación, alumbrado, bombas, motores, calderas, etc. Se estima que los equipos provistos en la granja consumen 35,30 kW de energía eléctrica.

La electricidad que logré producir la planta de biogás se destinará al abastecimiento eléctrico de la granja y la planta. La electricidad sobrante se inyectará a la red en régimen de venta.

La energía térmica útil que libera el proceso productivo de electricidad, se empleará para suplir las necesidades térmicas de la granja y la planta.

## 8. Biodigestor y plan productivo

El biodigestor se diseña en base a su finalidad, a la calidad y tipo de sustrato y a la temperatura que van a trabajar.

Se ha optado por un biodigestor semicontinuo de mezcla completa con recirculación modelo hindú o reactor anaerobio de contacto, por los motivos que se citan a continuación.

En primer lugar, la carga en el biodigestor se realizará diariamente en una carga, por lo que un biodigestor de tipo semicontinuo se adapta mejor a las circunstancias que uno continuo o uno discontinuo.

En segundo lugar, el biodigestor de mezcla completa presenta sus ventajas frente al biodigestor de flujo pistón: vida útil más larga, evita la estratificación, buen control de temperatura etc. Además, admite purines de bajo/medio contenido de materia, como es el caso (8%).

Por último, entre los modelos de biodigestores de mezcla completa, se ha escogido el modelo hindú, puesto que presenta una mayor eficiencia de producción de biogás y con recirculación, puesto que los tiempos de retención son menores y se optimiza el aprovechamiento del biogás.

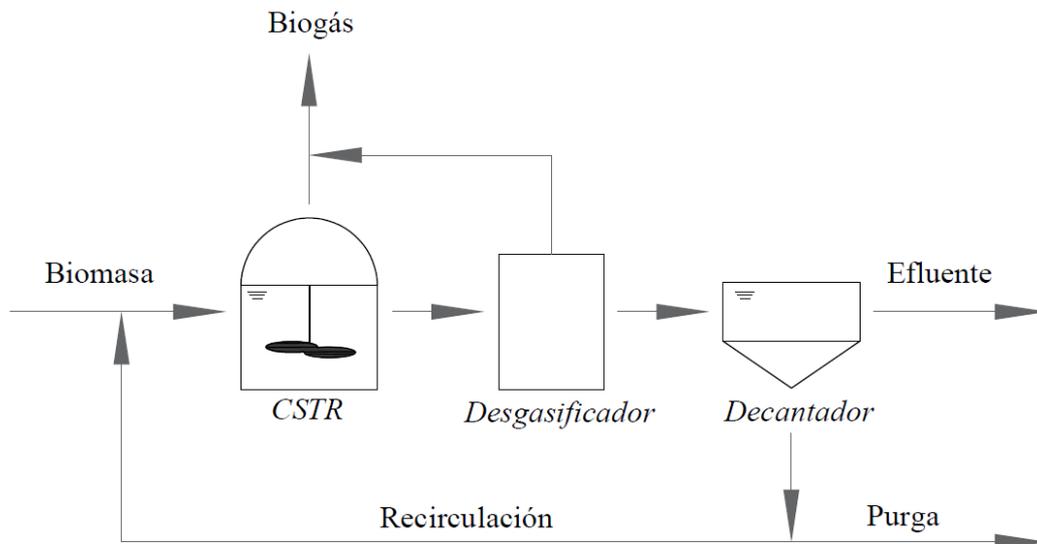


Figura 9 – Reactor anaerobio de contacto

Para obtener más información acerca los diferentes tipos de digestores, ver *Anejo 3.2: Biodigestor*.

Para maximizar el rendimiento productivo del biogás, se suele emplear la codigestión, que consiste en la digestión anaeróbica conjunta de purines y otros sustratos orgánicos de diferente origen. Sin embargo, no es aplicable a este caso, puesto que se dispone únicamente del afluente de purines provenientes de la granja. Por ello, el plan productivo consiste en la digestión simple de purines porcinos.

## 9. Tecnología de generación energética

Puesto que la demanda energética del Proyecto es principalmente eléctrica, se ha optado por un motor alternativo de combustión interna de gas (MACI) seguido de un alternador o generador para transformar la energía mecánica en eléctrica.

La conexión a la red de distribución se realiza a 13,2 kV y 50 Hz. Puesto que el grupo motor-generador produce electricidad a 400 V y 50 Hz, se requiere un Centro de Transformación con un transformador para elevar la tensión hasta la indicada.

Para establecer la conexión directa de la instalación a la red de distribución, se debe contactar con la empresa distribuidora, en este caso, Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. Red Eléctrica Española (R.E.E), es responsable de la gestión de los procedimientos reguladores de acceso y conexión a la red y posterior puesta en servicio, conforme a la normativa vigente. Si se considera que la conexión de la instalación puede afectar a la red de transporte o a la distribuidora, se elaboraría un informe de aceptabilidad para solicitar el permiso de acceso. Normalmente, para potencias inferiores a 10MW no supone un problema [49].

En cuanto a la generación de energía térmica útil, se instala una caldera recuperadora cuyo objetivo es aprovechar el calor de los gases de escape emitidos durante la combustión. El fluido caloportador empleado es agua, que alcanza una temperatura de 90°C. Se instala una red de tuberías para realizar el intercambio de calor agua-sustrato en el digestor y en el tanque de recepción.

Para obtener más información acerca de las alternativas de producción energética, ver *Anejo 3.3: Tecnología de generación energética*.

## 10. Ingeniería del proceso

En esta sección se estudian las operaciones por las que se crea energía eléctrica. El dimensionado de la planta se realiza en base a la cantidad de purín que produce la explotación porcina diariamente. En el *Anejo 4: Ingeniería del proceso*, se encuentran los cálculos realizados de manera más detallada.

Ver *Plano 3: Esquema de principio*, como herramienta de apoyo.

### 10.1. Datos de partida

#### Composición biogás

De acuerdo con diversas fuentes [7], [48], [50], la composición resultante del biogás se puede considerar la siguiente: 60% CH<sub>4</sub>, 35% CO<sub>2</sub> y 5% de otros gases.

#### Número de habitantes

En el pueblo viven actualmente 350 personas.

#### Número de cerdos

En la granja hay un total de 920 cerdas reproductoras, 62 verracos y 689 lechones.

#### Densidad del purín

La densidad del estiércol porcino es similar a la del agua, puesto que está compuesto en gran medida por orina. Se estima que la materia seca constituye un 8% aproximadamente y, por tanto, la densidad 1.260 kg<sub>sustrato</sub>/m<sup>3</sup><sub>sustrato</sub> [52], [53].

#### Temperatura media del purín

Se considera que el purín entra al digestor con temperatura exterior. La situación más desfavorable se da en el mes más frío del año.

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Día	10 °C	11 °C	15 °C	18 °C	23 °C	28 °C	32 °C	32 °C	27 °C	21 °C	14 °C	11 °C
Noche	2 °C	3 °C	4 °C	7 °C	11 °C	16 °C	20 °C	20 °C	15 °C	11 °C	6 °C	3 °C

*Figura 10 – Temperaturas promedio por el día y por la noche en Badostáin. Fuente: Cuándo visitar Badostáin [48]*

De acuerdo con la Figura 10, la temperatura más crítica son 2°C por la noche durante el mes de enero.

## Producción anual de purín

La información extraída es del Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo [46]:

- Cerda en ciclo cerrado:  $17,75 \text{ m}^3_{\text{sustrato/año}} \rightarrow 48,63 \text{ l/día}$
- Verracos:  $6,12 \text{ m}^3_{\text{sustrato/año}} \rightarrow 16,76 \text{ l/día}$
- Lechones de 6 a 20 kg:  $0,41 \text{ m}^3_{\text{sustrato/año}} \rightarrow 1,12 \text{ l/día}$

## 10.2. Cálculos iniciales

### Cálculo estimado de purín por día

La granja produce una cantidad de purín diario de  $46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato/día}}$  o, lo que es lo mismo,  $58,64 \text{ t}_{\text{sustrato/día}}$

### Caudal horario que entra al digestor

El caudal que entra al digestor es de  $1,94 \text{ m}^3_{\text{sustrato/h}}$

### Producción de biogás

La producción diaria de biogás es de  $1.958,58 \text{ m}^3_{\text{biogás/día}}$  o, lo que es lo mismo,  $81,61 \text{ m}^3_{\text{biogás/h}}$ .

### Producción eléctrica

La producción eléctrica total de la planta  $522,29 \text{ kW}$ .

### Producción térmica

La combustión del biogás para producir  $522,29 \text{ kW}$  de potencia eléctrica libera  $550 \text{ kW}$  de calor.

### Consumo eléctrico del pueblo

El consumo eléctrico del pueblo es de  $314,09 \text{ kW}$ .

### Consumo eléctrico de la planta

Ir a *Anejo 6: Consumo de energía eléctrica* para ver el desglose de potencias.

### Consumo térmico de la planta

Ir a *Anejo 7: Consumo de energía térmica* para ver el desglose de potencias.

## 11. Ingeniería de las obras

### 11.1. Estructuras

Las operaciones realizadas se pueden ver en el *Anejo 5: Cálculos constructivos y de diseño de las estructuras*.

Se recomienda ver el *Plano 2: Layout*, para ver las dimensiones reales que los equipos abarcan en la parcela, así como su distribución en la misma.

#### **Tanque o depósito de recepción**

El tanque se ha diseñado para tener un diámetro de 5,89 m y una altura de 1,97 m. Tiene una capacidad de 53,52 m<sup>3</sup>. La estructura se fabrica con hormigón armado y se cubre con una lona de PVC.

En su interior, se instala un dispositivo de agitación.

#### **Biodigestor**

El biodigestor seleccionado tiene un diámetro de 19,64 m y una altura de 5,87 m. Tiene una capacidad de 1.779,00 m<sup>3</sup>.

En su interior, se instalan dos dispositivos de agitación.

Ver ficha técnica en el *Anejo 12.1: Catálogo de reactores de biogás de Zorg Biogás*.



*Figura 11 – Biodigestor con gasómetro flexible de 1.779,00 m<sup>3</sup>*

#### **Desgasificador**

El desgasificador tiene una longitud de 6,40 m, un ancho de 3,20 m, una altura de 1,07 m y una capacidad total de 61,51 m<sup>3</sup>.

#### **Decantador**

El decantador tiene una longitud de 2,30 m, un ancho de 0,80 m, una altura de 1,23 m y una producción de hasta 35 m<sup>3</sup>/h. Ver ficha técnica en el *Anejo 12.2: Decantador de Bauer*.



*Figura 12 – Decantador S855 de la marca BAUER de 35 m<sup>3</sup>/h*

#### **Tanque de residuos digeridos**

El tanque se ha diseñado para tener un diámetro de 15,54 m y una altura de 3,89 m. Tiene una capacidad de 736,34 m<sup>3</sup>. La estructura se fabrica con hormigón armado y se cubre con una lona de PVC.

En su interior, se instalan dos dispositivos de agitación.

#### **Sistema de enfriamiento y deshidratación de biogás**

Se supone una columna de diámetro de 1 m y altura de 4,5 m para un caudal de 81,61 m<sub>biogás</sub><sup>3</sup>/h.

#### **Unidad de desulfuración**

Se supone una columna de absorción de 1 m de diámetro y 1,8 m de altura para un caudal de 81,61 m<sub>biogás</sub><sup>3</sup>/h.

#### **Gasómetro a presión**

El gasómetro escogido es en forma de ½ D. Tiene un diámetro de 20 m y una altura de 10 m. Tiene una capacidad para almacenar 1.756,0 m<sup>3</sup> de biogás. Ver ficha técnica en el *Anejo 12.5: Gasómetro a presión de Zorg Biogás*.



*Figura 13 - Gasómetro de doble membrana, cúpula en forma de  $\frac{1}{2} D$*

### **Grupo motor-generator de gas**

El motor seleccionado es capaz de producir hasta 1.085 kW (y aproximadamente la misma cantidad de potencia calorífica). Produce electricidad a 400 V y 50Hz. Las medidas de longitud, el ancho y la altura son 4,90 m, 1,73 m, 1,93 m, respectivamente. La producción de calor es de aproximadamente de la misma magnitud que la producción de potencia eléctrica. Ver ficha técnica en el *Anejo 12.6: Grupo motor-generator de Caterpillar*.



*Figura 14 – Motor-generator G3516A de Caterpillar de 1.085 kW*

## **11.2. Equipamiento**

### **Valvulería**

Las válvulas y los accesorios se instalan de la siguiente manera:

- Válvula de retención: se emplean antes de todas las bombas de la instalación.
- Válvula de compuerta: se emplean antes y después de cada equipo y elemento (tanques, biodigestor, decantador, bombas, etc.).
- Válvula en ángulo: se emplean después de cada equipo de bombeo, para regular el caudal.

- Válvula de seguridad o de alivio de presión: se emplean en todos aquellos equipos que manejen gas (gasómetro flexible y gasómetro a presión)
- Válvula en T o de tres vías: se emplea una válvula de tres vías para separar la purga de la biomasa digerida que sale del decantador, antes de recircularse al biodigestor.
- Codo estándar de 90°: la instalación se equipará con los accesorios necesarios de acuerdo al diseño, normativa y a las buenas prácticas.

La siguiente tabla recoge el número de unidades definitivas de válvulas:

	Uds.
Válvula de retención	5
Válvula de compuerta	40
Válvula en ángulo	6
Válvula de tres vías	1
Válvula reguladora de presión	3
Válvula de seguridad	4

#### *Recuento de los distintos accesorios*

Se puede ver la distribución de los accesorios de tuberías en los planos correspondientes a las instalaciones de tuberías.

#### **Dispositivos de mezcla**

Los agitadores se colocarán de manera simétrica para asegurar un mezclado correcto de todo el sustrato. Se han optado por agitadores sumergibles de 1,5 kW. Ver ficha técnica en *Anejo 12.7: Agitador sumergible de Zorg Biogás*.

En el presente Proyecto se requieren 6 agitadores, distribuidos de la siguiente manera:

- Tanque de recepción: 1
- Biodigestor: 3
- Tanque de mezcla: 2

#### **Dispositivos de regulación y control**

En primer lugar, se precisan caudalímetros en las instalaciones de tuberías, para medir el caudal de los diferentes fluidos que transportan.

Se requiere la instalación de caudalímetros:

- Cuatro en la instalación hidráulica, uno por cada fluido: biomasa, biomasa de recirculación, purga y digestato
- Uno en la instalación de calefacción, puesto que se trata de un circuito cerrado
- Dos en la instalación de gas, en las salidas de gas del biodigestor y del gasómetro

En segundo lugar, para analizar la composición de los diferentes fluidos que transportan las tuberías y detectar anomalías, se colocan analizadores de caudal:

- Cuatro en la instalación hidráulica, uno por cada fluido: biomasa, biomasa de recirculación, purga y digestato

- Uno en la instalación de calefacción, puesto que se trata de un circuito cerrado
- Tres en la instalación de biogás, cada uno con un propósito diferente:
  - Para analizar la humedad y temperatura del biogás antes de entrar al sistema de deshidratación y enfriamiento
  - Para analizar la cantidad de sulfuro a eliminar
  - Para analizar que las propiedades del biogás son correctas, antes de su entrada al grupo

Para ver la ficha técnica del modelo de analizador de biogás escogido, ver *Anejo 12.8: Analizador de gas de Zorg Biogás*

En tercer lugar, se precisan sondas de nivel en los depósitos que almacenen materia para medir el volumen de ocupación. Por ejemplo, en el tanque de recepción, en el biodigestor y en el tanque de residuos digeridos.

Por último, se adquieren cuatro medidores de temperatura, potencial redox y pH para la instalación hidráulica. Uno por cada fluido: biomasa, biomasa de recirculación, purga y digestato

### **Sistemas de emergencia y sistemas de seguridad**

Por normativa, las plantas de biogás tienen que estar equipadas con al menos un apagallamas, para eliminar el biogás en caso de que se produzca en exceso o no pueda ser consumido.

Se pueden almacenar grandes cantidades de biogás tanto en el gasómetro flexible del biodigestor, como en el gasómetro a presión. Por tanto, se necesitan dos antorchas.

Para más información sobre la antorcha escogida, ver *Anejo 12.9: Antorcha quemadora de gas abierta de Zorg Biogás*.

### **Centro de transformación**

Se instala un centro de transformación prefabricado de hormigón junto al módulo de cogeneración en el cual se incluyen los siguientes elementos:

- Transformador elevador de tensión 400/13200 V de 630 kVA
- Transformador elevador de tensión 400/13200 V de reserva de 630 kVA
- Celda general de protección
- Celda de protección del transformador
- Celda de protección del transformador de reserva
- Celda de remonte
- Celda de medida
- Contador de Baja Tensión
- Cuadro de Baja Tensión
- Cuadros de control y protección

Para más información sobre el Centro de Transformación, ver *Anejo 12.12: Centro de Transformación Ormazabal*.

### **Módulo de alojamiento de la cogeneración**

El grupo motor-generator se ubica en el interior de una caseta prefabricada tipo monobloque de hormigón. El módulo se adquiere totalmente equipado con los siguientes elementos:

- Grupo Motor-generator (aparte del MACI incluye: caldera de recuperación de gases de escape, silenciador, elementos antivibratorios)
- Aparata de Baja Tensión
- Cuadros de control y protección
- Chimenea con filtro para emisiones
- Silenciador
- Sistemas de seguridad

## 12. Ingeniería de las instalaciones

### 12.1. Instalación hidráulica

Engloba las instalaciones de purín y materias relacionadas (biomasa, biomasa de recirculación, digestato, purga).

Se recomienda ver el *Plano 3: Esquema de principio. Parte 1.*

#### 12.1.1 Líneas de tuberías

A continuación, se recoge una breve descripción de las líneas de tuberías requeridas para el correcto funcionamiento de la planta.

Para obtener más información, ver *Anejo 8: Instalación de tuberías*

##### Línea 1

Es una línea que va desde el tanque de recepción de purín hasta el tanque de mezclado del digestor. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 200 mm, para una duración de descarga de veinte minutos, y una longitud de 8,25 m.

##### Línea 2

Es una línea que va desde el tanque de mezclado del digestor hasta el desgasificador. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 200 mm, para una duración de descarga de treinta minutos, y una longitud de 11,10 m.

##### Línea 3

Es una línea que va desde el desgasificador hasta el decantador. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 90 mm, para una duración de descarga de una hora y veinte minutos, y una longitud de 0,50 m.

##### Línea 4.1

Es una línea que va desde el decantador hasta el tanque de mezclado del digestor. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 110 mm, para una duración de descarga de diez minutos, y una longitud de 12,85 m.

##### Línea 4.2

Es una línea que sale del decantador, para purgar biomasa. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 110 mm y una longitud de 25 m.

##### Línea 5

Es una línea que va desde el decantador hasta el tanque de residuos digeridos. Las tuberías son de PVC de diámetro interior de 90 mm, para una duración de descarga de sesenta minutos, y una longitud de 7,36 m.

#### 12.1.2 Equipos de bombeo

Para obtener más información acerca de los puntos de funcionamiento de las bombas, ver *Anejos 9.1: Bomba 1, 9.2 Bomba 2, 9.3 Bomba 3 y 9.4 Bomba 4.*

### **Bomba 1**

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER para impulsar un caudal de  $0,039 \text{ m}^3_{\text{sustrato/s}}$  por la línea 1.

### **Bomba 2**

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER para impulsar un caudal de  $0,030 \text{ m}^3_{\text{digestato/s}}$  por la línea 2.

### **Bomba 3**

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER para impulsar un caudal de  $0,012 \text{ m}^3_{\text{digestato/s}}$  por la línea 4.

### **Bomba 4**

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER para impulsar un caudal de  $0,008 \text{ m}^3_{\text{digestato/s}}$  por la línea 5.

## **12.2. Instalación de calefacción**

Consiste en un circuito cerrado que transporta agua como fluido caloportador. La finalidad es aprovechar el calor de los gases de escape emitidos durante la combustión de biogás en el grupo motor- generador para mantener la temperatura de la biomasa en  $37^\circ\text{C}$ , temperatura óptima para la digestión.

Se recomienda ver *Plano 3: Esquema de principio. Parte 1* y *Plano 4: Esquema de principio. Parte 2*.

### **12.2.1 Necesidades térmicas**

#### **12.2.2 Líneas de tuberías**

Es necesario sintetizar una red de intercambio de calor adecuada para aprovechar el máximo calor posible procedente del MACI.

Para obtener más información, ver *Anejo 8: Instalación de tuberías*

### **Línea 6**

Es una línea que va desde la salida del grupo motor-generador hasta la salida del biodigestor. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 32 mm y de una longitud de 263,56 m.

### **Línea 7**

Es una línea que va desde la salida del biodigestor hasta la salida del tanque de recepción. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 32 mm y una longitud de 158,66 m.

### **Línea 8**

Es una línea que va desde la salida del tanque de recepción hasta la entrada del grupo motor-generador. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 32 mm y una longitud de 16,97 m.

### 12.2.3 Equipos de bombeo

Para obtener más información, ver *Anejo 9.5: Bomba 5*.

#### **Bomba 5**

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER para impulsar un caudal de 0,00215 m<sup>3</sup><sub>agua</sub>/s por las línea 6, 7 y 8.

## 12.3. Instalación de gas

La instalación de gas está compuesta por tuberías que transportan el biogás crudo por los diferentes equipos, para su enfriamiento, deshidratación y desulfuración, con la finalidad de purificarlo para su posterior combustión en el motor alternativo de combustión interna.

Se recomienda ver *Plano 3: Esquema de principio. Parte 1* y *Plano 4: Esquema de principio. Parte 2*.

### 12.3.1 Líneas de tuberías

Para obtener más información, ver *Anejo 8: Instalación de tuberías*

#### **Línea 9**

Es una línea que va desde el biodigestor y desde el gasómetro hasta el sistema de enfriamiento y deshidratación. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 50 mm y una longitud de 42,97 m y 8,60 m.

#### **Línea 10**

Es una línea que va desde el sistema de enfriamiento y deshidratación hasta la unidad de desulfuración. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 50 mm y una longitud de 4,32 m.

#### **Línea 11**

Es una línea que va desde la unidad de desulfuración hasta el gasómetro a presión. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 50 mm y una longitud de 8,10 m.

#### **Línea 12**

Es una línea que va desde el gasómetro a presión hasta el grupo motor-generator. Las tuberías son de acero inoxidable de diámetro interior de 50 mm y una longitud de 8,35 m.

### 12.3.2 Equipos de compresión

Para obtener más información, ver *Anejo 9.6: Compresor*.

## 12.4. Instalaciones auxiliares

No son objeto del alcance de este Proyecto, las instalaciones que se exponen en esta sección. Sin embargo, se elabora una breve introducción a las mismas.

### 12.4.1 Instalación eléctrica

Se entiende por instalación eléctrica todo conjunto de aparatos y de circuitos asociados en previsión de un fin particular: producción, conversión, transformación, transmisión, distribución o utilización de la energía eléctrica.

La instalación eléctrica deberá cumplir con el Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.

#### Clasificación de la instalación

De acuerdo a la ITC-BT-04, la planta de biogás se clasifica como L-1: local de riesgo de incendio y/o explosión, por lo que independientemente de la potencia máxima prevista en la instalación, requiere la elaboración de Proyecto y no de Memoria Técnica de Diseño.

Al tratarse de una instalación a la intemperie, se clasifica además como local mojado

Será objeto de inspección inicial y periódica (5 años), por tratarse de un local de riesgo de incendio y/o explosión.

#### Instalación de puesta a tierra

Estará formada por los siguientes elementos:

- Electrodo de tierra (picas)
- Conductores de equipotencialidad
- Conductor de tierra o línea de enlace con el electrodo de tierra
- Conductores de protección

Al tratarse de una instalación a la intemperie, se clasifica además como local mojado. Esto implica que la resistencia de tierra no puede superar los 30  $\Omega$ .

#### Protección de las instalaciones

La instalación constará de las siguientes protecciones:

- Protección contra sobretensiones
- Protección contra sobreintensidades (sobrecargas y cortocircuitos) mediante interruptores magnetotérmicos
- Protección contra contactos indirectos mediante interruptores diferenciales
- Protección contra contactos directo por aislamiento de partes activas, por medio de barreras o envolventes, etc.

### 12.4.2 Instalación protección contra incendios

El objetivo de las instalaciones de protección contra incendios o PCI es proteger los bienes materiales y las personas ante un posible accidente. El riesgo de incendio en la planta objeto de este Proyecto es elevado, al trabajar con biogás, que es un material combustible.

Las instalaciones y sistemas de protección contra incendios deberán cumplir con el Real Decreto 513/2017.

#### Clasificación del fuego

En principio, los materiales metálicos en los que se construye la instalación son considerados no combustibles, por lo que no existe riesgo de fuego clase D. El metano es un gas inflamable, por lo que puede originar incendios de clase C.

## **Principales riesgos**

Los principales riesgos existentes en una planta de biogás son debidos a fugas en cualquier fase del proceso. Por ejemplo, en colectores de descarga de bombas, por sobrepresión de biogás, en líneas de distribución de biogás, en compresores, etc.

## **Zonas de riesgo**

Las principales zonas de riesgo son donde hay equipos eléctricos (grupo motor-generator, compresores, bombas, etc.) y depósitos de combustible (gasómetro a presión, biodigestor, etc).

## **Medidas de prevención, control y extinción**

La protección se centra en dos ámbitos: prevención, control y extinción.

Por un lado, la prevención se realiza mediante un correcto diseño de las instalaciones (materiales, distancias de separación, etc.) y debido cumplimiento de las labores de inspección y mantenimiento que correspondan a cada equipo o sistema.

Antes de la puesta en servicio de la instalación, se deberá disponer de un certificado de instalación firmado por la empresa instaladora y un contrato de mantenimiento con una empresa mantenedora habilitada, de acuerdo con el Real Decreto mencionado anteriormente.

Por otro lado, se deberá contar con un sistema de extinción automático de incendios y de medios manuales. El sistema automático deberá cubrir y proteger todas las zonas con riesgo de incendio, mencionadas anteriormente. Se dotaría a la planta de las siguientes instalaciones de control y extinción:

- Sistema de detección automática
- Instalación de alarma como pulsadores manuales y sirenas acústico-luminosas
- Instalaciones de emergencia como alumbrado de emergencia y señalización
- Instalaciones de extinción de incendios como bocas de incendio equipadas, hidrantes de incendio, extintores móviles y/o portátiles, etc.
- Puesto de control

## 13. Layout

La distribución en planta consiste en disponer las distintas máquinas y equipos de trabajo de la manera más óptima posible, con el fin de lograr una mayor coordinación y eficiencia en las operaciones de la planta.

Una buena distribución física de la planta, trae las siguientes ventajas:

- Reducción de riesgos laborales y aumento de seguridad y salud en el trabajo
- Incremento de la producción, y en consecuencia, reducción de costes de producción
- Menores tiempos de producción
- Ahorro de espacio
- Mayor facilidad en operaciones de mantenimiento y supervisión
- Mayor eficiencia de la maquinaria y mano de obra

El resultado final de la distribución de los equipos e instalaciones de tuberías en la planta de biogás, se pueden ver en el *Plano 2: Layout*.

Para más información acerca del criterio seguido en la ordenación de la parcela, ver *Anejo 10: Layout*.

## 14. Análisis de rentabilidad

### 14.1. Indicadores

Los indicadores económicos son herramientas financieras de cálculo que se usan para evaluar la rentabilidad de los proyectos de inversión. Los indicadores que se van a emplear son:

- Valor Actual Neto (VAN)
- Tasa Interna de Retorno (TIR)

#### PAYBACK

Es el plazo de recuperación, medido habitualmente en años, de la inversión inicial. Es un indicador que se emplea con la finalidad de hacerse una idea aproximada del tiempo que se tardará en recuperar el desembolso inicial realizado. La expresión matemática es la siguiente:

$$PAYBACK = a + \frac{I_0 - b}{FC_n}$$

Donde:

- a es el año anterior hasta recuperar la inversión inicial
- $I_0$  la inversión inicial
- b la suma de los flujos de caja hasta el periodo a
- $FC_n$  el valor del flujo de caja en el año que se recupera la inversión

#### VAN

Es un procedimiento que permite trasladar los flujos de caja futuros al momento inicial o año 0. La expresión matemática es la siguiente:

$$VAN = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

Donde:

- $I_0$  es la inversión inicial
- $FC_i$  es el flujo de caja en el periodo i
- r es la tasa de interés

A su vez, el flujo de caja se calcula como la diferencia entre ingresos ( $b_i$ ) y costes ( $c_i$ ):

$$FC_i = b_i - c_i$$

Para que la inversión del proyecto sea rentable, el VAN debe ser positivo. Esto indica que la valoración de los flujos de caja en un periodo de tiempo n es superior a la inversión inicial

#### TIR

Es un método de valoración de inversiones que analiza la rentabilidad de los flujos de caja de la inversión que se producen a lo largo de la vida útil, actualizados a tiempo cero. Se define como el máximo coste de oportunidad que el proyecto puede soportar sin que anule su rentabilidad.

Es el VAN para el cual la tasa de interés se hace cero:

$$0 = -I_0 + \sum_{i=1}^n \frac{FC_i}{(1+r)^i}$$

Para la que la inversión del proyecto sea rentable, el TIR tiene que tomar un valor igual o superior a la tasa de interés del proyecto.

## 14.2. Análisis de sensibilidad

Para obtener información más detallada acerca de los cálculos realizados en este apartado, se recomienda ver el.

El estudio económico realizado en el presente proyecto se realiza para determinar la viabilidad económica del Proyecto considerando diferentes situaciones.

Para la realización del estudio, se ha contemplado como inversión inicial 1.165.072,44 €, 5% de tasa de interés, y un valor de gastos de la instalación en 10 años de entre 80% y 120% del valor de la inversión inicial.

En el *Anejo 11.2: Análisis de sensibilidad*, se analizan cinco posibles alternativas.

De las alternativas 1, 2 y 3, a medida que aumentan los gastos de la instalación, se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- El tiempo de retorno de la inversión aumenta también
- El VAN disminuye, acercándose al cero
- El TIR disminuye, acercándose al valor límite, que es el 5%

Para las alternativas 4 y 5, el PAYBACK es superior a 10 años. Se ha supuesto que los gastos en los siguientes 10 años son iguales que para los primeros 10 años, aunque no se pueda asegurar que esto sea así. Se observa el mismo comportamiento

- El tiempo de retorno de la inversión aumenta también
- El VAN disminuye, acercándose al cero
- El TIR disminuye, acercándose al valor límite, que es el 5%

En conclusión, la peor alternativa es la que mayores gastos de instalación supone (120%) y la mejor alternativa, la que menores costes asume (80%), como era de esperar. Sin embargo, todas las alternativas tienen un VAN positivo y un valor de TIR superior a la tasa de interés escogida (5%), por lo que se consideran rentables todas las alternativas planteadas.

## 15. Conclusiones

La planta aprovechará con éxito los purines provenientes de la granja porcina para producir  $81,61 \frac{m^3_{biogás}}{h}$  biogás, que se traducen en  $522,29 kW$ . Con dicha potencia se logra abastecer energéticamente la granja, la planta de biogás y la totalidad del pueblo.

Además, se ha demostrado que con el aprovechamiento de los gases de escape de la combustión de biogás permite mantener el biodigestor y el tanque de recepción a la temperatura óptima.

En términos económicos, el proyecto se considera rentable en el rango de costes estudiado y se estima que el periodo de retorno de la inversión está entre 9 y 12 años.

En conclusión, con la ejecución del presente Proyecto, se consigue integrar la economía circular descarbonizada en la generación de energía renovable y dotar al pueblo de independencia eléctrica. Con ello, se logra contribuir a la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero y abaratar el coste energético del pueblo.

## ANEJOS

## Anejo 1: Hoja de valoración de suelos rústicos

19/10/21 13:45

Hoja de valoración

**HOJA DE VALORACIÓN DE SUELOS RÚSTICOS**

Fecha de valoración 19 de octubre de 2021

Valoración de un suelo rústico situado en EGÜÉS, de acuerdo con el Decreto Foral 39/2015, de 17 de junio:

**Datos del suelo rústico**

Referencia catastral:	EGÜÉS, 18, 258
Superficie del suelo rústico:	2.011,79 m <sup>2</sup>
Tipo de tierra (clasif. catastral):	Secano
Clase de tierra (clasif. catastral):	2

**VALORACIÓN**

Superficie de referencia:	2.011,79 m <sup>2</sup>
Valor unitario por Ha:	
Total valor unitario:	20.000,01 €
<b>VALOR TOTAL DEL SUELO RÚSTICO:</b>	<b>4.023,58 €</b>

*El valor resultante no será tenido en cuenta a efectos fiscales cuando el mismo sea inferior al declarado por los interesados o al valor de comprobación establecido mediante dictamen de peritos, estándose en tales casos al valor superior.*

Av. Carlos III, 4 - Telf.: 901 505152 - 31002 PAMPLONA (Navarra) - email: [hacienda.tributaria.navarra@navarra.es](mailto:hacienda.tributaria.navarra@navarra.es)

web: [www.cfnavarra.es/hacienda](http://www.cfnavarra.es/hacienda)

Revisión 3.0: 2015

## Anejo 2: Cédula parcelaria

Gobierno de Navarra  Nafarroako Gobernua

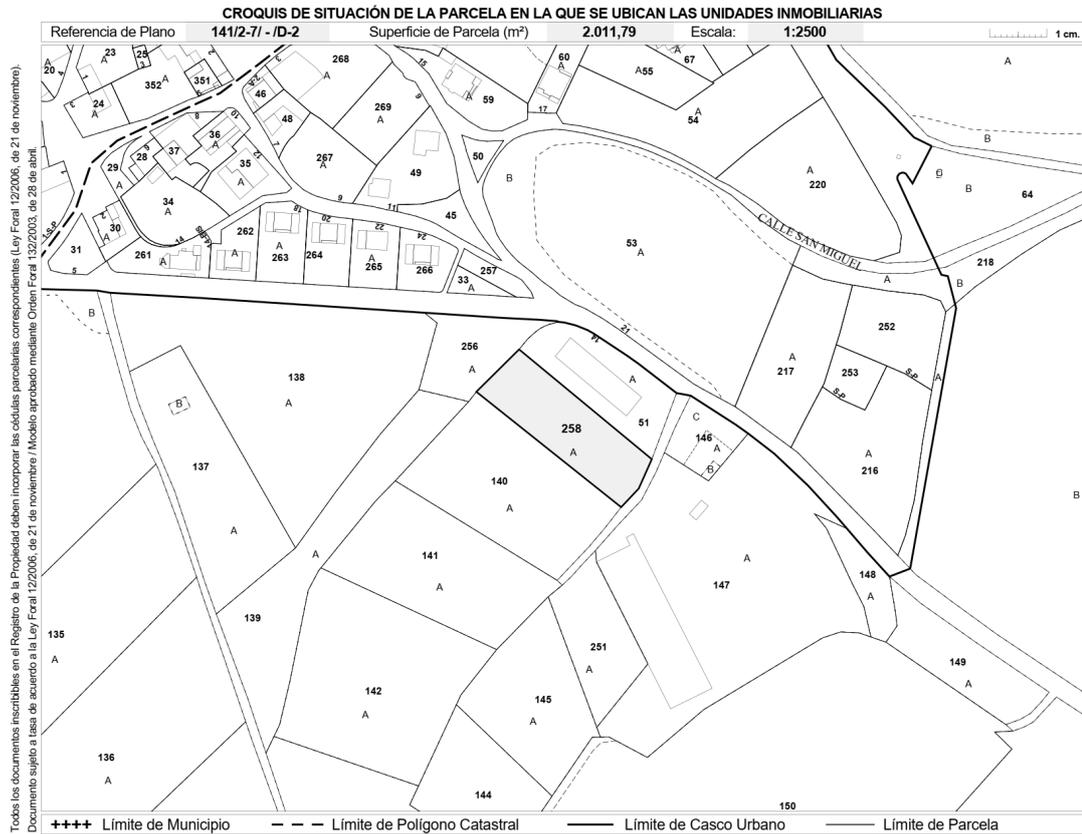
HACIENDA NAVARRA  NAFARROAKO OGASUNA

### CÉDULA PARCELARIA / LURZATI ZEDULA

Referencia Catastral provisional del Bien Inmueble 31000000001164723GD  
 Municipio EGÜÉS Cód. 86 Entidad BADOSTÁIN Cód. Seg. IYYVPZW3T8V  
 Expedida el 21/2/2022 vía Internet <https://catastro.navarra.es>

#### CÓDIGOS LOCALIZADORES Y DATOS DESCRIPTIVOS

CÓDIGOS LOCALIZADORES (*)	DIRECCIÓN O PARAJE	SUPERFICIES (m <sup>2</sup> )		USO, DESTINO O CULTIVO
		Principal	Común	
18 258 A	Camino Zolina	2.011,79		T. LABOR SECANO



Conforme a lo dispuesto en el artículo 41 de la Ley Foral 12/2006, de 21 de noviembre, la titularidad y el valor catastral son datos protegidos. Los titulares pueden acceder a sus datos previa identificación, en las oficinas del Servicio de Riqueza Territorial o por otros medios, utilizando cualquiera de los códigos de seguridad legalmente establecidos.

(\*) Los códigos localizadores se componen de Polígono, Parcela, Subárea o Subparcela y Unidad Urbana.

Lur-Ondasunen eta Ondarearen gaineko Tributuén Zerbitzua • Servicio de Riqueza Territorial y Tributos Patrimoniales  
 Carlos III, 4 • 31002 PAMPLONA/IRUÑA • Tfnoa/Tfno. 848 42 73 33 • <https://catastro.navarra.es> • [riqterri@navarra.es](mailto:riqterri@navarra.es)

Hoja 1 / 1

## Anejo 3: Estudio de alternativas

### Anejo 3.1: Ubicación y emplazamiento

Se disponen de tres parcelas libres posibles para el emplazamiento de la planta de biogás. La primera alternativa es la parcela número 256, es colindante a la granja y es la más pequeña de las tres. La segunda alternativa es la parcela número 258, también es colindante a la granja y es un poco mayor que la anterior. La tercera y última opción es la parcela 221, ubicada más lejos que las dos anteriores pero la más grande de las tres. Las tres parcelas están clasificadas como suelo no urbanizable.



Figura 15 - Vista en 3D de la granja en azul y las tres alternativas de emplazamiento

Los datos más relevantes de las tres posibles alternativas de emplazamiento se recogen en la tabla :

	Parcela	Superficie (m <sup>2</sup> )	Distancia a la granja (m)	Latitud	Longitud
Granja	51	1.838,50	-	42°47'49.76"N	1°35'32.42"O
Alternativa A	256	1.273,65	55,57	42°47'49.81"N	1°35'34.72"O
Alternativa B	258	2.011,79	37,86	42°47'48.48"N	1°35'33.47"O
Alternativa C	221	5.170,21	288,28	42°47'58.55"N	1°35'27.80"O

*Información relevante de las alternativas de emplazamiento y de la granja. Fuente: Sistema de Información Urbanístico de Navarra (SIUN) [17]*

Por un lado, se busca ubicar la planta de biogás cerca de la explotación porcina por dos motivos: para ahorrar en costes de transporte de materia prima y evitar acercar los purines al núcleo poblacional. Por ello, la alternativa C queda descartada por su mayor distancia a la granja.

Por otro lado, la alternativa B presenta una serie de ventajas frente a la alternativa A. En primer lugar, la alternativa B tiene mayor lado colindante con la granja, lo que facilita las comunicaciones. En segundo lugar, existe la posibilidad de la necesidad de un aumento de las instalaciones a largo plazo. En tercer lugar, la parcela A da a un paseo peatonal y está ligeramente más cerca del núcleo poblacional. Por tanto, la alternativa escogida es la alternativa B.

### Anejo 3.2: Biodigestor

En esta sección se plantean las diversas alternativas existentes para la digestión del purín.

El biodigestor se diseña en base a su finalidad, a la calidad y tipo de sustrato y a la temperatura que van a trabajar.

De acuerdo a la frecuencia con la que se carga el biodigestor y forma estructural, se clasifican en:

#### **Biodigestores discontinuos o Batch**

Este tipo de digestor se carga una sola vez y no se descarga hasta que no ha dejado de producir biogás. Se emplea cuando la disponibilidad de materia prima es intermitente. Este tipo de digestores pueden funcionar con hasta 40% a 60% de sólidos totales [9], [62].

#### **Biodigestores semicontinuos**

Este tipo de digestores se alimentan diariamente con una muy pequeña en comparación con el contenido total. Generalmente, producen biogás de forma continua gracias al suministro constante de sustratos. Los biodigestores semicontinuos no deben tener más de un 8% a 12% de sólidos totales [9], [62]–[64].

#### **Biodigestor de mezcla completa o de tanque agitado o CSTR**

Generalmente son estanques circulares los cuales el sustrato es mezclado de manera regular mediante agitadores. La característica principal de este tipo de biodigestores es que la carga añadida diariamente se mezcla en su totalidad con el contenido ya presente en el interior. Como consecuencia, en el efluente de descarga, sale materia sin degradar. Se emplea para sustratos bombeables, es decir con bajo contenido sólido, tales como purines o aguas residuales. Existen dos versiones: sin y con recirculación. La versión con recirculación se denomina también reactor anaerobio de contacto. Según el tipo de gasómetro empleado, hay dos modelos destacados:

- Modelo chino o de domo fijo: Tanque vertical completamente enterrado. El biogás se almacena dentro del propio sistema. Funciona a presión variable. Excelente para la producción de bioabono.
- Modelo Hindú o de domo flotante: Generalmente verticales y enterrados. Se cargan por gravedad. Buena eficiencia de producción de biogás. En su parte superior se halla el gasómetro de cubierta flotante en el cual se acumula el biogás. El gasómetro flota sobre el digestor gracias al biogás acumulado. Funciona a presión constante. Buena eficiencia en la producción de biogás.

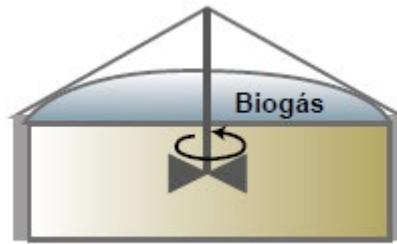


Figura 16 – Biodigestor de mezcla completa

### Biodigestor de flujo pistón o PFR

La cámara de digestión es alargada y la degradación de los residuos se produce a medida que avanzan longitudinalmente. Se emplean para sustratos con contenidos agua medios/altos, tales como purines, residuos agroindustriales con alto contenido de fibra y residuos orgánicos domiciliarios.

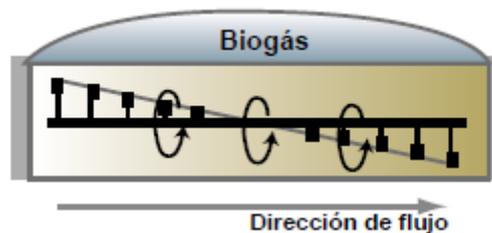


Figura 17 – Biodigestor de flujo pistón

### Biodigestores continuos

En este tipo de digestores, la carga y la descarga de materia es un proceso continuo, por lo que requiere disponibilidad permanente de desechos. Se emplean en plantas industriales grandes, generalmente para tratamiento de aguas residuales [62]

## Anejo 3.3: Tecnología de generación energética

De las tecnologías de cogeneración existentes, las más favorables para la producción de energía mecánica mediante biogás son los motores alternativos o las microturbinas, seguidos de un generador para la transformación de energía mecánica a eléctrica.

En esta sección se explican las dos posibles alternativas de generación eléctrica:

### Motor alternativo de gas

Los motores comúnmente más usados son los motores alternativos de encendido por chispa (ciclo Otto), aunque también se pueden emplear los motores alternativos de encendido por compresión (ciclo Diesel) con pequeñas modificaciones. Este tipo de motores emplea la energía térmica producida por la combustión de combustible para transformarla en energía mecánica, mediante el movimiento reciproco del pistón. El movimiento lineal del pistón se transforma en movimiento rotativo del eje mediante el sistema biela-manivela.

Habitualmente, operan de manera combinada con una caldera convencional, para mejorar la flexibilidad en los suministros de calor y electricidad. De modo que parte del combustible se destina a este equipo para cuando la energía térmica generada en el motor de biogás no sea suficiente para satisfacer las condiciones de temperatura del biodigestor.

