



Universidad de Valladolid
Campus de Palencia

**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR
DE INGENIERÍAS AGRARIAS**

Máster en Ingeniería Agronómica

Estudio de viabilidad técnico-económica del proceso de peletizado de paja de cereal en el T.M. de Benavente (Zamora), para su uso como combustible calorífico en invernaderos.

Alumna: Diana Calvete López

Tutor: Ángel Fombellida Villafruela

Marzo de 2019

DOCUMENTOS DEL ESTUDIO

DOCUMENTO 1: MEMORIA

ANEJO I: SITUACIÓN ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

ANEJO II: INGENIERÍA DEL PROCESO

ANEJO III: INVERNADERO

ANEJO IV: IMPACTO AMBIENTAL

ANEJO V: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS

ANEJO VI: VALORIZACIÓN ENERGÉTICA

ANEJO VII: ESTUDIO ECONÓMICO

DOCUMENTO 2: PLANOS

PLANO 1: LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y MAQUINARIA. NAVE 1

PLANO 3.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y MAQUINARIA. NAVE 2

PLANO 4: INSTALACIÓN GENERAL DE SANEAMIENTO GENERAL

PLANO 4.1.: INSTALACIÓN SANEAMIENTO. NAVE 1

PLANO 4.2.: INSTALACIÓN SANEAMIENTO. NAVE 2

PLANO 5: INSTALACIÓN FONTANERIA GENERAL

PLANO 5.1: INSTALACIÓN FONTANERIA. NAVE 1

PLANO 5.2.: INSTALACIÓN FONTANERÍA. NAVE 2

PLANO 6: INSTALACIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

PLANO 6.1.: INSTALACIÓN ELECTRICIDAD. NAVE 1

PLANO 6.2.: INSTALACIÓN ELECTRICIDAD. NAVE 2

PLANO 7.1.: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS. NAVE 1

PLANO 7.2.: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS. NAVE 2

PLANO 8: INVERNADERO. ALZADOS

PLANO 9: INVERNADERO. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN

Documento 1:

MEMORIA

ÍNDICE DOCUMENTO I

1. OBJETO DEL ESTUDIO	1
1.1.AGENTES.....	1
1.2.UBICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....	1
2. ANTECEDENTES	2
2.1.MOTIVACIÓN	2
3. BASES DEL ESTUDIO	3
3.1.SITUACIÓN ACTUAL	3
3.2.CONDICIONANTES LEGALES	5
3.3.CONDICIONANTES ECONÓMICOS.....	5
3.4.CONDICIONANTES DEL PROMOTOR.....	5
3.5.CONDICIONANTE SOCIO-ECONÓMICO.....	6
3.6.CONDICIONANTES DEL MEDIO	7
3.7.CONDICIONANTES CLIMÁTICOS.....	8
4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS	9
5. INGENIERÍA DEL PROCESO	10
5.1.ZONA DE ESTUDIO	10
5.2.PROCESO DE RECOGIDA	12
5.3.PROCESO DE PELETIZADO	13
5.4.DESCRIPCIÓN DE LAS EDIFICACIONES.....	13
5.4.1.Características constructivas y distribución de las dependencias	13
5.4.2.Descripción de las instalaciones básicas	14
5.5.MANO DE OBRA	17
6. SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS	18
7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL	18
8. APLICACIÓN ENERGÉTICA DE PELLET DE PAJA COMO COMBUSTIBLE PARA EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE UN INVERNADERO	19
8.1.CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO	19

8.2.NECESIDADES CALORÍFICAS Y DE COMBUSTIBLE.....	20
8.3.COMPARATIVA DEL USO DE BIOMASA FRENTE AL COMBUSTIBLE FÓSIL.....	21
9. VALORACIÓN ENERGÉTICA	21
10. ESTUDIO ECONÓMICO	23
11. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	23
12. NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA	24
12.1.NORMATIVA UTILIZADA	24
12.2.BIBLIOGRAFÍA	24
12.3.OTRAS FUENTES.....	25

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Valores meteorológicos de la zona de Benavente (media de temperaturas y precipitaciones del periodo 1981-2010.....	8
Tabla 2: 97 Municipios correspondientes a la zona de estudio	11
Tabla 3: Potencia energética requerida para la iluminación de la Nave 1	15
Tabla 4: Potencia energética requerida para la iluminación de la Nave 2	16
Tabla 5: Potencia energética requerida por la planta peletizadora	16
Tabla 6: Necesidades caloríficas del invernadero y semillero	21
Tabla 7: Comparativa de combustibles utilizados.....	21
Tabla 8: Eficiencia energética del proceso de producción de pellets	22

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: comunicaciones desde la planta de peletizado.....	1
Ilustración 2: Ubicación de la Nave 1 y la.....	2
Ilustración 3: Superficies de la Nave 1	3
Ilustración 4: Superficies de Nave 2.....	4

1. OBJETO DEL ESTUDIO

El objeto del presente estudio es comprobar la viabilidad técnico-económica que supone la utilización de paja de cereal para su almacenamiento y procesado en pellets en dos naves industriales existentes en el T.M. de Benavente (Zamora), para su posterior comercialización como combustible en el calentamiento de invernaderos próximos a la zona.

1.1. AGENTES

Los agentes implicados en el estudio son:

Promotor

- Nombre y Apellidos: X
- DNI: X
- Domicilio: X

Realización del estudio por:

- Nombre y apellidos: Diana Calvete López
- DNI: 71435608-T
- Titulación: Máster en Ingeniería Agronómica
- Nº de colegiado: X

1.2. UBICACIÓN DE LAS EDIFICACIONES

Las naves se encuentran situadas una frente a la otra en la carretera antigua de Benavente a León en el km 67,100, a escasos 300 m de la autovía A-6 Madrid – A Coruña con acceso en 5 km al desvío de la autovía A- 66 dirección León, situándose en un punto neurálgico de comunicaciones.

Ilustración 1: comunicaciones desde la planta de peletizado



Fuente: www.google.es/maps/

En lo sucesivo, para que no existan confusiones en lo que respecta a una nave u otra, se procede a definir las como **Nave 1**, la destinada al almacenado de la biomasa, y **Nave 2**, destinada a la planta de procesado de la biomasa y almacenado del producto final (pellets).

A continuación se procede a definir la ubicación exacta de las Naves:

Nave 1. Nave industrial (X: 279.516; Y: 4.655.260) de superficie total 2.700 m², se ubica frente a la carretera de León N-630, en el kilómetro 67,100, en el margen izquierdo en dirección Benavente-León.

Nave 2. Nave industrial (X: 279.576; Y: 4.655.177) de superficie total 2.894 m², se ubica frente a la carretera de León N-630, en el kilómetro 67,100, en el margen derecho en dirección Benavente-León.

Comentar, que este tramo de la carretera de Benavente-León se encuentra casi en desuso ya que en la actualidad se presenta como un acceso secundario a dicha carretera.

Ilustración 2: Ubicación de la Nave 1 y la Nave 2



Fuente: www.sigpac.es

2. ANTECEDENTES

2.1. MOTIVACIÓN

El estudio surge con el fin de dar actividad a dos naves industriales, próximas entre sí.

Habiéndose valorado opciones de negocio en la zona, se encontró en el excedente generado de paja, en una zona ampliamente cerealista, una excelente oportunidad para dotar a este residuo de un valor añadido, mediante su peletización y uso como combustible.

Además, teniendo en cuenta que entre la provincia de estudio y las limítrofes, como León, Palencia y Valladolid cuentan con el 82% de los invernaderos de Castilla y León, se ha considerado apropiado enfocar la comercialización en este sector.

3. BASES DEL ESTUDIO

3.1. SITUACIÓN ACTUAL

A continuación se procede a reflejar la situación presente de los diferentes aspectos involucrados en el estudio:

Edificaciones

Son dos naves situadas una frente a la otra construidas hace 40 años con fines industriales de obras de calderería. Por motivos de jubilación, hace dos años cesó su actividad y, el descendiente del titular, pretende dar de nuevo actividad a las mismas.

Las naves se encuentran totalmente aptas, ya que cada cierto tiempo se ha hecho mantenimiento de las mismas para evitar su abandono.

La Nave 1, edificio de una sola planta de 30 m x 90 m de superficie diáfana casi en su totalidad, presentando una zona destinada a la oficina y aseos de 8 m x 6 m. La entrada es mediante dos puertas abatibles en el frontal delantero y otra en el trasero. Además, cuenta con una superficie exterior de 4.600 m² apta para realizar maniobras o aparcamiento de maquinaria, o almacenamiento.

Ilustración 3: Superficies de la Nave 1



Fuente: www.sigpac.es

Nave 2, es un edificio de 58 m x 30 m, dividido por un muro de 41 m de longitud y 5 m de altura. El sector 1 (parte izquierda), es de 58 m x 30 m, diáfano en su totalidad, y el sector 2 (parte derecha), es de 58 m x 19 m diáfano casi en su totalidad ya que dispone de una zona de oficinas, aseos, cuarto de instalaciones y almacén en la parte final, de una superficie de 19 m x 10 m. Además, se cuenta con una superficie exterior de 2.876 m², apta para realizar maniobras o aparcamiento de maquinaria, o almacenamiento.

Ilustración 4: Superficies de Nave 2



Fuente: www.sigpac.es

Materia prima

La zona en la que nos encontramos es ampliamente cerealista, en la que la paja generada en el mayor de los casos es más un problema que un posible subproducto, por lo que el abastecimiento está ampliamente garantizado.

Panta de peletizado

En la actualidad hay pocas plantas que realizan el peletizado de la paja de cereal, ya que es un producto que todavía necesita tecnología específica para su consumo. No obstante, se tiene constancia de las siguientes plantas:

- Agropal en Villoldo (Palencia), prevé a un corto plazo procesar 100.000 t/año de pellets de paja. Por el momento abastece como combustible a su secadero de alfalfa, fábrica de quesos en Baltanás (Palencia), que dispone caldera consume 700 t/año, y consumidores externos.
- La planta de Alar del Rey, de Cereales y Transportes de Bravo e Hijos (Palencia).
- La planta Molifibra, Molienda y Granulación, en Burgos.

Invernaderos

No se tiene constancia de invernaderos calentados con pellets de paja, pero sí con otro tipo de residuos como leñosos como es el caso de Viveros Gimeno S.L. en Valladolid.

Energías renovables

Cumplimiento del Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE que constituye la hoja de ruta de las energías limpias en nuestro país para la presente década.

Municipio

Generación de una nueva actividad económica. Puede impulsar la implantación de calderas de pellets en el sector industrial. Sin duda alguna, la promoción de proyectos innovadores en zonas rurales mejora notablemente la calidad de vida y contribuye a la fijación de población.

Para el estudio, habrá que llevar a cabo una explotación responsable de los recursos, evitando entrar en competencias de otros aprovechamientos de la biomasa (como alimento para la ganadería en cualquiera de sus formas), puesto que no se trata de realizar una explotación masiva, sino de realizar un aprovechamiento de una biomasa residual que, de otro modo, no tendría aplicación y además podría ocasionar problemas medioambientales y de acumulación de residuos.

3.2. CONDICIONANTES LEGALES

Las naves disponen en la actualidad de la licencia de apertura de actividad emitida por el ayuntamiento de Benavente.

La actividad que se realizará en las naves no está catalogada como molesta, insalubre o peligrosa.

3.3. CONDICIONANTES ECONÓMICOS

No existe ningún condicionante económico para la realización del proyecto por parte del promotor.

En cuanto a subvenciones y financiación, se contemplan las del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI, junto con las del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER, dirigidas a actividades muy cercanas al mercado, con riesgo tecnológico medio/bajo, que consigan mejorar la competitividad de la empresa mediante la incorporación de tecnologías emergentes en el sector.

La ayuda consistirá en:

- fondos CDTI: 2% (tramo no reembolsable)
- fondos FEDER: 5% (tramo no reembolsable)
- financiación del 85% con un tipo de interés fijo de en función del periodo de amortización elegido:
 - o Amortización a 3 años: Euribor a un año +0,2%.
 - o Amortización a 5 años: Euribor a un año +1,2%.
- Carencia: 1 año desde la finalización del proyecto.

3.4. CONDICIONANTES DEL PROMOTOR

Los condicionantes impuestos para la realización del proyecto son los siguientes:

- Situar la planta de almacenamiento y procesado en las dos naves industriales de su propiedad.

- Abastecimiento de la paja de cereal proveniente de los municipios más abundantes y cercanos a la planta.
- La industrialización de pellets de paja de cereal, facilitando la comercialización de los mismos, de manera que satisfaga la demanda del mercado.
- Mantener una presencia continuada en el mercado.

El principal fin del estudio es la maximización del beneficio en base a añadir valor al producto actual, y obtener el menor coste posible. Por lo tanto, el estudio buscará la óptima solución económica que satisfaga estos condicionantes.

3.5. CONDICIONANTE SOCIO-ECONÓMICO

El proceso de implantación de una planta de peletizado requiere del control de muchos factores que se deben tener en cuenta a la hora de establecerse. Se deben prever las consecuencias que puede tener este hecho sobre todos los ámbitos de la zona, tanto socio-político como económico.

Primeramente, se tiene que considerar que la planta estará situada a las afueras de Benavente y muy próxima a su centro logístico, lo que favorece la existencia de buenas comunicaciones viarias que hacen del transporte y descarga de combustible un proceso sencillo.

Para el transporte a la planta, se ha tenido en cuenta que el coste sea el menor posible considerando por tanto un único centro de recogida y almacenamiento de biomasa (CRAB), la Nave 1, situado frente a la propia planta de peletizado (Nave 2) de dimensiones suficientes para satisfacer la demanda.

La planta presenta una buena accesibilidad desde las salidas de las vías de comunicación para no complicar la deposición de la carga de los camiones en la nave habilitada a tal efecto.

Existe siempre un interés político-social a la hora de implantar una industria en una zona determinada. La impulsión de estas iniciativas puede generar una reactivación social en cuanto a desarrollo tecnológico, auge económico y creación de empleo para la población de la zona.

Teniendo en cuenta que el destino de la paja de cereal está orientada a satisfacer las necesidades caloríficas de invernaderos, debido a sus instalaciones y volumen de trabajo, se requiere de un peletizado previo para su utilización.

El peletizado de este tipo de biomasa para uso térmico resulta un proceso poco usual en España, ya que, hoy por hoy, la biomasa de origen forestal juega un papel muy importante presentando una amplia disponibilidad y calidad.

Por consiguiente, al no existir competencia de otras plantas en la zona, existe un potencial suficiente para satisfacer las necesidades.

3.6. CONDICIONANTES DEL MEDIO

La zona de Benavente es una de las localidades más abundantes de la provincia de Zamora en superficies de cultivo, tanto de secano como de regadío. Esto hace que el sector agrícola-ganadero constituya una gran base sobre la que se sustenta la economía de la zona.

Para el estudio del potencial agrícola de la zona susceptible de ser utilizado por la planta, se considera un radio de 30 km en torno al núcleo urbano de Benavente, englobando una superficie de 2.858 km².

Los cultivos predominantes son los cereales de secano, de regadío (maíz), girasol, viñedo, y especies leñosas como el chopo, principalmente.

Lo que se busca al estudiar el potencial biomásico, es asegurar el suministro de combustible a lo largo del tiempo de la vida útil de la futura planta de peletizado.

El territorio de Castilla y León, se encuentra dividido en distintas unidades morfoestructurales naturales, de acuerdo con sus características geográficas, así como de la homogeneidad de la vegetación y de la fauna existente, entre otros aspectos.

