



UNIVERSIDADE DA CORUÑA

ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática

TRABAJO DE FIN DE GRADO

TFG Nº: **770G01A158**

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

AUTOR: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

TUTOR: **MARÍA SONIA BOUZA FERNÁNDEZ
ANTONIO COUCE CASANOVA**

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

Fdo.: EL AUTOR

Fdo.: EL TUTOR

TÍTULO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.

ÍNDICE GENERAL

PETICIONARIO: ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: DICIEMBRE DE 2018

AUTOR: EL ALUMNO

Fdo.: MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ

I	ÍNDICE GENERAL	3
	Contenidos del TFG	5
	Índice de figuras	9
	Índice de tablas	11
II	MEMORIA	13
	Índice del documento Memoria	15
1	Resumen	19
2	Objeto	21
3	Alcance	23
	3.1 Alcances técnicos	23
	3.2 Alcances económicos	23
4	Antecedentes	25
	4.1 Nave de explotación ganadera	27
	4.2 Elementos de consumo en la nave	31
	4.2.1 Sistema de limpieza de la cuadra	31
	4.2.2 Sistema de limpieza de la sala de ordeño	31
	4.2.3 Sistema de ordeño	32
	4.2.4 Motor silo de pienso	34
	4.2.5 Puntos de iluminación	35
	4.3 El biogás	36
	4.3.1 ¿Qué es el biogás?	36
	4.3.2 ¿Cómo se produce el biogás?	36
	4.3.3 Beneficios de contar con una instalación de biogás	36
	4.3.4 Tipos de instalaciones	37
5	Normas y referencias	39
	5.1 Disposiciones legales y normas aplicadas	39
	5.2 Bibliografía	40
	5.3 Programas de cálculo	40
	5.4 Otras referencias	40
6	Definiciones y abreviaturas	43
	6.1 Abreviaturas	43
	6.2 Definiciones	43
7	Análisis de las soluciones	45
	7.1 Fuentes de energía renovable	45
	7.1.1 Valoraciones fuentes de energía	45
	7.1.2 Solución adoptada	46
8	Resultados finales	47
	8.1 Descripción general de la planta	47
	8.1.1 Zona de recepción de la materia orgánica	48

8.1.2	Zona digestión anaerobia	50
8.1.3	Zona purificación y procesamiento del gas	59
8.1.4	Zona usos del biogás	61
8.1.5	Usos y calidad del digestato	67
8.1.6	Zona de control	67
8.2	Dimensionamiento de la planta	67
8.2.1	Análisis de la demanda de la explotación	67
8.2.2	Demanda de biogás para energía eléctrica	69
8.2.3	Resumen de los resultados	70
8.3	Dimensionamiento del biodigestor	70
8.3.1	Localización	70
8.3.2	Cantidad de biomasa disponible	71
8.3.3	Volumen de biomasa disponible	71
8.3.4	Volumen de biomasa en el reactor	71
8.3.5	Volumen de biogás	71
8.3.6	Volumen total del digestor	72
8.4	Cálculos para el biodigestor	72
8.4.1	Excreta generada	72
8.4.2	Cantidad biomasa disponible	72
8.4.3	Volumen de biomasa disponible	72
8.4.4	Volumen de biomasa digestor	73
8.4.5	Volumen de biogás	73
8.4.6	Volumen total del biodigestor	73
8.5	Puesta en marcha y seguimiento de la planta	73
8.6	Solicitud de subvención para la instalación	75
8.6.1	Objeto y ámbito de la aplicación	75
8.6.2	Ayudas para instalaciones	76
8.6.3	Cuantía de las subvenciones	76
9	Propuestas alternativas	77
9.1	Circuito de calefacción	77
9.2	Verter la electricidad a la red	77
9.3	Combustible	77
10	Plan de viabilidad	79
10.1	Objetivo	79
10.2	Metodología de cálculo	79
10.2.1	Cálculo de los flujos de caja o cash flow	80
10.2.2	Cálculo de indicadores económicos de resultados	81
10.3	Entorno	84
10.4	Escenarios	84
10.5	Inversión	87
10.5.1	Inversión activo no corriente	87

10.5.2	Vida útil del proyecto	88
10.5.3	Amortización inmovilizado	88
10.5.4	Activo corriente	89
10.6	Operación	90
10.6.1	Gastos de explotación	90
10.6.2	Ingresos	91
10.7	Financiamiento	92
10.8	Cálculo de los flujos de caja y de los indicadores económicos de resultados	92
10.9	Resultados	93
III	ANEXOS	95
	Índice del documento Anexos	97
11	Anexo I: Documentación de partida	99
12	Anexo II: Rendimiento biogás	103
13	Anexo III: Plan de viabilidad en el escenario pesimista	105
14	Anexo IV: Plan de viabilidad en el escenario normal	111
15	Anexo V: Plan de viabilidad en el escenario optimista	117
16	Anexo VI: Estudios básico de seguridad y salud	123
16.0.1	Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar	123
16.0.2	Formación e información de los trabajadores	126
16.0.3	Normas o medidas preventivas sobre maquinaria y herramientas en general	126
16.0.4	Primeros auxilios	126
16.0.5	Servicios	127
17	Otros anexos	129
IV	PLANOS	131
	Índice del documento Planos	133
	Plano de situación de la planta de biogás	134
	Plano de emplazamiento de la planta de biogás	135
V	PLIEGO DE CONDICIONES	137
	Índice del documento Pliego de condiciones	139
17.1	Condiciones técnicas	141
17.1.1	Materiales	141
17.1.2	Ejecución de las obras	141
17.1.3	Protección contra el fuego	141
17.2	Condiciones facultativas	141
17.2.1	Adjudicación	141
17.2.2	Orden de los trabajos	141
17.2.3	Alteraciones en la ejecución de la obra	142

17.2.4	Recepción	142
17.3	Condiciones legales	142
17.3.1	Obligaciones de la propiedad	142
17.3.2	Plazo de ejecución y programas de trabajo	142
17.3.3	Modificaciones en el plazo	142
17.3.4	Propósito del contratista	143
17.3.5	Personal de la obra	143
17.3.6	Responsabilidades del contratista	143
17.4	Condiciones económicas	144
17.4.1	Abono de obras	144
17.4.2	Rescisión	144
17.4.3	Demora de los pagos	144
17.4.4	Mediciones	144
17.4.5	Liquidación	144
VI	ESTADO DE MEDICIONES	145
	Índice del documento Estado de mediciones	147
17.4.6	Depósitos y circuito de purines	149
17.4.7	Grupo generación	149
17.4.8	Circuito de gas	150
17.4.9	Circuito agua caliente	150
17.4.10	Instalación eléctrica de la planta	151
17.4.11	Instalación de control de la planta	151
VII	PRESUPUESTO	153
	Índice del documento Presupuesto	155
17.5	Presupuesto de la planta	157
17.5.1	Depósitos y circuito de purines	157
17.5.2	Grupo generación	157
17.5.3	Circuito de gas	157
17.5.4	Circuito agua caliente	158
17.5.5	Instalación eléctrica de la planta	158
17.5.6	Instalación de control de la planta	159
17.5.7	Mantenimiento	159
17.6	Presupuesto total	160
VIII	ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA	161
	Índice del documento Estudios con entidad propia	163

Índice de figuras

4.0.0.1	Precio de la leche en los últimos 12 años	25
4.0.0.2	Evolución precio de la luz últimos años	26
4.1.0.1	Distribución de la nave actual	27
4.1.0.2	Cornadizas de la nave	28
4.1.0.3	Patio de la explotación	29
4.1.0.4	Sala de ordeño de la explotación	30
4.2.1.1	Motor de limpieza del patio	31
4.2.2.1	Termo eléctrico de la explotación	32
4.2.3.1	Motor de la sala de ordeño	33
4.2.3.2	Motor que bombea el agua para la sala	34
4.2.4.1	Motor del silo de pienso	35
8.1.0.1	Esquema general del proceso de generación de biogás	48
8.1.2.1	Etapas de la fermentación anaerobia. Fuente: IDAE	51
8.1.2.2	Producción de biogás según temperatura. Fuente: Idae.	52
8.1.2.3	Composición del purín según tipo de animal.Fuente: IDAE	55
8.1.2.4	Biodigestor semicontinuo tipo chino	56
8.1.2.5	Biodigestor semicontinuo tipo hindú	57
8.1.2.6	Biodigestor semicontinuo de tipo balón	57
8.1.2.7	Elementos de transporte y seguridad del biogás	59
8.1.4.1	Esquema cogeneración con motor de gas	62
8.1.4.2	Recuperación de calor simple	64
8.1.4.3	Recuperación del calor de dos procesos	64
8.1.4.4	Sistema dual para recuperación de calor	65
8.1.4.5	Ciclo refrigeración por absorción	66
10.4.0.1	Evolución precio de la leche	86
10.4.0.2	Evolución precio tonelada de pienso	86

Índice de tablas

8.2.1.1	Energía diaria demandada por la explotación	69
8.2.2.1	Volumen de biogás necesario para la demanda	70
8.2.3.1	Tabla resumen de demandas	70
10.4.0.1	Precios pesimistas de los factores	85
10.4.0.2	Precios normales de los factores	85
10.4.0.3	Precios optimistas de los factores	85
10.5.3.1	Amortización lineal del activo	89
10.5.4.1	Valoración económica del purín	90
10.6.1.1	Gastos de explotación	91

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

MEMORIA

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento MEMORIA

1	Resumen	19
2	Objeto	21
3	Alcance	23
3.1	Alcances técnicos	23
3.2	Alcances económicos	23
4	Antecedentes	25
4.1	Nave de explotación ganadera	27
4.2	Elementos de consumo en la nave	31
4.2.1	Sistema de limpieza de la cuadra	31
4.2.2	Sistema de limpieza de la sala de ordeño	31
4.2.3	Sistema de ordeño	32
4.2.4	Motor silo de pienso	34
4.2.5	Puntos de iluminación	35
4.3	El biogás	36
4.3.1	¿Qué es el biogás?	36
4.3.2	¿Cómo se produce el biogás?	36
4.3.3	Beneficios de contar con una instalación de biogás	36
4.3.4	Tipos de instalaciones	37
5	Normas y referencias	39
5.1	Disposiciones legales y normas aplicadas	39
5.2	Bibliografía	40
5.3	Programas de cálculo	40
5.4	Otras referencias	40
6	Definiciones y abreviaturas	43
6.1	Abreviaturas	43
6.2	Definiciones	43
7	Análisis de las soluciones	45
7.1	Fuentes de energía renovable	45
7.1.1	Valoraciones fuentes de energía	45
7.1.2	Solución adoptada	46
8	Resultados finales	47
8.1	Descripción general de la planta	47
8.1.1	Zona de recepción de la materia orgánica	48

8.1.1.1	El tornillo sin fin	48
8.1.1.2	Bombas de desplazamiento positivo	49
8.1.1.3	Tolva de alimentación	49
8.1.1.4	Compuertas de regulación	49
8.1.1.5	Solución adoptada	50
8.1.2	Zona digestión anaerobia	50
8.1.2.1	Definición digestión anaerobia	50
8.1.2.2	Etapas de la digestión anaerobia	50
8.1.2.3	Rangos de temperatura en la digestión anaeróbica	52
8.1.2.4	Condiciones ambientales del digestor	52
8.1.2.5	Condiciones operativas del digestor	53
8.1.2.6	Componentes del purín	54
8.1.2.7	Biodigestores	54
8.1.2.7.1	¿Qué es un biodigestor y para qué se utiliza?	54
8.1.2.7.2	Estructura de los biodigestores	54
8.1.2.7.3	Tipos de biodigestores	55
8.1.2.7.4	Otros detalles a tener en cuenta	58
8.1.2.8	Solución adoptada	58
8.1.2.9	Tuberías, válvulas y accesorios	59
8.1.3	Zona purificación y procesamiento del gas	59
8.1.3.1	Proceso de desulfuración	60
8.1.3.2	Proceso remoción de agua	60
8.1.3.3	Remoción de oxígeno	61
8.1.3.4	Eliminación del dióxido de carbono	61
8.1.4	Zona usos del biogás	61
8.1.4.1	Planta de cogeneración	61
8.1.4.1.1	Funcionamiento	61
8.1.4.1.2	Tipos de planta de cogeneración	61
8.1.4.1.3	Elementos de la planta de cogeneración	63
8.1.4.1.4	Mantenimiento	63
8.1.4.2	Trigeneración	64
8.1.4.3	Refrigeración por absorción	65
8.1.4.4	Solución adoptada	66
8.1.5	Usos y calidad del digestato	67
8.1.6	Zona de control	67
8.2	Dimensionamiento de la planta	67
8.2.1	Análisis de la demanda de la explotación	67
8.2.1.1	Demanda energética eléctrica	68
8.2.1.2	Demanda energética térmica	68
8.2.2	Demanda de biogás para energía eléctrica	69
8.2.3	Resumen de los resultados	70

8.3	Dimensionamiento del biodigestor	70
8.3.1	Localización	70
8.3.2	Cantidad de biomasa disponible	71
8.3.3	Volumen de biomasa disponible	71
8.3.4	Volumen de biomasa en el reactor	71
8.3.5	Volumen de biogás	71
8.3.6	Volumen total del digestor	72
8.4	Cálculos para el biodigestor	72
8.4.1	Excreta generada	72
8.4.2	Cantidad biomasa disponible	72
8.4.3	Volumen de biomasa disponible	72
8.4.4	Volumen de biomasa digestor	73
8.4.5	Volumen de biogás	73
8.4.6	Volumen total del biodigestor	73
8.5	Puesta en marcha y seguimiento de la planta	73
8.6	Solicitud de subvención para la instalación	75
8.6.1	Objeto y ámbito de la aplicación	75
8.6.2	Ayudas para instalaciones	76
8.6.3	Cuantía de las subvenciones	76
9	Propuestas alternativas	77
9.1	Circuito de calefacción	77
9.2	Verter la electricidad a la red	77
9.3	Combustible	77
10	Plan de viabilidad	79
10.1	Objetivo	79
10.2	Metodología de cálculo	79
10.2.1	Cálculo de los flujos de caja o cash flow	80
10.2.1.1	Cálculo del flujo de caja extraoperativo del proyecto	80
10.2.1.2	Cálculo del cash flow operativo del proyecto	80
10.2.1.3	Cálculo del cash flow extraoperativo del crédito	80
10.2.1.4	Cálculo del cash flow operativo del crédito	81
10.2.2	Cálculo de indicadores económicos de resultados	81
10.2.2.1	Valor Actual Neto (VAN)	81
10.2.2.2	Tasa Interna de Retorno (TIR)	82
10.2.2.3	Período de recuperación del proyecto	83
10.3	Entorno	84
10.4	Escenarios	84
10.5	Inversión	87
10.5.1	Inversión activo no corriente	87

10.5.2 Vida útil del proyecto	88
10.5.3 Amortización inmovilizado	88
10.5.4 Activo corriente	89
10.6 Operación	90
10.6.1 Gastos de explotación	90
10.6.2 Ingresos	91
10.7 Financiamiento	92
10.8 Cálculo de los flujos de caja y de los indicadores económicos de resultados . . .	92
10.9 Resultados	93

1 Resumen

En el presente documento se expone un análisis técnico y económico para implantar un sistema de trigeneración que funcione con biogás en una explotación ganadera situada en el municipio de Curtis. Actualmente la granja está en activo produciendo leche. Con este proyecto, se pretende reducir los costes de producción de la explotación ahorrando energía producida por la planta de biogás.

A lo largo del trabajo, se valoran las diferentes opciones técnicas disponibles en el mercado y se hace una elección final en base a las ventajas que presenten. Finalmente, se hará un plan de económico para evaluar la viabilidad del proyecto.

2 Objeto

El presente proyecto tiene como objetivo realizar un análisis tanto técnico como económico de la implantación de una planta de biogás en una explotación ganadera. Dicha explotación ganadera está situada en un lugar llamado A Illana, perteneciente al municipio de Curtis en la provincia de A Coruña. Actualmente la explotación se dedica a la producción de leche y cría. Con este proyecto, se pretende:

- Cubrir la demanda energética de la explotación consumiendo el biogás generado a partir de los purines.
- Reducir las emisiones de metano a la atmósfera.
- Obtener una mejora de propiedades del subproducto utilizado.

Para llevar los objetivos a cabo, comenzaremos estudiando la demanda de la explotación y el gasto que supone, las cantidades de materia orgánica producida, el cálculo del biogás producido y sus equivalencias económicas, el dimensionamiento de las máquinas y elementos que conforman la planta valorando las diversas alternativas existentes en base a las características técnicas y su precio y finalmente valoraremos económicamente la viabilidad de la implementación de la planta en su totalidad.

3 Alcance

El proyecto presenta alcances tanto técnicos como económicos para llevarlo a cabo, los cuales se enumeran a continuación.

3.1. Alcances técnicos

- Estimación de la producción de biogás en función del tamaño de la explotación.
- Dimensionado y cálculo de las instalaciones de producción, fermentación, almacenamiento y distribución interna del gas. Es decir, todos los elementos que componen el sistema como el digestor, depósitos, tuberías, válvulas, etc.
- Selección del sistema de trigeneración y estimación de la producción eléctrica, calorífica y frigorífica de dicho sistema.
- Diseño y cálculo de instalaciones de distribución interna y selección de equipos terminales.
- Realización de planos técnicos necesarios.

3.2. Alcances económicos

- Estudio de costes de explotación para la dimensión del granja.
- Cálculo de precio de equipos e instalaciones necesarias.
- Cálculo de los flujos de caja
- Realización de plan de viabilidad económica (TIR, VAN, PR)
- Análisis de sensibilidad de la inversión y conclusiones.

4 Antecedentes

En la actualidad, Galicia se sitúa entre las regiones con mayor de producción de leche, ya no solo a nivel estatal sino también a nivel mundial si analizamos la relación entre el volumen de producción y la población. Por todos es sabido, que estamos hablando de un sector sacrificado, en donde cada vez es más difícil sacar beneficios dignos. Estas dificultades vienen generadas, principalmente, por la constante subida de los combustibles fósiles, el aumento de los costes de la alimentación del ganado, la energía eléctrica y el bajo precio de la leche.



Figura 4.0.0.1 – Precio de la leche en los últimos 12 años



Figura 4.0.0.2 – Evolución precio de la luz últimos años

Por lo tanto y ante esta situación unida a la crisis medioambiental que estamos viviendo, los ganaderos se ven obligados a reducir todos los costes de producción, intentar realizar el trabajo de la manera más eficiente posible o incluso a apostar por una alternativa apetecible pero que todavía tiene poco peso en España, las llamadas energías renovables.

Las energías renovables se definen como aquellas que no contaminan el medio ambiente porque se regeneran ellas mismas, se obtienen de forma natural y son inagotables. Podemos diferenciar varios tipos:

- Energía hidráulica
- Energía solar
- Energía eólica
- Energía geotérmica
- Energía mareomotriz
- Energía de biomasa

Y, si por algo se caracterizan las explotaciones ganaderas de hoy en día, es por tener sus animales estabulados los 365 días del año. La razón de esto es el número elevado de cabezas de ganado y la imposibilidad de llevar a cabo el pastoreo debido al minifundio todavía implantado en Galicia. Lo que supone esto, una producción importante de deyecciones, que

desde siempre se han utilizado como fertilizantes para el terreno. Pero, ¿porqué no sacarle provecho al purín producido obteniendo biogás y, además, mejorar sus propiedades?

Para comprender el análisis que se realiza a lo largo del proyecto, por lo tanto, será necesario explicar la distribución de la explotación ganadera existente y las máquinas que la forman, en la que se implantará la planta de biogás. A continuación se citan:

4.1. Nave de explotación ganadera

La explotación se compone de una nave de dimensiones 60 metros de largo y 40 metros de ancho y dos fosas para almacenar el purín con capacidad de 400.000 litros cada una. Actualmente, tiene en activo en producción de leche entorno a 80 cabezas de ganado de las 135 reses totales. La nave principal contiene las instalaciones en donde las reses comen, duermen y permanecen estabuladas todo el año.

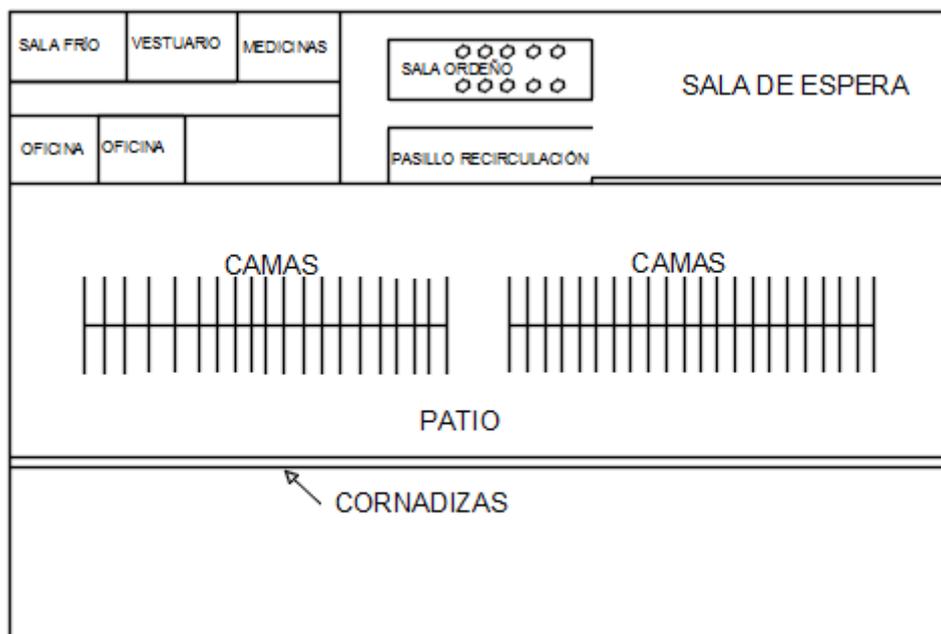


Figura 4.1.0.1 – Distribución de la nave actual

Podemos distinguir diferentes zonas dentro de la propia nave. Las cornadizas (estructuras metálicas) en donde las reses se introducen y comen (e incluso pueden quedar prisioneras si fuese necesaria alguna revisión veterinaria), véase la figura 4.1.0.2. Otra zona, comúnmente llamada patio, que consta de las camas de las vacas y de un espacio amplio generalmente emparrillado por donde se mueven tal y como muestra la figura 4.1.0.3. Al otro lado de la nave, está la sala de espera, en donde las vacas esperan su turno para ser ordeñadas. Justo al lado de la sala de espera, tenemos la sala de ordeño con 10 puntos de ordeño (5 de cada lado). Tiene una distribución en espina de pescado debido a la orientación de los animales. Desde esta zona, la leche se dirige a la sala de frío en donde es depositada en un tanque que se encarga de enfriar la leche desde los 37°C que sale de la vaca hasta los 3 o 4°C establecidos para recogerla. Justo al lado de la sala de ordeño disponemos de una puerta por donde las

vacas salen ordeñadas correctamente y vuelven al patio, pero también disponemos de un pasillo de recirculación por donde desviaremos las reses que por algún motivo tengan que volver a ser ordeñadas. De esta forma evitaremos que se mezclen con el resto. En la esquina de la nave, hay disponible varias salas. Una oficina, un vestuario, un espacio para almacenaje de productos que se usan en el proceso de ordeño, otra de almacenaje de medicamentos varios para los animales y otra vacía para usos varios. En la figura 4.1.0.1 podemos ver la distribución completa.

Podemos ver las instalaciones reales en las figuras 4.1.0.2, 4.1.0.3 o 4.1.0.3 las cornadizas, el patio o la sala de ordeño, respectivamente.



Figura 4.1.0.2 – Cornadizas de la nave



Figura 4.1.0.3 – Patio de la explotación



Figura 4.1.0.4 – Sala de ordeño de la explotación

4.2. Elementos de consumo en la nave

4.2.1. Sistema de limpieza de la cuadra

El sistema de limpieza de dicha estancia (figura 4.1.0.3) es movido por dos motores con las características especificadas a continuación. Véase la figura 4.2.1.1.



Figura 4.2.1.1 – Motor de limpieza del patio

- Voltaje funcionamiento: 400 V
- Frecuencia: 50 Hz
- Potencia: 0.55 kW
- Coseno del ángulo: 0.7

4.2.2. Sistema de limpieza de la sala de ordeño

En el proceso de limpieza de la sala de ordeño, se hace uso de agua caliente. Una vez por semana se hace uso de una pequeña dosis de ácido para una limpieza más exhaustiva.

El agua es bombeada con la bomba de la figura 4.2.3.2 y calentada con un termo eléctrico reflejado en la figura 4.2.2.1 con las características especificadas:

- Voltaje de funcionamiento: 220V
- Frecuencia: 50 Hz
- Potencia: 2400 W
- Presión máxima: 0.6 MPa
- Capacidad: 100 L.

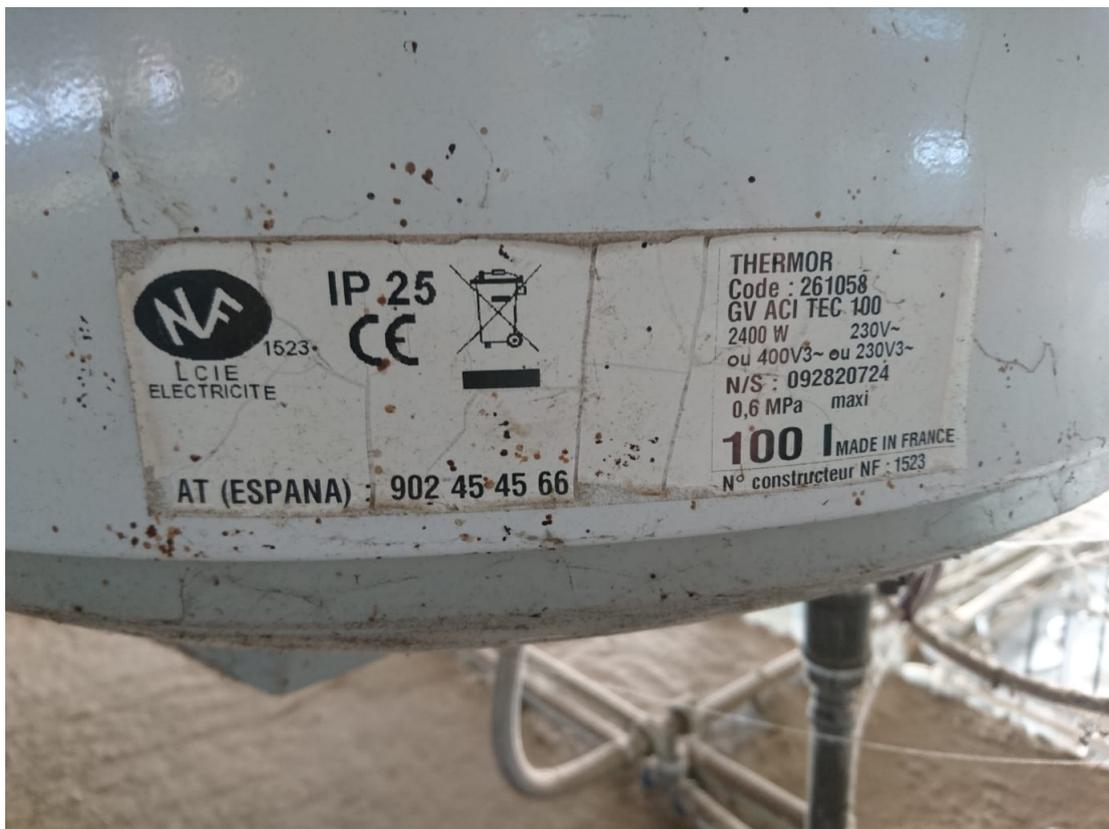


Figura 4.2.2.1 – Termo eléctrico de la explotación

Cabe comentar que el agua una vez usada en el proceso de limpieza, es vertida al mismo pozo que los purines de la ganadería.