La principal desventaja del motor de combustión es la baja relación potencia-peso. Otras desventajas son la producción de ruidos y vibraciones y la necesidad continua de refrigeración.

Este tipo de cogeneración es adecuado cuando la generación eléctrica es muy importante, puesto que son las máquinas térmicas de mejor rendimiento eléctrico. Algunas de sus ventajas son: tiempos de mantenimiento bajos, rendimiento inalterado por la carga, gas a baja presión, etc. Una ventaja destacable de este tipo de máquinas es que permiten trabajar con flujo intermitente, lo que permite adecuarse a la demanda energética de manera precisa.

### **Microturbina de gas**

Este tipo de máquinas generan energía mecánica a partir de un flujo de gas caliente procedente de la combustión. El aire comprimido se mezcla con el combustible (biogás en este caso) y se enciende en la cámara de combustión. Los gases resultantes de la combustión se dirigen a los álabes de la turbina, produciendo el movimiento rotativo del eje. El calor generado durante la combustión se envía a una caldera de aprovechamiento para elevar la temperatura del biodigestor.

Este tipo de máquinas son adecuadas cuando la demanda de calor es alta.

Las turbinas son más complejas de diseñar y fabricar que los motores alternativos, por lo que también son más caras. Además, presentan problemas de regulación, lo que supone más tiempo en responder ante variaciones de demanda y un descenso de los rendimientos.

Una ventaja de las microturbinas es la alta relación potencia-peso, por lo que son muy útiles para aplicaciones móviles. No requiere de refrigeración y son muy fiables y robustas. A pesar de ser más caras, sus costes de instalación y mantenimiento son menores.

## Anejo 4: Ingeniería del proceso

### Cálculo estimado de purín por día

Se calcula la cantidad diaria de purín de cada grupo.

- Estiércol de cerda reproductora:  $48,63 \frac{l}{día} \times 920 = 44.739,60 \frac{l}{día}$
- Estiércol de verraco:  $16,73 \frac{l}{día} \times 62 = 1037,26 \frac{l}{día}$
- Estiércol de lechón:  $1,12 \frac{l}{día} \times 689 = 771,68 \frac{l}{día}$

Sumando las tres cantidades se obtiene una cantidad de estiércol de 46.548,54 l/día o 46,54 m<sup>3</sup><sub>sustrato</sub>/día, que equivale a:

$$46,54 \frac{m^3_{sustrato}}{día} \times 1260 \frac{kg_{sustrato}}{m^3_{sustrato}} = 58.640,40 \frac{kg_{sustrato}}{día} \approx 58,64 \frac{t_{sustrato}}{día}$$

### Caudal horario que entra al digestor

El caudal que entra cada hora en el digestor :

$$Q = 46,54 \frac{m^3_{sustrato}}{día} \times \frac{1 \text{ día}}{24 \text{ h}} = 1,94 \frac{m^3_{sustrato}}{h}$$

### Producción de biogás

Se conoce que la producción de biogás es de 81 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub>/t<sub>sustrato</sub> para estiércol con 25% de materia seca [65] y 25 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub>/t<sub>sustrato</sub> para estiércol con 5% de materia seca [66]. Por tanto, se estima que para 8% de materia seca, la producción es de aproximadamente 33,40 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub>/t<sub>sustrato</sub>.

La producción diaria de biogás es:

$$58,64 \frac{t_{sustrato}}{día} \times 33,40 \frac{m^3_{biogás}}{t_{sustrato}} = 1.958,58 \frac{m^3_{biogás}}{día} \approx 81,61 \frac{m^3_{biogás}}{h}$$

### Producción eléctrica

El poder calorífico inferior del biogás con un 60% de contenido en metano es de 6,4 kWh/m<sup>3</sup><sub>biogás</sub> [67]. Si multiplicamos dicha cantidad por la producción diaria de biogás se obtiene la producción eléctrica diaria:

$$6,400 \frac{kWh}{m^3_{biogás}} \times 1.958,58 \frac{m^3_{biogás}}{día} = 12.534,91 \frac{kWh}{día} \approx 522,29 \text{ kW}$$

### Consumo eléctrico del pueblo

El consumo eléctrico per cápita en Navarra en 2017 fue 7.861,13 kWh [68], que multiplicado por los habitantes de Badostáin:

$$7.861,130 \frac{kWh}{habitante \times año} \times 350 \text{ habitantes} = 2751,400 \frac{GWh}{año} \simeq 7538,080 \frac{kWh}{día}$$

$\simeq 314,09 \text{ kW}$

## Anejo 5: Cálculos constructivos y de diseño de las estructuras

### Tanque o depósito de recepción

El tanque de recepción debe ser capaz de almacenar el purín porcino producido diariamente. Se diseña con sobredimensionado de un 15%, por si la recepción fuera mayor puntualmente. El volumen de purín diario es de  $46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$ . La balsa se diseña de forma cilíndrica, con una relación diámetro/altura de 3. Las dimensiones son las siguientes:

- $r_t$ = Radio del tanque de recepción (m)
- $d_t$ = Diámetro del tanque de recepción (m)
- $h_t$ = altura del tanque de recepción (m)

$$V_t = \pi r_t^2 h_t = \pi \frac{d_t^2}{4} h_t = \frac{\pi d_t^3}{12} = 1,15 \times 46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} = 53,52 \rightarrow d_t = 5,89 \text{ m y } h_t = 1,97 \text{ m}$$

### Biodigestor con gasómetro flexible

Para diseñar el tanque de mezclado del reactor, es necesario tener en cuenta el volumen de materia que se introduce. Puesto que el porcentaje de sólidos totales de la mezcla se encuentra entre los valores óptimos, no es necesario añadir agua. Se introduce un volumen de purín de  $46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato/día}}$  más una recirculación de  $6,95 \text{ m}^3_{\text{sustrato/día}}$ , que suma un total de  $53,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato/día}}$ . El tiempo de retención hidráulico es de 25 días. De tal modo:

- $V$ = Volumen de materia ( $\text{m}^3$ )
- $V_r$ =Volumen del tanque de mezclado ( $\text{m}^3$ )
- TRH= Tiempo de retención hidráulico (días)

$$TRH = \frac{V_r}{V} \rightarrow V_r = 25 \text{ días} \times 53,49 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{día}} = 1.337,25 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se sobredimensiona mínimo un 15% el volumen del tanque por si hubiera algún fallo, evitar que se desborde.

$$V_r = 1.337,25 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \times 1,15 = 1.537,84 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

El digestor es cilíndrico, para facilitar la homogeneización, y se busca una relación diámetro/altura cercano a 4. Las dimensiones son las siguientes:

- $r_r$ = Radio del tanque de mezclado (m)
- $d_r$ = Diámetro del tanque de mezclado (m)
- $h_r$ = altura del tanque de mezclado (m)

$$V_r = \pi r_r^2 h_r = \pi \frac{d_r^2}{4} h_r = \frac{\pi d_r^3}{16} = 1.537,84 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \rightarrow d_r = 19,86 \text{ m y } h_r = 4,97 \text{ m}$$

De un catálogo comercial de la marca ZORG Biogás de reactores de biogás, adjunto en el *Anejo 12.1 Catálogo de reactores de biogás de Zorg Biogás*, se obtienen las dimensiones y el volumen normalizado :

$$d_r = 19,64 \text{ m}$$

$$r_r = 9,82 \text{ m}$$

$$h_r = 5,87 \text{ m}$$

$$h_{cúpula} = 7,6 \text{ m} \rightarrow h_{total,r} = 13,47 \text{ m}$$

$$\frac{h_r}{d_r} = 3,35$$

$$V_r = 1.779,00 \text{ m}^3$$

### Desgasificador

Se diseña para que almacene la cantidad de volumen de digestato equivalente a 1 día, 53,49 m<sup>3</sup><sub>sustrato/día</sub>. El recipiente es cilíndrico con las tapas en forma de casquetes y está dispuesto horizontalmente.

El cilindro es el doble de largo que de ancho:

- $r_{des}$  = Radio de la parte cilíndrica del desgasificador (m)
- $d_{des}$  = Diámetro de la parte cilíndrica del desgasificador (m)
- $l_{des}$  = Longitud de la parte cilíndrica del desgasificador (m)

$$l_{des} = 2 \times d_{des} = 4 \times r_{des}$$

$$V_{des}^{cil} = \pi \times r_{des}^2 \times l_{des} = \frac{\pi}{16} \times l_{des}^3$$

La altura de los casquetes constituye 1/8 de la longitud total del desgasificador:

- $h$  = Altura del casquete del desgasificador (m)
- $a$  = Radio de la base del casquete del desgasificador (m)

$$a = r_{des} = \frac{l_{des}}{4}$$

$$h = \frac{l_{des}}{6}$$

$$V_{des}^{cas} = \frac{\pi \times h}{6} (3 \times a^2 + h^2) = \frac{31\pi}{5184} \times l_{des}^3$$

El desgasificador no se debe llenar completamente, se debe quedar un pequeño hueco para recolectar el biogás que se recupere. El volumen total, con un sobredimensionamiento de un 15%, toma la siguiente expresión:

$$V_{des} = 2 \times V_{des}^{cas} + V_{des}^{cil} = \frac{193\pi}{2592} \times l_{des}^3 = 1,15 \times 53,49 \frac{\text{m}^3_{sustrato}}{\text{día}} \times 1 \text{ día} = 61,51 \text{ m}^3_{sustrato}$$

$$\rightarrow l_{des} = 6,40 \text{ m}$$

A continuación se recogen todas las medidas finales del desgasificador:

$$l_{des} = 6,40 \text{ m}$$

$$r_{des} = a = 1,60 \text{ m}$$

$$d_{des} = 3,20 \text{ m}$$

$$h_{des} = 1,07 \text{ m}$$

### Decantador

Debe ser capaz de separar la cantidad media de  $53,49 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3$  al día, provenientes del desgasificador. Se ha seleccionado el decantador S855 de la marca BAUER [69], que tiene una capacidad de caudal de purín porcino de hasta  $35 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3/\text{hora}$ . Se calcula el tiempo de separación:

$$t_{\text{separación}} = \frac{53,49 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3}{\frac{35 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3}{h}} = 1,528 \text{ h} \approx 92 \text{ min}$$

Del catálogo del decantador, disponible en el *Anejo 12.2: Decantador Bauer*, se obtienen las medidas:

$$l_{dec} = 2,30 \text{ m}$$

$$w_{dec} = 0,80 \text{ m}$$

$$h_{dec} = 1,23 \text{ m}$$

### Tanque de residuos digeridos

Se diseña el tanque para que se vacíe cada tres semanas y con un sobredimensionado de un 15%, por si la recepción fuera mayor puntualmente. El volumen de digestato que llega al tanque de residuos digeridos de  $30,49 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3/\text{día}$ . La balsa se diseña de forma cilíndrica, con una relación diámetro/altura de 4. Las dimensiones son las siguientes:

- $r_d$ = Radio del tanque de recepción (m)
- $d_d$ = Diámetro del tanque de recepción (m)
- $h_d$ = altura del tanque de recepción (m)

$$V_d = \pi r_d^2 h_d = \pi \frac{d_d^2}{4} h_d = \frac{\pi d_d^3}{16} = 1,15 \times \frac{30,49 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3}{\text{día}} \times 21 \text{ días} = 736,34 \text{ m}_{\text{sustrato}}^3$$

$$\rightarrow d_d = 15,54 \text{ m y } h_d = 3,89 \text{ m}$$

### Sistema de enfriamiento y deshidratación de biogás

Para un caudal de  $81,61 \text{ m}_{\text{biogás}}^3/\text{h}$ , se escoge un enfriador de la marca Zorg Biogás con un flujo de entrada máximo de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  en forma de columna con diámetro de 1,0 m y altura de 4,5 m.

Más especificaciones del equipo en el *Anejo 12.4: Enfriador de gas  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  de Zorg Biogás*

### Unidad de desulfuración

Para un caudal de  $81,61 \text{ m}_{\text{biogás}}^3/\text{h}$ , se ha escogido el sistema de desulfuración con carbón activado de la marca Zorg Biogás con un flujo de entrada máximo de  $100 \text{ m}^3/\text{h}$  en forma de columna con diámetro 1,0 m y altura de 1,80 m.

Más especificaciones del equipo en el *Anejo 12.3: Filtro de carbón activado 100 m<sup>3</sup>/h de Zorg Biogás*

### Gasómetro a presión

Tanto el consumo como la producción de biogás, varían de un día a otro, en función de la demanda. El gas que se produce en el digestor es enviado por un compresor al gasómetro a presión. La presión de almacenamiento es de unas 3.5 atm, lo que permite disminuir el volumen de almacenamiento un tercio. Se supone la situación inusual en la que el día anterior se consume la mitad del caudal diario de biogás producido y ese mismo día se produce el doble de la cantidad estimada:

$$V_{g,2} = 1.958,58 \text{ Nm}^3_{\text{biogás}} \times \frac{(0,5 + 2)}{3} = 1.632,15 \text{ m}^3_{\text{biogás}}$$

Se emplea un gasómetro de doble membrana de cúpula en forma de ½ D de la marca ZORG Biogás [70] capaz de almacenar 1.756 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub>. Las dimensiones son las siguientes:

$$d_{gas} = 20,0 \text{ m}$$

$$h_{gas} = 10 \text{ m}$$

Más especificaciones del equipo en el *Anejo 12.5 Gasómetro a presión de Zorg Biogás*.

### Grupo motor-generator de gas

El digestor es capaz de producir una cantidad de 81,61 Nm<sup>3</sup><sub>biogás</sub>/h, que se traduce en 522,29 kW de potencia eléctrica y 550 kW de potencia calorífica. La mayoría de motores se diseñan para trabajar en un régimen de carga de entre el 50 y el 100%:

$$P_{motor} \times 50\% \leq 522,29 \text{ kW} \rightarrow P_{motor} \leq 1.044,58 \text{ kW}$$

Hay una diferencia considerable entre el biogás generado de manera constante y el máximo caudal admisible del motor alternativo de combustión interna. El consumo no es siempre el mismo, varía en función del momento del día y del día del año. El gasómetro es capaz de almacenar 1.756 m<sup>3</sup><sub>biogás</sub> (5.268 Nm<sup>3</sup><sub>biogás</sub>), que equivalen a 1.404,80 kW. Lo ideal sería que el motor fuera capaz de quemar todo el biogás almacenado en el gasómetro sin ningún tipo de problema. Sin embargo, se trata de un equipo muy costoso y para asegurar la correcta inversión, se debe asegurar que el motor trabaja por encima del 50% de su carga nominal, ya que si no lo hace, el rendimiento disminuye considerablemente.

Se ha escogido un motor de gas de 728,7 kW-1.041,0 kW de potencia, modelo G3516A de la marca Caterpillar [71]. Las medidas son las siguientes:

$$l_{motor} = 4,90 \text{ m}$$

$$w_{motor} = 1,73 \text{ m}$$

$$h_{motor} = 1,93 \text{ m}$$

Más especificaciones del producto en el *Anejo 12.6 Grupo motor-generator de gas de Caterpillar*.

## Anejo 6: Consumo de energía eléctrica

Por un lado, se calcula la potencia prevista de la planta de biogás en base a los diferentes equipos y máquinas que la componen. Por otro lado, se conoce la potencia que consume la granja.

Planta de biogás			
Descripción	Ud.	Potencia parcial (kW)	Potencia total (kW)
Desgasificador	1	1,80	1,80
Decantador	1	3,00	3,00
Sistema de enfriamiento y deshidratación de biogás	1	4,50	4,50
Unidad de desulfuración	1	4,20	4,20
Dispositivos de regulación y control	1	0,20	0,20
Equipos de control con visualización	1	0,10	0,10
Bomba	5	3,40	17,00
Compresor	1	1,50	1,50
Sistemas de alumbrado	-	5,00	5,00
Otros consumos (caudalímetros, analizadores, cuadros de control, ...)	-	1,00	1,00
<b>Consumo eléctrico de la planta de biogás =</b>			<b>38,30</b>

Granja	
Descripción	Potencia total (kW)
<b>Autoconsumo eléctrico de la granja =</b>	
	<b>35,30</b>

La suma del consumo eléctrico de la planta de biogás y de la granja es de 73,6 kW.

Del *Apartado 10.1: Datos de partida*, se conoce:

- Producción eléctrica = 522,29 kW
- Consumo eléctrico del pueblo = 314,09 kW

Se calcula la energía eléctrica restante para abastecer el pueblo:

$$522,29 - 73,60 = 448,69 \text{ kW} > 314,09 \text{ kW}$$

La energía eléctrica que produce la planta de biogás es suficiente para abastecer la planta de biogás, la granja y la totalidad de la población de Badostáin.

## Anejo 7: Consumo de energía térmica

El calor que se debe suministrar al digestor y al tanque de recepción se desglosa en:

- Energía térmica para aumentar la temperatura hasta la temperatura de interés
- Energía térmica para compensar las pérdidas que se producen (convección y conducción)

Se hacen una serie de suposiciones para simplificar y facilitar los cálculos:

- Se desprecia el aporte de calor por radiación
- Se desprecian las pérdidas de temperatura en las tuberías
- Se considera régimen estacionario, por lo que el digestor está ya a 37°C
- Se considera el mes más frío del año, enero (*Apartado 10.1: Datos de partida*)

Se toman los siguientes valores:

- Se supone una convección del viento  $\alpha=25 \frac{W}{(m^2 x ^\circ C)}$
- Calor específico del agua  $c=4,186 \frac{kJ}{kg x ^\circ C}$
- La densidad del agua es 1.000 kg/m<sup>3</sup>
- Conductividad térmica del hormigón armado  $\lambda_1=1,63 \frac{W}{m x ^\circ C}$
- Conductividad térmica del EPDM (cubierta biodigestor)  $\lambda_2=0,25 \frac{W}{m x ^\circ C}$
- Conductividad térmica del PVC (lona tanque recepción)  $\lambda_3=0,17 \frac{W}{m x ^\circ C}$
- Espesor del digestor y del tanque,  $\delta_1 = 1$  m
- Espesor de la cúpula del digestor y de la lona del tanque,  $\delta_2 = 1$  cm
- Temperatura del agua caliente a la entrada del digestor T1=90°C
- Temperatura del agua caliente a la salida del tanque de recepción T3
- Temperatura del agua caliente a la salida del digestor T2
- La temperatura del digestor no deber variar más de 1,2°C/día (*Apartado 4.3 Factores determinantes en la producción de biogás*)
- La temperatura exterior es  $T_{\text{exterior}}= 2^\circ\text{C}$  en enero
- Temperatura interior del digestor y del tanque,  $T_{\text{interior}}$

### Cálculo pérdidas térmicas con el exterior

Es la suma de pérdidas de convección y conducción. Se deben calcular para cada una de las diferentes partes que componen los equipos (paredes, techo, etc.).

La fórmula para calcular las pérdidas por transferencia de calor por convección y conducción entre el depósito y el exterior es la siguiente:

$$P = \frac{\Delta T}{R}$$

Donde:

- $\Delta T$  = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior
- R = resistencia térmica

La resistencia térmica viene dada por la siguiente expresión:

$$R = \frac{1}{A} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \right)$$

Donde:

- A = superficie de transmisión de calor (m)
- $\alpha$  = coeficiente de convección  $\frac{W}{(m^2 \times ^\circ C)}$
- $\lambda$  = coeficiente de conducción  $\frac{W}{m \times ^\circ C}$
- $\delta$  = espesor de la superficie de transmisión (m)

En primer lugar, se calculan las superficies de transmisión de calor:

- Cuerpo del digestor:  $A1 = \pi \times d_r \times h_r = 19,64 \times 5,87 \times \pi = 362,18 \text{ m}^2$
- Cúpula del digestor:  $A2 = \pi \times d_r^2 = 19,64^2 \times \pi = 1.211,81 \text{ m}^2$
- Cuerpo del tanque:  $A3 = \pi \times d_t \times h_t = 115,54 \times 3,89 \times \pi = 189,91 \text{ m}^2$
- Lona del tanque:  $A4 = \pi \times \frac{d_t^2}{4} = 15,54^2 \times \frac{\pi}{4} = 189,67 \text{ m}^2$

Puesto que el material de la cúpula y de las paredes del digestor es distinto, se calculan dos resistencias distintas:

$$R_{r,1} = \frac{1}{A_1} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = \frac{1}{362,18} \times \left( \frac{1}{25} + \frac{1}{1,63} \right) = 0,001804 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_{r,2} = \frac{1}{A_2} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = \frac{1}{1.211,81} \times \left( \frac{1}{25} + \frac{0,01}{0,25} \right) = 0,000066 \frac{^\circ C}{W}$$

Sumando las dos resistencias, la resistencia total del digestor queda:

$$R_r = R_{r,1} + R_{r,2} = 0,001870 \frac{^\circ C}{W}$$

El material de la lona y del cuerpo del tanque también es diferente. Se repite la operación:

$$R_{t,1} = \frac{1}{A_3} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} \right) = \frac{1}{189,91} \times \left( \frac{1}{25} + \frac{1}{1,63} \right) = 0,003441 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_{t,2} = \frac{1}{A_4} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right) = \frac{1}{189,67} \times \left( \frac{1}{25} + \frac{0,01}{0,17} \right) = 0,000521 \frac{^\circ C}{W}$$

$$R_t = R_{t,1} + R_{t,2} = 0,003962 \frac{^\circ C}{W}$$

En segundo lugar, una vez calculadas las resistencias, se calculan las pérdidas caloríficas:

$$P_{r,pérdidas} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_r} = \frac{37 - 2}{0,001870} = 18.716,58 \text{ W} \approx 18,72 \text{ kW}$$

$$P_{t,pérdidas} = \frac{T_{interior} - T_{exterior}}{R_t} = \frac{37 - 2}{0,003962} = 8.833,82 \text{ W} \approx 8,83 \text{ kW}$$

### Cálculo potencia calorífica útil

$$P = m \times c \times \Delta T = V \times \rho \times c \times \Delta T$$

Donde:

- P= potencia calorífica (kW)
- m= masa (kg o kg/día)
- c= calor específico  $\frac{kJ}{kg \times ^\circ C}$
- $\Delta T$ = cambio de temperatura ( $^\circ C$  o  $^\circ C/día$ )

Por un lado, se calcula el calor necesario a aportar al purín para elevar su temperatura  $1,2^\circ C/día$ .

Se calcula el calor a aportar al biodigestor en función del volumen de purín en su interior:

$$P_{r,útil} = V_r \times \rho \times c \times \Delta T = 1.537,84 \times 1.000 \times 4,186 \times 1,2 = 89,40 \text{ kW}$$

Se calcula el calor a aportar al tanque de recepción en función del volumen de purín que se introduce diariamente:

$$P_{t,útil} = V_t \times \rho \times c \times \Delta T = 53,54 \times 1.000 \times 4,186 \times (37 - 2) = 90,79 \text{ kW}$$

### Cálculo intercambio de calor agua-sustrato

Por otro lado, se calcula la potencia calorífica que se debe aportar al purín para que alcance la potencia dada:

$$P_{r,total} = P_{r,útil} + P_{r,pérdidas} = 18,72 + 89,40 = 108,12 \text{ kW}$$

$$P_{t,total} = P_{t,útil} + P_{t,pérdidas} = 8,83 + 90,79 = 99,62 \text{ kW}$$

Por otro lado, se calcula la potencia calorífica que aporta el agua en su paso por el digestor y el tanque, respectivamente. Se supone un caudal de  $2,15 \times 10^{-3} \text{ m}^3_{\text{agua}}/s$ :

$$P_{a,t} = V_a \times \rho \times c \times (90 - T_2) = 2,15 \times 10^{-3} \times 1.000 \times 4,186 \times (90 - T_2)$$

$$P_{a,r} = V_a \times \rho \times c \times (T_2 - T_3) = 2,15 \times 10^{-3} \times 1.000 \times 4,186 \times (T_2 - T_3)$$

SE igualan expresiones y se despeja T2 y T3:

$$P_a = P_{total}$$

$$2,15 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ C} \times (90 - T_2)^\circ C = 108,12 \text{ kW} \rightarrow T_2 = 77,99$$

$$\simeq 78 \text{ } ^\circ C$$

$$2,15 \times 10^{-3} \frac{\text{m}^3}{\text{s}} \times 1.000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \times 4,186 \frac{\text{kJ}}{\text{kg } ^\circ C} \times (78,0 - T_3)^\circ C = 99,62 \text{ kW} \rightarrow T_3 = 66,93$$

$$\simeq 67 \text{ } ^\circ C$$

El agua de vuelta al grupo motor-generator tiene que ser al menos  $20^\circ C$  inferior, es decir, la temperatura del agua de retorno debe ser como máximo  $70^\circ C$ . Por tanto, el caudal de agua supuesto es válido.

### Cálculo potencia calorífica total

De las características del motor, se conoce que produce 550 kW de potencia calorífica.

Para mantener el biodigestor y el tanque de residuos digeridos a  $37^\circ C$ , se necesita una potencia total que constituye la suma de potencia útil y pérdidas:

$$P_{total} = P_{r,total} + P_{t,total} = 108,12 + 99,62 = 207,74 \text{ kW} < 550 \text{ kW}$$

El calor sobrante se puede emplear para las diferentes necesidades térmicas de la granja (nave de partos, nave de cerdos, lavado de los cerdos, etc.).

## Anejo 8: Instalación de tuberías

Como se ve reflejado en la memoria del Proyecto, se disponen de varias líneas de tuberías para asegurar el transporte adecuado de diversas materias (biomasa, biogás, digestato, etc.)

En este anejo, se exponen los cálculos realizados para el dimensionamiento de cada una de las líneas.

Se emplea el mismo procedimiento para todas las tuberías. Para iniciar los cálculos, se necesita conocer el caudal que circula por la línea y la altura geométrica.

Se debe tener en cuenta que la velocidad de un líquido poco viscoso en el interior de una tubería de conducción debe estar comprendida entre 1,2 y 2,4 m/s, siendo lo más baja posible. De no ser así, puede producirse un deterioro mecánico de la tubería. Si el fluido se trata de aire o gas, la velocidad debe estar comprendida entre 9 y 30 m/s.

### Anejo 8.1: Dimensionamiento línea 1

La alimentación del digestor se realiza mediante una bomba que impulsa la materia del tanque de recepción al tanque de mezclado. El terreno es llano, por lo que la altura geométrica es  $h_{g,1} = h_r = 5,87$  m. La distancia horizontal entre el comienzo y el final de la tubería es  $d_{g,1} = 2,38$  m.

El caudal que debe suministrar la bomba diariamente es:

$$Q_{b,1} = Q = 46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se opta por una duración de bombeo de 20 minutos:

$$Q_{b,1} = 46,54 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \times \frac{1}{20 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 139,62 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{h}} = 0,039 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{s}}$$

Las pérdidas de carga por fricción asociadas al paso del caudal por una tubería de sección circular se expresan mediante la ecuación de Darcy-Weissbach:

$$h_{f,1} = \frac{f \times L_1 \times V_b^2}{D_1 \times 2g} = \frac{8 \times f \times L_1 \times Q_{b,1}^2}{\pi^2 \times g \times D_1^5}$$

Donde:

- $f$ = coeficiente de fricción en tuberías
- $L$ = longitud de la tubería (m)
- $V_b$ = velocidad del caudal en la tubería (m/s)
- $D$ = diámetro interno de la tubería (m)
- $g$ = aceleración de la gravedad (m/s<sup>2</sup>)
- $Q_b$ = caudal (m<sup>3</sup>/s)

Para hallar el coeficiente de fricción en las tuberías, se va a emplear la fórmula de Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{f}} = -2 \log_{10} \left( \frac{\varepsilon}{3,7 \times D} + \frac{2,51}{Re \times \sqrt{f}} \right)$$

Donde:

- $\varepsilon$ = rugosidad absoluta de la tubería
- $Re$ = número de Reynolds

Faltan por hallar la rugosidad absoluta y el número de Reynolds. Por un lado, se opta por tuberías de PVC puesto que tienen una rugosidad absoluta muy baja ( $\varepsilon=0,0015$  mm), por lo que se puede considerar despreciable el primer término del logaritmo. Por otro lado, se calcula el número de Reynolds:

$$Re_1 = \frac{V_{b,1} \times D_1 \times \rho}{\mu} = \frac{4 \times Q_{b,1} \times \rho}{\pi \times D_1 \times \mu}$$

Donde:

- $\mu$ = viscosidad dinámica (Pa/s)
- $\rho$ = densidad (kg/m<sup>3</sup>)

Puesto que no se dispone de información suficiente acerca de las propiedades del purín y que está formado en un 92% de agua, se emplean las propiedades del agua para simplificar los cálculos. El purín que se encuentra en el tanque de mezclado está a temperatura ambiente. Se supone el caso más desfavorable descrito en el *Apartado 10.1: Datos de partida*.

A 2°C, la densidad del agua es 999,9 kg/m<sup>3</sup> [72] y la viscosidad dinámica 167,1x10<sup>-5</sup> Pa x s [72]. Sustituyendo en la fórmula, queda el número de Reynolds en función del diámetro interior de la tubería:

$$Re_1 = \frac{4 \times Q_{b,1} \times \rho}{\pi \times D_1 \times \mu} = \frac{4 \times 0,039 \times 999,9}{\pi \times 167,1 \times 10^{-5} \times D_1} = \frac{29713,57}{D_1}$$

Se escogen diámetros de tubería normalizados en la norma UNE-EN 1519-1:2000 [73] y se calculan las pérdidas para varios diámetros.

Duración de la carga (min)	20	Caudal	0,039
----------------------------	----	--------	-------

Diámetro interior (mm)	160	180	200	225	250
Re	185709,81	165075,39	148567,85	132060,31	118854,28
f	0,0159	0,0162	0,0166	0,0170	0,0174
hf (m/m)	0,0191	0,0108	0,0065	0,0037	0,0022

Se ha escogido una tubería con un diámetro interior de 200 mm (velocidad de 1,24 m/s) y unas pérdidas de fricción por unidad de longitud de tubería de 0,0065 m/m.

Conocida la longitud de la tubería que conecta el tanque de recepción con el tanque de mezcla del digester obtenida del *Plano 6: Instalación hidráulica. Parte 1*, se calculan las pérdidas por fricción de esa tubería:

$$h_{f,1} = h'_{f,1} \times (L_1) = h'_{f,1} \times (h_{g,1} + d_{g,1}) = 0,0065 \times (5,87 + 2,38) = 0,05363 \text{ m} \approx 0,054 \text{ m}$$

Las pérdidas por fricción son de 0,054 m.

Una vez calculadas las pérdidas por fricción, se calculan las pérdidas localizadas de la conducción, es decir, las causadas por los accesorios (válvulas, codos, etc.).

La expresión general para las pérdidas localizadas es la siguiente:

$$h_{l,i} = k_i \times \frac{V_b^2}{2g}$$

Donde  $k_i$  es un coeficiente adimensional asociado al accesorio (válvulas, codos, uniones, etc.) [74], [75]. Las pérdidas localizadas del tramo de tubería que une el depósito de recepción con el tanque de mezcla se recogen en la siguiente tabla:

Accesorio	Unidades	K	hl (m)
Entrada redondeada ( $r/D > 0,15$ )	1	0,04	0,001
Codo estándar 90° ( $R/D=1$ )	2	0,75	0,048
Válvula de retención (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	4	0,17	0,022
Válvula en ángulo (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Salida a tanque de mezcla	1	1,00	0,032
$\Sigma h_{l,1} =$			0,232

Las pérdidas localizadas son de 0,232 m.

Finalmente, la altura de bombeo se establece como la suma de la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas:

$$H_{b,1} = h_{g,1} + h_{f,1} + h_{l,1} = 5,870 + 0,054 + 0,232 = 6,1074 \text{ m} \simeq 6,1 \text{ m}$$

## Anejo 8.2: Dimensionamiento línea 2

Una vez al día, se vacía la misma cantidad de materia orgánica que entra al tanque de mezclado, al desgasificador. El terreno es llano, por lo que la cota geométrica  $h_{g,2} = h_{des} = 4,30 \text{ m}$ . La distancia horizontal entre el comienzo y el final de la tubería es  $d_{g,2} = 6,30 \text{ m}$ .

El caudal que debe suministrar la bomba diariamente es:

$$Q_{b,2} = Q = 53,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se opta por un duración de bombeo de 30 minutos:

$$Q_{b,2} = 53,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \times \frac{1}{30 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 106,98 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{h}} = 0,030 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{s}}$$

Al igual que para la línea 1, se emplean las propiedades del agua para el digestato y se emplean tuberías de PVC.

La materia sale del tanque de mezcla a una temperatura de 37°C. A esa temperatura, la densidad del agua es 993,1 kg/m<sup>3</sup> [72] y la viscosidad dinámica 69,1x10<sup>-5</sup> Pa x s [72]. Sustituyendo en la fórmula, queda el número de Reynolds en función del diámetro interior de la tubería:

$$Re_2 = \frac{4 \times Q_{b,2} \times \rho}{\pi \times D_2 \times \mu} = \frac{4 \times 0,045 \times 993,1}{\pi \times 69 \times 10^{-5} \times D_2} = \frac{82.464,40}{D_2}$$

Se escogen diámetros de tubería normalizados en la norma UNE-EN 1519-1:2000 [73] y se calculan las pérdidas para varios diámetros.

Duración de la carga (min)	30	Caudal	0,045
----------------------------	----	--------	-------

Diámetro interior (mm)	160	180	200	225	250
Re	515402,50	458135,56	412322,00	366508,44	329857,60
f	0,0131	0,0134	0,0136	0,0139	0,0142
hf (m/m)	0,0209	0,0119	0,0071	0,0040	0,0024

Se ha escogido una tubería con un diámetro interior de 200 mm (velocidad de 1,43 m/s) y unas pérdidas de fricción por unidad de longitud de tubería de 0,0071 m/m.

Conocida la longitud de la tubería que conecta el tanque de mezcla del digestor con el tanque de residuos digeridos obtenida del *Plano 6: Instalación hidráulica. Parte I*, se calculan las pérdidas por fricción de esa tubería:

$$h_{f,2} = h'_{f,2} \times (L_2) = h'_{f,2} \times (h_{g,2} + d_{g,2}) = 0,0071 \times (4,30 + 0,50 + 6,30) = 0,07881 \text{ m} \\ \approx 0,079 \text{ m}$$

Las pérdidas por fricción son de 0,079 m.

Una vez calculadas las pérdidas por fricción, se calculan las pérdidas localizadas, que se recogen en la siguiente tabla:

Accesorio	Unidades	K	hl (m)
Entrada redondeada ( $r/D > 0,15$ )	1	0,04	0,002
Codo estándar 90° (R/D=1)	3	0,75	0,072
Válvula de retención (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	4	0,17	0,022
Válvula en ángulo (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Salida al desgasificador	1	1,00	0,032
$\Sigma h_{l,2} =$			0,257

Finalmente, la altura de bombeo se establece como la suma de la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas:

$$H_{b,2} = h_{g,2} + h_{f,2} + h_{l,2} = 4,300 + 0,079 + 0,257 = 4,636 \text{ m} \approx 4,6 \text{ m}$$

### Anejo 8.3: Dimensionamiento línea 3

La biomasa digerida, tras haber reposado en el desgasificador, pasa al decantador, donde se separa la fracción sólida de la fracción líquida.

El paso del desgasificador al decantador, se realiza por gravedad, ya que el desgasificador se sitúa inmediatamente encima. La conexión entre los dos equipos se realiza mediante una tubería de medio metro de longitud,  $d_{g,5} = 0,50 \text{ m}$ , con una válvula en ángulo automatizada. La válvula permanecerá cerrada y se abrirá una vez al día para permitir el paso de caudal.

El caudal que circula diariamente por dicha tubería es:

$$Q_3 = 53,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se escoge una tiempo de 1 hora y una velocidad del fluido de 2 m/s:

$$Q_3 = V_3 \times A_3$$

$$53,49 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{60 \text{ min}} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}_{\text{sustrato}}}{\text{s}} \times \pi \times \frac{d_3^2}{4} \rightarrow d = 0,09725 \text{ m} \approx 97,26 \text{ mm}$$

El diámetro de tubería de PVC normalizado más próximo es de 90 mm. Se recalcula la duración manteniendo la velocidad de 2 m/s:

$$53,49 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{t} \times \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} = 2 \frac{\text{m}_{\text{sustrato}}}{\text{s}} \times \pi \times \frac{0,09^2}{4} \rightarrow d = 70,067 \text{ min} \approx 1,17 \text{ h}$$

Por tanto, para una tubería de 90 mm, la duración de la descarga es de aproximadamente una hora y veinte minutos.

### Anejo 8.4: Dimensionamiento línea 4.1

Parte de la fracción sólida de la biomasa digerida, tras su paso por el decantador, se recircula de nuevo al biodigestor. El terreno es llano, por lo que la cota geométrica  $h_{g,4} = h_r = 5,87 \text{ m}$ . La distancia horizontal entre el comienzo y el final de la tubería es  $d_{g,4} = 5,98 \text{ m}$ .

El caudal que debe suministrar la bomba diariamente es:

$$Q_{b,4} = Q = 6,95 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se opta por un duración de bombeo de 10 minutos:

$$Q_{b,4} = 6,95 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \times \frac{1}{10 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 41,70 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{h}} = 0,012 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{s}}$$

Al igual que para las líneas 1 y 2, se emplean las propiedades del agua para el digestato y se emplean tuberías de PVC.

El decantador separa la materia en tan solo 92 minutos. Sin embargo, previamente ha pasado un día en el desgasificador, por lo que se encuentra a temperatura ambiente. Al igual que para la línea 1, se considera la situación más desfavorable de 2°C. A esa temperatura, la densidad del agua es 999,9 kg/m<sup>3</sup> [72] y la viscosidad dinámica 167,1x10<sup>-5</sup> Pa x s [72]. Sustituyendo en la fórmula, queda el número de Reynolds en función del diámetro interior de la tubería:

$$Re_4 = \frac{4x Q_{b,3} x \rho}{\pi x D_4 x \mu} = \frac{4 x 0,012 x 999,9}{\pi x 167,1 x 10^{-5} x D_4} = \frac{9.142,64}{D_4}$$

Se escogen diámetros de tubería normalizados en la norma UNE-EN 1519-1:2000 [73] y se calculan las pérdidas para varios diámetros.

Duración de la carga (min)	10		Caudal	0,012	
Diámetro interior (mm)	75	90	110	125	140
Re	121901,87	101584,89	83114,91	73141,12	65304,57
f	0,0173	0,0179	0,0187	0,0192	0,0197
hf (m/m)	0,0867	0,0361	0,0138	0,0075	0,0044

Se ha escogido una tubería con un diámetro interior de 110 mm (velocidad de 1,26 m/s) y unas pérdidas de fricción por unidad de longitud de tubería de 0,0138 m/m.

Conocida la longitud de la tubería que conecta el tanque de mezcla del digester con el tanque de residuos digeridos obtenida del *Plano 7: Instalación hidráulica. Parte 2*, se calculan las pérdidas por fricción de esa tubería:

$$h_{f,4} = h'_{f,4} x L_4 = h'_{f,4} x (h_{g,4} + d_{g,4}) = 0,0138x (5,87 + 1,00 + 5,98) = 0,17733 m \approx 0,18 m$$

Las pérdidas por fricción son de 0,18 m.

Una vez calculadas las pérdidas por fricción, se calculan las pérdidas localizadas, que se recogen en la siguiente tabla:

Accesorio	Unidades	K	hl (m)
Entrada redondeada (r/D > 0,15)	1	0,04	0,002
Codo estándar 90° (R/D=1)	3	0,75	0,072
Válvula de retención (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	4	0,17	0,022
Válvula en ángulo (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Válvula en T (paso a través)	1	0,40	0,013
Salida a tanque de mezcla	1	1,00	0,032
$\Sigma h_{l,4} =$			0,270

Finalmente, la altura de bombeo se establece como la suma de la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas:

$$H_{b,4} = h_{g,4} + h_{f,4} + h_{l,4} = 5,870 + 0,180 + 0,270 = 6,320 \text{ m} \approx 6,3 \text{ m}$$

## Anejo 8.5: Dimensionamiento línea 5

Parte de la fracción líquida de la biomasa digerida, tras su paso por el decantador, se transporta al tanque de residuos digeridos. El terreno es llano, por lo que la cota geométrica  $h_{g,5}=1,66 \text{ m}$ . La distancia horizontal entre el comienzo y el final de la tubería es  $d_{g,5}= 4,33 \text{ m}$ .

El caudal que debe suministrar la bomba diariamente es:

$$Q_{b,5} = Q = 30,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}$$

Se opta por un duración de bombeo de 60 minutos:

$$Q_{b,5} = 30,49 \text{ m}^3_{\text{sustrato}} \times \frac{1}{60 \text{ min}} \times \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ h}} = 30,49 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{h}} = 0,008 \frac{\text{m}^3_{\text{sustrato}}}{\text{s}}$$

Al igual que para las líneas 1, 2 y 4, se emplean las propiedades del agua para el digestato y tuberías de PVC.

El decantador separa la materia en tan solo 92 minutos. Sin embargo, previamente ha pasado un día en el desgasificador, por lo que se encuentra a temperatura ambiente. Al igual que para la línea 1, se considera la situación más desfavorable de 2°C. A esa temperatura, la densidad del agua es 999,9 kg/m<sup>3</sup> [72] y la viscosidad dinámica 167,1x10<sup>-5</sup> Pa x s [72]. Sustituyendo en la fórmula, queda el número de Reynolds en función del diámetro interior de la tubería:

$$Re_5 = \frac{4 \times Q_{b,5} \times \rho}{\pi \times D_5 \times \mu} = \frac{4 \times 0,012 \times 999,9}{\pi \times 167,1 \times 10^{-5} \times D_5} = \frac{9.142,64}{D_5}$$

Se escogen diámetros de tubería normalizados en la norma UNE-EN 1519-1:2000 [73] y se calculan las pérdidas para varios diámetros.

Duración de la carga (min)	60	Caudal	0,008
----------------------------	----	--------	-------

Diámetro interior (mm)	63	75	90	110	125
Re	145121,27	121901,87	101584,89	83114,91	73141,12
f	0,0167	0,0113	0,0179	0,0187	0,0192
hf (m/m)	0,0890	0,0252	0,0160	0,0061	0,0033

Se ha escogido una tubería con un diámetro interior de 90 mm (velocidad de 1,26 m/s) y unas pérdidas de fricción por unidad de longitud de tubería de 0,0160 m/m.

Conocida la longitud de la tubería que conecta el tanque de mezcla del digestor con el tanque de residuos digeridos obtenida del *Plano 7: Instalación hidráulica. Parte 2*, se calculan las pérdidas por fricción de esa tubería:

$$h_{f,5} = h'_{f,5} \times L_5 = h'_{f,5} \times (h_{g,5} + d_{g,5}) = 0,0160 \times (1,66 + 4,33) = 0,11776 \text{ m} \approx 0,12 \text{ m}$$

Las pérdidas por fricción son de 0,12 m.

Una vez calculadas las pérdidas por fricción, se calculan las pérdidas localizadas, que se recogen en la siguiente tabla:

Accesorio	Unidades	K	hl (m)
Entrada redondeada ( $r/D > 0,15$ )	1	0,04	0,002
Codo estándar 90° ( $R/D=1$ )	2	0,75	0,048
Válvula de retención (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	4	0,17	0,022
Válvula en ángulo (totalmente abierta)	1	2,00	0,064
Salida a tanque de mezcla	1	1,00	0,032
$\Sigma h_{l,5} =$			0,233

Finalmente, la altura de bombeo se establece como la suma de la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas:

$$H_{b,5} = h_{g,5} + h_{f,5} + h_{l,5} = 1,660 + 0,120 + 0,233 = 2,023 \text{ m} \approx 2,0 \text{ m}$$

### Anejo 8.6: Dimensionamiento líneas 6, 7 y 8

Se recomienda ver *el Plano 8: Instalación de calefacción. Parte 1* y *Plano 9: Instalación de calefacción. Parte 2*.