Atendiendo a estas distintas zonas naturales, la zona de estudio comprende parcialmente o en su totalidad las siguientes unidades biogeográficas naturales:

- Ribera del Órbigo
- Ribera del Esla
- Páramo Leonés
- La Valdería
- Valle del Tera
- Los Oteros
- Ribera del Cea
- Tierra de Campos
- Tierra del Pan-Lampreana

En cada zona predomina un tipo de cultivo agrícola, pues las condiciones biogeográficas son distintas en cada una de ellas. En las riberas de los ríos Órbigo y Esla abundan el viñedo y las plantaciones de olmedas y choperas. En Tierra de Campos existen fundamentalmente cultivos dedicados al cereal de secano. Al norte de la zona considerada, correspondiendo a la zona que pertenece a la provincia de León, abunda el cultivo del maíz, aunque con frecuencia la dedicación de las tierras a un tipo específico de cultivo depende en gran medida de las subvenciones que las instituciones locales, regionales o nacionales conceden por la plantación de cada cultivo.

El municipio más importante y sobre el que se basa principalmente el estudio es Benavente. Tiene una población de 18.400 habitantes y su término municipal cuenta con una superficie de 45 km². Se localiza aproximadamente en la longitud 5,67° Oeste y en la latitud 42,01° Norte. Se encuentra situada a una latitud media de 744 metros.

La ciudad de Benavente se encuentra situada al norte de la provincia de Zamora, a 66 kilómetros de la capital de la provincia, y está ubicada sobre una colina desde la que domina una extensa vega. Es geográficamente el centro de confluencia de dos zonas bien diferenciadas, tanto

física como económicamente, que son la Tierra de Campos y la Comarca de los Valles, esta última regada por los ríos Esla, Eria, Tera y Órbigo. Se localiza en las cercanías de la confluencia de los ríos Esla y Órbigo.

La ciudad de Benavente es un centro de servicios, agrícola y comercial, con industria metalúrgica y alimentaria, que constituye un nudo de comunicaciones a través de la carretera radial Madrid-La Coruña.

3.7. CONDICIONANTES CLIMÁTICOS

La clasificación climática de cada zona está en función de la evapotranspiración de las plantas y de la abundancia o déficit de agua. Basándose en esta clasificación, podemos distinguir dos zonas climáticas diferentes en la zona de estudio. La zona este corresponde a un clima semiárido, y la zona oeste con un clima subárido. A medida que nos acercamos a las vertientes montañosas el clima va tomando un carácter más húmedo.

Existe una estación meteorológica localizada en el término municipal de Bretó, localidad situada a menos de 20 kilómetros de Benavente, que aporta datos termopluiométricos de la zona. Pueden explorarse sus resultados considerando la proximidad y semejanza orográfica de la estación meteorológica a Benavente, y la ausencia de cualquier otra mejor situada.

Los valores medios de temperatura de la mayor parte de la zona de estudio a lo largo de todo el año se mantiene entre los 11°C y los 13°C. Las precipitaciones anuales medias en dicha estación meteorológica alcanzan los 500 mm, valor que corresponde con la media de otras precipitaciones medidas en estaciones meteorológicas del entorno de la provincia.

A continuación se presentan los datos correspondientes a la estación meteorológica de Bretó:

Tabla 1: Valores meteorológicos de la zona de Benavente (media de temperaturas y precipitaciones del periodo 1981-2010)

MES	T _{med}	T _{max}	T _{min}	R	HR	DR	DN	DT	DF	DH	DD	I
Enero	4,3	7,9	0,6	34	83	6	1	0	9	14	4	103
Febrero	6,6	11,4	1,8	28	74	6	1	0	3	9	4	148
Marzo	8,9	14,7	3,1	18	64	4	1	0	1	5	5	202
Abril	10,7	16,3	5,0	36	63	7	0	1	0	2	4	225
Mayo	14,3	20,2	8,3	42	61	8	0	3	0	0	4	262
Junio	18,7	25,5	11,8	30	55	4	0	3	1	0	8	312
Julio	22,1	29,6	14,6	15	49	2	0	3	0	0	14	354
Agosto	21,8	29,1	14,5	13	52	2	0	2	0	0	14	329
Septiembre	18,5	25,2	11,9	22	59	4	0	1	0	0	9	244
Octubre	13,3	18,6	7,9	38	70	6	0	0	3	0	5	186
Noviembre	8,3	12,6	3,9	42	78	7	0	0	7	6	5	126
Diciembre	5,5	9,0	2,0	44	83	7	1	0	8	11	4	90
AÑO	12,7	18,3	7,1	363	66	64	4	15	35	47	81	2.487

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (Observatorio de Bretó).

Simbología utilizada en la tabla:

T_{med} = Temperatura media mensual ($^{\circ}C$)

T_{max} = temperatura media mensual de las máximas diarias ($^{\circ}C$)

T_{min} = temperatura media mensual de las mínimas diarias ($^{\circ}C$)

R = Precipitación mensual media (mm)

HR = Humedad relativa media (%)

DR = Media mensual de días de precipitaciones superior o igual a 1 mm.

DN = Media mensual de días de nieve

DT = Media mensual de días de tormenta

DF = Media mensual de días de niebla

DH = Media mensual de días de helada

DD = Media mensual de días de despejados

I = Media mensual de días de sol

Las condiciones climáticas serán determinantes para establecer la logística de recogida de los distintos tipos de biomasa y su almacenamiento, y para determinar las necesidades caloríficas del invernadero de estudio.

4. ESTUDIO DE ALTERNATIVAS

El objetivo que se plantea en este estudio es la optimización del proceso de la fabricación de pellets. Dicho proceso dará comienzo con la recogida, empacado y transporte de la paja de cereal hasta la planta de peletizado.

Para este proceso, se plantean las siguientes alternativas que variarán en función de las responsabilidades que asuman el promotor y agricultores:

ALTERNATIVA A

Se contempla que el promotor sea quien asuma la gestión de todo el proceso de recogida, empacado y transporte de las pacas hasta la planta de peletizado.

Para ello, el promotor deberá realizar el alquiler de maquinaria y contrato del personal.

Con esta alternativa, el promotor tendrá un mayor control sobre los tiempos y logística de actuación.

No obstante, teniendo en cuenta que el promotor no dispone de experiencia en labores de campo, por el momento esta alternativa se descartará.

ALTERNATIVA B

Consiste en subcontratar las labores de campo a una empresa especializada, y el transporte desde campo hasta la planta por parte del promotor.

Para esta alternativa, habrá que contemplar que las pacas se depositarán en un punto de fácil acceso a cada finca o, en el caso que sea posible, en puntos comunes entre varias fincas.

Según esto, el promotor realizaría la gestión de la logística de recogida mediante un camión de su propiedad o alquilado.

Para esta alternativa, partiendo que el promotor no dispone de camión para su transporte, y que se cree conveniente que las labores de transporte vayan ligadas a las de campo para programar así su logística de recogida, no se optará por esta alternativa.

ALTERNATIVA C

Consiste en que todas las labores sean subcontratadas a una empresa especializada.

Teniendo en cuenta la experiencia que presentan esta clase de empresas, tanto en las labores de campo como en el trazado logístico del transporte, se considera a esta alternativa como la más acertada.

El promotor firmará contratos de abastecimiento con todos los agricultores y posteriormente contratará los servicios de una empresa para que gestione las labores de todas las fincas. Posteriormente, una vez definidos los puntos de recogida en campo, se contratará a una empresa de transportes para que cargue todos los depósitos de pacas hasta la nave de almacenamiento.

5. INGENIERÍA DEL PROCESO

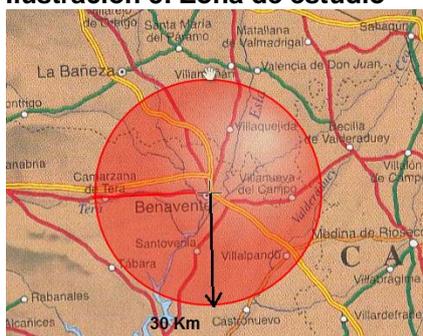
Este apartado recoge los aspectos más relevantes del estudio. Para ello, primeramente se realizará una valoración de la zona de estudio para garantizar un abastecimiento continuo y rentable. Posteriormente, se definirán las labores de cultivo para la recogida y transporte de la paja a la nave de almacenamiento, concluyendo en el proceso de peletizado.

5.1. ZONA DE ESTUDIO

El promotor establece como cantidad inicial de materia prima para abastecer a la planta de peletizado de 3.000 toneladas/año. Según esto, teniendo en cuenta que la zona de Benavente y alrededores es ampliamente cerealista, se fija un radio de acción de 30 km en torno al núcleo urbano de Benavente, distancia considerada lo suficientemente amplia y rentable desde el punto de vista logístico, para valorar el potencial biomásico presente y conseguir abastecernos

A continuación, con el fin de ser más precisos, se han establecido los municipios que se encuentran incluidos en el radio de acción, resultando un total de 97 comprendidos entre las provincias de Valladolid, Zamora y León.

Ilustración 5: Zona de estudio



Fuente: www.sigpac.es

Tabla 2: 97 municipios correspondientes a la zona de estudio

NOMBRE	PROVINCIA	NOMBRE	PROVINCIA
Algadefe	León	Micereces de Tera	Zamora
Alija del Infantado	León	Milles de la Polvorosa	Zamora
La Antigua	León	Morales de Rey	Zamora
Campazas	León	Morales de Valverde	Zamora
Cimanes de la Vega	León	Moreruela de Tábara	Zamora
Fuentes de Carbajal	León	Navianos de Valverde	Zamora
Gordoncillo	León	Pobladura del Valle	Zamora
Laguna de Negrillos	León	Prado	Zamora
Pozuelo del Páramo	León	Pública de Valverde	Zamora
Quintana del Marco	León	Quintanilla del Olmo	Zamora
Roperuelos del Páramo	León	Quintanilla de Urz	Zamora
San Adrián del Valle	León	Quiruelas de Vidriales	Zamora
San Esteban de Nogales	León	Revellinos	Zamora
Toral de los Guzmanes	León	San Agustín del Pozo	Zamora
Valdemora	León	San Cristóbal de Entreviñas	Zamora
Valderas	León	San Esteban del Molar	Zamora
Villamandos	León	San Martín de Valderaduey	Zamora
Villaquejida	León	San Miguel del Valle	Zamora
Zotes del Páramo	León	Santa Colomba de las Monjas	Zamora
Villaornate y Castro	Valladolid	Santa Cristina de la Polvorosa	Zamora
Quintanilla del Molar	Valladolid	Santa Croya de Tera	Zamora
Roales	Valladolid	Santa María de la Vega	Zamora
La Unión de Campos	Valladolid	Santa María de Valverde	Zamora
Valdunquillo	Valladolid	Santibáñez de Tera	Zamora
Alcubilla de Nogales	Zamora	Santibáñez de Vidriales	Zamora
Arcos de la Polvorosa	Zamora	Santovenia	Zamora
Arrabalde	Zamora	Tapioles	Zamora
Barcial del Barco	Zamora	La Torre del Valle	Zamora
Benavente	Zamora	Valdescorriel	Zamora
Bretó	Zamora	Vega de Villalobos	Zamora
Bretocino	Zamora	Vidayanes	Zamora
Brime de Urz	Zamora	Villabrázaro	Zamora
Burganes de Valverde	Zamora	Villafáfila	Zamora

NOMBRE	PROVINCIA	NOMBRE	PROVINCIA
Camarzana de Tera	Zamora	Villaferrueña	Zamora
Cañizo	Zamora	Villageriz	Zamora
Castrogonzalo	Zamora	Villalba de la Lampreana	Zamora
Castroverde de Campos	Zamora	Villalobos	Zamora
Cerecinos de Campos	Zamora	Villalpando	Zamora
Coomonte	Zamora	Villamayor de Campos	Zamora
Faramontanos de Tábara	Zamora	Villanázar	Zamora
Fresno de la Polvorosa	Zamora	Villanueva de Azoague	Zamora
Friera de Valverde	Zamora	Villanueva de las Peras	Zamora
Fuentes de Ropel	Zamora	Villanueva del Campo	Zamora
Granja de Moreruela	Zamora	Villar de Fallaves	Zamora
Granucillo	Zamora	Villárdiga	Zamora
Maire de Castroponce	Zamora	Villarrín de Campos	Zamora
Manganeses de la Lampreana	Zamora	Villaveza del Agua	Zamora
Manganeses de la Polvorosa	Zamora	Villaveza de Valverde	Zamora
Matilla de Arzòn	Zamora		

Fuente: Elaboración propia

Una vez obtenidos los municipios que comprenden la zona de estudio, mediante los registros de superficies de producción de cereal (trigo, cebada, avena, centeno) de la Consejería de Agricultura de Castilla y León y junto con el programa informático ARCGIS, se procede a calcular la cantidad de paja obtenida y potencial energético, representados mediante mapas. De esta forma, será más visible localizar los términos municipales que resulten más productivos y cercanos a las naves hasta llegar a la cantidad demandada por la planta.

5.2. PROCESO DE RECOGIDA

La recogida y empacado de la paja, será realizada una vez se finalice la cosecha de cereal sobre finales de junio.

Los procesos a llevar a cabo son:

Hilerado y empacado: se utilizará una macroempacadora con un hilerador acoplado y un tractor. Con esto evitamos realizar el pase del hilerador previo, ganando tiempo y combustible.

El hilerador agrupará los cordones que deja la cosechadora para transformarla mediante la macroempacadora en pacas prismáticas de 255 x 120 x 90 cm, con un peso de 420 kg.

Recogida de pacas: las pacas repartidas por las fincas serán recogidas por un autocargador y un tractor para ser almacenadas en campo.

Transporte de las pacas a la Nave 1: las pacas de cada uno de los depósitos en campo se cargarán en una plataforma accionada por un camión.

Recepción en planta: primeramente los camiones serán pesados en la báscula de la planta para luego ser descargados y almacenados analizándose la humedad y proteína de las pacas.

5.3. PROCESO DE PELETIZADO

El proceso de peletizado se basa en los siguientes pasos:

Secado: las pacas tienen que tener una humedad aproximada de un 12%. Si vienen con una humedad superior, serán almacenadas en el exterior de la Nave 1 o se esperará el tiempo necesario en el interior. No obstante, es recomendable que las pacas con diferente tipo de humedad entren en el proceso mezcladas ya que favorece su peletizado.

Alimentación o abastecimiento: mediante cargadora telescópica se trasladarán las pacas de la Nave 1 a la 2.

Picado: se procede a reducir el tamaño de la paja hasta 80 o 100 mm. La maquinaria principal a utilizar es: picadora, filtro de mangas y aspirador.

Molienda: reduce el tamaño de la paja picada hasta llegar a hacerla harina. La maquinaria principal a utilizar es: molino de martillos, ciclón, filtro de mangas, aspirador, elevador de cangilones y silo pulmón como regulador.

Peletizado: fase en la cual se comprime el material molido mediante una matriz hasta un diámetro de 8 mm. La maquinaria principal a utilizar es: mezcladora, filtro de mangas, aspirador, alimentador/condicionador, granuladora de 6 matrices, transportador, 2 filtros de mangas, aspirador, elevador de cangilones y plataforma de elevador.

Enfriado: reducción de la temperatura de los pellets de 70 °C hasta temperatura ambiente. La maquinaria principal utilizada es: enfriador, ciclón, aspirador, tamizador y cinta transportadora.

