



Universidad
Zaragoza

Trabajo Fin de Grado

**INGENIERIA AGROALIMENTARIA Y DEL
MEDIO RURAL
INDUSTRIAS AGRARIAS Y ALIMENTARIAS**

Proyecto de construcción de una planta
deshidratadora de alfalfa en la localidad de Fuentes
de Ebro

“Construction project of a forage dehydration plant
in Fuentes de Ebro”

Autor

Sandra Calle Berges

Director

Mariano Vidal Cortés

ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR
2020



Universidad
Zaragoza

TRABAJO FIN DE GRADO

PROYECTO DE CONSTRUCCIÓN DE UNA PLANTA DESHIDRATADORA DE ALFALFA EN LA LOCALIDAD DE FUENTES DE EBRO

DOCUMENTO N°1: MEMORIA

AUTOR: SANDRA CALLE BERGES

DIRECTOR: MARIANO VIDAL CORTÉS

ESCUELA: ESCUELA POLITÉCNICA SUPERIOR

ENSEÑANZA: GRADO EN INGENIERÍA AGROALIMENTARIA
Y DEL MEDIO RURAL

FECHA: 2020

ÍNDICE

1. Objeto y antecedentes de estudio	3
2. Situación y emplazamiento	3
2.1 Localización	3
2.2 Servicios.....	4
2.3 Comunicaciones.....	4
2.4 Urbanización.....	4
3. Situación del mercado actual	5
4. Descripción general de la central	5
4.1 Justificación	5
4.2 Origen de la materia prima.....	6
4.3 Naves y distribución	6
4.4 Personal necesario	6
4.5 Productos obtenidos	6
5. Descripción del proceso productivo	6
5.1 Preparación del producto.....	6
5.2 Alimentación del producto picado	7
5.3 Deshidratado	7
5.4 Empaquetadora	7
5.5 Molienda.....	7
5.6 Granulación	8
5.7 Limpiadora de pellets	8
5.8 Almacenamiento	8
6. Cálculo constructivo	8
6.1 Descripción de las naves.....	8
6.2 Cimentaciones	9
6.3 Cubiertas.....	9
6.4 Cerramientos	9
7. Ingeniería del secado.....	9
7.1 Descripción del proceso	9
7.2 Cantidad de agua a evaporar.....	10
7.3 Capacidad de evaporación de la instalación proyectada	10
7.4 Cálculo de la potencia del quemador	10
7.5 Cálculo del consumo del combustible	11
8. Gas natural	11
8.1 Descripción del producto y criterios de diseño	11

8.2 Pruebas y criterios de mantenimiento	11
9. Incendios	12
9.1 Caracterización de la industria	12
9.2 Requisitos constructivos de los edificios según su configuración, ubicación y nivel intrínseco	13
9.3 Instalaciones de protección contra incendios	13
10. Fontanería	14
11. Saneamiento.....	17
11.1 Red de aguas pluviales	17
11.2 Red de aguas fecales	18
12. Instalación eléctrica.....	19
12.1 Instalación eléctrica.....	19
12.2 Iluminarias	21
13. Presupuesto.....	21
14. Estudio económico	22

1. OBJETO Y ANTECEDENTES DE ESTUDIO

El objeto del presente proyecto tiene por finalidad definir y diseñar todas las obras e instalaciones necesarias para poner en funcionamiento una industria deshidratadora de alfalfa en el municipio de Fuentes de Ebro (Zaragoza).

Se elabora el proyecto en cumplimiento del Plan de Estudios vigente en la Escuela Politécnica Superior de Huesca para la obtención del título de Graduado en Ingeniería Agroalimentaria y del Medio Rural, por la especialidad de Industrias Agroalimentarias.

2. SITUACIÓN Y EMPLAZAMIENTO

2.1 LOCALIZACIÓN

La industria se localiza en el polígono industrial La Corona del término municipal de Fuentes de Ebro, municipio perteneciente a la provincia de Zaragoza.

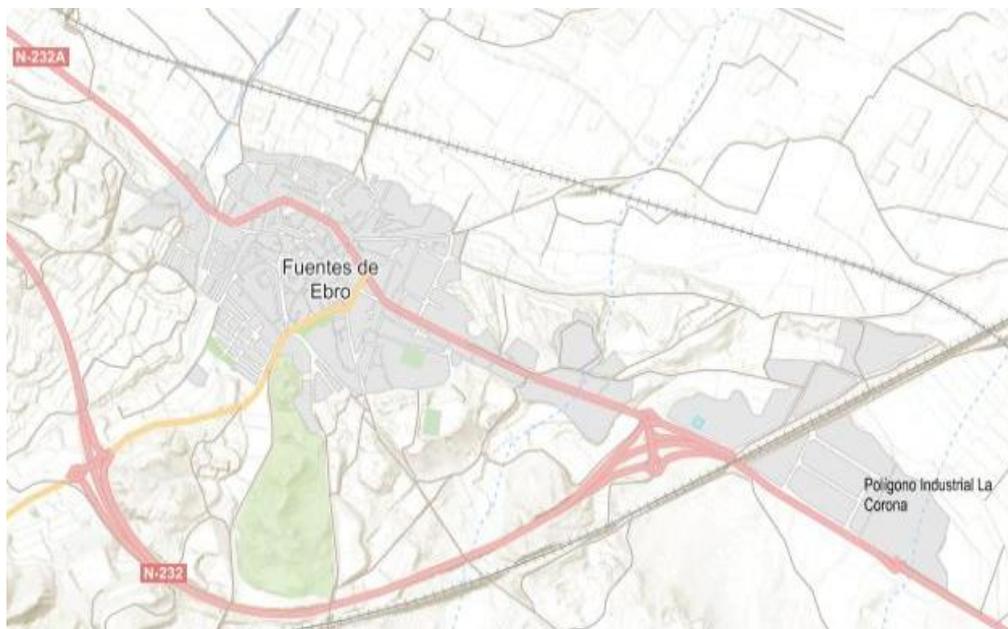


Figura 1. Plano de Fuentes de Ebro junto con el polígono industrial La Corona.

Concretamente, se ubica en la parcela 03767 del polígono 9 de dicha localidad. La parcela ocupa un total de 16.897 m², de los cuales se han construido dos naves de 90 m de largo y 25 m de ancho que ocupan 4.500 m².



Figura 2. Plano de la parcela donde se va a localizar la Industria.