La instalación de calefacción se divide en tres tramos de tuberías:

- Línea 6 que, a su vez, se divide en dos tramos:
  - Tramo 6.1: va de la salida del grupo motor-generator hasta la entrada al digestor
  - Tramo 6.2: se corresponde con todo el tramo de tubería que recorre el interior del digestor hasta su salida
- Línea 7 que, a su vez, se divide en dos tramos:
  - Tramo 7.1: va de la salida del digestor hasta la entrada al tanque de recepción
  - Tramo 7.2: se corresponde con todo el tramo de tubería que recorre el interior del tanque de recepción hasta su salida
- Línea 8: va de la salida del tanque de residuos digeridos de vuelta al módulo de cogeneración

#### Línea 6

Se toman las siguientes consideraciones:

- Velocidad del agua,  $v_a \geq 2 \text{ m/s}$
- Tuberías de acero inoxidable 304  $\lambda = 20 \frac{W}{m^2C}$
- Tuberías de espesor  $\delta = 2 \text{ cm}$

- Convección debida a los mezcladores  $\alpha = 100 \frac{W}{(m^2 \times ^\circ C)}$
- Se considera la temperatura media del agua en el interior de la tubería

Conocido el caudal del *Apartado 9.1 Necesidades térmicas* y considerando una velocidad del agua de 2 m/s, se puede calcular el diámetro de la tubería:

$$Q_a = v_a \times A = 2 \times \frac{\pi}{4} \times d_6^2 = 2,15 \times 10^{-3} \frac{m}{s} \rightarrow d_6 \leq 0,037 \text{ mm}$$

Se escoge el diámetro de tubería normalizado en la norma UNE-EN 1519-1:2000 [73] inmediatamente inferior, que es 32 mm, y se recalcula la velocidad del agua por la tubería:

$$Q_a = v_a \times \frac{\pi}{4} \times d_6^2 = 2,15 \times 10^{-3} \frac{m}{s} \rightarrow v_a = 2,67 \frac{m}{s} \geq 2 \frac{m}{s}$$

La línea 6 comprende el tramo desde el grupo motor-generator hasta la salida del biodigestor, una vez finalizado el intercambio de calor con el mismo. Se conoce la distancia hasta la entrada del digestor (L6.1) pero se desconoce el tramo de tubería que recorre su interior (L6.2)

La expresión de transferencia térmica:

$$(1): Q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{A} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \right)}$$

Donde:

- $\Delta T$  = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior
- R = resistencia térmica
- A = superficie de transmisión de calor (m)
- $\alpha$  = coeficiente de convección  $\frac{W}{(m^2 \times ^\circ C)}$
- $\lambda$  = coeficiente de conducción  $\frac{W}{m \times ^\circ C}$
- $\delta$  = espesor de la superficie de transmisión (m)

En primer lugar, la superficie de contacto de la tubería con el purín se expresa a continuación:

$$A = \pi \times d_6 \times L_{6,2} = 32 \times 10^{-3} \times \pi \times L_{6,2}$$

En segundo lugar, la resistencia térmica del tramo L6.2 de tubería queda así:

$$R = \frac{1}{32 \times 10^{-3} \times \pi \times L_{6,2}} \times \left( \frac{1}{100} + \frac{0,02}{20} \right) = \frac{0,1092}{L_{6,2}}$$

En tercer lugar, se calculan las pérdidas caloríficas del agua en su paso por el digestor. Se toman los datos del *Apartado 6: Necesidades térmicas*:

- $Q_a = \frac{2,15 \times 10^{-3} m^3}{s}$
- Calor específico del agua  $c = 4,186 \frac{kJ}{kg \times ^\circ C}$
- La densidad del agua  $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- $T_2 = 78^\circ C$
- La temperatura media del agua en el interior de la tubería,  $\frac{90+78}{2} = 84^\circ C$

$$(2): P = Q_a \times c \times \rho \times \Delta T = \frac{2,15 \times 10^{-3} m_a^3}{s} \times 1.000 \frac{kg_a}{m_a^3} \times 4,186 \frac{kJ}{kg_a \times ^\circ C} \times (90 - 78)$$

$$\approx 108,12 kW$$

En quinto lugar, se igualan las expresiones y se calculan las vueltas de tubería a la que equivale esa longitud en función del perímetro:

$$(1) = (2)$$

$$108,12 kW = \frac{84 - 37}{\frac{0,1092}{L_{6,2}}} \rightarrow L_{6,2} = 251,21 m$$

$$n = \frac{251,21}{29 \times \pi} \geq 2,75$$

Por último, se obtienen las cotas que faltan y se calcula la longitud del tramo de línea 6:

$$L_6 = 6,48 + 251,21 + 5,87 = 263,56 m$$

### Línea 7

Se toman las siguientes consideraciones:

- Diámetro de tubería 32 mm
- Tuberías de acero inoxidable 304  $\lambda = 20 \frac{W}{m^\circ C}$
- Tuberías de espesor  $\delta = 2$  cm
- Convección debida a los mezcladores  $\alpha = 100 \frac{W}{(m^2 \times ^\circ C)}$
- Se considera la temperatura media del agua en el interior de la tubería

Se conoce la distancia hasta la entrada del tanque (L7.1) pero se desconoce el tramo de tubería que recorre su interior (L7.2)

La expresión de transferencia térmica:

$$(1): Q = \frac{\Delta T}{R} = \frac{\Delta T}{\frac{1}{A} \times \left( \frac{1}{\alpha} + \frac{\delta}{\lambda} \right)}$$

Donde:

- $\Delta T$  = diferencia de temperatura entre el interior y el exterior
- R = resistencia térmica
- A = superficie de transmisión de calor (m)
- $\alpha$  = coeficiente de convección  $\frac{W}{(m^2 \times ^\circ C)}$
- $\lambda$  = coeficiente de conducción  $\frac{W}{m \times ^\circ C}$
- $\delta$  = espesor de la superficie de transmisión (m)

En primer lugar, la superficie de contacto de la tubería con el purín se expresa a continuación:

$$A = \pi \times d_7 \times L_{7,2} = 32 \times 10^{-3} \times \pi \times L_{7,2}$$

En segundo lugar, la resistencia térmica del tramo L7.2 de tubería queda así:

$$R = \frac{1}{32 \times 10^{-3} \times \pi \times L_{7.2}} \times \left( \frac{1}{100} + \frac{0.02}{20} \right) = \frac{0,1092}{L_{7.2}}$$

En tercer lugar, la temperatura media del agua en el interior de la tubería, suponiendo una temperatura de 70°C a la salida y conociendo la temperatura de entrada de 80°C, es de 75°C.

En cuarto lugar, se calculan las pérdidas caloríficas del agua en su paso por el digester. Se toman los datos del *Apartado 12.2.1: Necesidades térmicas*:

- $Q_a = \frac{2,15 \times 10^{-3} m^3}{s}$
- Calor específico del agua  $c = 4,186 \frac{kJ}{kg \times ^\circ C}$
- La densidad del agua  $\rho = 1.000 \text{ kg/m}^3$
- $T_3 = 67^\circ C$
- La temperatura media del agua en el interior de la tubería,  $\frac{67+78}{2} = 72,5^\circ C$

$$(2): P = Q_a \times c \times \rho \times \Delta T = \frac{2,15 \times 10^{-3} m_a^3}{s} \times 1.000 \frac{kg_a}{m_a^3} \times 4,186 \frac{kJ}{kg_a \times ^\circ C} \times (78 - 67) \\ \approx 99,62 \text{ kW}$$

En quinto lugar, se igualan las expresiones y se calculan las vueltas de tubería a la que equivale esa longitud en función del perímetro:

$$(1) = (2)$$

$$99,62 \text{ kW} = \frac{72,5 - 2}{\frac{0,1092}{L_{7.2}}} \rightarrow L_{7.2} = 154,31 \text{ m}$$

$$n = \frac{154,31}{5,89 \times \pi} \geq 8,33$$

Por último, se obtienen las cotas que faltan y se calcula la longitud del tramo de línea 7:

$$L_7 = 2,38 + 154,31 + 1,97 = 158,66 \text{ m}$$

### Línea 8

Corresponde al tramo de la tubería de la calefacción que va de la salida del tanque de residuos digeridos de vuelta al módulo de cogeneración.

Como se ha mencionado en la Sección 6: Necesidades térmicas, se desprecian las pérdidas en las tuberías. Por tanto, la temperatura se mantiene constante a 68°C todo el tramo.

Se obtiene la longitud de línea del *Plano 9: Instalación de calefacción. Parte 2*:

$$L_8 = 16,97 \text{ m}$$

### Pérdidas por fricción y localizadas

Se calcula el número de Reynolds para unas propiedades del agua a 70°C. A esa temperatura, la densidad del agua es 971,8 kg/m<sup>3</sup> [72] y la viscosidad dinámica 35,5 x10<sup>-5</sup> Pa x s [72]. Sustituyendo en la fórmula, queda el número de Reynolds en función del diámetro interior de la tubería:

$$Re_{678} = \frac{4 \times Q_a \times \rho}{\pi \times D \times \mu} = \frac{4 \times 0,00215 \times 971,8}{\pi \times 35,5 \times 10^{-5} \times 0,032} = 234.178,57$$

Diámetro interior (mm)	32
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,00215
Re	234178,57
f	0,0152
hf' (m/m)	0,1730

Conocida la longitud de la tubería, se calculan las pérdidas por fricción de esa tubería:

$$h_{f,678} = h_f' \times (L_6 + L_7 + L_8) = 0,1730 \times (263,56 + 158,66 + 16,97) = 75,9799 \text{ m} \\ \approx 75,98 \text{ m}$$

Las pérdidas por fricción son de 75,98 m.

Una vez calculadas las pérdidas por fricción, se calculan las pérdidas localizadas de las líneas 6, 7 y 8, que se recogen en la siguiente tabla:

Accesorio	Unidades	K	hl (m)
Codo estándar 90° (R/D=1)	50	0,75	2,946
Válvula de retención (totalmente abierta)	1	2,00	0,157
Válvula de compuerta (totalmente abierta)	8	0,17	0,107
Válvula en ángulo (totalmente abierta)	1	2,00	0,157
$\Sigma hl =$			3,367

Finalmente, la altura de bombeo se establece como la suma de la altura geométrica, las pérdidas por fricción y las pérdidas localizadas:

$$H_{b,678} = h_{g,678} + h_{f,678} + h_{l,678} = 7,840 + 75,980 + 3,367 = 87,187 \text{ m} \approx 87,2 \text{ m}$$

## Anejo 8.7: Dimensionamiento línea 9, 10, 11 y 12

Se recomienda ver *Plano 10: Instalación de gas. Parte 1* y *Plano 2: Instalación de gas. Parte 2*.

La instalación de gas se divide en tres tramos de tuberías:

- Línea 9 que, a su vez, se divide en dos tramos:
  - Tramo 9.1: va desde el biodigestor hasta el sistema de enfriamiento y deshidratación
  - Tramo 9.2: va desde el desgasificador hasta el sistema de enfriamiento y deshidratación
- Línea 10: va desde el sistema de enfriamiento y deshidratación hasta la unidad de desulfuración
- Línea 11: va desde la unidad de desulfuración hasta el gasómetro a presión
- Línea 12: va desde el gasómetro a presión hasta el grupo motor-generator

Para el diseño de la instalación de tuberías de biogás, se conocen los siguientes datos:

- El caudal de biogás es de  $81,61 \text{ Nm}^3_{\text{biogás}}/\text{h}$ , en condiciones normales, es decir a 1 atmósfera de presión absoluta
- De acuerdo a la normativa aplicable, la velocidad del gas por el interior de una tubería no debe superar nunca de 20 m/s
- Se consideran tuberías de acero inoxidable DN50

Se calcula la velocidad del biogás por una tubería de diámetro interior 50 mm:

$$Q = V \times A$$

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{Q}{\frac{\pi}{4} \times D^2} = \frac{81,61 \frac{\text{m}^3_{\text{biogás}}}{\text{h}} \times \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}}}{\frac{\pi}{4} \times (0,05 \text{ m})^2} = 11,55 \frac{\text{m}}{\text{s}} < 20 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

La velocidad es inferior a la velocidad máxima establecida.

### Línea 9 y 10

Tanto el sistema de enfriamiento y deshidratación de biogás, como la unidad de desulfuración, son equipos que trabajan a presión atmosférica. Puesto que el biogás ya se produce a 1 atm de presión, no es necesario un compresor para elevar la presión. Se emplean tuberías de 50 mm (velocidad 11,55 m/s).

Del *Plano x*: , las longitudes son las siguientes:

$$L_{9,1} = 42,97 \text{ m}$$

$$L_{9,2} = 8,60 \text{ m}$$

$$L_{10} = 4,32 \text{ m}$$

### Línea 11

En tercer lugar, el biogás se almacena en el gasómetro a 3 atm, por lo que se requiere un compresor en la línea 11. La velocidad límite no supone ningún problema, puesto que al elevar la presión, la velocidad disminuye. Se mantiene el diámetro interior de 50 mm.

La longitud de la tubería se obtiene del *Plano x*:

$$L_{11} = 8,10 \text{ m}$$

### Línea 12

El gasómetro almacena el biogás a 3 atm y el motor trabaja a 1 atm. Por tanto, se coloca una válvula reductora de presión para reducir la presión de 3 atm a 1 atm en la línea 12.

La longitud de la tubería se obtiene del *Plano x*:

$$L_{12} = 8,35 \text{ m}$$

## Anejo 9: Equipos de bombeo y compresión

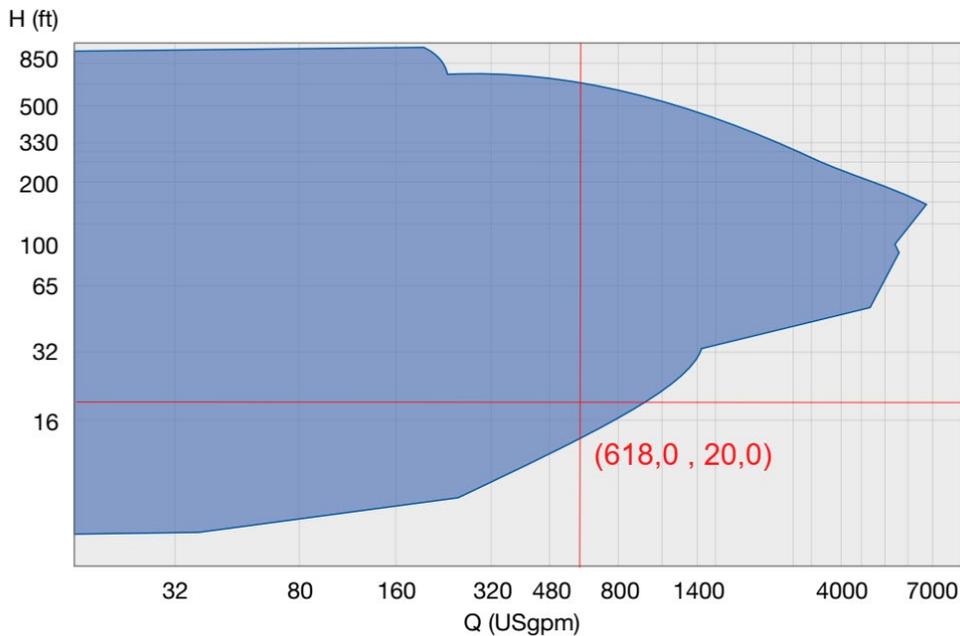
### Anejo 9.1: Bomba 1

Por un lado, la bomba 1 impulsa un caudal de  $0,039 \text{ m}^3_{\text{sustrato}}/\text{s}$  (618,16 US gpm) de biomasa del tanque de recepción al biodigestor (línea 1). Por otro lado, de los cálculos del *Anejo: 8.1 Dimensionamiento línea 1* se conoce que la altura de bombeo es de 6,1 m ( $\approx 20 \text{ ft}$ ).

Por tanto, el punto de funcionamiento de la bomba 1 es:

$$B_1 = (Q_{b,1}, H_{b,1}) = (0,039 \text{ m}^3/\text{s}, 6,1 \text{ m}) = (618,0 \text{ USgpm}, 20,0 \text{ ft})$$

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER puesto que cumple con las especificaciones de altura y caudal:



*Figura 18 – Punto de funcionamiento de la bomba centrífuga 1*

Para más información acerca de la bomba, ver *Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE*.

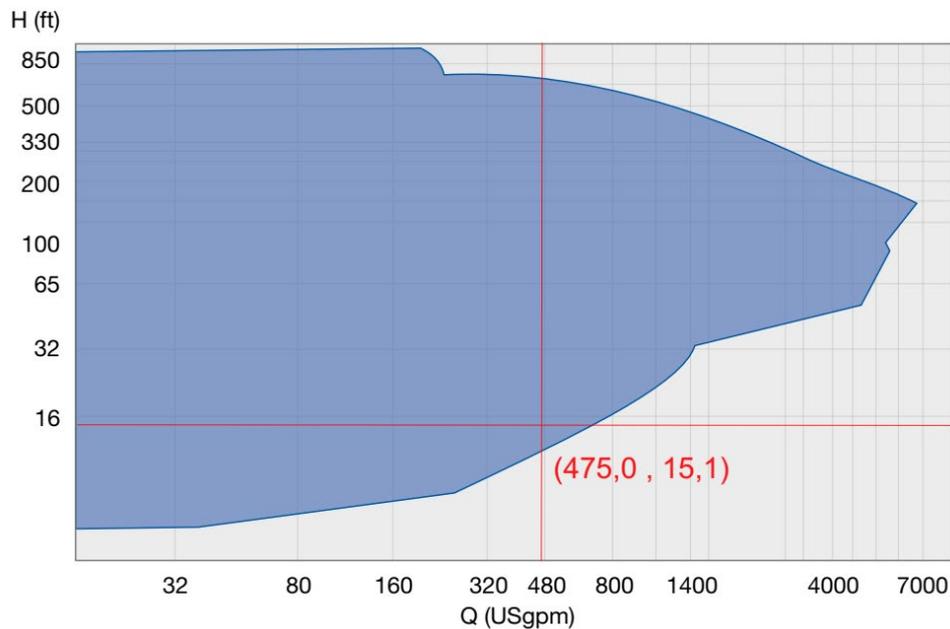
## Anejo 9.2: Bomba 2

Por un lado, la bomba 2 impulsa un caudal de  $0,030 \text{ m}^3_{\text{digestato}}/\text{s}$  (475,5 US gpm) de biomasa digerida del tanque de mezclado del biodigestor al desgasificador (línea 2). Por otro lado, de los cálculos del *Anejo 8.2: Dimensionamiento línea 2* se conoce que la altura de bombeo es de 4,6 m ( $\approx 15,1 \text{ ft}$ ).

Por tanto, el punto de funcionamiento de la bomba 2 es:

$$B_2 = (Q_{b,2}, H_{b,2}) = (0,030 \text{ m}^3/\text{s}, 4,6 \text{ m}) = (475,0 \text{ USgpm}, 15,1 \text{ ft})$$

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER puesto que cumple con las especificaciones de altura y caudal:



*Figura 19 – Punto de funcionamiento de la bomba centrífuga 2*

Para más información acerca de la bomba, ver *Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE*.

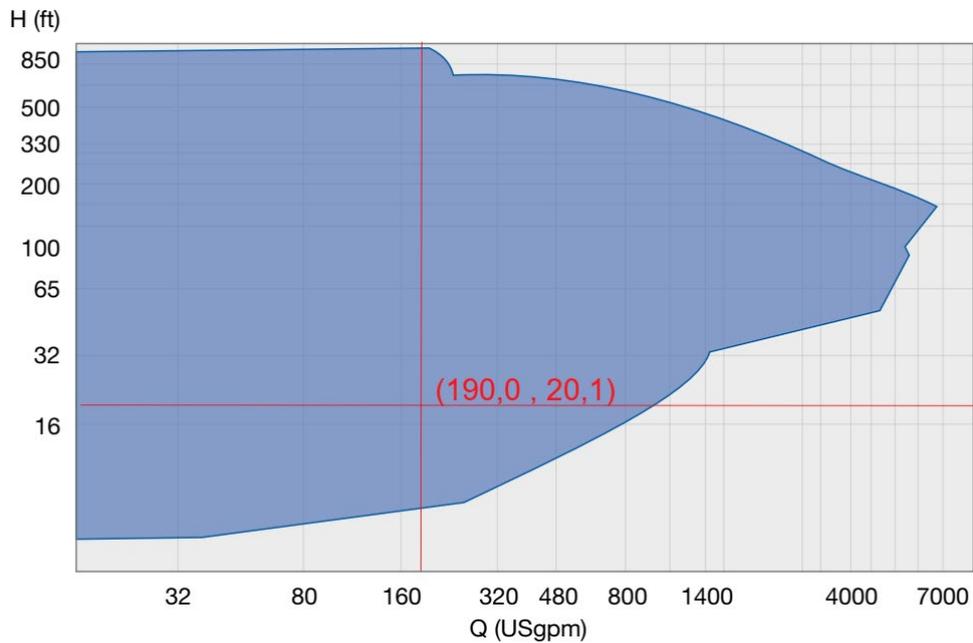
### Anejo 9.3: Bomba 3

Por un lado, la bomba 3 impulsa un caudal de  $0,012 \text{ m}^3_{\text{digestato}}/\text{s}$  (190,2 US gpm) de biomasa de recirculación del decantador al tanque de mezclado del biodigestor (línea 4). Por otro lado, de los cálculos del *Anejo 8.3: Dimensionamiento línea 4.1* se conoce que la altura de bombeo es de 6,3 m ( $\approx 20,1 \text{ ft}$ ).

Por tanto, el punto de funcionamiento de la bomba 3 es:

$$B_3 = (Q_{b,3}, H_{b,3}) = (0,012 \text{ m}^3/\text{s}, 6,3 \text{ m}) = (190,0 \text{ USgpm}, 20,1 \text{ ft})$$

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER puesto que cumple con las especificaciones de altura y caudal:



*Figura 20 – Punto de funcionamiento de la bomba centrífuga 3*

Para más información acerca de la bomba, ver *Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE*.

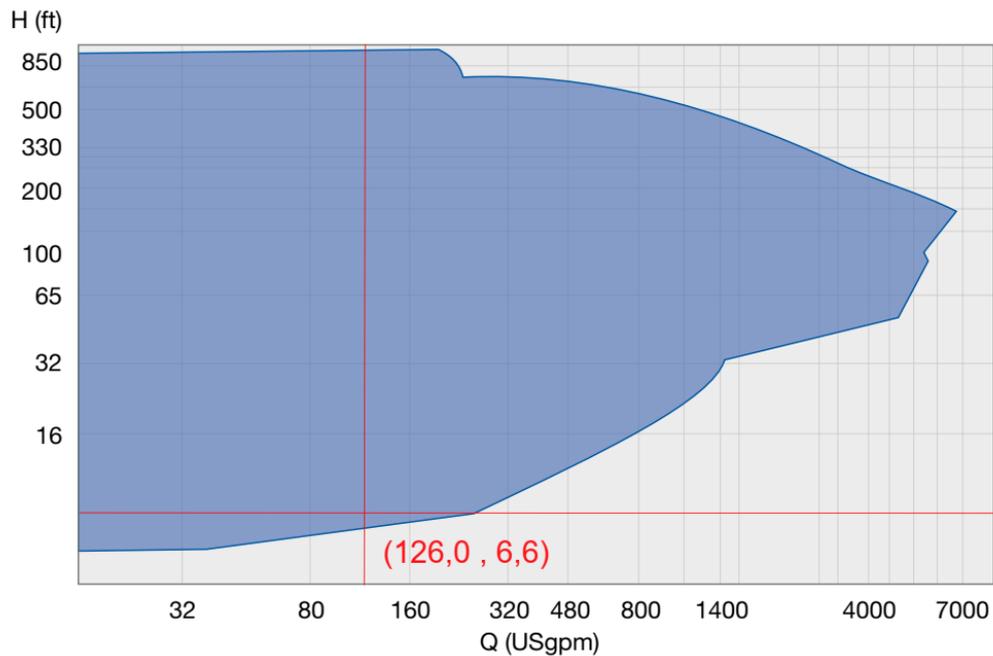
## Anejo 9.4: Bomba 4

Por un lado, la bomba 4 impulsa un caudal de  $0,008 \text{ m}^3_{\text{digestato}}/\text{s}$  (126,8 US gpm) de digestato de del decantador al tanque de residuos digeridos (línea 5). Por otro lado, de los cálculos del *Anejo 8.4: Dimensionamiento línea 4.1* se conoce que la altura de bombeo es de 2,0 m ( $\approx 6,6 \text{ ft}$ ).

Por tanto, el punto de funcionamiento de la bomba 4 es:

$$B_4 = (Q_{b,4}, H_{b,4}) = (0,008 \text{ m}^3/\text{s}, 2,0 \text{ m}) = (126,0 \text{ USgpm}, 6,6 \text{ ft})$$

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER [77] puesto que cumple con las especificaciones de altura y caudal:



*Figura 21 – Punto de funcionamiento de la bomba centrífuga 4*

Para más información acerca de la bomba, ver *Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE*.

## Anejo 9.5: Bomba 5

Por un lado, la bomba 5 impulsa un caudal de  $0,00215 \text{ m}^3_{\text{agua}}/\text{s}$  (34,1 US gpm) por un circuito cerrado que engloba las líneas de tuberías 6, 7 y 8, pasando por el grupo motor-generator, digestor y tanque de recepción. Por otro lado, de los cálculos del *Anejo 8.5: Dimensionamiento línea 5* se conoce que la altura de bombeo es de 87,20 m ( $\approx 286,1 \text{ ft}$ ).

Por tanto, el punto de funcionamiento de la bomba 5 es:

$$B_5 = (Q_{b,5}, H_{b,5}) = (0,00215 \text{ m}^3/\text{s}, 87,2 \text{ m}) = (34,1 \text{ USgpm}, 286,1 \text{ ft})$$

Se ha escogido una bomba del modelo CPE de la marca SULZER [77] puesto que cumple con las especificaciones de altura y caudal:

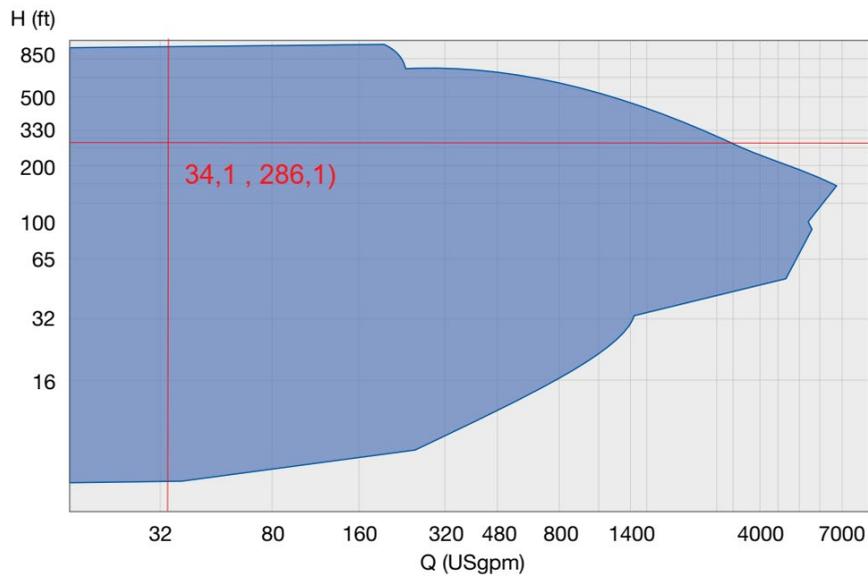


Figura 22 – Punto de funcionamiento de la bomba centrífuga 5

Para más información acerca de la bomba, ver *Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE*.

## Anejo 9.6: Compresor

Se requiere un compresor que comprima el caudal de biogás de  $81,61 \text{ Nm}_{\text{biogás}}^3/\text{h}$  que entra al gasómetro a presión hasta una presión manométrica de 3 atmósferas. Se coloca en la línea 11, entre la unidad de desulfuración y el gasómetro a presión.

Se escoge un compresor que admite un caudal máximo de  $100 \text{ Nm}_{\text{biogás}}^3/\text{h}$  y consume una potencia máxima de 1,5 kW.

Para más información acerca del compresor, ver *Anejo 12.11: Compresor de Zorg Biogás*.

## Anejo 10: Layout

Para la distribución en planta de las diferentes estructuras y equipos que componen la planta de biogás, se toman en consideración los siguientes requerimientos:

- El tanque de recepción se coloca cerca de la granja, para disminuir al máximo el trayecto que recorre el purín
- El desgasificador se coloca encima del decantador, para que el purín caiga del primero al segundo por gravedad
- Para reducir las pérdidas primarias en tuberías, se intentan colocar de la manera más próxima posible los equipos entre los cuales hay intercambio de materia en estado sólido o líquido:
  - Tanque de recepción y biodigestor
  - Biodigestor y desgasificador
  - Decantador y tanque de residuos digeridos
  - Decantador y biodigestor
  - Módulo de cogeneración y biodigestor
  - Tanque de recepción y módulo de cogeneración
- Para reducir al máximo las pérdidas caloríficas del agua en su trayecto del módulo de cogeneración al biodigestor, se colocan lo más cerca que se pueda
- El grupo motor-generator se instala en el interior del módulo de cogeneración
- Los apagallamas se colocan lo más cerca posible de las fuentes de peligro, es decir, del biodigestor y del gasómetro
- El Centro de Transformación, se coloca lo más próximo a la entrada de la parcela
- Se intenta colocar los equipos de manera que el flujo de materia sea lo más uniforme y rectilíneo posible
- Se intenta abarcar la mayor parte del terreno posible, sin perder el orden

## Anejo 11: Análisis de rentabilidad

### Anejo 11.1: Datos de partida

#### Inversión inicial

Por un lado, del Documento IV: Presupuestos se conoce que la inversión inicial asciende a 861.048,86 € y del *Anejo 1: Hoja de valoración de suelos rústicos*, que el terreno está valorado en 4.023,58€.

Por otro lado, la inversión reflejada en el presente Proyecto no representa el coste inicial de una situación real. Se consideran 200.000€ extra por el coste de la obra civil y de la estructura, y 100.000€ por el coste de las instalaciones auxiliares.

Sumando las tres cantidades, la inversión inicial asciende a 1.165.072,44 €.

#### Ingresos

Por un lado, del *Anejo 4: Ingeniería del proceso*, se conoce que la producción eléctrica diaria es 12.534,91 kWh. Se calcula la producción eléctrica anual:

$$12.534,91 \frac{kWh}{día} \times 365 \frac{días}{año} = 4.575.242,15 \frac{kWh}{año}$$

Por otro lado, puesto que la instalación proyectada supera los 100 kW, la energía producida en exceso se vuelca a la red en régimen de venta. Se deberá pactar un precio con la empresa distribuidora de electricidad, en este caso Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. El precio del excedente energético varía cada hora y es de aproximadamente 0,05-0,06 €/kWh [68]. Se toma el valor medio, 0,055 €/kWh

Se calculan los ingresos anuales:

$$b_i = 0,06 \frac{€}{kWh} \times 4.575.242,15 \frac{kWh}{año} = 274.514,53 \frac{€}{año}$$

#### Tasa de interés

Se considera una tasa de interés o de descuento de 5%.

#### Gastos

Los gastos anuales se desglosan en:

- Costes de mantenimiento:
  - Grupo motor-generador: 1 revisión anual
  - Grupos de bombeo: 1 revisión cada 2 años
  - Agitadores, decantador: 1 revisión anual
  - Biodigestor: 1 revisión bianual
  - Compresor: 1 revisión anual
  - Gasómetros, desgasificador: 1 revisión bianual y timbrado cada 8 años
- Costes de operación:
  - Aceites de lubricación de motores y compresores
  - Estopadas en bombas
  - Pequeño repuesto en general (sustitución de juntas, filtros, etc.)

Puesto que los gastos son difíciles de obtener de manera exacta, se estima que los gastos de una instalación tipo a diez años vista, supone un gasto con un valor de entre 80% y 120% del coste de la inversión inicial. De ese 80%-120%, el 40% se lo llevan el quinto y octavo año.

## Anejo 11.2: Análisis de sensibilidad

Existen numerosos factores que pueden influir en los datos recogidos, y por tanto en el análisis de la rentabilidad. Por ello, resulta necesario realizar un análisis de sensibilidad para estudiar diferentes situaciones.

El análisis de sensibilidad se realiza variando los gastos de la instalación a los diez años:

- Alternativa 1: los gastos suponen un 80% de la inversión
- Alternativa 2: los gastos suponen un 90% de la inversión
- Alternativa 3: los gastos suponen un 100% de la inversión
- Alternativa 4: los gastos suponen un 110% de la inversión
- Alternativa 5: los gastos suponen un 120% de la inversión

### Alternativa 1

Por un lado, se calculan los gastos correspondientes a cada año, durante diez años:

Inversión inicial (€)	1165072,44
Gastos a los 10 años (€)	932057,95
Gastos 5º año (€)	186411,59
Gastos 8º año (€)	186411,59
Gasto anual para los demás años (€)	69904,35

Por otro lado, se analiza la rentabilidad:

Tasa de interés	5,00%
Gastos en 10 años	80% de lo

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costes Inversión	1165072,44										
Costes anuales		69904,35	69904,35	69904,35	69904,35	186411,59	69904,35	69904,35	186411,59	69904,35	69904,35
Ingresos anuales		274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53
FC	-1165072,44	204610,18	204610,18	204610,18	204610,18	88102,94	204610,18	204610,18	88102,94	204610,18	204610,18
	-1165072,44	194866,84	185587,47	176749,97	168333,30	69030,96	152683,27	145412,64	59631,54	131893,55	125612,90

PAYBACK	9 años
VAN (10 años)	244730,00
TIR (10 años)	9%

### Alternativa 2

Por un lado, se calculan los gastos correspondientes a cada año, durante diez años:

Inversión inicial (€)	1165072,44
Gastos a los 10 años (€)	1048565,20
Gastos 5º año (€)	209713,04
Gastos 8º año (€)	209713,04
Gasto anual para los demás años (€)	78642,39

Por otro lado, se analiza la rentabilidad:

Tasa de interés	5,00%
Gastos en 10 años	90% de lo

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costes Inversión	1165072,44										
Costes anuales		78642,39	78642,39	78642,39	78642,39	209713,04	78642,39	78642,39	209713,04	78642,39	78642,39
Ingresos anuales		274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53
FC	-1165072,44	195872,14	195872,14	195872,14	195872,14	64801,49	195872,14	195872,14	64801,49	195872,14	195872,14
	-1165072,44	186544,90	177661,80	169201,72	161144,49	50773,66	146162,81	139202,67	43860,20	126260,93	120248,50

PAYBACK	9 años
VAN (10 años)	155989,25
TIR (10 años)	8%

### Alternativa 3

Por un lado, se calculan los gastos correspondientes a cada año, durante diez años:

Inversión inicial (€)	1165072,44
Gastos a los 10 años (€)	1165072,44
Gastos 5º año (€)	233014,49
Gastos 8º año (€)	233014,49
Gasto anual para los demás años (€)	87380,43

Por otro lado, se analiza la rentabilidad:

Tasa de interés	5,00%
Gastos en 10 años	100% de lo

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Costes Inversión	1165072,44										
Costes anuales		87380,43	87380,43	87380,43	87380,43	233014,49	87380,43	87380,43	233014,49	87380,43	87380,43
Ingresos anuales		274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53
FC	-1165072,44	187134,10	187134,10	187134,10	187134,10	41500,04	187134,10	187134,10	41500,04	187134,10	187134,10
	-1165072,44	178222,95	169736,15	161653,47	153955,69	32516,37	139642,35	132992,71	28088,86	120628,31	114884,10

PAYBACK	10 años
VAN (10 años)	67248,52
TIR (10 años)	6%

### Alternativa 4

Por un lado, se calculan los gastos correspondientes a cada año, durante diez años:

Inversión inicial (€)	1165072,44
Gastos a los 10 años (€)	1281579,68
Gastos 5º año (€)	256315,94
Gastos 8º año (€)	256315,94
Gasto anual para los demás años (€)	96118,48

Por otro lado, se analiza la rentabilidad:

Tasa de interés	5,00%
Gastos en 10 años	110% de lo

Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Costes Inversión	1165072,44											
Costes anuales		96118,48	96118,48	96118,48	96118,48	256315,94	96118,48	96118,48	256315,94	96118,48	96118,48	96118,48
Ingresos anuales		274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53
FC	-1165072,44	178396,05	178396,05	178396,05	178396,05	18198,59	178396,05	178396,05	18198,59	178396,05	178396,05	178396,05
	-1165072,44	169901,00	161810,48	154105,22	146766,87	14259,07	133121,88	126782,74	12317,52	114995,68	109519,70	104304,48

PAYBACK	11 años
VAN (11 años)	82812,20
TIR (11 años)	6,4%

### Alternativa 5

Por un lado, se calculan los gastos correspondientes a cada año, durante diez años:

Inversión inicial (€)	1165072,44
Gastos a los 10 años (€)	1398086,93
Gastos 5º año (€)	279617,39
Gastos 8º año (€)	279617,39
Gasto anual para los demás años (€)	104856,52

Por otro lado, se analiza la rentabilidad:

Tasa de interés	5,00%
Gastos en 10 años	120% de lo

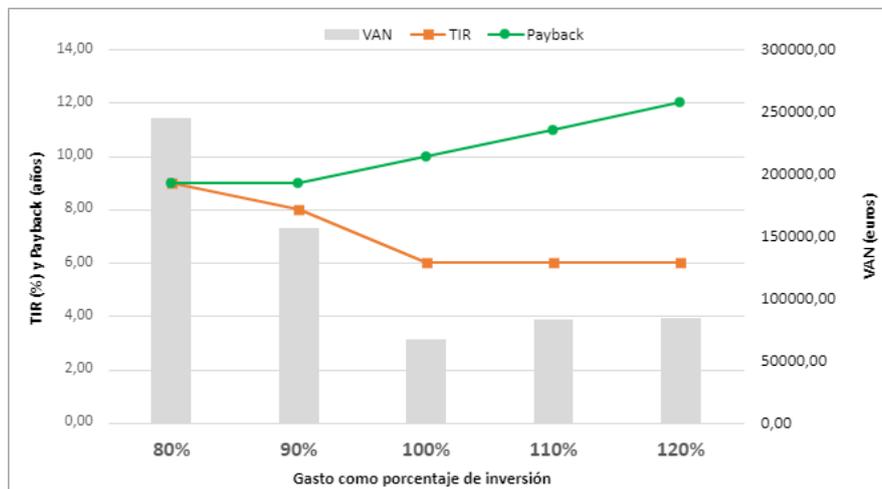
Año	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Costes Inversión	1165072,44												
Costes anuales		104856,52	104856,52	104856,52	104856,52	279617,39	104856,52	104856,52	279617,39	104856,52	104856,52	104856,52	104856,52
Ingresos anuales		274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53	274514,53
FC	-1165072,44	169658,01	169658,01	169658,01	169658,01	-5102,86	169658,01	169658,01	-5102,86	169658,01	169658,01	169658,01	169658,01
	-1165072,44	161579,06	153884,82	146556,97	139578,06	-3998,22	126601,42	120572,78	-3453,82	109363,07	104155,30	99195,52	94471,93

PAYBACK	12 años
VAN (12 años)	83434,44
TIR (12 años)	6%

### Análisis

Representamos en un gráfico las cinco alternativas estudiadas:

		VAN	TIR	PAYBACK
Alternativa 1:	80%	244730	9	9
Alternativa 2:	90%	155989,25	8	9
Alternativa 3:	100%	67248,52	6	10
Alternativa 4:	110%	82812,2	6	11
Alternativa 5:	120%	83434,44	6	12



VAN, TIR y PAYBACK en función del gasto como porcentaje de la inversión

## Anejo 12: Fichas técnicas

### Anejo 12.1: Catálogo de reactores de biogás de Zorg Biogás



Volumes and dimensions of biogas reactors

	Height, m	1,52	2,97	4,42	5,87	7,31	8,76	10,21	11,66	13,11	14,55	16	17,45	18,9
Diameter, m	Q-ty of rings	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2,56	3	8	15	23	30	37	45	52	60	67	74	82	89	96
3,41	4	14	27	40	53	67	80	93	106	119	132	146	159	172
4,27	5	22	42	63	84	105	125	146	167	187	208	229	250	270
5,12	6	32	62	93	123	154	184	214	245	275	306	336	366	397
5,98	7	43	83	124	164	205	245	286	326	367	407	448	489	529
6,83	8	56	110	164	217	270	324	378	431	485	538	592	646	699
7,68	9	70	137	203	270	336	403	470	536	603	669	736	803	869
8,54	10	87	169	252	335	417	499	582	665	747	829	912	995	1 077
9,39	11	105	205	305	405	504	604	704	805	905	1 004	1 104	1 204	1 304
10,24	12	125	244	362	481	599	718	837	956	1 075	1 193	1 312	1 431	1 550
11,1	13	147	288	429	569	709	850	990	1 131	1 272	1 411	1 552	1 693	1 833
11,95	14	170	333	495	657	819	981	1 144	1 306	1 468	1 630	1 792	1 954	2 117
12,81	15	196	383	570	757	943	1 130	1 317	1 504	1 691	1 877	2 064	2 251	2 438
13,66	16	223	437	650	863	1 075	1 288	1 501	1 714	1 927	2 139	2 352	2 565	2 778
14,51	17	251	490	729	969	1 206	1 445	1 685	1 924	2 163	2 401	2 640	2 879	3 119
15,37	18	283	552	822	1 092	1 360	1 629	1 899	2 169	2 438	2 706	2 976	3 246	3 515
16,22	19	315	615	915	1 215	1 513	1 813	2 113	2 414	2 714	3 012	3 312	3 612	3 912
17,07	20	348	680	1 012	1 344	1 674	2 006	2 338	2 670	3 002	3 332	3 664	3 996	4 328
17,93	21	383	748	1 114	1 479	1 842	2 208	2 573	2 938	3 304	3 667	4 032	4 397	4 763
18,78	22	421	823	1 224	1 626	2 025	2 427	2 828	3 230	3 631	4 030	4 432	4 834	5 235
19,64	23	461	900	1 339	1 779	2 215	2 654	3 094	3 533	3 972	4 409	4 848	5 287	5 727
20,49	24	502	980	1 459	1 937	2 412	2 891	3 369	3 848	4 326	4 802	5 280	5 759	6 237
21,34	25	544	1 063	1 582	2 101	2 617	3 136	3 655	4 174	4 693	5 209	5 728	6 247	6 766
22,2	26	588	1 149	1 711	2 272	2 829	3 390	3 951	4 512	5 074	5 631	6 192	6 753	7 314
23,05	27	634	1 238	1 843	2 448	3 048	3 653	4 258	4 862	5 467	6 067	6 672	7 277	
23,9	28	682	1 334	1 985	2 636	3 282	3 933	4 584	5 235	5 886	6 533	7 184	7 835	
24,76	29	731	1 429	2 126	2 823	3 516	4 214	4 911	5 608	6 306	6 999	7 696		
25,61	30	783	1 530	2 276	3 023	3 765	4 511	5 258	6 005	6 752	7 493	8 240		
26,46	31	836	1 634	2 431	3 229	4 021	4 818	5 616	6 413	7 211	8 003			
27,32	32	891	1 740	2 590	3 440	4 284	5 133	5 983	6 833	7 682	8 526			
28,17	33	947	1 850	2 754	3 657	4 554	5 457	6 361	7 264	8 168	9 065			
29,03	34	1 006	1 966	2 926	3 886	4 839	5 799	6 759	7 719	8 679				
29,88	35	1 066	2 082	3 098	4 115	5 124	6 141	7 157	8 174	9 190				
30,73	36	1 128	2 204	3 280	4 356	5 424	6 500	7 576	8 652	9 728				
31,59	37	1 192	2 328	3 465	4 602	5 731	6 868	8 005	9 141					
32,44	38	1 257	2 456	3 655	4 854	6 045	7 245	8 444	9 643					
33,29	39	1 322	2 584	3 845	5 107	6 360	7 621	8 883	10 144					
34,15	40	1 392	2 721	4 049	5 377	6 696	8 024	9 352	10 681					
35	41	1 462	2 857	4 252	5 647	7 032	8 427	9 822	11 217					
35,86	42	1 535	3 000	4 464	5 929	7 383	8 848	10 312						
36,71	43	1 608	3 142	4 676	6 210	7 734	9 268	10 802						
37,56	44	1 684	3 291	4 897	6 504	8 099	9 706	11 313						
38,42	45	1 762	3 442	5 123	6 803	8 472	10 153	11 833						
39,27	46	1 841	3 597	5 353	7 109	8 852	10 608	12 364						
40,12	47	1 921	3 754	5 587	7 420	9 240	11 073	12 905						
40,98	48	2 005	3 917	5 830	7 743	9 642	11 554							
41,83	49	2 088	4 081	6 073	8 065	10 044	12 036							
42,69	50	2 175	4 250	6 325	8 400	10 461	12 536							
43,54	51	2 263	4 422	6 581	8 740	10 885	13 044							
44,39	52	2 353	4 598	6 842	9 087	11 316	13 560							
45,25	53	2 444	4 776	7 107	9 439	11 754	14 086							

## Anejo 12.2: Decantador de Bauer

- > SEPARATOR COMPACT
- > **SEPARATOR S655**
- > **SEPARATOR S855**
- > SEPARATOR S855 GB
- > PLUG & PLAY



EN



WASTE WATER TREATMENT

# SEPARATOR S655 / S855

ECONOMICAL USE OF EXISTING RESOURCES



[WWW.BAUER-AT.COM](http://WWW.BAUER-AT.COM)

# SEPARATOR S655 / S855

Economical use of existing resources with up-to-date technologies.