Almacenamiento: el almacenamiento se realizará a granel.

5.4. DESCRIPCIÓN DE LAS EDIFICACIONES

5.4.1. Características constructivas y distribución de las dependencias

La **Nave 1**, cuenta con un edificio de una sola planta de 30 m x 90 m revestido de fábrica de ladrillo enfoscado hasta una altura del muro de 9 m. La cimentación es superficial mediante zapatas y vigas, la estructura está formada por pilares metálicos formados por dos UPN 360 empresillados y cerchas metálicas. Dispone de 3 líneas de pilares de perfil HEB-240, de 9 pórticos, con una separación entre pilares de 10 m, de acero S-275 JO, y cerchas de 30 m de longitud.

El edificio está a cota 0 y el suelo es de losa de hormigón pulido de 20 cm de espesor. La cubierta es a dos aguas de chapa ondulada con una pendiente de un 20%.

El edificio es diáfano excepto una zona oficina/laboratorio y aseos de 8 m x 6 m x 3 m, que se ubica en la parte delantera derecha de la nave, y a la que se tiene acceso desde el interior. Esta zona está cerrada por fábrica de ladrillo de 3 m, revestido interiormente de pladur con techo de cubierta de tablero y chapa engatillada, y suelo de baldosa cerámica.

El frontal delantero de la nave presenta como entradas dos puertas abatibles de 8 x 6 m, y, en el frontal trasero, otra de 9 x 6 m.

En cuanto a la **Nave 2**, presenta un edificio de una sola planta de 58 m x 49 m y de una altura de 9 m, separado por un muro de ladrillo enfoscado de 41 m x 5 m, creando una nave con dos sectores. El sector 1 (parte izquierda) es de 58 x 30 m² diáfano en su totalidad, mientras que el sector 2 (lado derecho) es de 58 x 19 m² y dispone en la parte trasera una zona de dependencias varias (oficina, almacén, cuarto de instalaciones y aseos) de 19 m x 10 m x 3 m. Dicha zona, está cerrada con fábrica de ladrillo de 3 m, reforzado en su lateral con sector 2 mediante un doble muro de 5 m de altura, y revestido interiormente de pladur con techo de cubierta de tablero y chapa engatillada y suelo de baldosa cerámica.

El edificio existente es de una sola planta revestido de fábrica de ladrillo enfoscado hasta una altura de 6 m, y el resto de carpintería metálica acristalada en las dos fachadas. La cimentación es superficial mediante zapatas y vigas, la estructura está formada por pilares metálicos formados por dos UPN 360 empresillados y cerchas metálicas. Dispone de 4 líneas de pilares, de perfil HEB-240, con una separación entre pórticos de 10 m aproximadamente, de acero S-275 JO, y cerchas de 19 y 30 m de longitud.

El edificio está a cota 0 y el suelo está realizado mediante losa de hormigón pulido de 20 cm de espesor. La cubierta de ambos sectores es de chapa ondulada a dos aguas con una pendiente de un 20%.

Los accesos a la nave se realizan mediante 3 puertas abatibles en el frontal delantero, una de 8 x 6 m en el sector 2, y las otras dos de 7 m x 6 m en el sector 1. Además, se cuenta con la puerta a las oficinas que tiene entrada desde la parte trasera del sector 2.

La nave está pensada para que todo el personal acceda por la puerta de las oficinas.

5.4.2. Descripción de las instalaciones básicas

Electricidad

Para la **Nave 1**, se toma de la red de electricidad a baja tensión de forma subterránea suministrando una tensión entre fases de 400 V y tensión entre fase y el neutro de 230 V. Mediante la instalación existente, la tensión llega al Cuadro 1 situado en el cuarto de la oficina, donde se distribuye al Cuadro Nave, destinado para la iluminación, futura instalación contra incendios (detectores de humo) y tomas, y al Cuadro de Oficina, destinado para la iluminación de los aseos, oficina, refrigeración y tomas.

La nave presenta 8 puntos de toma (monofásica y trifásica) repartidas por toda la superficie, y 3 (monofásicas) repartidas por la oficina y aseos.

En cuanto a los interruptores, en la zona de oficina y aseos se cuenta con 4, y para el encendido de las naves dos alternos.

La potencia requerida será de 5.044 W para la iluminación, 500 W para la báscula, 1.500 W para la refrigeración de la sala de la oficina y 50 W por cada detector de humo (27 uds. X 50 W = 1.350 W), siendo un total de: 8.394 W. Teniendo en cuenta que para la nave no se va a requerir su iluminación completa, se considerará la mitad de potencia (2.522 W), siendo por tanto necesario una contratación de **5,87 kW**.

Tabla 3: Potencia energética requerida para la iluminación de la Nave 1

Zonas	Lámparas (W)	Potencia de iluminación (W)
Zona de almacenado de pacas	64 lámparas mercurio halogenados de 70 W	4.480
Oficina	2 lámparas fluorescentes de 58W	116
Aseos	3 lámparas downline de 36W	108
Exterior	2 lámparas LED 120W	240
Nave	5 lámparas de emergencia de 20W	100

Fuente. Elaboración propia

En cuanto a la **Nave 2**, se dispone en la actualidad de un tendido exterior de media tensión (a 25 m de su frontal delantero) con transformador de 1.600 KVA a baja tensión, que mediante acometida subterránea llega al Cuadro 1 existente y ubicado en el cuarto de instalaciones, suministrando una tensión entre fases de 400 V y tensión entre fase y el neutro de 230 V.

En la actualidad, el Cuadro 1 distribuye tensión para la iluminación de la nave, dependencias (oficinas, aseos, almacén y cuarto de instalaciones) y refrigeración al propio cuarto de instalaciones.

La nave cuenta con tomas distribuidas por toda la nave: 8 (trifásica y monofásica) en el sector 1, 4 (trifásica y monofásica) en el sector 2, y 10 (monofásica) distribuidas por las oficinas, almacén, aseos y cuarto de instalaciones.

En cuanto a los interruptores, en la zona de oficina se cuenta con dos conmutados, otro en el cuarto de instalaciones, y detectores de presencia en los aseos y pasillo. Para el encendido de los sectores, a la salida de las oficinas se cuenta con tres interruptores, dos de encendido alterno para el sector 1, y otro para el encendido del sector 2.

La potencia total requerida es de 4.744 W para la iluminación y de 700 kW para la maquinaria de peletización, ascendiendo a un total de **704,7 kW** la tensión contratada.

Para conducir la tensión a la planta de peletizado, se harán las conexiones pertinentes en el Cuadro 1 y, mediante una bandeja de rejilla aérea, se llevará el cableado a partes correspondientes de la peletizadora. El equipo de control (PLC) se ubicará en el cuadro de instalaciones.

Tabla 4: Potencia energética requerida para la iluminación de la Nave 2

Zonas	Lámparas (W)	Potencia de iluminación (W)
Sector 1 y 2	58 lámparas mercurio halogenados de 70W	4.060
Oficinas, almacén y cuarto de instalaciones	15 lámparas fluorescentes de 36W	540
Aseos	4 lámparas downline de 36W	144
Exterior	7 farolas LED 120W	840
Nave	23 lámparas de emergencia de 20W	460

Fuente. Elaboración propia

Tabla 5: Potencia energética requerida por la planta peletizadora

Peletizadora	Potencia de peletizado (kW)
Picadora rotativa	110
Aspirador T-7	3
Rosca salida picadora	4
Molino de martillos	160
Boquilla, conexión entre ciclón y esclusa	4
Transportador de rosca, para extraer el producto del filtro de mangas	1,5
Aspirador PAF-3600 para molino	55
Rosca general de harinas	5,5
Elevador de cangilones	4
Silo pulmón	4,5
Mezcladora horizontal MH-5000	15
Aspirador T-7	3
Alimentador-Acondicionador CPM	2,2
Granuladora CPM modelo 7122	160
Transportador de cadena para gránulo modelo redler	2,2
Aspirador T-7	3

Peletizadora	Potencia de peletizado (kW)
Elevador de cangilones	4
Enfriador de gránulos vertical	147
Aspirador para enfriador	11
Tamizador rotativo	1,5

Fuente: www.afau.es

Saneamiento

Las Naves presentan una red de saneamiento independiente con dos sistemas separados de evacuación:

Para las aguas pluviales: mediante el sistema de canalones el agua será conducida hacia las bajantes recogiendo por arquetas sumidero que posteriormente mediante colectores desembocarán en la red general de aguas pluviales.

Para las aguas procedentes de los aparatos sanitarios y zona de producción: se realiza mediante una red horizontal a base de sumideros, arquetas y colectores, enviándolas a la red general de depuración del pueblo.

Fontanería

Las naves presentan un sistema de abastecimiento de agua independiente. No obstante, es importante remarcar que para esta planta de producción de pellets NO va a existir una necesidad de agua a lo largo del proceso.

Las líneas de abastecimiento de ambas naves se realizarán mediante sus respectivas arquetas de acometida hasta los contadores mediante una tubería de polietileno de 25 mm de diámetro.

En cuanto a la **Nave 2**, cuenta con tres líneas de abastecimiento. Una para los aseos, compuestos de 2 lavabos y 2 WC's, y las otras dos en los laterales de la nave.

La **Nave 1** cuenta con tres líneas independientes de abastecimiento. Una para los aseos, compuestos de 2 lavabos y 2 WC's y las otras para el sector 1 y 2.

5.5. MANO DE OBRA

Con objeto de desarrollar las actividades previstas para un funcionamiento adecuado de la planta, será necesario el personal laboral que se indica a continuación:

- Recepción y almacenado de las pacas mediante cargadora telescópica en la Nave 1. Esta actividad se realizará durante los meses de julio y agosto y será realizada por dos operarios (1 por turno de 8 horas).

- A partir de septiembre se comenzará con el proceso de peletizado, por lo que los dos operarios anteriores trabajarán conjuntamente en un mismo turno realizando tareas de alimentación de las pacas a la peletizadora y mantenimiento y control de la maquinaria
- Durante todo el año, habrá una persona trabajando a un turno de 8 horas, para llevar a cabo tareas de gestión, contabilidad, correcto cumplimiento de las normativas vigentes, mantener la calidad del producto mediante el análisis, realizar tarea comercial y transporte de pelletes.

Según lo anterior, la planta contará con tres empleados.

6. SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Para el diseño de la **Nave 2**, catalogada como una actividad industrial, se ha llevado a cabo siguiendo las indicaciones del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales, siendo necesario la instalación de:

- 13 extintores, 1 situado de la oficina, y el resto distribuidos por los dos sectores de la nave. Además, será necesario indicar un recorrido de evacuación como máximo de 25 m bien señalizado y con las luces de emergencia, y 7 pulsadores de alarma de incendios distribuidos por la nave y zona de dependencias.

Para la **Nave 1**, al estar catalogada como una actividad agrícola, quedaría fuera de aplicación de dicho reglamento, por lo que se aplicarán las medidas contra incendios que se crean convenientes, resultando:

- Instalación de 5 extintores repartidos en la parte libre de la nave, hay que tener en cuenta que las pacas ocuparán casi toda su superficie, y otro en la zona de oficina y aseos. Además, se instalará un sistema de detección de incendios compuesto por 27 detectores, y habrá iluminación de emergencia en las salidas.

7. EVALUACIÓN DE IMPACTO AMBIENTAL

Debido al carácter medioambiental que en sí mismo tiene este estudio, mediante el anejo IV de Impacto Ambiental, se analizarán los siguientes impactos que esta actividad puede ocasionar:

- Contaminación por residuos sólidos
- Contaminación por efluentes líquidos
- Contaminación por emisiones gaseosas
- Contaminación acústica
- Impacto visual
- Impacto por la recogida de biomasa

Con respecto a la normativa, se dará cumplimiento del Decreto Legislativo 1/2015, de 12 de noviembre, ley de Prevención Ambiental de Castilla y León y, a nivel estatal, de la Ley 11/2003, de 8 abril de Prevención Ambiental de Castilla y León.

8. APLICACIÓN ENERGÉTICA DE PELLET DE PAJA COMO COMBUSTIBLE PARA EL SISTEMA DE CALEFACCIÓN DE UN INVERNADERO

Desde el punto de vista energético, los pellets de paja de cereal se pueden utilizar en la obtención de energía térmica y eléctrica, para procesos de diversa índole como industrial o agrogranadera. No obstante, aunque su uso sea apto, hay que valorar de forma más particular su eficacia y rentabilidad en cada proceso.

Según los datos que ofrece el ESYRCE (Encuesta sobre superficies y rendimientos) que anualmente elabora el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en 2017 se han clasificado 111 hectáreas de invernaderos en Castilla y León, siendo las provincias como León, Valladolid o Palencia, las más abundantes.

En la actualidad se desconoce el número de invernaderos que cuenta con abastecimiento de pellets, pero teniendo en cuenta las subvenciones para la disposición o cambio de calderas de biomasa, además de los ahorros energéticos, se considera un mercado importante.

Para analizar las ventajas e inconvenientes del uso de biomasa en los invernaderos, se tomará como ejemplo un invernadero hipotético de condiciones climáticas propias de la zona de estudio, ya que podría ser representativo para el resto de invernaderos indicados, y se calcularán las necesidades caloríficas necesarias para así valorar la rentabilidad del uso de biocombustibles frente a combustibles fósiles.

Para este estudio, primeramente será necesario conocer las características constructivas del invernadero (dimensión, material de cubierta, orientación, etc.), y la rotación de cultivos establecida.

Posteriormente, se calcularán las necesidades caloríficas, para poder determinar la potencia de la caldera y la cantidad y coste del suministro.

Finalmente, se realizará una comparativa económica de la aplicación de este tipo de biocombustibles con respecto a los de origen fósil utilizados hasta el momento.

8.1. CARACTERÍSTICAS DEL INVERNADERO

Se ha optado por una construcción de cubierta asimétrica con el fin de tener un aumento en la superficie que se encuentra de cara expuesta a la zona sur y así aumentar la capacidad de absorción de iluminación.

La construcción presenta dos áreas, el invernadero en sí, y una zona aneja al mismo que alberga un semillero, dos almacenes para la maquinaria y producto terminado, y la sala de calderas.

La construcción total, constituye una superficie de 9.100 m² y está dividida en 13 módulos de 10 m x 70 m cada uno.

El invernadero ocupa 12 módulos de 10 m x 70 m cada uno, con una superficie total de 8.400 m². A su vez, presenta cuatro zonas o parcelas de cultivo, de 3 módulos cada una, separadas mediante paneles de policarbonato celular.

En cuanto a la zona aneja, ocupa el decimotercer y último módulo de 10 m x 70 m, presentando la siguiente distribución:

- Sala de semilleros = 20 x 10 m²
- Almacén 1 de materia prima = 19 x 10 m²
- Almacén 2 de producto terminado = 17 x 10 m²
- Entrada principal = 2 x 10 m²
- Cuarto de calderas y riegos = 12 x 10 m²

Plantación

Se cultivarán plantas hortícolas comunes en la comunidad que presentan buenas aptitudes frente a factores físicos, económicos, climáticos y que se adapten a las necesidades rotacionales. Según esto, las especies elegidas son: espinacas, pimiento, lechuga rizada y lisa, acelga, brócoli, judía, y tomate. La rotación será para cuatro años y la misma para las cuatro parcelas de cultivo, empezando cada una en un año diferente.