2.2 SERVICIOS

El polígono industrial La Corona dispone de: red de abastecimiento de agua, red general de saneamiento, red de electricidad, y de gas natural, los cuales son servicios imprescindibles para llevar a cabo el proyecto.

2.3 COMUNICACIONES

La industria se localiza a la salida del municipio de Fuentes de Ebro. Este polígono se encuentra a 26 km de Zaragoza. Esta proximidad favorece un continuo crecimiento demográfico, industrial y comercial que se contemplan con la modernización del sector agrícola, beneficiado por la cercanía del río Ebro.

La principal vía de comunicación es la carretera N-232 (carretera de Castellón). Además, está a 7 km de la autopista que une Madrid con Barcelona.

2.4 URBANIZACIÓN

Según las Normas Urbanísticas del Plan General de Ordenación Urbana de Fuentes de Ebro, las condiciones de edificación en esta zona industrial son:

- Uso de suelo permitido: Agroindustrial
- Ocupación máxima de la parcela: 80%
- Frente o fachada mínima: 20 m

Además, la parcela cuenta con una zona extensa necesaria para la comodidad en la maniobra de la maquinaria, y una zona para el aparcamiento de los vehículos tanto de los trabajadores como de clientes, con una capacidad de 28 estacionamientos.

3. SITUACIÓN DEL MERCADO ACTUAL

A nivel nacional, la alfalfa es el segundo cultivo forrajero que mayor superficie ocupa en España, con un total de 266.025 hectáreas durante el año 2017. Además, la mayor cantidad producida se cultiva en regadío y se utiliza para un procesado en planta.

En cuanto a nivel de comunidades autónomas, la principal zona productora de alfalfa es Castilla y León y la segunda es Aragón. La principal diferencia entre ambas es que, en Castilla y León, la gran mayoría de la superficie se produce en secano y en Aragón, se realiza en regadío. Es por esta razón por la que este trabajo se va a localizar en Aragón, más concretamente en el Valle del Ebro, donde la alfalfa se aprovecha mediante siega.

No solo ha aumentado la superficie cultivada de alfalfa, sino también, el precio medio ponderado de su venta. Uno de los aspectos importantes que influyen en el precio son las exportaciones al extranjero. En el año 2019 se exportaron 1.082.000 toneladas, considerado un resultado similar a la media de los años del 2014 al 2017 que fueron de 1.072.000 toneladas. En 2018 todavía se aumentó más la producción con respecto a estos años con un resultado de 1.285.000 toneladas. Los formatos de productos exportados son en balas (pacas) y en menor cantidad en pellets.

4. DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA CENTRAL

4.1 JUSTIFICACIÓN

La alfalfa (*Medicago sativa L.*) es una especie de planta herbácea perenne. Tiene un amplio rango de tolerancia climática, ya que tolera el calor y la sequía. En regadío, es una planta muy productiva y de crecimiento sostenido. Se le considera uno de los forrajes más completos desde el punto de vista nutritivo. La fracción de mayor interés es la proteica, debido a su solubilidad, y por ello es utilizada por los monogástricos. Además, el forraje de alfalfa contiene abundante fibra y es una gran fuente de minerales y de vitaminas.

El forraje en España, se destina a la alimentación animal. Se puede consumir en varias formas. Sin embargo, la forma actual y que se destina el 70% de la producción, es en forma deshidratada. Este proceso consiste en someter a la alfalfa a un pre-secado en el campo para eliminar una gran parte de humedad, de este modo, se recoge y transporta a la fábrica con una humedad del 30% y se consigue un ahorro energético.

La campaña de cosecha, se centra en los meses de abril a noviembre, de forma que la industria funciona a pleno rendimiento durante estos meses. Se realiza un total de 5-6 cortes que se hacen con un periodo de tiempo de 25/35 días según las condiciones climatológicas que se den en la zona. El primer y último corte son los de mayor calidad ya que contiene menos individuos en flor.

La industria tiene un objetivo de producción de 30.000 toneladas al año de balas, que, con un trabajo en la campaña de 3.000 horas, deja una producción de 10 toneladas a la hora. Por otro lado, la zona de peletización está preparada para una producción de 4 toneladas a la hora ya que se paletizará la alfalfa de peor calidad y no necesariamente durante la campaña.

Esta producción podrá variar en función de la oferta y la demanda del producto, así como de la cantidad de materia prima disponible.

4.2 ORIGEN DE LA MATERIA PRIMA

Se adquieren materias primas producidas cerca de la industria con el fin de ahorrar costes de transporte y logística. Es decir, se obtienen de los campos cercanos al polígono La Corona, los cuales están localizados en Fuentes de Ebro, Pina de Ebro, Mediana de Aragón, El Burgo de Ebro y Osera de Ebro.

4.3 NAVES Y DISTRIBUCIÓN

En la parcela 03767 del polígono 9 se localiza la industria. Se han colocado dos naves de 25 m de anchura por 90 m de longitud.

Una de ellas es utilizada para el procesado de la alfalfa y la producción de los productos finales. Junto a esta nave, se ha situado la solera de hormigón para colocar la alfalfa recién llegada del campo.

En la otra, se distribuyen los productos acabados para su expedición y además se localizan las oficinas. A poca distancia de estas, se coloca la báscula de pesaje de la materia que entra y sale de la industria. Y también, se han situado los aparcamientos utilizados por el personal de la industria y por los clientes.

4.4 PERSONAL NECESARIO

El personal necesario para el funcionamiento de la industria, una vez puesta a pleno rendimiento es de:

- 1 Gerente: desarrolla su labor en la oficina.
- 1 encargado de campo: desarrolla su labor en los campos y también en la zona de bascula.
- 1 administrativo: desarrolla su labor en la oficina.
- 1 ayudante: desarrolla su labor junto con el encargado de campo.
- 3 operarios de turno: que desarrollan su labor en la nave deshidratadora y en la de expedición.
- 1 vendedor: se dedica a la venta externa de la alfalfa y su labor será en la oficina.

4.5 PRODUCTOS OBTENIDOS

Se obtienen dos tipos de producto: las balas y los pellets. Ambas se almacenan en la nave de expedición y almacenamiento.