- high-precision components
- constantly high throughput
- low wear costs due to long service life
- easy adjustment
- low maintenance

BAUER  
SEPARATOR  
S655



BAUER  
SEPARATOR  
S855



### Customary slurry treatment – a problem

Farms with high animal concentrations are faced with great problems due to the big amounts of slurry.

This applies particularly to farms with a high stock per unit of area. Existing legal requirements aggravate the situation. For this reason, slurry must be treated adequately.

Customary slurry treatment systems are time-consuming and labor-intensive and require enormous investments, too.

### The BAUER SEPARATOR converts slurry into a valuable fertilizer

Fully-automatic separation – that means splitting up slurry into a liquid and a solid fraction – offers great advantages.

The thin slurry remaining can be distributed any time without any sophisticated homogenizing techniques.

The odorless solid fraction is easy to store without any problems.

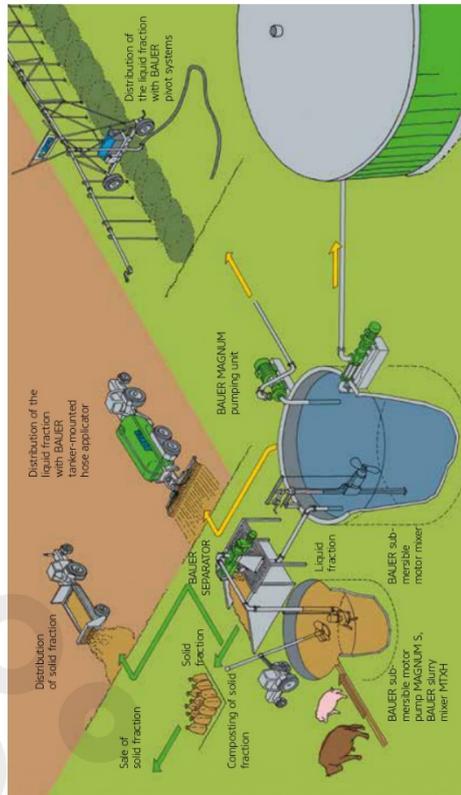


Liquid fraction re-used for flushing



Solids re-used for bedding





**Separation of raw slurry (= 100%)**



**Liquid fraction 70 – 85%**  
Thin, ideal for delivery through pipe and hose systems

**Solid fraction 15 – 30%**  
odorless, easy to store, can be sold as fertilizer or compost

**Screen sizes**



Four different screen sizes are available for the SEPARATOR. The separation degree also depends on the screen size.

**Liquid fraction**

- Slurry volume reduced by 15 up to 30%.
- This means less storage space and fewer transports.
- Separated slurry significantly reduces the formation of floating and sinking layers, therefore there is no sophisticated technology necessary to homogenize the slurry before spreading it.
- Lower nitrogen loss ( $\text{NH}_3$ ,  $\text{CH}_4$ ,  $\text{N}_2\text{O}$ ) during storage and distribution due to extraction of solids and carbon.
- Distinctly reduced smell.
- More accurate nutrient analysis makes it possible to determine the ideal time of distribution.
- Lower nutrient concentration allows a higher application per hectare compared with raw slurry.
- Much better infiltration to the soil and less adhesion to the plants ensure that nutrients are more quickly absorbed and crop damage by burning is minimized.
- Longer distribution period, because overhead application is possible.
- Simple, cost-effective distributing systems.
- Lower energy requirement for pumping and delivery.
- Distinctly reduced weed seed content (especially dock) in the liquid fraction.

**Solid fraction**

- Self-composting, odor-less and stackable.
- High solids contents allows storage without any special provisions.
- Improves the soil structure and increases the humus content.
- 30% or higher dry matter content allows composting in the open.
- Apart from agricultural areas, suitable also for other applications, where nutrients are required.
- Easy to transport and sell.
- Re-use for bedding.

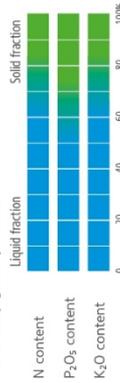
**Dry matter setting**

With the setting of the weights you can determine the desired dry matter content (up to 35%) of the solid fraction, if the slurry consistency varies.

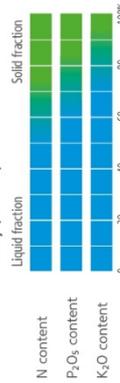


**Nutrient distribution by separation**

**Total raw pig slurry (= 100%)**



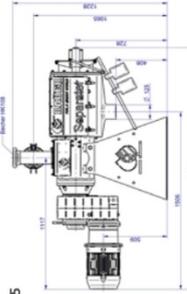
**Total raw cattle slurry (= 100%)**



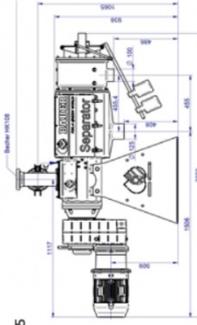
The nutrient-separating capacity varies according to the dry matter content of the raw slurry and the dry matter content of the solid fraction.

**Dimensions**

**S655**



**S855**





The BAUER SEPARATOR sets new standards also for industrial applications.



**High economic efficiency**

Slurry separation is the ideal solution for farms with a large animal population and small distribution areas. It reduces the storage capacity requirement up to 30%. Through specific use of nutrients of the liquid and solid fractions, mineral fertilizers can be saved. Extra profits are possible by selling the solids for instance to small gardeners or as a basis of compost for horticultural farms.

**Strong output**

Throughput capacity of raw slurry

Model	S 655	S 855
Cattle slurry up to m <sup>3</sup> /h	20	30
pPig slurry up to m <sup>3</sup> /h	25	35
Poultry slurry up to m <sup>3</sup> /h	10	15

Throughput depends on age, dry matter content, and viscosity of the raw slurry.

**Large lateral openings** for checking and cleaning of screen.



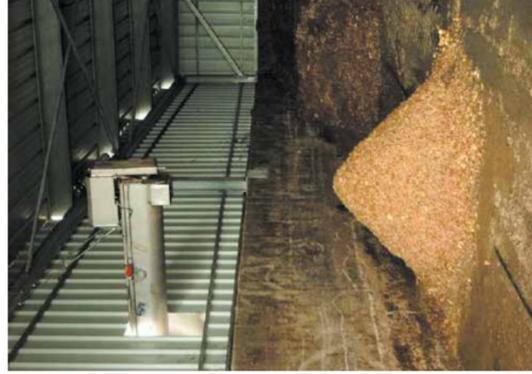
Due to its high quality material, top workmanship, and enormous performance capacity, the BAUER SEPARATOR finds nearly unlimited possibilities of application also in the industrial field.

For example:

- **Food industry**  
Separation of vegetable waste
- **Slaughter houses**  
Separation of paunch content
- **Pharmaceutical industry**  
Separation of poppy seed mush
- **Biogas plants**  
Before and after fermentation
- **Distilleries**

**The advantages**

- Waste volume reduced considerably
- Liquid fraction suitable for sewer
- Minimum odor
- Re-use of solid fraction as animal feed or fertilizer





PRODUCTS FROM OUR SLURRY PROGRAM



**MTXH**  
Tractor mixer



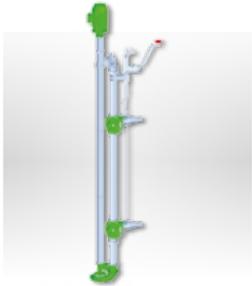
**MSXH**  
Submersible motor mixer



**SEPARATOR**  
Press screw separator for solid-liquid separation



**SEPARATOR PLUG&PLAY**  
System for portable slurry separation



**MAGNUM LEE/LEC**  
Long shaft pump



**MAGNUM SM**  
Thick matter pump gear unit design



**MAGNUM CSPH**  
Submersible motor pump gear unit design



**HELIXDRIVE**  
Eccentric screw pump



**MAGNUM SX**  
Thick matter pump gear and pedestal pump



**Slurry tankers and polyester tanker**  
Different tanker types for every requirement



**Trailing hose applicator**  
Modular system for all types of tankers



**Slurry injector**  
Innovative spreading technology

Your dealer

Röhren- und Pumpenwerk BAUER GmbH

8570 Voitsberg/ Austria

**T** +43 3142 200-0

**F** +43 3142 200-320/- 340

**M** sales@bauer-at.com

**W** www.bauer-at.com





## Anejo 12.3: Filtro de carbón activado 100 m<sup>3</sup>/h de Zorg Biogás

**ZORG**  
**BIOGAS**



# Filtro de carbón activado 100 m<sup>3</sup>/h

10 700 EUR

El biogás se compone esencialmente de metano y dióxido de carbono. Sin embargo, pueden estar presentes altas concentraciones de contaminantes como H<sub>2</sub>S, siloxanos y otros contaminantes orgánicos o partículas. Esto, a su vez, puede causar daños irreversibles a los motores de gas o las plantas de procesamiento de gas, así como cambios de aceite más frecuentes. El filtro de carbón activado limpia el biogás, lo que reduce los costos operativos y prolonga la vida útil de los motores y los componentes de la planta.

El exclusivo filtro de carbón activado utiliza un sistema de cámaras múltiples que permite cargas más altas y ahorros sustanciales en los costos operativos. Se encuentra disponible carbón activado especial para la remoción de HS y siloxano, alcanzando mayores relaciones de carga, extendiendo así la vida útil.

El filtro elimina el hidróxido de azufre de los niveles de varios miles de ppm a 0 ppm.

A veces, los clientes piensan que el carbón activado es costoso. Pero olvidan que al final obtienen biogás limpio y tienen ahorros en el cambio de aceite del compresor. Esos ahorros de aceite más el funcionamiento continuo compensan el costo del carbón vegetal.

[LEER MENOS](#)

<u>Detalles técnicos</u>	Ventajas	Características opcionales
--------------------------	----------	----------------------------

<b>Conexión de gas DN, mm:</b>	50, 65, 80, 100
--------------------------------	-----------------

<b>Volumen de carbón vegetal, m<sup>3</sup>:</b>	0.2
--	-----

<b>Caudal, Nm<sup>3</sup>/h:</b>	100
----------------------------------	-----

<b>Diámetro y altura, mm:</b>	600 x 1.800
-------------------------------	-------------

## Anejo 12.4: Enfriador de gas 100 m<sup>3</sup>/h de Zorg Biogás

**ZORG  
BIOGAS**



# Enfriador de gas 100 m<sup>3</sup>/h (35-10)

25 700 EUR

El biogás, el gas de alcantarillado y el gas de vertedero siempre contienen vapor de agua en estado insaturado. Durante la combustión, el vapor de agua produce daños por corrosión significativos en los motores y turbinas de gas. El mal funcionamiento causado por el daño conduce a un tiempo de inactividad significativo y mayores costos de reparación. El uso de un sistema de deshumidificación de gas puede extender significativamente la vida útil de los motores y reducir notablemente los costos de mantenimiento.

La condensación del vapor de agua en el gas es causada por la reducción de temperatura que a su vez resulta en una deshumidificación. El condensado se separa en una trampa instalada después del enfriador y se retira mediante un sifón. La deshumidificación resulta simultáneamente en una mayor eficiencia. El proceso de deshumidificación de gas presenta una solución rentable en este contexto.

Ejemplos de aplicaciones adicionales son configuraciones en combinación con una etapa de recalentamiento antes de los filtros de carbón activado y la alimentación a una tubería de gas para evitar la condensación posterior.

Para ahorrar energía adicional, la deshumidificación de gas se puede mejorar con un módulo de extensión compuesto por un enfriador de aire y un intercambiador de calor tubular.

[LEER MENOS](#)

<u>Detalles técnicos</u>	Ventajas	Características opcionales
<b>Caudal de gas:</b>		100 Nm <sup>3</sup> /h
<b>Contenido de H<sub>2</sub>S:</b>		hasta 20,000 ppm (2.0% en volumen)
<b>Temperatura del gas en la entrada:</b>		hasta 35 ° C
<b>Temperatura del gas a la salida:</b>		hasta 10 ° C
<b>Presión de gas en la entrada:</b>		-100 a +500 mbar
<b>Temperatura ambiente:</b>		-20 ° C a + 45 ° C

## Anejo 12.5: Gasómetro a presión de Zorg Biogás

**ZORG  
BIOGAS**



desde 63 200 hasta 140 100 EUR

La membrana externa proporciona protección contra los efectos del clima. La membrana interna es flexible y varía según la cantidad de gas producida. La forma y el color de estas unidades de almacenamiento se pueden personalizar según sus deseos y requisitos.

Detalles técnicos

Ventajas

- Disponible en una capacidad de almacenamiento de 228 a 13,789 m<sup>3</sup> (dependiendo del diámetro del digestor)

Diámetro del digestor, m	Altura del techo, m	Volumen utilizable, m <sup>3</sup>	Precio, EUR
19	9,5	1509	75 100
20	10	1756	81 300
21	10,5	2030	82 800

## Anejo 12.6: Grupo motor-generator de Caterpillar

### PRODUCT SPECIFICATIONS FOR G3516A



<b>Maximum Continuous Rating</b>	1085 ekW
<b>Fuel Type</b>	Natural Gas, Biogas, Coal Gas
<b>Maximum Electrical Efficiency</b>	36.50%
<b>Maximum Standby Rating</b>	1000 kw
<b>Frequency</b>	50 / 60 Hz
<b>RPM</b>	1200 / 1500 rpm
<b>Engine Model</b>	G3516A
<b>Displacement</b>	4210 in³
<b>Aspiration</b>	TA
<b>Bore</b>	6.7 in
<b>Stroke</b>	7.5 in
<b>Length</b>	193 in
<b>Width</b>	68 in
<b>Height</b>	76 in
<b>Dry Weight - Genset</b>	27670 lb

## **G3516A STANDARD EQUIPMENT**

### **EXHAUST**

Dry exhaust manifolds, insulated and shielded

### **GENERATOR**

Anti-condensation space heater

Permanent magnet excitation

SR4B

Caterpillar's Digital Voltage Regulator (CDVR) with 3-phase sensing and KVAR/PF control

### **STARTING/CHARGING**

24V starting motors

### **GENERAL**

Crankshaft vibration damper and guard

Paint - Caterpillar Yellow except rails are gloss black

Operation and maintenance manuals

Parts book

### **AIR INLET**

Air inlet adapters

### **COOLING**

Inlet/Outlet connections

### **EXHAUST**

Flexible fitting

Elbow

Flange

Muffler and spark-arresting muffler with companion flanges

Exhaust expander

### **GENERATOR**

Low voltage extension box

Generator air filter

European bus bar

Cable access box

### **START/CHARGING**

Jacket water heater

Charging alternator

Battery with cable and rack (shipped loose)

Battery charger

Oversized battery

### **GENERAL**

Engine barring group

EEC D.O.I and other certifications

Crankcase explosion relief valve

## Anejo 12.7: Agitador sumergible de Zorg Biogás

# ZORG BIOGAS



# Submersible mixer 1,5 kW

6 100 EUR

Submersible mixers are used in biogas plants, urban and industrial wastewater treatment, industrial processes and agriculture. In biogas plants, they are used for mixing substrates or filtrate in reactors, in preliminary tanks and filtrate tanks. They are mounted on a special mast, along which they can be raised or lowered using a winch in order to adjust the height of the submersible mixer. They are sometimes used in fermenters or post-digesters for breaking up the crust. Suitable for low viscosity substrates with a dry matter content of up to 11%.

Submersible mixer with nominal power 1,5 kW provides circulation power 1320 m<sup>3</sup>/h. The motors of the mixers are available in efficiency classes IE2 (high efficiency) and IE3 (premium efficiency). The motor and controller are connected via a common waterproof cable which is resistant to aggressive media such as substrate on biogas plants. The agitators can be operated via direct connection, star-delta activation, softstart or frequency inverters, depending on the performance and application. It has optimized propeller with better hydraulics for providing high thrust values with a low power consumption.

[READ LESS](#)

[Technical Details](#)

[Features](#)

[Complete set](#)

Using our website, you agree to our [cookie policy](#). [More details](#)

[OK](#)

<b>Nominal power:</b>	1,5 kW
<b>Nominal current:</b>	3,45 A
<b>Circulation power:</b>	1320 m <sup>3</sup> /h
<b>Propeller speed:</b>	221 rpm
<b>Axial thrust:</b>	560 N
<b>Weight:</b>	138 kg

## Anejo 12.8: Analizador de gas de Zorg Biogás

# ZORG BIOGAS



## Gas analyzer SSM 6000

17 100 EUR

Multi-channel stationary instrument for periodic gas measurement. The gas analyzer can control up to eight measuring points and the analysis is fully automatic and can be carried out at variable time intervals. It has built-in gas processing. It features a data storage with a history function that records the specific time for all measured values. The gas analyzer can be installed outdoors in a special housing as well as indoors. Measures the composition of the following gases: biogas, syngas, coal mine gas, landfill gas.

[READ MORE](#)

### Technical Details

### Features

<b>Measuring ranges:</b>	CH <sub>4</sub> : 0 to 100 Vol.%, CO <sub>2</sub> : 0 to 100 Vol.%, O <sub>2</sub> : 0 to 25 Vol.%, H <sub>2</sub> S: 0 to 5,000 ppm, others on request
<b>Designs for the detection of different gases possible:</b>	SSM 6000 Classic (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S), SSM 6000 Classic (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> ), SSM 6000 Classic (CH <sub>4</sub> , H <sub>2</sub> S, O <sub>2</sub> , CO <sub>2</sub> )
<b>Wall construction</b>	or table housing 19"/3 height units, sub-racks 84 partial units
<b>Display and measured value displays:</b>	4-digit LED display of measured values, status indicators for each reading, 4-digit illuminated LCD for each measured value
<b>Power supply:</b>	85 to 264 VAC / 47 to 63 Hz; Option: 115 VAC / 60 Hz
<b>Analogue outputs:</b>	4-20 mA (one output per measured component)
<b>Digital outputs:</b>	12 units / functions, such as status signals, limit alarms, configurable measuring point switching
<b>Digital inputs:</b>	4 units / functions
<b>Data storage:</b>	with history function of approximately 6,500 values; output via RS 232; also readable on the display
<b>Interfaces:</b>	RS 232, digital output of the measured values and program updates; Option: Profibus DP / CAN-bus
<b>Further specifications</b>	on request

## Anejo 12.9: Antorcha quemadora de gas abierta de Zorg Biogás

**ZORG  
BIOGAS**



# Antorcha quemadora de gas abierta FAI 50-450, auto, máx. 121 m<sup>3</sup>/h

13 300 EUR

En los casos en que la combustión de llama abierta está legalmente permitida, la serie FAI proporciona al operador un sistema de quema de seguro y fácil de usar.

Durante la combustión, las llamaradas manuales siempre deben ser monitoreadas por un operador calificado. Para reducir el esfuerzo operativo, la serie FAI ofrece una actualización automática. Estas versiones mejoradas se suman a la versión manual: una válvula de gas automática, un detector de llama UV, más un sistema de control basado en un control de quemador automático que cumple totalmente con las normas de la UE.

Todas las antorchas de biogás FAI están hechas completamente de acero inoxidable 1.4571 (316Ti), equipadas con componentes de alta calidad, además de un diseño robusto que garantiza una vida útil larga y constante con poco mantenimiento.

[LEER MENOS](#)

**Detalles técnicos**

**Ventajas**

**Características opcionales**

<b>Conexión de gas DN:</b>	50 mm
<b>Presión de funcionamiento:</b>	2 - 40 mbar
<b>Velocidad de flujo:</b>	4,6 - 121 Nm <sup>3</sup> /h

## Anejo 12.10: Bomba Sulzer CPE

**SULZER**

CPE end-suction single-stage centrifugal pumps ASME B73.1



# CPE process pumps – efficiency by design

Sulzer's new CPE ANSI pumps are specifically designed to exceed the strictest energy regulations for all industries as well as the requirements of ASME B73.1. With revolutionary hydraulics and high efficiency, they offer the lowest life cycle costs.

CPE pumps meet the process requirements in a variety of industrial applications and are suitable for use with:

- clean or slightly contaminated liquids
- viscous liquids of up to 3'000 cSt
- fibrous slurries of up to 6% consistency

CPE pumps are available in NSF61 and NSF372 certified materials.



Oil and gas



Hydrocarbon processing



Power generation



Pulp, paper and board



General industry



Chemical process industry



Clean liquids

## Key customer benefits

Based on Sulzer's decades of experience and in-depth knowledge of pumping technology, the CPE pumps help you maximize value in your operation. Key benefits include maximum energy efficiency, improved performance reliability and minimized total cost of ownership.



### Maximum efficiency

- The highest available efficiency on the ANSI pump market means clear savings in energy consumption.
- Exceeds the requirements of all environmental (ECO) directives and the energy efficiency targets for pumps globally

### Improved reliability

- Optimized shaft seal life thanks to improved sealing chambers and Sulzer's innovative, patent-pending impeller balancing holes
- Reduced risk of unplanned shutdowns as a result of trouble-free shaft sealing with Sulzer's mechanical seals
- Heavy-duty rigid bearing units ensure long bearing life, leakage-free construction and further protection against unexpected shutdowns.

### Minimized total cost of ownership (TCO)

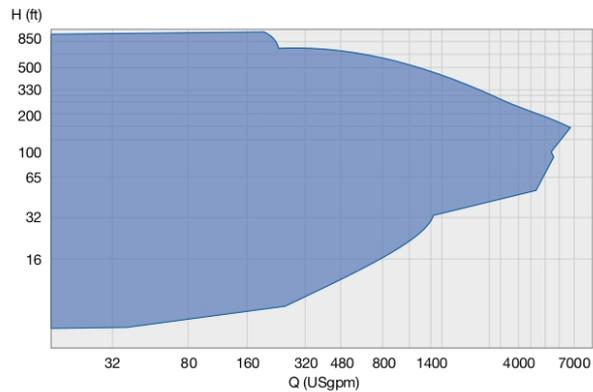
- Dramatic long-term energy savings thanks to high efficiency
- Low operational cost due to trouble-free Sulzer seals, rigid bearings and minimized service
- Reduced inventory as a result of high interchangeability
- Reduced installation and maintenance costs due to easy installation and innovative design.

## Operating data

	60 Hz	50 Hz
Capacities	up to 7'000 USgpm	up to 1'650 m <sup>3</sup> /h
Heads	up to 900 ft.	up to 275 m
Pressures	up to 400 psi	up to 27.5 bar
Temperatures	up to 500°F	up to 260°C
Maximum speed of rotation	up to 3'600 rpm	up to 3'000 rpm

## Performance range

Liquid	Temperature up to 500°F / 260°C	Pressure up to 400 psi / 27.5 bar	Corrosion pH from 0 to 14
Clean and slightly contaminated liquids	✓	✓	✓
Viscous liquids	✓	✓	✓
Fibrous slurries	✓	✓	✓



# Minimizing Total Cost of Ownership (TCO)

Total Cost of Ownership (TCO) refers to the true, full cost of your pump – from purchase and installation to lifetime maintenance and operational expenditures. In engineering the new range of CPE pumps, we at Sulzer have considered numerous factors that can potentially influence the TCO of a process pump. The result is an innovative, superior design that makes it possible to achieve remarkable annual savings.

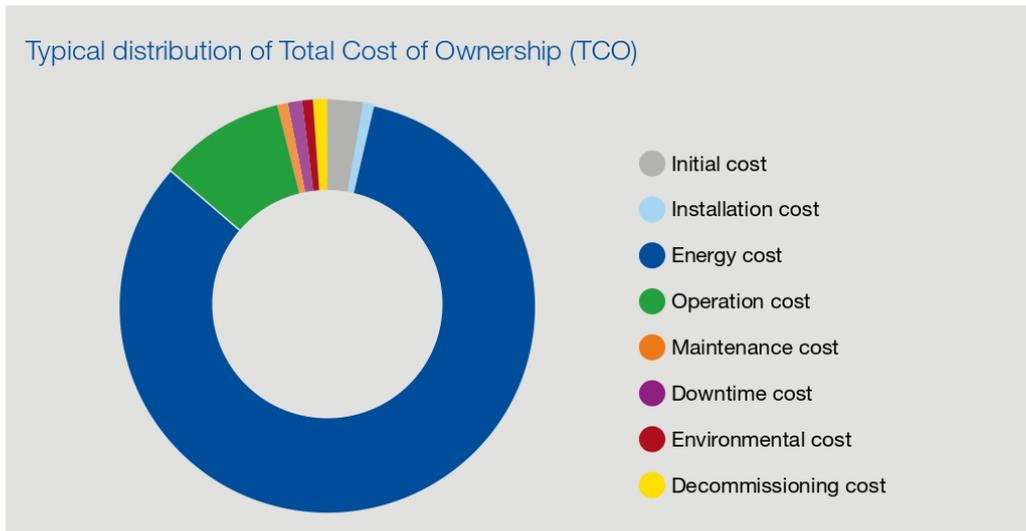
Your initial purchase is only a small part of the entire life cycle price for industrial pumps. Understanding the various elements that go into the TCO for your pump makes it easier to see how you can dramatically reduce energy, operational, and maintenance costs.

The diagram below demonstrates just how great a role energy consumption plays in determining the long-term costs of pumping systems. The right pump technology, properly sized for a specific application, offers an important step for reducing energy consumption and thereby the overall lifetime cost of the pump.

With the market's most efficient hydraulics for ANSI pumps, Sulzer's new CPE pump creates new opportunities for significant, direct savings in energy consumption. The range's wide selection, open and closed impeller options, and available low-flow capabilities make it easy to select the optimal pump for your specific processes. With the right pump for the application, you ensure maximum efficiency for maximum savings.

Selecting the optimal pumping system for your operation also helps to minimize vibrations which can cause mechanical stress. Along with the high standardization in the design of the new CPE range, this enables you to dramatically bring down costs related to maintenance and spare parts.

But that's just the beginning. As the result of Sulzer's extensive research and development, the new CPE pumps include several features designed to help your business keep costs down. Learn more about the ways in which the CPE range helps lower your TCO on the following pages.



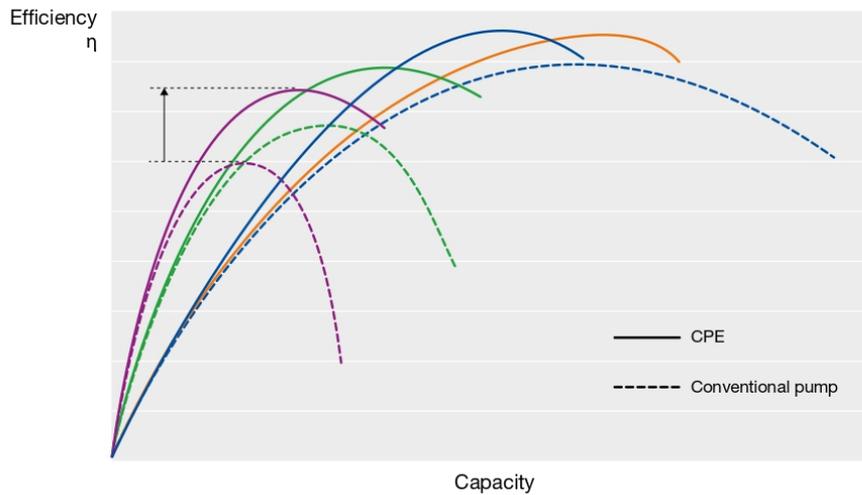
## Energy efficiency that exceeds the requirements

Energy efficiency is a hot topic in the industry. So important that authorities worldwide are preparing regulations for that. The CPE process pump is the most efficient process pump in ANSI markets and fulfills all environmental (ECO) directives and energy efficiency requirements for pumps globally.

### Excellent performance achieved through advanced hydraulic knowledge and unique design methods

The entire CPE pump range represents a major breakthrough in energy efficiency. The cost savings are substantial thanks to the many innovations in the design process and Sulzer's unique hydraulic expertise:

- Groundbreaking engineering methods improve pumping performance.
- Effective simulation tools provide quick analyses of various hydraulic designs.
- Full-scale research center allows testing of pumps in real operational conditions.



## Superior design features of CPE pumps

- 1 High-efficiency, low NPSHr (Net Positive Suction Head required) impeller
  - Lowers energy consumption and downtime-related expenses for reduced total cost of ownership
- 2 Innovative patent-pending impeller balancing holes
  - Optimum liquid circulation behind the impeller and in the seal chamber
  - Improved conditions for shaft seal, thus reducing the risk of unexpected shutdowns as well as minimizing operational and maintenance costs
- 3 Optimal impeller mounting
  - Reliable operation
  - Provides easy and quick assembly and dismantling
  - To secure the impeller in back flow situations, an optional impeller bolt is available



8

#### 4 Various sealing options including

- Sulzer mechanical seals
- Ensure reliable and trouble-free operation
- Provides easy and quick assembly and dismantling
- Reduce total cost of ownership by minimizing maintenance and downtime-related costs

#### 5 Various seal chamber options

- Allow optimal seal chamber selection for your specific process needs
- Reduce total cost of ownership by minimizing maintenance and downtime

#### 6 Heavy-duty bearing unit with oversized bearing design

- Minimizes risk of unexpected shutdowns and reduces maintenance costs
- Available in either oil or grease lubrication
- Exceeds ASME B73.1 requirements for bearing life
- Provides interchangeability with previous ANSI model (CPT)
- Includes magnetic drain plug

#### 7 Heavy-duty, robust overhung shaft

- Minimizes deflection at shaft sealing to less than 0.002 in / 0.5 mm
- Extends the shaft seal lifetime, reduces the risk of unexpected shutdowns and lowers maintenance costs
- Duplex stainless steel material is standard

#### 8 Non-contacting bearing protection isolators

- Prevent lubricant leaks
- Extend bearing lifetime
- Prevent outside contaminants from entering the bearing housing
- Minimize the risk of unexpected shutdowns and lower maintenance costs

#### 9 Impeller clearance adjustment

- Ensures easy-to-use, accurate operation
- Enables maximized efficiency during entire pump lifetime
- Offers substantial savings in total cost of ownership

#### Various baseplate options

- Provide optimal selection for all industries and applications
- Ensure easy and fast installation
- Offer savings in installation costs

#### Highly standardized pump design

- Minimizes spare parts inventory and lowers maintenance costs



# Impeller

The efficiency, stability and reliability of the pump are based on the design. Sulzer CPE pumps feature an innovative impeller designed in tandem with the volute case and sealing chamber. The result is the market's most efficient hydraulics with improved shaft sealing for higher reliability. Semi-open and closed impellers offer versatility for various liquids, maximizing standardization to minimize your need for spare parts.

## Semi-open impeller for clean, fibrous and viscous liquids

- Extremely high efficiency
- Low Net Positive Suction Head required (NPSHr)
- Capability for low-flow applications
- Full back shroud
- Sturdy and strong design
- Optimized balancing holes



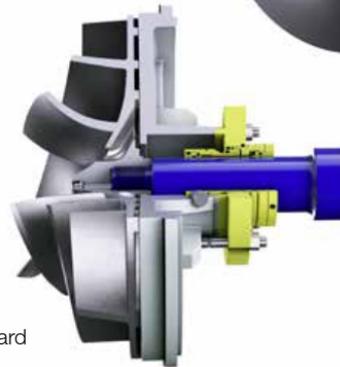
## Closed impeller for clean and viscous liquids

- Extremely high efficiency
- Low Net Positive Suction Head required (NPSHr)
- Optimized for low-flow applications
- Sturdy and strong design



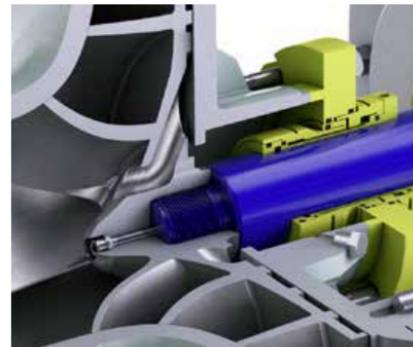
## Unique, patent-pending balancing holes

- Dry running of the single mechanical seal is eliminated for the entire pump operating range.
- Optimized flow and pressure in the shaft sealing area
- Increased reliability, reduced risk of downtime and lower maintenance costs

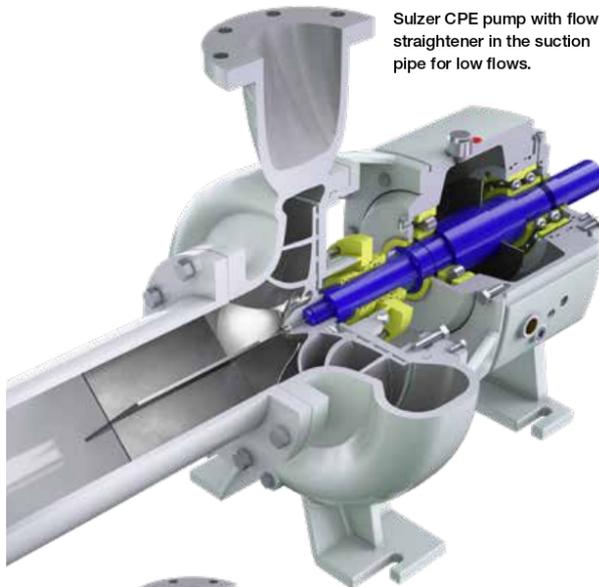


## Reliable impeller mounting

- Impeller threaded to the shaft according to ASME B73.1 standard
- Optional impeller locking bolt is available.
- High mechanical strength
- Reliable and easy installation
- Minimized downtime and reduced maintenance costs



## Low-flow applications



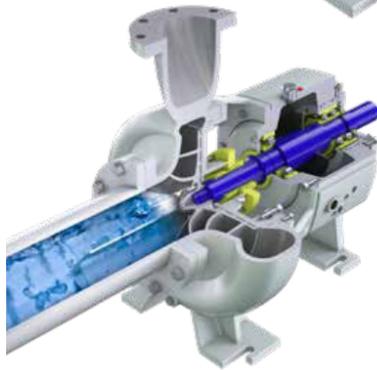
Sulzer CPE pump with flow straightener in the suction pipe for low flows.

Now you do not need a special pump or impeller to run low flows! The innovative design of Sulzer's CPE pump hydraulics is optimized to run low flows with a standard impeller.

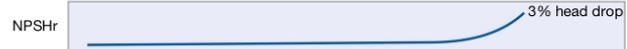
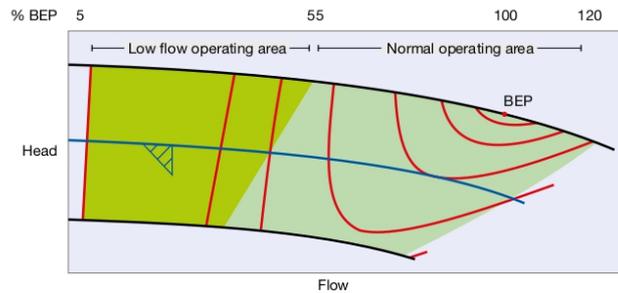
The CPE pump range provides optimal low-flow performance without any mechanical risks. You can run the pump with a wide range starting from 5% of BEP flow (Best Efficiency Point).

If you are running low flows (between 5 and 55% of BEP flow), it is recommended to install a flow straightener in the suction pipe to ensure stable, trouble-free operation with the highest possible efficiency.

Sulzer can provide flow straighteners with complete delivery to ensure fast and easy installation and reliable, long-term performance.



Straight and smooth inlet flow with the help of flow straightener.

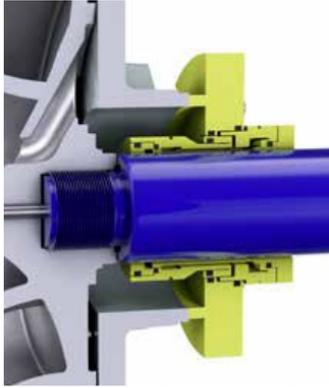


Rotating inlet flow causing pumping problems (without flow straightener).

## Shaft sealing

Shaft sealing has a great influence on pump reliability. Therefore it is essential to select the best technical solution for your specific application. For the CPE pump range, Sulzer offers a comprehensive selection of seals and seal chamber options to make sure your pump is fully optimized to your process for the highest possible uptime.

### Available shaft sealing types



#### Mechanical seal

- Single and double seals available
- Flushing options: no flushing, internal flushing, external flushing
- Suitable for all applications compatible with the CPE range
- Reliable and strong Sulzer mechanical seals available



#### Sulzer dynamic seal

- Dynamical seal needs no water
- Suitable for applications with positive pump inlet head and a temperature below boiling point under atmospheric pressure
- Suitable for clean liquids, viscous and fibrous slurries and liquids containing large solids



#### Gland packing

- Suitable for light-duty applications, including those with clean or slightly contaminated liquids

## Seal chambers

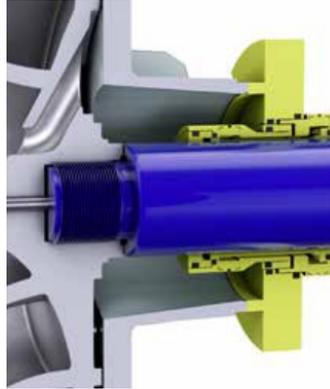
A complete variety of seals and various seal chamber options is available for the CPE pump range to ensure optimal shaft sealing, maximizing operational reliability and minimizing downtime costs.

### Seal chamber options



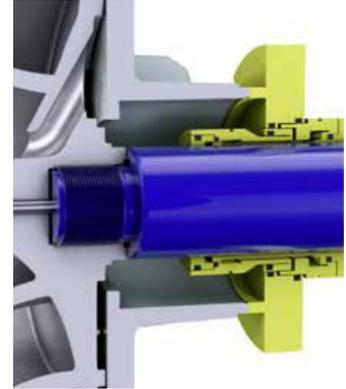
#### Standard bore

- For clean liquids, liquids containing particles and slurries
- For single or double mechanical seals and gland packing



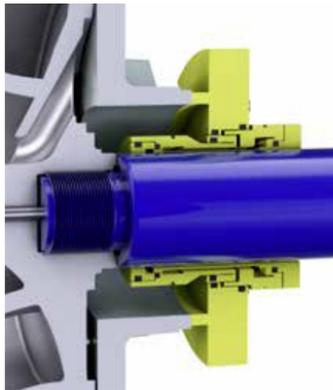
#### Tapered bore

- For clean and demanding liquids
- For single or double mechanical seals



#### Large bore

- For clean liquids, liquids containing particles and slurries
- For single or double mechanical seals
- The oversized chamber helps reduce running temperatures while improving lubrication and circulation



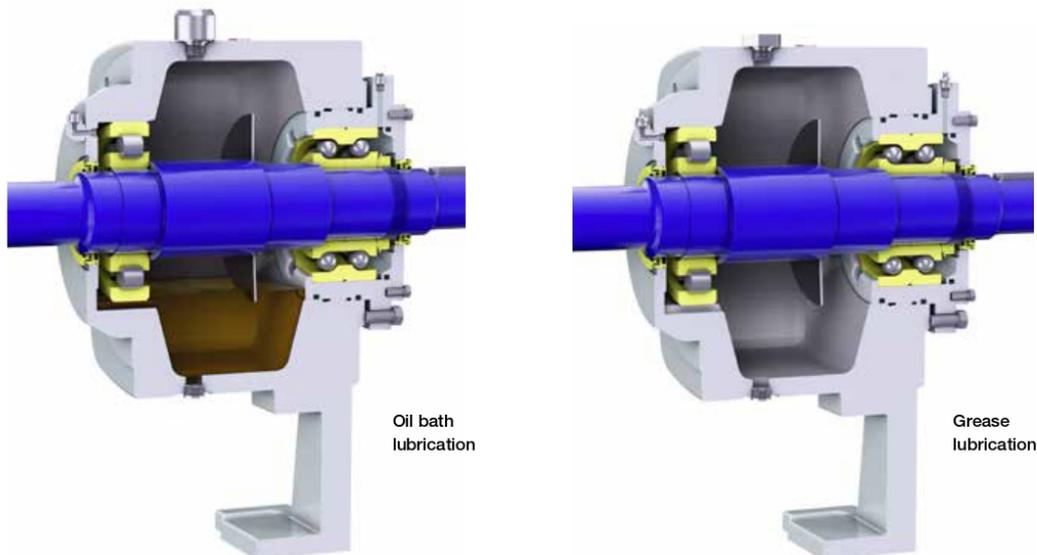
#### Universal bore

- For clean liquids
- For single or double mechanical seals

## Compact heavy-duty bearing units

CPE bearing units are reliable, leakage-free and heavy-duty, resulting in minimized unexpected shutdowns and reduced downtime and maintenance costs.

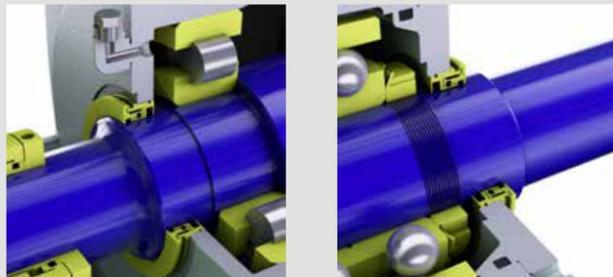
- Heavy-duty overhung shaft minimizes deflection at stuffing box to less than 0.002 in / 0.05 mm, thereby extending the lifecycle of the shaft seal.
- Oil bath lubrication equipped with an oil slinger, oil mist lubrication, and grease lubrication are available for versatile applications with temperatures of the pumped liquid of up to 500°F/260°C
- The same bearing unit can be used for oil and grease lubrication without changing or adding any internal parts.
- Bigger oil volume for even better lubrication with lower operating temperatures
- Features a magnetic drain plug
- Large oil sight glasses enable easy oil level monitoring on both sides of bearing unit.
- The strong, over-sized bearing design exceeds the ASME B73.1 standard bearing life.
- A sturdy support foot provides a solid base and prevents coupling alignment changes.
- Interchangeable with original Sulzer CPT pump bearing unit



### Reliable bearing isolators

Non-contacting bearing isolators at both ends of the bearing housing with strong and reliable construction prevent lubricant leaks and keep contaminants out.

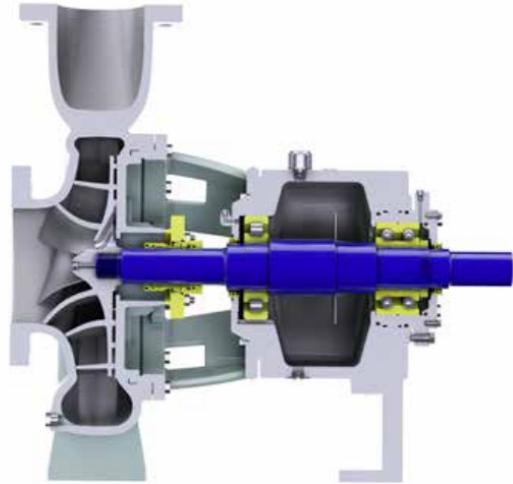
The isolators are easy to install and always stay in the correct position.



## Impeller clearance adjustment

Externally adjustable impeller to front casing clearance allows restoring the pump to its original efficiency. This helps further minimize long-term energy consumption and maintenance costs.