4.2.3. Sistema de ordeño

En el interior de la nave y comunicando con las instalaciones anteriores, está la sala de ordeño. Esta se compone de 10 puntos de ordeño en donde se ordeñan simultáneamente igual número de vacas. Véanse as instalaciones en la figura 4.1.0.4.

Para el sistema de ordeño, se hace uso de energía eléctrica para alimentar una bomba de vacío y un motor para extraer el agua de limpieza durante la tarea. El motor que genera la

depresión es el que muestra la figura 4.2.3.1 y el motor que bombea el agua el que muestra la figura 4.2.3.2.



Figura 4.2.3.1 – Motor de la sala de ordeño



Figura 4.2.3.2 – Motor que bombea el agua para la sala

Otra zona de la nave está destinada a la sala de frío, en donde se encuentra una bañera de frío con capacidad de 5000L para enfriar la leche desde los 38°C hasta los 4°C aproximadamente y conservarla. Todo ello haciendo uso de nuevo de energía eléctrica. El motor del tanque posee una potencia de 10CV equivaliendo a unos 7.5kW.

4.2.4. Motor silo de pienso

También se dispone de un motor de las siguientes características, encargado de descargar pienso en una tolva de un carro mezclador, que diariamente se encarga de la alimentación del ganado.



Figura 4.2.4.1 – Motor del silo de pienso

- Potencia: 5.5kW
- Voltaje funcionamiento: 400 V
- Frecuencia: 50 Hz

4.2.5. Puntos de iluminación

Además de las citadas instalaciones, toda la nave dispone de 24 puntos de iluminación compuestas por 2 tubos fluorescentes cada uno y de características citadas a continuación:

- Voltaje de alimentación: 220V
- Frecuencia: 50Hz
- Potencia: 32 W

Una vez conocidas las máquinas de las que partimos, explicaremos varios puntos sobre el biogás.

4.3. El biogás

4.3.1. ¿Qué es el biogás?

El biogás es un gas que se forma gracias a la degradación de la biomasa en condiciones de ausencia de oxígeno. Este proceso se denomina digestión anaeróbica y el componente en la que se lleva a cabo se llama digester anaeróbico. El biogás está formado aproximadamente por:

- 50 75 % de metano (CH₄)
- 25 50 % de CO₂
- Trazas de vapor de agua, oxígeno y sulfuro de hidrógeno (H₂S)

El biogás se puede transformar en biometano, un gas con el 98 % de metano, que puede ser utilizado de la misma forma que el gas natural. Incluso puede ser inyectado en la red de gas natural.

4.3.2. ¿Cómo se produce el biogás?

El biogás se produce al introducir en un recipiente hermético, materia orgánica junto con los microorganismos encargados de degradarla. Estos microorganismos se pueden encontrar en el aparato digestivo de los rumiantes. A continuación se muestra una lista no exhaustiva de algunos productos que se pueden utilizar como materia prima para un digester anaeróbico.

- Purines, estiércol, excrementos de aves
- Plantas, hierba, maíz, patatas
- Restos orgánicos de comida, poda y trabajos hortícolas
- Restos de mataderos, aceites usados, suero de leche

Antes de añadir la materia prima al digester, es recomendable reducir su tamaño por medios mecánicos a trozos de pocos centímetros (en el caso de que la materia orgánica sea por ejemplo restos de poda). Esto facilita su degradación y acelera el proceso.

El proceso de digestión anaeróbica suele llevarse a cabo o bien entorno a 35°C durante al menos 1 mes (digestión mesofílica) o bien entorno a 55°C durante al menos 1 semana (digestión termofílica).

4.3.3. Beneficios de contar con una instalación de biogás

Algunos de los beneficios que nos aporta tener una instalación de este tipo, son los siguientes:

- Energía El biogás se puede utilizar como fuente de energía para cocinar, obtener agua caliente, calentar un recinto, generar electricidad o para convertirlo en gas natural.

- **Abono** Los productos que se han metido en el reactor son recuperados una vez se ha producido la digestión. En el caso de alimentar el digestor con estiércol o con purín, el producto resultante cuenta con unas mejores propiedades nutricionales para las plantas que el estiércol o el purín original. Esto se debe a que durante el proceso de digestión los microorganismos que lo llevan a cabo también transforman el nitrógeno, el fósforo y el potasio a un estado más mineralizado, en el que las plantas lo asimilan más fácilmente. Este abono resultante puede ser separado por medio de una prensa en sus componentes sólida y líquida. En la componente sólida se encuentra la mayor parte del fósforo, mientras que en la líquida se encuentra la mayoría de nitrógeno y de potasio. Esto permite elegir con qué componentes se quiere fertilizar los cultivos.
- **Salubridad** La combinación de temperatura y tiempos de exposición durante el proceso de digestión provoca la muerte de la práctica totalidad de patógenos presentes en los excrementos de los animales. Los productos resultantes del proceso de digestión son prácticamente inoloros.
- **Medio ambiente** El biogás es considerado una energía renovable. Presenta las siguientes ventajas. Por un lado se evita la emisión a la atmósfera de metano (CH₄), un gas unas 20 veces más contaminante que el dióxido de carbono (CO₂) y el principal causante del efecto invernadero. Por otro lado se evita la utilización de combustibles fósiles para generar electricidad o para calentar (como por ejemplo el carbón).

4.3.4. Tipos de instalaciones

- **Gas:** El biogás es un combustible que puede ser quemado directamente, por ejemplo, para cocinar. Este tipo de uso es habitual en instalaciones muy pequeñas. Hay numerosos ejemplos en países en vías de desarrollo
- **Calor:** También puede ser quemado en un quemador para producir agua caliente sanitaria o para calentar un circuito de calefacción.
- **Cogeneración:** Se llama cogeneración a la producción de 2 tipos distintos de energía. Consiste en acoplar un motor de combustión interna alimentado por biogás o biometano a un generador eléctrico. De esta forma se obtiene energía eléctrica del generador y calor producido por el propio funcionamiento del motor.
- **Trigeneración:** Si a un motor de cogeneración le añadimos una máquina de absorción o adsorción, lograremos además de lo expuesto en el punto anterior, un sistema/circuito de refrigeración. Esto hace al conjunto una opción eficiente energéticamente.
- **Conversión a biometano:** El biometano se obtiene eliminando del biogás el CO₂, el H₂O, el vapor de agua y demás impurezas hasta tener un porcentaje del 98 % de CH₄. Con un 98 % de CH₄ este gas tiene las mismas características que el gas natural y se puede utilizar como sustituto del gas natural e incluso inyectarlo a la red de gas natural.

5 Normas y referencias

5.1. Disposiciones legales y normas aplicadas

El proyecto se lleva a cabo cumpliendo con las normas de Trabajos de Fin de Grado, aplicadas al Grado de Ingeniería Eléctrica y al Grado en Ingeniería Electrónica Industrial y Automática, establecidas por la Escuela Universitaria Politécnica de Ferrol.

Además se han consultado las siguientes disposiciones y normas:

- Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.
- 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.
- Real Decreto 661/2007, de 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- Real Decreto 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.
- Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero, sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Real Decreto 479/2004, de 26 de marzo, por el que se establece y regula el Registro general de explotaciones ganaderas.
- Real Decreto 1110/2007, de 24 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento unificado de puntos de medida del sistema eléctrico.
- Ley 24/2013, de 26 de diciembre, del Sector Eléctrico.
- Real Decreto 842/2002, de 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento electrotécnico para baja tensión.
- Real Decreto 614/2001, de 8 de junio, sobre disposiciones mínimas para la protección de la salud y seguridad de los trabajadores frente al riesgo eléctrico.

- Ley 3/2004, de 29 de diciembre, por la que se establecen medidas de lucha contra la morosidad en las operaciones comerciales.
- Real Decreto 634/2015, de 10 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades
- Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades.
- 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.

5.2. Bibliografía

- [1] BRIDGEWATER, A., *Energías alternativas: handbook*, 1ª ed. Madrid, Paraninfo, 2009.
- [2] UNIVERSITAT AUTÒNOMA DE BARCELONA, *Purificación y usos del biogás*, 1ª ed. Barcelona, Servei de Publicacions, 2017.
- [3] GARCÍA-BADELL, J.J., *Energía verde*, 1ª ed. Madrid, Bellisco , 2009.

5.3. Programas de cálculo

Los programas utilizados para la realización del presente proyecto son los siguientes:

- Microsoft Excel
- TeXnicCenter
- MikTex 2.9
- Autocad 2015

5.4. Otras referencias

- [i] *Ecobiogás*: [Consulta 1 Octubre 2018]. Disponible en: http://www.ecobiogas.es/archivos/es/biogas_biogasienergia.php
- [ii] *Biogás en ganadería*, Emison, [Consulta 1 Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.emison.com/biogas%20ganaderia.htm>
- [iii] *Composición química del purín*, Issuu [Consulta 3 Octubre 2018]. Disponible en: <https://issuu.com/axoncomunicacion/docs/20-bov-composicion-quimica-purin>
- [iv] *Biomasa y biogás*, Idae [Consulta 12 Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/biogas>

- [v] *Lean Manufacturing*, [Consulta 17 Octubre 2018]. Disponible en: <https://leanmanufacturing10.com/biogas-que-es-caracteristicas-como-se-produce-ventajas-y-desventajas>
- [vi] *Cubasolar*, [Consulta 17 Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.cubasolar.cu/biblioteca/energia/Energia34/HTML/articulo03.htm>
- [vii] *Asociación Española de Biogás*, [Consulta 25 Octubre 2018]. Disponible en: <http://www.aebig.org/>
- [viii] *SlideShare*, [Consulta 1 Noviembre 2018]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/alfmen/mecanismos-de-la-produccion-de-biogs>

6 Definiciones y abreviaturas

A los efectos del presente documento, serán de aplicación las siguientes abreviaturas y definiciones:

6.1. Abreviaturas

- CO₂: Dióxido de carbono
- CH₄: Metano
- m^3 : Méetros cúbicos
- kg: Kilogramos
- kWh: kilovatio en una hora
- °C: grado Celsius (centígrado)
- THR: Tiempo retención hidráulico
- VS.: Sólidos volátiles
- PLC: Controlador lógico programable
- W: Vatios
- kcal: Kilocaloría
- PRFV:Plástico reforzado con fibra de vidrio
- VAN: Valor Actual Neto.
- TIR: Tasa Interna de Retorno.
- PR: Período de recuperación.

6.2. Definiciones

- Digestión anaerobia: descomposición biológica anaerobia (sin oxígeno) de la materia orgánica, para obtener biogás (metano, dióxido de carbono y trazas de otros gases) y digestato.
- Sustrato: materia prima, influente o material orgánico que se introduce en la planta de biogás.

- Purín: deyecciones generadas en las explotaciones intensivas de ganado.
- Tiempo retención hidráulica (TRH): cociente entre el volumen del digestor y el caudal, o volumen de carga diaria. La unidad en la que se expresa es día. Indica el tiempo que el sustrato permanece por término medio en el digestor. Esta definición es válida para digestores continuos y semicontinuos, que funcionan en condiciones estacionarias.
- Digestato (o digerido): material semilíquido obtenido tras la (co-)digestión anaerobia de residuos orgánicos.
- Deyecciones: Excrementos.

7 Análisis de las soluciones

7.1. Fuentes de energía renovable

Con el fin de reducir costes en la explotación de partida y obtener la mejor rentabilidad, se valoran varias fuentes de energías renovables que a continuación se explican. Todo ello teniendo en cuenta que en la explotación hacen uso de electricidad (en mayor medida), calor y frío.

7.1.1. Valoraciones fuentes de energía

■ Energía solar:

En un principio, nos informamos sobre la instalación de paneles tanto fotovoltaicos como térmicos (para producir electricidad y calor, respectivamente). Esto debido a las horas de sol de las que disponemos en la zona y también a las ayudas gubernamentales que se conceden. Posteriormente, se decide rechazar dicha opción porque para abastecer la demanda de energía de las instalaciones, sería necesario disponer de una gran extensión de terreno. Además el recurso es discontinuo ya que no todos los días de año está el sol presente, derivando esto en otro problema actual, el almacenaje de energía. Actualmente, las baterías existentes no son capaces de garantizar la cubierta de energía para un período de tiempo siempre desconocido e impredecible. El bajo rendimiento (acercándose al tercio del teórico) sería también un punto negativo.

■ Energía eólica:

De la misma forma que en el punto anterior, se valora la posibilidad de hacer uso de la energía producida por el viento. Con ella obtendríamos únicamente energía eléctrica. Efectivamente, es una energía limpia, con poco impacto en el suelo y en acuíferos y con un montaje simple. Pero rechazamos de nuevo esta opción porque: Primeramente nos encontramos con que los aerogeneradores se sitúan lejos del punto de consumo, por lo tanto supondría a mayores un alto coste de transporte y además no dependemos únicamente de que haya o no viento, sino que los aerogeneradores funcionan correctamente desde 10 km/h hasta 40km/h. Analizando la meteorología, la zona es propensa a superar habitualmente los citados valores.

- **Energía geotérmica:**

Una de las más desconocidas por la sociedad. En diferencia a las anteriores, esta no depende de la meteorología. Depende de la temperatura interna de la tierra (que es prácticamente constante) y posee un bajo gradiente térmico. Este sistema funciona con bombas de calor, lo que nos proporcionará un sistema de calor y de refrigeración (sus usos más habituales). Esta opción es descartada ya que tenemos más demanda de electricidad que de calor.

- **Energía con biomasa:**

Al pasar la biomasa por un proceso de digestión obtenemos biogás. Un producto que podemos usar para obtener, electricidad, calor y también frío. Esta es una energía que, igual que la anterior, no está condicionada por el clima pero que además contribuye a no contaminar el medio ambiente debido a su composición (mayoritariamente CH₄). El tamaño de la instalación dependerá de la cantidad de biogás que se produzca, con la ventaja de que la instalación está situada en el punto de consumo, lo que implica evitar pérdidas de transporte. Cabe comentar que otras de las ventajas de este sistema son su almacenaje (en depósitos) o su versatilidad a la hora de ser consumido.

7.1.2. Solución adoptada

Por lo tanto, y tras haber valorado las citadas alternativas, nos decantamos como solución que mejor se adapta a nuestro proyecto la producción de energía a partir de biomasa (biogás).

8 Resultados finales

En el presente capítulo, se hará una descripción definitoria de las zonas de la instalación que se implantará, se expondrá la justificación de las elecciones de dispositivos para este proyecto en particular y se analizarán en profundidad las variables que intervienen en el proceso. Todo ello sin dejar de lado la evaluación económica en todas las elecciones.

8.1. Descripción general de la planta

En nuestra planta haremos uso del purín sin que este pase por ningún proceso de preparación antes de ser trasladado al digestor.

Dependiendo de la composición del purín (previamente analizado por una empresa externa) y de la calidad de fermentación existirán oscilaciones en los resultados finales. Posteriormente con el mecanismo de transporte el digestor se llena hasta un nivel establecido, momento en que el digestor comienza a aumentar su temperatura hasta un nivel prefijado dependiendo del tipo de fermentación que se desee realizar (en secciones posteriores se explicarán con detalle). Este proceso, de nuevo dependiendo del tipo de fermentación, tiene una duración de varias semanas. A medida que transcurre el tiempo se va produciendo el biogás y se va almacenando en los depósitos o tanques habilitados para ello. Antes de que el gas sea consumido, será necesario purificarlo y tratarlo para eliminarle algunas impurezas y compuestos que no solo influyen en la calidad del gas, ya que también pueden afectar con el tiempo al rendimiento de las máquinas.

Una vez tratado y obtenido el biogás, llegamos al punto de consumo, que como ya comentamos, será un sistema de trigeneración, en donde un motor alimentado con el biogás generará electricidad pero que a su vez, y debido al rozamiento de las piezas, genera calor. Este (que en otras condiciones sería calor residual) será aprovechado para el sistema de calefacción, bien doméstica o bien para la calefacción del biodigestor. A la vez, dicho biogás alimenta otro motor que dispone de un sistema de refrigeración y nos proporciona frío, en nuestro caso aprovechable para el tanque que almacena la leche.

Finalmente, cuando termina el proceso de fermentación (esto es sabido gracias a la parte de control automático de la planta), el ya ahora biofertilizante o también llamado digestato, se puede trasladar a un depósito final en donde el ganadero puede hacer uso del mismo

y aprovechando las ventajas que este material ha adoptado. En la figura se puede ver un esquema representativo del proceso.

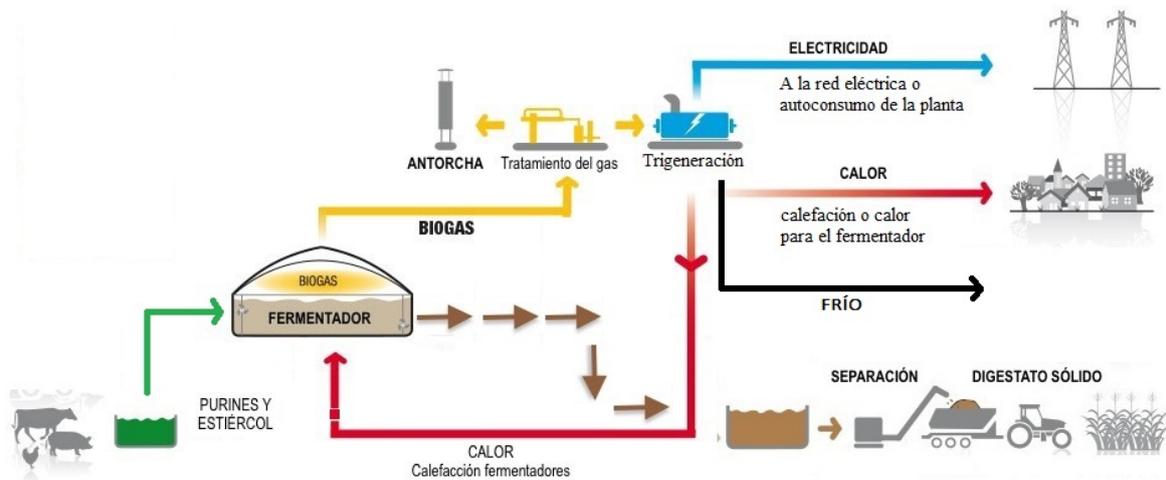


Figura 8.1.0.1 – Esquema general del proceso de generación de biogás

8.1.1. Zona de recepción de la materia orgánica

Como ya es sabido, la materia orgánica de la que se va hacer uso para la producción de biogás será el purín producido por las vacas estabuladas. Analizaremos, el traslado de dicha materia orgánica hacia el digestor, pues se puede realizar de varias formas. Los factores que influyen en esta elección serán la cantidad de materia orgánica a mover, el estado de la materia, la distancia o la velocidad requerida para el traslado, entre otros. Algunos de los mecanismos que nos servirían para trasladar el subproducto serían: un tornillo sin fin, una bomba de desplazamiento positivo, tolvas de alimentación o compuertas.

8.1.1.1. El tornillo sin fin

El tornillo sin fin es un elemento mecánico que transmite el movimiento entre dos ejes perpendiculares entre sí, generalmente uno denominado tornillo y otro corona. La principal característica de este dispositivo es su versatilidad y por ello es usado en muchos sectores de la industria como: la minería, las cadenas de montaje, el sector naval, sierras, ascensores, motores eléctricos, etc. El tornillo sin fin está compuesto por varios elementos como el motor que transmite el movimiento, el eje del propio tornillo, la caja o carcasa por donde se transporta el material, una tolva donde se deposita el material y rodamientos. El funcionamiento de dicho tornillo dependerá del material a transportar, del motor del que disponga y de la capacidad del tornillo, dependiendo esta última a su vez del soporte que tenga el eje del tornillo a diferentes esfuerzos a los que es sometido durante su funcionamiento.

Existen varios tipos de tornillo sin fin: sin garganta, con una garganta y doble garganta. Este último reúne las características más adecuadas para cumplir la función que desea-

mos ya que nos proporciona una superficie de contacto mayor entre piezas y por tanto nos proporciona resistencia a cargas más altas.

- Ventajas del tornillo sin fin
 - Es compacto y robusto.
 - Fácil instalación.
 - Simplicidad en apoyos y soportes.
 - Soporta altas temperaturas.
 - Fácil hermeticidad.
 - Es muy versátil.

- Desventajas del tornillo sin fin
 - No disponemos de grandes tamaños.
 - Requieren una potencia mayor.
 - El volumen de material a transportar es bajo.

8.1.1.2. Bombas de desplazamiento positivo

Otra opción valorada para el desplazamiento de la biomasa hacia el digestor es con una bomba de desplazamiento positivo. Este tipo de bombas son capaces de bombear un volumen definido independientemente de las revoluciones del motor mediante la contracción y expansión mecánica de un diafragma flexible. Estas proporcionan características similares a las que nos ofrecen los tornillos sin fin. Son ideales para manejar líquidos de alta viscosidad.

8.1.1.3. Tolva de alimentación

Es un dispositivo similar a un embudo de grandes dimensiones destinado a la canalización y el depósito de materiales. A veces se monta sobre un chasis que permite el transporte.

En nuestro caso no es cómodo ya que nos supondría un coste adicional el hecho de trasladar el purín desde el pozo a la tolva. Esta razón nos hace rechazar esta opción

8.1.1.4. Compuertas de regulación

Se trata de una plancha fuerte que se desliza por un carril o corredor y que se coloca en canales. Técnicamente se podría colocar en el canal que traslada el purín desde la parte inferior del emparrillado del patio hasta el pozo.

8.1.1.5. Solución adoptada

En nuestro caso, haremos uso de una bomba de desplazamiento ya que es el dispositivo que nos proporciona las características técnicas que buscamos. Son muy similares a las del tornillo sin fin. En cuanto a precio (recordemos que estamos ante un análisis técnico y económico), la bomba y el tornillo con las características que buscamos se sitúan en el mismo valor, aproximadamente. Tanto la tolva como la compuerta quedan descartadas. La primera porque nos supondría un coste importante trasladar el purín a la tolva y la segunda por suponer un coste notable también a la hora de hacer obras para que nos cumpliera las características técnicas necesarias.

8.1.2. Zona digestión anaerobia

En esta sección , entraremos en profundidad en todo lo relacionado con el proceso de digestión de los restos orgánicos, las etapas, los parámetros que influyen en ella y la composición del biogás en función de la materia prima utilizada.

8.1.2.1. Definición digestión anaerobia

La digestión anaerobia es la descomposición biológica de la materia orgánica en ausencia de oxígeno para obtener productos como el biogás y el digestato. Este es un proceso muy complejo ya que una gran cantidad de microorganismos intervienen en ella y además varios procesos se producen al mismo tiempo.

8.1.2.2. Etapas de la digestión anaerobia

Podemos diferenciar 4 etapas dentro de este tipo de digestión, tal y como muestra la figura [8.1.2.1](#). En cada una de ellas se producirán diferentes velocidades de reacción. Este hecho tiene gran importancia ya que la reacción deberá transcurrir en un ambiente estable, principalmente de CO₂. De lo contrario, el pH variará y además se acumularán compuestos intermedios indeseables.

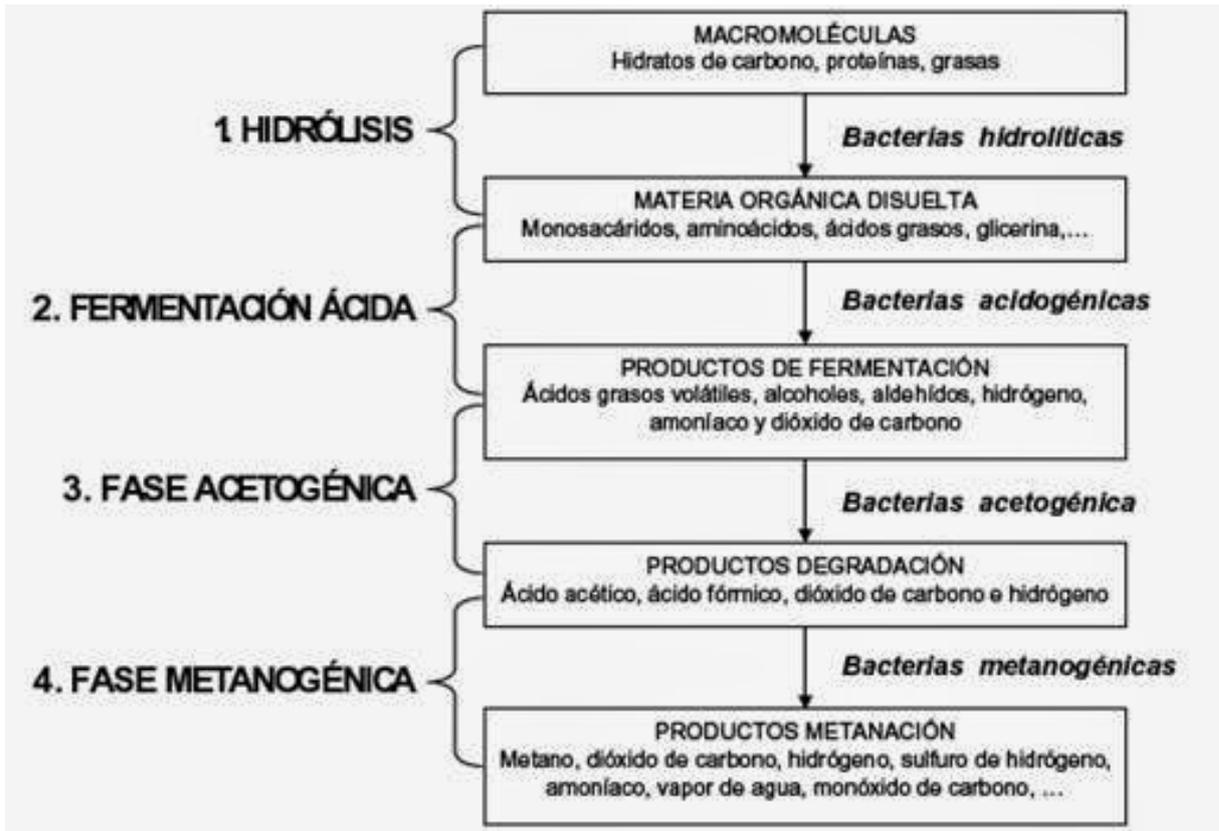


Figura 8.1.2.1 – Etapas de la fermentación anaerobia. Fuente: IDAE

1. Primera etapa: La hidrólisis.

En esta etapa los microorganismos transforman la materia prima en materia soluble, permitiendo que se pueda atravesar las paredes celulares de los compuestos. Este primer proceso puede ser alterado con variaciones de temperatura, de pH, la composición o el tamaño de las partículas. Es decir, la materia prima inicial se convierte en una materia más simple.