Las balas tienen una sección de 1.150 x 800 mm, con una longitud variable. Y los pellets tienen forma de cilindro de 270 mm de diámetro y de 1.600 mm de longitud y se almacenan en sacas.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO PRODUCTIVO

5.1 PREPARACIÓN DEL PRODUCTO

En esta primera etapa se va a dotar a la alfalfa de condiciones físicas necesarias para su posterior transformación. En primer lugar, se cosecha el forraje, y antes de recogerlo se realiza una etapa denominada pre-secado en el campo. Esta consiste en dejar la alfalfa cortada para alcanzar una humedad entre 50% y 30%. Para conseguir la humedad de 30% ya que sería la óptima, se deberá dejar el producto durante un periodo de 44 h según muestra la figura.

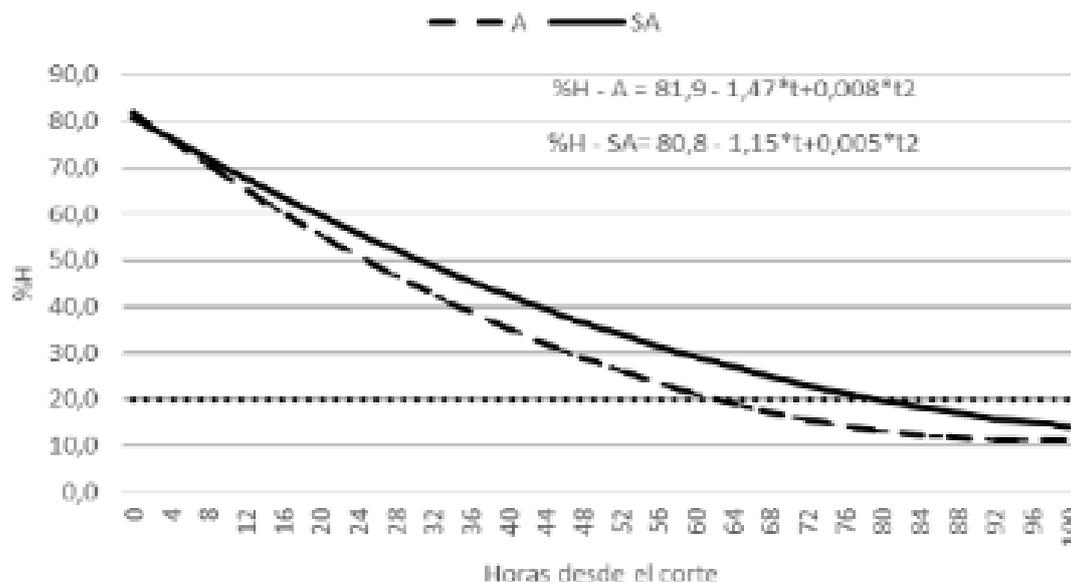


Figura 3. Variación del % de humedad según el tiempo del forraje en el campo, siendo A (acondicionado) y SA (sin acondicionar).

El siguiente paso, es transportarla mediante remolques autocargadores arrastrados por un tractor hasta la industria, para pesarla en la báscula, determinar la humedad e identificarla. Por último, se descarga en la pista de recepción junto a la boca de carga de la maquinaria deshidratadora.

5.2 ALIMENTACIÓN DEL PRODUCTO PICADO

Con ayuda de una pala cargadora, se introduce el producto al tapiz de alimentación. Para llegar a cabo la homogeneización se utiliza un rodillo homogeneizador intermedio (contratapiz).

5.3 DESHIDRATADO

La alfalfa se introduce al tromel con un porcentaje determinado de humedad. Por el otro extremo se introduce una determinada cantidad de aire seco. De este modo, la alfalfa cede la humedad al aire.

La deshidratadora está equipada con un sistema multivoltaje (AYPE) que alarga la permanencia del producto en el interior del tromel y permite deshidratar fibras largas y cortas sin que se produzcan atascos en su interior. Puede procesar fibras hasta los 150/250 mm de longitud.

5.4 EMPAQUETADORA

La función de esta etapa, es prensar, compactar y embalar el forraje. La producción máxima de alfalfa deshidratada a la salida es de 14-16 toneladas/h con una humedad máxima de un 14%. Además, la bala tiene una sección de 1.150 x 800 mm, con una longitud variable.

5.5 MOLIENDA

Se produce una destrucción interna de la alfalfa quedando un producto pulverulento idóneo para ser granulado. A la salida del molino, la alfalfa pulverizada se separa del aire mediante un ciclón molino. El aire separado no se dirige hacia el exterior, sino que se encamina a otro filtro de mangas, ya que la separación de las partículas es complicada. Después, mediante un elevador de cangilones especial de harinas, se transporta el producto hasta la mezcladora horizontal. El objetivo es asegurar una alimentación correcta de harina a la granuladora y evitar apelmazamientos de material.

5.6 GRANULACIÓN

Se comprime la alfalfa en polvo para obtener unos cilindros de 270 mm de diámetro y de 1.600 mm de longitud, denominados pellets. El funcionamiento consiste en hacer pasar la alfalfa procedente de la mezcladora a través de un tamiz perforado, y empujado por una serie de rodillos que giran en contacto directo con el tamiz. A causa de la presión producida, la alfalfa adopta la forma de los orificios. Seguidamente, mediante una rosca transportadora se recogen los pellets y son llevados al enfriador de corriente vertical.

5.7 LIMPIADORA DE PELLETS

Antes de almacenarse los pellets son limpiados mediante una limpiadora rotativa centrífuga de finos.

5.8 ALMACENAMIENTO

Las pacas se almacenan en una nave adjunta a la de producción, denominada nave de expedición. Una vez generadas las pacas, se apilan para facilitar y agilizar la venta.

En cuanto a los pellets, una vez limpiados, se dirigen a un elevador de cangilones donde se echan a unas sacas y se llevan a una nave adjunta a la de producción junto con las pacas.

6. CÁLCULO CONSTRUCTIVO

Se diseñan dos naves con cubierta a dos aguas con unas dimensiones en planta de 90 metros de longitud por 25 metros de anchura.

6.1 DESCRIPCIÓN DE LAS NAVES

Las principales características de las estructuras son:

- Cerchas metálicas a dos aguas.
- Separación entre estructuras (luz de cálculo) = 6 metros
- Numero de vanos: 15 (16 pórticos)
- Altura del pilar: 10 metros
- Altura de coronación 12,575 metros
- Término municipal: Fuentes de Ebro (Zaragoza)
- Altitud topográfica: 188 metros

En la Tabla 1 se muestra un resumen de los perfiles metálicos utilizados en las naves

Tabla 1. Resumen de los perfiles metálicos

PERFIL	DESCRIPCIÓN
PREDIMENSIONADO DE CERCHA SOBRE PILARES METÁLICOS	
Pilares	HEB-280
Cordón Superior	PHR-160x90x3
Cordón Inferior	PHR-160x90x2,5
Diagonales y Montantes	PHR-120x60x2,5
PREDIMIENSIONADO DEL ENTRAMADO HASTIAL	
Pilares del entramado	IPE-300
Vigas del entramado	IPE-180

Por otro lado, en la zona de oficinas se coloca una estructura metálica a 3 metros de altura para separarla en dos plantas. La planta de abajo es la zona de oficinas, y la planta de arriba, se accederá por la zona de expedición y se utilizará de almacenamiento.