- Ensures quick, easy and accurate impeller adjustment without the use of a feeler gauge or removal of the pump from the piping.
- Ensures concentricity and bearing alignment throughout the impeller's adjustment range.
- Restores pump efficiency for direct savings in energy and spare parts costs.



## Installation, operation and maintenance

### 1 Various baseplate options

- Easy to install and grout into the concrete foundation
- Lower vibration and reduced wear and tear

### 2 Riser blocks for motor

- Allow the installation of bigger motor sizes without baseplate modification
- Ease installation and minimize maintenance costs

### 3 Optional alignment blocks

- Ensure fast and easy alignment to reduce maintenance costs

### 4 Guards for the rotating parts

- Designed according to stringent safety regulations
- Ensure safe and reliable operation

### 5 Visual access on both sides of the guards

- Provides safe and easy stroboscope inspection of the coupling during operation

### 6 Flexible coupling with spacer

- Provides quick and easy maintenance

### 7 Back pull-out design

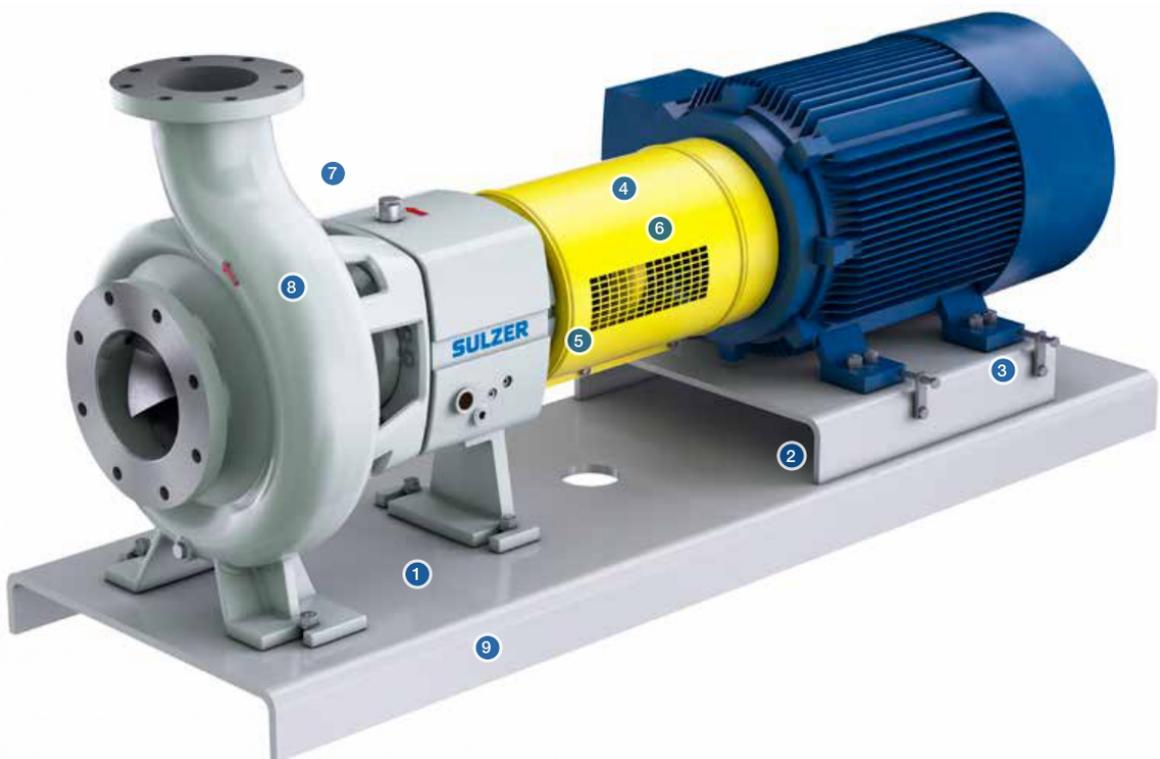
- Facilitates quick access for servicing

### 8 Jackscrews

- Enable simple disassembly of the main parts of the unit while minimizing maintenance costs

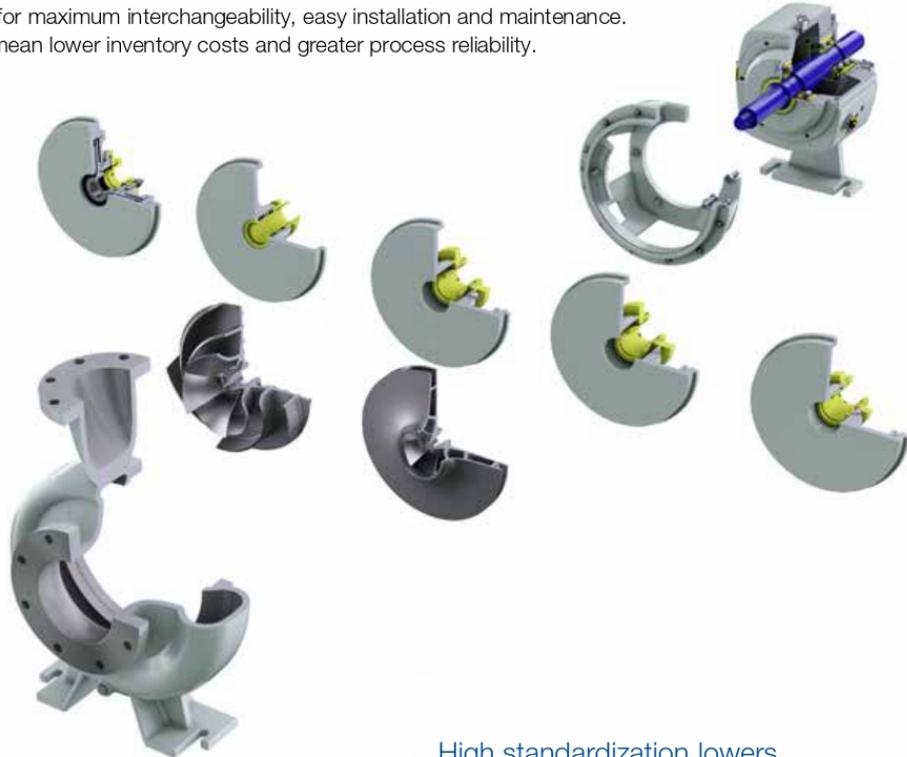
### 9 Foundation bolts according to preferred installation method

- Can be welded, grouted or installed with chemical anchors



## High standardization and interchangeability

The Sulzer CPE pump range is standardized, using common modules and components for maximum interchangeability, easy installation and maintenance. Fewer parts mean lower inventory costs and greater process reliability.



High standardization lowers your spare parts inventory

Common components and modules in the CPE range with all options include:

- 40 wet-end hydraulics
- 2 impeller types
- 4 shaft seal bore types
- 3 shaft seal sizes
- 3 bearing unit sizes
- sealing water equipment
- couplings and coupling guards
- baseplates

Sulzer CPE pumps are interchangeable with older CPT pumps, and the CPE hydraulics can also be installed on an existing CPT bearing unit. By upgrading an existing CPT pump with high-efficiency CPE hydraulics, you get direct savings as a result of improved energy efficiency. In addition, the CPE bearing unit is fully interchangeable with existing CPT bearing units.

Size	Sealing and bearing unit	Size	Sealing and bearing unit
11-1	1	21-1.5	2
11-1.5		21-2	
11-2		21-3	
12-1		22-1	
12-1.5		22-1.5	
		22-2	
31-6	3	22-3	
31-8		22-4	
32-4		24-1.5	
32-6		24-2	
32-8		24-3	
33-4		24-4	
33-6			
33-8			

## Heating jacket for thermal maintenance

The CPE pump is designed to meet the process requirements in a variety of industrial applications. Many of these applications require a specific liquid temperature to enable smooth pumping. The new heating jacket ensures uniform heat transfer to the pump for the purposes of thermal maintenance, heat-up/melt-out, or cooling.

Heating/cooling is typically accomplished with steam or water. The correct temperature of the pumped liquid prevents

- undesired sedimentation
- crystal growth
- solidification of the fluid handled



## Heating jacket benefits

Sulzer's heating jacket is a cost-competitive, smart and safe solution. It provides evenly-distributed heating across the entire pump. The installation is quick and easy, and so is the removal if the pump needs service.

### Complete heating

- Provides evenly-distributed heating across the entire pump.

### Quick and easy installation

- Quick and easy installation and removal when servicing the pump. No welding so no risk of deformation.

### Cost-effective

- Most economical option when considering total cost of ownership. Standard CPE pump can be used for pumping.

### Short lead time

- Heating jackets are manufactured at the same time with the process pump enabling a short lead time.

### Standard CPE pump selected for jacketed processes

- Same spare parts will apply as with other CPE pumps used in the mill.

## Heating jacket concept

Our heating jacket concept consists of a heating jacket and a jacketed case cover. The heating jacket covers all wetted parts of the pump and is bolted onto it. The jacketed case cover keeps the desired temperature in the sealing chamber, minimizing the risk of seal failures. Steam or water that regulates the temperature is circulated in heating channels to heat up or cool down the wetted parts and sealing chamber of the pump.

### 1 Standard CPE pump

- Pump selected for the needed duty point
- Material of construction and seal selected according to application requirements

### 2 Jacketed case cover

- Keeps the sealing chamber at the desired temperature minimizing the risk of seal failures

### 3 Heating jacket

- Covers the pump casing and is bolted onto the pump
- Easy installation and removal
- Steam or water supply for heating/cooling

### 4 Standard bearing unit

Grease lubrication

- Temperature of pumped liquid max. 250°F / 120°C

Oil lubrication

- Temperature of pumped liquid max. 500°F / 260°C
- Optional cooling allows higher temperatures

### 5 Bearing house adapter

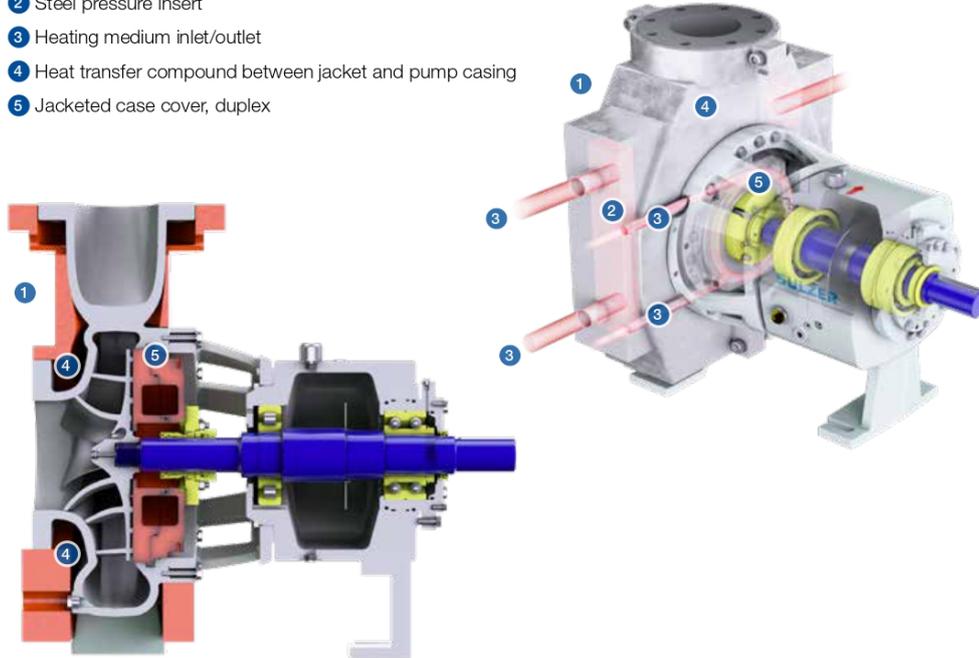
- Holes for case cover heating pipes



## Heating jacket design

Sulzer heating jackets are cast of ASTM B179 Grade A 356.2 copper-free aluminum to fit to the pump. A carbon steel pressure chamber is embedded in the aluminum casting to contain the heating medium. The aluminum casting is not designed to hold pressure, it only promotes uniform heat transfer around the pump.

- 1 Heating jacket body, aluminum
- 2 Steel pressure insert
- 3 Heating medium inlet/outlet
- 4 Heat transfer compound between jacket and pump casing
- 5 Jacketed case cover, duplex



## Heating jacket technical data

Component	Data
Heating jacket	Aluminum (ASTM B179 Grade A 356)
Pressure-containing insert (heating jacket)	Carbon steel (ASME rated SA-178 Grade A Boiler Tube)
Jacketed case cover	Duplex stainless steel (ASTM A890 Grade 3A)
Heating / cooling	Steam / water

## Service kits for CPE pumps

When your pump needs service, you should not have to worry about spending valuable time searching for the right parts – or even worse, finding out that some small but vital parts are missing. With Sulzer CPE service kits, you get everything you need in one package.

### Tailor-made service solution

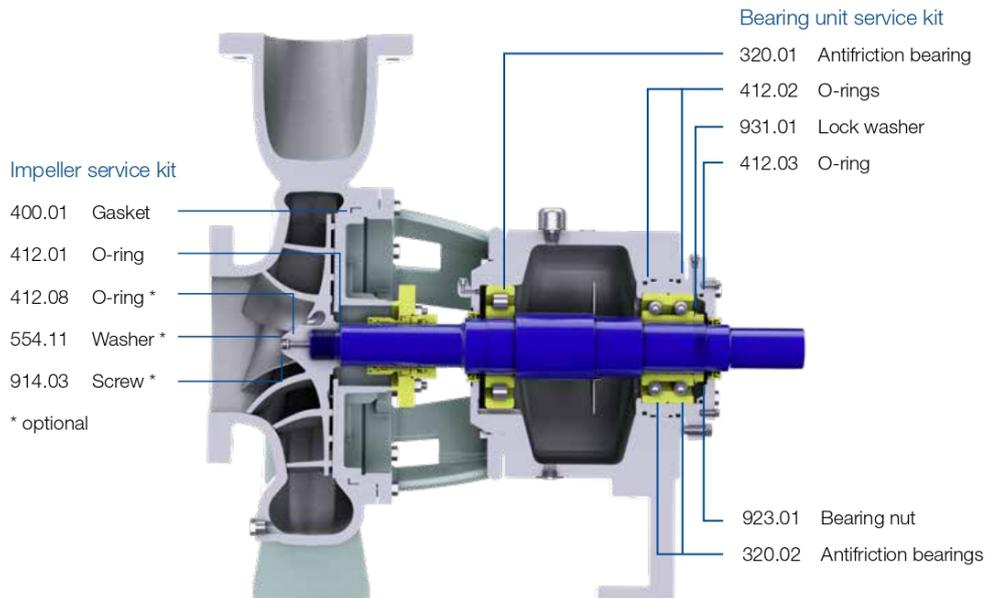
Sulzer offers four tailored service kits for CPE pumps to help and simplify service tasks. Kits are available for impeller, bearing unit, dynamic seal and gland packing service. All the required O-rings and other small parts are in one package for specific service.

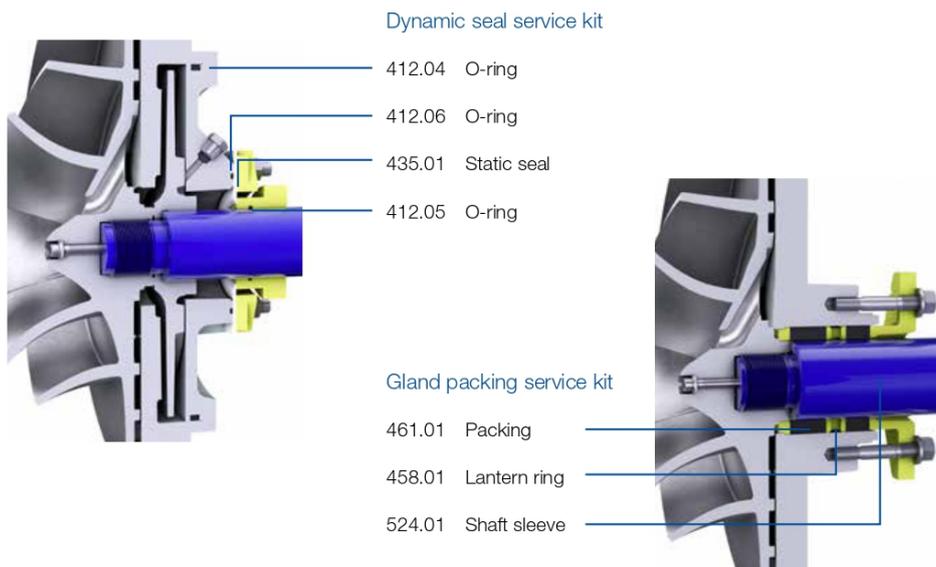
### Easy to order and use

One unique item code covering all the items in the kit makes purchasing quick and convenient. Sturdy packaging protects the individual items from damage and can be recycled after use.

### Key customer benefits

- All the necessary parts in one package
- Easy to order
- Easy to identify and use
- Reduced inventories
- Original spare parts ensure compatibility, reliability and reduced lifecycle costs.





## Anejo 12.11: Compresor de Zorg Biogás

**ZORG**  
**BIOGAS**



# Compresor de biogás 137 m<sup>3</sup>/h

1 350 EUR

Compresor de biogás de una etapa con un solo impulsor y una capacidad máxima de 137 m<sup>3</sup>/h. Se utiliza para transportar biogás y otros gases desde fermentadores, sostenedores de biogás (biogás holders) hasta quemadores de biogás y unidades de cogeneración (CHP). El motor eléctrico de 1,5 kW se conecta mediante un acoplamiento flexible. Instalación horizontal.

## Anejo 12.12: Centro de Transformación Ormazabal



### Centros de Transformación



### Centros de Transformación Prefabricados Hasta 36 kV

## Centros Monobloque Tipo Caseta PFU

## Centros de Transformación



### PRESENTACIÓN

Los Centros de Transformación **PFU** constan de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos: desde la aparatada de Media Tensión, hasta los cuadros de Baja Tensión, incluyendo los transformadores, dispositivos de Control e interconexiones entre los diversos elementos.

Estos Centros de Transformación presentan como esencial ventaja el hecho de que tanto la construcción, como el montaje y equipamiento interior pueden ser realizados íntegramente en fábrica, garantizando con ello una calidad uniforme y reduciendo considerablemente los trabajos de obra civil y montaje en el punto de instalación. Además, su cuidado diseño permite su instalación tanto en zonas de carácter industrial como en entornos urbanos.



PFU-5 con 2 transformadores de 1000 kVA



### ÁMBITO DE APLICACIÓN

Los Centros de Transformación **PFU** permiten la realización de los esquemas habituales de suministro eléctrico, que incorporen hasta 2 transformadores, con una potencia unitaria máxima de 1000 kVA<sup>(1)</sup>.

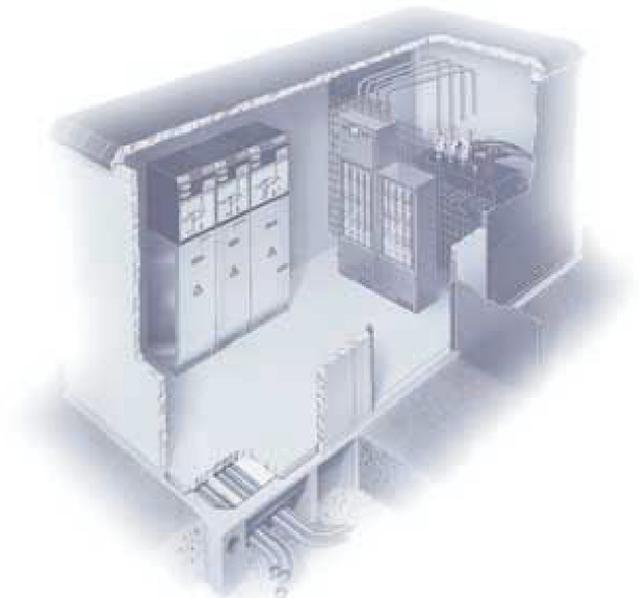


PFU-3 con 1 transformador



### INSTALACIÓN

La instalación de los **PFU** es especialmente sencilla ya que las operaciones "in situ" pueden reducirse a su posicionamiento en la excavación, y al conexionado de los cables de acometida, que se introducen en los Centros a través de unos agujeros semiperforados en sus bases.



(1) Para otras condiciones, consultar a nuestro departamento Técnico-Comercial.



## Centros Monobloque Tipo Caseta PFU



Celdas CGM



### EXPLOTACIÓN

La entrada al Centro de Transformación se realiza a través de una puerta en su parte frontal, que da acceso a la zona de apartamentada, en la que se encuentran las celdas de Media Tensión, cuadros de Baja Tensión y elementos de Control del Centro. Si las condiciones de explotación así lo exigen, es posible añadir una segunda puerta de acceso para personas, y establecer una separación física entre las celdas de la Compañía Eléctrica y las del Cliente.

Cada transformador cuenta con una puerta propia para permitir su extracción del Centro o acceso para mantenimiento.



PFU-5 con 1 transformador y PFU-4



### ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

MIE-RAT  
UNE-EN 61330, RU 1303A  
UNE-EN 60298, RU 6407B

UNE 21428-1, HD 428, RU 5201D  
UNE 21538, HD 538  
UNE-EN 60439-1, RU 6302B



### CARACTERÍSTICAS CONSTRUCTIVAS

La envolvente de estos Centros es de hormigón armado vibrado, y se compone de 2 partes: una que aglutina el fondo y las paredes, que incorpora las puertas y rejillas de ventilación natural, y otra que constituye el techo.

Todas las armaduras del hormigón están unidas entre si y al colector de tierra, según la RU 1303, y las puertas y rejillas presentan una resistencia de 10 kΩ respecto a la tierra de la envolvente.

El acabado estándar del Centro se realiza con pintura acrílica rugosa, de color blanco en las paredes, y color marrón en techos, puertas y rejillas.

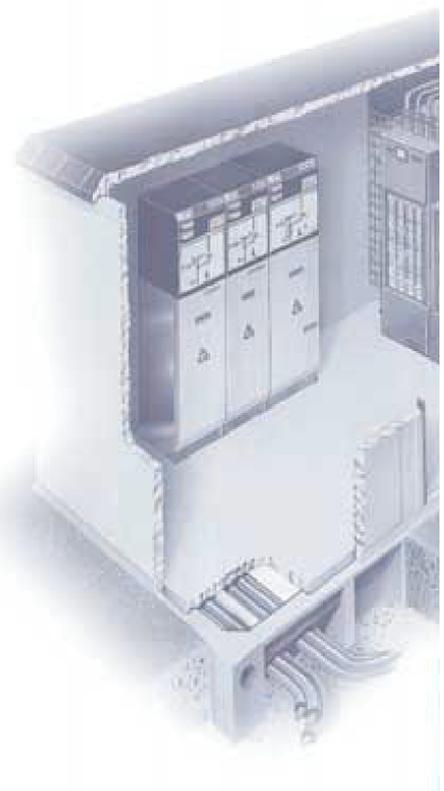


## Centros de Transformación

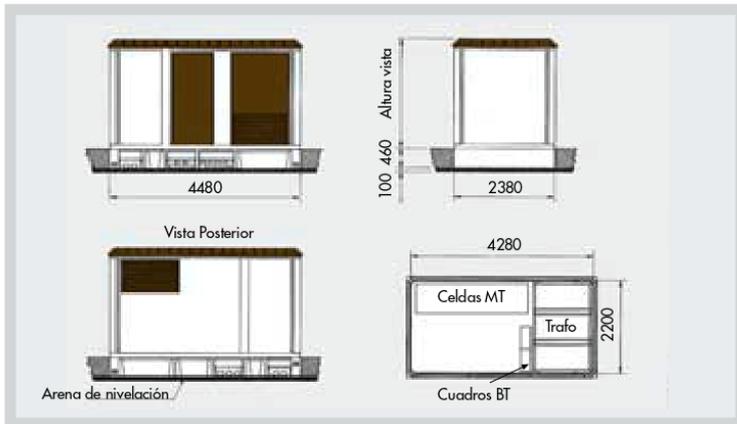
CENTROS HASTA 24 kV		PFU-3	PFU-4	PFU-5
Dimensiones exteriores	Longitud [mm]	3280	4460	6080
	Anchura [mm]	2380	2380	2380
	Altura [mm]	3045	3045	3045
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	7,8	10,7	14,5
	Altura vista [mm]	2585	2585	2585
Dimensiones interiores	Longitud [mm]	3100	4280	5900
	Anchura [mm]	2200	2200	2200
	Altura [mm]	2355	2355	2355
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	6,8	9,4	13,0
Dimensiones excavación	Longitud [mm]	4080	5260	6880
	Anchura [mm]	3180	3180	3180
	Profundidad [mm]	560	560	560
Peso [kg]		10500	12000	17000

CENTROS HASTA 36 kV		PFU-3	PFU-4	PFU-5
Dimensiones exteriores	Longitud [mm]	3280	4460	6080
	Anchura [mm]	2380	2380	2380
	Altura [mm]	3240	3240	3240
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	7,8	10,7	14,5
	Altura vista [mm]	2780	2780	2780
Dimensiones interiores	Longitud [mm]	3100	4280	5900
	Anchura [mm]	2200	2200	2200
	Altura [mm]	2550	2550	2550
	Superficie [m <sup>2</sup> ]	6,8	9,4	13,0
Dimensiones excavación	Longitud [mm]	4080	5260	6880
	Anchura [mm]	3180	3180	3180
	Profundidad [mm]	560	560	560
Peso [kg]		11000	12500	18000

**NOTA:** Dimensiones puerta de acceso: 900/1100 x 2100 mm.  
Dimensiones puerta de transformador: 1260 x 2100/2400 mm.

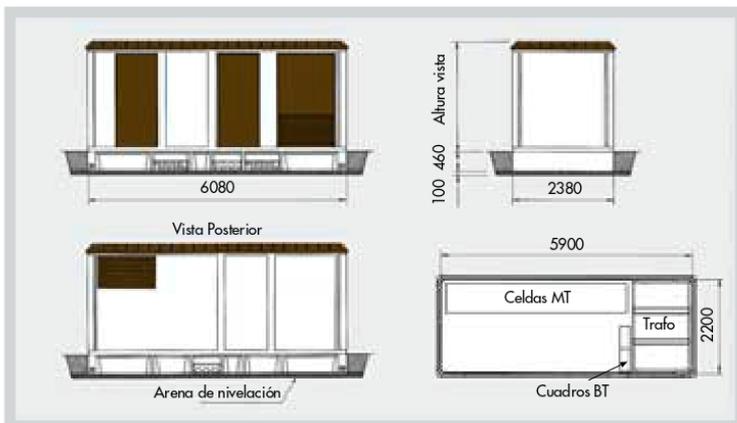


## Centros de Transformación



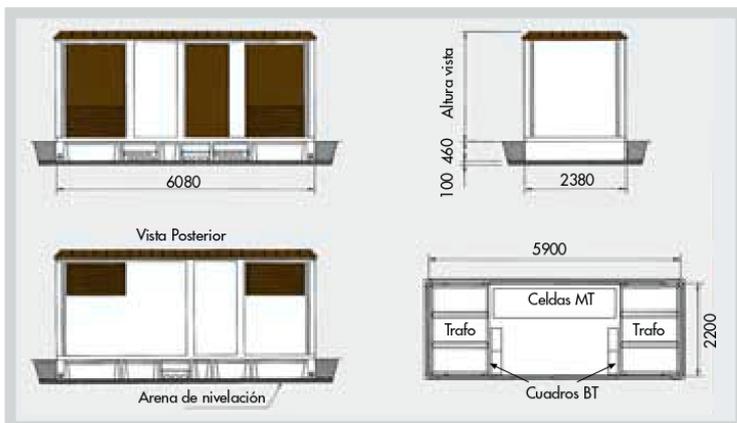
### PFU-4 1 transformador

Para transformadores de más de 630 kVA se añaden unas rejillas de ventilación adicionales en la pared lateral.



### PFU-5 1 transformador 2 puertas de acceso

Para transformadores de más de 630 kVA se añaden unas rejillas de ventilación adicionales en la pared lateral.



### PFU-5 2 transformadores

Para transformadores de más de 630 kVA se añaden unas rejillas de ventilación adicionales en la pared lateral.



## BIBLIOGRAFÍA

- [1] “RESUMEN COP26: SIN LAS ENERGÍAS RENOVABLES LA LUCHA CONTRA EL CAMBIO CLIMÁTICO ES IMPOSIBLE.” <https://www.noticiascea.com/post/resumen-cop26-sin-las-energ%C3%ADas-renovables-la-lucha-contra-el-cambio-clim%C3%A1tico-es-imposible> (accessed Feb. 02, 2022).
- [2] “Acuerdo de París.” [https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement\\_es](https://ec.europa.eu/clima/eu-action/international-action-climate-change/climate-negotiations/paris-agreement_es) (accessed Oct. 15, 2021).
- [3] E. Pacto, “El Pacto Verde Europeo”, Accessed: Oct. 15, 2021. [Online]. Available: <http://www.europarl.europa.eu/thinktank>
- [4] Gobierno de Navarra, “Balance Energético Navarra 2019,” Oct. 2020. Accessed: Oct. 15, 2021. [Online]. Available: <http://www.navarra.es/NR/rdonlyres/58064B90-D979-4F3A-9E2B-1ABE4201E0CD/467652/BalancesenergeticosdeNavarra2019webrev41.pdf>
- [5] “Censospormunicipios2019.xls.” <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=http%3A%2F%2Fwww.navarra.es%2FNR%2Frdonlyres%2FD7DE9F83-46CB-496D-A832-530F56250BD3%2F460976%2FCensospormunicipios2019.xls&wdOrigin=BROWSELINK> (accessed Oct. 18, 2021).
- [6] “Biogás | Idae.” <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas> (accessed Sep. 27, 2021).
- [7] “Aebig | Biogás Agroindustrial - Aebig.” <https://www.aebig.org/biogas-agroindustrial/> (accessed Sep. 27, 2021).
- [8] I. para la Diversificación Ahorro de la Energía, “E N E R G Í A S R E N O V A B L E S Biomasa Digestores anaerobios Biomasa Digestores anaerobios Energía de la Biomasa GOBIERNO DE ESPAÑA MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO”.
- [9] “Manual de biogás,” 2011.
- [10] “Agricultura sostenible - UPV/EHU.” <https://www.ehu.eus/es/-/agricultura-sostenible> (accessed Sep. 27, 2021).
- [11] “ABT GRUPO - Renewables.” <http://www.abt-grupo.com/renewables.php?id=25> (accessed Sep. 27, 2021).
- [12] “Zorg Biogas GmbH | Planta de biogás.” <https://zorg-biogas.com/es/biogas/plantas-de-biogas> (accessed Sep. 27, 2021).
- [13] L. Elordi García and C. Rico de la Hera, “Grado en Ingeniería Civil”.
- [14] “Biodigestor - ¿Qué es un biodigestor? - MÖBIUS.” <http://mobius.net.co/biodigestor/> (accessed Dec. 04, 2021).
- [15] “Biogás ®. Instalaciones, producción e ingeniería ambiental.” <https://www.biogas.es/> (accessed Sep. 27, 2021).
- [16] “Potencial redox: definición, características y aplicaciones.” <https://medicoplus.com/ciencia/potencial-redox> (accessed Sep. 27, 2021).
- [17] “SIUN.” [https://administracionelectronica.navarra.es/SIUN\\_Consulta/Index.html#/mapa](https://administracionelectronica.navarra.es/SIUN_Consulta/Index.html#/mapa) (accessed Oct. 11, 2021).

- [18] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=39197> (accessed Oct. 20, 2021).
- [19] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28753> (accessed Oct. 20, 2021).
- [20] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=29012> (accessed Oct. 20, 2021).
- [21] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28113> (accessed Oct. 20, 2021).
- [22] “BOE.es - BOE-A-2012-14165 Real Decreto 1528/2012, de 8 de noviembre, por el que se establecen las normas aplicables a los subproductos animales y los productos derivados no destinados al consumo humano.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2012-14165> (accessed Oct. 20, 2021).
- [23] “BOE.es - BOE-A-2009-10331 Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, por el que se establecen las bases reguladoras de las subvenciones estatales para fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2009-10331> (accessed Oct. 20, 2021).
- [24] “BOE.es - BOE-A-1998-9478 Ley 10/1998, de 21 de abril, de Residuos.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1998-9478> (accessed Oct. 20, 2021).
- [25] “BOE.es - BOE-A-2011-13046 Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-13046> (accessed Oct. 21, 2021).
- [26] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=53319> (accessed Oct. 21, 2021).
- [27] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=4047> (accessed Oct. 21, 2021).
- [28] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=2636> (accessed Oct. 21, 2021).
- [29] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28057> (accessed Oct. 21, 2021).
- [30] “Lexnavarra.” <http://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=28895#Grupo%20A> (accessed Oct. 21, 2021).
- [31] “BOE.es - BOE-A-1996-5618 Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-1996-5618> (accessed Oct. 20, 2021).
- [32] “BOE.es - BOE-A-2013-7540 Real Decreto 506/2013, de 28 de junio, sobre productos fertilizantes.” <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2013-7540> (accessed Oct. 20, 2021).
- [33] “BOE.es - DOUE-L-2019-81081 Reglamento (UE) 2019/1009 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 5 de junio de 2019, por el que se establecen disposiciones relativas a la comercialización de los productos fertilizantes UE y se modifican los Reglamentos (CE)

- nº 1069/2009 y (CE) nº 1107/2009 y se deroga el Reglamento (CE) nº 2003/2003.”  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2019-81081> (accessed Oct. 20, 2021).
- [34] “BOE.es - BOE-A-2021-16407 Real Decreto 809/2021, de 21 de septiembre, por el que se aprueba el Reglamento de equipos a presión y sus instrucciones técnicas complementarias.” [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-16407](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2021-16407) (accessed Oct. 21, 2021).
- [35] “BOE.es - BOE-A-2006-15345 Real Decreto 919/2006, de 28 de julio, por el que se aprueba el Reglamento técnico de distribución y utilización de combustibles gaseosos y sus instrucciones técnicas complementarias ICG 01 a 11.”  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2006-15345> (accessed Oct. 21, 2021).
- [36] “BOE.es - BOE-A-2019-5089 Real Decreto 244/2019, de 5 de abril, por el que se regulan las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo de energía eléctrica.” [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5089) (accessed Dec. 21, 2021).
- [37] “BOE.es - BOE-A-2007-10556 Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.”  
<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2007-10556> (accessed Oct. 20, 2021).
- [38] “BOE.es - BOE-A-2014-6123 Real Decreto 413/2014, de 6 de junio, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.” [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6123](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2014-6123) (accessed Oct. 20, 2021).
- [39] “BOE.es - BOE-A-2020-13591 Real Decreto 960/2020, de 3 de noviembre, por el que se regula el régimen económico de energías renovables para instalaciones de producción de energía eléctrica.” <https://www.boe.es/eli/es/rd/2020/11/03/960/con> (accessed Oct. 20, 2021).
- [40] “BOE.es - BOE-A-2007-10868 Orden ITC/1522/2007, de 24 de mayo, por la que se establece la regulación de la garantía del origen de la electricidad procedente de fuentes de energía renovables y de cogeneración de alta eficiencia.”  
<https://www.boe.es/eli/es/o/2007/05/24/itc1522/con> (accessed Oct. 20, 2021).
- [41] “BOE.es - BOE-A-2014-6084 Real Decreto 337/2014, de 9 de mayo, por el que se aprueban el Reglamento sobre condiciones técnicas y garantías de seguridad en instalaciones eléctricas de alta tensión y sus Instrucciones Técnicas Complementarias ITC-RAT 01 a 23.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2014-6084> (accessed Oct. 21, 2021).
- [42] “BOE.es - BOE-A-2002-18099 Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.”  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2002-18099> (accessed Oct. 21, 2021).
- [43] “BOE.es - BOE-A-2005-5271 Real Decreto 312/2005, de 18 de marzo, por el que se aprueba la clasificación de los productos de construcción y de los elementos constructivos en función de sus propiedades de reacción y de resistencia frente al fuego.”  
<https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2005-5271> (accessed Oct. 20, 2021).
- [44] “BOE.es - BOE-A-2017-6606 Real Decreto 513/2017, de 22 de mayo, por el que se aprueba el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios.”  
[https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-6606](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-6606) (accessed Oct. 20, 2021).

- [45] “BOE.es - BOE-A-2004-21216 Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2004-21216> (accessed Oct. 20, 2021).
- [46] “BOE.es - BOE-A-2000-4447 Real Decreto 324/2000, de 3 de marzo, por el que se establecen normas básicas de ordenación de las explotaciones porcinas.” <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2000-4447> (accessed Oct. 23, 2021).
- [47] G. F. Parkin and W. F. Owen, “Fundamentals of Anaerobic Digestion of Wastewater Sludges,” *Journal of Environmental Engineering*, vol. 112, no. 5, Oct. 1986, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9372(1986)112:5(867).
- [48] “Clima Badostáin – Temperatura • Mejor época para viajar • Tiempo.” <https://www.cuandovisitar.es/espana/badostain-3540454/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [49] “Cómo conectar tu instalación a la red | Red Eléctrica de España.” <https://www.ree.es/es/actividades/acceso-conexion-y-puesta-en-servicio/como-conectar-tu-instalacion-a-la-red> (accessed Feb. 04, 2022).
- [50] “Digestión metanogénica de purines porcinos y ‘stripping’ de N - Artículos - 3tres3, la página del Cerdo.” [https://www.3tres3.com/articulos/digestion-metanogenica-de-purines-porcinos-y-stripping-de-n\\_2006/](https://www.3tres3.com/articulos/digestion-metanogenica-de-purines-porcinos-y-stripping-de-n_2006/) (accessed Oct. 25, 2021).
- [51] F. Europeo, A. de Desarrollo, and R. Feader, “UNIÓN EUROPEA”, Accessed: Oct. 25, 2021. [Online]. Available: [https://digital.csic.es/bitstream/10261/31118/1/YagueRM\\_InfTecn\\_2010a.pdf](https://digital.csic.es/bitstream/10261/31118/1/YagueRM_InfTecn_2010a.pdf)
- [52] “¿Cómo medir y conocer el valor fertilizante del purín? - Campo Galego.” <https://www.campogalego.es/como-medir-y-conocer-el-valor-fertilizante-del-purin/> (accessed Oct. 25, 2021).
- [53] Soluciones Prácticas ITDG, “Ficha Técnica Biodigestores.” Accessed: Oct. 26, 2021. [Online]. Available: <https://www.produccion-animal.com.ar/Biodigestores/03-biodigestores.pdf>
- [54] “Clasificación de Biodigestores | Energía Casera.” <https://energiacasera.wordpress.com/2009/09/17/clasificacion-de-biodigestores/> (accessed Oct. 26, 2021).
- [55] “Tipos de biodigestores - Autogeneración.” [https://autoconsumo.minenergia.cl/?page\\_id=524%20\(accessed%20Oct.%202022,%202021\)](https://autoconsumo.minenergia.cl/?page_id=524%20(accessed%20Oct.%202022,%202021)) (accessed Oct. 26, 2021).
- [56] E. N. La, G. Sostenible, and D. E. Agroindustrias, “PLANTAS DE BIOGÁS SUSTRATO Relación C/N Materia Seca (%) Materia Seca orgánica (%) Biogás (m<sup>3</sup> /Ton MF) CH<sub>4</sub> (%)”.
- [57] “Zorg Biogas GmbH | Producción de biogás.” <https://zorg-biogas.com/es/biogas/produccion-de-biogas> (accessed Oct. 25, 2021).
- [58] “Oficina Local del Cambio Climático de Santander Energía biomasa biogas.” <http://www.oficinacambioclimaticosantander.es/opencms/opencms/Energia.Biomasa.Biogas> (accessed Oct. 28, 2021).
- [59] “La falta de peso de las energías renovables en el mix de generación encarece el precio de la electricidad | EAE.” <https://www.eae.es/actualidad/noticias/la-falta-de-peso-de-las->

energias-renovables-en-el-mix-de-generacion-encarece-el-precio-de-la-electricidad (accessed Oct. 25, 2021).

- [60] “Separator S855 - Röhren- und Pumpenwerk BAUER.” <https://www.bauer-at.com/en/products/slurry-technology/separation-technology/separator-s855> (accessed Dec. 30, 2021).
- [61] “Zorg Biogas GmbH|Gasómetro de biogás de doble membrana, 1/2 D.” [https://zorg-biogas.com/es/catalogo-de-equipos/sostenedor-de-biogas/sostenedor-de-biogas-de-doble-membrana-1\\_2d](https://zorg-biogas.com/es/catalogo-de-equipos/sostenedor-de-biogas/sostenedor-de-biogas-de-doble-membrana-1_2d) (accessed Dec. 13, 2021).
- [62] “G3516A | 728.7kW-1041kW Gas Generator | Cat | Caterpillar.” [https://www.cat.com/en\\_US/products/new/power-systems/electric-power/gas-generator-sets/18486985.html#](https://www.cat.com/en_US/products/new/power-systems/electric-power/gas-generator-sets/18486985.html#) (accessed Dec. 26, 2021).
- [63] “1.7 Viscosidad Cinematica | PDF | Líquidos | Viscosidad.” <https://es.scribd.com/doc/164721001/1-7-Viscosidad-cinematica> (accessed Nov. 21, 2021).
- [64] “UNE-EN 1519-1:2021 Sistemas de canalización en materiales plás...” <https://www.une.org/encuentra-tu-norma/busca-tu-norma/norma/?c=N0067455> (accessed Nov. 29, 2021).
- [65] “Pressure Loss from Fittings - Excess Head (K) Method | Neutrium.” <https://neutrium.net/fluid-flow/pressure-loss-from-fittings-excess-head-k-method/> (accessed Dec. 01, 2021).
- [66] “Pressure Loss from Pipe Entrances and Exits | Neutrium.” <https://neutrium.net/fluid-flow/pressure-loss-from-pipe-entrances-and-exits/> (accessed Dec. 01, 2021).
- [67] “CPE end-suction single-stage centrifugal pumps ASME B73.1”, Accessed: Dec. 01, 2021. [Online]. Available: [https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/single-stage-pumps/brochures/cpe\\_ansi\\_process\\_pumps\\_e10431.pdf?la=en](https://www.sulzer.com/-/media/files/products/pumps/single-stage-pumps/brochures/cpe_ansi_process_pumps_e10431.pdf?la=en)
- [68] “Tarifas solares para la compensación de excedentes en autoconsumo.” <https://selectra.es/autoconsumo/info/tarifas> (accessed Mar. 02, 2022).