Semillero

Se dispondrán 8 mesas de dimensiones de 2 m x 3 m x 0,8 m que permitan mantener las bandejas de todos los cultivos de la rotación correctamente colocadas, aunque debido a los tiempos de cultivo nunca van a coincidir todas.

Sistemas de acondicionamiento del invernadero y semillero

- Se utilizará un sistema de calefacción por agua caliente distribuida mediante rieles de acero.
- Se empleará una pantalla térmica que permita regular la temperatura y las pérdidas de humedad.

8.2. NECESIDADES CALORÍFICAS Y DE COMBUSTIBLE

Los cálculos de las necesidades caloríficas de las cuatro parcelas de cultivo y de la zona del semillero se harán por separado aplicándose la fórmula del balance energético. Para lo cual se ha considerado una temperatura de activación de la calefacción, teniendo en cuenta las necesidades de los cultivos, de 11°C y de una temperatura media de las mínimas en el exterior de 0,6 °C.

Los resultados de las necesidades caloríficas, serán necesarios para determinar la potencia de la caldera y las necesidades de combustible.

Tabla 6: Necesidades caloríficas del invernadero y semillero

Construcción	Necesidades caloríficas (kcal/h m ²)	Potencia útil de la caldera (kW)	Necesidades de biomasa (kg/año)
Invernadero	18,50	897	56.025
Semillero	18,57		

Fuente: Elaboración propia

8.3. COMPARATIVA DEL USO DE BIOMASA FRENTE AL COMBUSTIBLE FÓSIL

Se realizará primeramente una comparativa del combustible y coste necesario, según se indica a continuación:

Tabla 7: Comparativa de combustibles utilizados

	Combustible Fósil	Biomasa
Combustible necesario (kg/año)	56.025	11.205
Coste del combustible (€/anual)	18.180	16.907

Fuente: Elaboración propia

Según los datos anteriores, se puede apreciar que la equivalencia de volumen entre los dos combustibles es de por cada litro de gasoil, tres kilos de pellets aproximadamente. Esto supondría una diferencia en la superficie de almacenamiento de un 75 %. En cuanto al coste del combustible, el uso de pellets supone un ahorro de casi un 50% frente al gasoil.

Otros aspectos a valorar serán la adquisición de maquinaria y la generación de cenizas.

Respecto a la adquisición de maquinaria, la diferencia de precios que se baraja entre una caldera de combustible fósil con respecto a una de biomasa puede suponer un incremento en esta última de casi un 50 %. No obstante, gracias a las subvenciones cofinanciables por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional, mediante la Orden de 10 de octubre de 2018, de la Consejería de Economía y Hacienda, dirigidas a la utilización de energías renovables en el sector empresarial de Castilla y León, podría llegar hasta un 40%, haciendo así rentable su adquisición.

Por otro lado, la generación de cenizas que este combustible ocasiona, un 4%, para el uso de invernaderos es una ventaja ya que será utilizado como fertilizante en su cultivo.

Según lo anterior, a día de hoy, con las subvenciones presentes, el uso de biomasa como combustible para la calefacción de invernaderos se considera como una alternativa ventajosa.

9. VALORACIÓN ENERGÉTICA

Desde un punto de vista sostenible, es muy importante analizar todos los efectos ambientales derivados de su proceso de cultivo y de los consumos energéticos necesarios para su realización, así como las emisiones y residuos generados en dicho proceso y los efectos ambientales debidos a la finalización del ciclo de vida del cultivo. En este sentido, es crucial la existencia de un balance energético positivo y un balance de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) negativo.

Esto quiere decir, por un lado, que la energía neta contenida en el biocombustible obtenido de la biomasa resulte superior a la energía primaria gastada en todo el proceso productivo (incluido el cultivo y la obtención del biocombustible); y por otro, que las emisiones de los principales GEI generadas por dichos procesos sean inferiores a las generadas por los combustibles fósiles que pretenden sustituir.

Para este cálculo se procederá a:

- identificar y cuantificar las entradas y salidas de energía primaria de los diferentes procesos que componen el sistema considerado como son:
 - o Hilerado y empaçado
 - o Recogida de las pacas
 - o Carga/descarga de las pacas en el camión y transporte a la Nave 1
 - o Proceso de peletizado

Una vez valorado el consumo energético de las etapas que integran el proceso de producción de pellets de paja, se presentan los resultados obtenidos del análisis de la eficiencia energética del sistema considerado (balance energético), calculada como la relación entre la energía producida y la consumida. Asimismo, se ha calculado la producción neta de energía, restando la energía consumida a la producida por el sistema.

Tabla 8: Eficiencia energética del proceso de producción de pellets

Energía consumida por el procesado (MJ/t)	Energía producida por los pellets* (MJ/t)	Energía neta (MJ)
1.301,77	13.790	12.208
Valorización energética del proceso (balance energético)		
9,4		

Fuente: Elaboración propia

El balance energético de la producción de pellets resulta positivo, obteniéndose prácticamente nueve veces más energía que la invertida en su recogida, empaçado, transporte y transformación. Así, la producción neta de energía por año es en torno a los 12.000 MJ/t biomasa.

Respecto a los requerimientos energéticos del sistema considerado, cabe destacar que es la producción de pellets el proceso con mayores requerimientos energéticos (subsistema transformación). En concreto, supone el 75% del consumo de energía del sistema considerado.

Indicar que el análisis se ha realizado estableciendo un escenario hipotético en el que no se han considerado rendimientos máximos que este cultivo puede alcanzar en determinadas condiciones y entornos. Asimismo, los requerimientos energéticos del proceso de peletización pueden verse reducidos con la utilización técnicas y procesos energéticamente más eficientes, como por ejemplo, el uso de energía solar o la cogeneración, que empleen una menor cantidad de

energía, y que mejoraría el balance energético del sistema estudiado. Teniendo en cuenta estos dos factores, el balance energético y la eficiencia energética del proceso analizado podrían dar un resultado más positivo, si cabe, del que se recoge en el presente documento.

10. ESTUDIO ECONÓMICO

El estudio económico dispone de las siguientes características: inversión inicial de 934.317 € (sin IVA), 20 años de vida del proyecto, tasa de inflación 1,2, tasa de incremento de cobros 2,50, tasa de incremento de pagos 2,46 y una tasa de interés del 5 %.

La financiación se hará mixta (15 % capital del promotor y 85 % del CDTI y FEDER), considerándose un interés bancario del 2,5 % y una carencia de 1 año.

Como resultado, la tasa interna de rendimiento (TIR) es de 14,33 %, el VAN 621.531,94, el periodo de recuperación 10 años y la relación beneficio-inversión 4,43 para una tasa de actualización de 5 %.

Estos resultados vienen corroborados por los obtenidos en el análisis de sensibilidad. Así, siendo el caso más favorable la situación D (TIR = 16,90 %, -3,00 % de variación de la inversión, 5,00 % de variación de flujos y vida del proyecto de 20 años) y la más desfavorable la situación E (TIR = 8,82 %, 3,00 % de variación de la inversión, -5,00 % de variación de flujos y vida del proyecto de 15 años).

11. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

A continuación se representa el presupuesto general detallado para la realización del presente estudio:

Tabla 9: Presupuesto del estudio

Designación	Importe (€)
Instalación contra incendios	3.956
Maquinaria	56.000
Peletizadora	690.229
Equipo de laboratorio	1.200
Equipo de oficina	1.600
Presupuesto de ejecución material	753.482
16% de gastos generales	120.557,12
6% de beneficio industrial	45.208,92
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	919.248,04
IVA 21%	193042,08

Designación	Importe (€)
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI + IVA)	1.112.290,12
Honorarios por redacción del proyecto (2% PEM)	15.069,64
IVA 21%	3.164,62
	18.234,26
TOTAL DEL PRESUPUESTO GENERAL (con IVA)	1.130.524,26
TOTAL DEL PRESUPUESTO GENERAL (SIN IVA)	934.317,68

Fuente: Elaboración propia

12. NORMATIVA Y BIBLIOGRAFÍA

12.1. NORMATIVA UTILIZADA

- Documento Básico SI, para la seguridad en caso de incendios.
- Documento Básico HR, protección frente al ruido.
- Real Decreto 485/1997, de 14 de abril, de Reglamento de Señalización de los Centros de Trabajo.
- El Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre, por el que se aprueba el Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos industriales.
- UNE 23007-14 Sistemas de Detección y Alarma de Incendios.
- UNE-EN 14961-2:2012, de Biocombustibles sólidos. Especificaciones y clases de combustible.
- Ley 21/2013, de 11 de diciembre, de Evaluación Ambiental.

12.2. BIBLIOGRAFÍA

- Avebiom. <http://www.avebiom.org/es/>
- Agencia Estatal de meteorología. <http://www.aemet.es/es/portada>
- Balance energético de la producción de pellets a partir de *Cynara cardunculus* (2009). Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural, Junta de Andalucía.
- Bioenergy International. <https://bioenergyinternational.es/la-paja-como-combustible-estrategico/>

- ESYRCE (2017) Encuesta sobre superficies y rendimientos de invernaderos. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.
- Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. <http://www.mapa.gob.es/consulta> de hojas de cálculo de costes de maquinaria.
- IDAE (2005) Consumos energéticos en las operaciones agrícolas en España. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- IDAE (2008) Ahorro y eficiencia energética en Invernaderos. Instituto para la Diversificación y Ahorro de Energía.
- IEA (2007) Manual de Estadísticas Energéticas. Agencia Internacional de la Energía (OCDE – EUROSTAT).
- Instituto Nacional de Estadística. <https://www.ine.es/energia/>
- Junta de Castilla y León. Agricultura y Ganadería. <https://agriculturaganaderia.jcyl.es/web/jcyl/AgriculturaGanaderia/es/Plantilla100Detalle/>
- PANER (2010) Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio.
- PER (2005-2010 / 2011-2020). IDAE, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía.
- Presupuesto de la planta de peletizado. <http://afau.es>.
- Serrano Cermeño, Zoilo (1995). Veinte Cultivos de Hortalizas en Invernadero. Edit. Autor. Sevilla.
- Serrano Cermeño, Zoilo (1990). Técnicas de Invernadero. Edit. Autor. Sevilla.

12.3. OTRAS FUENTES

- Visita a planta de producción de pellets de Agopal (Villoldo –Palencia)
- Visita a la deshidratadora de alfalfa de Odarpi S. Coop. (Melgar de Fermoselle) para comprobar el funcionamiento de la caldera de paja.

Palencia, Marzo 2019

Fdo.: Diana Calvete López

MEMORIA

ANEJO I: Situación actual de las Energías Renovables

ÍNDICE ANEJO I

1. ENERGÍAS RENOVABLES.....	1
1.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA.....	2
1.2. SECTOR DE LA BIOMASA.....	3
1.3. SISTEMA ENERGÉTICO EN CASTILLA Y LEÓN	5
2. ESTUDIO DE MERCADO	6
2.1. DEMANDA ENERGÉTICA	7
2.2. SUBVENCIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CALDERAS DE PELLETS	9

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Objetivos globales del plan de energías renovables 2011-2020 y grado de cumplimiento de los objetivos obligatorios e indicativos.	2
Tabla 2: Consumo de energía en España por fuente energética: 2000-30 (Tonelada equivalente de petróleo).....	3
Tabla 3: Comparativa de la energía final consumida en 2015 con respecto al objetivo 2020.....	4
Tabla 4: Situación y futuro térmico renovable. Generación eléctrica	5
Tabla 5: Invernaderos en Castilla y León.....	7
Tabla 6: Actuaciones y porcentajes subvencionados.....	10

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Distribución de la biomasa para uso térmico a finales de 2105	4
Ilustración 2: Distribución por CCAA de las estufas de pellets instaladas en España en 2016 ...	8

1. ENERGÍAS RENOVABLES

Con la caducidad del PER 2005-2010 se decidió elaborar un nuevo Plan de Energías Renovables que tiene como horizonte temporal los años 2011 a 2020. El Consejo de Ministros del 11 de noviembre, aprobó el Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020, elaborado por el Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía-IDAE que constituye la hoja de ruta de las energías limpias en nuestro país para la presente década. Este Plan, marca las líneas generales de actuación del sector durante la próxima década.

El PER 2011-2020 establece objetivos poco ambiciosos (20,8%), ligeramente superiores a la obligación vinculante marcada por la Directiva europea 2009/28/CE (20%).

Asimismo, el objetivo general establecido en el nuevo PER, se reduce con respecto al remitido por el Ministerio de Industria, Turismo y Comercio en el Plan de Acción Nacional en materia de Energías Renovables (PANER), remitido a la Comisión Europea en 2010 que se establecía un 22,7%.

A pesar de los beneficios económicos y medioambientales que aportan las energías renovables, el Plan desaprovecha la oportunidad de fijar unos objetivos ambiciosos para 2020 que supongan un verdadero cambio en nuestro modelo energético.

En un país con una dependencia energética de las importaciones del 88,7%, se debe trabajar con el objetivo de modificar esa grave debilidad de nuestra economía, críticamente vulnerable a variaciones en los precios de los combustibles fósiles. Más aún cuando el propio PER reconoce que los beneficios económicos son claramente superiores, en más de un 17%, a los costes. Si las renovables son beneficiosas económicamente y reducen nuestra dependencia, no existe ninguna razón para la escasa ambición del PER 2011-2020.

Se da la paradoja de que el Plan de Acción Nacional de Energías Renovables, elaborado por el Gobierno y presentado a Bruselas, marca para España un objetivo superior (22,7%) que el Plan de Energías Renovables (20,8%). El Gobierno ha comprometido ante la Unión Europea un objetivo mayor que el que se ha marcado internamente.

Recientemente, las energías renovables han recibido un importante respaldo de la comunidad internacional con el 'Acuerdo de París' suscrito en la Cumbre Mundial del Clima celebrada en diciembre de 2015 en la capital francesa.

El acuerdo, que entrará en vigor en 2020, establece por primera vez en la historia un objetivo global vinculante, por el que los casi 200 países firmantes se comprometen a reducir sus emisiones de forma que la temperatura media del planeta a final del presente siglo quede "muy por debajo" de los dos grados, el límite por encima del cual el cambio climático tiene efectos más catastróficos e incluso a intentar dejarlo en 1,5 grados.

Desde la Unión Europea se está elaborando una directiva para el año 2030 con los objetivos de alcanzar el 27 % de energías renovables, el 40 % de reducción de emisiones con respecto a 1990, el 27 % de incremento de la eficiencia energética y el 10 % de interconexiones eléctricas. Obliga además a que los países miembros para que realicen PLANES DE ENERGIA Y CLIMA para el periodo 2012 a 2030, así como para periodos posteriores de diez años. España, está iniciando este proceso (deberá entregar un primer borrador a primeros del año 2018), para este

ambicioso plan que integra energía y clima, se deberá tener en cuenta a todos los sectores implicados: financieros, empresariales, de Investigación y Desarrollo, administración autonómica y local, sector político y destacar el papel activo de ciudadanía en el nuevo panorama energético.