Tabla 2. Resumen del forjado de chapa colaborante.

PERFIL	DESCRIPCIÓN
PREDIMENSIONADO ESTRUCTURA OFICINAS: FORJADO DE CHAPA COLABORANTE	
Pórticos forjado	IPE-600
Viguetas forjado	IPE-330

6.2 CIMENTACIONES

La cimentación de ambas naves está formada por zapatas de hormigón HA-25/P/20/IIa y acero B500 S para el mallazo.

Una vez realizados los cálculos se obtiene que tanto las zapatas laterales, las zapatas hastiales y las de los extremos tienen unas dimensiones de 3,25x2,25x0,8 metros. Debajo de las zapatas se colocan 10 cm de hormigón de limpieza HM-20/P/40/IIa.

6.3 CUBIERTAS

Las características principales de la misma son:

- Pendiente de cubierta 15% (α : 8,53°)
- Cubierta ligera de panel sándwich de espesor de 40 mm
- Falso techo de panel frigorífico de espesor de 80 mm
- Separación entre correas: 2,1066 metros.
- Correa fabricada con acero galvanizado con forma de "C": 225x80x3.

6.4 CERRAMIENTOS

En la parte exterior de las naves se utiliza un aislamiento mediante panel sándwich vertical de 80 mm de espesor.

En la nave de almacenamiento, para la separación de la zona de expedición con las oficinas se utiliza una pared de 30 cm de grosor.

Los tabiques interiores para la zona de oficinas, son de ladrillo hueco sencillo de 10 cm de espesor. Además, se coloca un falso techo a 3 metros de altura de placa de escayola lisa.

7. INGENIERIA DEL SECADO

7.1 DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Para el deshidratado se va a utilizar un secador de tipo tambor rotatorio horizontal de simple paso. En su interior contiene palas longitudinales capaces de procesar fibras de hasta 150/250 mm de longitud. También se introduce aire caliente. Este fluido es producido mediante un quemador a combustión directa de gas natural.

7.2 CANTIDAD DE AGUA A EVAPORAR

El parámetro fundamental a estudiar en el proceso es la cantidad de agua a evaporar (A) de una tonelada de forraje que presenta una humedad inicial (U_i %) y que debe ser llevado a una humedad final (U_f %). Se calcula con la siguiente fórmula.

$$\text{Cantidad de agua a evaporar} \rightarrow A = \frac{U_i - U_f}{100 - U_f} \cdot 1000 \text{ (kg/tn)}$$

Considerando que todo el producto que llega tiene una cantidad de humedad inicial de 30%, la cantidad de agua a evaporar es de 186,05 kg/tn. Por cada aumento de humedad de un 1%, se le añade a la cantidad de agua a evaporar un 11,628 kg de agua/tn de forraje.

7.3 CAPACIDAD DE EVAPORACIÓN DE LA INSTALACIÓN PROYECTADA

La capacidad de evaporar el agua es imprescindible en el proceso del producto. Para ello, se determina en kg el agua evaporada por hora de funcionamiento. Este valor depende de aspectos como la capacidad del contenedor, el caudal del ventilador, y sobre todo del poder absorbente del flujo térmico.

Como aproximación se va a plantear el estudio del proceso mediante balances de materia y energía, como se muestra a continuación.



Figura 4. Corrientes de entrada y salida en el tromel de secado.

Una vez realizado el balance a los sólidos secos, al agua y a las entalpías, se obtiene que para una humedad del 30%, si no se producen pérdidas de calor, se evaporan 0,1460 kg agua/ kg de aire seco

A partir de este rendimiento y teniendo en cuenta las pérdidas de calor debidas a, por ejemplo, el calentamiento del equipo y fugas consideradas un 10% del rendimiento total. Se puede determinar la cantidad de aire necesario para llevar a cabo el secado del forraje. Que para el caso de una humedad del 30% se necesitan 28.05 kg de aire.

7.4 CÁLCULO DE LA POTENCIA DEL QUEMADOR

Para el cálculo de la potencia del quemador se utiliza el calor sensible. Con esto, se puede calcular la cantidad de calor necesaria para calentar el aire desde una temperatura media ambiente de 10°C hasta 350°C necesarios. El aporte se realiza mediante un quemador a combustión directa de gas natural.

A una humedad de 30%, se considera que la potencia necesaria del quemador para que llegue a una humedad del 14% es de 2.288.971 kcal/h o lo que es lo mismo 9.577.053 kJ/h.

7.5 CÁLCULO DEL CONSUMO DEL COMBUSTIBLE

El combustible utilizado en la alimentación del quemador es gas natural. Para el cálculo del consumo del gas natural:

$$\text{Consumo en } \frac{\text{Kg}}{\text{hora}} = \frac{Q}{\text{PCI}}$$

Para la demanda necesaria con una humedad inicial del 30% el consumo necesario es de 204,02 litros/h.

8. GAS NATURAL

8.1 DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO Y CRITERIOS DE DISEÑO

El tipo de combustible que se va a utilizar es Gas Natural, las propiedades se van a mostrar a continuación.

Tabla 3. Características del gas natural.

CARACTERÍSTICAS DEL GAS NATURAL	
Densidad	0,83 kg/Nm ³
Producción CO2	204 grCO ₂ /kWh
Producción H2O	155 grH ₂ O/kWh
Contenido en azufre	Nulo
Inferior (PCI)	10,83 kWh/Nm ³
Superior (PCS)	11,98 kWh/Nm ³
Relación PCI/PCS	90,4 %

La instalación constará de:

- Distribuidor: es la canalización desde la arqueta de acometida hasta el pie de las columnas. Se colocan enterradas.
- Columna: es la canalización vertical ascendente desde el distribuidor hasta las derivaciones. Se disponen vistas y van por la fachada, o caja de conducciones ventilados por ambos extremos y accesibles.
- Derivación: es la canalización desde la columna hasta los aparatos de consumo. Se colocan empotradas.
- También se colocan mínimo 2 sensores detectores de gas para los 25 m² primeros y 1 cada 25 m² posteriores.