## DOCUMENTO II: PLANOS

# ÍNDICE DOCUMENTO II

PLANO Nº 1: UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

PLANO Nº 2: LAYOUT

PLANO Nº 3: ESQUEMA DE PRINCIPIO

PLANO Nº 4: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN. PARTE I

PLANO Nº 5: DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN. PARTE II

PLANO Nº 6: INSTALACIÓN HIDRÁULICA. PARTE I

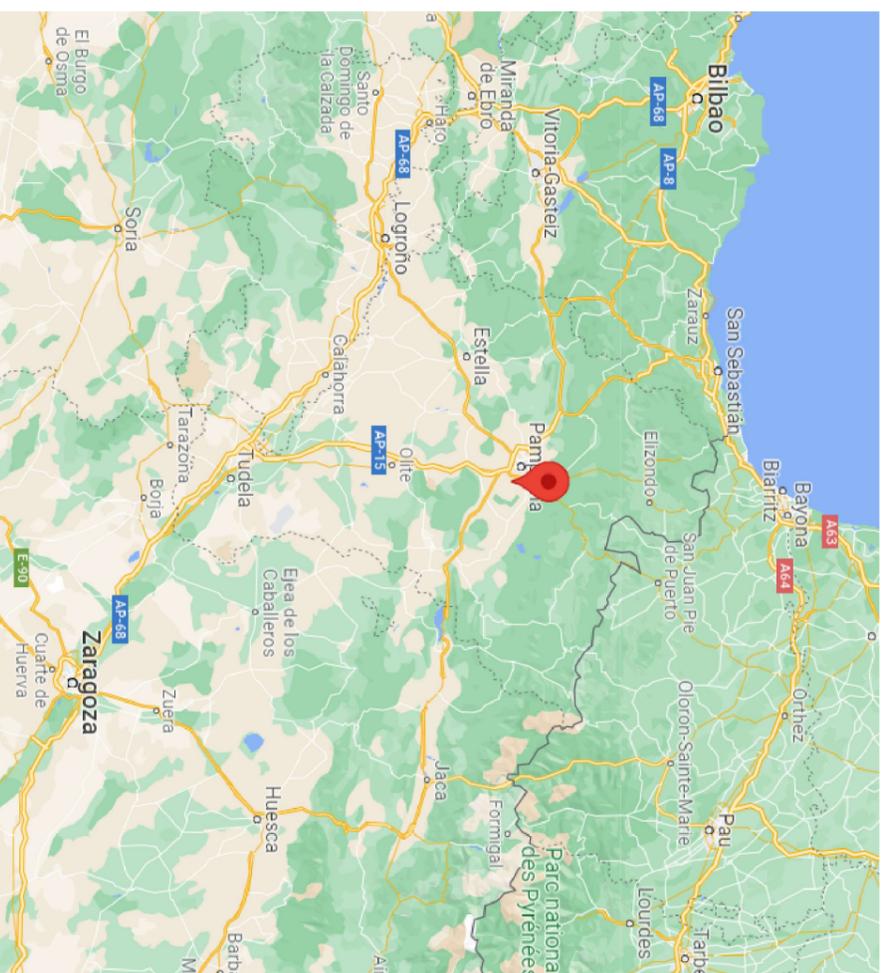
PLANO Nº 7: INSTALACIÓN HIDRÁULICA. PARTE II

PLANO Nº 8: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN. PARTE I

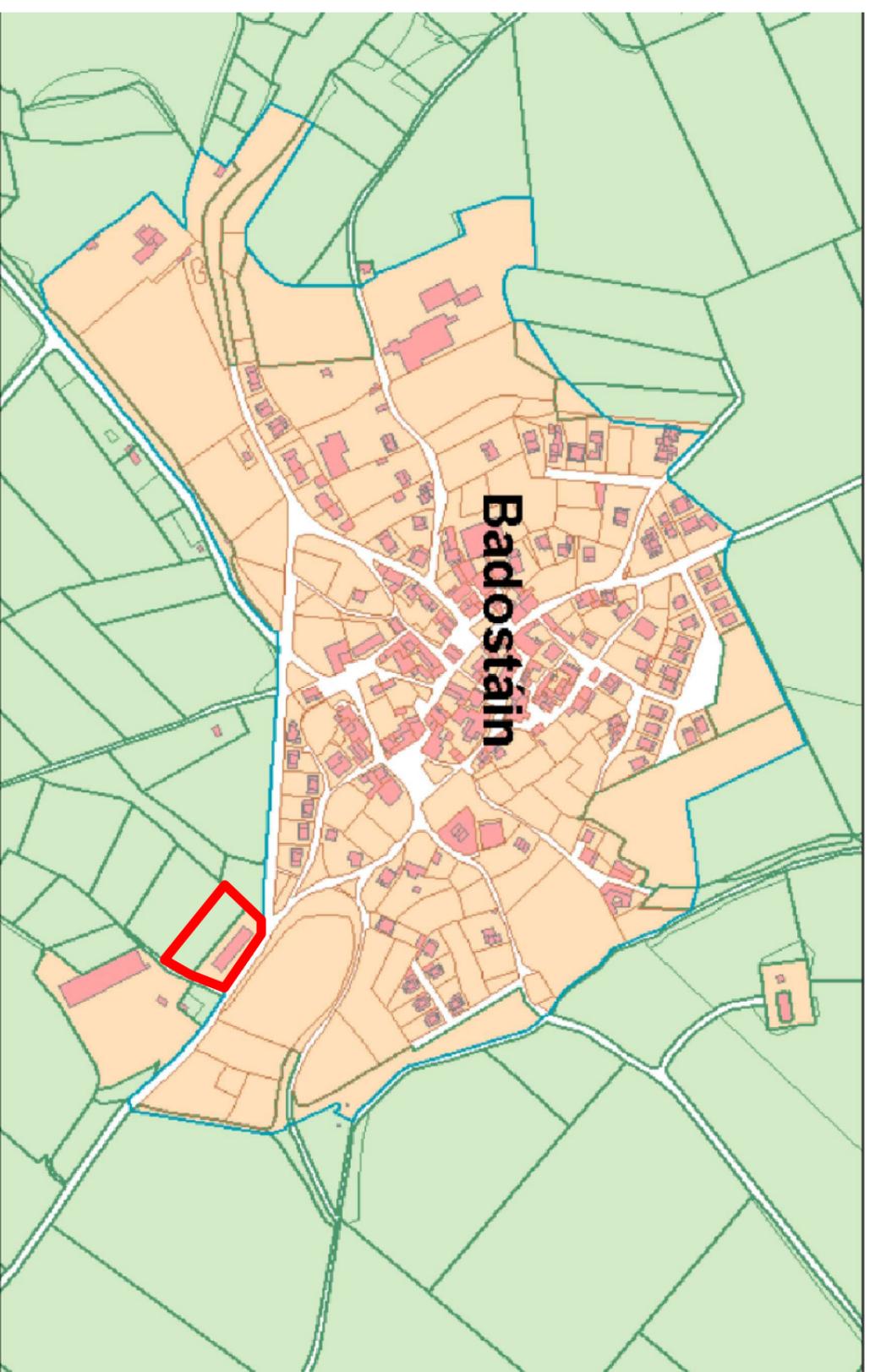
PLANO Nº 9: INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN. PARTE II

PLANO Nº 10: INSTALACIÓN DE GAS. PARTE I

PLANO Nº 11: INSTALACIÓN DE GAS. PARTE II



50 km  
1 : 2.000.000

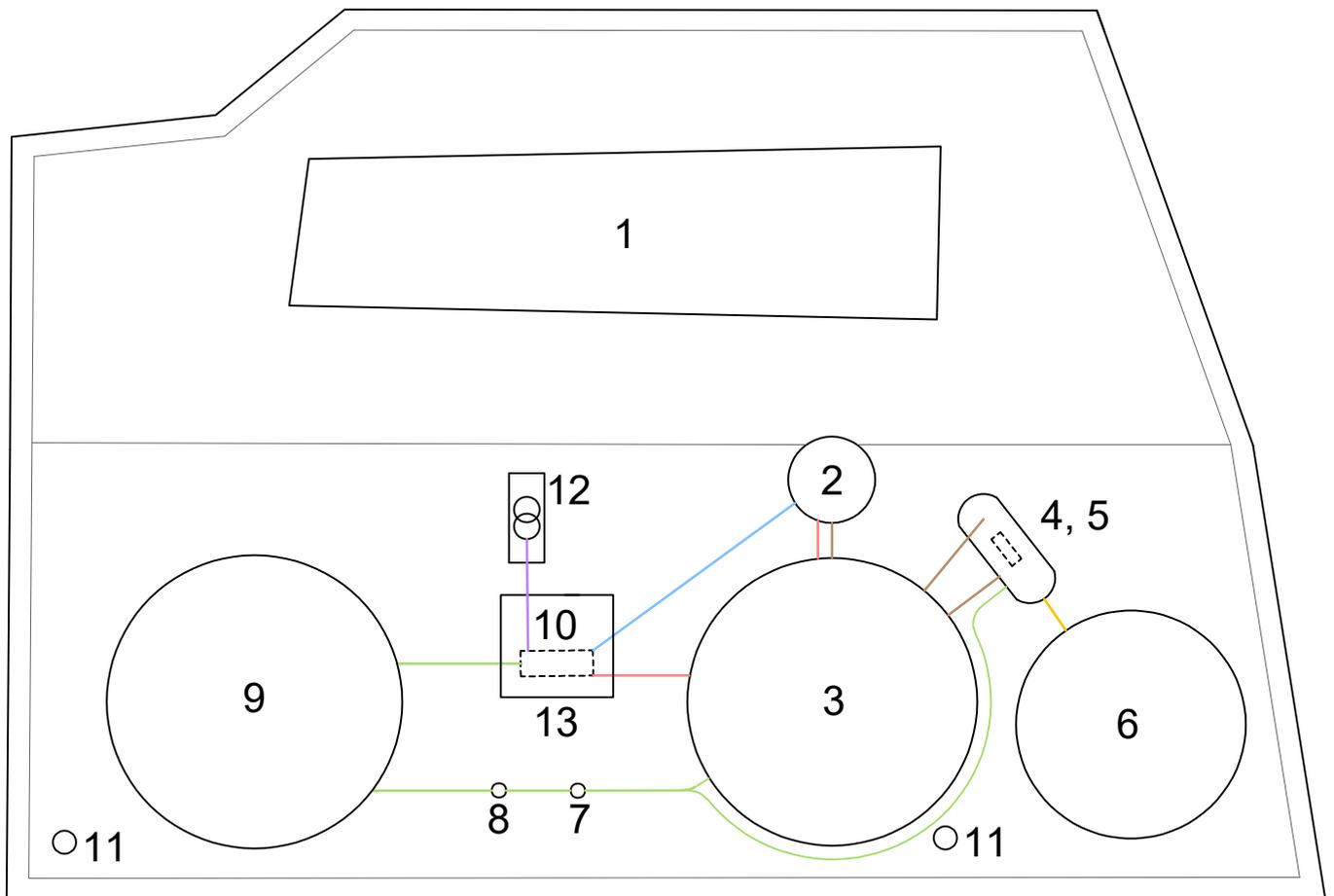


200 m  
1 : 5.000

Fecha	Nombre	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado	Carla Filloy Viñes			
Comprobado	Manuel Odrizola Riguez Pablo Pascual Muñoz			
Escala : Las indicadas	Plano :	<b>UBICACIÓN Y EMPLAZAMIENTO</b>		
		Nº:	1	
		Sustituye a:		
		Sustituido por:		

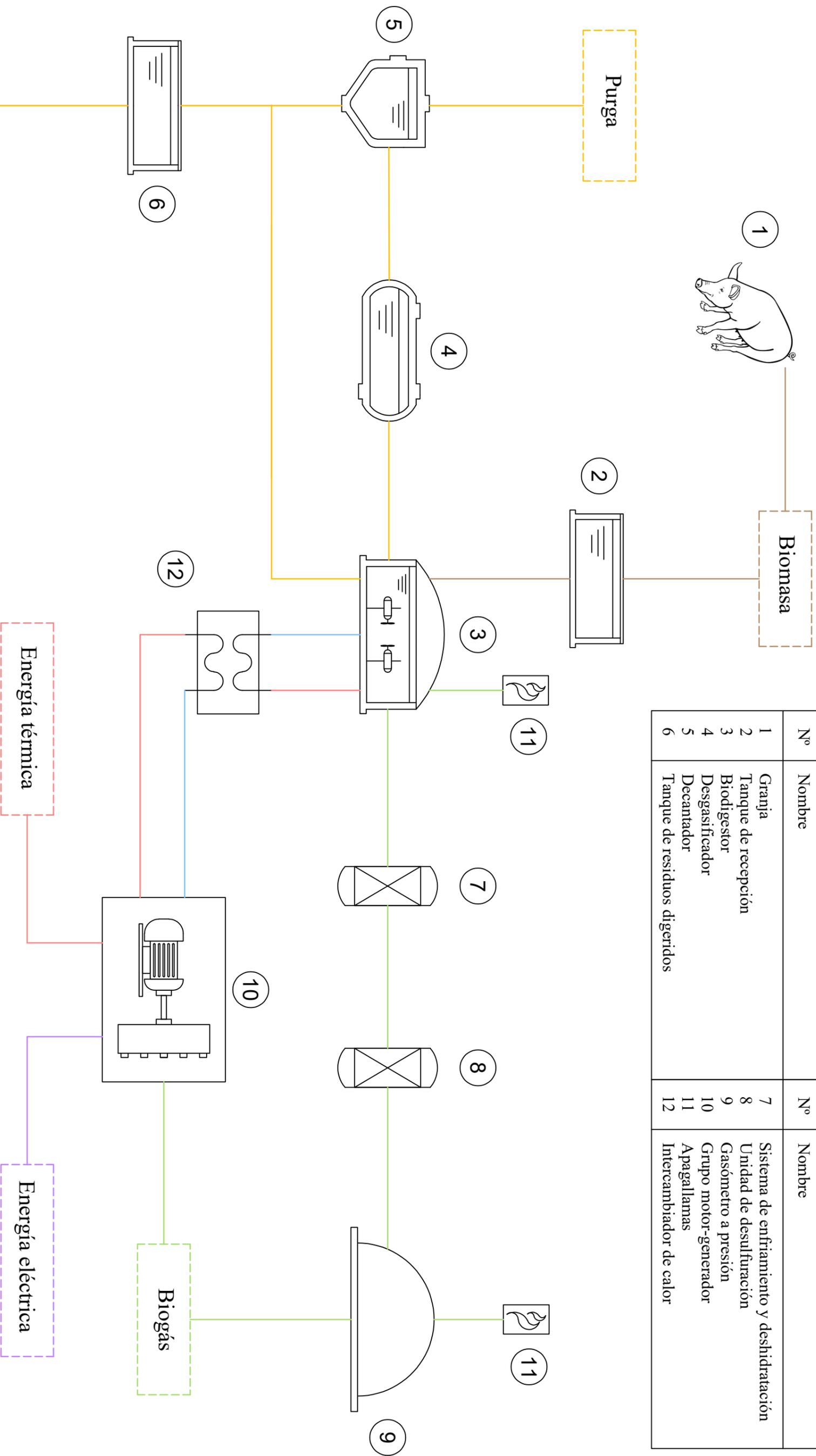
Nº	Nombre
1	Granja
2	Tanque de recepción
3	Biodigestor
4	Desgasificador
5	Decantador
6	Tanque de residuos digeridos
7	Sistema de enfriamiento y deshidratación
8	Unidad de desulfuración
9	Gasómetro a presión
10	Grupo motor-generator
11	Apagallamas
12	Centro de Transformación
13	Módulo de cogeneración

	Agua caliente
	Agua fría
	Biogás
	Biomasa
	Biomasa digerida



	Fecha	Nombre	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado	03/02/2022	Carla Filloy Viñes		
Comprobado	05/02/2022	Manuel Odriozola Rguez. Pablo Pascual Muñoz		
Escala : 1:500	Plano :	<b>LAYOUT</b>		Nº: 2
				Sustituye a:
				Sustituido por:

Nº	Nombre	Nº	Nombre
1	Granja	7	Sistema de enfriamiento y deshidratación
2	Tanque de recepción	8	Unidad de desulfuración
3	Biodigestor	9	Gasómetro a presión
4	Desgasificador	10	Grupo motor-generator
5	Decantador	11	Apagallamas
6	Tanque de residuos digeridos	12	Intercambiador de calor

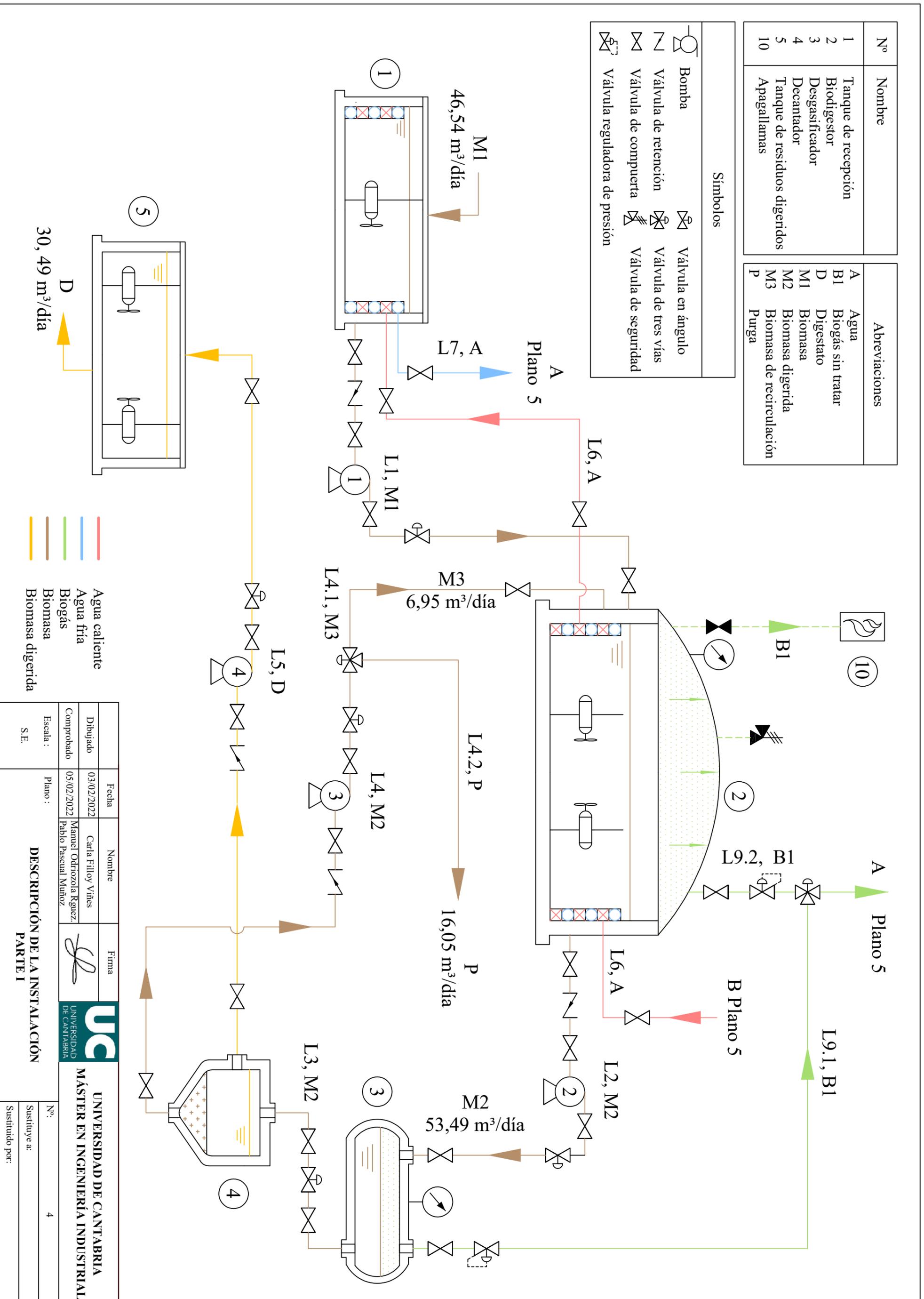


- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	Nombre	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado	Carla Filloy Viñes		
Comprobado	Manuel Odrizola Rugez, Pablo Pascual Muñoz		
Escala :	Plano :	<b>ESQUEMA DE PRINCIPIO</b>	
S.E.		Nº:	3
		Sustituye a:	
		Sustituido por:	

Nº	Nombre	Abreviaciones
1	Tanque de recepción	A
2	Biogestor	B1
3	Desgasificador	D
4	Decantador	M1
5	Tanque de residuos digeridos	M2
10	Apagallamas	M3
		P
		Purga
		Biomasa de recirculación

Símbolos	
	Bomba
	Válvula de retención
	Válvula de compuerta
	Válvula reguladora de presión
	Válvula en ángulo
	Válvula de tres vías
	Válvula de seguridad



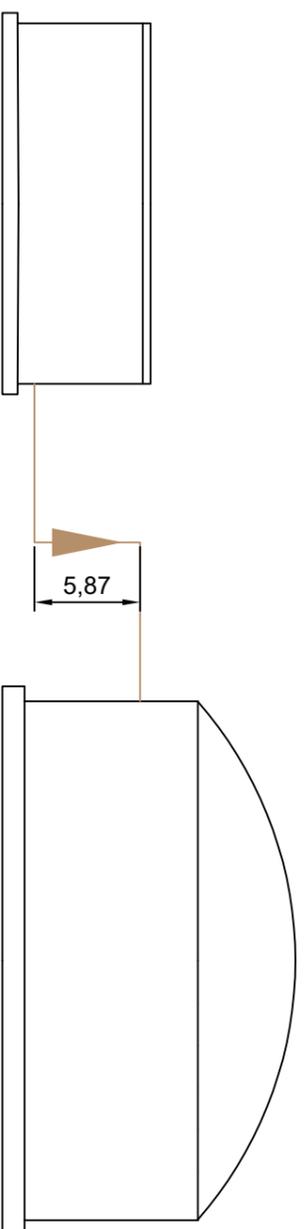
- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	Nombre	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
03/02/2022	Carla Filloy Viñes		
Dibujado	Comprobado	Plano:	<b>DESCRIPCIÓN DE LA INSTALACIÓN</b> <b>PARTE I</b>
03/02/2022	05/02/2022		
Escala: S.E.		Nº: 4 Sustituye a: Sustituido por:	



# Línea 1

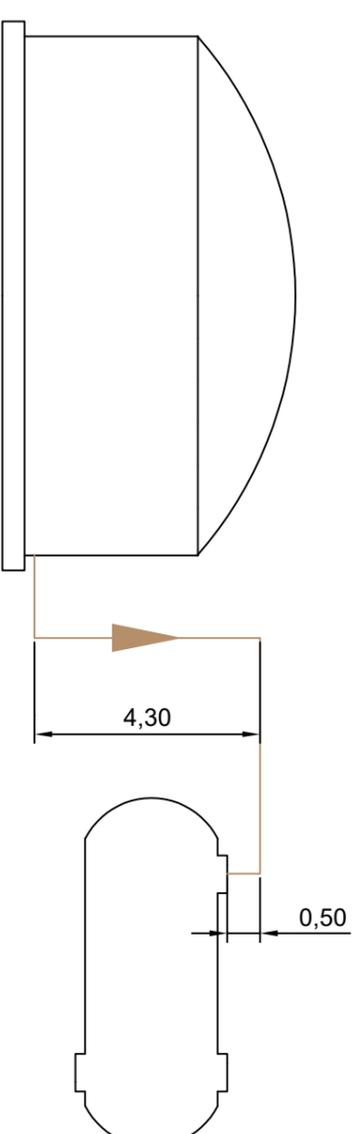
Tanque de recepción



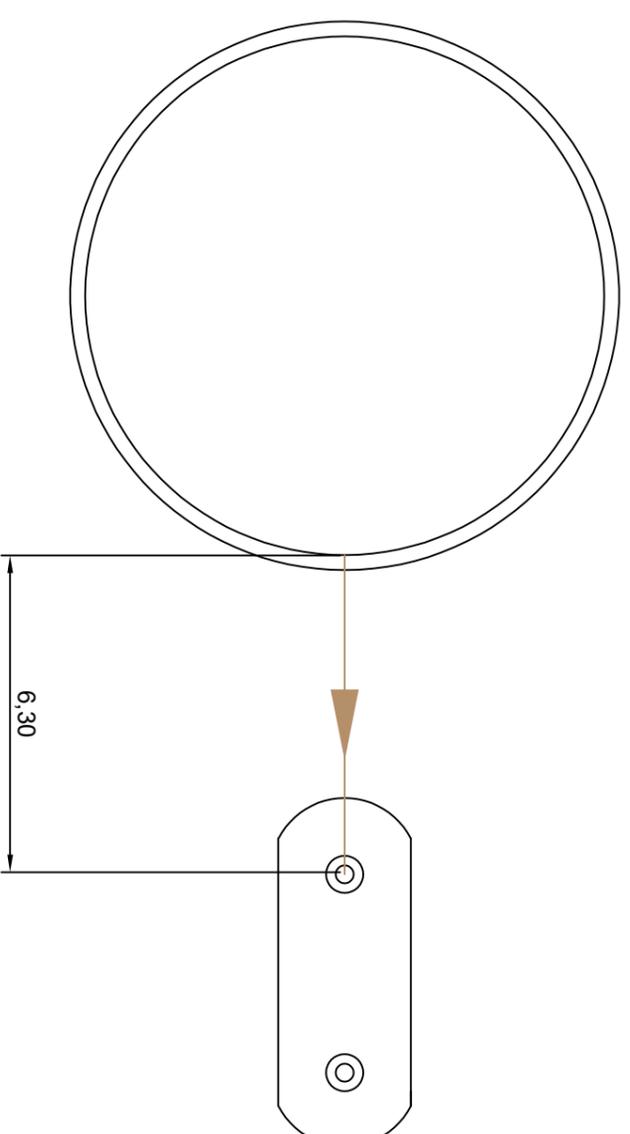
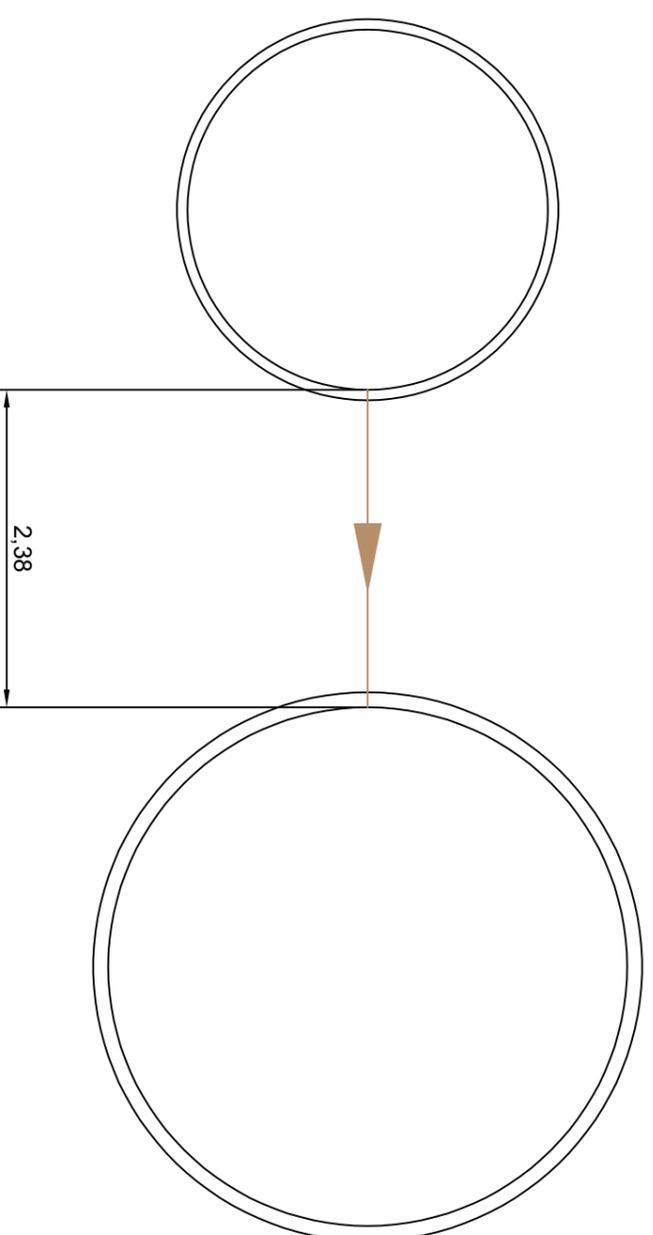
Biodigestor

# Línea 2

Biodigestor



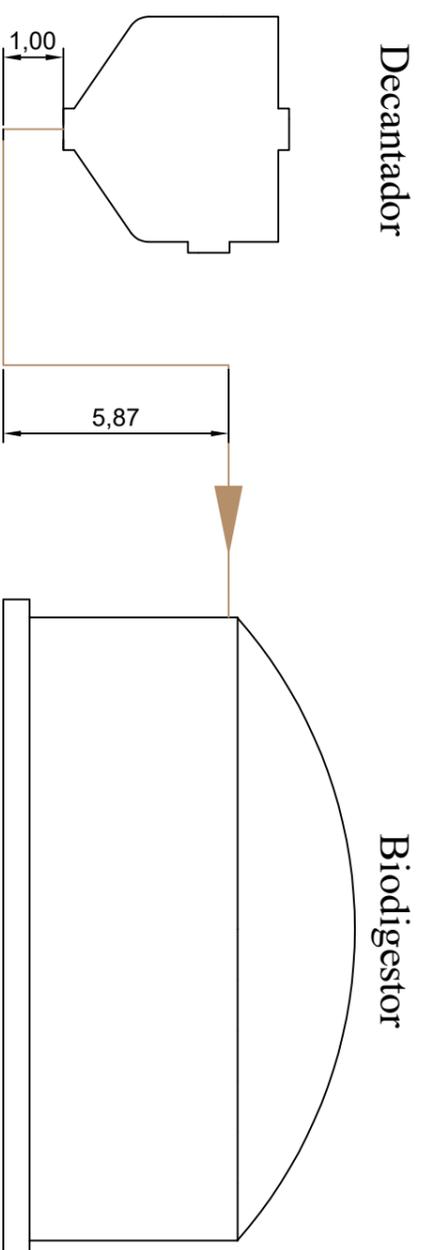
Desgasificador



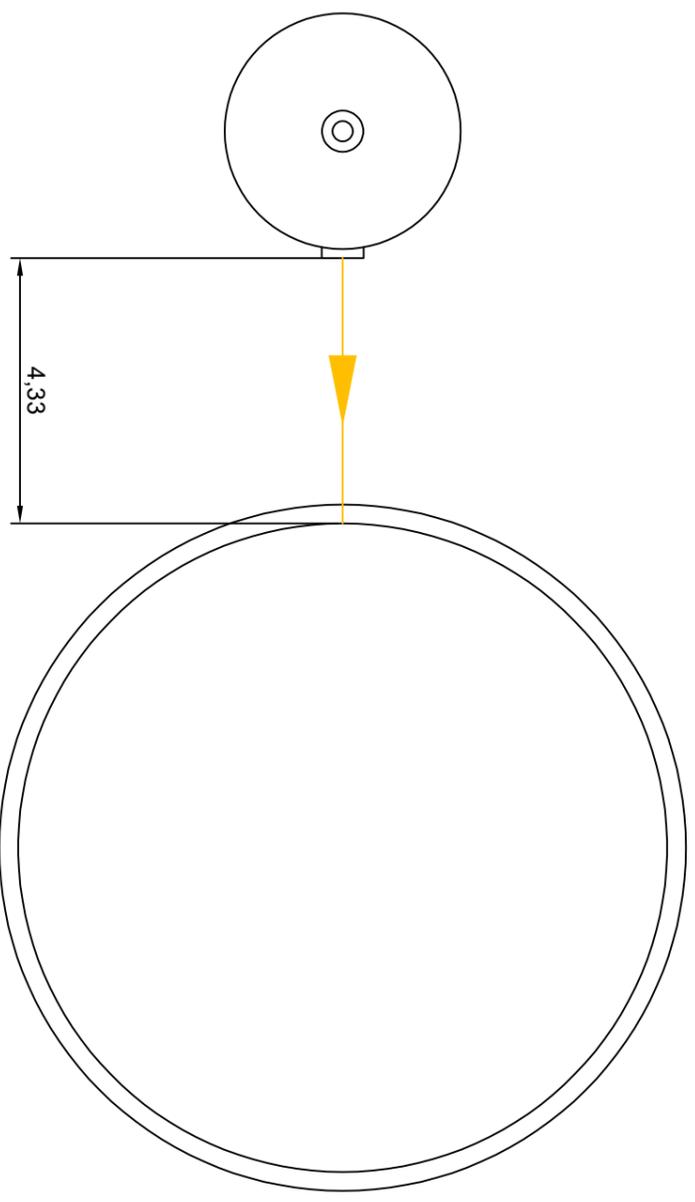
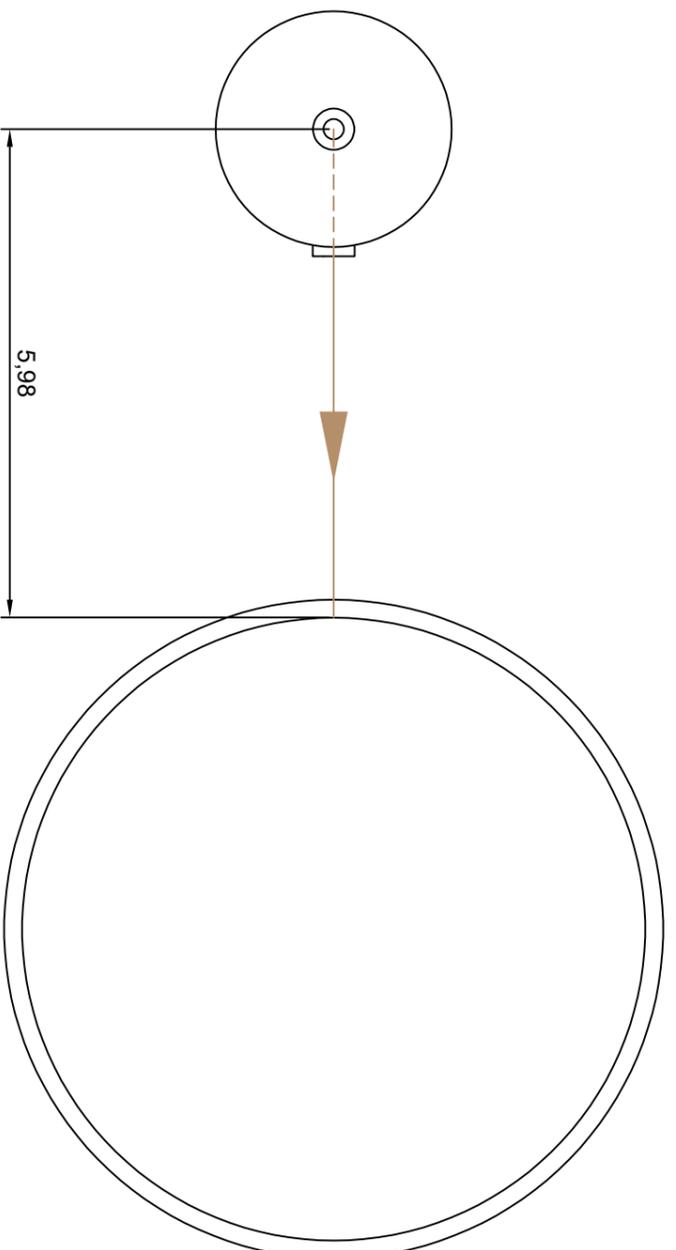
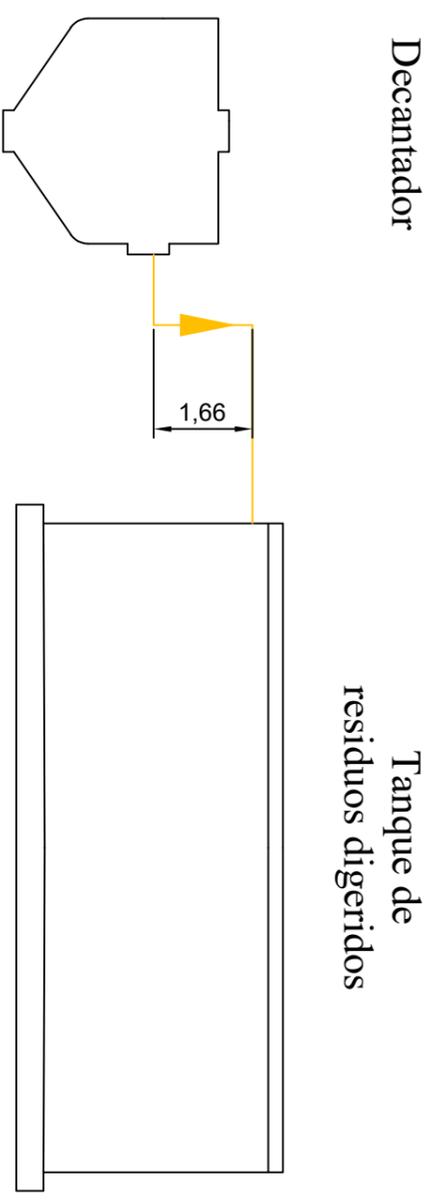
- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	03/02/2022	Nombre	Carla Filloy Viñes	Firma		<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>	
Dibujado	03/02/2022	Comprobado	05/02/2022	Manuel Odrizola Riguez	Pablo Pascual Muñoz		
Escala :	S.E.	Plano :	<b>INSTALACIÓN HIDRÁULICA</b> <b>PARTE I</b>				Nº: 6 Sustituye a: Sustituido por:

## Línea 4.1



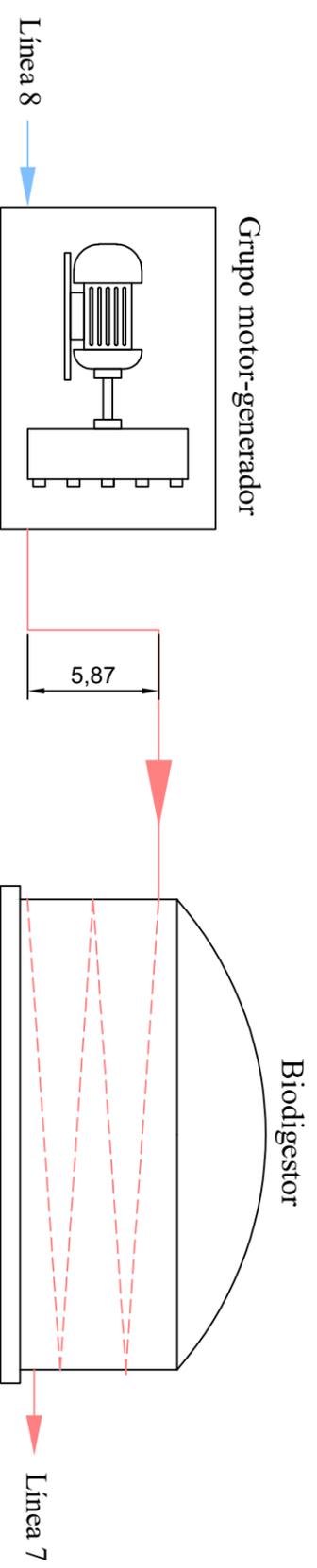
## Línea 5



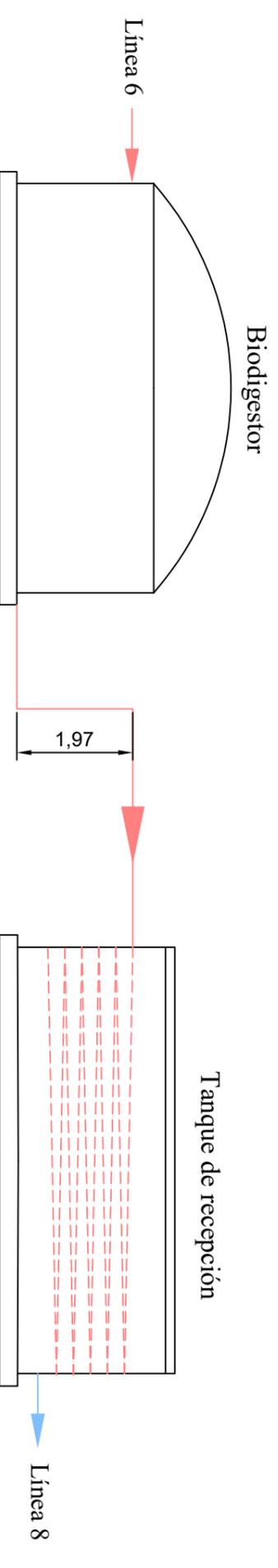
- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	03/02/2022	Nombre	Carla Filloy Viñes	Firma		<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado	03/02/2022	Nombre	Manuel Odrizola Riguez			
Comprobado	05/02/2022	Nombre	Pablo Pascual Muñoz			
Escala :	S.E.	Plano :	<b>INSTALACIÓN HIDRÁULICA</b> <b>PARTE II</b>			
Nº:	7	Sustituye a:				
Sustituido por:						

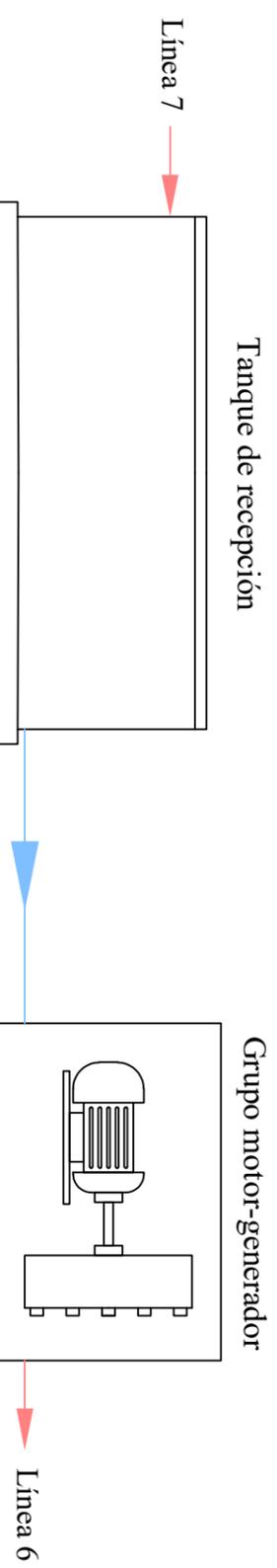
## Línea 6



## Línea 7

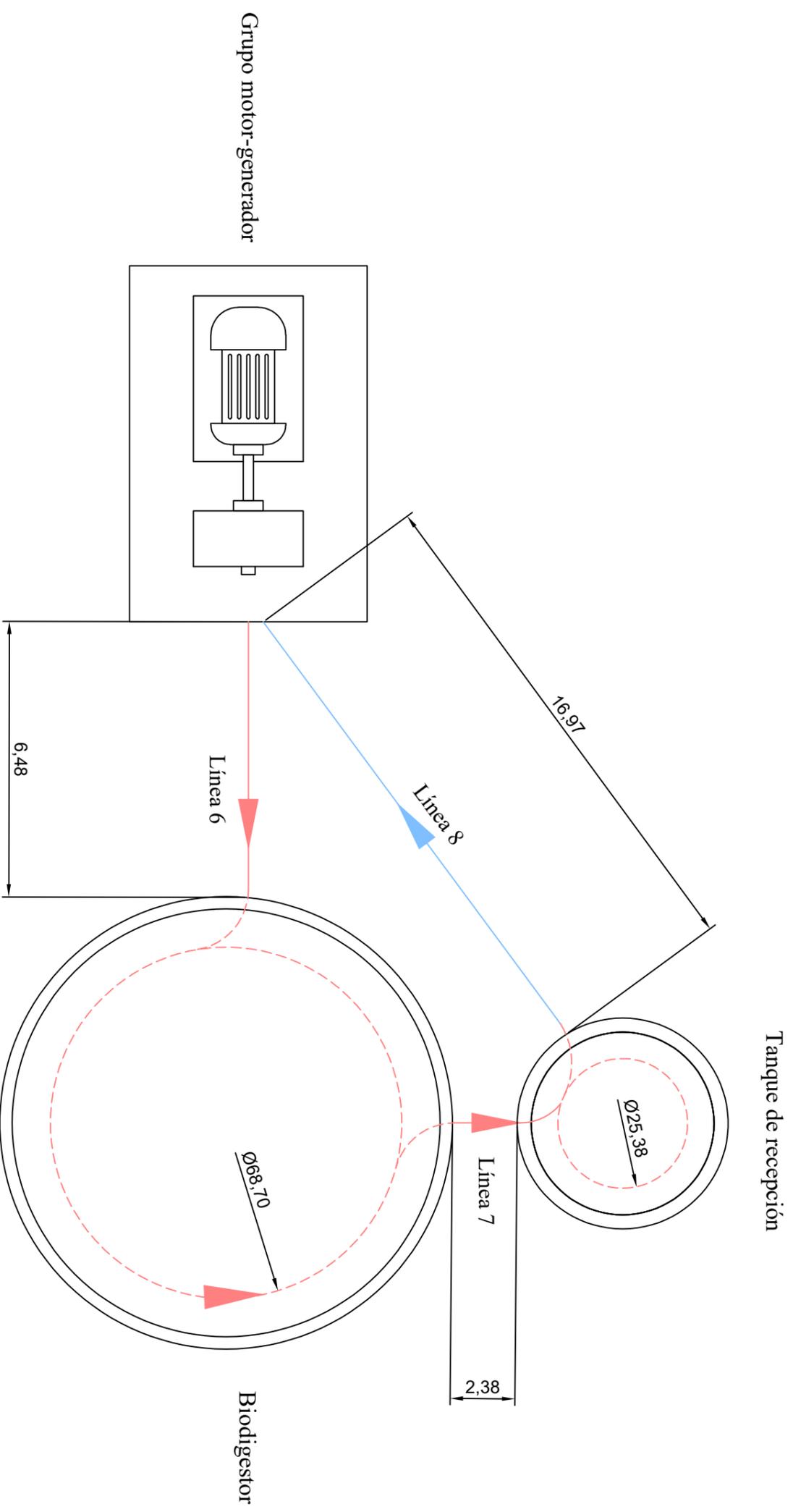


## Línea 8



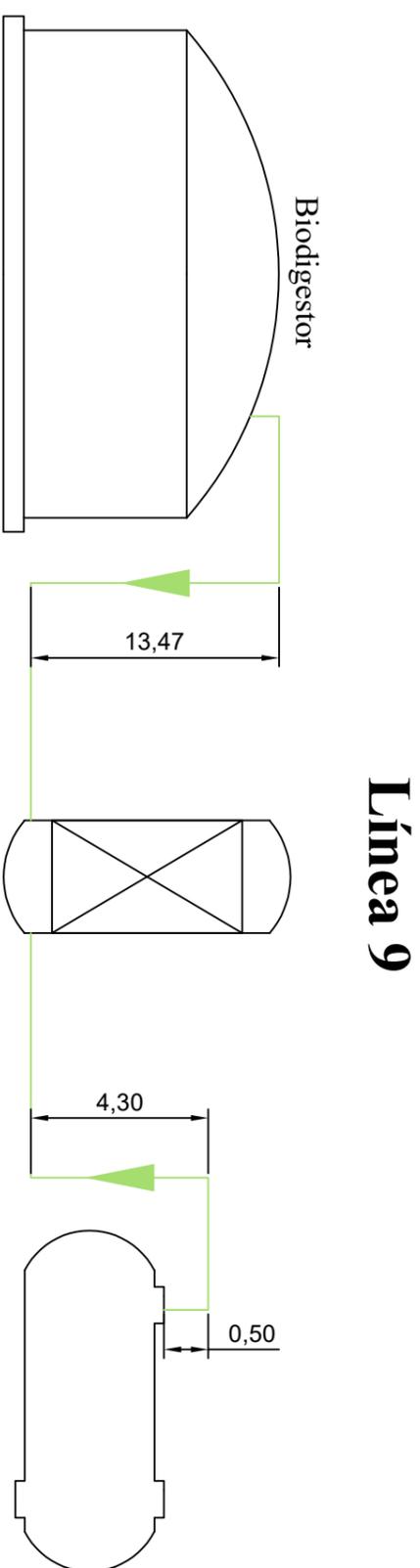
- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	03/02/2022	Nombre	Carla Filloy Vines	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado	05/02/2022	Comprobado	Manuel Odrizola Riguez, Pablo Pascual Muñoz			
Escala : S.E.		Plano : <b>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN PARTE I</b>		Nº: 8	Sustituye a:	
				Sustituido por:		