1.1. CONTEXTO ENERGÉTICO ACTUAL DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN ESPAÑA

A continuación, se presentan los objetivos y grado de cumplimiento del Plan de Energías Renovables para los periodos 2005-2010 y 2011-2020:

Tabla 1: Objetivos globales del plan de energías renovables 2011-2020 y grado de cumplimiento de los objetivos obligatorios e indicativos.

ktep	2005	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
A. Consumo final bruto de electricidad procedente de fuentes renovables	4.624	7.323	7.860	8.340	8.791	9.212	9.586	9.982	10.547	11.064	11.669	12.455
B. consumo final bruto de fuentes renovables para calefacción y refrigeración	3.541	3.933	3.992	4.034	4.109	4.181	4.404	4.651	4.834	5.013	5.152	5.357
C. Consumo final de energía procedente de fuentes renovables en el sector transporte	245	1.538	2.174	2.331	2.363	2.418	2.500	2.586	2.702	2.826	2.965	3.216
C.1. Consumo de electricidad procedente de fuentes renovables en el sector del transporte por carretera	0	0	0	0	5	11	21	34	49	67	90	122
C.2. Consumo de biocarburantes del artículo 21.2	0	5	15	45	75	105	142	167	193	177	199	252
C.3. Subtotal renovables para cumplimiento del objetivo en transporte: (C)+(2,5-1)x(C.1)+(2-1)x(C.2)	245	1.543	2.189	2.376	2.446	2.540	2.674	2.805	2.968	3.103	3.299	3.651
D. Consumo total de fuentes de energía renovables (evitando doble contabilización de la electricidad renovable en el transporte)	8.302	12.698	13.901	14.533	15.081	15.613	16.261	16.953	17.776	18.547	19.366	20.525
E. Consumo final bruto de energía en transporte	32.431	30.872	30.946	31.373	31.433	31.714	32.208	32.397	32.476	32.468	32.357	32.301
F. Consumo final bruto de energía en calefacción y refrigeración, electricidad y transporte	101.719	96.382	96.381	96.413	96.573	96.955	97.486	97.843	98.028	98.198	98.328	98.443
Objetivos en el transporte (%)												
Objetivo obligatorio mínimo en 2020												10,0%
Grado de cumplimiento del objetivo obligatorio en 2020 (C.3/E)	5,0%											11,3%
Objetivos globales (%)												
Trayectoria indicativa (media para cada bienio) y objetivo obligatorio mínimo en 2020			11,0%	12,1%	13,8%	16,0%						20,0%
Grado de cumplimiento de la trayectoria indicativa y del objetivo obligatorio mínimo en 2020 $(D/F \text{ o } [D_{2011}+D_{2020}]/[F_{2011}+F_{2020}])$	8,2%	13,2%	14,7%	15,9%	17,0%	18,5%	19,7%					20,8%

Fuente: PER 2011-020

Como puede apreciarse, el grado de cumplimiento de los objetivos establecidos está siguiendo la trayectoria estimada.

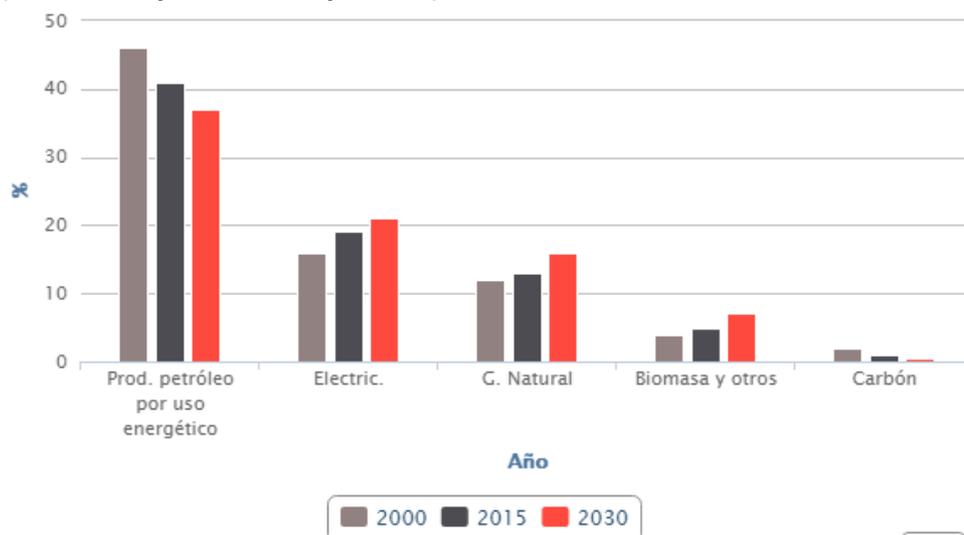
Según el informe Cepsa Energy Outlook 2030 analiza el impacto que la búsqueda de este equilibrio tendrá en la energía, especialmente a la luz del acuerdo de París sobre el cambio climático (COP21). Aunque las previsiones de la compañía apuntan a que "los compromisos del acuerdo no serán suficientes para mantener el calentamiento global muy por debajo de 2°C sobre los niveles preindustriales" para 2030, como acordaron las naciones involucradas, en los próximos años sí se vislumbran unas tendencias sin vuelta atrás que transformarán el sistema energético mundial.

Las nuevas tecnologías como el Big Data acelerarán el cambio a través de nuevas formas de ahorrar energía, aumentar la productividad e incluso revolucionar la manera de hacer negocios.

Los avances tecnológicos mejorarán la eficiencia, anticiparán las necesidades de los consumidores y les permitirán interactuar con sus proveedores.

La tendencia del consumo en España por fuente energética será el siguiente:

Tabla 2: Consumo de energía en España por fuente energética: 2000-30 (Tonelada equivalente de petróleo)



Fuente: Cepsa

Como puede apreciarse, los productos del petróleo seguirán liderando el mix energético, tanto mundial como español, en el futuro.

De hecho, el petróleo supondrá casi la mitad de la demanda energética en 2030, si bien experimentará un paulatino debilitamiento debido en parte al incremento del uso de biocombustibles, los vehículos eléctricos y el gas natural, pasando de 46 millones de toneladas equivalentes (Mtoe) a 37 Mtoe. El gas natural ocupará el segundo lugar y se espera que aumente paulatinamente su participación en el mix de energía debido a la sustitución del petróleo en las calefacciones de edificios residenciales y comerciales, a su potencial como alternativa al carbón y al uso moderado pero creciente en camiones y vehículos pesados.

En cuanto a la biomasa, el crecimiento será sustancial debido a la regulación que exige que el 8,5% del combustible de uso en carreteras se fabrique con biocombustibles con el fin de cumplir con los objetivos de la Unión Europea.

1.2. SECTOR DE LA BIOMASA

Los recursos de biomasa son importantes en España y su procedencia establece diferentes tipos: forestal, agrícola, industrial forestal y agrícola y cultivos energéticos. Cuando se habla de usos térmicos de la biomasa se vincula con usos de calefacción y frío, y generación de agua caliente sanitaria. En ambos casos se entiende su uso en la industria, sector servicios y sector doméstico.

El potencial de biomasa disponible en España, bajo hipótesis conservadoras, se sitúa en torno a 88 millones de toneladas de biomasa primaria en verde, incluyendo restos de masas forestales existentes, restos agrícolas, masas existentes sin explotar y cultivos energéticos a resumen del Plan de Energías Renovables 2011-2020. A este potencial se suman más de 12 millones de toneladas de biomasa secundaria seca obtenida de residuos de industrias agroforestales.

Para alcanzar los objetivos fijados en el área de biomasa se han definido una serie de propuestas dirigidas a cada fase del aprovechamiento de la misma. Las propuestas para el desarrollo de un mercado maduro de suministro de biomasa se centran principalmente en la movilización del recurso. El apoyo al desarrollo de aplicaciones térmicas, especialmente en edificios, se realizará mediante campañas de difusión, desarrollos normativos y nuevos sistemas de apoyo financiero, de incentivos y de ayudas públicas a la inversión.

La situación y futuro de la biomasa para usos térmicos en el año 2015 en España se describe en la siguiente tabla:

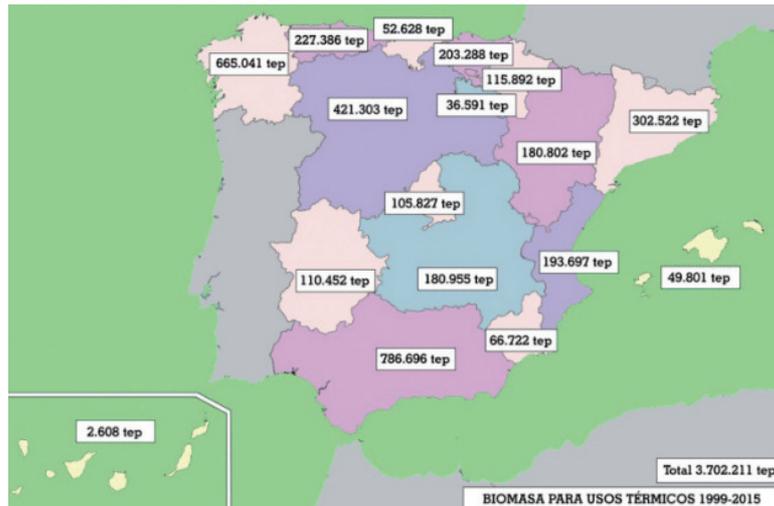
Tabla 3: Comparativa de la energía final consumida en 2015 con respecto al objetivo 2020

Consumo de biomasa. energía final	3.936.000 tep
%respecto energía final	4,72
Futuro: Objetivo indicado en el Plan Acción Nacional de Energías renovables(PANER)	4.850.000 tep Horizonte año 2020

Fuente: MINETAD

A continuación, mediante la siguiente Ilustración 1 se muestra la situación de la biomasa térmica desde el punto de vista de las Comunidades Autónomas. El total para todo el país asciende a un valor de 3.936.000 tep de acuerdo con los datos de IDAE.

Ilustración 1: Distribución de la biomasa para uso térmico a finales de 2015



Fuente: IDAE

El 71 % de las redes térmicas censadas en el año 2016 en España utilizan la biomasa como combustible.

A continuación se presenta la situación y futuro de la térmica renovable (biomasa, biogás y residuos):

Tabla 4: Situación y futuro térmico renovable. Generación eléctrica

Año	2015	2016
Biomasa	517 MW	519 MW
Biogás	225 MW	294 MW
Residuos	294 MW	225 MW
Potencia total	989 MW	1.038 MW
Generación eléctrica	4.930 GWH	4.688 GWH
% respecto demanda eléctrica	2%	1,7%
Futuro: Objetivo indicado en el Plan Acción Nacional de Energías renovables(PANER)	Biomasa: 1.187 MW 7.400 GWH Biogás: 400 MW 2.617 GWH Horizonte año 2020	

Fuente: Red eléctrica de España. MINETAD y APPA

Los objetivos para las energías renovables para el año 2020, es conseguir el 20% del consumo de la energía final bruta. Según datos de EUROSTAT (que no incluye la contribución de los biocombustibles), para el año 2015, se ha conseguido tener un 16,2% con fuentes renovables.

En el área de la biomasa se pueden destacar los avances en el uso de estufas de “pellets” y calderas de biomasa, pero, para conseguir el objetivo fijado, se deberá continuar e incrementar las ayudas financieras y de subvención.

1.3. SISTEMA ENERGÉTICO EN CASTILLA Y LEÓN

A consecuencia de la gran variedad de agentes que intervienen en la bioenergía, así como la amplitud de recursos, usos y formas de aprovechamiento, este sector es complejo y heterogéneo. Desde la perspectiva de la Administración Autonómica, se considera como una materia transversal a muchas políticas entre las que se encuentran la forestal, agrícola, gestión de residuos, energética, urbanismo y vivienda, política municipal, etc.

El estado actual del sector en Castilla y León, reflejo de España, puede describirse como de lento desarrollo de proyectos eléctricos, insuficientes instalaciones térmicas en el sector residencial, industrial y de servicios y escaso consumo de biocombustibles así como situación de incertidumbre en su fabricación.

La bioenergía en Castilla y León requiere de un apoyo institucional con la doble finalidad de resolver o minimizar barreras preexistentes y favorecer activamente al sector. En este sentido, se propone el Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León (PBCyL), como la herramienta para articular medidas a favor del sector.

El PBCyL se tramita al amparo de la Ley 10/1998, de 5 de diciembre, de Ordenación del Territorio de Castilla y León. En este sentido, ha sido sometido a información pública mediante la

Orden EYE/1635/2009, de 27 de julio, por la que se inicia el procedimiento de aprobación del Plan Regional de Ámbito Sectorial de la Bioenergía de Castilla y León.

2. ESTUDIO DE MERCADO

Según datos de la asociación Avebiom publicados por Bioenergy International, España cuenta en la actualidad con 83 fábricas de pellets, 7 menos que en 2017, aunque la capacidad de fabricación de pellet supera ya los 2.000.000 de toneladas anuales, un cuarto de millón más que el año anterior

En la actualidad hay 35 plantas con producción certificada ENplus, una de ellas, nueva en 2018. Las comunidades autónomas que albergan más instalaciones son Andalucía y Castilla y León, con 11 cada una, seguidas de Castilla-La Mancha, con 10, y Galicia, con ocho. Cataluña tiene 6 plantas, Extremadura, Comunidad Valenciana y Aragón, cinco cada una. Por debajo de cinco, el resto.

Con los datos disponibles, las mayores capacidades se sitúan en Castilla y León, donde se podrían producir cerca de 370.000 toneladas al año; Andalucía es capaz de producir en torno a 270.000 toneladas; Extremadura, gracias al proyecto en la localidad de Moraleja en Cáceres, podría llegar a las 210.000 toneladas anuales. En Galicia y Castilla-La Mancha, con fábricas ya en funcionamiento, el potencial de fabricación se sitúa entre las 175.000 y las 200.000 toneladas/año.

Aragón, donde se está construyendo una gran planta en Erla, se colocaría en 160.000 toneladas. En Cataluña, las fábricas, de mediano tamaño, funcionan cerca de sus capacidades y pueden poner en el mercado hasta 140.000 toneladas anuales. En cuanto a las plantas de producción de astilla, la mayor parte de las casi 60 inventariadas por Avebiom tienen producciones inferiores a 30.000 toneladas al año, la mitad de ellas tienen capacidad para producir hasta 10.000 toneladas. Tan solo 5 instalaciones producen más de 30.000 toneladas, y solo 3, en Asturias, Girona y Valencia, son capaces de superar las 60.000 t/año.

Los productores de hueso de aceituna se mantienen año tras año, tanto en número, rondando las 25 instalaciones, como en producciones, por lo general inferiores a las 10.000 t/año, aunque esto varía con la campaña anual de la aceituna.

Más de la mitad de la producción autonómica procede de Burgos, la primera provincia de España.

Las once instalaciones de pellets de Castilla y León se ubican en Huerta del Rey, Villazopeque y Doña Santos, en la provincia de Burgos; El Sahúgo, en Salamanca; Benamariel, en León; Cabrejas del Pinar y San Leonardo de Yagüe, en Soria; Villoldo y Alar del Rey en Palencia; Sanchonúño, en Segovia; y en el vivero forestal central de la Junta y una instalación en Pedrajas de San Esteban, estas dos últimas en la provincia de Valladolid.

Y respecto a la fabricación de briquetas, se presentan tres instalaciones ubicadas en el propio vivero forestal, Íscar (Valladolid) y en Duruelo de la Sierra (Soria). La Junta de Castilla y León destaca que la Comunidad es un "referente nacional" en la generación de energía a partir de biomasa global, al tratarse de la primera comunidad autónoma con mayores recursos y la mayor comunidad en superficie agrícola y forestal (el 51 por ciento del territorio autonómico es forestal). Además de ser líder nacional en pellets, este gran potencial sitúa a la

región en los primeros puestos en producción de biomasa biotérmica, con más de 600 instalaciones y la séptima posición en generación eléctrica.