A través de las tablas 5 y 6 obtenidas de la Norma Tecnológica de Edificación del Gas Natural y según los datos del caudal necesario de Gas Natural obtenido en el apartado de ingeniería de Secado, en las peores condiciones (humedad del 50%), se colocan conductos verticales de acero con un diámetro de 32 mm y conductos horizontales de acero con un diámetro de 25 mm.

8.2 PRUEBAS Y CRITERIOS DE MANTENIMIENTO

Es necesario realizar pruebas de estanqueidad sobre toda la instalación exceptuando el contador y los aparatos de consumo. Durante esta prueba permanecerán cerradas todas las llaves de consumo, y se desconectará la fuente de alimentación, se irán maniobrando las llaves intermedias para comprobar su estanqueidad tanto en las posiciones de cerrado como de abierto. Si la presión no se estabiliza al final del intervalo, se comprobará con agua jabonosa o productos similares en las juntas y accesorios de la

instalación. En el caso de que se produzcan burbujas en el agua jabonosa, se considera que se está produciendo una fuga por la zona estudiada.

Por otro lado, es necesario llevar a cabo el mantenimiento de:

- Arqueta de cometida: Se comprobará cada 4 años por la empresa suministradora del gas, reponiéndola en caso de rotura
- Canalización vista de acero: Se revisará cada 4 años la instalación, utilizando los servicios de un instalador autorizado que elaborará un certificado acreditativo de dicha revisión.
- Tubo flexible colocado: se cambiará este tubo flexible antes de vencer la fecha de caducidad grabada en el mismo.
- Contador: la empresa cuidará del control de medidas y estanqueidad del contador.

9. INCENDIOS

9.1 CARACTERIZACIÓN DE LA INDUSTRIA

La instalación contra incendios cumple el Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.

La finalidad principal es describir las instalaciones de protección contra incendios en la industria, más concretamente en los edificios:

- Nave para alojar la maquinaria utilizada en el procesado.
- Nave donde se incluye el almacenamiento del producto terminado y las oficinas.
- Caseta de polvos.

Se considera que todas las naves de la industria son de tipo C. Es decir, que el establecimiento industrial ocupa varios edificios que, en su caso, están a una distancia mayor de tres metros. Y dicha distancia esta libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

Según el riesgo intrínseco calculado se obtiene el nivel de riesgo de incendio de cada uno de los edificios:

Tabla 4. Esquema general de los niveles de riesgo de incendios de cada uno de los edificios

Edificio	Configuración y ubicación respecto al entorno	Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida (Qs)	Nivel de riesgo intrínseco
Nave deshidratadora	Tipo C	6.371,54 Mj/m ²	Alto 6
Nave de almacenamiento y oficinas	Tipo C	29.029,48 MJ/m ²	Alto 8
Caseta de polvos	Tipo C	600 Mj/m ²	Bajo 2

9.2 REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS EDIFICIOS SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL INTRÍNSECO

Una vez caracterizados los edificios, se establecen las condiciones y requisitos constructivos que deben cumplir estos establecimientos.

- En ninguno de los edificios hay restricciones en cuanto a la ubicación de los sectores de incendios con actividad industrial.
- En cuanto a la sectorización, cada una de los edificios tiene una o más sectorizaciones que son las siguientes:
 - A) La nave deshidratadora de alfalfa se divide en dos sectores. Una zona de deshidratado, y otra zona de empaçado y elaboración de pellets.
 - B) La nave de almacenamiento y oficinas se divide en dos sectores. Una parte para el almacenamiento del producto acabado y otra parte de oficinas.
 - C) La caseta de polvos únicamente tiene un sector.
- Con respecto a la estabilidad al fuego:
 - A) Para el edificio de la deshidratadora de alfalfa y el edificio del almacenaje y oficinas, se exige un grado de estabilidad al fuego de R90 (EF-90) para los elementos estructurales portantes y de R30 (EF-30) para la estructura principal de cubiertas ligeras.
 - B) Para la caseta de polvos se exige un grado de estabilidad al fuego de R30 (EF-30) para los elementos estructurales portantes y para la estructura principal de cubiertas ligeras no será necesario.
- Por otro lado, Las disposiciones en materia de evacuación y señalización son conformes a lo dispuesto en el Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, y en el Real Decreto 486/1997, de 14 de abril, y cumplirán, además, los requisitos siguientes:
 - A) Anchura de la franja perimetral: la altura de la pila y como mínimo 5 m.
 - B) Anchura para caminos de acceso de emergencia: 4,5 m.
 - C) Separación máxima entre caminos de emergencia: 65 m.
 - D) Anchura mínima de pasillos entre pilas: 1,5 m.

9.3 INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

- Sistemas automáticos de detección contra incendios.

La industria necesita de un sistema automático de detección de incendios para las naves de deshidratado y la nave de almacenamiento y oficinas.

- Sistema manual de detección contra incendios.

Se instalan en aquellos sectores que no requieran un sistema automático de detección contra incendios, como ocurre en la caseta de polvos.

- Sistema de abastecimiento de agua contra incendios.

Se coloca un depósito con una capacidad de 214.920 l (214,92 m³). El depósito tiene una altura de 1,07 m, y un radio de 4 m. Además, se instala una caseta de bombas junto al depósito, el grupo de bombeo tiene que dar un caudal de 597 l/min (199 l/min · 3) con una presión de 6 bar.

- Extintores de incendio portátiles.

Se instalan extintores de incendio portátiles en todos los sectores de incendio de los establecimientos industriales.

Tabla 5. Cantidad de extintores y eficacia de los sectores de incendios de los establecimientos

Zona	Eficacia	Nº de extintores
Zona de deshidratado	Eficacia mínima 34-A	4 extintores
Zona de empacado y elaboración de pellets	Eficacia mínima 34-A	4 extintores
Zona de almacenamiento	Eficacia mínima 34-A	7 extintores
Oficinas	Eficacia mínima 34-A	1 extintores
Caseta de polvos	Eficacia mínima 21-A	1 extintores

Para la protección de aparatos, cuadros, conductores y otros elementos bajo tensión eléctrica superior a 24 V, se utilizan extintores de dióxido de carbono con un valor mínimo de 5 kg de dióxido de carbono. Por ello, para cubrir posibles incendios de tipo eléctrico, se dispone un extintor de CO₂, situado junto a cada cuadro de instalación eléctrica.