2. Segunda etapa: La acidogénesis.

A través de bacterias fermentadoras, se transforma la materia en compuestos que pueden ser asimilados por bacterias metanogénicas (última etapa). Además esta etapa tiene especial importancia porque en ella se elimina el posible oxígeno presente en el reactor (ya que es muy difícil que no exista en su totalidad).

3. Tercera etapa: La acetogénesis.

Adopta gran peso la presión del hidrógeno, porque de haber un nivel alto, impediría la conversión de compuestos intermedios. Los microorganismos que intervienen en esta etapa producen acetato aprovechando los compuestos que no son procesados en la etapa anterior por las bacterias metanogénicas.

4. Cuarta etapa: La metanogénesis.

Estas bacterias completan finalizan el proceso actuando sobre los compuestos de las anteriores etapas mediante la generación de metano. Estudios afirman que la producción de metano está directamente relacionada con la transferencia de hidrógeno.

Por lo tanto, las cuatro etapas diferenciadas se producen simultáneamente en el proceso. Se deberá intentar cuidar las condiciones del proceso y evitar perturbaciones ya que los organismos que intervienen en el proceso de digestión son muy sensibles y débiles a dichos cambios.

8.1.2.3. Rangos de temperatura en la digestión anaeróbica

Según el rango de temperatura que alcance el digestor para la fermentación nos encontramos con tres diferenciaciones de organismos:

- Organismos psicrófilicos: Estos organismos actúan por debajo de los 20°C, lo que implica que no hay que calentar el sustrato. Generalmente no proporciona grandes resultados por su baja producción de biogás.
- Organismos mesófilicos: Las condiciones óptimas para los organismos mesófilicos se encuentran entre 20°C y 45°C. Su mayor rendimiento se produce a una temperatura entre los 33°C y los 38°C.
- Organismos termófilicos: Estos organismos realizan su función cuando el sustrato se encuentra entre los 45°C y los 65°C, aportando su rendimiento óptimo entorno a los 60°C.

La fermentación con organismos mesófilicos, es decir, producida a esa temperatura genera menos biogás que la fermentación termofílica, sin embargo, también destacaremos que su consumo de energía es menor. En a figura 8.1.2.2 podemos observar la producción de biogás en función de la temperatura de fermentación.

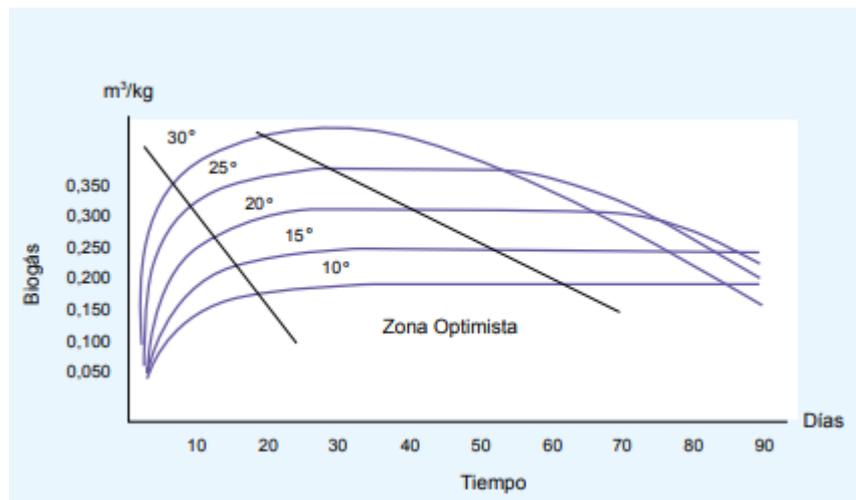


Figura 8.1.2.2 – Producción de biogás según temperatura. Fuente: Idae.

8.1.2.4. Condiciones ambientales del digestor

A continuación se detallan algunos parámetros que influyen en el crecimiento bacteriano del proceso.

- Oxígeno: Algunos organismos mueren ante la presencia (aunque esta sea mínima) de oxígeno. Otras sin embargo, se convierten en las llamadas bacterias anaeróbicas facultativas, que son capaces de consumir el oxígeno presente antes de que afecte a las reacciones posteriores. Por lo tanto podemos decir que el oxígeno atmosférico (siempre que no sea excesivo) no afecta a la producción de metano. Esto es importante ya que evitar totalmente la entrada de oxígeno al digestor es prácticamente imposible.
- Temperatura: Como ya hemos comentado en la anterior sección podemos diferenciar tres tipos de organismos según la temperatura alcanzada en el proceso de fermentación (psicrofílicos, mesofílicos y termofílicos). Es importante saber que el cambio de temperatura siempre que no sea a velocidades rápidas, no influyen negativamente en el proceso. Por el contrario los organismos no son capaces de adaptarse ante un cambio brusco. Cabe hacer mención en este punto a los sustratos con alto contenido de carbohidratos debido a que en su proceso de descomposición provocan un efecto denominado autocalentamiento. Esto puede provocar un aumento en la temperatura del proceso de pocos grados centígrados.
- Valor de pH: Al igual que con la temperatura, las bacterias necesitan unos valores diferentes de pH. Por ejemplo, un valor de pH comprendido entre 5.2 y 6.3 sería óptimo para las bacterias de hidrólisis. Por otro lado un valor neutral comprendido entre 6.5 y 8 es esencial para que las bacterias creen ácido acético. Cabe comentar que si el proceso de fermentación se produce en un único digestor, el valor de pH se deberá mantener en el último rango citado. Pero independientemente de que el proceso se desarrolle en una o varias etapas el valor de pH es determinado por los productos alcalinos y ácidos formados durante el transcurso de la descomposición.
- Suministro de nutrientes: Para asegurar un manejo estable del proceso se necesitará un equilibrio tanto de macro como micronutrientes. El primer componente necesario sería el carbón, y, seguido de cerca el nitrógeno. Por lo tanto la relación C-N será crucial.
- Microorganismos: Será necesario disponer de los organismos capaces de descomponer la materia. En nuestro caso, esos microorganismos se encuentran en el aparato digestivo de los rumiantes.
- Humedad: La producción de metano exige alrededor de un 40-60 % de humedad en sus residuos. La presencia de cantidad de agua es positiva ya que favorece la creación de microorganismos responsables de la degradación, facilita la difusión de nutrientes o diluye las sustancias tóxicas.

8.1.2.5. Condiciones operativas del digestor

Al igual que se enumeran las condiciones ambientales, a continuación se muestran las condiciones operativas.

- Tiempo de operación: Debemos distinguir 2 tiempos. El tiempo hidráulico de residencia (THR) y el tiempo de retención de sólidos. El primero corresponde al tiempo que tarda en salir un volumen de materia que ha entrado en el reactor. Se calcula dividiendo el tiempo el volumen útil del reactor entre la velocidad de flujo. Tengamos en cuenta que con un tiempo de retención corto, los microorganismos no son capaces de descomponer la materia y originarían un rendimiento inadecuado en la producción de biogás.
- Tasa de carga orgánica: Es un parámetro muy importante a la hora de diseñar el digestor ya que tendremos que buscar una relación entre la economía y la producción de gas. Este valor nos indica la cantidad de sólidos volátiles (VS) que puede alimentar al digestor por m³ de volumen de trabajo por unidad de tiempo.
- Mezclado: Para que el rendimiento del digestor y el aprovechamiento del gas sea óptimo, la mezcla que se encuentra en el reactor deberá ser mezclada pero de forma suave. Esto se debe a que a medida que los organismos actúan el sustrato forma una capa en la superficie que dificulta la salida del gas mientras que en la parte inferior se acumulan las bacterias, debido a tener una mayor densidad, fermentando la disolución. Por ello es importante mantener una mezcla lo más homogénea posible. Podemos distinguir 3 tipos de mezclado: - Mecánico: Accionados a través de motores eléctricos. - Hidráulico: A través de bombas de flujo lento. - Burbujeo de biogás: A través de cañerías se recircula el biogás desde el fondo del digestor provocando el movimiento de biomasa.

8.1.2.6. Componentes del purín

La composición de las excretas de los animales varía entre límites muy amplios, según los animales, la alimentación o las condiciones de almacenaje, entre otros. Por ello, en la figura podemos observar las cantidades de algunos componentes en el purín de bovinos.

8.1.2.7. Biodigestores

8.1.2.7.1. ¿Qué es un biodigestor y para qué se utiliza? Un digestor, reactor, biodigestor o biorreactor es, en términos sencillos, un contenedor cerrado, hermético e impermeable en donde se depositan restos orgánicos para fermentar. Se utiliza principalmente para extraer tras la fermentación gas metano y fertilizantes ricos en fósforo, potasio y nitrógeno. Además su uso proporciona la disminución del potencial contaminante de los excrementos.

8.1.2.7.2. Estructura de los biodigestores Existen múltiples variaciones técnicas en el diseño de los digestores pero los siguientes elementos están casi siempre presentes independientemente de la instalación.

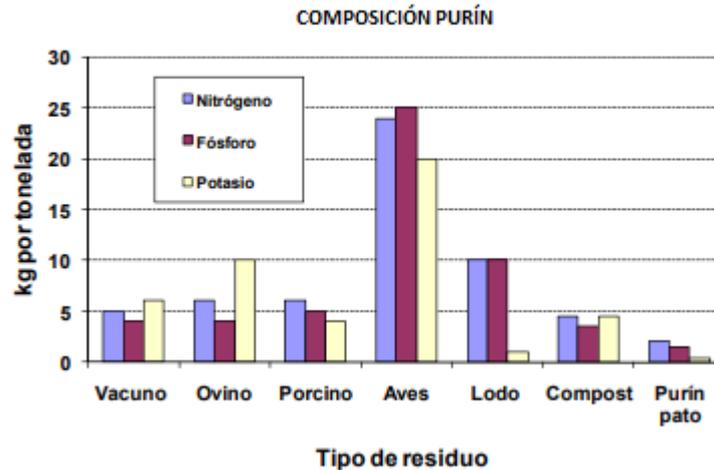


Figura 8.1.2.3 – Composición del purín según tipo de animal. Fuente: IDAE

- Cámara de descomposición: Es el habitáculo donde se deposita la biomasa y el lugar donde tendrá lugar el proceso de descomposición.
- Pila de carga: La entrada de materia orgánica al digester.
- Pila de descarga: La salida del biofertilizante una vez que ya no vale para extraerle más gas.
- Cámara de almacenaje de gas: Espacio donde hay biogás antes de su extracción.
- Agitador: Desplaza los residuos y crea una mezcla homogénea para aprovechar la totalidad de los residuos.
- Tuberías de gas: Encargadas de transportar el biogás hasta el punto de consumo o el tanque de almacenaje.
- Válvulas de seguridad: A la salida de la cámara de almacenaje se colocará una llave de paso y además una válvula antirretorno para evitar ante una situación anómala, la explosión del depósito. A lo largo de la instalación también se instalarán más elementos de seguridad.

8.1.2.7.3. Tipos de biodigestores A continuación detallaremos diferentes tipos de digestores que hay en el mercado y analizaremos las ventajas o inconvenientes que nos proporcionan cada uno de ellos. Podemos dividirlos en 3 grandes secciones.

1. Biodigestores de flujo continuo: Cuando la alimentación del digester es un proceso ininterrumpido, el efluente que descarga, es igual al afluente o material de carga (que entra al digester), con producciones de biogás uniformes en el tiempo. Son utilizados principalmente para el tratamiento de aguas negras.
2. Biodigestores de flujo semicontinuo: Son apropiados para viviendas rurales y se adaptan de forma fácil a un uso industrial. Por ello también son propicias para la

automatización. Estos digestores poseen 3 orificios referentes a la materia a fermentar. Un primer orificio donde se hace la carga principal y por donde se hace la limpieza del digestor. Un segundo por donde se alimenta periódicamente el reactor con pequeñas cargas de materia y un tercero, el de salida, por donde se retira el digestato. Este tipo de digestores se adaptan bien para tratar material blando como el estiércol. Entre estos tipos de digestores diferenciamos varios subtipos:

- a) Tipo chino: Este modelo se caracteriza por tener un cuerpo cilíndrico y la parte superior e inferior con forma de domo. Estos se construyen totalmente bajo tierra y carecen de gasómetro.

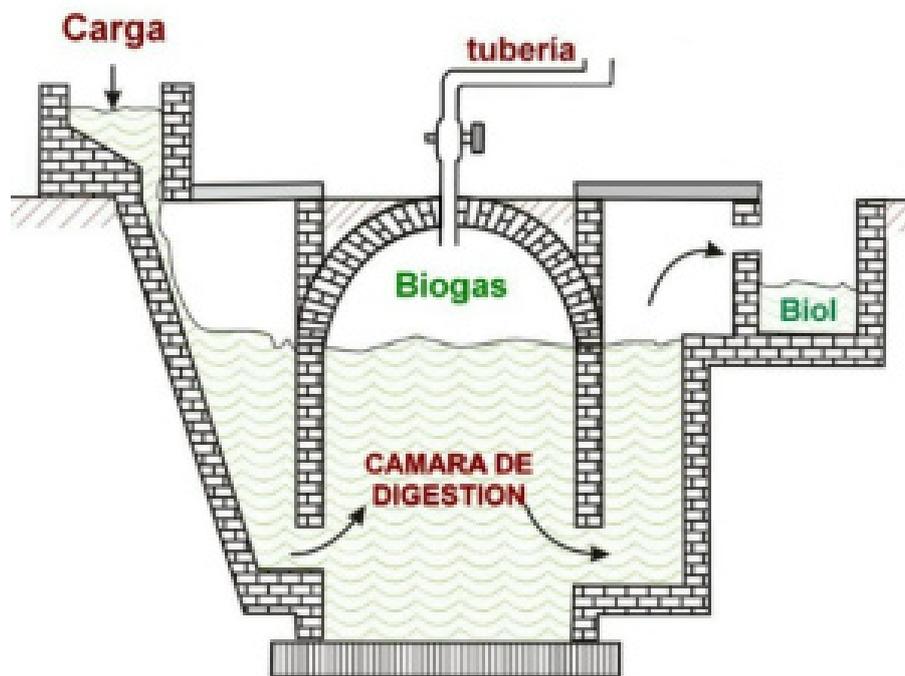


Figura 8.1.2.4 – Biodigestor semicontinuo tipo chino

Este biodigestor tiene una vida útil de por lo menos 20 años siempre que se realice el mantenimiento apropiado.

- b) Tipo hindú: Este modelo son enterrados y verticales, presentando cierta similitud con un pozo. Se cargan por gravedad una vez al día. La cantidad a introducir dependerá del tiempo de retención de la materia en el interior del digestor.
- c) Tipo balón: También conocido como de estructura flexible ya que está compuesto por una bolsa de pvc donde está parcialmente llena y que en el espacio vacío superior se almacena el biogás generado.

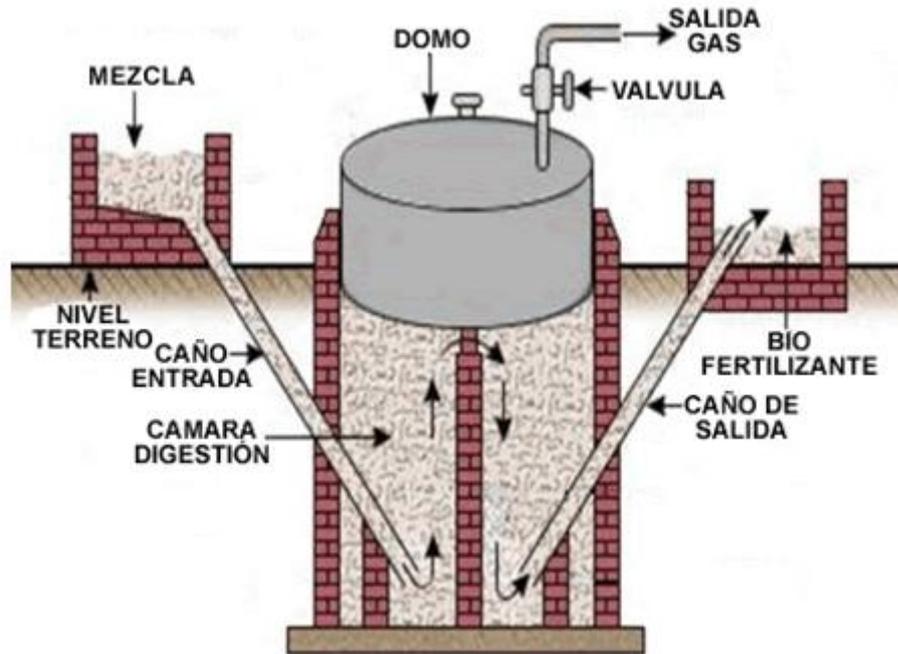


Figura 8.1.2.5 – Biodigestor semicontinuo tipo hindú

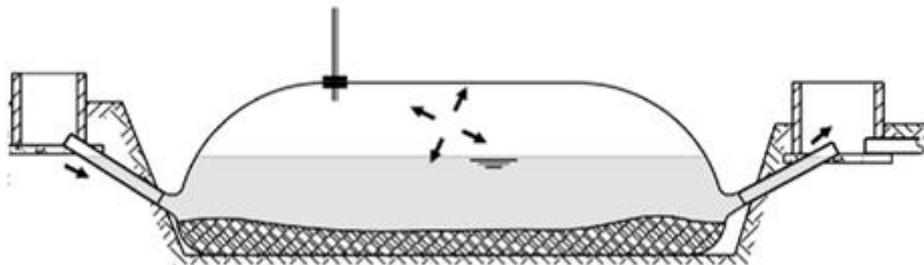


Figura 8.1.2.6 – Biodigestor semicontinuo de tipo balón

Algunas de las ventajas de los biodigestores de flujo semicontinuo son:

- Control de la digestión debido a la carga introducida
- La carga y descarga no adquiere dificultades
- La producción de biogás es constante

Por otra banda las desventajas son las siguientes:

- No cuenta con un agitador
- Alto consumo de agua

3. Biodigestores de flujo discontinuo También llamados de Batch. Este tipo de digestores se carga una vez y cuando el proceso de fermentación está terminado se descarga. La duración de la carga oscila desde 2 o 3 semanas hasta algunos meses dependiendo de la temperatura. La producción de biogás es por tanto discontinua, ya que no hay un recambio de materia orgánica en el digestor. En este caso no tendría

sentido hablar de tiempo de retención si no de tiempo de digestión. Se caracterizan por ser considerados los más sencillos.

Las ventajas de este tipo de biodigestores son:

- Admiten cargas poco diluídas
- No son afectados por materiales como tierra o arena
- No requiere atención diaria
- Se puede variar la temperatura, el tiempo de retención, la carga depositada y los procesos de carga y descarga.

Las desventajas son las siguientes:

- Al principio y al final del proceso la producción de biogás es menor.
- La carga y descarga son procesos lentos y tediosos.

8.1.2.7.4. Otros detalles a tener en cuenta Tendremos en cuenta una serie de detalles, tales como la temperatura de digestión, el material empleado en la construcción, tipo de aislamiento, si es soterrado o no, si incorpora gasómetro etc. En el mercado disponemos de diversos materiales aptos para la construcción del digestor: acero dulce, acero inoxidable, hormigón armado, poliéster reforzado o PVC entre los más comunes.

Si hacemos un análisis de los citados concluimos que:

- El acero dulce resiste bien la presión pero es buen conductor del calor. Además exige tratamientos contra la oxidación.
- El acero inoxidable presenta un elevado precio.
- El hormigón aunque es sólido y resistente al fuego, puede ser atacado por los ácidos y resulta tóxico contra las bacterias metanogénicas.
- La plancha de PVC se desintegra más rápido que la goma.

8.1.2.8. Solución adoptada

Tras analizar los diferentes tipos de biodigestores, sus ventajas, sus inconvenientes y analizar las necesidades que presenta la actual explotación, se toma la siguiente decisión: Hacer la instalación de un biofigestor de flujo semicontinuo, aprovechando que tenemos cantidad suficiente de materia orgánica y que este tipo de digestor ofrece una larga vida útil.

Tras los datos citados en la sección anterior, se opta por elegir para el digestor debido a sus características y precio, un poliéster reforzado con fibra de vidrio, al ser un material de poco peso, gran resistencia y buenas propiedades térmicas. Esta elección presenta inconvenientes si hablamos de grandes dimensiones pero en nuestro caso en particular, dichos tamaños no son un problema. En un principio no resulta interesante enterrar el digestor para facilitar la toma de muestras de purín del interior y con el objeto de controlar parámetros químicos en la reacción.

Se decide también que el digestor sea hermético con campana gasométrica y además instalaremos un tanque de biogás para poder almacenar el biogás que exceda de la producción. El tanque deberá almacenar aproximadamente la producción estimada de dos días.

8.1.2.9. Tuberías, válvulas y accesorios

Además de los dispositivos mencionados, necesitaremos una red de tuberías que nos transporten el gas hasta el tanque de almacenamiento, el compresor, el punto doméstico de consumo o el sistema de trigeneración. A lo largo de la red de tuberías nos encontraremos también válvulas tanto de seguridad como de corte de flujo y accesorios.



Figura 8.1.2.7 – Elementos de transporte y seguridad del biogás

Todos estos elementos deben estar preparados para soportar diversos estados meteorológicos. Deberán instalarse sin riesgo al congelamiento, con la caída necesaria para evitar atascos por condensación etc. En especial el factor de condensación es muy importante ya que debido a la baja presión en toda la instalación, poca cantidad de condensado puede ser suficiente para generar una avería. Además, todos los accesorios deberán estar situados en un lugar de fácil acceso para no complicar las tareas de mantenimiento. Cuando se traten de tubos bajo tierra, la base de las mismas deberá ser firme para evitar que el elemento quede sometido a tensiones o a deformaciones. Las conexiones del diseño se suelen realizar mediante bridas, soldadura o roscadas. Generalmente, el material de entubado suele ser de HDPE (polietileno de alta densidad), de PVC (policloruro de vinilo), acero, o acero especial, pero nunca de materiales no ferrosos.

8.1.3. Zona purificación y procesamiento del gas

Una vez que tenemos el biogás generado, será necesario tratarlo antes de que sea consumido en el motor. Esto se debe a que el biogás crudo sale saturado de vapor de agua,

y, además de tener dióxido de carbono y metano, contiene sulfuro de hidrógeno. El sulfuro de hidrógeno es un compuesto tóxico, pero si se combina con el vapor de agua, se forma el ácido sulfúrico. Este ácido es perjudicial para los motores y también para todos los accesorios y sistema de tuberías. A mayores que la razón anterior, el biogás tras el proceso de desulfuración, aumenta su poder calorífico. Por estas razones, el biogás obtenido de la materia orgánica agrícola, debe pasar un tratamiento de desulfurado y secado. El tratamiento podrá variar si se pretende inyectar el gas en la red de gas natural.

8.1.3.1. Proceso de desulfuración

Para eliminar el ácido sulfúrico, se puede hacer uso de carbón activo. Este actúa como un catalizador, convirtiéndolo en azufre elemental. También existen alternativas como neutralizar este sulfuro con agua, sales de hierro o hidróxido de sodio (NaOH). Existen varios procesos de desulfuración. A continuación se citan:

- Desulfuración biológica: Se trata de eliminar el sulfuro a través de la actuación de los microorganismos en combinación de la mezcla de aire, sales y otros nutrientes.
- Precipitación de sulfuros: Para esto solo necesitamos un tanque de mezclado adicional y una bomba de dosificación. Los iones de hierro en forma de cloruro o en forma de sulfato (si se trata del ión Fe^{+3}) o en forma de cloruro (si se trata del ión de Fe^{+2}) permiten la precipitación de forma estable del azufre.
- Absorción en una solución férrica quelante: En este proceso, el azufre elemental se deposita en el fondo de un contenedor del cual debe ser removido cada poco tiempo. Este sistema se basa en reducciones de iones dentro de un depósito en donde se inyecta el biogás y el aire.
- Adsorción en compuestos de hierro: Este proceso se corresponde a una desulfuración seca. El sulfuro es adsorbido en hidróxido y óxido de hierro. Estas masas de hierro quedan almacenadas capa por capa en una torre desulfuradora.
- Adsorción en carbón activado: La eficiencia de este proceso no suele ser la correcta y por eso se impregna el carbón activado con algún catalizador para aumentar la velocidad, como por ejemplo el yoduro de potasio, carbonato de potasio o permanganato de potasio. De esta forma el sulfuro, se adsorbe a la superficie del carbón.
- Enlace químico con zinc: El azufre permanece enlazado con el zinc en un cartucho y este deberá ser cambiado con el tiempo. Este método es usado habitualmente en plantas agrícolas pequeñas.

8.1.3.2. Proceso remoción de agua

El biogás deberá tener una humedad relativa inferior al 60 % para evitar la condensación en las tuberías. Normalmente, se suele secar antes de ser purificado. Para esto se usan técnicas de compresión y/o enfriamiento del gas o adsorción en carbón activado.

8.1.3.3. Remoción de oxígeno

Habitualmente el oxígeno es eliminado tras el proceso de desulfuración del biogás. Sin embargo los procesos de adsorción o carbón activado también son aplicables.

8.1.3.4. Eliminación del dióxido de carbono

Para que en el biogás exista una concentración de metano superior al 95 % , deberemos eliminar concentraciones de CO₂. El sistema para eliminarlo se seleccionará según los siguientes criterios: Sin embargo, para la mayoría de aplicaciones (incluyendo la nuestra), es suficiente con que pase por un quemador o un motor. Algunas de estas aplicaciones son los calentadores, motores de combustión o sistemas de generación. Por otra banda si el uso del biogás está enfocado a vehículos, será importante eliminar dicho componente para que el poder calorífico aumente y por tanto también su rendimiento. Este proceso se suele realizar con un lavado a contra corriente, un método de adsorción o con membranas y tamices.