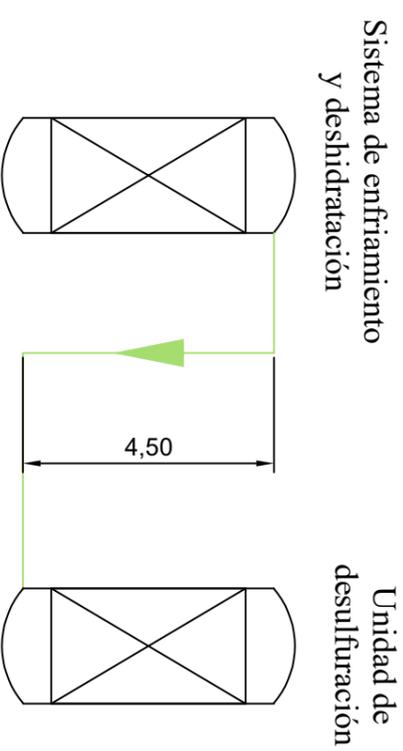


- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

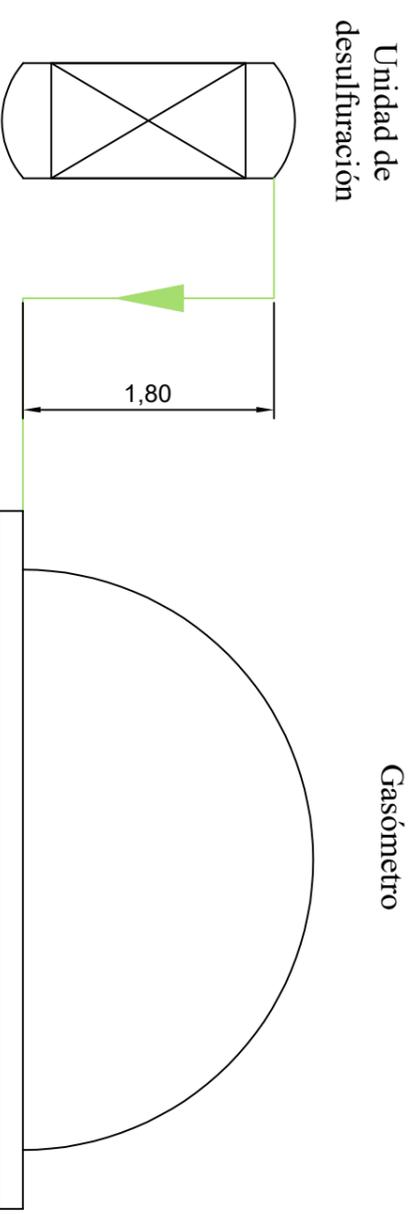
Escala : S.E.	Plano :	<b>INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN PARTE II</b>		 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado Comprobado	Fecha 03/02/2022 05/02/2022	Nombre Carla Filloy Viñes Manuel Odrizola Rugez Pablo Pascual Muñoz	Firma 	
				Sustituye a:
				Sustituido por:



**Línea 9**



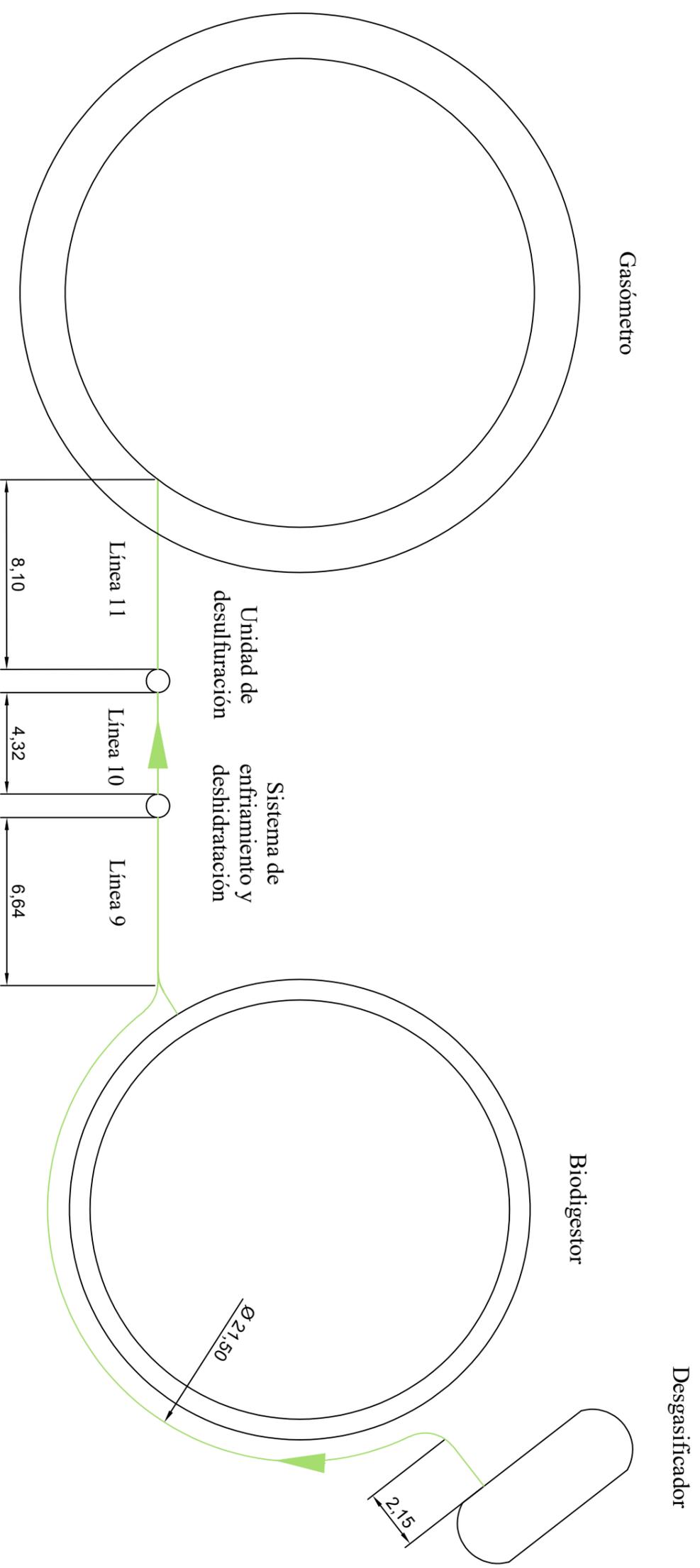
**Línea 10**



**Línea 11**

- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	Nombre	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>
Dibujado 03/02/2022	Carla Filloy Viñes		
Comprobado 05/02/2022	Manuel Odrizola Riguez, Pablo Pascual Muñoz		
Escala : S.E.	Plano : <b>INSTALACIÓN DE GAS</b> <b>PARTE I</b>	Nº: 10	
		Sustituye a:	
		Sustituido por:	



- Agua caliente
- Agua fría
- Biogás
- Biomasa
- Biomasa digerida

Fecha	03/02/2022	Nombre	Carla Filloy Viñes	Firma	 <b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b>	<b>UNIVERSIDAD DE CANTABRIA</b> <b>MÁSTER EN INGENIERÍA INDUSTRIAL</b>		
Dibujado	03/02/2022	Nombre	Manuel Odrizola Riguez					
Comprobado	05/02/2022	Nombre	Pablo Pascual Muñoz					
Escala:	S.E.	Plano:	<b>INSTALACIÓN DE GAS</b> <b>PARTE II</b>				Nº:	11
							Sustituye a:	
							Sustituido por:	

## DOCUMENTO III: PLIEGO DE CONDICIONES

# ÍNDICE DOCUMENTO III

1.	Disposiciones generales .....	3
1.1.	Introducción y objeto .....	3
1.2.	Normativa aplicable .....	3
1.3.	Contrato de obra.....	3
1.4.	Documentación del contrato.....	3
2.	Pliego de condiciones de índole facultativa .....	4
2.1.	Obligaciones y derechos generales de los agentes en la obra .....	4
2.2.	Recepción de la obra y documentación final.....	8
2.3.	Prescripciones generales relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares.....	8
2.4.	De las recepciones de edificios y obras anejas.....	11
3.	Pliego de condiciones de índole técnica.....	13
3.1.	Obra civil.....	13
3.2.	Ejecución de las obras .....	14
3.3.	Equipos.....	14
4.	Pliego de condiciones de índole económica.....	15
4.1.	Principio general .....	15
4.2.	Fianzas.....	15
4.3.	Precios .....	15
4.4.	Valoración y abono de los trabajos .....	17

# 1. Disposiciones generales

## 1.1. Introducción y objeto

El presente documento fija las especificaciones que regulan la ejecución del Proyecto y sirve de base para el contrato de obras que se efectuará entre el Contratista y el Promotor.

Además, por medio del Pliego, se fijan las condiciones técnicas que se deben cumplir en la ejecución de las distintas unidades de obra, se establecen criterios de medición y bases económicas por las que regular su abono.

## 1.2. Normativa aplicable

Además de lo determinado en el presente Pliego, es necesario cumplir la siguiente normativa:

- Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación
- Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición
- Código Técnico de Edificación (CTE)
- Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión, Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, e Instrucciones Técnicas Complementarias
- Leyes y Reglamentos sobre Seguridad y Salud en el Trabajo
- Otras

Cabe destacar, que durante la ejecución de la obra, será aplicable la versión vigente en ese momento.

## 1.3. Contrato de obra

Es aconsejable que la contratación de la ejecución de la obra se realice en función de unidades de obra, en función de los documentos del Proyecto, y que el Director de obra ofrezca la documentación necesaria para realizar el contrato.

## 1.4. Documentación del contrato

Integran el contrato de obra los siguientes documentos relacionados por orden de prelación en cuanto al valor de sus especificaciones en caso de omisión o contradicción:

1. Las condiciones fijadas en el propio documento de contrato de empresa o arrendamiento de la obra, si existe
2. El presente Pliego de condiciones
3. Resto de documentación: Memoria, planos, anejos y presupuestos

Además, en cada documento prevalece lo escrito a lo gráfico, y, en los planos, las cotas a las medidas a escala. El Contratista será responsable de comprobar las cotas antes del comienzo de la obra, siendo responsable de cualquier error que pudiera surgir.

## 2. Pliego de condiciones de índole facultativa

### 2.1. Obligaciones y derechos generales de los agentes en la obra

Son agentes de la edificación todas las personas, físicas o jurídicas, que intervienen en el proceso de la edificación. Sus obligaciones vendrán determinadas por lo dispuesto en esta Ley y demás disposiciones que sean de aplicación y por el contrato que origina su intervención.

#### **Promotor**

De acuerdo con la Ley de Ordenación en la Edificación (LOE), el Promotor es cualquier persona física o jurídica, pública o privada que de una manera individual o colectiva, decide, impulsa, programa y financia una obra para sí o para su posterior enajenación, entrega o cesión a terceros bajo cualquier título.

Son obligaciones del Promotor:

- Ostentar sobre el solar la titularidad de un derecho que le faculte para construir en él
- Facilitar la documentación e información previa necesaria para la redacción del proyecto, así como autorizar al Director de obra las posteriores modificaciones del mismo
- Gestionar y obtener las preceptivas licencias y autorizaciones administrativas, así como suscribir el acta de recepción de la obra
- Suscribir los seguros previstos en el artículo 9 de la Ley de Ordenación de la Edificación donde se cubran todos los daños materiales ocasionados por vicios y defectos de construcción
- Entregar al adquirente, en su caso, la documentación de obra ejecutada, o cualquier otro documento exigible por las Administraciones competentes

#### **Proyectista**

El Proyectista es el agente que, por encargo del Promotor y con sujeción a la normativa técnica y urbanística correspondiente, redacta el Proyecto.

Podrán redactar proyectos parciales del Proyecto, o partes que lo complementen, otros técnicos, de forma coordinada con el autor de éste.

Cuando el Proyecto se desarrolle o complete mediante Proyectos parciales u otros documentos técnicos según lo previsto en el apartado 2 del artículo 4 de esta Ley, cada Proyectista asumirá la titularidad de su Proyecto.

Son obligaciones del Proyectista:

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

### **Constructor o Contratista**

El Constructor es el agente que asume, contractualmente ante el Promotor, el compromiso de ejecutar con medios humanos y materiales, propios o ajenos, las obras o parte de las mismas con sujeción al Proyecto y al contrato.

Son obligaciones del Constructor:

- Ejecutar la obra con sujeción al Proyecto, a la legislación aplicable y a las instrucciones del Director de obra y del Director de la ejecución de la obra, a fin de alcanzar la calidad exigida en el Proyecto
- Tener la titulación o capacitación profesional que habilita para el cumplimiento de las condiciones exigibles para actuar como Constructor
- Designar al jefe de obra que asumirá la representación técnica del Constructor en la obra y que por su titulación o experiencia deberá tener la capacitación adecuada de acuerdo con las características y la complejidad de la obra
- Asignar a la obra los medios humanos y materiales que su importancia requiera
- Formalizar las subcontrataciones de determinadas partes o instalaciones de la obra dentro de los límites establecidos en el contrato
- Firmar el acta de replanteo o de comienzo y el acta de recepción de la obra
- Facilitar al Director de obra los datos necesarios para la elaboración de la documentación de la obra ejecutada
- Suscribir las garantías por daños materiales ocasionados por vicios y defectos de la construcción

### **Director de obra**

El Director de obra es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, dirige el desarrollo de la obra en los aspectos técnicos, estéticos, urbanísticos y medioambientales, de conformidad con el Proyecto que la define, la licencia de edificación y demás autorizaciones preceptivas y las condiciones del contrato, con el objeto de asegurar su adecuación al fin propuesto.

Son obligaciones del Director de obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico Director de obra que tenga la titulación profesional habilitante
- Resolver las contingencias que se produzcan en la obra y consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas para la correcta interpretación del Proyecto
- Elaborar, a requerimiento del Promotor o con su conformidad, eventuales modificaciones del Proyecto, que vengan exigidas por la marcha de la obra siempre que las mismas se adapten a las disposiciones normativas contempladas y observadas en la redacción del Proyecto
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como conformar las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas, con los visados que en su caso fueran preceptivos

- Elaborar y suscribir la documentación de la obra ejecutada para entregarla al Promotor, con los visados que en su caso fueran preceptivos
- En el caso de que el Director de la obra fuera la misma persona que el Director de ejecución de la obra, las mismas obligaciones que posee el Director de ejecución de la obra

### **Director de ejecución de la obra**

El Director de la ejecución de la obra es el agente que, formando parte de la Dirección Facultativa, asume la función técnica de dirigir la ejecución material de la obra y de controlar cualitativa y cuantitativamente la construcción y la calidad de lo edificado.

Son obligaciones del Director de la ejecución de la obra:

- Estar en posesión de la titulación académica y profesional habilitante de ingeniero o ingeniero técnico, según corresponda y cumplir las condiciones exigibles para el ejercicio de la profesión. En caso de personas jurídicas, designar al técnico Director de la ejecución de la obra que tenga la titulación profesional habilitante
- Verificar la recepción en obra de los productos de construcción, ordenando la realización de ensayos y pruebas precisas
- Dirigir la ejecución material de la obra comprobando los replanteos, los materiales, la correcta ejecución y disposición de los elementos constructivos y de las instalaciones, de acuerdo con el Proyecto y con las instrucciones del Director de obra
- Consignar en el Libro de Órdenes y Asistencias las instrucciones precisas
- Suscribir el acta de replanteo o de comienzo de obra y el certificado final de obra, así como elaborar y suscribir las certificaciones parciales y la liquidación final de las unidades de obra ejecutadas
- Colaborar con los restantes agentes en la elaboración de la documentación de la obra ejecutada, aportando los resultados del control realizado

### **Entidades y laboratorios de control de calidad**

Son entidades de control de calidad aquellas capacitadas para prestar asistencia técnica en la verificación de la calidad del Proyecto, de los materiales y de la ejecución de la obra y sus instalaciones de acuerdo con el Proyecto y la normativa aplicable. Para el ejercicio de su actividad en todo el territorio español será suficiente con la presentación de una declaración responsable en la que se declare que cumple con los requisitos técnicos exigidos reglamentariamente ante el organismo competente de la Comunidad Autónoma en la que tenga su domicilio social o profesional.

Son laboratorios de ensayos para el control de calidad los capacitados para prestar asistencia técnica, mediante la realización de ensayos o pruebas de servicio de los materiales, sistemas o instalaciones de una obra. Para el ejercicio de su actividad en todo el territorio español será suficiente con la presentación de una declaración responsable por cada uno de sus establecimientos físicos desde los que presta sus servicios en la que se declare que estos cumplen con los requisitos técnicos exigidos reglamentariamente, ante los organismos competentes de la Comunidad Autónoma correspondiente.

Son obligaciones de las entidades y de los laboratorios de control de calidad:

- Prestar asistencia técnica y entregar los resultados de su actividad al agente autor del encargo y, en todo caso, al responsable técnico de la recepción y aceptación de los resultados de la asistencia, ya sea el Director de la ejecución de las obras, o el agente que corresponda en las fases de Proyecto, la ejecución de las obras y la vida útil del edificio
- Justificar que tienen implantado un sistema de gestión de la calidad que define los procedimientos y métodos de ensayo o inspección que utiliza en su actividad y que cuentan con capacidad, personal, medios y equipos adecuados

### **Coordinador de Seguridad y Salud**

Es la persona encargada de la prevención de riesgos laborales en la obra.

Son obligaciones del coordinador:

- Coordinar los principios generales de Seguridad y Salud
- Coordinar las actividades de la obra para asegurar el cumplimiento la Ley de Prevención de Riesgo Laborales durante la ejecución de la obra
- Aprobar el plan de seguridad elaborado por el Contratista
- Adoptar las medidas necesarias para que sólo las personas autorizadas puedan acceder al recinto de la obra

### **Suministradores de productos**

Se consideran suministradores de productos los fabricantes, almacenistas, importadores o vendedores de productos de construcción.

Se entiende por producto de construcción aquel que se fabrica para su incorporación permanente en una obra incluyendo materiales, elementos semielaborados, componentes y obras o parte de las mismas, tanto terminadas como en proceso de ejecución.

Son obligaciones de los suministradores:

- Realizar las entregas de los productos de acuerdo con las especificaciones del pedido, respondiendo de su origen, identidad y calidad, así como del cumplimiento de las exigencias que, en su caso, establezca la normativa técnica aplicable
- Facilitar, cuando proceda, las instrucciones de uso y mantenimiento de los productos suministrados, así como las garantías de calidad correspondientes, para su inclusión en la documentación de la obra ejecutada

### **Propietarios y usuarios**

Son obligaciones de los propietarios conservar en buen estado la obra mediante un adecuado uso y mantenimiento, así como recibir, conservar y transmitir la documentación de la obra ejecutada y los seguros y garantías con que ésta cuenta.

Son obligaciones de los usuarios, sean o no propietarios:

- La utilización adecuada de los edificios o de parte de los mismos de conformidad con las instrucciones de uso y mantenimiento, contenidas en la documentación de la obra ejecutada

## 2.2. Recepción de la obra y documentación final

### Recepción de la obra

El Constructor, una vez concluida ésta, hace entrega de la misma al Promotor y es aceptada por éste. Podrá realizarse con o sin reservas y deberá abarcar la totalidad de la obra o fases completas y terminadas de la misma, cuando así se acuerde por las partes.

La recepción deberá consignarse en un acta firmada, al menos, por el Promotor y el Constructor, y en la misma se hará constar:

- Las partes que intervienen
- La fecha del certificado final de la totalidad de la obra o de la fase completa y terminada de la misma
- El o los finales de la ejecución material de la obra
- La declaración de la recepción de la obra con o sin reservas, especificando, en su caso, éstas de manera objetiva, y el plazo en que deberán quedar subsanados los defectos observados. Una vez subsanados los mismos, se hará constar en un acta aparte, suscrita por los firmantes de la recepción
- Las garantías que, en su caso, se exijan al Constructor para asegurar sus responsabilidades

Asimismo, se adjuntará el certificado final de obra suscrito por el Director de obra y el Director de la ejecución de la obra.

El Promotor podrá rechazar la recepción de la obra por considerar que la misma no está terminada o que no se adecua a las condiciones contractuales.

Salvo pacto expreso en contrario, la recepción de la obra tendrá lugar dentro de los treinta días siguientes a la fecha de su terminación, acreditada en el certificado final de obra, plazo que se contará a partir de la notificación efectuada por escrito al Promotor. La recepción se entenderá tácitamente producida si transcurridos treinta días desde la fecha indicada el Promotor no hubiera puesto de manifiesto reservas o rechazo motivado por escrito.

### Documentación final de la obra

Una vez finalizada la obra, el Proyecto, con la incorporación, en su caso, de las modificaciones debidamente aprobadas, será facilitado al Promotor por el Director de obra para la formalización de los correspondientes trámites administrativos.

A dicha documentación se adjuntará, al menos, el acta de recepción, la relación identificativa de los agentes que han intervenido durante el proceso de edificación, así como la relativa a las instrucciones de uso y mantenimiento del edificio y sus instalaciones, de conformidad con la normativa que le sea de aplicación.

## 2.3. Prescripciones generales relativas a los trabajos, materiales y medios auxiliares

### Caminos y accesos

El Constructor dispondrá por su cuenta los accesos a la obra y cerramiento o vallado de esta.

La Dirección Facultativa podrá exigir su modificación o mejora.

### **Comienzo de la obra. Ritmo de ejecución**

El Constructor dará comienzo a las obras.

Obligatoriamente y por escrito, deberá el Contratista dar cuenta a la Dirección Facultativa del comienzo de los trabajos al menos con tres días de antelación.

Para que el Director de Obra pueda realizar la formalización del acta de comienzo, deberá comprobar que se dispone de la siguiente documentación:

- Proyecto de ejecución, anejos y posibles modificaciones
- Licencia de Obra
- Libro de Incidencias
- Libro de Ordenes y Asistencia
- Comunicación de apertura del centro de trabajo (realizada por el contratista)
- Otro tipo de autorizaciones, licencias o permisos que sean regladas por otras administraciones

### **Orden de los trabajos**

En general, la determinación del orden de los trabajos es facultad de la contrata, salvo aquellos casos en que, por circunstancias de orden técnico, estime conveniente su variación la Dirección Facultativa.

### **Facilidades para otros Contratistas**

El Contratista Principal deberá dar todas las facilidades razonables para la realización de los trabajos que le sean encomendados a todos los demás Contratistas que intervengan en la obra. Ello sin perjuicio de las compensaciones económicas a que haya lugar entre Contratistas por utilización de medios auxiliares o suministros de energía u otros conceptos.

En caso de litigio, ambos Contratistas estarán a lo que resuelva la Dirección Facultativa.

### **Ampliación del Proyecto por causas imprevistas o de fuerza mayor**

Cuando sea preciso por motivo imprevisto o por cualquier accidente, ampliar el Proyecto, no se interrumpirán los trabajos, continuándose según las instrucciones dadas por la Dirección Facultativa en tanto se formula o se tramita el Proyecto Reformado.

### **Prorroga por causa de fuerza mayor**

Si por causa de fuerza mayor o independiente de la voluntad del Constructor, éste no pudiese comenzar las obras, o tuviese que suspenderlas, o no le fuera posible terminarlas en los plazos prefijados, se le otorgará una prórroga proporcionada para el cumplimiento de la contrata, previo informe favorable de la Dirección Facultativa. Para ello, el Constructor expondrá, en escrito dirigido a la Dirección Facultativa la causa que impide la ejecución o la marcha de los trabajos y el retraso que por ello se originaría en los plazos acordados, razonando debidamente la prórroga que por dicha causa solicita.

### **Responsabilidad de la Dirección Facultativa en el retraso de la obra**

El Contratista no podrá excusarse de no haber cumplido los plazos de obras estipulados, alegando como causa la carencia de planos u órdenes de la Dirección Facultativa, a excepción del caso en que habiéndolo solicitado por escrito no se le hubiesen proporcionado.

### **Obras ocultas**

De todos los trabajos y unidades de obra que hayan de quedar ocultos a la terminación del edificio, se levantarán los planos precisos para que queden perfectamente definidos; estos documentos se extenderán por duplicado, entregándose: uno a la Dirección Facultativa y, el segundo, al Contratista, firmados todos ellos por ambos. Dichos planos, que deberán ir suficientemente acotados, se considerarán documentos indispensables e irrecusables para efectuar las mediciones.

### **Trabajos defectuosos**

El Constructor debe emplear los materiales que cumplan las condiciones exigidas en el Pliego de Condiciones y realizará todos y cada uno de los trabajos contratados de acuerdo con lo especificado también en dicho documento. Por ello, y hasta que tenga lugar la recepción definitiva del edificio, es responsable de la ejecución de los trabajos que ha contratado y de las faltas y defectos que en éstos puedan existir por su mala ejecución o por la deficiente calidad de los materiales empleados o aparatos colocados, sin que le exonere de responsabilidad el control que compete a la Dirección Facultativa, ni tampoco el hecho de que estos trabajos hayan sido valorados en las certificaciones parciales de obra, que siempre se entenderán extendidas y abonadas a buena cuenta.

Como consecuencia de lo anteriormente expresado, cuando la Dirección Facultativa advierta vicios o defectos en los trabajos ejecutados, o que los materiales empleados o los aparatos colocados no reúnen las condiciones preceptuadas, ya sea en el curso de la ejecución de los trabajos, o finalizados éstos, antes de verificarse la recepción definitiva de la obra, podrá disponer que las partes defectuosas sean demolidas y reconstruidas de acuerdo con lo contratado.

### **Vicios ocultos**

Si la Dirección Facultativa tuviese fundadas razones para creer en la existencia de vicios ocultos de construcción en las obras ejecutadas, ordenará efectuar en cualquier tiempo, y antes de la recepción definitiva, los ensayos, destructivos o no, que crea necesarios para reconocer los trabajos que suponga defectuosos. Los gastos que se ocasionen serán de cuenta del Constructor, siempre que los vicios existan realmente, en caso contrario a largo de la propiedad.

### **Procedencia de materiales, aparatos y equipos**

El Constructor tiene libertad de proveerse de los materiales y aparatos de todas clases en los puntos que le parezca conveniente, excepto en aquellos materiales, aparatos o equipos en los que se especifiquen sus características o procedencias en el proyecto.

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

### **Presentación de muestras**

Si la Dirección Facultativa lo solicita, el Constructor le presentará las muestras de los materiales siempre con la antelación prevista en el calendario de la obra.

### **Materiales, aparatos y equipos defectuosos**

Cuando los materiales, elementos de instalaciones o aparatos no fuesen de la calidad prescrita, no tuvieran la preparación exigida o, en fin, cuando la falta de prescripciones formales de aquél, se

reconociera o demostrara que no eran adecuados para su objeto, la Dirección Facultativa, dará orden al Constructor de sustituirlos por otros que satisfagan las condiciones o llenen el objeto a que se destinen. Si a los 15 días de recibir la orden de que retire los materiales que no estén en condiciones, no ha sido cumplida, podrá hacerlo la Propiedad cargando los gastos a la contrata. Si los materiales, elementos de instalaciones o aparatos fueran defectuosos, pero aceptables a juicio de la Dirección Facultativa, se recibirán pero con la rebaja del precio que aquél determine, a no ser que el Constructor prefiera sustituirlos.

#### **Pruebas y ensayos**

Todos los gastos originados por las pruebas y ensayos de materiales o elementos que intervengan en la ejecución de las obras, serán a cuenta del promotor. Todo ensayo que no haya resultado satisfactorio o que no ofrezca las suficientes garantías podrá comenzarse de nuevo a cargo del mismo.

#### **Limpieza de las obras**

Es obligación del Constructor mantener limpias las obras y sus alrededores, tanto de escombros como de materiales sobrantes, hacer desaparecer las instalaciones provisionales que no sean necesarias, así como adoptar las medidas y ejecutar todos los trabajos que sean necesarios para que la obra ofrezca buen aspecto.

#### **Obras sin prescripciones explícitas**

En la ejecución de trabajos que entran en la construcción de las obras y para los cuales no existan prescripciones consignadas explícitamente en este Pliego ni en la documentación del Proyecto, el Constructor deberá obedecer a las instrucciones que dicte la Dirección Facultativa de las obras y, en segundo lugar, a las reglas y prácticas de la buena construcción.

#### **Libro de órdenes**

El Contratista deberá de tener en la oficina de obra el Libro de Ordenes, en dicho libro se anotarán todas las ordenes que el Director de obra de durante la ejecución de las obras. Las ordenes que figuran en dicho libro poseen el mismo nivel de cumplimiento que las ordenes que aparecen en el presente Pliego de Condiciones.

## **2.4. De las recepciones de edificios y obras anejas**

#### **Recepciones provisionales**

Treinta días antes de dar fin a las obras, la Dirección Facultativa comunicará a la Propiedad la proximidad de su terminación para concretar la fecha para el acto de recepción provisional. Esta se realizará con la intervención de la Propiedad, del Constructor y de la Dirección Facultativa. Se convocará también a los restantes técnicos que, en su caso, hubiesen intervenido en la dirección con función propia en aspectos parciales o unidades especializadas. Practicado un detenido reconocimiento de las obras, se extenderá un acta con tantos ejemplares como intervinientes y firmados por todos ellos. Desde esta fecha empezará a correr el plazo de garantía, si las obras se hallasen en estado de ser admitidas. Seguidamente, el Técnico de la Dirección Facultativa extenderán el correspondiente Certificado de final de obra.

Cuando las obras no se hallen en estado de ser recibidas, se hará constar en el acta y se darán al Constructor las oportunas instrucciones para remediar los defectos observados, fijando un plazo

para subsanarlos, expirado el cual, se efectuará un nuevo reconocimiento a fin de proceder a la recepción provisional de la obra. Si el Constructor no hubiese cumplido, podrá declararse resuelto el contrato con pérdida de la fianza.

#### **Documentación final de la obra**

El Director de Ejecución de la obra, con ayuda del Contratista, y los posibles técnicos que hubieran intervenido en la obra, redactará el documento final de la obra para ser entregado al Promotor, que deberá contener el Manual de Uso y Mantenimiento del Edificio, así como las especificaciones técnicas y contenidos impuestos en la legislación vigente.

#### **Medición definitiva de los trabajos y liquidación provisional de la obra**

Recibidas provisionalmente las obras, se procederá inmediatamente por la Dirección Facultativa su medición definitiva, con precisa asistencia del constructor o de su representante.

Se extenderá la oportuna certificación por triplicado que, aprobada por la Dirección Facultativa con su firma, servirá para el abono por la Propiedad del saldo resultante salvo la cantidad retenida en concepto de fianza.

#### **Plazo de garantía**

El plazo de garantía deberá estipularse en el contrato.

#### **Conservación de las obras recibidas provisionalmente**

Los gastos de conservación durante el plazo de garantía comprendido entre las recepciones provisional y definitiva, correrán a cargo del Contratista. Si el edificio fuese ocupado o utilizado antes de la recepción definitiva, la guardería, limpieza y reparaciones causadas por el uso correrán a cargo del propietario y las reparaciones por vicios de obra o por defectos en las instalaciones, serán a cargo de la contrata.

#### **Recepción definitiva**

La recepción definitiva se verificará después de transcurrido el plazo de garantía en igual forma y con las mismas formalidades que la provisional, a partir de cuya fecha cesará la obligación del Constructor de reparar a su cargo aquellos desperfectos inherentes a la normal conservación de los edificios y quedarán sólo subsistentes todas responsabilidades que pudieran alcanzarle por vicios de la construcción.

#### **Prórroga del plazo de garantía**

Si al proceder al reconocimiento para la recepción definitiva de la obra, no se encontrase ésta en las condiciones debidas, se aplazará dicha recepción definitiva y la Dirección Facultativa marcará al Constructor los plazos y formas en que deberán realizarse las obras necesarias y, de no efectuarse dentro de aquéllos, podrá resolverse el contrato con pérdida de la fianza.

## 3. Pliego de condiciones de índole técnica

### 3.1. Obra civil

#### **Agua**

El agua que se emplee en el amasado de morteros, hormigones y en todos los aglomerantes, deberá reunir las condiciones que prescribe la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE, pudiéndose utilizar todas las aguas que la práctica haya sancionado como aceptables.

#### **Cementos**

Amasados con agua, fraguan y endurecen, tanto expuestos al aire como sumergidos en agua, por ser los productos de su hidratación estables en esas condiciones.

Se utilizarán cementos tipo Portland y cumplirá las prescripciones vigentes en Normas e instrucciones.

#### **Hormigones**

Se define hormigón al producto formado por mezcla de cemento, agua, árido fino, árido grueso y habitualmente, productos de adición, que al fraguar y endurecer adquieren una notable resistencia; debiendo cumplir las condiciones especificadas en la EHE Instrucción de Hormigón Estructural.

#### **Tuberías de PVC y acero inoxidable**

Las tuberías de PVC y acero de los diámetros indicados en planos, tanto ellas como los elementos necesarios para su montaje (válvulas, codos etc.), serán adquiridas de fabricantes de absoluta solvencia y garantía y entre las de mejor calidad del mercado.

Las tuberías de PVC presentan diámetros de 90 mm, 110 mm y 200 mm. Las uniones entre tramos de tubería se realizan mediante accesorios inyectados.

Las tuberías de acero presentan diámetros de 32 mm y 50 mm. El acero a emplear es acero inoxidable AISI 304. Las uniones entre tramos de tubería se realiza mediante codos o soldadura, cumpliendo con las normas DIN 1629 y DIN 2448.

#### **Piezas especiales**

Las piezas especiales, tales como codos, válvulas etc., cumplirán las condiciones exigidas a los tubos de su clase más inherente.

#### **Aislamientos**

Los aislamientos a emplear en las tuberías deben de tener un adecuado control, recepción y ensayos oportunos y deben cumplir las características y especificaciones de la norma UNE-EN ISO 12241 vigente, por la cual se establecen los criterios de medición para trabajos de aislamiento térmico de tuberías y equipos.

#### **Ensayos**

Los ensayos, análisis y pruebas que deban realizarse se verificarán por el Director de las obras, o bien, si éste lo considera conveniente, por un laboratorio homologado, próximo al punto de ubicación de la obra.

## 3.2. Ejecución de las obras

### Transporte y manejo de los tubos

El transporte, carga y descarga de los tubos que conforman las instalaciones de tuberías, cuando por cualquier causa sea preciso manejarlos, se cuidará que no choquen entre si o con otros objetos.

### Colocación de las tuberías enterradas

Las tuberías que vayan enterradas, se descenderán cuidadosamente donde corresponda.

Una vez que los tubos se encuentran en el fondo, se desaloja la materia que haya podido entrar en el interior durante el descenso.

Una vez finalizado el vaciado, se comprueba que la nivelación de los tubos es la procedente y se procede a la unión de los tubos mediante juntas elásticas.

## 3.3. Equipos

### Equipamiento general

Todos los equipos necesarios para llevar a cabo la correcta realización del Proyecto poseerán las condiciones técnicas descritas en el presente Proyecto, el Director de obra estará en todo su derecho de que mandar al fabricante de esos equipos la realización de pruebas que estime oportuna, si considera que no cumple con unas buenas condiciones de calidad o considera que no cumple alguna de las características técnicas definidas en el Proyecto poseerá todo el derecho de ordenar al fabricante de los equipos, o al Contratista, la retirada de estos equipos y el recambio por unos que cumplen con las características y prestación adecuadas para el correcto funcionamiento de la planta.

Además, el Director de obra tendrá la obligación de parar la instalación de los equipos cuando las condiciones ambientales sean desfavorables para dicha instalación.

### Condiciones previas a la instalación

Antes de la instalación de los equipos, se han de cumplir los siguientes requisitos:

- Comprobar que la situación de los equipos se corresponde con la situación descrita en los planos y que la zona donde se vayan a instalar este totalmente terminada y acondicionada
- El fabricante del equipo o el Contratista, en función de si el equipo se compra a un fabricante particular o se encarga a un Contratista, tendrán el derecho de coordinar a los instaladores tanto del propio equipo como a los instaladores de otros procesos los cuales puedan afectar a la instalación que se pretende realizar
- El Director de obra debe asegurar que los equipos que se instalen en el Proyecto cumplen con la normativa específica que les atañe

## 4. Pliego de condiciones de índole económica

### 4.1. Principio general

El pliego de condiciones de índole económica establece que el Contratista debe percibir el importe total de los trabajos efectuadas siempre que estos se hayan realizado con arreglo y sujeción al Proyecto y Condiciones Generales y particulares que rijan la construcción del edificio y obra aneja contratada.

Además, la totalidad de las personas que interceden en el proceso de construcción tienen derecho a obtener precisamente las cantidades percibidas por su correcta actuación con arreglo a las condiciones contractuales establecidas.

### 4.2. Fianzas

#### **Fianza provisional**

El Contratista prestará fianza con depósito previo, en metálico o aval bancario, por importe entre el 3 por 100 y 10 por 100 del precio total de contrata.

#### **Ejecución de trabajos con cargo a la fianza**

Si el Contratista se negase a hacer por su cuenta los trabajos precisos para ultimar la obra en las condiciones contratadas, la Dirección Facultativa, en nombre y representación del Propietario, los ordenará ejecutar a un tercero, o, podrá realizarlos directamente por administración, abonando su importe con la fianza depositada, sin perjuicio de las acciones a que tenga derecho el Propietario, en el caso de que el importe de la fianza no bastare para cubrir el importe de los gastos efectuados en las unidades de obra que no fuesen de recibo.

#### **Devolución en general**

La fianza retenida será devuelta al Contratista, en un plazo que no excederá de 30 días, una vez firmada el Acta de Recepción Definitiva de la obra. La propiedad podrá exigir que el Contratista le acredite la liquidación y finiquito de sus deudas causadas por la ejecución de la obra, tales como salarios, suministros, subcontratos.

### 4.3. Precios

#### **Composición de los precios unitarios**

El cálculo de los precios de las distintas unidades de obra es el resultado de sumar los Costes Directos, los Indirectos, los Gastos Generales y el Beneficio Industrial.

A. Se considerarán Costes Directos:

- La mano de obra, con sus pluses y seguros sociales, que interviene directamente en la ejecución de la unidad de obra
- Los materiales, a los precios resultantes a pie de obra, que queden integrados en la unidad de que se trate o que sean necesarios para su ejecución

- Los equipos y sistemas técnicos de Seguridad y Salud para la prevención y protección de accidentes y enfermedades profesionales
- Los gastos de personal, combustible, energía, etc., que tengan lugar por el accionamiento o funcionamiento de la maquinaria e instalaciones utilizadas en la ejecución de la unidad de obra
- Los gastos de amortización y conservación de la maquinaria, instalaciones, sistemas y equipos anteriormente citados

B. Se considerarán Costes Indirectos:

- Instalación de oficinas a pie de obra, comunicaciones, edificación de almacenes, talleres, pabellones temporales para obreros, laboratorios, seguros, etc.
- Personal técnico y administrativo adscrito exclusivamente a la obra
- Imprevistos

Todos estos gastos, se cifrarán en un porcentaje de los Costes Directos.

C. Se considerarán Gastos Generales:

- Gastos financieros
- Cargas fiscales
- Tasas de la Administración, legalmente establecidas

Se cifrarán como un porcentaje de la suma de los Costes Directos e Indirectos. Se establece en 13%.

D. Beneficio industrial:

El Beneficio Industrial del Contratista se establece en el 6% sobre la suma de las anteriores partidas.

E. Precio de Ejecución Material:

Se denominará Precio de Ejecución Material el resultado obtenido por la suma de los anteriores conceptos a excepción del Beneficio Industrial (A,B,C).

F. Precio de Contrata:

El precio de Contrata es la suma de los Costes Directos (A), los Indirectos (B), los Gastos Generales (C) y el Beneficio Industrial (D). El IVA gira sobre esta suma pero no integra el precio.

### **Precios contradictorios**

Se producirán precios contradictorios sólo cuando la Propiedad por medio del Arquitecto decida introducir unidades o cambios de calidad en alguna de las previstas, o cuando sea necesario afrontar alguna circunstancia imprevista. El Contratista estará obligado a efectuar los cambios.

A falta de acuerdo, el precio se resolverá contradictoriamente entre la Dirección Facultativa y el Contratista antes de comenzar la ejecución de los trabajos y en el plazo que determine el Pliego. Los contradictorios que hubiere se referirán siempre a los precios unitarios de la fecha del contrato.

### **Reclamaciones de aumento de precios**

Si el Contratista, antes de la firma del contrato, no hubiese hecho la reclamación u observación oportuna, no podrá bajo ningún pretexto de error u omisión reclamar aumento de los precios fijados en el cuadro correspondiente del presupuesto que sirva de base para la ejecución de las obras (con referencia a facultativas).

### **Revisión de precios contratados**

Contratándose las obras a riesgo y ventura, no se admitirá la revisión de los precios en tanto que el incremento no alcance, en la suma de las unidades que falten por realizar de acuerdo con el calendario, un montante superior al tres por 100 (3 por 100) del importe total del presupuesto de contrato.

En caso de producirse variaciones en alza superiores a este porcentaje, se efectuará la correspondiente revisión de acuerdo con la fórmula establecida en el Pliego de Condiciones Particulares, percibiendo el Contratista la diferencia en más que resulte por la variación del IPC superior al 3 por 100. No habrá revisión de precios de las unidades que puedan quedar fuera de los plazos fijados en el calendario de la oferta.