- Sistemas de bocas de incendios.

La nave de deshidratado tiene dos secciones, en cada una de ellas se coloca un BIE (separados entre sí a una distancia de 50 m). Y en la nave de almacenamiento se colocan otros 2 BIE. Así pues, en total se colocan 4 en toda la industria. El sistema de abastecimiento de agua contra incendios dará servicio a las BIE mencionadas en condiciones de caudal, presión y autonomía necesarios.

- Alumbrado de emergencia y señalización de las salidas de emergencia.

La industria está dotada de un sistema de alumbrado de emergencia, así como de una señalización de las salidas de emergencia.

10. FONTANERIA

El abastecimiento de agua se lleva a cabo a partir de la red general de distribución de la zona industrial. Se va a diferenciar una red de abastecimiento de agua fría y una red de distribución de agua caliente sanitaria (A.C.S). Para el correcto dimensionado de la instalación se sigue el Documento Básico HS Salubridad, más concretamente con el apartado “HS-4 Suministro de agua” del Código Técnico de Edificación.

La instalación de agua corriente comienza en la acometida que hay en el exterior de la parcela, que garantiza una presión de 35 m.c.a (3,5 kg/cm²). Junto a la acometida se coloca el contador general. Se prolonga, mediante una conducción enterrada de polietileno de 6 atm, hasta la zona de oficinas en la nave de expedición y hasta la nave de deshidratado. El calibre del contador general será de 63 mm ya que el conducto de la acometida es de polietileno con un diámetro de 63 mm.

Las conducciones tanto de agua fría como de agua caliente serán de polietileno reticulado (PE-X). Se utilizan diferentes diámetros de tuberías en función de las necesidades de cada punto. A lo largo de la línea contaremos con distintos elementos de corte y retención para actuar en caso de problema en una zona determinada sin necesidad de cortar el suministro de toda la nave.

A continuación, se muestran las necesidades de agua fría y caliente para las naves. Además, las necesidades de la línea de la boca de incendios.

Tabla 6. Puntos de consumo y suministros de las líneas de agua fría y caliente

Dependencia	Punto de consumo Agua fría	Q (l/s) Agua fría	Punto de consumo Agua caliente	Q (l/s) Agua caliente
Vestuario Femenino	2 Inodoro	0,20	---	---
	2 lavabo	0,20	2 lavabo	0,13
	1 ducha	0,20	1 ducha	0,1
Vestuario Masculino	2 Inodoro	0,20	---	---
	2 lavabo	0,20	2 lavabo	0,13
	1 ducha	0,20	1 ducha	0,1
1 Baños Masculinos	1 lavabo	0,10	1 lavabo	0,065
	1 inodoro	0,10	---	---
1 Baños Femeninos	1 lavabo	0,10	1 lavabo	0,065
	1 inodoro	0,10	---	---
Cuarto de limpieza	1 fregadero	0,30	1 fregadero	0,2
Zona de trabajo (Nave de expedición)	1 grifo	0,20	---	---
	2 lavamanos	0,10	2 lavamanos	0,06
Zona de trabajo (Nave deshidratado)	1 grifo	0,20	---	---
	2 lavamanos	0,10	2 lavamanos	0,06
Zona de recepción (Nave deshidratado)	1 grifo	0,20	---	---
Total	22 puntos de consumo	2,7	13 puntos de consumo	0,85

Tabla 7. Puntos de consumo y suministros de la línea 2

Dependencia	Punto de consumo agua fría	Q (l/s)
Zona de trabajo (Nave deshidratado)	2 Boca de incendio equipada	6,6
Zona de trabajo (Nave de expedición)	2 Boca de incendio equipada	6,6
Total	4 punto de consumo	13,2

En función de cada tramo y de la situación de los puntos de consumo se dimensionan las tuberías.

Tabla 8. Diámetro de las tuberías y pérdida de carga en cada tramo de la línea de agua fría.

Tramo	Q(l/s)	k	Q _{cálculo} (l/s)	Ø int. Calculado (mm)	Diámetro Nominal (mm)	Ø int. (mm)	ΔH (m.c.a)
Acometida	6,7	0,218	1,461	43,13	63	51,4	3,875
Oficinas (tramo 1-2)	2,20	0,242	0,532	26,0	40	32,6	0,128
Oficinas (tramo 2-3)	1,90	0,267	0,507	25,4	32	26,2	3,683
Oficinas (tramo 3-4) Nave de expedición	0,30	0,707	0,213	16,5	25	20,4	3,271
Zona de trabajo (Nave deshidratado)	0,50	0,578	0,289	19,2	25	20,4	4,235

Tabla 9. Diámetro de las tuberías y pérdida de carga en cada tramo de la línea 2.

Tramo	Q(l/s)	k	Q _{cálculo} (l/s)	Diámetro exterior (mm)	Ø int. (mm)	ΔH (m.c.a)
Incendios (Nave deshidratadora)	6,6	1	6,6	63	51,4	14,952
Incendios (Nave de expedición)	6,6	1	6,6	63	51,4	5,785

Tabla 10. Diámetro de las tuberías y pérdida de carga en cada tramo de la línea de A.C.S.

Tramo	Q(l/s)	k	Q _{cálculo} (l/s)	Ø int. Calculado (mm)	Diámetro nominal (mm)	Ø int. (mm)	ΔH (m.c.a)
Oficinas (tramo 1-2)	0,85	0,316	0,269	18,5	25	20,4	0,359
Oficinas (tramo 2-3)	0,79	0,354	0,280	18,9	25	20,4	2,966
Oficinas (tramo 3-4): Nave de expedición	0,06	1	0,06	8,7	16	13	2,984
Zona de trabajo (Nave deshidratado)	0,06	1	0,06	8,7	16	13	2,255

Además, se obtienen los diámetros nominales de las derivaciones individuales tanto para la línea de agua fría como de agua caliente.

Tabla 11. Diámetro de las derivaciones individuales para línea de agua fría y caliente.

Aparato	Diámetro nominal (mm)
Fregadero	20
Inodoros	12
Lavabo	12
Ducha	12
Lavamanos	12
Grifos	12

Por último, es necesario calcular las necesidades de los calentadores eléctricos para cada una de las naves. A partir de los datos calculados se obtiene que es necesario un calentador de 80 litros de capacidad para abastecer todos los puntos de consumo de agua caliente de las oficinas y la nave de expedición. Y un termo de 15 litros para abastecer los dos puntos de consumo de la nave de deshidratado.