8.1.4. Zona usos del biogás

8.1.4.1. Planta de cogeneración

Una planta de cogeneración es aquella que es capaz de generar dos energías simultáneamente (calor y electricidad). Y si además se produce frío, estaremos hablando de una planta de trigeneración. Actualmente existen

8.1.4.1.1. Funcionamiento Aprovechando la energía química de un combustible (en nuestro caso el biogás producido a partir de las excretas de vacunos), se genera electricidad mediante un alternador o dinamo movidos por una turbina o un motor térmico. Debido al funcionamiento de dichos elementos motrices, se genera un porcentaje de energía térmica aprovechable, pero que en otras condiciones sería disipada al medio.

8.1.4.1.2. Tipos de planta de cogeneración Diferenciamos 5 tipos de plantas de cogeneración que a continuación se citan.

1. Cogeneración con motor de gas: Este tipo de cogeneración es recomendable para potencias bajas (inferiores a 15MW) y en donde la generación eléctrica es muy importante. El motor es la máquina térmica con mejor rendimiento ya que actualmente existen motores capaces de transformar hasta el 45 % de la energía química de combustión en energía eléctrica. Además son adecuados para la producción de frío mediante absorción, bien a través de los gases en máquinas de doble efecto usando directamente el calor del agua de refrigeración en máquinas de simple efecto. Véase la figura [8.1.4.1](#)

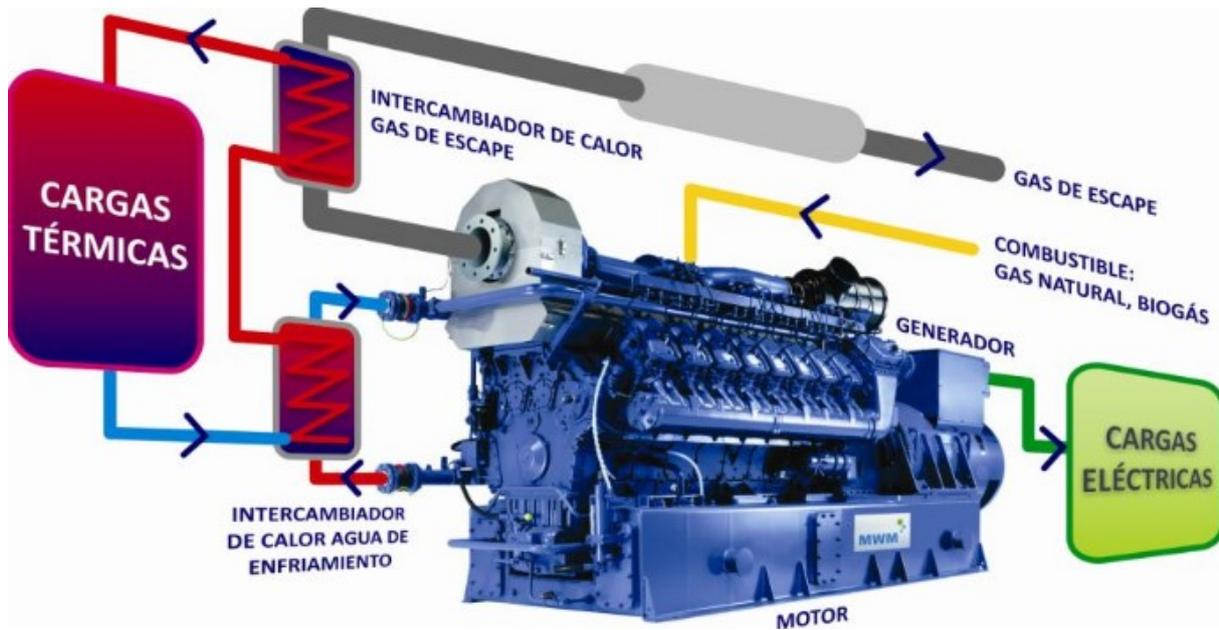


Figura 8.1.4.1 – Esquema cogeneración con motor de gas

2. Cogeneración con turbina de gas: A partir de la energía aportada por un combustible, se produce energía mecánica y se genera una importante cantidad de calor en forma de gases calientes. La máquina realiza un ciclo abierto (ciclo Brayton) ya que renueva constantemente el fluido que pasa a través de ella.
Sus ventajas son su pequeño peso y volumen en relación a la potencia que producen y a la flexibilidad de su operación. Sin embargo como desventajas destacamos un bajo rendimiento o una alta velocidad de rotación.
3. Cogeneración con turbina de vapor: El uso de esta turbina fue el primero en el sistema de cogeneración. Actualmente su uso ha quedado reducido como un complemento para ciclos combinados. En este tipo de cogeneración, partiendo de una caldera convencional, la energía mecánica se genera debido a la expansión del vapor a alta presión.
4. Cogeneración en ciclo combinado con turbina de gas y vapor: En este sistema se genera energía eléctrica mediante una turbina de gas y el ciclo de vapor de agua lo hace mediante una turbina de vapor. Se aprovechan los gases de escape de la turbina de gas para calentar el vapor en una caldera que a su vez alimenta a la turbina de vapor. Se obtiene una alta eficiencia.
5. Cogeneración con motor de gas y turbina de vapor: También denominado en ciclo combinado con motor alternativo. En este sistema se aprovechan con una caldera de recuperación, los gases de escape del motor, en donde se produce vapor. El vapor es utilizado por la turbina para producir energía eléctrica o mecánica. El calor recuperado por los intercambiadores del circuito de refrigeración es usado de nuevo para la propia planta. Este sistema es recomendable cuando las demanda de calor es baja. El rendimiento térmico es bajo pero el eléctrico es alto.

8.1.4.1.3. Elementos de la planta de cogeneración

- Fuente de energía primaria: Suele ser gas natural, gasóleo, biogás
- Elemento motor: Se trata del elemento encargado de transformar la energía térmica de la fuente de energía primaria en energía mecánica. Dependiendo del tipo de planta se trata de turbinas de gas, de vapor o motores alternativos.
- Sistema aprovechamiento energía mecánica: Se trata generalmente de un elemento capaz de transformar la energía mecánica en energía eléctrica. Habitualmente es un alternador pero también nos podemos encontrar con compresores o bombas en donde la energía mecánica no se transforma, se aprovecha directamente.
- Sistema aprovechamiento de calor: Calderas recuperadoras de los gases de escape, intercambiadores de calor, secaderos o motores de absorción para generar frío a partir de calor.
- Sistema de refrigeración: Como no todo el calor puede ser aprovechado, el sistema necesita su propia refrigeración. Para ello se hace uso de intercambiadores o torres de refrigeración. Un punto importante a tener en cuenta en el diseño de la planta, será este, ya que se intentará que el calor desaprovechado sea mínimo.
- Sistema de tratamiento de agua: El agua suele ser el fluido usado normalmente tanto en el aprovechamiento de calor como en el sistema de refrigeración. Por ello requiere un tratamiento y control.
- Sistema de control: Será el encargado de gobernar todas las instalaciones e informar al operador de la situación en tiempo real de las máquinas. Normalmente se trata de instalaciones muy automatizadas.
- Sistema eléctrico: Permite que todos los equipos de la planta tengan la alimentación eléctrica necesaria. También incluye los elementos encargados de exportar la energía eléctrica generada. La fiabilidad de esta instalación es muy importante ya que tendrá que permitir alimentar la planta y la carga (en nuestro caso la explotación con su respectiva maquinaria) de la red eléctrica externa cuando la propia generación no sea suficiente.

8.1.4.1.4. Mantenimiento Al operar con un sistema de cogeneración con biogás, será muy importante mantener los intervalos de mantenimiento especificados generalmente por el fabricante. Esto, suele venir dado con un programa, ya sea de mantenimiento preventivo (como cambios de aceite) o de cambios de piezas que se desgastan (correspondientes ya al mantenimiento correctivo). Un mantenimiento inadecuado puede dar origen a importantes costos. El tiempo asignado entre las distintas medidas de mantenimiento depende de factores como el tipo de motor. Además nos podemos encontrar con contratos de servicio par realizar dichas tareas.

8.1.4.2. Trigeneración

Como ya hemos comentado anteriormente, la trigeneración se basa en acoplar un sistema de refrigeración para obtener energía térmica en forma de frío a un sistema de cogeneración. Diferenciaremos 3 formas de obtener el calor para nuestro ciclo de refrigeración:

1. Simple efecto: El agua caliente se obtiene del enfriamiento del motor de cogeneración o del intercambio con los gases de escape, bien del motor o bien de la turbina. Dicha obtención se poder ver en la figura 8.1.4.2

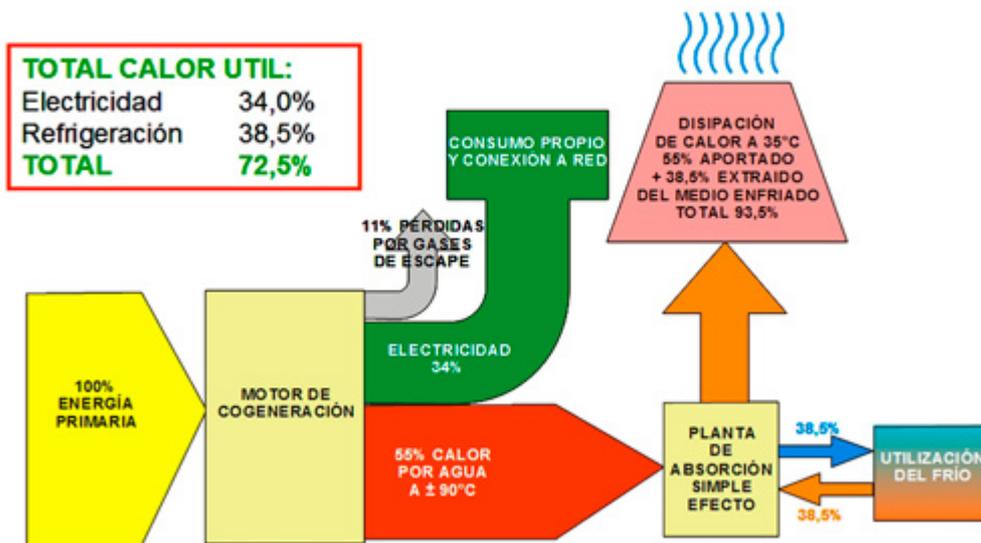


Figura 8.1.4.2 – Recuperación de calor simple

2. Doble efecto: Obtenemos el calor necesario de los gases de escape procedentes de motores o turbinas. Véase una representación en la figura 8.1.4.3

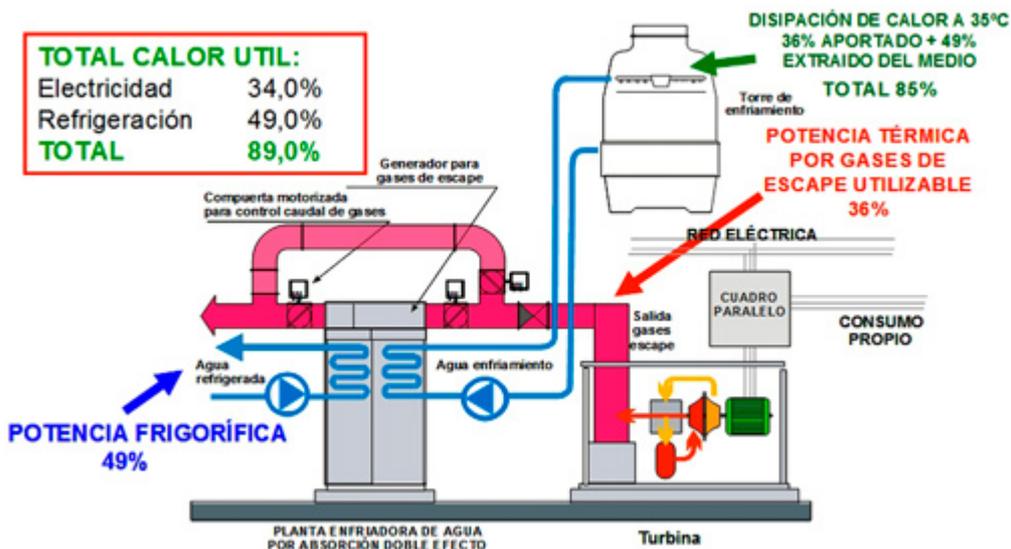


Figura 8.1.4.3 – Recuperación del calor de dos procesos

3. Sistema dual: Es el resultado de combinar el simple y el doble efecto. El calor en este sistema procede de motores endotérmicos y de su circuito hidráulico de enfriamiento de camisas, culatas y aceite. Se puede observar el sistema en la figura 8.1.4.4

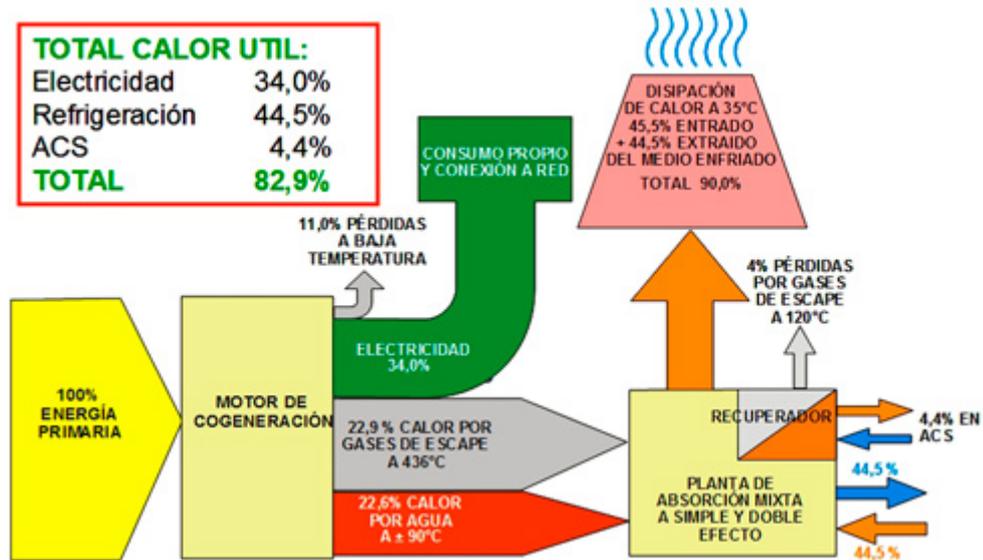


Figura 8.1.4.4 – Sistema dual para recuperación de calor

8.1.4.3. Refrigeración por absorción

En nuestro caso, como mencionamos en el punto anterior, para la obtención de frío haremos uso de un motor endotérmico (sistema dual), es decir, un grupo de absorción. En este ciclo se utiliza un fluido refrigerante, el cual se convierte en vapor a mayor temperatura que la ambiente. Al condensar el vapor de refrigerante, el calor latente es transmitido al ambiente. El refrigerante condensado se expande, de manera que baja su temperatura por debajo de su temperatura media de refrigeración. A continuación, el refrigerante se evapora absorbiendo el calor del ambiente a refrigerar. Finalmente para terminar el ciclo, es necesario elevar la presión del vapor refrigerante para volverlo a condensar de nuevo. El ciclo que sigue este tipo de motores se puede ver en la figura 8.1.4.5.

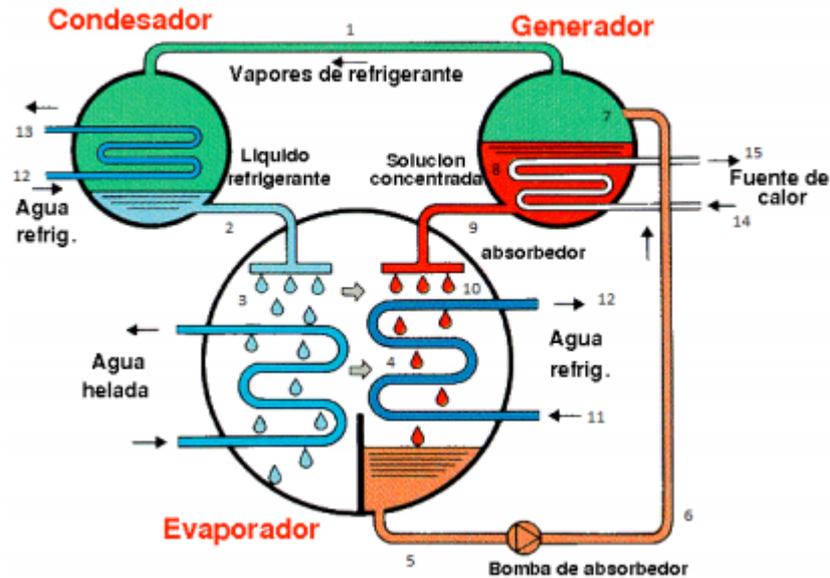


Figura 8.1.4.5 – Ciclo refrigeración por absorción

8.1.4.4. Solución adoptada

Para este proyecto se ha decidido hacer uso de un sistema de cogeneración con motor de gas, es decir, un motor de combustión debido al rendimiento que posee y a las facilidades que nos proporciona a la hora de añadirle un motor de absorción para la trigeración final. Con la combustión del biogás generado en nuestra explotación ganadera, y que estará almacenado en algún depósito, surtiremos a dicho motor de cogeneración, en donde generaremos la electricidad necesaria para las instalaciones de las que disponemos. Análogamente, la producción de calor obtenida la aprovecharemos para el agua de limpieza de las instalaciones, para la vivienda o incluso para calentar el propio biodigestor de la planta. Además añadiremos el motor de absorción para obtener frío destinado al tanque para conservar la leche.

Es necesario destacar, la importancia del análisis de la demanda de energía eléctrica de la explotación a la hora de hacer una elección en el motor de cogeneración. Sepamos que estos motores necesitarán una buena compresión del gas previamente (para que la combustión se realice correctamente) y que su mejor rendimiento lo obtendremos cuando este trabaje a altas revoluciones (dentro del margen técnico que establezca el propio motor). Un motor de cogeneración que funcione por debajo de la mitad de las revoluciones máximas, no será capaz de producir electricidad y por lo tanto su rendimiento no será bueno.

Por estas razones deberemos hacer un buen análisis técnico, ya que tendremos que saber en qué márgenes de potencia oscilamos para la elección del motor.

Una vez que hemos realizado el análisis, concluimos que deberemos adquirir un motor de micro-cogeneración ya que el pico de demanda máximo que tenemos en la explotación

puede ser de 28kW. Hablaremos en este caso de micro-cogeneración porque la potencia máxima no supera los 50Kw.

8.1.5. Usos y calidad del digestato

Tras superar el proceso de fermentación la materia orgánica resultante será almacenada en depósitos a la espera de ser utilizada generalmente como biofertilizante. El hecho de que hubiese pasado ese tratamiento, le proporciona múltiples ventajas con respecto a su estado inicial. Algunos de ellos se citan en la siguiente lista:

- Eliminación de malos olores
- Muerte o desactivación de semillas de hierbas
- Eficiencia mejorada en nitrógeno
- No contaminación con el metano
- Ahorro de caros fertilizantes

Además, si es usada como fertilizante, las plantas tienen mayor facilidad para asimilar los nutrientes que este contiene. Tenemos dos formas de almacenar el digestato. Por una parte podemos almacenarlo tal y como sale del digestor y por otra parte separar una fase sólida y otra líquida. Esto último proporcionará más opciones de uso debido a la separación de las fases.

8.1.6. Zona de control

Se tratará de una zona en donde estarán presentes todos los dispositivos capaces de tratar, almacenar y traducir los datos leídos de la planta mediante la instrumentación localizada a lo largo de la misma. Cuanto mayor sea la automatización de la planta menor personal operativo necesitaremos. Para esta zona necesitaremos identificar primeramente las variables a controlar y los actuadores que tendremos que gobernar, posteriormente escoger un controlador lógico programable (PLC), elegir el protocolo de comunicación entre los dispositivos de campo y el autómatas, diseñar el programa de control y también el dispositivo donde podremos ver los datos de monitorización. En esta sección no entraremos más en detalle ya que se encuentra fuera del alcance del proyecto.

8.2. Dimensionamiento de la planta

8.2.1. Análisis de la demanda de la explotación

Para comenzar a dimensionar los elementos de la planta, analizaremos el consumo que actualmente tiene la explotación. Este consumo será el que tendrá que cubrir la producción de energía de nuestra planta con el biogás.

8.2.1.1. Demanda energética eléctrica

A continuación detallamos los consumos de los puntos eléctricos de la explotación sabiendo el tiempo que diariamente están activos.

- Motor de ordeño: Posee un consumo de 2200W y está encendido 3 horas al día.
- Motor de limpieza: Disponemos de 2 unidades. Cada uno consume 500W y al día funcionan 1 hora.
- Motor bombeo agua:
- Motor de pienso: Con un consumo de 5.5kW está encendido 15 minutos diarios.
- Iluminación: Disponemos de 25 puntos. Establecemos que desde Abril a Septiembre están encendidos una media de 4 horas al día y de Octubre a Marzo una media de 8 horas diarias y que cada punto tiene un consumo de 64W (ya que cada punto está compuesto por dos tubos fluorescentes de 32W de consumo).

8.2.1.2. Demanda energética térmica

- Calor: El termo eléctrico, consume 2.4kW y funciona en total unas 2 h diarias, generando así un consumo de 4.8kWh que equivalen a 4127kcal aproximadamente.
- Frío: El tanque de frío tiene un consumo de 7.5kW y funciona una media de 3 h diarias, teniendo que extraer de la leche aproximadamente 73.66kcal. Este dato lo hemos hallado aplicando la siguiente fórmula:

$$Q = m * C_e * (T_i - T_f) \quad (8.2.1.1)$$

donde:

Q: Cantidad de calor a disipar [cal](en este caso).

m: Cantidad de masa (kg.).

C_e :Calor específico de la leche (cal/kg^{°C})

T_i :Temperatura inicial de la masa (°C).

T_f :Temperatura final de la masa (°C).

En la siguiente tabla (8.2.1.1), se especifican las potencias de los equipos, las horas de funcionamiento y por lo tanto, el consumo diario que tiene la explotación.

Equipo	Unidades	Potencia (kW)	Tiempo (horas diarias)	Consumo diario (kWh/día)
Motor de ordeño	1	3	3	9
Motor de limpieza	2	0.55	1	1.1
Motor bombeo agua	1	1.5	2	3
Motor de pienso	1	5.5	0.25	1.38
Iluminación	24	0.064	6	0.384
Termo eléctrico	1	2.4	2	4.8
Tanque de frío	1	7.5	3	22.5
Total		29.94		42.164

Tabla 8.2.1.1 – Energía diaria demandada por la explotación

Tras obtener los consumos de las máquinas obtuvimos el consumo diario. Este consumo consideraremos que será constante durante todo el año, aunque si que es deducible que a lo largo del día, hay picos más destacados de consumo al coincidir varias tareas simultáneamente.

8.2.2. Demanda de biogás para energía eléctrica

Una vez conocida la demanda energética de la explotación, podemos realizar una estimación inicial de la cantidad de biogás que necesitaremos para producir la energía necesaria. El biogás es un gas combustible cuya composición depende fundamentalmente del tipo de sustrato utilizado y digerido en el proceso, y su alta concentración en metano, de elevada capacidad calorífica, 5.20 kcal / m³, según el IDAE. Se considera que el biogás obtenido con restos orgánicos de ganado vacuno, tiene una riqueza media en metano del 65 %. Sabiendo la capacidad calorífica, podemos decir que 1 m³ de biogás equivale, aproximadamente a unos 6,04kWh eléctricos. Utilizando un motor de combustión con un rendimiento eléctrico de 37 % obtenemos según la ecuación 8.2.2.1 que para generar 1kWh se precisarán 0.63 m³ de biogás.

$$\text{Biogás necesario} = \frac{1kWh}{6,04kWh/m^3 * 0,65 * 0,37} = 0,69m^3 \quad (8.2.2.1)$$

Tras el cálculo, resumimos como muestra la tabla 8.2.2.1 los metros cúbicos de biogás diarios para cubrir la demanda de electricidad.

Equipo	Consumo diario (kWh/día)	Biogás necesario (m ³ /día)
Motor de ordeño	9	6.21
Motor de limpieza	1.1	0.759
Motor bombeo agua	3	2.07
Motor de pienso	1.38	0.952
Iluminación	0.384	0.26
Termo eléctrico	4.8	3.31
Tanque de frío	22.5	15.52
Total	42.164	29.081

Tabla 8.2.2.1 – Volumen de biogás necesario para la demanda

8.2.3. Resumen de los resultados

En la tabla 8.2.3.1 observamos los valores correspondientes a la demanda diaria de la explotación ganadera.

Consumo diario energía eléctrica	42.164 kWh/día
Volumen de biogás para energía eléctrica	29.081 m ³

Tabla 8.2.3.1 – Tabla resumen de demandas

8.3. Dimensionamiento del biodigestor

8.3.1. Localización

La ubicación del biodigestor están importante como su propia construcción. Una planta mal ubicada será una instalación a la que no podremos sacarle todo el provecho posible. Por el contrario, una buena situación nos proporcionará facilidad en el manejo y en la operación. Para la localización tendremos en cuenta los siguientes aspectos:

- Seleccionar el lugar más cercano a la fuente de materia prima.
- Deberá tratarse de que la topografía del terreno permita el cargado de la planta por gravedad.
- Existirá una fuente de agua para realizar la mezcla y mantener la limpieza de la planta.
- El punto de consumo también deberá estar lo más cerca posible de la planta de biogás.
- El fondo del digestor deberá encontrarse a un metro o más del manto freático para evitar filtraciones y por tanto contaminaciones.

8.3.2. Cantidad de biomasa disponible

Disponemos actualmente en la explotación ganadera de 80 animales estabulados. En la siguiente tabla podemos observar la cantidad de biomasa generada por cada animal.

Además sabemos que para que la fermentación se produzca de forma adecuada necesitaremos una relación 1:1. Esto nos indica que por cada parte de excreta, necesitaremos una de agua.

8.3.3. Volumen de biomasa disponible

En este apartado aclararemos que las excretas del ganado bovino, están formadas por un 16 % de materia orgánica seca y un 84 % de agua. Como la mezcla óptima para el digestor debe tener una proporción 1:1, tiene entonces un 8 % de materia orgánica seca y un 92 % de agua, lo que nos hace concluir que la densidad de la mezcla, es prácticamente igual a la del agua. Entonces, al conocer la densidad del purín de vacuno (1000 kg/m^3), hallaremos mediante la ecuación, el volumen que ocupa la biomasa disponible.

$$Vb = Cbd/\rho \quad (8.3.3.1)$$

Siendo:

Vb: Volumen de la biomasa disponible (kg.)