Según lo comentado, se observa que la inmensa mayoría de los pellets producidos se tratan de residuos forestales, ya que la utilización de paja para usos energéticos está presente en procesos de cogeneración en las plantas de Osorno (Palencia) y otra en Briviesca (Burgos), y en estos casos la paja no necesita ningún tipo de peletizado para su combustión ya que las infraestructuras presentes en este tipo de proceso son diseñadas para grandes cantidades de biomasa.

No obstante, teniendo en cuenta que la paja a menudo es un producto excedentario y complejo de gestionar en zonas ampliamente cerealistas, ya hay empresas como Agropal en el mencionado T.M. de Villoldo (Palencia), la planta de Alar del Rey, de Cereales y Transportes de Bravo e Hijos (Palencia), y la planta Molifibra, Molienda y Granulación, en Burgos que realizan el peletizado de este residuo para abastecer de energía térmica a diversas instalaciones.

En el caso de la de Villoldo, los pellets producidos son utilizados para abastecer a la quesería, propiedad de la cooperativa, en Baltanás (Palencia). La fábrica, consume 700 t/año de pellets para suministrar hasta un 60 % de la energía térmica necesaria, y presenta como objetivo llegar al 75-80 % en este año.

2.1. DEMANDA ENERGÉTICA

Para este estudio, la demanda térmica que debe existir en el municipio receptor de la planta y alrededores, tiene que ser suficiente para justificar su instalación.

Teniendo en cuenta que este estudio se centra en abastecer de pellets a los invernaderos más cercanos, según los datos que ofrece el ESYRCE (Encuesta sobre superficies y rendimientos) que anualmente elabora el Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente, en 2017 se han clasificado 111 hectáreas de invernaderos, de los que 38 tienen la consideración o calificación de elementales, otros 43 de normales y 24 de tecnificados en Castilla y León.

A continuación, se procede a mostrar la distribución de los invernaderos, en función de su superficie:

Tabla 5: invernaderos en Castilla y León

Provincia	Superficie de invernadero
Ávila	14
Burgos	3
León	50
Palencia	16
Salamanca	6
Segovia	-

Provincia	Superficie de invernadero
Soria	-
Valladolid	13
Zamora	9
Castilla y León	111

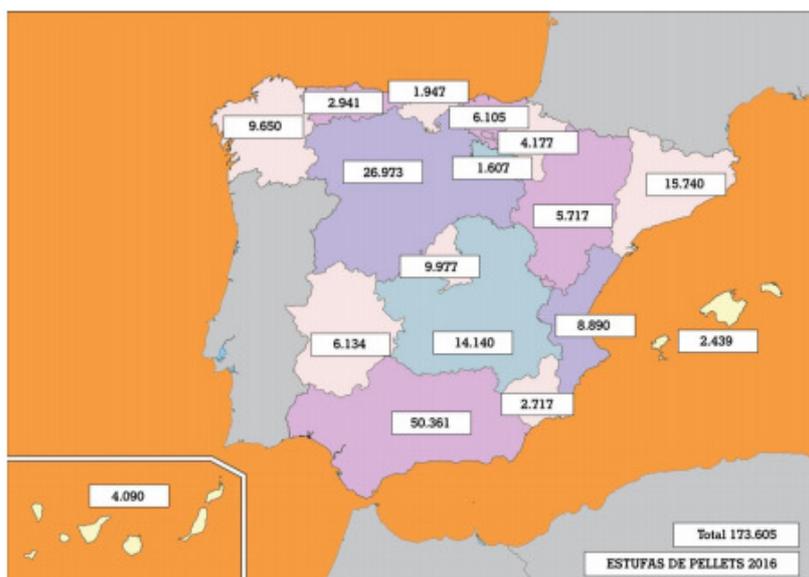
Fuente: Esyrce.

Según estos datos, la provincia de León recoge la mayor parte de superficie de invernaderos con 50 hectáreas, que buena parte de ellas son destinadas a la producción de tomate (19), seguida de Palencia con 16, Ávila con 14 o Valladolid con 13.

Por lo que respecta a los cultivos, destacar las casi 35 hectáreas que se destinan a tomate, las 13 de calabacín o las 9 de lechuga.

No sé dispone una cifra de los invernaderos que presentan en la actualidad de caldera de pellets. Lo que sí se sabe, es que según los últimos datos suministrados por el Observatorio de la Biomasa, gestionado por Avebiom con respecto a la situación de los equipos de biomasa para usos térmicos, es que a finales del año 2016, había en funcionamiento en España una cifra cercana a los 200.000 equipos de biomasa de alto rendimiento y una potencia instalada de 8.297 MW térmicos. En concreto durante el año 2016, se instalaron en España 35.815 estufas de “pellets” con una potencia media de cada estufa de 11,3 kW.

Ilustración 2: Distribución por CCAA de las estufas de pellets instaladas en España a finales del año 2016.



Fuente: Observatorio de la Biomasa de AVEBIOM

2.2. SUBVENCIONES PARA LA INSTALACIÓN DE CALDERAS DE PELLETS

Como actuaciones tendentes a potenciar el ahorro energético y mejorar todos los aspectos relacionados con la eficiencia energética, la comunidad Autónoma de Castilla y León viene desarrollando y ejecutando desde el año 2002 el Plan de Ahorro y Eficiencia Energética de Castilla y León, cuyos objetivos fundamentales son la concienciación de la población castellano-leonesa para el uso racional y eficiencia de la energía, con el objetivo de reducir nuestra dependencia externa en el abastecimiento de combustibles.

Según esto, mediante la **Orden de 10 de octubre de 2018, de la Consejería de Economía y Hacienda**, por la que se convocan subvenciones cofinanciables por el Fondo Europeo de Desarrollo Regional dirigidas a la utilización de energías renovables en el sector empresarial de Castilla y León en los siguientes casos:

- Conexiones nuevas a redes térmicas ya existentes. Instalaciones que deberán incluir al menos los siguientes conceptos: tubería desde la red existente hasta el intercambiador, intercambiador de calor, sistemas de control y medida correspondiente, obra civil y montaje.
- Sustitución de quemadores de gasoil por otros de pellets.
- Instalaciones térmicas completas. Instalaciones cuya potencia sea igual o superior a 5 kW con sistema de generación, equipos auxiliares (chimenea, ventiladores, bombas, sistemas de control y medición, etc.), almacenaje y trasiego de biocombustible, así como transporte/distribución y transferencia de calor. La transferencia de calor comprenderá aquellos equipos e instalaciones que se encuentren dentro de la sala de calderas o los intercambiadores de calor conectados a las redes térmicas. La cuantía de subvención se calculará según las siguientes tablas, en función del tipo de instalación y, para el caso de instalaciones térmicas completas, también de la potencia nominal térmica instalada (kWt):

Tabla 6: Actuaciones y porcentajes subvencionados

Actuación	Porcentaje de subvención (gasto subvencionable)	Cuantía máxima de la subvención (€/kWt)
Conexiones nuevas redes térmicas ya existentes	40 %	200*
Sustitución de quemadores de gasoil por otros de pellets	40 %	100**

Actuación	Potencia térmica instalada (kWt)	Porcentaje de subvención (s/gasto subvencionable)	Cuantía máxima de la subvención (€/kWt)
Instalaciones térmicas completas	$5 \leq P \leq 50$	40 %	300
	$50 \leq P \leq 100$	40 %	250
	$P > 100$	40 %	200

Fuente: www.tramitacastillayleon.jcyl.es

MEMORIA

ANEJO II: Ingeniería del Proceso

ÍNDICE ANEJO II

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL POTENCIAL DE PAJA	1
2.1. Análisis de los municipios	2
2.1.1. Distribución de los cultivos de interés por municipio	2
2.1.2. Depuración de los datos y cálculo del potencial real disponible	5
3. RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LAS PACAS EN CAMPO	9
3.1. TIEMPO EMPLEADO PARA LAS LABORES EN CAMPO	11
4. TRANSPORTE DE LAS PACAS DE PAJA DESDE EL CAMPO HASTA LA PLANTA DE PELETIZADO.....	12
4.1. TIEMPO EMPLEADO PARA LA CARGA Y TRANSPORTE DE PACAS	12
5. IDONEIDAD DEL CRAB PARA EL ALMACENAMIENTO DE LAS PACAS	15
6. SISTEMA DE PELETIZADO	17
Almacenamiento en tolva	17
Molienda del material.....	18
Enfriamiento y cribado	21
6.1. PROGRAMA DE PELETIZACIÓN	22

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Medias de rendimientos de producción de cereal (kg/ha)	2
Tabla 2: Hectáreas de los cinco tipos de cereal (trigo, cebada, avena, centeno) seleccionados en los 97 municipios que comprenden la zona de estudio	3
Tabla 3: Selección de los municipios que tienen mayor potencial de paja de cereal, superior a 800.....	6
Tabla 4: Selección final de los municipios suministradores de biomasa	7
Tabla 5: Potenciales biomásicos finales.....	8
Tabla 7: Características técnicas del hilerador + macroempacadora.....	10
Tabla 8: Características técnicas del autocargador	10
Tabla 9: Tiempos de utilización de la maquinaria.....	11
Tabla 10: Tiempos de utilización de la maquinaria.....	11

Tabla 11: Características técnicas de la cargadora telescópica	12
Tabla 12: Tiempos de utilización de la maquinaria.....	13
Tabla 13: Velocidades consideradas para el cálculo de los costes de transporte (km/h).....	14
Tabla 14: Distancia por carretera desde cada municipio hasta la planta (km)	14
Tabla 15: Resultados del cálculo del tiempo empleado en el transporte.....	15

ÍNDICE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Mapa temático de la zona para el residuo de.....	5
Ilustración 2: Hilerador + Macroempacadora	10
Ilustración 3: Remolque autocargador.....	11
Ilustración 4: Cargadora telescópica	12
Ilustración 5: Picadora rotativa	18
Ilustración 6: Molino de martillos	20
Ilustración 7: Granuladora CPM.....	21

1. INTRODUCCIÓN

Los objetivos que se quieren alcanzar en este apartado se dividen en: análisis técnico del potencial de paja de cereal en el territorio objeto de estudio, su recogida y empaquetado en campo, transporte hasta la nave de almacenado y procesamiento de la paja en pellets de calidad.

2. ANÁLISIS TÉCNICO DEL POTENCIAL DE PAJA

Existen hoy en día diferentes fuentes de información útiles para configurar un esquema de la ordenación del territorio, usos diversos que se dan a los suelos y las especies predominantes en cada lugar, a través de distintas técnicas de tratamiento informático adecuadas. A partir de la información de la que disponemos, el objetivo marcado es analizar y calcular con la mayor fiabilidad posible el potencial biomásico existente en la zona geográfica delimitada por el municipio de Benavente y en un área de 30 km a la redonda.

Una vez se ha centrado la zona de estudio, se puede recurrir a distintas fuentes de información para determinar las superficies de cultivo existentes. Una de ellas es la denominada PAC, Política Agraria Común. Con el propósito de mantener la actividad del sector agrario, la Administración lleva a cabo una serie de ayudas destinadas a los agricultores en forma de concesión de subvenciones según el tipo de cultivo. Para poder acceder a este tipo de ayudas, los agricultores se ven obligados a declarar anualmente las superficies totales de cada uno de los cultivos que poseen. Esta fuente puede ser inicialmente un indicador para obtener una estimación fiel del total de hectáreas dedicadas a cada especie agrícola, pero realmente no se ajusta a la realidad tanto como sería deseable. Hay que tener en cuenta que muchas de las hectáreas cultivadas que no se benefician de las ayudas no son declaradas por sus propietarios, por lo que no constan en el registro de la PAC. La variabilidad de las ayudas de cada año para los distintos cultivos hace que finalmente los valores superficiales declarados no se acerquen suficientemente a la realidad (aunque no se alejan en exceso de ellos).

Tras un repaso por las diferentes fuentes de información se ha optado por tomar aquella considerada como la más acertada y fiable, con el fin de obtener unos valores de potenciales suficientemente aceptables. Esta fuente la constituye el Registro Agrícola obtenido en la Consejería de Agricultura de la Junta de Castilla y León. En él se especifican en una serie de listados las hectáreas dedicadas a cada especie agrícola en cada municipio de la región. A partir de estos listados se ha realizado una depuración de los datos y se han tomado aquellos valores correspondientes a los 97 municipios de la zona de estudio, y las superficies de aquellos cultivos que a priori son los de interés biomásico y susceptibles de ser aprovechados energéticamente.

Posteriormente, mediante el sistema de información geográfica denominado ARGIS, se generarán mapas de ayuda a la detección, localización y cálculo del potencial biomásico de la zona deseada, detectando así la concentración de potencial existente en la zona considerada de una manera global.

2.1. ANÁLISIS DE LOS MUNICIPIOS

2.1.1. Distribución de los cultivos de interés por municipio

El proceso que se ha seguido para la evaluación de los diferentes cultivos (trigo, cebada, avena, centeno) por municipio, es calcular los valores promediados de la cantidad de residuo potencialmente obtenible de cada uno de ellos.

Una vez obtenidos los valores de superficies de cada cultivo, se constata que la cebada es el cultivo generalizado, con casi un 70%, seguido del trigo con un 20%.

Posteriormente, se procede a estimar el residuo biomásico generado por los diferentes cultivos (muy similar entre ellos), ya que no existe ningún registro de los rendimientos de paja por superficie en la comarca.

Para calcular el rendimiento de paja por superficie, se utiliza como datos: el rendimiento de grano por unidad de superficie, y el índice de cosecha (IC), que tendrá un valor de 0,45. El valor obtenido mediante el índice de cosecha y el rendimiento de grano, refleja el rendimiento teórico de la paja de cereal que se puede obtener.

El índice de cosecha indica la relación que existe entre la biomasa recogida (producciones de grano) y la biomasa total (rendimientos de grano, rendimientos de paja y rastrojo). El valor de 0,45 que se utiliza, se apoya principalmente en los resultados obtenidos y reflejados en la publicación de Agro Sur (v. 2 nº 1 Valdivia 1974) y en el libro Paja de cereales (de A. R. Staniforth). Los cuales mediante estudios de variedades de cebada y trigo llegan a obtener un valor medio del índice de cosecha. Este valor de 0,45 es una estimación media del valor que puede tener el índice de cosecha, debido a que en los estudios realizados y observados en las fuentes anteriormente citadas, se realizan cálculos para diferentes tipos de cultivos y variedades, tanto para trigo, como para cebada.

R_{Paja} : Rendimiento de paja

R_{Grano} : Rendimiento de grano

$$R_{Paja} = R_{Grano} \cdot ((1-IC) / IC)$$

Para determinar este dato, primeramente se analizarán los rendimientos de producción de la zona de estudio.

Tabla 1: Medias de rendimientos de producción de cereal (kg/ha)

Zona	Medias de rendimientos (kg/ha)		
	2016	2015	2011 - 2015
Tierra de campos	4.026	2.574	2.779

Fuente: www.Junta de Castilla y León. Agricultura y Ganadería.

Siguiendo las estadísticas, un 10% de los años estudiados han presentado rendimientos mínimos en torno a 1.600 kg/ha. Según esto, para realizar los cálculos de cantidad de residuo, se procede a minorar el valor para considerar el caso más desfavorable y así prever una posible variación de dichos valores según los años y asegurar un suficiente abastecimiento final de biomasa para la planta.