11. SANEAMIENTO

Existen dos redes diferenciadas, las cuales se unen al final de las mismas para dirigirse al pozo de registro ubicado en la calzada de la vía del polígono industrial:

- Red de saneamiento de aguas pluviales: recoge las aguas pluviales procedentes de las cubiertas de las naves y de la zona pavimentada exterior.
- Red de saneamiento de aguas residuales: recoge las aguas procedentes de los distintos aparatos instalados en las naves y de las zonas de trabajo.

Para los cálculos, se utiliza el Documento Básico HS Salubridad, más concretamente con el apartado “HS-5 Evacuación de aguas” del Código Técnico de Edificación.

11.1 RED DE AGUAS PLUVIALES

Las aguas pluviales acumuladas sobre las cubiertas de las naves, se recogen gracias a los canalones que las conducen hasta las bajantes para su evacuación a la red horizontal de saneamiento. Esta red también recoge las aguas pluviales que proceden de la zona pavimentada exterior de la nave.

- Canalones

Los canalones utilizados son de acero prelacado, de sección semicircular con material aislante en las juntas, para evitar pérdidas de agua. Se deben disponer con una pequeña inclinación hacia el exterior, en este caso será de un 2%. De este modo, el punto más alto está en el centro del alero y los puntos más bajos en las esquinas, colocándose dos bajantes por cada faldón.

En función de la superficie de afluencia de cada canalón y de la pendiente, se obtiene un diámetro nominal del canalón de 250 mm.

- Bajantes

Las bajantes son tuberías verticales que se unen a los canalones de la cubierta con el sumidero final. Las bajantes utilizadas son de acero prelacado. Para evitar que en ella entren elementos extraños ocasionando obstrucción, se colocan unas caperuzas filtrantes de acero en la parte superior. Se instalan cuatro bajantes, dos por faldón de cubierta (debido a estética constructiva y por motivos funcionales).

A partir los datos de la superficie el diámetro nominal de la bajante de acero es de 110 mm.

- Colectores

Los colectores son tubos fabricados de PVC. Se coloca una arqueta en cada bajante para recoger el agua que transportan. Estas arquetas se conectan de forma que el agua se vaya acumulando para verterlas al colector.

Los colectores que se colocan a las salidas de las arquetas a pie de bajante tienen un diámetro nominal de 160 mm. Además, existe un colector general, de un diámetro de 250 mm, que recoge aguas pluviales de cubierta y de zona pavimentada.

- Sumideros

Se disponen de cinco sumideros de rejilla por cada una de las naves. El agua recibida por dichos sumideros exteriores es evacuada a través de tuberías de PVC de un diámetro de 160 mm que dirige el agua al colector general. Los sumideros son de tipo sifónico, y capaces de soportar de forma constante cargas de 100 Kg/cm². Además, el sumidero permite absorber diferentes espesores del suelo de 90 mm.

- Arquetas

Para las arquetas situadas a pie de bajantes, en las cuales se utiliza un colector de 160 mm, se debe instalar una arqueta de dimensiones 60 x 60 cm.

Además, para las arquetas de paso, dispuestas en los encuentros de colectores y en los cambios de dirección, el colector tendrá un diámetro de 250 mm. Así pues, la arqueta tiene unas dimensiones mínimas de 60 x 70 cm.

11.2 RED DE AGUAS FECALES

Esta red de saneamiento tiene el objetivo de recoger y evacuar las aguas de deshecho que provengan tanto de la industria como de las oficinas (laboratorio, vestuarios, baños). Las aguas residuales se recogen en el colector principal que vierte en la red de saneamiento del polígono industrial.

1. Para las aguas residuales que provienen de la zona de trabajo

- Sumideros

En la nave de almacenamiento, se coloca un total de 6 sumideros. Por otro lado, en la nave deshidratadora se coloca un total 8 sumideros.

- Colectores

Los colectores que conducen el agua desde los sumideros hasta el colector central son de PVC y tienen un diámetro de 110 mm. El colector central, tiene un diámetro de 160 mm y se confeccionará en PVC.

- Arquetas

Se colocan tres arquetas donde desemboca el agua proveniente de los seis sumideros de la nave de almacenamiento y cuatro arquetas donde desembocan las aguas provenientes de los ocho sumideros de la nave deshidratadora. Las arquetas de paso tienen unas dimensiones de 60 x 60 cm.

2. Para las aguas residuales de la zona de oficinas

- Sifones individuales:

Cada aparato sanitario tiene un sifón individual. Las derivaciones individuales de las duchas y los lavabos de cada baño y vestuario se conectan a una tubería de PVC de 50 mm de diámetro con una pendiente del 2%. El diámetro adoptado para las derivaciones individuales de los inodoros es de 110 mm y son de PVC.

- Colector

El colector conecta las arquetas de los vestuarios, baños y cuarto de limpieza para desembocar en la arqueta de paso donde son recibidas también las aguas residuales de la zona industrial. Las tuberías son de PVC con un diámetro de 110 mm.

- Arquetas

Se localiza una arqueta que recoge el agua de los vestuarios, y otra que recoge el agua de los baños y fregadero, ambas tienen dimensiones de 60 x 60 cm, sobre la que vierten las derivaciones individuales de los inodoros, duchas y lavabos.

12. INSTALACIÓN ELÉCTRICA

La instalación eléctrica consta de varias redes y cumple todos los aspectos del vigente Reglamento Electrotécnico de Baja Tensión y sus Instrucciones Complementarias.

El apartado de la instalación eléctrica se ha realizado con el programa Ecodial. Por otro lado, la iluminación se ha calculado mediante el programa Dialux.

12.1 INSTALACIÓN ELECTRICA

Las tomas de corriente y las caras genéricas utilizadas en la industria se muestran a continuación.