Cbd: Cantidad de biomasa disponible (kg.)

ρ :Densidad de la mezcla (kg/m^3)

8.3.4. Volumen de biomasa en el reactor

Dado que la materia orgánica disponible que entrará en el reactor y permanecerá en él, un tiempo de retención deseado, deberemos calcular las dimensiones del biodigestor. El volumen se calcula con la siguiente fórmula:

$$Vbb = Vb * Tr \quad (8.3.4.1)$$

Donde:

Vbb: Volumen de biomasa en el biodigestor (m^3)

Vb: Volumen de la biomasa disponible (m^3)

Tr: Tiempo de retención en el biodigestor (días)

8.3.5. Volumen de biogás

Procedemos al cálculo de volumen del biogás que produce la cantidad de materia que tenemos disponible a lo largo del tiempo de retención. Este valor será el volumen de biogás que se producirá en el reactor cada día.

$$Vbg = Cbd * \lambda \quad (8.3.5.1)$$

donde:

Vbg: Volumen de biogás (m³)

Cbd: Cantidad de biomasa disponible (kg.)

λ :Producción específica de biogás (m³/kg)

8.3.6. Volumen total del digestor

Al tener calculado el volumen de la mezcla que estará en el reactor y saber el volumen del biogás producido, ya podemos concluir cual será el volumen interno del biodigestor ya que dicho volumen ha de albergar la suma de los dos citados.

$$V_{tot} = V_{bb} + V_{bg} \quad (8.3.6.1)$$

donde: Vtot: Volumen total del reactor (m³)

Vbb: Volumen de la biomasa en el biodigestor (m³)

Vbg: Volumen de biogás (m³)

8.4. Cálculos para el biodigestor

8.4.1. Excreta generada

En el anexo II tenemos establecido la cantidad que genera un animal al día, por tanto podemos hacer el cálculo de las excretas generadas diariamente si sabemos que en la explotación hay 80 animales.

$$C_e = C_{eu} * N \quad (8.4.1.1)$$

donde:

Ce: Cantidad de excreta total diaria (kg.)

Ceu: Cantidad de excreta por animal al día (kg)

N: número de animales

8.4.2. Cantidad biomasa disponible

Como sabemos que las excretas de vacuno poseen por naturaleza la relación idónea de sólidos y agua, hallamos la cantidad de biomasa disponible con la ecuación [8.4.1.1](#).

$$C_{bd} = C_e + C_{H_2O} = 1200kg.excretadiaria + 1200kg.H_2O = 2400kg/día$$

8.4.3. Volumen de biomasa disponible

Hacemos los cálculos con la ecuación [8.3.3.1](#)

$$Vb = Cbd/\rho = 2400/1000 = 2,4m^3$$

8.4.4. Volumen de biomasa digestor

Con la ecuación 8.3.4.1 hallamos el volumen de la materia orgánica en el reactor.

$$Vbb = Vb * Tr = 2,4 * 30 = 72m^3$$

8.4.5. Volumen de biogás

Calculamos mediante la ecuación 8.3.5.1 el volumen del biogás producido.

$$Vbg = Cbd * \lambda = 2400 * 0,04 = 96m^3$$

8.4.6. Volumen total del biodigestor

Habiendo calculado los volúmenes tanto de la biomasa como del biogás, hallamos el volumen total del digestor para, posteriormente hacer la elección del biodigestor. Este cálculo lo haremos con la ecuación 8.3.6.1

$$Vtot = Vbb + Vbg = 72 + 96 = 168m^3$$

8.5. Puesta en marcha y seguimiento de la planta

Los datos que se dan a continuación son generalistas y dependerán, siempre, de cada instalación. El objetivo es informar acerca del funcionamiento de este tipo de plantas.

Antes de la puesta en marcha, se llenarán los circuitos de agua con agua, anticongelante y solución limpiante. Se hará una prueba de pérdidas en todo el sistema. Se comprobarán las conexiones eléctricas y los controles de motores y bombas.

A continuación, se procederá al llenado del digestor, mediante efluente de otro digestor, si es posible. En caso contrario, se utilizará estiércol que se haya tenido enterrado durante 20 días, y será diluido al 10 %. Una vez alcanzada la temperatura correcta, de haber detectado la producción de gas y comprobada la estabilidad digestiva del líquido, comenzará a alimentarse con purín propio.

Durante esta fase de puesta en marcha, la temperatura de digestión se mantendrá por medio de la caldera, que durante las puntas de demanda, contará con el apoyo de la resistencia eléctrica situada en el acumulador de calor.

Cuando el porcentaje de metano (%) en volumen, sea mayor del 50 %, se podrá conectar el grupo de cogeneración energética y se probará.

En las instalaciones de la planta, es conveniente disponer de un laboratorio que permita el seguimiento del proceso, con análisis sobre el residuo, contenido del digestor, lodos y efluente. A

intervalos diarios, se realizarán pruebas para asegurar que las condiciones de funcionamiento son las correctas. Esto se hará por lo menos durante dos semanas, o hasta que la planta esté a pleno funcionamiento.

A continuación detallaremos algunos de los problemas que pueden surgir y las soluciones que en un primer momento habrá que aplicar:

1. No se produce gas en un tiempo prudencial.

Posibles causas:

- Puede que la fermentación sea deficiente por haber bajado la temperatura del digestor, o ser insuficiente la determinada teóricamente.
- Puede existir una foga que habrá que detectar con agua jabonosa.
- Puede haberse formado una costra en la superficie del sustrato que impide el paso del gas, en cuyo caso habrá que revisar el sistema de agitación, aumentando la presión mediante el regulador que se ha previsto a esos efectos.

2. La producción de gas cesa bruscamente.

Posibles causas:

- Habrá que verificar la ausencia de factores tóxicos, debiendo comenzar el proceso en caso de hallar alguno.

3. El gas producido no llega al gasómetro o al grupo de cogeneración.

Posibles causas:

- Puede ocurrir que la tubería esté obstruida por agua de condensación, impurezas, etc., en cuyo caso deberán de verificarse los purgadores y los filtros.
- Puede suceder que la presión sea insuficiente, en cuyo caso se comprobarán el compresor y los reguladores de presión.

4. El gas no arde.

Posibles causas:

- Podrá deberse a la presencia de nitrógeno (debido a la entrada de aire en el digestor, lo cual es peligroso), o a un contenido excesivo en dióxido de carbono (si esto sigue a una brusca variación de la temperatura, la tasa de carga o la naturaleza del sustrato), se deberá combatir manteniendo neutro el pH.

5. Insuficiente producción de gas.

Posibles causas:

- Puede ser debido a que las bacterias no pueden procesar todo el residuo, o la materia digestible es baja, en cuyo caso habrá que pretratar los purines, modificando la tasa C/N, mediante la adición de paja picada, por ejemplo, con el fin de acercarse a valores próximos a 25.

6. Circulación de purín defectuosa.

Posibles causas:

- Se puede instalar maquinaria capaz de diluir y/o cribarlo de forma más severa, o utilizar bombas más potentes.
7. La llama se desprende por presión excesiva.
- Posibles causas:
- Deberá de disminuirse la presión y/o verificar el reglaje de los quemadores, así como su diámetro.
8. La llama no se mantiene
- Posibles causas:
- Puede ser debido a una presión insuficiente. Deberá de aumentarse la presión o verificar el reglaje de los quemadores y su diámetro.

8.6. Solicitud de subvención para la instalación

Como ya se ha comentado a comienzos del proyecto, el cambio climático es una de las principales amenazas para el desarrollo sostenible y representa uno de los mayores retos ambientales con efectos sobre la economía global, la salud y el bienestar social. Es, por ello, necesario actuar para reducir las emisiones a la atmósfera de gases de efecto invernadero (GEI), buscando a la vez formas de adaptación a las nuevas condiciones que su impacto está determinando, y que sin duda afectarán aún con mayor intensidad las futuras generaciones. Por estas razones, tanto a nivel estatal como autonómico saldrán convocatorias para ayudas de las instalaciones que colaboren dentro del ámbito de las energías renovables.

8.6.1. Objeto y ámbito de la aplicación

El presente real decreto tiene por objeto el establecimiento de las bases reguladoras de las subvenciones estatales, en régimen de concurrencia competitiva, para los siguientes fines y principios generales:

- Fomentar la aplicación de los procesos técnicos del Plan de biodigestión de purines, que permitan la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero (GEI), así como la valorización agrícola del digestato y facilitar la gestión y el tratamiento del nitrógeno de los purines en las zonas vulnerables o con alta concentración ganadera con el fin de reducir las emisiones de Gases de Efecto Invernadero en la gestión de Estiércol.
- Aplicar tecnologías complementarias a la biodigestión anaeróbica, que permitan mejorar la gestión del nitrógeno del digestato mediante procesos como por ejemplo la separación sólido-líquido, eliminación o reducción-recuperación de nitrógeno tanto para las zonas vulnerables declaradas de acuerdo con el Real Decreto 261/1996, de 16 de febrero sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias.
- Potenciar, con una mayor subvención, la valorización agrícola del digestato, directamente, y el reciclado de nutrientes frente a los postratamientos del digestato

- Para maximizar el tratamiento de purines, en las plantas de codigestión, donde se sobrepase el 20 % de otro cosustrato distinto de los estiércoles en la mezcla a digerir con el purín, se reducirá proporcionalmente esa subvención a medida que se sobrepasa dicho límite.

8.6.2. Ayudas para instalaciones

Los beneficiarios de las ayudas serán los titulares de explotaciones ganaderas intensivas que realicen alguna de las actividades subvencionales previstas por el RD 949/2009.

Los beneficiarios de las ayudas deberán cumplir con los requisitos establecidos en el real decreto citado.

Además, el Inega (Instituto energético de Galicia), ha sacado en 2017 una convocatoria de subvenciones para instalaciones de energías renovables en empresas del sector agrícola primario. Los requisitos para la obtención de dichas ayudas

8.6.3. Cuantía de las subvenciones

La cuantía de la subvención para las inversiones que cumplan con lo anterior establecido serán las siguientes:

- Para digestores con capacidad inferior a 1.000 m^3 hasta 115 €/m^3 .
- Para digestores con capacidad entre 1.000 m^3 y 2.000 m^3 hasta 105 €/m^3 .
- Para digestores con capacidad superior a 2.000 m^3 hasta 95 €/m^3 .

Por lo tanto la instalación objeto del proyecto, que cuenta con un biodigestor de 168 m^3 optará a una subvención de $19.320,00 \text{ €}$.

Por otra banda, la cuantía correspondiente a la subvención autonómica convocada por el Inega, será del 50 % del coste elegible de la nueva instalación, con un máximo de $50.000,00 \text{ €}$ por proyecto.

Cabe comentar que la subvención estatal es compatible con otras subvenciones y por tanto lo sería con la convocada por el INEGA. Además la subvención ofrecida por el estado, siempre cuando no se incumpla con lo establecido en el Real Decreto 949/2009, de 5 de junio, no habrá que devolverla. Es importante saber que la convocatoria realizada el año pasado por el INEGA fue en régimen de concurrencia competitiva por lo que no es garantizable la obtención de la cantidad mencionada anteriormente.

9 Propuestas alternativas

Debido a la buena producción de biogás y por tanto a la generación de gran cantidad de energía eléctrica con respecto a nuestro consumo, se proponen alternativas para no desaprovechar la electricidad generada.

9.1. Circuito de calefacción

Podemos aprovechar la energía eléctrica para poner a funcionar un sistema de calefacción como puede ser la aerotermia. La aerotermia, se basa en extraer energía gratuita del aire exterior mediante una bomba de calor inverter de alta eficiencia. Recordemos que, una bomba de calor, extrae energía de un lugar para cederla en otro. Y para ello, se necesita una unidad exterior, y una o varias unidades interiores. Cualquier temperatura por encima del cero absoluto (-273,15 °C) contiene energía que un equipo de aerotermia puede utilizar.

Este sistema sustituiría al sistema de calefacción actual de la vivienda. Además, existen sistemas que aprovechan los radiadores ya instalados en los edificios. Por lo tanto, es una propuesta que no requiere gastos en cuanto a obras pero sí la inversión en el equipo. Generalmente, son equipos discretos y poco voluminosos.

9.2. Verter la electricidad a la red

Otra opción que se propone es la venta de nuestra sobre producción a la red eléctrica.

Hace pocos años, la totalidad de energía eléctrica generada por particulares y vertida a la red, era comprada a un precio digamos que, generoso. Actualmente, el precio que pagan las eléctricas lo vertido es mínimo. A esto, le sumamos que la distribuidora eléctrica nos puede exigir la instalación de un centro de transformación para elevar la tensión y verterla en la denominada media tensión. Esta instalación surge de que previamente la distribuidora nos comunique que la línea de baja tensión (en la que podríamos verter la electricidad directamente) esté saturada. Esta opción por lo tanto, nos presentaría ciertas dudas y requeriría de un estudio exhaustivo antes de realizar la inversión en los equipos necesarios.

9.3. Combustible

En la actualidad, quizás sea la forma más eficaz de reducir el gasto en nuestros coches.

Si en la vivienda, disponemos de coches a gasolina, podremos invertir en añadirles un sistema de alimentación en paralelo. El coche conservará la instalación de gasolina pudiendo cambiar en cualquier momento de un combustible a otro. Además, añadiremos que la combustión de este gas es mucho más limpia.

Talleres especializados realizan hoy en día estas modificaciones que rondan los 2500€(sujeto a variaciones según coche, etc.).

Para que nos hagamos una idea: se estima que la amortización del sistema de alimentación del motor por gas se produce en unos 25.000 km.

10 Plan de viabilidad

10.1. Objetivo

El objetivo de este capítulo es analizar la viabilidad económica de las distintas alternativas estudiadas para la implantación de una planta de biogás con sistema de trigeneración en una explotación ganadera actualmente en activo. Este análisis permite conocer la rentabilidad del proyecto, lo cual es fundamental para cualquier proyecto empresarial.

10.2. Metodología de cálculo

La evaluación de viabilidad económica de un proyecto se basa en la determinación del cash flow (flujo de caja) a lo largo de su ciclo de vida. La calidad de dicha evaluación estará condicionada por la fidelidad con la que ese flujo de fondos represente el transcurrir del proyecto.

Se considerarán dos alternativas de estudio: Una en la que se emplea financiamiento y otra en la que se opta por un proyecto sin financiación. En el caso del proyecto sin financiación, todos los recursos son aportados por parte del promotor. De esta forma el denominado pasivo, será igual al patrimonio neto. En el caso del proyecto financiado, una parte de los recursos son aportados por el promotor y la otra, aportados por una identidad financiera como puede ser un banco.

En el proyecto objeto de estudio, no existen créditos a corto plazo para los proveedores, lo cual implica que no existirá pasivo corriente. De esta forma, el fondo de maniobra (diferencia entre el activo corriente y el pasivo corriente), será igual al activo corriente.

El cálculo del cash flow, estará condicionado por la presencia o ausencia de financiamiento, pues en el caso del proyecto financiado es necesario tener en cuenta, además del flujo de caja, el relativo al crédito. De esta forma, las variables que intervienen en el cálculo del flujo de caja en cada uno de los casos mencionados son:

- Para el proyecto sin financiar:
 - El cash-flow operativo del proyecto
 - El cash-flow extraoperativo del proyecto
- Para el proyecto financiado:
 - El cash-flow operativo del proyecto
 - El cash-flow operativo del crédito

- El cash-flow extraoperativo del proyecto
- El cash-flow extraoperativo del crédito

Es decir, el proyecto sin financiar dependerá de su coste de implantación y de su coste de explotación, mientras que el proyecto financiado dependerá, a mayores del coste de implantación del crédito y del coste de explotación del crédito.

10.2.1. Cálculo de los flujos de caja o cash flow

10.2.1.1. Cálculo del flujo de caja extraoperativo del proyecto

El flujo de caja extraoperativo, es el flujo de caja de la implantación de nuestra planta de biogás en nuestra explotación ganadera, es decir, los cobros y los pagos externos la explotación. Para poder determinarlo, será necesario conocer el valor de cada uno de los elementos necesarios para la implantación del sistema de trigeneración a partir de biogás, así como el momento en el que se deben realizar.

El valor del flujo de caja viene dado por la suma de la inversión en activo no corriente más la inversión en el fondo de maniobra. Este fondo de maniobra se calcula como la diferencia entre el activo corriente y el pasivo corriente y representa la capacidad de una empresa para desarrollar con normalidad sus actividades a corto plazo. Nos referiremos con el término inversión de fondo de maniobra al incremento del fondo de maniobra de un período a otro. Por lo tanto si aumentamos el fondo de maniobra consideraremos que «invertimos en él».

10.2.1.2. Cálculo del cash flow operativo del proyecto

El cash flow operativo representa los fondos generados por el proyecto a lo largo de su vida útil. Se corresponde con la diferencia entre los ingresos y los gastos originados por la explotación del proyecto. Para determinar su valor se sigue el procedimiento indicado a continuación: Calculamos las ventas que presenta la empresa a lo largo de un año. En nuestro caso solo existen ingresos por la venta de leche. Estas suponen 280.320€. A continuación, calcularemos los costes variables que tiene la explotación. En nuestro caso, en los costes variables, introducimos todas las facturas de un año correspondientes al consumo que en este caso se hace a la cooperativa de materias primas y materiales necesarios. A esto le sumamos la estimación de la parte variable de la factura de la luz. Posteriormente haremos el cálculo de los costes fijos de la explotación. Estos se corresponden, en nuestro caso con la parte fija de la tarifa de la luz contratada y con los salarios anuales. Finalmente calcularemos la cantidad correspondiente al impuesto de sociedades.

Por lo tanto el cálculo del cash flow operativo se hará como la diferencia entre las ventas y la suma de los costes variables y fijos y el impuesto de sociedades.

10.2.1.3. Cálculo del cash flow extraoperativo del crédito

El cash flow extraoperativo del crédito tiene en cuenta las entradas y las salidas de fondos (comisiones y amortizaciones) relativas al crédito. La amortizaciones del crédito, se calcularán

usando el conocido como método francés. Este método se caracteriza por ser un sistema de amortización de cuotas constantes. Debido a que estas cuotas son constantes, cada mes el banco recibe los intereses en función del capital pendiente de amortizar. Por esta razón, durante los primeros años, se paga una cantidad mayor de intereses que de capital, y durante el período final del préstamo pagaremos más capital con menores intereses.

Los factores a tener en cuenta en este sistema de amortización son:

- Capital prestado.
- Tipo de interés.
- Duración del préstamo.

10.2.1.4. Cálculo del cash flow operativo del crédito

El flujo de caja operativo del crédito, abarca el pago de los intereses y el escudo fiscal, que se define como "la propiedad asociada a aquellos gastos que disminuyen los impuestos a pagar". Constituirá una entrada de fondos igual al producto de los intereses por el tipo gravamen del impuesto. Recordemos que el escudo fiscal es la estrategia para reducir los impuestos mediante desgravaciones fiscales. Por ejemplo, como el pago de los intereses de la deuda es un gasto desgravable, endeudarse puede servir de escudo fiscal.

10.2.2. Cálculo de indicadores económicos de resultados

Una vez conocidos los valores de los flujos de caja, se analizarán 3 parámetros que determinarán la viabilidad del proyecto. Se tratará de los 3 criterios más empleados para la evaluación de proyectos de inversión, y son los que se citan a continuación:

- Valor Actual Neto (VAN), expresado en millones de euros
- Tasa Interna de retorno (TIR), expresada en %
- Período de recuperación del proyecto, expresado en años.

10.2.2.1. Valor Actual Neto (VAN)

El valor actual neto del proyecto es el valor actualizado de todos los flujos de caja esperados menos el desembolso inicial necesario para la realización del mismo. Se calcula por medio de la valoración del cash flow total en el momento de tomar la decisión de invertir. Se trata de un valor actualizado al presente de los flujos de caja futuros que se espera que generará el proyecto, descontados a un tipo de interés y comparados con la inversión inicial necesaria para llevar a cabo el proyecto.

El valor de este indicador se obtiene a partir de la siguiente expresión:

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{Q_j}{(1+k)^j} \quad (10.2.2.1)$$

donde:

n: Número de períodos considerados

Qj: Representa los flujos de caja en cada período de tiempo t

k: Coste de capital

I_0 : Valor de la inversión inicial del proyecto.

El criterio empleado para determinar la viabilidad de un proyecto a partir del VAN, es el hecho de que este sea positivo o negativo. En base a este criterio, se podrán dar las 3 situaciones siguientes:

- $VAN < 0$
La inversión produciría ganancias por debajo de la rentabilidad exigida(k), por lo tanto la decisión a tomar sería no invertir en el proyecto.
- $VAN > 0$
La inversión produciría ganancias por encima de la rentabilidad exigida (k), por lo tanto, la decisión a tomar sería invertir en el proyecto.
- $VAN = 0$
La inversión no generaría ni ganancias ni pérdidas, por lo tanto la decisión a tomar, estaría condicionada por otros factores, como por ejemplo, conseguir una mejor posición en el mercado o mejorar la imagen de la empresa.

Este método contribuye a la toma de decisiones de inversión estableciendo un criterio diferenciador que selecciona solamente los proyectos que incrementan el valor total de la empresa. Además, cuando existen varias inversiones con un valor capital positivo, se debe de dar prioridad a aquellos cuyo valor capital sea mayor.

En este proyecto, el número de períodos considerados será de 10 años y como coste de capital tomaremos el que establece el punto 3 del artículo 63 del Real Decreto 634/2015, de 10 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades. El resto de los datos para el cálculo del VAN como los flujos de caja serán conocidos tras realizar los cálculos con la ayuda de Excel y el valor de la inversión inicial también es conocida.

10.2.2.2. Tasa Interna de Retorno (TIR)

La TIR de un proyecto es el tipo de interés que retribuye al proyecto a lo largo de su ciclo de vida. Es por tanto, un indicador de rentabilidad que se consigue a partir del capital invertido.

Matemáticamente, la TIR representa la tasa de descuento que anula al VAN, de forma que su valor se puede obtener igualando a cero la expresión empleada para determinar el VAN y despejando el valor k de la ecuación obtenida. Para su evaluación al valor k lo denominaremos TIR.

$$I_0 = \sum_{j=1}^n \frac{Q_j}{(1+k)^j} \quad (10.2.2.2)$$

donde:

TIR: Tasa interna de retorno, que constituye neste caso la incógnita de la ecuación. Cabe comentar que esta, equivale al término k que aparecía en la expresión del VAN.

Al igual que en caso del análisis del VAN, la TIR se empleará para determinar si el proyecto es o no viable. La tasa mínima por debajo de la cual no debe aceptarse un proyecto, está relacionada con el coste del capital para el inversor. El proyecto sólo será viable en el caso de que la TIR sea mayor (o igual) que el coste de oportunidad, tanto en el caso del proyecto sin financiar que en el caso del proyecto financiado. El criterio empleado para determinar la viabilidad de un proyecto en función de la TIR es:

- $TIR < k$
La rentabilidad del proyecto está por debajo de la mínima exigida, por lo tanto la decisión a tomar sería no invertir en el proyecto.
- $TIR > k$
La rentabilidad del proyecto está por encima de la mínima exigida, por lo tanto la decisión a tomar sería invertir en el proyecto.
- $TIR = k$
La rentabilidad del proyecto iguala a la rentabilidad exigida, por lo tanto, al igual que en el caso del $VAN=0$, la decisión estaría condicionada por otros factores.

La TIR proporciona una medida de la rentabilidad de un proyecto en términos porcentuales. De esta forma, cuanto mayor sea la TIR, mayor será la rentabilidad del proyecto. Sin embargo, la TIR también presenta algunas limitaciones. En primer lugar, considera de forma implícita que los flujos de caja intermedios tienen que ser recolocados en los períodos intermedios a la misma tasa que la TIR a lo largo de toda la vida del proyecto, algo que si la TIR es elevada, resulta complicado. En segundo lugar, si en la vida del proyecto existen varios cambios de signo, es posible que el cálculo presente varias soluciones. Por estas razones, en el caso de no coincidir los resultados proporcionados por el VAN y por la TIR, la decisión se tomará en base al indicado por el Valor Actual Neto (VAN).

10.2.2.3. Período de recuperación del proyecto

El período de recuperación de un proyecto se define como el tiempo necesario para recuperar el capital invertido. Se identifica como el primer año en el que el VAN acumulado del proyecto presenta un valor positivo.

Constituye un indicador de riesgo del proyecto, ya que cuanto mayor sea el número de años necesarios para recuperar los fondos invertidos, mayor será la posibilidad de que existan factores que no se puedan prevenir en el momento de tomar la decisión y que pueden afectar a la rentabilidad del proyecto.

Es importante destacar que nunca se invertirá en un proyecto que presente un período de recuperación mayor que su vida útil ya que eso implicaría que no se recuperará el capital invertido.

10.3. Entorno

El entorno está constituido por aquellos aspectos que tienen influencia económica sobre el proyecto pero sobre los que no es posible actuar. Aunque no es posible modificarlo, conocer el entorno financiero de un proyecto es fundamental para prevenir los efectos que este pueda tener sobre la viabilidad del mismo.

Los datos más importantes de un entorno son: el impuesto de sociedades y el coste de oportunidad de capital.

El impuesto de sociedades es un tributo que grava la renta de las empresas y demás personas jurídicas. Este impuesto se ajustará según los artículos 10 a 14 de la Ley 27/2014, de 27 de noviembre, del Impuesto sobre Sociedades y en el caso de diferencias temporarias se ajustará según los artículos 1 a 5 del Real Decreto 634/2015, de 10 de julio, por el que se aprueba el Reglamento del Impuesto sobre Sociedades.

Realizados todos los cálculos en este proyecto y hallado el resultado de la empresa aplicamos un IS del 25 %.

Se tomará como coste de oportunidad la rentabilidad correspondiente a un producto financiero sin riesgo, como son las obligaciones del Estado. Como la vida del proyecto son 10 años se tomará los resultados de la última puja (5 de Diciembre de 2018) de las Obligaciones de Estado a 10 años. Por lo que, según esto, el tipo de interés de oportunidad de capital en este proyecto será de 1.4 %. Sin embargo, nuestro coste de capital será del 2 %. Esto se debe a que nuestro proyecto presenta cierto riesgo y, por lo tanto, le exigiremos una rentabilidad más alta. En este proyecto se le ha exigido un 40 % más.