Teniendo en cuenta la fórmula anterior y que el rastrojo supone un 20% del total resultante, se obtiene:

$$R_{\text{paja}} = 1.600 \text{ kg/ha} \left(\frac{1-0,45}{0,45} \right) = 1.955 \text{ kg/ha}$$

$$1.955 \text{ kg/ha} \times 0,8 = 1.564 \text{ kg/ha de paja de cereal}$$

No obstante, este dato será utilizado solamente para el cálculo de la superficie de actuación, ya que para el resto de cálculos: tiempos y coste de realización de labores, para que resulte rentable la maquinaria utilizada, se realizarán los cálculos con un valor medio de producción de **2.500 kg/ha**.

Posteriormente, se calculará el potencial calorífico inferior que contiene la cantidad de residuo obtenido. Para ello, se ha basado en muestras de biomasa analizadas en CARTIF donde se ha podido estimar un **poder calorífico inferior de 3.300 Kcal/kg**.

A continuación, se indican las superficies totales del cultivo de cereal obtenidas de los registros de la Junta de Castilla y León y las toneladas extraíbles de residuo biomásico presentes en cada municipio de la zona de estudio:

Tabla 2: Hectáreas de los cinco tipos de cereal (trigo, cebada, avena, centeno) seleccionados en los 97 municipios que comprenden la zona de estudio

NOMBRE	PROVINCIA	HECTÁREAS	TONELADAS	NOMBRE	PROVINCIA	HECTÁREAS	TONELADAS
Algadefe	LE	169	254	Micereces de Tera	ZA	85	128
Alija del Infantado	LE	512	768	Milles de la Polvorosa	ZA	39	59
La Antigua	LE	1.499	2.249	Morales de Rey	ZA	134	201
Campazas	LE	572	858	Morales de Valverde	ZA	164	246
Cimanes de la Vega	LE	64	96	Moreuela de Tábara	ZA	1.438	2.157
Fuentes de Carbajal	LE	1.237	1.856	Navianos de Valverde	ZA	55	83
Gordoncillo	LE	682	1.023	Pobladura del Valle	ZA	186	279
Laguna de Negrillos	LE	412	618	Prado	ZA	397	596
Pozuelo del Páramo	LE	565	848	Pública de Valverde	ZA	258	387
Quintana del Marco	LE	340	510	Quintanilla del Olmo	ZA	519	779
Roperuelos del Páramo	LE	368	552	Quintanilla de Urz	ZA	154	231
San Adrián del Valle	LE	468	702	Quiruelas de Vidriales	ZA	329	494
San Esteban de Nogales	LE	172	258	Revellinos	ZA	736	1.104
Toral de los Guzmanes	LE	227	341	San Agustín del Pozo	ZA	491	737
Valdemora	LE	542	813	San Cristóbal de Entreviñas	ZA	834	1.251
Valderas	LE	3.474	5.211	San Esteban del	ZA	1.076	1.614

NOMBRE	PROVINCIA	HECTÁREAS	TONELADAS	NOMBRE	PROVINCIA	HECTÁREAS	TONELADAS
				Molar			
Villamandos	LE	269	404	San Martín de Valderaduey	ZA	947	1.421
Villaquejida	LE	1.015	1.523	San Miguel del Valle	ZA	430	645
Zotes del Páramo	LE	215	323	Santa Colomba de las Monjas	ZA	81	122
Villaornate y Castro	VA	980	1.470	Santa Cristina de la Polvorosa	ZA	163	245
Quintanilla del Molar	VA	601	902	Santa Croya de Tera	ZA	69	104
Roales	VA	743	1.115	Santa María de la Vega	ZA	87	131
La Unión de Campos	VA	1.557	2.336	Santa María de Valverde	ZA	56	84
Valdunquillo	VA	1.277	1.916	Santibáñez de Tera	ZA	151	227
Alcubilla de Nogales	ZA	136	204	Santibáñez de Vidriales	ZA	1.224	1.836
Arcos de la Polvorosa	ZA	137	206	Santovenia	ZA	1.250	1.875
Arrabalde	ZA	128	192	Tapioles	ZA	900	1.350
Barcial del Barco	ZA	449	674	La Torre del Valle	ZA	273	410
Benavente	ZA	403	605	Valdescorriel	ZA	910	1.365
Bretó	ZA	665	998	Vega de Villalobos	ZA	461	692
Bretocino	ZA	213	320	Vidayanes	ZA	472	708
Brime de Urz	ZA	142	213	Villabrázaro	ZA	325	488
Burganes de Valverde	ZA	411	617	Villafáfila	ZA	2.672	4.008
Camarzana de Tera	ZA	237	356	Villaferrueña	ZA	73	110
Cañizo	ZA	1.599	2.399	Villageriz	ZA	37	56
Castrogonzalo	ZA	861	1.292	Villaiba de la Lampreana	ZA	1.072	1.608
Castroverde de Campos	ZA	2.835	4.253	Villalobos	ZA	1.730	2.595
Cerecinos de Campos	ZA	1.097	1.646	Villalpando	ZA	3.743	5.615
Coomonte	ZA	219	329	Villamayor de Campos	ZA	1.055	1.583
Faramontanos de Tábara	ZA	1.026	1.539	Villanazar	ZA	289	434
Fresno de la Polvorosa	ZA	18	27	Villanueva de Azoague	ZA	300	450
Friera de Valverde	ZA	290	435	Villanueva de las Peras	ZA	26	39
Fuentes de Ropel	ZA	1.656	2.484	Villanueva del Campo	ZA	1.749	2.624
Granja de Morerueta	ZA	1.115	1.673	Villar de Fallaves	ZA	961	1.442
Granucillo	ZA	364	546	Villárdiga	ZA	596	894
Maire de Castroponce	ZA	176	264	Villarrín de Campos	ZA	1.928	2.892
Manganeses de la Lampreana	ZA	2.358	3.537	Villaveza del Agua	ZA	625	938
Manganeses de la Polvorosa	ZA	241	362	Villaveza de Valverde	ZA	101	152
Matilla de Arzòn	ZA	920	1.380				

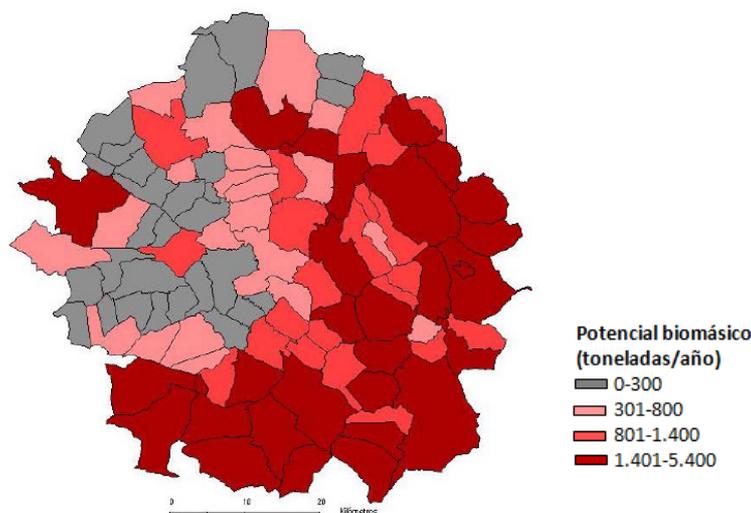
Fuente: Elaboración propia

Trabajar con tablas de valores tan extensas resulta complicado, por eso para analizar globalmente los potenciales totales de cada municipio correspondiente a este cultivo se ha optado por elaborar unos mapas temáticos con la ayuda de la herramienta informática ARGIS, donde se representa en colores de distinta intensidad los municipios de la zona de estudio según su

potencial de paja. Las zonas de colores más cálidos corresponden a las zonas más prolíficas en potencial, tal y como se puede entender a partir de la leyenda adjunta a la imagen.

Cada coloración distinta abarca un rango de valores de potencial biomásico, y si atendemos a la más oscura podremos hacer una selección más precisa de aquellos municipios en donde abunda el residuo considerado.

Ilustración 1: Mapa temático de la zona para el residuo de la paja de cereal



Fuente: ARCGIS

2.1.2. Depuración de los datos y cálculo del potencial real disponible

La metodología de estudio se basará en realizar una selección de aquellos municipios potencialmente más ricos en biomasa y próximos a la planta.

Tomando los valores indicados anteriormente, podemos cribar el número de municipios considerando solamente aquellos con un potencial superior a un valor determinado. Tras una revisión previa de los datos se ha considerado tomar un **valor límite mayor de 800 t/año**.

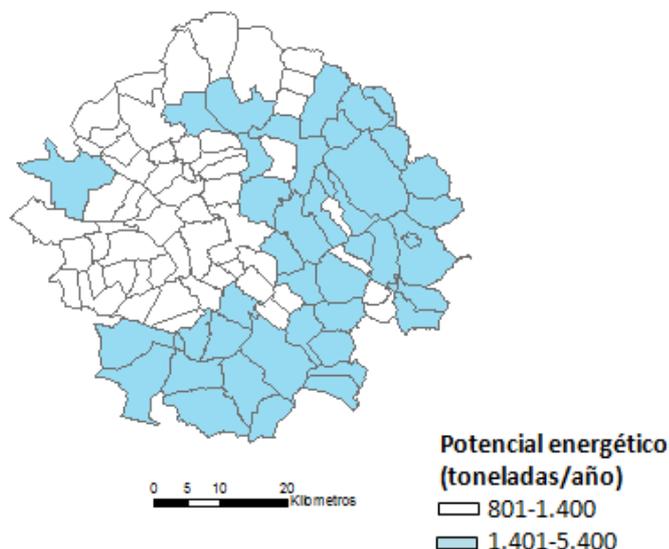
Los municipios correspondientes a las diferentes selecciones son los siguientes:

Tabla 3: Selección de los municipios que tienen potencial de paja de cereal a superior a 800 t/año

MUNICIPIO	PROVINCIA	TONELADAS	MUNICIPIO	PROVINCIA	TONELADAS
La Antigua	LE	2.248	Manganeses de la Lampreana	ZA	3.615
Campazas	LE	858	Matilla de Arzón	ZA	1.380
Fuentes de Carbajal	LE	1.855	Moreruela de Tábara	ZA	2.157
Gordoncillo	LE	1.023	Revellinos	ZA	1.104
Pozuelo del Páramo	LE	847	San Cristóbal de Entreviñas	ZA	1.251
Valdemora	LE	813	San Esteban del Molar	ZA	1.614
Valderas	LE	5.211	San Martín de Valderaduey	ZA	1.420
Villaquejida	LE	1.522	Santibañez de Vidriales	ZA	1.836
Villaornate y Castro	VA	1.470	Santovenia	ZA	1.875
Quintanilla del Molar	VA	901	Tapioles	ZA	1.350
Roales	VA	1.114	Valdescorriel	ZA	1.365
La Unión de Campos	VA	2.335	Villafáfila	ZA	4.008
Valdunquillo	VA	1.915	Villalba de la Lampreana	ZA	1.608
Bretó	ZA	997	Villalobos	ZA	2.595
Castrogonzalo	ZA	1.291	Villamayor de Campos	ZA	1.582
Castroverde de Campos	ZA	4.252	Villanueva del Campo	ZA	2.623
Cerecinos de Campos	ZA	1.645	Villardefallaves	ZA	1.441
Faramontanos de Tábara	ZA	1.539	Villárdiga	ZA	894
Fuentes de Ropel	ZA	2.484	Villarrín de Campos	ZA	2.892
Granja de Moreruela	ZA	1.672	Villaveza del Agua	ZA	937

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 2: Mapa de municipios con potencial biomásico superior a 800 t/año



Fuente: Elaboración propia

Se puede comprobar a través del mapa expuesto que el cultivo de cereal predomina en la zona Sureste.

Por consiguiente, una vez determinado los municipios con mayor potencial se procede a determinar los municipios que puedan garantizar el suministro requerido, además de encontrarse próximos entre sí y a la planta, con el fin de abaratar costes de transporte.

Teniendo en cuenta los criterios establecidos, finalmente la selección se centra en tres municipios que garantizan las 3.000 toneladas necesarias y se encuentran próximos entre sí y a la planta.

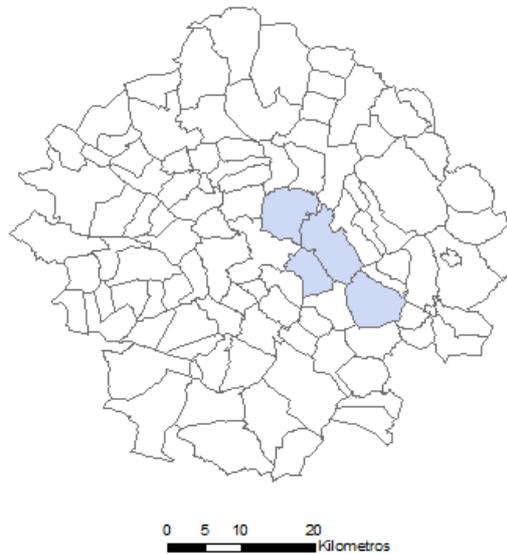
Tabla 4: Selección final de los municipios suministradores de biomasa

MUNICIPIOS	PROVINCIA	Toneladas
1.San Cristóbal de Entreviñas	Zamora	1.251
2.Castrogonzalo	Zamora	1.292
3.Fuentes de Ropel	Zamora	2.484
4. Villalobos	Zamora	2.595

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se detalla gráficamente los municipios seleccionados:

Ilustración 8: Mapa de la selección final de municipios suministradores de biomasa



Fuente: Elaboración propia

Es necesario tener en cuenta que el suelo necesita incorporar materia orgánica para mantener e incrementar su fertilidad, por tanto, no se debe exportar la totalidad de los residuos. También, los residuos tienen un importante papel en la lucha contra la erosión.

Por otro lado, la paja de cereal disponible en un año normal, puede ser del orden del 40-45% pues el resto se comercializa fuera del sector: champiñonerías, piensos, papeleras, ganadería, etc., o se autoconsume para alimentación animal o camas para el ganado. Estos porcentajes de disponibilidad varían de unas zonas geográficas a otras.

Finalmente tras aplicar un porcentaje del 40% al potencial del cultivo de cereal de los municipios seleccionados anteriormente, la cantidad final disponible en toneladas disminuirá significativamente según se observa a continuación:

Tabla 5: Potenciales biomásicos finales

MUNICIPIO	PROVINCIA	Toneladas
1.San Cristóbal de Entreviñas	Zamora	500
2.Castrogonzalo	Zamora	517
3.Fuentes de Ropel	Zamora	994
4. Villalobos	Zamora	1.038
Total		3.049

Fuente: Elaboración propia

3. RECOGIDA Y TRANSPORTE DE LAS PACAS EN CAMPO

Una vez determinados los municipios que abastecen a la planta peletizadora, se procede a detallar los trabajos que se realizarán para la recogida de la paja y su transporte a las pajas en campo.

Según lo indicado en el apartado 6 del Estudio de Alternativas del documento 1 de la Memoria, las labores de recogida, empacado y transporte de las pacas en campo, serán gestionadas por parte del agricultor que las subcontratará a una empresa especializada.