Tabla 12. Listado de tomas de corriente

Nombre	Sr (kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cos φ	Nbr	Polaridad
Toma corriente expedición	11,1	9,4	16	0,85	20	3F+ N
TC Despacho/ Sala juntas/ Archivo	4	3,4	10	0,85	12	2F
TC Baño/Vestuario/Limpieza	4	3,4	10	0,85	10	2F
TC Báscula	4	3,4	10	0,85	3	2F
TC Recibidor/ Pasillo	4	3,4	10	0,85	4	2F
Toma Corriente Deshidratado 1	11,1	9,4	16	0,85	20	3F+ N
Toma Corriente Deshidratado 2	11,1	9,4	16	0,85	20	3F+ N

Tabla 13. Listado de cargas genéricas

Nombre	Sr (kVA)	Pr (kW)	Ir (A)	Cos ϕ	Nbr	Polaridad
Climatizador Despacho/Archivo	8	6,8	20	0,85	3	2F
Climatizador Vestuarios	8	6,8	20	0,85	2	2F
Giro tromel	17,6	15	25,5	0,85	1	3F+ N
Esclusa despedregadora	29,4	25	42,5	0,85	1	3F+ N
Quemador	11,1	9,4	16	0,85	1	3F+ N
Esclusa ciclón	23,5	20	34	0,85	1	3F+ N
Ventilador ciclón	10,6	9	15,3	0,85	1	3F+ N
Picadora	155	132	224	0,85	1	3F+ N
Enfriador de fibra	3,53	3	5,09	0,85	1	3F+ N
Ventilador aspiración enfriador	17,6	15	25,5	0,85	1	3F+ N
Grupo frigorífico	41,2	35	59,4	0,85	1	3F+ N
Cinta salida enfriador	4,71	4	6,79	0,85	1	3F+ N
Cinta carga prensa	4,71	4	6,79	0,85	1	3F+ N
Prensa empaquetadora	47,1	40	67,9	0,85	1	3F+ N
Movimiento Contratapiz	0,882	0,75	1,27	0,85	1	3F+ N
Cinta Picadora	4,71	4	6,79	0,85	1	3F+ N
Molino	23,5	20	34	0,85	1	3F+ N
Esclusa filtro	0,882	0,75	1,27	0,85	1	3F+ N
Ventilador molino	64,7	55	93,4	0,85	1	3F+ N
Ventilador enfriador gránulo	23,5	20	34	0,85	1	3F+ N
Rosca Colectora	6,47	5,5	9,3	0,85	1	3F+ N
Elevador harina	6,47	5,5	9,3	0,85	1	3F+ N
Tapiz de Alimentación	4,71	4	6,79	0,85	1	3F+ N
Contratapiz	6,47	5,5	9,3	0,85	1	3F+ N
Mezcladora	1,29	1,1	1,87	0,85	1	3F+ N
Alimentador granuladora	3,53	3	5,09	0,85	1	3F+ N
Mezclador granuladora	17,6	15	25,5	0,85	1	3F+ N
Prensa granuladora	235	200	340	0,85	1	3F+ N
Rosca gránulo	1,18	1	1,7	0,85	1	3F+ N
Elevador gránulo	2,35	2	3,4	0,85	1	3F+ N
Esclusa entrada enfriador	0,412	0,35	0,594	0,85	1	3F+ N
Esclusa ventilador enfriador	0,412	0,35	0,594	0,85	1	3F+ N
Limpiador de gránulo	0,647	0,55	0,934	0,85	1	3F+ N
Elevador salida gránulo	4,71	4	6,79	0,85	1	3F+ N
Climatizador Baños	8	6,8	20	0,85	3	2F
Climatizador Báscula	8	6,8	20	0,85	3	2F
Termo agua caliente	6,4	5,44	16	0,85	3	2F
Climatizador/sala Juntas	8	6,8	20	0,85	3	2F
Termo agua Nave	6,4	5,44	16	0,85	3	2F

12.2 ILUMIANARIAS

Las luminarias necesarias para esta industria se exponen en la siguiente tabla.

Tabla 14. Listado de luminarias

Nombre del fabricante	Nombre del artículo	Número	Potencia (W)
ILUMINACIÓN EXTERIOR			
EATONS CROUSEHINDS BUSINESS	SSFVMVMY175-S828	8	175
NIKKON	350W LED Street Lantern	19	383,1
ILUMINACIÓN NAVE DESHIDRATADORA			
GEWISS	ELIA HL - M2 120° LED840 120W	86	120
ILUMINACIÓN NAVE EXPEDICIÓN			
GEWISS	ELIA HL - M2 120° LED840 120W	42	120
ILUMINACIÓN OFICINAS			
PHILIPS	LL512X 1 xLED50S/835 WB	1	36
PHILIPS	LL612X XA 1 xLED31S/830 MB	21	18,8
RIO	12W 2700K CRI90 50D	18	12
POTENCIA TOTAL			24685,7

13. PRESUPUESTO

A continuación, se muestra el resumen de presupuesto

Tabla 15. Presupuesto

Presupuesto (€)	
Obra civil e instalaciones	891.942,33
Maquinaria	739.919
Seguridad y Salud	4.159,59
Gastos generales (13%)	212.682,72
Beneficio industrial (6%)	98.161,26
Total (Sin I.V.A)	1.946.864,9
I.V.A (21%)	408.841,629
TOTAL (Con I.V.A)	2.355.806,53

A este precio total hay que añadirle el precio del terreno, las licencias, y los honorarios del equipo proyectista.

De este modo, la inversión total que hay que asumir es de 2.789.588,93€.

14. ESTUDIO ECONÓMICO

Para el análisis de la viabilidad económica del proyecto, se analizan unos indicadores económicos que reflejan si la inversión es rentable o no.

Se calculan tanto los gastos totales de la industria, como los ingresos generados de forma que, se calculan los flujos de caja.

Hay que tener en cuenta la inversión inicial, que incluye el presupuesto más el valor de compra del terreno en la zona industrial, así como el préstamo que se pide al banco (60% de la inversión inicial). Además, es necesario considerar que la vida de la inversión es de 20 años y que la alfalfa para rama se vende a 120€/tn y la alfalfa para pellets a 150€/tn.

Con estos datos, se calculan los indicadores de inversión:

Tabla 16. Indicadores de inversión

VAN	TIR	PAYBACK
1.777.555 €	20,12 %	5,002 años

Con estos tres parámetros se puede apreciar como la inversión es viable económicamente.

Además, se hace un análisis de sensibilidad, para comprobar cuanto se puede reducir el producto para que la industria siga siendo rentable.

- En el caso de bajada del precio de pacas y de pellets a la vez, la industria es rentable siempre que el precio de venta no sea inferior de 116 €/tn de Alfalfa para pacas y 146 €/tn de alfalfa para pellets.
- En el caso de bajada del precio de pacas, la industria es rentable siempre que el precio de venta no sea inferior de 115 €/tn.
- En el caso de bajada del precio de pellets, la industria es rentable siempre que el precio de venta no sea inferior de 112 €/tn.