10.4. Escenarios

El escenario de un proyecto debe recoger todos los datos relevantes del proyecto evaluadas en diferentes situaciones. Por lo tanto se trata de la principal fuente de datos para la realización del análisis económico del proyecto. En este proyecto analizaremos el proyecto en un escenario pesimista, normal y optimista. A continuación mencionamos los factores clave en estos escenarios y para este proyecto en particular:

- Escenario pesimista:

Haremos la evaluación poniéndonos en el peor de los casos. Esto quiere decir que lo haremos con el precio más bajo que ha alcanzado la leche en los últimos años y que la calidad de esta es mala (por lo que la empresa no percibirá ingresos de este tipo), supondremos que el precio de la luz se incrementa (pues esto nos afectará en los momentos de cubrir los picos de demanda) y consideraremos que la calidad del purín generado por las vacas es de pésima calidad (bajo porcentaje en metano). Además consideraremos que el precio de la tonelada de materias primas que compramos tienen un precio elevado. Los precios de dichos cálculos que supondremos se muestran en la siguiente tabla:

Factor	Precio
Litro de leche	0,27€
Precio kWh	0,13€
Tonelada pienso	366€

Tabla 10.4.0.1 – Precios pesimistas de los factores

- Escenario normal:

En este escenario, consideraremos el precio actual de la leche con una calidad normal del mismo, el precio actual de la electricidad y consideraremos que el purín tiene una calidad aceptable. Además, el precio de la tonelada de materias primas se supondrá haciendo una media del precio que presentó en estos últimos meses. En la tabla se muestran dichas suposiciones:

Factor	Precio
Litro de leche	0,32€
Precio kWh	0,115€
Tonelada pienso	280€

Tabla 10.4.0.2 – Precios normales de los factores

- Escenario optimista:

En este escenario consideraremos que el litro de leche alcanza un precio máximo y que la calidad de la leche es la mejor, el precio de la luz baja y que la calidad del purín es inmejorable (con esto nos referimos a que presenta en proporciones ideales nutrientes, que carece de gérmenes, que la temperatura de digestión es la mejor, etc.). Además las materias primas poseen los precios más bajos hasta el momento, al igual que el precio del combustible que nos afectaría a los gastos para la siembra y la recogida de alimento.

Factor	Precio
Litro de leche	0,4€
Precio kWh	0,09€
Tonelada pienso	180€

Tabla 10.4.0.3 – Precios optimistas de los factores

A continuación, en las siguientes figuras, podemos observar las variaciones en los últimos años de la leche y de la tonelada de pienso.

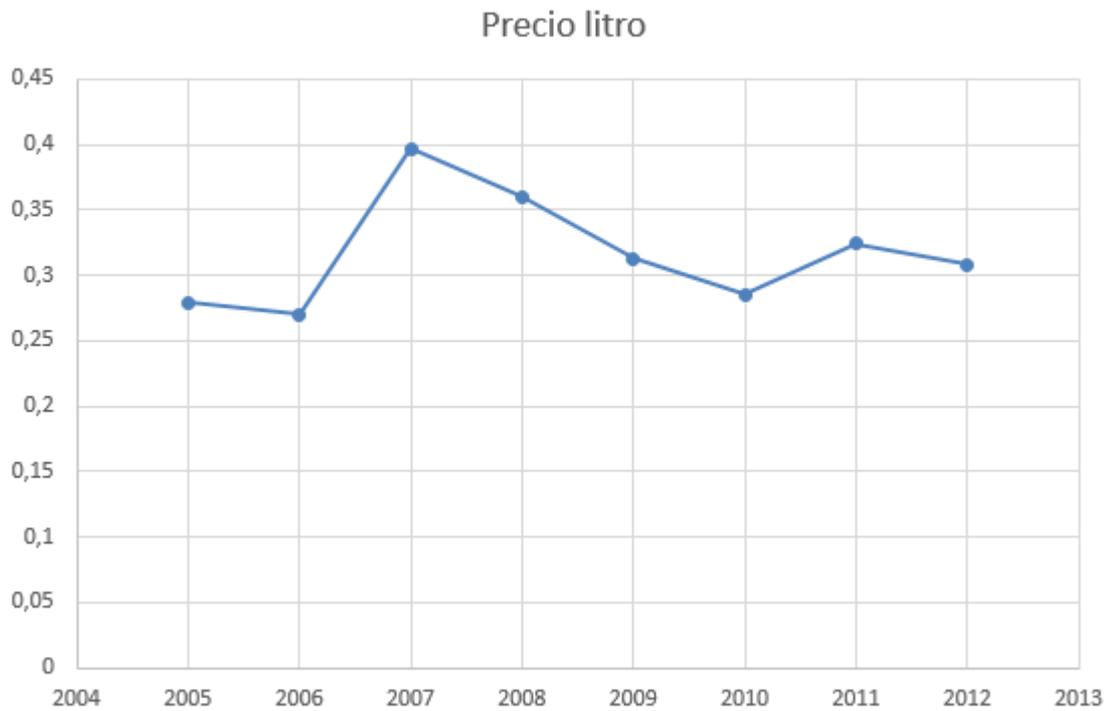


Figura 10.4.0.1 – Evolución precio de la leche

En la figura 10.4.0.1, podemos observar la evolución del precio de la leche desde el año 2005 hasta el año 2012. Observamos que en los meses de tiempo más frío a leche incrementa su precio y en temporada de primavera o verano disminuye debido a la cantidad producida. En la gráfica se alcanza un pico correspondiente a 0.40€/L y un mínimo de 0.27€/L.



Figura 10.4.0.2 – Evolución precio tonelada de pienso

En la figura 10.4.0.2, observamos los precios por tonelada de pienso para vacas lecheras, se van incrementando a medida que pasan los años. En este período observamos que se alcanza

un pico en el mes de Diciembre del 2012 mientras que el precio más bajo lo encontramos ya 12 años atrás en Octubre del 2006.

10.5. Inversión

10.5.1. Inversión activo no corriente

Podemos definir como activo no corriente, un activo que permanece más de un año en la empresa. Se caracteriza por ser un activo difícil de convertir en dinero en efectivo en un plazo corto de tiempo. Dentro del balance de situación de la compañía/empresa, encontramos el inmovilizado intangible y el inmovilizado material como parte de este activo no corriente.

El inmovilizado intangible, son los bienes que emplea la empresa, de carácter duradero y que, como nos indica el propio término, no se pueden tocar. Incluimos en este apartado gastos de investigación y desarrollo, concesiones administrativas, propiedad industrial, aplicaciones informáticas, derechos sobre bienes en régimen de arrendamiento financiero o fondo de comercio.

Concretamente, en nuestro proyecto, contamos con inversiones relacionados con el software del que se hará uso para el control y el seguimiento de la planta, por lo tanto estos corresponderán a aplicaciones informáticas. En cuanto a los restantes gastos referentes al inmovilizado intangible, serán nulos en nuestro caso, ya que no hacemos uso de ningún bien público (en referencia a las concesiones administrativas), no somos propietarios de ninguna patente, marca o nombre comercial (en referencia a los gastos de propiedad industrial), no invertimos en estudios para descubrir nuevos conocimientos (en referencia al I+D) ni tampoco invertimos en activos intangibles para que nos generen beneficios futuros (en referencia a los gastos de fondo de comercio).

El inmovilizado material, a diferencia del anterior, si es palpable. Se define como los bienes físicos de carácter duradero que la empresa requiere para desarrollar su actividad normal. Por este motivo, permanecen en su patrimonio en un período superior al año. Las construcciones, los bienes naturales, las instalaciones técnicas, el mobiliario, el utillaje, los equipos informáticos, los elementos de transporte u otros elementos no mencionados corresponderían al inmovilizado tangible.

En este proyecto, no se lleva a cabo ninguna inversión referente a las construcciones, a los bienes naturales y a los elementos de transporte. Esto se debe a que no es necesaria la adquisición de ningún terreno para instalar la planta de biogás, tampoco es necesaria la construcción de ninguna otra nave a mayores para llevar a cabo el proyecto y no es necesaria la compra de ningún elemento de transporte. Sin embargo, tenemos gastos en referencia a las instalaciones técnicas por un valor de 77.248,00€ que incluye la estructura, los elementos y la maquinaria de la planta que en conjunto forman la unidad tales como el biodigestor de la planta, el tanque de almacenaje de biogás, el gasómetro, canalizaciones, etc. En referencia a la maquinaria, que supone un gasto de 69.800,00€, incluimos el motor de micro cogeneración, el motor de absorción, el compresor o la bomba de desplazamiento. Los gastos que provienen

de la compra de ordenadores y otros elementos necesarios para obtener información de la planta, los situaremos en gastos para equipos que procesan información. En nuestro proyecto, esta inversión supone un gasto de 5.362,00€.

Finalmente, tras identificar el activo no corriente de este proyecto, observamos que el montante resultante es de 156.410,00€.

10.5.2. Vida útil del proyecto

La vida útil de un proyecto es el período de tiempo considerado para llevar a cabo lo que se determina en el análisis y las proyecciones del trabajo. También es denominado "horizonte del proyecto". Este período tiene que ser definido y se debe determinar las fechas o límites temporales en los que se recibirán ingresos y se incidirá en costes. La vida útil de un proyecto depende de los siguientes factores:

- La vida útil de los activos fijos. El periodo de depreciación de los activos fijos más importantes, determina la vida útil de proyecto ya que al vencer el plazo de depreciación habría que realizar de nuevo inversiones muy altas.
- El tipo de recursos que será explotado. Este factor influye notablemente si hacemos uso de recursos no renovables a largo plazo (la duración es equivalente a la vida útil del proyecto) pues corremos el riesgo de que se agoten
- Plazo de amortización del préstamo. Determinará la vida útil el tiempo pactado por el acreedor para pagar el crédito a largo plazo. La vida útil del proyecto no puede ser inferior al tiempo pactado.
- La vida útil de un determinado producto. En ocasiones es considerado como vida útil del proyecto la vida útil de algún objeto tecnológico, sin embargo esto puede suponer una mera interrupción hasta que se sustituya dicho objeto.

En este proyecto, se establecerá una vida útil de 10 años tras considerar excesivos los 25 años que establece para este tipo de instalaciones la Orden IET/1045/2014, de 16 de junio, por la que se aprueban los parámetros retributivos de las instalaciones tipo aplicables a determinadas instalaciones de producción de energía eléctrica a partir de fuentes de energía renovables, cogeneración y residuos.

10.5.3. Amortización inmovilizado

La amortización del inmovilizado, consiste en cuantificar el coste económico que tiene para la empresa la depreciación (o en términos coloquiales el desgaste) del inmovilizado que conforma su patrimonio. Podemos distinguir entre un método de amortización lineal un método según un tanto fijo sobre una base amortizable decreciente.

En este proyecto, para la amortización del inmovilizado aplicaremos una amortización lineal, es decir, a cada ejercicio económico (cada año), se le asigna la enésima parte del valor de amortización.

Este valor de amortización lineal se calculará aplicando la fórmula siguiente:

$$Cuota\ amortización = \frac{V_0 - V_r}{n} \quad (10.5.3.1)$$

donde:

V_0 : Valor inicial del activo.

V_r : Valor residual del activo al final de su vida útil.

n: Número de años de vida útil del activo.

En nuestro caso, y en base a la tabla de coeficientes de amortización lineal que nos establece la agencia tributaria, hemos decidido establecer 10 años de vida útil para la maquinaria (cuando el máximo son 18), 10 años para las instalaciones complementarias (20 años según la tabla) y 10 años para los equipos electrónicos (siendo esta cantidad, el máximo permitido por la tabla). Aplicaremos 5 años de vida útil para las aplicaciones informáticas de los 6 años máximos que se nos permite. Teniendo el valor inicial del activo, los años de vida útil establecidos y asignado un valor residual a la maquinaria pasados los correspondientes a la vida útil, podemos calcular la cuantía correspondiente a la cuota anual de amortización con la ecuación 10.5.3.1. Obtenemos los valores que muestra la tabla 10.5.3.1:

Concepto	Valor inicial	Valor residual	Años	Cuota (€/año)
Maquinaria	69800	10000	10	5980
Instalaciones complementarias	62920	7000	10	5592
Sistemas electrónicos	3770	0	10	377
Aplicaciones informáticas	3500	0	5	700

Tabla 10.5.3.1 – Amortización lineal del activo

10.5.4. Activo corriente

El activo corriente o también denominado líquido, es el activo de una empresa (bienes y derechos) que se caracteriza por poder hacerse líquido (convertirse en dinero) en menos de 12 meses (a corto plazo). Además podemos considerar el activo corriente como los recursos que son necesarios para que la empresa realice las actividades del día a día. Incluiremos en este apartado las existencias, las materias primas y aprovisionamientos, los anticipos a proveedores, los productos en curso, los productos terminados o los subproductos, residuos y materiales recuperados. También incluiremos los deudores comerciales y otras cuentas a cobrar, el efectivo y otros líquidos equivalentes.

En este proyecto, carecemos de mercaderías comerciales. En cuanto a materias primas y aprovisionamientos consideraremos una cantidad de 1132€. Esta cantidad hace referencia al valor de las materias primas como el pienso (se estima en 3 toneladas), productos como el detergente que usamos para limpieza de la sala, el desinfectante, sellado y papel para la higiene en el ordeño, líquido y testeador para las células en la leche, herramientas de ayuda para los partos de las vacas, medicamentos varios como el calcio, aceites y productos de

mantenimiento para los equipos de ordeño, etc. a final de año. En nuestro caso, carecemos de productos en curso y también se decide que a final de año no tenemos ninguna cantidad de leche en la explotación. Por estas razones figura el valor 0. Consideraremos que disponemos de 2 subproductos. Estos serían: por un lado el purín antes de entrar en el tratamiento para la producción de biogás y por otro el purín una vez que ha sido sometido al tratamiento. Tras un estudio realizado por el Centro de Investigaciones Agrarias de Mabegondo (CIAM), se calcula un valor económico del purín debido a sus propiedades fertilizantes. El metro cúbico de purín (antes de ser tratado) tiene un valor aproximado de 8,1 €. En la tabla 10.5.4.1 observamos la justificación de este precio.

Componente	kg/m ³	kg/cisterna de 10 m ³	Valor económico (€)
N	3.02	30.2	36
P ₂ O ₅	1.42	14.2	18€
K ₂ O	3.54	35.4	27€
Total			81€

Tabla 10.5.4.1 – Valoración económica del purín

En el caso de interesar la venta del purín una vez que haya sido tratado, el precio dependerá del que fije el propietario. Partiendo del precio del purín sin tratar, podrá aplicar un porcentaje de subida debido a la mejora de propiedades tras el proceso y debido al gasto que supone llevarlo a cabo.

En referencia a los clientes por ventas incluiremos a la empresa que compra la leche de la explotación. Esta cantidad (23040€) se corresponde a la venta de un mes de leche, pues es cobrada a 30 días. Los deudores varios en este proyecto no los tenemos en cuenta, pues no se realizan otras ventas relacionadas con la actividad principal de la explotación excepto la venta de leche.

Con respecto al efectivo y otros activos líquidos equivalentes estimaremos que el propietario de la explotación tiene actualmente el doble de los ingresos que percibe al mes. Con esto estimamos unos 50.000€.

Finalmente tras evaluar estos activos, el activo corriente en este proyecto supone 54.372,00€.

10.6. Operación

10.6.1. Gastos de explotación

Los gastos de explotación son aquellos en los que incurre una empresa debido al desarrollo de su actividad principal. Los principales gastos que incluyen son los siguientes:

- Gastos relacionados con el consumo de materias primas o mercaderías. Estos gastos serán variables en función de la cantidad de producto producida. En el caso de la luz, sólo afectaría a su parte variable.

- Gastos relacionados con la mano de obra. Estos gastos se consideran fijos pues, estarán siempre presentes independientemente de la cantidad de producto producida. Incluiremos en este apartado, los salarios, IRPF, las cotizaciones a la seguridad social y demás cargas sociales relacionadas.
- Otros gastos fijos. Incluimos el alquiler de las instalaciones (en el caso de haberlos) o seguros.

La importancia de estos gastos radica en que a partir de ellos podemos calcular el resultado de la explotación. Este resultado nos indicará el beneficio o las pérdidas provocadas exclusivamente por la actividad principal de la empresa.

En este proyecto los gastos de explotación serían:

Producto	Importe (€)	Cantidad anual	Coste anual (€)
Ácido para limpieza 12kg.	16	4	64
Análisis de tierra	18.15	1	18.15€
Detergente 24kg.	18	6	108€
Filtros leche 100uds	30	4	120€
Desinfectante 20kg	50	12	600€
Sellado 20kg	85	8	680€
Tonelada pienso	275	321.2	88330€
Guantes 100uds.	8	4	32€
Pack 4 pezoneras	30	10	300€
Metro tubo leche	4.5	15	70€
Aceite motor 5L	70	2	140€
Servicios veterinarios			2800€
Seguro de animales			650€
Servicio carro mezclador	1.5€/min	10950 min.	16425€
Paja	60	30 toneladas	1800€
Recogida de maíz	300€/Ha	34	10200€
Siembra de maíz	650€/Ha	34	22100€
Recogida de hierba verde	-	-	1500€
Recogida de hierba seca	-	-	1500€
Total			147437,15€

Tabla 10.6.1.1 – Gastos de explotación

10.6.2. Ingresos

Un ingreso se define como un incremento de los recursos económicos. Este debe entenderse en el contexto de activos y pasivos, puesto que es la recuperación de un activo. Los ingresos suponen un aumento en el patrimonio neto de la empresa. Este aumento se conseguirá o bien por el aumento del valor de los activos o en la disminución de un pasivo. Podemos diferenciar dos principales tipos de ingresos: Los ingresos por venta de bienes y los ingresos por

prestación de servicios. En este proyecto, carecemos del último tipo mencionado ya que no prestamos servicio alguno.

En el presente trabajo solo se contabilizarán ingresos por la venta de bienes, es decir, por la venta de la leche producida.

10.7. Financiamiento

Los datos relativos al financiamiento afectan solamente al estudio de viabilidad del proyecto financiado.

En nuestra evaluación, se ha decidido financiar el 80 % del presupuesto total del proyecto. Para más facilidad en la referencia a las cuentas, en lugar de usar los 219.454,80€ de presupuesto obtenido, se usará la cantidad de 220.000€. Por lo tanto, si aplicamos el porcentaje citado, el préstamo será de 176.000€. Esta cantidad la devolveremos a lo largo de 10 años a la entidad bancaria a través de cuotas mensuales de 1.794,49€ (una vez consultado a la entidad financiera). El tipo de interés aplicado se corresponde a un tipo fijo de un 4,15 %. Además, tendremos en cuenta, 1496€ correspondiente a la comisión de apertura. En esta ocasión supone un 0,85 % del préstamo. En este proyecto, el porcentaje correspondiente al corretaje es de un 3 por mil, convirtiéndose esto en una cantidad de 528€.

10.8. Cálculo de los flujos de caja y de los indicadores económicos de resultados

En esta sección se recogen los cálculos efectuados para obtener los flujos de caja para cada uno de los escenarios.

- Escenario pesimista: En este escenario, los flujos de caja han sido: El cash flow extraoperativo del proyecto en el año cero es igual a la inversión inicial, el año 1 se ha obtenido -68.271,40, cuya cantidad la recuperaremos en el año 10. El cash flow operativo del proyecto empieza en una cantidad de 75.037 y se va decrementando a lo largo de la vida útil del proyecto. Podemos observar que el cash flow total del proyecto sin financiar comienza en el año cero con la inversión en negativo y aumenta con el paso de los años.

En el caso de proyecto financiado comenzamos con un cash flow extraoperativo del crédito igual al préstamo obtenido (año 0) y observamos como disminuye notablemente. El cash flow operativo del crédito, comienza en el año 1 y aumenta paulatinamente.

- Escenario normal: En este escenario, los flujos de caja han sido: El cash flow extraoperativo del proyecto en el año cero es igual a la inversión inicial, el año 1 se ha obtenido -68.271,40, cuya cantidad la recuperaremos en el año 10. El cash flow operativo del proyecto empieza en una cantidad de 108.787 y se va decrementando a lo largo de la vida útil del proyecto. Podemos observar que el

cash flow total del proyecto sin financiar comienza en el año cero con la inversión en negativo y aumenta con el paso de los años.

En el caso de proyecto financiado comenzamos con un cash flow extraoperativo del crédito igual al préstamo obtenido (año 0) y observamos como disminuye notablemente. El cash flow operativo del crédito, comienza en el año 1 y aumenta paulatinamente.

- Escenario optimista: De la misma forma que en los escenarios anteriores, el cash flow extraoperativo del proyecto en el año cero es igual a la inversión inicial, el año 1 se ha obtenido -68.271,40, cuya cantidad la recuperaremos en el año 10. El cash flow operativo del proyecto empieza en una cantidad de 162.247 y se va decrementando a lo largo de la vida útil del proyecto. Con respecto al proyecto financiado, las cifras se mantienen igual que en los escenarios anteriores. Cabe comentar que estos flujos de caja están reflejados en los anexos III, IV y V respectivamente.

10.9. Resultados

Los resultados obtenidos para los indicadores económicos utilizados para evaluar el proyecto: TIR; VAN y período de recuperación en los 3 escenarios planteados:

- Escenario pesimista:
Tras hacer los cálculos con los datos considerados en el escenario pesimista (tal y como refleja la tabla 10.4.0.1) hacemos el análisis para el caso del proyecto sin financiar y financiado. Para el primer caso, obtenemos un valor del TIR de 27.88%, un valor del VAN de 413.401,21 y un período de recuperación de 4 años tal y como muestra la tabla el anexo II. Lo que nos indica que la decisión a tomar con referencia a la inversión sería positiva, es decir, es recomendable invertir en el proyecto. Esta decisión viene dada porque el VAN es positivo y la tasa interna de retorno (TIR), supera la rentabilidad exigida.
Del mismo modo, sería recomendable invertir en el proyecto financiado. Aunque varía el VAN tomando ahora un valor de 382509,51, sigue siendo positivo, el TIR aumenta a un 61,68% y el período de recuperación se reduce en 2 años, quedando finalmente en 2 años.
- Escenario normal:
Tras hacer los cálculos con los datos considerados en el escenario normal (tal y como refleja la tabla 10.4.0.2) hacemos el análisis para el caso del proyecto sin financiar y financiado. Para el primer caso, obtenemos un valor del TIR de 32.79%, un valor del VAN de 453.908,74 y un período de recuperación de 4 años. Con estos resultados y como hemos explicado en la teoría en secciones anteriores, la decisión sería invertir en el proyecto ya que el VAN es mayor de 0 y el TIR es mayor que la rentabilidad exigida (recordemos que la rentabilidad

exigida a nuestro proyecto será del 2%). Además, el período de recuperación es razonable teniendo en cuenta la vida útil del proyecto y la duración del préstamo. Para el segundo caso (proyecto financiado), el VAN descendería a 420.393,99 con respecto al proyecto sin financiar, pero siendo positivo en todo momento y el TIR asciende considerablemente a un 90,42% superando con creces la rentabilidad exigida al proyecto. Observamos también que se reduce el período de recuperación.

Todos los datos de los cálculos realizados se reflejan en el anexo IV adjunto.

- Escenario optimista:

Tras hacer los cálculos con los datos considerados en el escenario optimista (tal y como refleja la tabla 10.4.0.3) hacemos el análisis para el caso del proyecto sin financiar y financiado. Para el primer caso, obtenemos un valor del TIR de 42.09%, un valor del VAN de 513.739,79 y un período de recuperación de 3 años. Para el segundo caso, obtenemos un TIR del 169.09%, un VAN de 479.407,68 y un período de recuperación de 1 año.

En ambos casos es recomendable invertir en el proyecto porque de nuevo y como ya comentamos en otras ocasiones, el VAN es positivo, el TIR es superior a la rentabilidad establecida para nuestro proyecto y los dos períodos de recuperación son válidos.

Los datos y cálculos realizados están a disposición del lector en el anexo V que se adjunta.

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

ANEXOS

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento ANEXOS

11 Anexo I: Documentación de partida	99
12 Anexo II: Rendimiento biogás	103
13 Anexo III: Plan de viabilidad en el escenario pesimista	105
14 Anexo IV: Plan de viabilidad en el escenario normal	111
15 Anexo V: Plan de viabilidad en el escenario optimista	117
16 Anexo VI: Estudios básico de seguridad y salud	123
16.0.1 Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar	123
16.0.1.1 Caídas al mismo nivel	123
16.0.1.2 Caídas a distinto nivel	123
16.0.1.3 Caídas de objetos de cotas superiores	124
16.0.1.4 Golpes y/o cortes por objetos o herramientas	124
16.0.1.5 Atropellos por máquinas en movimiento	125
16.0.1.6 Contactos eléctricos	125
16.0.2 Formación e información de los trabajadores	126
16.0.3 Normas o medidas preventivas sobre maquinaria y herramientas en general	126
16.0.4 Primeros auxilios	126
16.0.5 Servicios	127
17 Otros anexos	129

11 Anexo I: Documentación de partida



ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

ASIGNACIÓN DE TRABAJO FIN DE GRADO

En virtud de la solicitud efectuada por:

En virtud da solicitude efectuada por:

APELLIDOS, NOMBRE: Fandiño Sánchez, María
APELIDOS E NOME:

DNI: [REDACTED] **Fecha de Solicitud:** OCT2018
DNI: [REDACTED] *Fecha de Solicitude:*

Alumno de esta escuela en la titulación de Grado en Ingeniería en Electrónica Industrial y Automática, se le comunica que la Comisión de Proyectos ha decidido asignarle el siguiente Trabajo Fin de Grado:

O alumno de esta escola na titulación de Grado en Enxeñería en Electrónica Industrial e Automática, comunícaselle que a Comisión de Proxectos ha decidido asignarlle o seguinte Traballo Fin de Grado:

Título T.F.G: Estudio de viabilidad técnico-económica para sistema de trigeneración a partir de biogás en explotación ganadera.

Número TFG: 770G01A158

TUTOR: (Titor) Couce Casanova, Antonio

COTUTOR/CODIRECTOR: María Sonia Bouza Fernández

La descripción y objetivos del Trabajo son los que figuran en el reverso de este documento:

A descrición e obxectivos do proxecto son os que figuran no reverso deste documento.

Ferrol a Martes, 30 de Outubro del 2018

Retirei o meu Traballo Fin de Grado o día ____ de ____ do ano _____

Fdo: Fandiño Sánchez, María

DESCRIPCIÓN Y OBJETIVO:OBJETO:

El presente Trabajo Fin de Grado (TFG), trata de analizar la viabilidad de técnico económica de una instalación de aprovechamiento del biogás procedente de los purines de una granja de vacuno y por medio de un sistema de trigeneración producir energía eléctrica, calor y frío necesarias para la explotación, oficinas y vivienda anexa.

ALCANCE:

Técnico.

- Estimación de la producción de biogás en función del tamaño de la explotación.
- Dimensionado y cálculo de las instalaciones de producción, almacenamiento y distribución interna del gas. (Dimensionado de digester, depósitos, tuberías, etc.)
- Selección del sistema de generación y estimación de producción eléctrica, frigorífica y calorífica del mismo.
- Diseño y cálculo de instalaciones de distribución interna y selección de equipos terminales.