### **Acopio de materiales**

El Contratista queda obligado a ejecutar los acopios de materiales o aparatos de obra que la Propiedad ordene por escrito. Los materiales acopiados, una vez abonados por el Propietario son, de la exclusiva propiedad de éste; de su guarda y conservación será responsable el Contratista.

## **4.4. Valoración y abono de los trabajos**

### **Valoración de las obras**

La valoración de las obras se realizará en función del porcentaje de Beneficio Industrial fijado en el presente documento.

La valoración deberá obtenerse aplicando a las diversas unidades de obra el precio que tuviese determinado en el presupuesto, añadiendo a este importe el de los tantos por ciento que atañan al Beneficio Industrial y restando el tanto por ciento que pertenezca a la baja en la subasta hecha por el Contratista.

### **Valoraciones de obras incompletas**

Cuando por resultado de recisión u otras causas fuera necesario valorar las obras incompletas, se emplearán los precios del presupuesto, sin que pueda pretenderse hacer la valoración de la unidad de obra fraccionándola en forma distinta a la determinada en los cuadros de descomposición de precios.

### **Pagos**

Los pagos se efectuarán por el Propietario en los plazos previamente establecidos, y su importe corresponderá precisamente al de las certificaciones de obra conformadas por la Dirección Facultativa, en virtud de las cuales se verifican aquellos.

### **Abono de trabajos ejecutados durante el plazo de garantía**

Efectuada la recepción provisional y si durante el plazo de garantía se hubieran ejecutado trabajos cualesquiera, para su abono se procederá así:

1. Si los trabajos que se realicen estuvieran especificados en el Proyecto, y sin causa justificada no se hubieran realizado por el Contratista a su debido tiempo, y la Dirección Facultativa exigiera su realización durante el plazo e garantía, serán valorados a los precios que figuren en el Presupuesto y abonados de acuerdo con lo establecido en los "Pliegos Particulares" o en su defecto en los Generales, en el caso de que dichos precios fuesen inferiores a los que rijan en la época de su realización; en caso contrario, se aplicarán estos últimos
2. Si se han ejecutado trabajos precisos para la reparación de desperfectos ocasionados por el uso del edificio, por haber sido éste utilizado durante dicho plazo por el Propietario, se valorarán y abonarán a los precios del día, previamente acordados
3. Si se han ejecutado trabajos para la reparación de desperfectos ocasionados por deficiencia de la construcción o de la calidad de los materiales, nada se abonará por ellos al Contratista

#### **Indemnización por retraso de pago no justificado**

La indemnización por retraso se establecerá en un tanto por mil del importe total de los trabajos contratados, por cada día natural de retraso, contados a partir del día de finalización fijado en el calendario de obra.

#### **Demora de pagos**

Si el propietario no efectuase el pago de las obras ejecutadas, dentro del mes siguiente al que corresponde el plazo convenido, el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un 4,5% anual, en concepto de intereses de demora, durante el espacio de tiempo del retraso y sobre el importe de la mencionada certificación. Si aún transcurrieran dos meses a partir del término de dicho plazo de un mes sin realizarse dicho pago, tendrá derecho el Contratista a la resolución del contrato, procediéndose a la liquidación correspondiente de las obras ejecutadas y de los materiales acopiados, siempre que éstos reúnan las condiciones preestablecidas y que su cantidad no exceda de la necesaria para la terminación de la obra contratada o adjudicada.

## DOCUMENTO IV: PRESUPUESTO

# ÍNDICE DOCUMENTO IV

1. Introducción y objeto .....	3
2. Precios descompuestos.....	4
3. Resumen del presupuesto.....	8

## 1. Introducción

Los Gastos Generales constituyen un 13% del presupuesto de ejecución material.

El Beneficio Industrial se establece en el 6% del presupuesto de ejecución material.

El porcentaje de IVA se establece en 21%.

## 2. Precios descompuestos

Los precios de las diferentes unidades que se detallan en esta sección constituyen la suma de los Costes Directos y de los Costes Indirectos.

1. Estructuras y equipamiento				
Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>1100</b>	<b>Tanque de recepción</b> Tanque de recepción de 53,52 m3 de capacidad, fabricado en hormigón y cubierto con una lámina de PVC resistente a la radiación y a la corrosión. Tiene un diámetro de 5,89 m y una altura de 1,97 m .....	1	2150,49	<u>2150,49</u> <b>2150,49</b>
<b>1200</b>	<b>Biodigestor con gasómetro flexible</b> Digestor de biogás de 1779,00 m3 de capacidad, con gasómetro flexible en la parte superior de la marca Zorg Biogás. Fabricado en hormigón con un diámetro de 19,64 m y una altura de 5,87 m, sin incluir la altura del gasómetro. La cubierta está fabricada en EPDM .....	1	55625,00	<u>55625,00</u> <b>55625,00</b>
<b>1300</b>	<b>Desgasificador</b> Desgasificador de biogás fabricado en acero inoxidable con una capacidad de 61,51 m3 y de dimensiones 6,40 m x 3,20 m x 1,07 m .....	1	10200,00	<u>10200,00</u> <b>10200,00</b>
<b>1400</b>	<b>Decantador</b> Decantador de biomasa sólido/líquido de la marca Bauer modelo S855 con capacidad de producción de 35 m3/h y dimensiones 2,30 m x 0,80 m x1,07 m.....	1	6780,99	<u>6780,99</u> <b>6780,99</b>
<b>1500</b>	<b>Tanque de residuos digeridos</b> Tanque de residuos digeridos de 736,34 m3 de capacidad, fabricado en hormigón y cubierto con una lámina de PVC resistente a la radiación y a la corrosión. Tiene un diámetro de 15,54 m y una altura de 3,89 m .....	1	22740,00	<u>22740,00</u> <b>22740,00</b>
<b>1600</b>	<b>Sistema de enfriamiento y deshidratación</b> Enfriador de gas de 100 m3/h de la marca Zorg Biogás fabricado en acero inoxidable 11.4404/1.4571 con flujo de entrada de gas de hasta 35 °C. Extracción de condensado mediante sifón .....	1	20700,00	<u>20700,00</u> <b>20700,00</b>
<b>1700</b>	<b>Unidad de desulfuración</b> Sistema de desulfuración de biogás de 100 m3/h de la marca Zorg Biogás fabricado en acero inoxidable 1.4571/ AISI 316 Ti. Filtro de carbón activado para la eliminación de hidróxido de azufre a niveles de 0 ppm y obtención de biogás limpio.....	1	10700,00	<u>10700,00</u> <b>10700,00</b>
<b>1800</b>	<b>Gasómetro a presión</b> Gasómetro a presión de 5293 m3 de capacidad de la marca Zorg Biogás. Formato en cúpula de 1/2 D de doble membrana y color personalizable .....	1	99700,00	<u>99700,00</u> <b>99700,00</b>
<b>1900</b>	<b>Dispositivo de mezcla</b> Agitador sumergible de la marca Zorg Biogás de 1,5 kW de potencia para mezclar sustratos o digestator en digestores, tanques de recepción o tanques de digestatos. Apto para sustratos de hasta 11% de contenidos sólidos .....	6	6100,00	<u>36600,00</u> <b>36600,00</b>
<b>1000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>265196,48 €</b>

## 2. Instalación hidráulica

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>2100</b>	<b>Instalación de tuberías fabricadas en PVC</b>			
2110	Línea 1: DN200 y longitud total de 8,25 m .....	8,25	7,33 €/m	60,47
2120	Línea 2: DN200 y longitud total de 11,10 m .....	11,10	7,33 €/m	81,36
2130	Línea 3: DN90 y longitud total de 0,50 m .....	0,50		1,85
2140	Línea 4: compuesta por dos tramos de tuberías			
2141	Línea 4.1: DN110 y longitud total de 12,85 m .....	12,85	4,89 €/m	62,84
2142	Línea 4.2: DN110 y longitud total de 8,25 m .....	8,25	4,89 €/m	40,34
2150	Línea 5: DN90 y longitud total de 7,36 m .....	7,36	3,69 €/m	27,16
				<b>274,02</b>
<b>2200</b>	<b>Bomba centrífuga</b>			
	Bomba centrífuga 1650 m <sup>3</sup> /h de la marca Sulzer modelo CPE. Máxima velocidad de rotación 3000 rpm a 50 Hz. Apta para líquidos contaminados, líquidos viscosos y purines con bajo contenido de sólidos totales .....	4	5100,00	20400,00
				<b>20400,00</b>
<b>2300</b>	<b>Valvulería</b>			
2310	Válvula de retención .....	4	155,51	622,04
2320	Válvula de compuerta .....	18	139,75	2515,50
2330	Válvula en ángulo .....	5	134,59	672,95
2340	Válvula de tres vías .....	1	317,74	317,74
2350	Codo estándar de 90° .....	9	16,20	145,80
				<b>4274,03</b>
<b>2400</b>	<b>Otros</b>			
	Caudalímetro hidráulico .....	4	7445,39	29781,56
	Analizador de caudal .....	4	5100,90	20403,60
	Medidor de temperatura, potencial redox y pH .....	4	830,50	3322,00
	Sonda de nivel .....	3	1270,25	3810,75
				<b>53507,16</b>
<b>2000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>78455,21 €</b>

## 3. Instalación de calefacción

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>3100</b>	<b>Instalación de tuberías fabricadas en acero inoxidable AISI 316</b>			
3110	Línea 6: DN32 y longitud total de 263,56 m .....	263,56	29,79 €/m	7851,45
3120	Línea 7: DN32 y longitud total de 158,66 m .....	158,66	29,79 €/m	4726,48
3130	Línea 8: DN32 y longitud total de 16,97 m .....	16,97	29,79 €/m	505,54
				<b>13083,47</b>
<b>3200</b>	<b>Bomba centrífuga</b>			
	Bomba centrífuga 1650 m <sup>3</sup> /h de la marca Sulzer modelo CPE. Máxima velocidad de rotación 3000 rpm a 50 Hz. Apta para líquidos contaminados, líquidos viscosos y purines con bajo contenido de sólidos totales .....	1	5100,00	5100,00
				<b>5100,00</b>
<b>3300</b>	<b>Valvulería</b>			
3310	Válvula de retención .....	1	155,51	155,51
3320	Válvula de compuerta .....	8	139,75	1118,00
3330	Válvula en ángulo .....	1	134,59	134,59
3340	Codo estándar de 90° .....	8	16,20	129,60
				<b>1537,70</b>
<b>3400</b>	<b>Otros</b>			
	Caudalímetro hidráulico .....	1	7445,39	7445,39
	Analizador de caudal .....	1	5100,90	5100,90
				<b>12546,29</b>
<b>3000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>32267,46 €</b>

#### 4. Instalación de gas

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>4100</b>	<b>Instalación de tuberías fabricadas en acero inoxidable AISI 316</b>			
4110	Línea 9: DN50 y longitud total de 51,57 m .....	263,56	34,52 €/m	9098,09
4120	Línea 10: DN50 y longitud total de 4,32 m .....	158,66	34,52 €/m	5476,94
4130	Línea 11: DN50 y longitud total de 8,1 m .....	16,97	34,52 €/m	585,80
4140	Línea 12: DN50 y longitud total de 8,35 m .....	16,97	34,52 €/m	585,80
				<b>15746,64</b>
<b>4200</b>	<b>Compresor</b>			
	Compresor 137 m3/h de la marca Zorg biogás. Máximo nivel de ruido 63 db, máxima potencia del motor, 1,5 kW. Desagüe de condensado en AISI 316 con válvula de bola certificada para gas y ventilador sellado para asegurar la contención de gas .....	1	1350,00	1350,00
				<b>1350,00</b>
<b>4300</b>	<b>Valvulería</b>			
4310	Válvula de compuerta .....	14	220,50	3087,00
4320	Válvula reguladora de presión .....	3	340,10	1020,30
4330	Válvula de seguridad .....	4	45,80	183,20
4340	Codo estándar de 90º .....	13	16,20	210,60
				<b>4501,10</b>
<b>4400</b>	<b>Apagallamas</b>			
	Antorcha de seguridad de 121 m3/h de la marca Zorg Biogás .....	2	13300,00	26600,00
				<b>26600,00</b>
<b>4500</b>	<b>Otros</b>			
	Caudalímetro de biogás .....	2	5200,00	10400,00
	Anlizador de biogás .....	3	2550,99	7652,97
				<b>18052,97</b>
<b>4000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>66250,71 €</b>

#### 5. Centro de Transformación

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>5100</b>	<b>Centro de Transformación</b>			
	Centro de Transformación prefabricado de la marca Ormazabal y modelo PFU 5. Dimensiones 6080 mm x 2380 mm x 3045 mm. Consta de una envolvente de hormigón, de estructura monobloque, en cuyo interior se incorporan todos los componentes eléctricos: apartamentada de Alta Tensión (celda general, celdas de protección, celda de remonte, celda de medida...), cuadro de Baja Tensión, dos transformadores de 630 kVa, cuadro de control y protección, contador etc. Además, el precio incluye: transporte, carga y descarga, mano de obra y costes de mantenimiento de los primeros 10 años. ....	1	57712,61	57712,61
				<b>57712,61</b>
<b>5000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>57712,61 €</b>

## 6. Módulo cogeneración

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>6100</b>	<b>Caseta prefabricada</b>			
	Caseta prefabricada tipo monobloque de hormigón con espacio para el grupo y la aparamenta de Baja Tensión y los pupitres de control y protección. Viene equipada con una chimenea con filtro para emisiones y silenciador, sistemas de seguridad .....	1	12566,50	<u>12566,50</u>
				<b>12566,50</b>
<b>6200</b>	<b>Grupo motor-generador</b>			
	Grupo motor-generador de gas de la marca Caterpillar modelo G3516A de 1085kW. Viene equipado con monitorización digital, control remoto, caldera de recuperacion, silenciador y elementos antivibratorios .....	1	53000,00	<u>53000,00</u>
				<b>53000,00</b>
<b>6000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>65566,5 €</b>

## 7. Seguridad y Salud

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>7000</b>	<b>Presupuesto total de Seguridad y Salud</b>	1	32543,15	32543,15
<b>7000</b>	<b>TOTAL</b> .....			<b>32543,15 €</b>

### 3. Resumen del presupuesto

Código	Descripción	Importe (€)
1000	Estructuras y equipamiento .....	265196,48 €
2000	Instalación hidráulica .....	78455,21 €
3000	Instalación de calefacción .....	32267,46 €
4000	Instalación de gas .....	66250,71 €
5000	Centro de Transformación .....	57712,61 €
6000	Módulo de cogeneración .....	65566,5 €
7000	Seguridad y Salud .....	32543,15 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL .....</b>		<b>597992,12 €</b>
13%	de Gastos Generales .....	77738,98€
6%	de Beneficio Industrial .....	35879,53 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA SIN I.V.A .....</b>		<b>711610,63 €</b>
21%	I.V.A .....	149438,23 €
<b>PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA CON I.V.A .....</b>		<b>861048,86 €</b>

El presupuesto de ejecución por contrata asciende a la cantidad de OCHOCIENTOS SESENTA Y UN MIL CUARENTA Y OCHO EUROS CON OCHENTA Y SÉIS CÉNTIMOS.

## DOCUMENTO V: ESTUDIO DE SEGURIDAD Y SALUD

# ÍNDICE DOCUMENTO V

1.	Introducción y objeto .....	3
2.	Memoria informativa.....	4
3.	Descripción de la obra.....	6
3.1.	Unidades constructivas.....	6
3.2.	Trabajos previos a la obra .....	6
3.3.	Servicios afectados.....	6
3.4.	Maquinaria prevista.....	6
3.5.	Instalaciones de obra .....	7
3.6.	Conexión a la red eléctrica .....	7
3.7.	Información necesaria .....	8
3.8.	Medios auxiliares .....	8
4.	Servicio de prevención.....	9
5.	Formación, información, consulta y participación.....	10
6.	Servicios sanitarios y comunes .....	11
7.	Revisiones del Plan de Seguridad y Salud .....	12
8.	Medidas de protección y riesgos en las actividades de la obra .....	13
8.1.	Estructuras de hormigón.....	13
8.2.	Colocación de tuberías, valvulería y accesorios.....	14
8.3.	Montaje de elementos prefabricados.....	14
8.4.	Montaje de equipos .....	15
8.5.	Instalación eléctrica de obra.....	16
9.	Medidas de protección y riesgos en el uso de maquinaria y medios auxiliares .....	18
9.1.	Maquinaria .....	18
9.2.	Andamios y escaleras portátiles .....	19
10.	Protección contra incendios .....	20
11.	Señalización .....	21
12.	Presupuesto .....	24

## 1. Introducción y objeto

Según el artículo 6 del Real Decreto 1627/1997, de 24 de octubre, por el que se establecen disposiciones mínimas de seguridad y salud en las obras de construcción, el Promotor estará obligado a elaborar un Estudio de Seguridad y Salud en los proyectos de obras en que se den algunos de los supuestos siguientes:

- Que el presupuesto de ejecución por contrata incluido en el Proyecto sea igual o superior a 75 millones de pesetas (450.759,08 €)
- Que la duración estimada sea superior a 30 días laborables, empleándose en algún momento a más de 20 trabajadores simultáneamente
- Que el volumen de mano de obra estimada, entendiéndose por tal la suma de los días de trabajo del total de los trabajadores en la obra, sea superior a 500
- Las obras de túneles, galerías, conducciones subterráneas y presas

El presente Proyecto cumple con al menos, una de las condiciones necesarias para elaborar un Estudio de Seguridad y Salud. **Debido a que se trata de un proyecto académico, se ha decidido realizar un resumen del Estudio de Seguridad y Salud.**

Con el presente Estudio, se pretende buscar soluciones a las posibles situaciones de riesgo que se puedan presentar en el transcurso de la obra.

Para la realización del estudio, se han tenido en cuenta los equipos técnicos, procedimientos y medios auxiliares que son necesarios para la ejecución del proyecto.

El objetivo principal es prever accidentes laborales, reducir el número y su gravedad cumpliendo con el Real Decreto previamente mencionado.

## 2. Memoria informativa

### Denominación de la obra

La obra sobre la que trata el documento es “Diseño de una planta de biogás para el autoabastecimiento energético del pueblo Badostáin (Comunidad Foral de Navarra).

### Emplazamiento de la obra

La obra se localiza en el pueblo Badostáin, municipio del Valle de Egües, en la Comunidad Foral de Navarra.

### Promotor de la obra

El Promotor del Proyecto se trata del propio propietario de la granja porcina.

### Autor del estudio

La autora del Estudio de Seguridad y Salud es Carla Filloy Viñes.

### Plazo de ejecución, mano de obra y presupuesto

Cabe destacar, que tanto para la duración de la obra como la mano de obra necesaria, se realizan estimaciones, basados en otros proyectos similares, para poder calcular el presupuesto del Estudio de Seguridad y Salud.

El plazo de ejecución previsto desde la iniciación hasta su terminación completa es de 6 meses.

Dadas las características de la obra, se prevé un número máximo en la misma de 20 operarios.

El presupuesto total asciende a la cantidad de 32543,15 €. Para más información, ver *Sección 12: Presupuesto*.

### Topografía y superficie

La parcela sobre la que se va a ejecutar la obra tiene una superficie total de 1.838,50 m<sup>2</sup>, situándose a aproximadamente 450 metros sobre el nivel del mar.

### Clima de la zona

Para la planificación de la obra, se deberá tener en cuenta que los meses de mayores precipitaciones son marzo, octubre y noviembre, y los meses de temperaturas más extremas enero, julio y agosto, pudiendo alcanzar mínimas de 2°C y máximas de 32°C.

### Accesos a la obra

El acceso al pueblo se realiza por la Carretera de Pamplona o desde el camino rural que tiene entrada desde la salida 12 de la Ronda de Pamplona (PA-30).

### Centros asistenciales más próximos a la obra

El contratista tiene la responsabilidad de colocar en la obra carteles con los números de teléfono de urgencias. Siendo las direcciones y teléfonos de los Centros Asistenciales Médicos más cercanos los siguientes:

- Consultorio médico de Mutilva
  - Dirección: Avda. Pamplona 6, planta baja,31192 - Mutilva (Navarra)
  - Teléfono: 948248551
- Centro de Salud de Mendillorri
  - Dirección: C/ concejo de Sarriguren s/n, planta baja, 31190 - Pamplona (Navarra)
  - Teléfono: 948163987
- Complejo Hospitalario de Navarra
  - Dirección: C/ Irunlarrea, 3, 31008 - Pamplona (Navarra)
  - Teléfono: 848422222

### 3. Descripción de la obra

#### 3.1. Unidades constructivas

Las unidades constructivas que componen las obras son:

- Estructuras de hormigón
- Colocación de tuberías, valvulería y accesorios
- Montaje de elementos prefabricados
- Montaje de equipos
- Instalación de valvulería y accesorios

#### 3.2. Trabajos previos a la obra

Deberá realizarse el vallado del perímetro antes del inicio de la obra, bajo las siguientes condiciones:

- Tendrá mínimo 2 metros de altura
- El portón de acceso de vehículos a la obra tendrá mínimo 4 metros de ancho
- Se dispondrá de puerta independiente para acceso de personal

Se colocará como mínimo la siguiente señalización:

- “Prohibido aparcar”, en la zona de entrada de vehículos
- “Prohibido el paso de peatones”, en la entrada de vehículos
- “Prohibido el paso a toda persona ajena a la obra”
- Cartel de “Normas de seguridad” para el acceso al recinto de obra
- Cartel de “Zona en obras”

Se realizará una caseta para acometida general en la que se tendrá en cuenta el Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión.

#### 3.3. Servicios afectados

Se considera que no hay interferencias con:

- Instalaciones hidráulicas
- Instalaciones de gas
- Instalaciones eléctricas
- Saneamiento

#### 3.4. Maquinaria prevista

Para la ejecución de la obra, se requiere como mínimo la siguiente maquinaria:

- Bomba de achique
- Camión cisterna
- Camión de transporte

- Cargadora
- Compactadora
- Excavadora
- Grúa
- Hormigonera
- Niveladora

### 3.5. Instalaciones de obra

Para la ejecución de la obra son necesarias las siguientes instalaciones:

- Instalación eléctrica
- Instalación de agua
- Oficina de obra
- Vestuarios y aseos
- Almacenes

### 3.6. Conexión a la red eléctrica

Se procederá a la instalación eléctrica una vez solicitado y concedida la petición de suministro a Iberdrola Distribución Eléctrica, S.A.U. La acometida será subterránea, preferiblemente, y vendrá del Centro de Transformación más cercano a la obra.

#### **Protecciones mínimas del CGMP**

La acometida llegará al Cuadro General de Mando y Protección, el cual se ubicará en un armario normalizado. En su interior, se deberá instalar mínimo los siguientes elementos de protección:

- Un fusible para cada una de las fases
- Interruptor General Automático
- Interruptor Magnetotérmico para cada circuito
- Interruptores Diferenciales de 300 mA para cada circuito de fuerza
- Interruptores Diferenciales de 30 mA para alumbrado

#### **Normas preventivas**

Se exponen las normas mínimas para prevenir accidentes por fallos eléctricos:

- Sistema de protección contra contactos indirectos
  - Instalación de interruptor diferencial y puesta a tierra de elementos metálicos
- Sistema de protección contra contactos directos
  - Protección por medio de barreras o envolventes
  - Protección por aislamiento de partes activas
- Normas básicas de prevención para los cables
  - Uso de cables normalizados aislados, no propagadores de incendio y con emisión de humos y opacidad reducida, de tensión asignada 0,6/1kV, de cobre o aluminio
  - Sección de los cables en base la máxima caída de tensión o calentamiento, según sea el caso
  - El trazado será lo más rectilíneo posible y a ser posible paralelo a referencias fijas

- Empalmes en cajas normalizadas.
- Código de colores (azul neutro, negro marrón o gris fase, amarillo y verde tierra)
- Normas básicas de prevención para los interruptores
  - Instalación en el interior de cajas normalizadas con puerta de entrada y protección mínima IP55
- Normas básicas de prevención para cuadros eléctricos
  - Cuadro normalizado y protección mínima IP55
  - Instalación de señalización “Peligro electricidad”
  - Protección para la lluvia
  - Comprobación del correcto funcionamiento de los diferenciales mediante el test
- Normas básicas de prevención para tomas de corriente
  - Instalación de interruptores de corte omnipolar
  - Instalación en el interior de cajas normalizadas con puerta de entrada
  - Cada toma de corriente alimentará a un único aparato
- Normas básicas de prevención para la protección de los circuitos
  - Instalación de interruptores automáticos para que actúen antes de que el cable alcance la máxima carga admisible
  - Instalación de interruptores diferenciales de máximo 300 mA de sensibilidad
- Normas básicas de prevención para tomas de tierra
  - Todas las partes metálicas de equipos eléctricos se conectarán a tierra
  - Cable de protección irá aislado y será de color verde y amarillo
  - Cable de toma de tierra deberá ir desnudo y enterrado
  - Se asegurará una medida de tierra de modo que la máxima tensión de contacto sea de 24 V
  - Se tendrá en cuenta la peor resistividad posible del terreno y las condiciones climáticas más desfavorables para el diseño de la instalación de tierra
- Normas generales de protección
  - El cuadro se mantendrá siempre cerrado con seguridad
  - El cuadro se señalizará con un cartel de peligro de riesgo eléctrico
  - El cuadro se ubicará en lugar de fácil acceso

### 3.7. Información necesaria

Para cada puesto de trabajo, se determinará:

- Descripción de las tareas a realizar
- Riesgos más comunes asociados a ese puesto
- Medidas de prevención y protección

### 3.8. Medios auxiliares

Se dispondrá mínimo de los siguientes medios auxiliares:

- Andamios
- Escalera portátil
- Cajas de herramientas
- Eslingas, arneses, mosquetones

## 4. Servicio de prevención

La empresa recurrirá a un Servicio de Prevención Externo, para que en colaboración con el Coordinador de Seguridad y Salud y la Dirección de obra, se pueda llevar a cabo las medidas propuestas.

## 5. Formación, información, consulta y participación

### **Formación e información**

Cada trabajador recibirá una formación suficiente y adecuada a su puesto de trabajo, en materia preventiva, antes del comienzo de la obra.

Recibirán una exposición detallada de las tareas a realizar, los riesgos que pudieran entrañar y las medidas de prevención y protección, tanto individuales como colectivas, que deberán emplear.

### **Delegado de prevención**

Se deberá disponer de un delegado de prevención que realice tareas de inspección y control de la obra.

### **Manual de prevención**

La finalidad de dicho documento es informar de las formas de actuar ante ciertos trabajos para que estos se realicen de la manera más segura posible.

### **Libro de incidencias**

Se dispondrá de un libro para anotar las incidencias con la finalidad de asegurar el correcto control y seguimiento del plan.

### **Fondo documental**

Se situará una copia de cada documento de prevención en la obra.

## 6. Servicios sanitarios y comunes

### Asistencia médica

Todos los trabajadores deberán ser informados de los distintos centros asistenciales cercanos a la obra, antes del comienzo de la misma. Además, se colocará un cartel visible y señalizado con las direcciones y teléfonos de los diferentes centros asistenciales.

### Servicio médico

Todos los trabajadores deberán ser sometidos a un reconocimiento médico previo al comienzo de la obra.

### Botiquín de obra

Se deberá disponer de mínimo un botiquín de primeros auxilios que cumpla con la Ordenanzas General de Seguridad e Higiene en el Trabajo. Se colocará un botiquín en todos aquellos lugares que las condiciones de trabajo lo requieran.

### Primeros auxilios

Los trabajadores deberán conocer las normas de comportamiento generales ante un accidente. Además, se ubicará un puesto de primeros auxilios claramente señalizado y equipado con los materiales de primeros auxilios indispensables.

### Vestuarios y aseos

Se deberá habilitar un local que tenga al menos 2 m<sup>2</sup> por trabajador que disponga de al menos los siguientes elementos:

- Taquillas individuales con perchas
- Retrete
- Lavabo y espejo
- Ducha
- Calefacción y/o aire acondicionado
- Agua
- Electricidad

Se limpiará dicho local, al menos, dos veces por semana.

### Comedor

No es necesario instalar un comedor en las obras debido a que hay numerosos núcleos poblacionales en una radio inferior de 5 km, tal como Mutilva Alta, Mutilva Baja, Sarriguren, Mendillorri, Ripagaina o el Soto Lezkairu.

## 7. Revisiones del Plan de Seguridad y Salud

El Plan de Seguridad y Salud se deberá revisar si sucede alguna de las siguientes situaciones:

- El delegado de prevención así lo considera
- Se realice una evaluación y dicha evaluación lo considere necesario
- Se ocasione algún daño material o en la salud de los trabajadores, o se considere que pueda suceder
- Cuando se varíe alguna de las tareas o unidades de trabajo

## 8. Medidas de protección y riesgos en las actividades de la obra

Para cada unidad de trabajo, se van a describir las tareas a realizar, los riesgos más comunes asociados a ese puesto de trabajo y se van a explicar medidas de prevención y protección para reducir al mínimo los riesgos de accidente.

### 8.1. Estructuras de hormigón

#### Descripción de las tareas a realizar

Esta actividad consiste en la ejecución de los cimientos de los diferentes depósitos que se encuentra en la planta (tanque de recepción y tanque de residuos digeridos), así como los cerramientos de los mismos.

#### Riesgos más comunes asociados al puesto

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Patologías y accidentes asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas
- Patologías y accidentes por el contacto con el hormigón (irritación, dermatitis, silicosis, ...)

#### Normas de prevención

Para evitar riesgos asociados al vertido de hormigón:

- El medio de transporte que se utilice para su transporte, será de uso exclusivo, no pudiendo transportar personas, a no ser que disponga de asientos adicionales para ese fin
- Queda prohibido la presencia de personas en el radio de trabajo de vertido
- Durante el transporte, se debe utilizar un sistema de retención
- Se parará la obra si las condiciones climatológicas lo requieren
- No se superarán las pendientes fijadas para evitar derrames

#### Equipos de protección individual

- Casco
- Ropa de señalización
- Gafas o pantalla antichoque
- Protectores auditivos
- Botas de protección y antideslizantes
- Cinturón antivibraciones

## 8.2. Colocación de tuberías, valvulería y accesorios

### Descripción de las tareas a realizar

Esta unidad de obra consiste en el montaje de las tuberías de PVC y acero inoxidable, así como las válvulas y codos necesarios para el correcto funcionamiento de las instalaciones hidráulicas, de calefacción y de gas.

### Riesgos más comunes asociados al puesto

Los accidentes más comunes son:

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Patologías asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas

### Normas de prevención

Para evitar riesgo de rotura o de desplome en la realización de la tarea, se transportarán sujetas en sus extremos con eslingas.

El conductor de la grúa tendrá las siguientes responsabilidades:

- Deberá tener en cuenta los efectos de la inercia de la carga
- No deberá usar la contramarcha para el frenado de la maniobra
- Antes de comenzar su labor, comprobará el correcto funcionamiento de todos los mecanismos de la grúa
- Deberá observar en todo momento el comportamiento de la grúa y de la carga, sin abandonar la grúa antes de la finalización de la tarea
- Queda prohibido el uso de elementos para sujetar/bloquear mandos y/o interruptores

### Equipos de protección individual

- Casco
- Ropa de trabajo
- Gafas o pantalla antichoque
- Botas de protección y antideslizantes
- Guantes de protección mecánica
- Guantes de goma
- Cinturón de seguridad

## 8.3. Montaje de elementos prefabricados

### Descripción de las tareas a realizar

Consiste en el montaje de elementos prefabricados de gran tamaño como pueden ser el Centro de Transformación, el Módulo de cogeneración, etc.

Todos los equipos prefabricados se manipulan mediante el uso de equipos de elevación de cargas y su instalación se realiza por personal cualificado en la instalación de dichos elementos.

Los equipos de elevación de cargas pueden ser grúas, plataformas elevadoras, entre otras.

#### **Riesgos más comunes asociados al puesto**

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones
- Atrapamientos entre piezas pesadas
- Patologías asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas

#### **Normas de prevención**

A continuación, se detallan una serie de normas de obligado cumplimiento para el montaje de elementos prefabricados:

- El lugar donde se guarden los elementos prefabricados antes de su colocación definitiva, debe ser capaz de resistir el peso de estos
- Se comprobará el correcto estado de los anclajes de los equipos prefabricados antes de cada elevación
- Se revisará periódicamente el estado de los equipos de elevación de cargas
- La grúa a utilizar se seleccionará en función de la que sea más adecuada a las cargas a elevar
- Cuando se presentes fuertes vientos y lluvias intensas queda terminantemente prohibido el alzado y montaje de elementos prefabricados
- La colocación de las piezas sobre el medio de transporte se realizará lo más suave y lentamente posible en descenso vertical

#### **Equipos de protección individual**

- Casco
- Ropa de trabajo
- Ropa de señalización
- Gafas o pantalla antichoque
- Botas de protección y antideslizantes
- Guantes de protección mecánica
- Guantes de cuero
- Cinturón de seguridad
- Cinturón portaherramientas

#### **Sistemas de protección colectiva**

- Señalización del área de trabajo
- Colocación de barandillas delimitando el perímetro
- Línea de vida para el enganche del cinturón de seguridad

## **8.4. Montaje de equipos**

#### **Descripción de las tareas a realizar**

Consiste en el montaje de los diferentes equipos que componen la planta de biogás, tales como: biodigestor, gasómetro, desgasificador, decantador, etc.

El montaje de maquinaria y equipos industriales suele estar precedido por un transporte o traslado de instalaciones y equipos.

#### **Riesgos más comunes asociados al puesto**

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Atrapamiento entre piezas pesadas
- Patologías asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas
- Riesgos eléctricos
- Quemaduras

#### **Normas de prevención**

- No manipular aparatos eléctricos con las manos húmedas
- El lugar donde se guarden las piezas que componen los equipos antes de su montaje definitivo, debe ser capaz de resistir el peso de estos
- Se revisará periódicamente el estado de los equipos de elevación de cargas
- La grúa a utilizar se seleccionará en función de la que sea más adecuada a las cargas a elevar
- Cuando se presentes fuertes vientos y lluvias intensas queda terminantemente prohibido el alzado y montaje de elementos prefabricados
- Los elementos en el momento de su montaje no deberán contener nieve o hielo
- La colocación de las piezas sobre el medio de transporte se realizará lo más suave y lentamente posible en descenso vertical

### **8.5. Instalación eléctrica de obra**

#### **Descripción de la unidad de obra**

En este apartado se contemplan todos los trabajos de electricidad necesarios para disponer de electricidad durante el transcurso de la obra.

#### **Riesgos más comunes asociados al puesto**

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Patologías asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas
- Electrocutaciones o quemaduras

#### **Normas de prevención**

- La iluminación en las zonas de trabajo no será inferior a 100 lux, medidos a 2 m del suelo
- Las herramientas y equipos a utilizar por los instaladores tendrán protección dieléctrica
- Antes de conectar la instalación eléctrica a la red, se hará una revisión exhaustiva de las conexiones de mecanismos, protecciones y empalmes de los cuadros y celdas

- Las pruebas de funcionamiento de la instalación eléctrica serán anunciadas a todo el personal de la obra antes de ser iniciadas
- Antes de cualquier maniobra o conexionado, se verificará la ausencia de tensión

#### **Equipos de protección individual**

- Casco dieléctrico
- Ropa de trabajo
- Gafas o pantalla antichoque
- Botas de protección, dieléctricas y antideslizantes
- Guantes dieléctricos
- Guantes de protección mecánica
- Banqueta de maniobra
- Alfombra aislante
- Pértiga detectora de ausencia de tensión
- Pértiga de salvamento

## 9. Medidas de protección y riesgos en el uso de maquinaria y medios auxiliares

### 9.1. Maquinaria

#### Riesgos más comunes asociados a su uso

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Atrapamiento
- Electrocutaciones y quemaduras
- Patologías asociadas a la formación de atmósferas molestas o agresivas
- Incendios por formación de atmósferas explosivas
- Enfermedades ocasionadas por ruidos y vibraciones

#### Normas de prevención

- Las máquinas averiadas que no se puedan retirar se señalizarán con carteles de aviso
- Se prohíbe la manipulación y operaciones de ajuste y arreglo de máquinas al personal no especializado
- Solo el personal autorizado será el encargado de la utilización de una determinada máquina o máquina-herramienta
- Mantenimiento preventivo y predictivo periódico de la maquinaria
- Inspecciones y verificaciones semanales de la maquinaria
- Toda la maquinaria deberá disponer de su manual de uso y ficha técnica
- Todas las máquinas con alimentación a base de energía eléctrica, estarán dotadas de toma de tierra
- Los trabajos se prohibirán o suspenderán en caso de tormenta, lluvia o viento fuertes, nevadas, o cualquier otra condición ambiental desfavorable que dificulte la visibilidad, o la manipulación de las herramientas

#### Equipos de protección individual

- Casco
- Ropa de trabajo
- Ropa de señalización
- Gafas o pantalla antichoque
- Protectores auditivos
- Botas de protección y antideslizantes
- Botas de goma
- Guantes de protección mecánica
- Guantes de goma
- Cinturón de seguridad
- Cinturón antivibraciones

## 9.2. Andamios y escaleras portátiles

### Riesgos más comunes asociados a su uso

- Caídas al mismo nivel
- Caídas a distinto nivel
- Golpes, heridas u otras lesiones por herramientas
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome de materiales
- Golpes, heridas u otras lesiones por desplome, deslizamiento, rotura del andamio/escalera
- Patologías asociadas a sobreesfuerzos y a condiciones climatológicas
- Atrapamiento debido a desplomes, retracciones, extensiones, ...

### Normas de prevención

- Antes de subirse a un andamio o escalera, deberá revisarse toda su estructura para evitar las situaciones inestables
- Se colocarán sobre lugares firmes que aseguren estabilidad
- Prohibido dejar herramientas o materiales en las plataformas del andamio o escalera
- Prohibido arrojar elementos desde los andamios o escalera
- Las plataformas de trabajo tendrán un mínimo de 60 cm de anchura y estarán firmemente ancladas a los apoyos de tal forma que se eviten los movimientos por deslizamiento o vuelco
- Los tramos verticales de los andamios, se apoyarán sobre tablonos de reparto de cargas
- Las plataformas de trabajo de los andamios, independientemente de la altura, poseerán barandillas perimetrales completas de 90 cm de altura
- Prohibido saltar de una plataforma de un andamio a otra. El paso de una plataforma a otra se realizará mediante una pasarela
- Las escaleras de tijera en posición de uso, estarán montadas con los largueros en posición de máxima apertura par no mermar su seguridad
- Las escaleras de tijera se utilizarán montadas siempre sobre pavimentos horizontales
- Los peldaños de las escaleras estarán ensamblados
- Las escaleras de madera estarán protegidas de la intemperie mediante barnices y las metálicas contra la oxidación mediante pinturas especiales
- Las escaleras de tijera estarán dotadas hacia la mitad de su altura de limitación de apertura máxima

### Equipos de protección individual

- Casco
- Ropa de trabajo
- Botas de protección y antideslizantes
- Guantes de protección mecánica
- Cinturón de seguridad

## 10. Protección contra incendios

Para prevenir los incendios y minimizar los impactos del mismo, se toman las siguientes medidas:

- Separar y alejar el material combustible del no combustible. En distintos almacenes, por ejemplo
- Mantener limpieza en la obra
- Disponer las cantidades mínimas necesarias de materiales inflamables en el recinto de la obra
- Prohibir la formación de fuegos o fumar
- Utilizar señalización adecuada, indicada en la sección siguiente
- Colocar equipos de protección contra incendios donde se considere necesario
- Indicar el número de teléfono de servicio de bomberos

## 11. Señalización

### Señalización de seguridad

Los tipos de señales que se van a utilizar en la totalidad de la obra como su descripción se muestra a continuación:

- Señales de prohibición



- Señales de información de seguridad



- Señales de indicación de peligro



- Señales de obligación



- Señales y localización de equipos contra incendios



### **Delimitación de la obra**

Para delimitar el recinto de la obra, se emplean barreras de seguridad amarillas con rayas de color blanco y rojo.

### **Entrada al recinto de la obra**

Para la entrada de personal, se coloca una valla peatonal. Para la entrada de vehículos al recinto, se instala un semáforo portátil.

### **Delimitación de zona de trabajo**

Para delimitar la zona de trabajo, se coloca cinta de señalización de rayas amarillas y negras.

## 12. Presupuesto

Se realizan los presupuestos con las siguientes consideraciones:

- 20 trabajadores
- 2 m<sup>2</sup> por trabajador
- 1 aseo por cada 10 trabajadores
- 1 taquilla con 2 perchas por trabajador
- 1 radiador por caseta
- 2 limpiezas semanales de casetas
- Duración de la obra de 6 meses
- 8 horas de formación en Seguridad y Salud en las obras
- 1 botiquín de primeros auxilios por cada 10 trabajadores
- Se proporciona el E.P.I completo a cada trabajador, independientemente de las tareas que vaya a realizar
- El perímetro de la parcela es de 45 m
- 1 entrada peatonal
- 1 entrada de vehículos

A continuación, se realiza una presupuestación del Estudio de Seguridad y Salud realizado.

## 7. Seguridad y Salud

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>7100</b>	<b>Alquiler de casetas para 6 meses y transporte</b>			
7110	Alquiler caseta oficina con aseo 14 m2 .....	1	993,18	993,18
7120	Alquiler caseta para vestuarios 20 m2.....	2	738,06	1476,12
7130	Alquiler caseta para aseos 9,8 m2.....	2	1009,80	2019,60
7140	Alquiler caseta para almacén 7 m2.....	2	629,82	1259,64
7150	Alquiler acometida provisional a caseta.....	1	1286,64	1286,64
7160	Transporte de caseta.....	16	253,75	4060,00
7170	Accesorios de caseta de obra para oficina, vestuarios y aseos. Incluye: 8 radiadores, 20 taquillas individuales, 40 perchas, 4 bancos para 5 personas, 3 espejos, 3 portarrollos, 3 jaboneras y 3 secamanos .....	1	1435,37	1435,37
7180	Limpieza semanal de caseta.....	336	19,10	6417,60
				<b>18948,15</b>
<b>7200</b>	<b>Formación en Seguridad y Salud</b>			
	Hora de charla para formación de Seguridad y Salud en el Trabajo, realizada por Técnico cualificado perteneciente a una empresa asesora en Seguridad y Prevención de Riesgos. El precio incluye la pérdida de horas de trabajo por parte de los trabajadores asistentes a la charla.....	8	94,66	473,30
				<b>473,30</b>
<b>7300</b>	<b>Equipos de protección individual</b>			
	Casco.....	20	2,77	55,40
	Pantalla antichoque para casco.....	20	15,52	310,40
	Guantes de protección mecánica.....	20	16,35	327,00
	Guantes de goma.....	20	15,20	304,00
	Guantes de cuero.....	20	30,80	616,00
	Taponos con cuerda.....	20	2,30	46,00
	Botas de protección, antideslizantes y aislantes.....	20	214,50	4290,00
	Mono de protección.....	20	47,49	949,80
	Cinturón de seguridad y antivibraciones.....	20	23,32	466,40
	Cinturón portaherramientas.....	20	29,43	588,60
				<b>7953,60</b>

## 7. Seguridad y Salud

Código	Descripción	Uds.	P (€)	Importe (€)
<b>7400</b>	<b>Medicina preventiva y primeros auxilios</b>			
	Botiquín de primeros auxilios.....	2	121,51	243,02
	Reconocimiento médico.....	20	125,09	2501,80
				<b>2744,82</b>
<b>7500</b>	<b>Señalización provisional de obras</b>			
	Barrera de seguridad de 40 m .....	1	404,60	404,60
	Valla peatonal de 5 m.....	1	144,50	144,50
	Señal reflectante provisional de obra 90cm.....	2	63,55	127,10
	Semáforo portátil 40Ah.....	1	1369,00	1369,00
	Paletas de paso alternativo .....	2	20,10	40,20
	Cartel general indicativo de riesgos .....	2	25,39	50,78
	Señal de advertencia .....	5	12,78	63,90
	Señal de prohibición .....	5	12,78	63,90
	Señal de extinción .....	5	12,78	63,90
	Señal de evacuación .....	5	12,78	63,90
	Cinta de señalización de zona de trabajo de 10 m .....	10	3,15	31,50
				<b>2423,28</b>
<b>TOTAL .....</b>				<b>32543,15 €</b>

Carla Filloy Viñes  
2 de marzo de 2022