Se realizarán los cálculos, diseños y planos técnicos necesarios aclaratorios.

Económico.

- Estudio de costes de explotación para la dimensión del granja.
- Valoración de la energía generada.
- Calculo de precio de equipos e instalaciones necesarias.
- Realización de plan de viabilidad económica (TIR, VAN, etc.)
- Análisis de sensibilidad de la inversión y conclusiones.

12 Anexo II:Rendimiento biogás

Especie de animal	Cantidad de excreta diaria (kg.)	Rendimiento de biogás (m ³ /kg. excreta)	Producción de biogás (m ³ /animal.día)	Relación Excreta:agua
Vacuno				
➤ Grande	15	0.04	0.6	1:1
➤ Pequeño	8		0.32	
➤ Terneros	4		0.16	
Ovino		0.05		1:2 a 1:3
➤ Grande	5		0.25	
➤ Pequeño	1.5		0.05	
Avícola		0.06		1:3
➤ Grande	0.15		0.009	
➤ Pequeño	0.05		0.003	
Porcino				1:1 a 1:3
➤ Grande	2	0.07	0.14	
➤ Pequeño	1		0.7	
Equino				1:2 a 2:3
➤ Grande	15	0.04	0.6	
➤ Pequeño	8		0.3	
Humano				1:2 a 1:3
➤ Adulto	0.4	0.07	0.028	
➤ Niño	0.2		0.014	

13 Anexo III: Plan de viabilidad en el escenario pesimista

I. Mercados**II. Inversión**

	INVERSIÓN FIJA (€)	VIDA ÚTIL (años)
Maquinaria	69.800	10
Instalaciones complementarias	77.248	10
Sistemas electrónicos	5.362	10
Aplicaciones informáticas	3.500	5

III. Datos Operativos

INGRESOS (ahorros)		
Ahorro energético	7.200	€/año

IV. Datos del Entorno

Impuesto sobre Sociedades (IS)	25%
Coste del capital	2%

V. Financiación

% Capital financiado	80%	Inversión Fija
Tipo de interés	4,15%	
Período del préstamo	7	años
Corretaje	0,003%	
Comisión	0,85%	

RESULTADOS		
Tipo de proyecto	Proyecto Sin Financiar (PSF)	Proyecto Financiado (PF)
VAN (€)	413.401,21	382.509,51
TIR	27,88%	61,68%
Período de Recuperación (años)	4	2

AMORTIZACIÓN LINEAL				
Concepto	Valor	Valor residual	Años	Cuota (€/año)
Maquinaria	69.800	10000	10	5.980
Instalaciones complementarias	62.920	7000	10	5.592
Sistemas electrónicos	3.770	0	10	377
Aplicaciones informáticas	3.500	0	5	700

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortización	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	11.949	11.949	11.949	11.949	11.949

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(A) ACTIVO NO CORRIENTE (ANC)											
Inversion inicial	181.367,90										
(3) TOTAL GASTOS AMORTIZABLES (ACTIVO NO CORRIENTE)	181.367,90										
(B) ACTIVO CORRIENTE (AC)											
I. Existencias											
Materias primas y otros aprovisionamientos (p.e.: combustibles, repuestos, embalajes, material de oficina, etc.)		1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00
Productos terminados		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subproductos, residuos y materiales recuperados		3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00
II. Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar											
Cientes por ventas y prestaciones de servicios		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III. Efectivo y otros activos líquidos equivalentes											
Tesorería (caja (efectivo) y bancos c/c)		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
(4) TOTAL ACTIVO CORRIENTE = Existencias + Deudores comerciales + Efectivo		54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00
(C) PASIVO CORRIENTE (PC)											
I. Deudas a corto plazo											
Deudas con entidades de crédito											
II. Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar											
Proveedores		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(5) TOTAL PASIVO CORRIENTE = Deudas a corto plazo + Acreedores comerciales		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(6) FONDO DE MANIOBRA (FM)		45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40
(7) INVERSIÓN EN FONDO DE MANIOBRA		68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40
(8) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL PROYECTO (CFE) Ó TOTAL DE FONDOS ABSORBIDOS		181.367,90	68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía		7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200
(9) VENTAS		236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520
(10) COSTES VARIABLES (CV) (-)		145.007	- 145.892	- 146.782	147.677	- 148.578	149.484	- 150.396	- 151.313	- 152.236	- 153.165
(11) MARGEN BRUTO		98.713	97.828	89.738	88.843	87.942	87.036	86.124	85.207	84.284	83.355
(12) COSTES FIJOS DESEMBOLSABLES (CF) (-)		2.880	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430
(13) AMORTIZACIONES (-)		12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949
(14) TOTAL COSTES FIJOS		15.529	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379
(15) BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS (BAI)		83.184	81.749	73.659	72.764	71.863	71.657	70.745	69.828	68.905	67.976
(16) IMPUESTO DE SOCIEDADES (-)		20.796	- 20.437	- 18.415	- 18.191	- 17.966	- 17.914	- 17.686	- 17.457	- 17.226	- 16.994
(17) BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS (BDI)		62.388	61.312	55.245	54.573	53.897	53.743	53.059	52.371	51.678	50.982
(18) CASH FLOW OPERATIVO (CFO)		75.037	73.961	67.894	67.222	66.546	65.692	65.008	64.320	63.627	62.931

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL DEL PROYECTO SIN FINANCIAR (CFT)	-181367,9	6.765,49	73.961	67.894	67.222	66.546	65.692	65.008	64.320	63.627	131.202
TIR	27,88%										
VAN (€)	413.401										
VAN ACUMULADO (€)	- 181.368	174.735,07	103.646	-39.668	22.434	82.707	141.040	197.633	252.529	305.770	413.401
Período de recuperación (años)	4										

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL PROYECTO SIN FINANCIAR	-181.368	6.765	73.961	67.894	67.222	66.546	65.692	65.008	64.320	63.627	131.202
(28) CASH FLOW TOTAL CRÉDITO	143.857	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066	0	0	0
(29) CASH FLOW TOTAL PROYECTO FINANCIADO	-37.511	-16.037	50.968	44.703	43.826	42.936	41.858	40.942	64.320	63.627	131.202
Recursos Propios (RP) (aportación de fondos del promotor)		53.549									
Recursos Ajenos (RA) (Crédito)		145.094									
CMPC		2,81%									
TIR		61,68%									
VAN		382.510									
VAN ACUMULADO	-37.511	-53.110	33.537	75.827	116.154	154.581	191.018	225.683	278.652	329.617	431.834
Período de recuperación		2									

Años	0	1	2	3	4	5	6	7
(20) Entradas	145094,32							
(21) Corretaje	-4,3528296							
(22) Comisiones	-1233,30172							
(23) Devolución de principal (Amortización)		-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(24) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL CRÉDITO	143856,6655	-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(25) Intereses		-6.021,41 €	-5.262,51 €	-4.472,11 €	-3.648,91 €	-2.791,54 €	-1.898,60 €	-968,60 €
(26) Escudo fiscal		1.505	1.316	1.118	912	698	475	242
(27) CASH FLOW OPERATIVO DEL CRÉDITO		-4.516	-3.947	-3.354	-2.737	-2.094	-1.424	-726
(28) CASH FLOW TOTAL DEL CRÉDITO	143856,6655	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066

14 Anexo IV: Plan de viabilidad en el escenario normal

I. Mercados**II. Inversión**

	INVERSIÓN FIJA (€)	VIDA ÚTIL (años)
Maquinaria	69.800	10
Instalaciones complementarias	77.248	10
Sistemas electrónicos	5.362	10
Aplicaciones informáticas	3.500	5

III. Datos Operativos

INGRESOS (ahorros)		
Ahorro energético	7.200	€/año

IV. Datos del Entorno

Impuesto sobre Sociedades (IS)	25%
Coste del capital	2%

V. Financiación

% Capital financiado	80%	Inversión Fija
Tipo de interés	4,15%	
Período del préstamo	7	años
Corretaje	0,003%	
Comisión	0,85%	

RESULTADOS		
Tipo de proyecto	Proyecto Sin Financiar (PSF)	Proyecto Financiado (PF)
VAN (€)	453.908,74	420.393,99
TIR	32,79%	90,42%
Período de Recuperación (años)	4	2

AMORTIZACIÓN LINEAL				
Concepto	Valor	Valor residual	Años	Cuota (€/año)
Maquinaria	69.800	10000	10	5.980
Instalaciones complementarias	62.920	7000	10	5.592
Sistemas electrónicos	3.770	0	10	377
Aplicaciones informáticas	3.500	0	5	700

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortización	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	11.949	11.949	11.949	11.949	11.949

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(A) ACTIVO NO CORRIENTE (ANC)											
Inversion inicial	181.367,90										
(3) TOTAL GASTOS AMORTIZABLES (ACTIVO NO CORRIENTE)	181.367,90										
(B) ACTIVO CORRIENTE (AC)											
I. Existencias											
Materias primas y otros aprovisionamientos (p.e.: combustibles, repuestos, embalajes, material de oficina, etc.		1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00
Productos terminados		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subproductos, residuos y materiales recuperados		3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00
II. Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar											
Cientes por ventas y prestaciones de servicios		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III. Efectivo y otros activos líquidos equivalentes											
Tesorería (caja (efectivo) y bancos c/c)		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
(4) TOTAL ACTIVO CORRIENTE = Existencias + Deudores comerciales + Efectivo		54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00
(C) PASIVO CORRIENTE (PC)											
I. Deudas a corto plazo											
Deudas con entidades de crédito											
II. Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar											
Proveedores		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(5) TOTAL PASIVO CORRIENTE = Deudas a corto plazo + Acreedores comerciales		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(6) FONDO DE MANIOBRA (FM)		45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40
(7) INVERSIÓN EN FONDO DE MANIOBRA		68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40
(8) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL PROYECTO (CFE) Ó TOTAL DE FONDOS ABSORBIDOS	181.367,90	68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía		7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200
(9) VENTAS		280.320	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520
(10) COSTES VARIABLES (CV) (-)		- 143.807	- 144.684	- 145.567	- 146.455	- 147.348	- 148.247	- 149.151	- 150.061	- 150.977	- 151.898
(11) MARGEN BRUTO		143.713	99.036	90.953	90.065	89.172	88.273	87.369	86.459	85.543	84.622
(12) COSTES FIJOS DESEMBOLSABLES (CF) (-)		- 2.880	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430
(13) AMORTIZACIONES (-)		- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949
(14) TOTAL COSTES FIJOS		- 15.529	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379
(15) BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS (BAI)		128.184	82.957	74.874	73.986	73.093	72.894	71.990	71.080	70.164	69.243
(16) IMPUESTO DE SOCIEDADES (-)		- 32.046	- 20.739	- 18.719	- 18.497	- 18.273	- 18.223	- 17.997	- 17.770	- 17.541	- 17.311
(17) BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS (BDI)		96.138	62.217	56.156	55.490	54.820	54.670	53.992	53.310	52.623	51.933
(18) CASH FLOW OPERATIVO (CFO)		108.787	74.866	68.805	68.139	67.469	66.619	65.941	65.259	64.572	63.882

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL DEL PROYECTO SIN FINANCIAR (CFT)	-181367,9	40.515,49	74.866	68.805	68.139	67.469	66.619	65.941	65.259	64.572	132.153
TIR	32,79%										
VAN (€)	453.909										
VAN ACUMULADO (€)	- 181.368	-141.646,83	-69.688	-4.851	58.098	119.206	178.363	235.768	291.466	345.497	453.909
Período de recuperación (años)	4										

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL PROYECTO SIN FINANCIAR	-181.368	40.515	74.866	68.805	68.139	67.469	66.619	65.941	65.259	64.572	132.153
(28) CASH FLOW TOTAL CRÉDITO	143.857	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066	0	0	0
(29) CASH FLOW TOTAL PROYECTO FINANCIADO	-37.511	17.713	51.874	45.614	44.743	43.858	42.786	41.875	65.259	64.572	132.153
Recursos Propios (RP) (aportación de fondos del promotor)		37.511									
Recursos Ajenos (RA) (Crédito)		145.094									
CMPC		2,88%									
TIR		90,42%									
VAN		420.394									
VAN ACUMULADO	-37.511	-20.295	68.132	111.225	152.310	191.453	228.569	263.877	317.358	368.794	471.111
Período de recuperación		2									

Años	0	1	2	3	4	5	6	7
(20) Entradas	145094,32							
(21) Corretaje	-4,3528296							
(22) Comisiones	-1233,30172							
(23) Devolución de principal (Amortización)		-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(24) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL CRÉDITO	143856,6655	-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(25) Intereses		-6.021,41 €	-5.262,51 €	-4.472,11 €	-3.648,91 €	-2.791,54 €	-1.898,60 €	-968,60 €
(26) Escudo fiscal		1.505	1.316	1.118	912	698	475	242
(27) CASH FLOW OPERATIVO DEL CRÉDITO		-4.516	-3.947	-3.354	-2.737	-2.094	-1.424	-726
(28) CASH FLOW TOTAL DEL CRÉDITO	143856,6655	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066

15 Anexo V: Plan de viabilidad en el escenario optimista

I. Mercados**II. Inversión**

	INVERSIÓN FIJA (€)	VIDA ÚTIL (años)
Maquinaria	69.800	10
Instalaciones complementarias	77.248	10
Sistemas electrónicos	5.362	10
Aplicaciones informáticas	3.500	5

III. Datos Operativos

INGRESOS (ahorros)		
Ahorro energético	7.200	€/año

IV. Datos del Entorno

Impuesto sobre Sociedades (IS)	25%
Coste del capital	2%

V. Financiación

% Capital financiado	80%	Inversión Fija
Tipo de interés	4,15%	
Período del préstamo	7	años
Corretaje	0,003%	
Comisión	0,85%	

RESULTADOS		
Tipo de proyecto	Proyecto Sin Financiar (PSF)	Proyecto Financiado (PF)
VAN (€)	513.739,79	479.407,68
TIR	42,09%	169,09%
Período de Recuperación (años)	3	1

AMORTIZACIÓN LINEAL				
Concepto	Valor	Valor residual	Años	Cuota (€/año)
Maquinaria	69.800	10000	10	5.980
Instalaciones complementarias	62.920	7000	10	5.592
Sistemas electrónicos	3.770	0	10	377
Aplicaciones informáticas	3.500	0	5	700

Año	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Amortización	12.649	12.649	12.649	12.649	12.649	11.949	11.949	11.949	11.949	11.949

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(A) ACTIVO NO CORRIENTE (ANC)											
Inversion inicial	181.367,90										
(3) TOTAL GASTOS AMORTIZABLES (ACTIVO NO CORRIENTE)	181.367,90										
(B) ACTIVO CORRIENTE (AC)											
I. Existencias											
Materias primas y otros aprovisionamientos (p.e.: combustibles, repuestos, embalajes, material de oficina, etc.		1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00	1.132,00
Productos terminados		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Subproductos, residuos y materiales recuperados		3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00	3.240,00
II. Deudores comerciales y otras cuentas a cobrar											
Cientes por ventas y prestaciones de servicios		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
III. Efectivo y otros activos líquidos equivalentes											
Tesorería (caja (efectivo) y bancos c/c)		50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00	50.000,00
(4) TOTAL ACTIVO CORRIENTE = Existencias + Deudores comerciales + Efectivo		54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00	54.372,00
(C) PASIVO CORRIENTE (PC)											
I. Deudas a corto plazo											
Deudas con entidades de crédito											
II. Acreedores comerciales y otras cuentas a pagar											
Proveedores		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(5) TOTAL PASIVO CORRIENTE = Deudas a corto plazo + Acreedores comerciales		9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60	9.140,60
(6) FONDO DE MANIOBRA (FM)		45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40	45.231,40
(7) INVERSIÓN EN FONDO DE MANIOBRA		68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40
(8) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL PROYECTO (CFE) Ó TOTAL DE FONDOS ABSORBIDOS	181.367,90	68.271,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	68.271,40

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Ahorro energía		7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200	7.200
(9) VENTAS		350.400	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520	236.520
(10) COSTES VARIABLES (CV) (-)		- 142.607	- 143.477	- 144.352	- 145.233	- 146.119	- 147.010	- 147.907	- 148.809	- 149.717	- 150.630
(11) MARGEN BRUTO		214.993	100.243	92.168	91.287	90.401	89.510	88.613	87.711	86.803	85.890
(12) COSTES FIJOS DESEMBOLSABLES (CF) (-)		- 2.880	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430	- 3.430
(13) AMORTIZACIONES (-)		- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 12.649	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949	- 11.949
(14) TOTAL COSTES FIJOS		- 15.529	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 16.079	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379	- 15.379
(15) BENEFICIO ANTES DE IMPUESTOS (BAI)		199.464	84.164	76.089	75.208	74.322	74.131	73.234	72.332	71.424	70.511
(16) IMPUESTO DE SOCIEDADES (-)		- 49.866	- 21.041	- 19.022	- 18.802	- 18.581	- 18.533	- 18.309	- 18.083	- 17.856	- 17.628
(17) BENEFICIO DESPUÉS DE IMPUESTOS (BDI)		149.598	63.123	57.067	56.406	55.742	55.598	54.926	54.249	53.568	52.883
(18) CASH FLOW OPERATIVO (CFO)		162.247	75.772	69.716	69.055	68.391	67.547	66.875	66.198	65.517	64.832

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL DEL PROYECTO SIN FINANCIAR (CFT)	-181367,9	93.975,49	75.772	69.716	69.055	68.391	67.547	66.875	66.198	65.517	133.104
TIR	42,09%										
VAN (€)	513.740										
VAN ACUMULADO (€)	- 181.368	-89.235,07	-16.405	49.289	113.085	175.029	235.009	293.227	349.727	404.548	513.740
Período de recuperación (años)	3										

Años	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
(19) CASH FLOW TOTAL PROYECTO SIN FINANCIAR	-181.368	93.975	75.772	69.716	69.055	68.391	67.547	66.875	66.198	65.517	133.104
(28) CASH FLOW TOTAL CRÉDITO	143.857	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066	0	0	0
(29) CASH FLOW TOTAL PROYECTO FINANCIADO	-37.511	71.173	52.779	46.525	45.659	44.780	43.714	42.808	66.198	65.517	133.104
Recursos Propios (RP) (aportación de fondos del promotor)		37.511									
Recursos Ajenos (RA) (Crédito)		145.094									
CMPC		2,88%									
TIR		169,09%									
VAN		479.408									
VAN ACUMULADO	-37.511	31.666	122.472	166.426	208.352	248.318	286.239	322.334	376.585	428.774	531.827
Período de recuperación		1									

Años	0	1	2	3	4	5	6	7
(20) Entradas	145094,32							
(21) Corretaje	-4,3528296							
(22) Comisiones	-1233,30172							
(23) Devolución de principal (Amortización)		-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(24) CASH FLOW EXTRAOPERATIVO DEL CRÉDITO	143856,6655	-18.287	-19.046	-19.836	-20.659	-21.517	-22.410	-23.340
(25) Intereses		-6.021,41 €	-5.262,51 €	-4.472,11 €	-3.648,91 €	-2.791,54 €	-1.898,60 €	-968,60 €
(26) Escudo fiscal		1.505	1.316	1.118	912	698	475	242
(27) CASH FLOW OPERATIVO DEL CRÉDITO		-4.516	-3.947	-3.354	-2.737	-2.094	-1.424	-726
(28) CASH FLOW TOTAL DEL CRÉDITO	143856,6655	-22.803	-22.993	-23.190	-23.396	-23.610	-23.834	-24.066

16 Anexo VI: Estudios básico de seguridad y salud

En esta sección, se presenta un Estudio básico de los riesgos existentes en la ejecución de este proyecto.

16.0.1. Estimación de los riesgos y medidas preventivas en los trabajos a realizar

16.0.1.1. Caídas al mismo nivel

Objetos presentes en los pisos, tales como tornillos, piezas, herramientas, materiales, trapos, recortes, escombros, cables, tubos, cuerdas o mangueras cruzando la zona de paso, moquetas sueltas, pavimento con desniveles, agua, aceite grasas y detergentes.

Prevención:

Las zonas de trabajo deberán ser lo suficientemente amplias para el tránsito del personal, procurando que estas estén libres de obstáculos a fin de evitar lesiones, cortes o contusiones. Todas las herramientas, piezas y restos de objetos deberán ser guardados o depositados en sus correspondientes lugares de almacenaje.

En todo momento se hará uso de los equipos de protección y seguridad.

16.0.1.2. Caídas a distinto nivel

Producidas desde escaleras de peldaños, escaleras fijas de servicio, escaleras de mano, plataformas, fosos, muelles de carga, estructuras, andamios zanjas, etc.

Prevención:

Es obligatorio utilizar el arnés de seguridad adecuado para todo trabajo que implique estar a cierta altura.

En la obra se dispondrán de líneas de vida sujetas a puntos fijos, sólidos y resistente a los que atar los mosquetones de los cinturones de seguridad durante todos los trabajos en condiciones descritas anteriormente.

No se arrojarán herramientas ni materiales al interior de la excavación. Se hará uso de una cuerda para tal fin o se pasarán de mano en mano.

Se balizará el perímetro de bordes de desniveles que no estén protegidos.

Nunca se improvisarán las plataformas de trabajo, sino que se construirán de acuerdo con la normativa legal vigente y normas de seguridad establecidas.

16.0.1.3. Caídas de objetos de cotas superiores

Posibilidad de desplome o derrumbamiento de estructuras elevadas, pilas de materiales, tabiques, escaleras, etc.

Prevención:

No se colocarán materiales, herramientas, etc., en la proximidad de máquinas o aparatos que por su situación, puedan ser atrapados por los mismos y/o que puedan caer desde altura a cotas inferiores.

Los trabajadores no pasarán ni permanecerán bajo otros operarios trabajando, ni bajo cargas suspendidas. Las cargas suspendidas serán guiadas con cuerdas hasta el lugar de recibido.

Antes de hacer uso de cualquier aparato de elevación, se comprobará que:

- Los elementos de sujeción se encuentran en buen estado e indican a carga máxima que soportan.
- Que la carga a elevar no supera el límite de carga.
- Que la carga está correctamente eslingada o contenida en el recipiente apropiado.
- Que el trayecto de la carga y los desplazamientos son advertidos.
- No avanzar con la carga si la trayectoria no es clara.

Está completamente prohibido pasar cargas suspendidas sobre los trabajadores así como balancear las cargas.

16.0.1.4. Golpes y/o cortes por objetos o herramientas

Lesión por un objeto o herramienta que se mueve por fuerzas diferentes a la de la gravedad. Se incluyen golpes con martillos y otras herramientas de uso habitual o esporádico utilizadas por los operarios.

Prevención:

Los manuales de instrucciones de todas las máquinas y portátiles se encontrarán a disposición de los trabajadores que las manejen. No se anularán los dispositivos de seguridad de las máquinas herramientas (radiales, taladros, sierras, etc.).

Todas las herramientas que se utilicen estarán en perfecto estado de uso y conservación. Se revisarán periódicamente, inspeccionando cuidadosamente mangos, filos, zonas de ajuste, partes móviles, partes cortantes y/o susceptibles de proyección. Se utilizarán guantes contra agresiones mecánicas para cualquier operación de corte y para el manejo de piezas con aristas cortantes.

16.0.1.5. Atropellos por máquinas en movimiento

Comprende los atropellos de personas por vehículos o en los que el trabajador lesionado va sobre el mismo.

Prevención:

Deberán adoptarse medidas de organización para evitar que se encuentren trabajadores a pie de la zona de trabajo de equipos de trabajo motorizados.

16.0.1.6. Contactos eléctricos

Contempla el riesgo de daño por descarga eléctrica al entrar en contacto con algún elemento sometido a tensión eléctrica (cables de alimentación, cables de máquinas, cuadros eléctricos, motores, etc.)

Prevención:

Toda instalación provisional y equipos eléctricos cumplirán la normativa vigente. En todo caso se evitará que los cables estén en el suelo o en zonas húmedas y en general donde puedan ser dañados.

Los conductores eléctricos, enchufes y tomas serán revisados periódicamente y sustituidos en cuanto se observe deterioro en su aislamiento. Se revisarán periódicamente las protecciones contra contactos directos e indirectos de máquinas e instalaciones, corrigiéndose de inmediato cualquier deficiencia.

Se prohíbe el conexionado de cables eléctricos a los cuadros y/o ladrones y/o alargadores, etc., sin la utilización de clavijas macho-hembra en perfectas condiciones de conservación. Siempre se utilizarán conductores y enchufes de intemperie. Las clavijas permanecerán elevadas del suelo, especialmente en zonas húmedas o mojadas.

A la hora de conectar un equipo a la red eléctrica cerciorarse de que es a la toma adecuada a la tensión que necesita el equipo.

Los conductores eléctricos no se situarán en zonas por las que circulen o puedan circular vehículos. Si resulta imprescindible que atraviesen dichas zonas, estarán protegidos.

Se suspenderán los trabajos con herramientas eléctricas en régimen de lluvias. Si el lugar de trabajo está mojado se utilizarán portátiles de baterías en vez de herramientas conectadas a la red.

La instalación eléctrica que forma parte de los trabajos contratados será realizada por un instalador autorizado. La manipulación y operaciones en los cuadros eléctricos están reservadas exclusivamente al personal especializado y autorizado.

Se procederá a verificar el corte de corriente de las zonas de trabajo ateniéndose a alguno de los procedimientos de seguridad consistentes en tarjetas de corte.

16.0.2. Formación e información de los trabajadores

Todo el personal participante en estos trabajos habrá de conocer los riesgos contenidos en este Estudio Básico de Seguridad y Salud, así como las medidas preventivas que han de tomarse.

Para ello, serán formados e informados previamente al inicio de la obra.

16.0.3. Normas o medidas preventivas sobre maquinaria y herramientas en general

- Las transmisiones motrices por correas, estarán siempre protegidas mediante bastidor que soporte una malla metálica, dispuesta de tal forma, que permitiendo la observación de la correcta transmisión motriz, impida el atrapamiento de los operarios o de los objetos.
- Se prohíbe realizar reparaciones o manipulaciones en la maquinaria accionada por transmisiones por correas en marcha. Las reparaciones, ajustes, etc., se realizarán a motor parado, para evitar accidentes.
- El montaje y ajuste de transmisiones por correas se realizará mediante montacorreas (o dispositivos similares), nunca con destornilladores, las manos, etc., para evitar el riesgo de atrapamiento.
- Las transmisiones mediante engranajes accionados mecánicamente, estarán protegidas mediante un bastidor soporte de un cerramiento a base de malla metálica, que permitiendo la observación del buen funcionamiento de la transmisión, impida el atrapamiento de personas u objetos.
- Las máquinas-herramienta a utilizar en lugares en los que existen productos inflamables estarán protegidas mediante carcasas antideflagrantes.
- Siempre que sea posible, las máquinas-herramienta con producción de polvo se utilizarán a sotavento, para evitar el riesgo por trabajar en el interior de atmósferas nocivas.
- Se prohíbe el uso de máquinas-herramientas al personal no autorizado para evitar accidentes por impericia.

16.0.4. Primeros auxilios

En los centros de trabajo y en lugar bien visible, se colocará un cartel con todos los datos de los centros asistenciales más próximos a la obra, y los siguientes servicios de urgencia:

BOMBEROS:080

GUARDIA CIVIL: 062

EMERGENCIAS: 112

URGENCIAS SANITARIAS: 061

Además en el módulo de oficina quedará instalado el botiquín de urgencia cuyo contenido mínimo, de acuerdo a la normativa vigente será el siguiente:

- 1 Frasco de agua oxigenada
- 1 Frasco de alcohol de 96°
- 1 Frasco de tintura de yodo
- 1 Frasco de amoníaco
- 1 Bolsa para agua o hielo
- 1 Bolsa de guantes esterilizados
- 1 Termómetro clínico
- 1 Caja de apósitos autoadhesivos
- 1 Torniquete
- 1 Caja de gasa estéril
- 1 Caja de algodón hidrófilo estéril
- 1 Rollo de esparadrapo
- Analgésicos
- Tónicos cardíacos de urgencia
- Jeringuillas desechables

16.0.5. Servicios

Las previsiones para estas instalaciones de higiene del personal son:

- Aseo en el local

17 Otros anexos

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

PLANOS

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL**

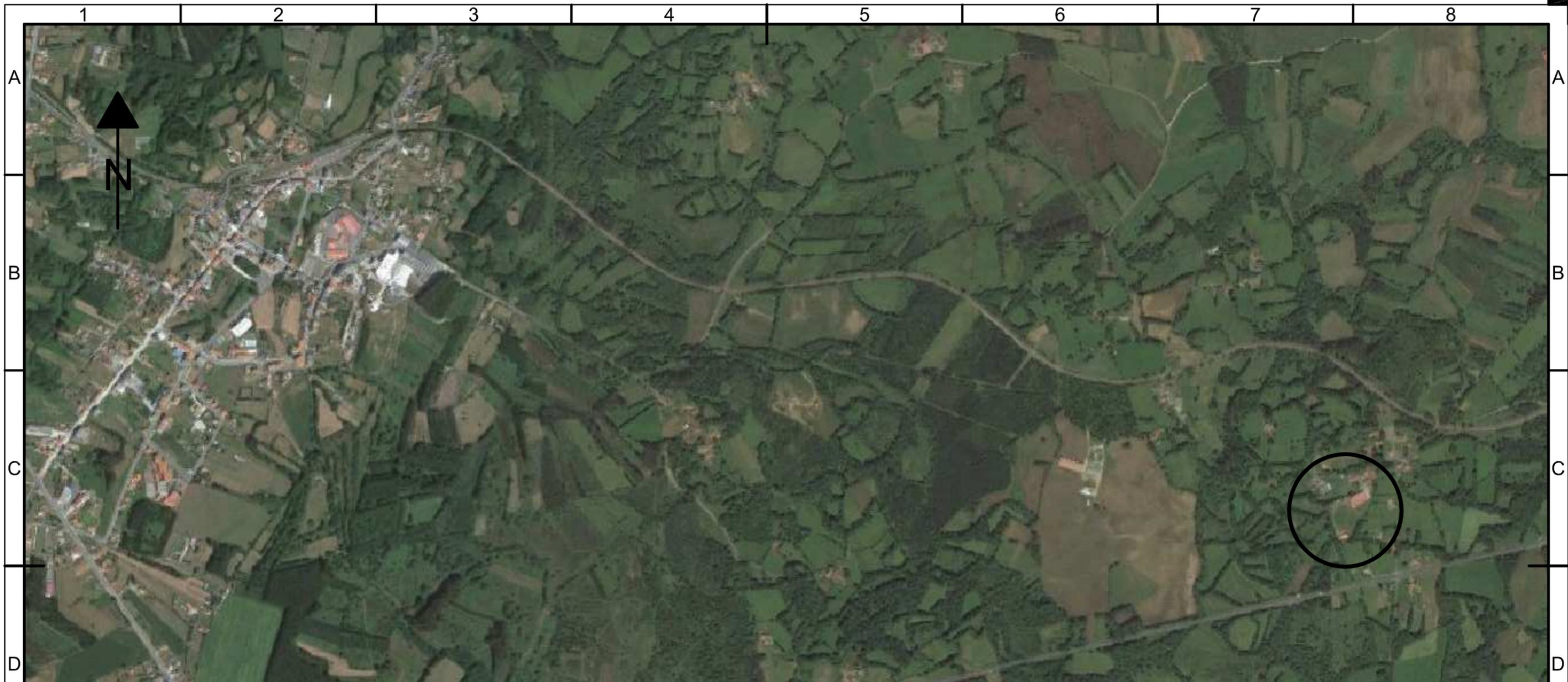
FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice de planos

1 Plano de emplazamiento de la planta de biogás	134
2 Plano de emplazamiento de la planta de biogás	135




UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA

TFG Nº: 770G01A158

GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
 SISTEMA DE TRIGENERACIÓN
 A PARTIR DE BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA

TÍTULO DEL PLANO:

FECHA: DICIEMBRE 2018

PLANO DE SITUACIÓN DE LA PLANTA DE BIOGÁS

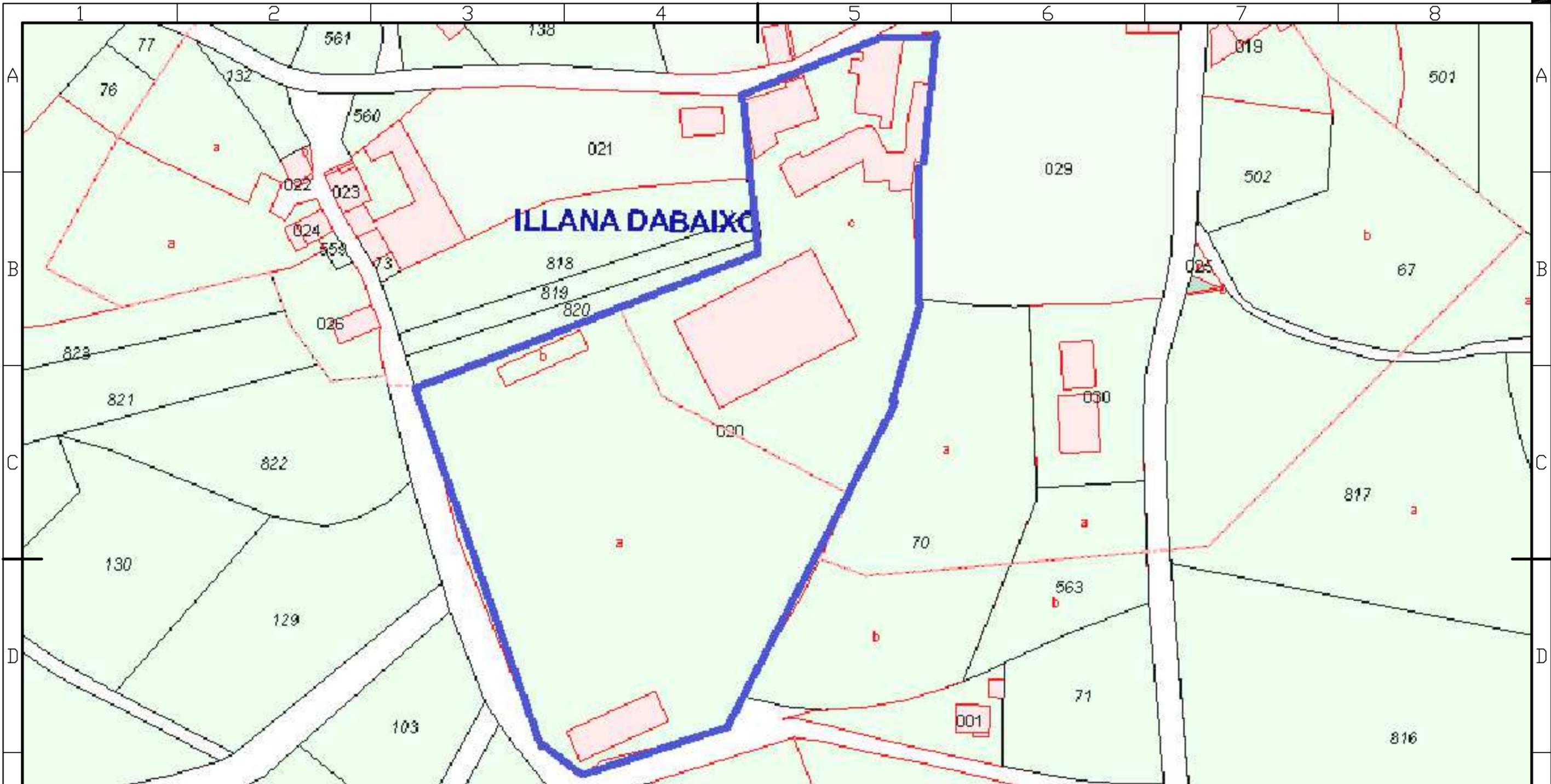
ESCALA: 1:15000

AUTOR:
 MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ

FIRMA:

PLANO Nº: 2

A3



UNIVERSIDADE DA CORUÑA ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA
 GRADO EN INGENIERÍA ELECTRÓNICA INDUSTRIAL Y AUTOMÁTICA

TFG Nº: 770G01A158

TÍTULO DEL PROYECTO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
 SISTEMA DE TRIGENERACIÓN
 A PARTIR DE BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA

TÍTULO DEL PLANO:
 PLANO DE EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA DE BIOGÁS

FECHA: DICIEMBRE 2018

ESCALA: 1:1500

AUTOR:
 MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ

FIRMA:

PLANO Nº: 2

A3

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

PLIEGO DE CONDICIONES

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento PLIEGO DE CONDICIONES

17.1 Condiciones técnicas	141
17.1.1 Materiales	141
17.1.2 Ejecución de las obras	141
17.1.3 Protección contra el fuego	141
17.2 Condiciones facultativas	141
17.2.1 Adjudicación	141
17.2.2 Orden de los trabajos	141
17.2.3 Alteraciones en la ejecución de la obra	142
17.2.4 Recepción	142
17.3 Condiciones legales	142
17.3.1 Obligaciones de la propiedad	142
17.3.2 Plazo de ejecución y programas de trabajo	142
17.3.3 Modificaciones en el plazo	142
17.3.4 Propósito del contratista	143
17.3.5 Personal de la obra	143
17.3.6 Responsabilidades del contratista	143
17.4 Condiciones económicas	144
17.4.1 Abono de obras	144
17.4.2 Rescisión	144
17.4.3 Demora de los pagos	144
17.4.4 Mediciones	144
17.4.5 Liquidación	144

17.1. Condiciones técnicas

17.1.1. Materiales

Todos los elementos y materiales que se emplearán en la obra, cumplirán con las especificaciones y las características técnicas que el proyecto dicte. Además, todos ellos deberán tener la certificación correspondiente al cumplimiento de la normativa europea de calidad (certificado CE).

17.1.2. Ejecución de las obras

Las condiciones de ejecución, así como las de recepción de materiales y características de los mismos, serán tanto las que figuren en la Memoria del presente Proyecto como cuanto se señala en los estados de Mediciones y cuantas instrucciones verbales o escritas dicte la Dirección de obra.

17.1.3. Protección contra el fuego

Los elementos y componentes de las instalaciones de protección contra el fuego se ejecutarán de acuerdo con el documento básico de seguridad contra incendios y deberán reunir las condiciones que el mismo señala para cada uno de ellos, lo cual se acreditará por Documento de Idoneidad o ensayo específico. Les serán de aplicación específica las condiciones que en cuanto a control de calidad y ejecución se señalan en la norma NTE- IPF Instalaciones de Protección contra el Fuego.

17.2. Condiciones facultativas

17.2.1. Adjudicación

La oficina técnica designada por el propietario de la instalación recibirá ofertas de diferentes licitadores.

Una vez recibidas y analizadas las ofertas remitidas, se procederá a la adjudicación, lo que será comunicado al interesado en un plazo de diez días hábiles siguientes a la comunicación.

Si el adjudicatario no acudiese a formalizar el contrato, previo requerimiento para ello, la adjudicación queda de pleno derecho sin efecto.

17.2.2. Orden de los trabajos

La determinación del orden de los trabajos, será facultad de la Dirección de obra y el Contratista queda obligado a cumplir lo que se disponga sobre este particular.

17.2.3. Alteraciones en la ejecución de la obra

El presente pliego de condiciones se aplicará exclusivamente a las obras a las que se refiere el proyecto. En el caso de haber modificaciones, estas se ejecutarán con la autorización escrita de la dirección de la obra.

17.2.4. Recepción

Finalizadas las obras se procederá a su recepción provisional extendiéndose el acta correspondiente, en la que se señalarán los defectos si los hubiere. Se establece un plazo de garantía. Transcurrido el plazo de garantía, se procederá a la recepción definitiva. Si las obras se encontraran en perfecto estado de uso y conservación se darán por recibidas definitivamente.

17.3. Condiciones legales

17.3.1. Obligaciones de la propiedad

Serán de cuenta de la propiedad de la obra:

- La dirección de la obra, inspección, control de trabajo y vigilancia.
- La adquisición de terrenos (de ser necesario) para su vigilancia.
- La gestión de los permisos de los organismos oficiales en lo que afecte a la construcción de la obra.
- El pago de la obra.

17.3.2. Plazo de ejecución y programas de trabajo

El plazo de ejecución de la obra, será fijado por el contratista en su propuesta.

El contratista está obligado a cumplir, tanto los plazos parciales como el plazo general, de acuerdo al plan fijado en la propuesta inicial.

El incumplimiento de dichos plazos puede ser causa de rescisión del contrato, con la consecuente pérdida de la fianza que se haya constituido.

17.3.3. Modificaciones en el plazo

El plazo se modificará en las condiciones que el propio pliego estipule.

En el caso de que existan dichas modificaciones, el nuevo plazo será fijado por ambas partes en función de la variación o modificación introducida. En caso de discrepancia, prevalecerá el criterio de la dirección facultativa.

También se podrá modificar el plazo en los casos de interrupción por causas de fuerza mayor reconocidas por la ley.

Igualmente, se podrá aumentar el plazo si la propiedad incumple sus obligaciones en lo que atañe a la entrega de los permisos necesarios para la ejecución, entrega de terrenos, falta de planos u órdenes.

17.3.4. Propósito del contratista

Cada licitador deberá acompañar a su propuesta, los siguientes documentos:

- Acreditación de haber ejecutado obras similares
- Declaración del número de trabajadores y categoría de los mismos para la ejecución del proyecto.
- Memoria de la organización y el plan de desarrollo de los trabajos

Además, todos los documentos deberán estar firmados por el responsable de la empresa, salvo aquellos que provengan de terceros. Estes deberán ir acompañados de firma, fecha y sello de la empresa.

17.3.5. Personal de la obra

El contratista deberá declarar que está autorizado a llevar a cabo la obra, con el número que corresponde a la seguridad social, en alta y al corriente de pago de las cuotas de la misma. También deberá tener las correspondientes autorizaciones para definir, fijar y demostrar, en lo que se refiere a horarios de trabajo, turnos, horas extra y demás documentación exigida por la legislación laboral vigente.

El contratista, contratará el personal necesario para la realización de las obras, siendo únicamente él, el responsable de la actuación, trabajo y disciplina de cuantas personas emplee en las mismas.

En materia de seguridad y salud, el contratista se compromete a dar fiel cumplimiento en todas partes que establece la normativa que contiene la ordenanza general de seguridad y salud en el trabajo.

17.3.6. Responsabilidades del contratista

La propiedad no asumirá responsabilidad alguna de los daños o perjuicios de cualquier naturaleza que pudiera sufrir el personal, material o instalaciones del contratista, cualquiera que sea la causa o circunstancia que lo origine.

El contratista será el único responsable de cuantos daños pudieran derivarse en las personas o en las cosas para la propiedad o terceros, a causa o como consecuencia de la realización de las obras cuya ejecución se contrata.

A estos fines, el contratista deberá concertar por su cuenta el oportuno seguro de responsabilidad civil, cuya presentación se le podrá exigir en todo momento durante la vigencia del contrato.

17.4. Condiciones económicas

17.4.1. Abono de obras

Se abonará al Contratista la obra que realmente ejecute con arreglo al proyecto que sirve de base para esta construcción a las modificaciones del mismo autorizadas o a las órdenes que la hayan sido dadas por la Dirección. Cuando se crea necesario hacer obras no presupuestadas o emplear materiales distintos a los fijados, se determinará precio tomando por base el elemento de las obras análogas. Cuando no sea posible encontrar analogía, servirán de punto de partida los precios corrientes en la localidad, después de haber convenido en ello La Dirección Técnica y el Contratista. Si la obra se hubiese y ejecutado, el Contratista se conformará con el precio que la Dirección de Obra asigne.

Una vez autorizadas las modificaciones o mejoras de obra, se hará constar por escrito, antes de comenzar los trabajos, el importe de los mismos o el valor estipulado para las mismas si no tuvieran precio en el presupuesto, liquidación correspondiente al plazo en que el trabajo se haya ejecutado.

17.4.2. Rescisión

Los casos de rescisión y todos aquellos no previstos en este Pliego de Condiciones se regirán por el pliego general de condiciones técnicas, mientras no contradigan las de este Pliego.

17.4.3. Demora de los pagos

Se procederá de acuerdo al artículo 38 del Título III de la Primera parte del Pliego General antes citado, salvo en que el Contratista tendrá además el derecho de percibir el abono de un diez por ciento (10%) anual en concepto de intereses de demora y de cuatro y medio (4,5%) como menciona dicho Pliego.

17.4.4. Mediciones

Las mediciones de las distintas unidades de obra ejecutadas son presentadas por la Contrata a la Dirección de Obra, que dará su conformidad si procede. Dichas mediciones se realizarán exclusivamente sobre las partes visibles de los diferentes elementos, es decir, no se medirán ni se tendrán en cuenta en forma alguna las partes ocultas.

17.4.5. Liquidación

Entregada la liquidación al Contratista, éste dispondrá de un plazo de quince días para examinar y darle su conformidad o formular las objeciones que crea convenientes. Transcurrido este plazo se entenderá que el Contratista está de acuerdo con la liquidación.

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

ESTADO DE MEDICIONES

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento ESTADO DE MEDICIONES

17.4.6 Depósitos y circuito de purines	149
17.4.7 Grupo generación	149
17.4.8 Circuito de gas	150
17.4.9 Circuito agua caliente	150
17.4.10 Instalación eléctrica de la planta	151
17.4.11 Instalación de control de la planta	151

17.4.6. Depósitos y circuito de purines

Elemento	Unidades
Digestor de 170 m^3 de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con entrada y salida del subproducto usado y salida de gas por arriba	1
Bomba sumergida en a fosa de deyecciones para un caudal aproximado de 12 m^3/h para alimentación del digestor	1
Tanque de almacenamiento de biogás con capacidad de 60 m^3	1
Tuberías, válvulas, purgador, encolado, coquilla de fibra de vidrio, codos, accesorios.	60
Mano de obra	128

17.4.7. Grupo generación

Elemento	Unidades
Grupo de cogeneración energética preparado para quemar biogás. Incluye protecciones térmicas, eléctricas, accesorios, cableado, transporte e inspección, verificación y ensayos.	1
Grupo de absorción	1
Mano de obra	192

17.4.8. Circuito de gas

Elemento	Unidades
Gasómetro rígido con limitador de caudal con llave de corte, manómetro, válvula de seguridad.	1
Condensador cerámico con deflectores, filtros y bujías cerámicas. Incluye elementos de purgado	1
Regulador de presión de cuerpo de hierro.	4
Compresor rotativo de paletas de 10 bar con calderín de 50L.	1
Mano de obra	96

17.4.9. Circuito agua caliente

Elemento	Unidades
Caldera de alimentación de biogás 10000kcal/h	1
Intercambiador de calor con serpentín interior y resistencia eléctrica	1
Bomba de circulación de agua caliente	4
Centralita de regulación de calefacción y sensores térmicos	2
Manómetro salida vertical 10 bar y válvulas	20
Mano de obra	96

17.4.10. Instalación eléctrica de la planta

Elemento	Unidades
Interruptores magnetotérmico	100
Cable para montaje eléctrico	1
Mano de obra necesaria para el montaje de materiales anteriores, pruebas y puesta en marcha	864

17.4.11. Instalación de control de la planta

Elemento	Unidades
Módulo de la CPU del PLC y módulos de entradas	1
Pantalla de visualización y control	1
Ordenador de control	1
Mano de obra	64

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

PRESUPUESTO

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento PRESUPUESTO

17.5 Presupuesto de la planta	157
17.5.1 Depósitos y circuito de purines	157
17.5.2 Grupo generación	157
17.5.3 Circuito de gas	157
17.5.4 Circuito agua caliente	158
17.5.5 Instalación eléctrica de la planta	158
17.5.6 Instalación de control de la planta	159
17.5.7 Mantenimiento	159
17.6 Presupuesto total	160

17.5. Presupuesto de la planta

17.5.1. Depósitos y circuito de purines

Esta sección incluye los depósitos y el biodigestor de la planta. Además también incluye todas las conducciones previstas para transportar el sustrato desde la fosa de deyecciones, valvulería de regulación aislamientos.

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Digestor de 170 m ³ de poliéster reforzado con fibra de vidrio, con entrada y salida del subproducto usado y salida de gas por arriba	1	8000	8000,00
Bomba sumergida en a fosa de deyecciones para un caudal aproximado de 12 m ³ /h para alimentación del digestor	1	1000	1000,00
Tanque de almacenamiento de biogás con capacidad de 60 m ³	1	4000	4000,00
Tuberías, válvulas, purgador, encolado, coquilla de fibra de vidrio, codos, accesorios.	60	150	9000,00
Mano de obra	128	25€/h	3184,00
TOTAL			25184,00 €

17.5.2. Grupo generación

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Grupo de cogeneración energética preparado para quemar biogás. Incluye protecciones térmicas, eléctricas, accesorios, cableado, transporte e inspección, verificación y ensayos.	1	50000	50000,00
Motor de absorción	1	10000	10000,00
Mano de obra	192	25€/h	4776,00
TOTAL			64776,00€

17.5.3. Circuito de gas

Este circuito consta de todos los aparatos y canalizaciones que se han previsto para recoger, tratar y aprovechar el biogás generado en la planta.

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Gasómetro rígido con limitador de caudal con llave de corte, manómetro, válvula de seguridad.	1	8000	8000,00
Condensador cerámico con deflectores, filtros y bujías cerámicas. Incluye elementos de purgado	1	2300	2300,00
Regulador de presión de cuerpo de hierro.	4	950	3800,00
Compresor rotativo de paletas de 10 bar con calderín de 50L.	1	4300	4300,00
Mano de obra	96	25€/h	2388,00
TOTAL			20788,00 €

17.5.4. Circuito agua caliente

Este circuito consta de todas las canalizaciones y elementos previstos para aprovechar la energía térmica producida y para el mantenimiento de la temperatura de la digestión anaerobia.

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Caldera de alimentación de biogás 10000kcal/h	1	4000	4000,00
Intercambiador de calor con serpentín interior y resistencia eléctrica	1	3500	3500,00
Bomba de circulación de agua caliente	4	125	500,00
Centralita de regulación de calefacción y sensores térmicos	2	240	480,00
Manómetro salida vertical 10 bar y válvulas	20	77	1540,00
Mano de obra	96	25€/h	2388,00
TOTAL			12408,00 €

17.5.5. Instalación eléctrica de la planta

La instalación eléctrica será diseñada y montada por la misma empresa encargada del control de la planta.

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Interruptores magnetotérmico varias intensidades y varios polos y elementos varios	100	15	1500,00
Cable para montaje eléctrico	1	800/caja	800,00
Mano de obra necesaria para el montaje de materiales anteriores, pruebas y puesta en marcha	864	25€/h	21592,00
TOTAL			23892,00 €

17.5.6. Instalación de control de la planta

El control de la planta se podrá llevar a cabo desde una zona destinada para este fin a través de un ordenador que tratará los datos procesados por el controlador lógico programable elegido.

Elemento	Unidades	Precio unitario (€)	Total (€)
Módulo de la CPU del PLC y módulos de entradas	1	370	870,00
Pantalla de visualización y control	1	1200	1200,00
Ordenador de control	1	1700	1700,00
Mano de obra	64	25€/h	1592,00
TOTAL			5362,00 €

17.5.7. Mantenimiento

El mantenimiento como ya hemos comentado en anteriores secciones, es una tarea de importancia ya que el rendimiento de las máquinas dependen de ello pero, el hecho de tener la maquinaria en condiciones óptimas, también supone un gasto anual. Este gasto fluctúa entre 6,2 a 16€/MWh según establece el IDAE. Para calcular el gasto de mantenimiento que necesitaría nuestra planta, tomamos como coste los 16€/MWh ya que sea un motor de grandes o pequeñas dimensiones, hay que realizar esta tarea. Estimamos que nuestra producción anual de electricidad puede ser de 50MWh. Hechos estos cálculos, obtenemos que el mantenimiento de nuestras máquinas supone 800€al año. Además, añadiremos una cifra de 400€a mayores para los productos necesarios, como por ejemplo el aceite.

17.6. Presupuesto total

Secciones a presupuestar	Importe (€)
Depósitos y circuito de purines	25184,00
Trigeneración	64776,00
Circuito de gas	20788,00
Circuito de agua caliente	12408,00
Instalación eléctrica de la planta	23892,00
Instalación de control de la planta	5362,00
Base imponible	152.410,00€
Costes generales 13 %	19.813,30€
Beneficio industrial 6 %	9.144,60€
Inversión instalación	184.367,6€
IVA 21 %	38.087,20€
TOTAL	219.454.80 €

El presupuesto total de este proyecto es de:

Doscientos diecinueve mil cuatrocientos cincuenta y cuatro euros con ochenta céntimos.

TÍTULO: **ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA PARA
SISTEMA DE TRIGENERACIÓN A PARTIR DE
BIOGÁS EN EXPLOTACIÓN GANADERA.**

ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

PETICIONARIO: **ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA**
AVDA. 19 DE FEBREIRO, S/N
15405 - FERROL

FECHA: **DICIEMBRE DE 2018**

AUTOR: **EL ALUMNO**

Fdo.: **MARÍA FANDIÑO SÁNCHEZ**

Índice del documento ESTUDIOS CON ENTIDAD PROPIA