Por lo tanto, una vez cosechado el cereal, aproximadamente a principios de julio, hasta el principio de la siembra (finales de septiembre - principios de octubre), será el tiempo que la paja pueda estar sobre el campo. No obstante, se establecerá un tiempo desde julio hasta finales de agosto para el empacado por dos razones:

- Por contrato con los agricultores, para que a partir de esa fecha puedan realizar las labores.
- Por condicionantes climáticos, ya que a partir de septiembre las lluvias y los días de rocío se intensifican y la paja se estropea, dificultando las labores.
- Es necesario empezar con el proceso de peletizado ya que en octubre comienzan las necesidades caloríficas en los invernaderos.

A continuación se procede a detallar el proceso y maquinaria necesaria para la recogida y transporte de la paja en campo:

Hilerado y Empacado

Las empacadoras de hoy en día están preparadas para trabajar con mucha cantidad de paja y a gran velocidad. Según esto, cada vez es más normal realizar el hilerado y empacado a la vez, mediante un acople de las dos máquinas para ahorrar en tiempo, trabajo y dinero, aprovechando así todo el potencial de la empacadora.

Para estos trabajos, el hilerador que se utilizará tendrá una anchura de trabajo de 10 m, acoplado a una macroempacadora.

Las pacas generadas serán prismáticas de 255 x 120 x 90 cm, con un peso de 420 kg y 160 kg/m³ de densidad.

Tabla 6: Características técnicas del hilerador + macroempacadora

Hilerador + Macroempacadora	
Producción	3.000 kg/ha
Velocidad de trabajo	8 km/h
Capacidad de trabajo real	0,37 h/ha – 2,70 ha/h
Capacidad de procesado	11 t/h
Potencia necesaria	200 CV
Separación de cordones	6 m

Fuente: www.mapama.gob.es

Ilustración 2: Hilerador + Macroempacadora



Fuente: www.agricolamur.es

Recogida, transporte y almacenado de pacas

Las pacas prismáticas se recogerán del campo mediante un autocargador que las almacenará próximas a caminos de concentración, generando el menor número de depósitos, con el fin de agilizar la posterior recogida de las pacas mediante camión.

Tabla 7: Características técnicas del autocargador

Autocargador	
Producción	2.500 kg/ha
Capacidad caja	35 m ³
Velocidad de trabajo	7 km/h
Capacidad de procesado	11 t/h
Capacidad de trabajo real	0,48 h/ha – 2,10 ha/h
Potencia necesaria	150 CV

Fuente: www.mapama.gob.es

Ilustración 3: Remolque autocargador



Fuente: www.ag-group.es

3.1. TIEMPO EMPLEADO PARA LAS LABORES EN CAMPO

Para el cálculo de los tiempos necesarios para la realización de labores se tendrá en cuenta los valores de rendimientos indicados anteriormente, y la superficie total a trabajar. Para este último dato, teniendo en cuenta que se parte de un valor medio de 2.500 kg/ha de producción de paja según el apartado 2.1.1., será necesaria una superficie de 1.200 has.

Tabla 8: Tiempos de utilización de la maquinaria

Labor	Maquinaria	Rendimiento (h/ha)	Superficie (has)	Tiempo necesario (horas)	Días necesarios (16 h/día)
Hilerado + Empacado	Hilerador + Empacadora + tractor (200 CV)	0,37	1.200	444	28
Transporte de las pacas en campo	Carro autocargador + tractor (150 CV)	0,48	1.200	576	36

Fuente: Elaboración propia

A continuación, se procede a determinar los días que finalmente serán necesarios para realizar las labores en campo en función de la maquinaria que se asigne:

Tabla 9: Tiempos de utilización de la maquinaria

Maquinaria	Número de maquinaria necesaria	Días necesarios de labor
Hilerador + Empacadora + tractor (200 CV)	1	28
Carro autocargador + tractor (150 CV)	2	18

Fuente: Elaboración propia

Para las labores de campo habrá que tener en cuenta la climatología, ya que en caso de lluvias habrá que esperar al secado de la paja para proseguir con las labores. Según esto, se considera un 20% más al total de los días necesarios de labor, siendo finalmente necesarios:

$$\text{Total días necesarios de labor en campo} = 64 + (28 \times 0,2) = 51 \text{ días}$$

4. TRANSPORTE DE LAS PACAS DE PAJA DESDE EL CAMPO HASTA LA PLANTA DE PELETIZADO

Este proceso consistirá en el transporte de las pacas desde el campo hasta la Nave 1.

Primeramente, habrá que cargar las pacas en la plataforma accionada por un camión, de dimensiones de 10 x 2,5 m, que será realizada mediante una cargadora telescópica.

Tabla 10: Características técnicas de la cargadora telescópica

Cargadora telescópica	
Carga máxima admisible	2.500 kg
Altura máxima extendible	7
Potencia necesaria	150 CV
Horquillas paquetes	Si

Fuente: www.mapama.gob.es

Ilustración 4: Cargadora telescópica



Fuente: EHN

4.1. TIEMPO EMPLEADO PARA LA CARGA Y TRANSPORTE DE PACAS

El tiempo requerido para la carga de pacas a la plataforma de transporte se considera de 15 minutos, resultando un total de:

Tabla 11: Tiempos de utilización de la cargadora telescópica

Labor	Maquinaria	Plataformas (32 pacas)	Tiempo necesario (horas)
Carga de pacas	Cargadora telespópica	218	32,7

Fuente: Elaboración propia

Posteriormente, una vez cargada la plataforma, se procederá a su transporte hasta la Nave 1, accionada mediante camión.

En cuanto al tiempo requerido para el transporte de las pacas desde campo hasta la Nave 1, se utilizará la siguiente fórmula:

$$\text{Tiempo rodando} = (\text{Tiempo pista} + \text{Tiempo carretera}) \text{ N}^{\circ} \text{ de viajes}$$

Donde:

Tiempo en pista = tiempo que circula el camión por el camino agrícola.

Tiempo en carretera = tiempo que se encuentra circulando por carretera.

$$\text{Tiempo pista} = \text{Dist. pista/Vel. pista cargado} + \text{Dist. pista/Vel. pista descargado.}$$

$$\text{Tiempo carretera} = \text{Dist. carretera/Vel. carretera cargado} + \text{Dist. carretera/Vel. carretera descargado.}$$

Donde:

Dist. pista = es la distancia que recorre el camión por el camino agrícola. Se tendrá en consideración la distancia existente entre el punto de recogida y el acceso a la red viaria más cercana, denominada distancia de pista, que se ha estimado en 0,5 km (valor medio).

Dist. carretera = es la distancia que recorre el camión por carretera.

Vel. pista cargado = es la velocidad del camión por pista cuando va cargado.

Vel. pista descargado = es la velocidad del camión por pista cuando va descargado.

Vel. carretera cargado = es la velocidad del camión por carretera cuando va cargado.

Vel. carretera descargado = es la velocidad del camión por carretera cuando va descargado.

A continuación se muestran las velocidades según la vía por la que circula el camión y su estado de carga, y las distancias consideradas en el cálculo.

Tabla 12: Velocidades consideradas para el cálculo de los costes de transporte (km/h)

Tipo de vía	Velocidad cargado (km/h)	Velocidad descargado (km/h)
Pista	20	40
Carretera	60	80

Fuente: Elaboración propia

Tabla 13: Distancia por carretera desde cada municipio hasta la planta (km)

Municipios	Distancia al CRAB (km)
San Cristóbal de Entreviñas	7,5
Castrogonzalo	9
Fuentes de Ropel	14
Villalobos	21

Fuente: www.Guía Campsa.es

Otro factor a considerar, es el número de viajes que se necesitarán para transportar las 3.000 toneladas desde el campo de cultivo hasta la planta. Para ello, se presenta un tamaño de caja de camión estándar de 10 x 2,5 m, capaz de transportar más o menos cantidad según la densidad de su carga. Teniendo en cuenta que el tipo de paca procesada presenta las siguientes características:

Dimensión = 255 x 120 x 90 cm

Densidad = 160 Kg/m³

Peso = 420 Kg

Se considera que el camión transportará aproximadamente 14 toneladas (8 pacas de base x 4 alturas = 32 pacas) en cada viaje resultando:

Número de transportes = Biomasa total a transportar/14 t por viaje

Por lo que teniendo en cuenta los datos y fórmulas anteriores, se procede a desglosar los resultados obtenidos

Tabla 14: Resultados del cálculo del tiempo empleado en el transporte

Municipio	Tiempo pista (horas)	Tiempo en carretera	Nº viajes	Tiempo rodando (horas)
San Cristóbal de Entreviñas	0,04	0,22	36	9,36
Castrogonzalo		0,26	37	11,1
Fuentes de Ropel		0,41	71	31,95
Villalobos		0,61	74	48,1
			Total	100,51

Fuente: Elaboración propia

Tiempo de carga/descarga de pacas más transporte a la Nave 1 = 37, 2 h x 2 (carga y descarga de pacas) + 100,51 h de transporte por pista y carretera (cargado/descargado) = 174,91 horas

Teniendo en cuenta que la jornada laboral será de 16 horas, se estima que en **11 días** aproximadamente se pueda transportar y descargar la totalidad de las pacas en la Nave 1.

Si a este resultado se le suman los 51 días necesarios para el hilerado, empaçado y autocargado de las pacas en campo, resulta todo el proceso de una duración total de 62 días → 2 meses.

Según estos cálculos, en septiembre se tendrá previsto comenzar con la peletización.

5. IDONEIDAD DEL CRAB PARA EL ALMACENAMIENTO DE LAS PACAS

Como ya se ha mencionado en apartado 5.1. del documento 1 de la Memoria, el CRAB (Nave 1) presenta una dimensión de 2.700 m² (90 x 30 m²), con una altura de muro de 9 m. De la superficie total, 48 m² pertenecen a oficina y aseos, y, en caso de necesitar más espacio, se cuenta con el terreno que bordea la parte trasera y lateral derecho de la nave, que asciende a un total de 4.300 m², y con la posibilidad de alquilar la parcela justo a la derecha de la Nave que es de 25.000 m². La nave cuenta con dos puertas abatibles en el frontal y una en la trasera, facilitando así su ventilación y transporte de las pacas.

No obstante, para comprobar si la nave es adecuada para el almacenamiento, habrá que realizar una serie de cálculos.

Primeramente, teniendo cuenta que se va a procesar 3.000 toneladas de paja y que las pacas presentan las siguientes características:

Dimensión = 255 x 120 x 90 cm

Densidad = 160 Kg/m³

Peso = 420 Kg

se procede a calcular el número de pacas totales:

Número de pacas = Producción de paja anual / Peso paca

Número de paquetes = 3.000.000 Kg / 420 Kg = 7.143 pacas

El almacenaje de las pacas se tiene que hacer como máximo con una altura de 7 paquetes (8,4 m), debido a las características de la nave y maquinaria. Además, teniendo en cuenta la superficie de cada paquete es de 3,06 m² (1,2 m de ancho x 2,55 m de largo), se necesitará una superficie de almacenaje de:

Superficie almacenaje = (Superficie paca x Número pacas) / Números de paquetes altura

Superficie almacenaje = (3,06 x 7.143) / 8,4 = 2.602 m²

La superficie de almacenamiento necesaria para cubrir las demandas totales de abastecimiento de la planta es de 2.602 m². Por lo que, teniendo en cuenta que la superficie libre de la Nave 1 es de 2.652 m² (de los cuales 300 m² se dejarán para maniobras de maquinaria en la parte delantera de la nave y 150 m² en la trasera), y que el terreno exterior es de 4.300 m², se cubrirá con creces la totalidad de la superficie demandada.

Una vez comprobado la idoneidad del CRAB, se procede a indicar el proceso de almacenado de las pajas.

Primeramente, habrá que tener en cuenta que en cada transporte a la Nave que realice el camión, tendrá que pasar por la báscula de 3 m x 18 m que se instalará en el lateral derecho de la Nave 1.

En la recepción de las pacas, se analizará su humedad y cantidad de proteína y, mediante una cargadora telescópica, serán descargadas procediendo a la tara del camión.

Si las pacas vienen con una humedad mayor al 12% esperarán el tiempo necesario en el interior de la nave o en el exterior, si el tiempo es propicio, hasta que se sequen.

Una vez en la nave, se procederá a almacenarlas a una altura de 8,4 m. Si se considerase necesario utilizar el terreno exterior, se almacenarán próximas a la pared lateral de la nave para así dejar capacidad de maniobra a la maquinaria.

La maquinaria utilizada para descargar las pacas del camión y almacenarlas en la nave será mediante cargadora telescópica de potencia de 55 kW, carga admisible de 3.500 kg y dispondrá de: cuchara (0,95 m³), horquillas portapalets y paquetes, enganche trasero y amontonador de 3 m.

6. SISTEMA DE PELETIZADO

La peletización es un proceso de compactación de material lignocelulósico de determinadas condiciones (granulometría y humedad menor del 12%) para obtener cilindros de un diámetro entre 7 y 22 mm y una longitud de 3'5 cm a 6'5 cm.

En esencia el proceso consiste en alimentar una gran prensa de extensión que empuja el material compactado contra una matriz en la que hay unos orificios circulares por donde salen los pellets.

A continuación se procederá a indicar los diferentes procesos del peletizado y la maquinaria necesaria.

Recepción y almacenamiento

Una vez almacenadas las pacas en la Nave 1, se procederá a su peletizado. Las pacas se transportarán de una nave a otra mediante un cargador telescópico recorriendo una distancia aproximada de 70 m. No obstante, para asegurar que el peletizado sea continuo, la Nave 2 contará con una pequeña superficie de almacenaje y homogenización de biomasa que garantice su alimentación por lo menos durante una semana.

La cantidad de pacas necesarias para el correcto abastecimiento y óptimo procesamiento de la planta de peletizado, viene dado por:

R = rendimiento de la peletizadora (2.500 kg/h)

J = número de horas de la jornada laboral (8 h/día)

P = peso de cada paca (420 Kg).

$$\text{Consumo diario planta} = R \times J / P$$

$$\text{Consumo diario planta} = 2.500\text{kg/h} \times 8 \text{ h/día} \times 5 \text{ días} / 420 \text{ kg/paquete} = 238 \text{ pacas/día}$$

La superficie que abarcan 238 pacas de 3,06 m² colocadas a 6 m de altura será de:

$$\text{Superficie almacenaje} = (3,06 \times 238) / 6 = 121,38 \text{ m}^2$$

Almacenamiento en tolva

Una vez dispuestas las pacas en la Nave 2, mediante la cargadora telescópica se alimentará a la tolva. Ésta deberá estar siempre alimentada para que así no haya ningún fallo en el sistema de procesado diseñado.

Las pacas deberán estar abiertas, es decir, el operario deberá cortar los alambres o cuerdas que éstas tengan, para que posteriormente se puedan manipular mejor.

Es necesario que la parte por donde se carga esté adaptada a las dimensiones de la pala cargadora para así evitar que la materia prima se derrame fuera y además, será necesario que

ésta tenga la suficiente capacidad para no tener que ser alimentada continuamente sino cada cierto intervalo de tiempo.

Picadora

Teniendo en cuenta el tamaño con el que entra al proceso la paja, será necesario el uso de un picador con rotores de martillos que tritura el material hasta 80 o 100 mm para su posterior molienda.

Maquinaria necesaria:

1. **Picadora rotativa AFAU** modelo PC-2000 Accionada mediante motor. Cubrimiento para picadora, para mantener la zona de trabajo más limpia y segura.
2. **Filtro de mangas F3-15**, para limpieza del aire de aspiración de las partículas que pueda arrastrar.
3. **Aspirador T-7**, accionado por motor de 3000 rpm.
4. Boquilla, conexión entre picadora rotativa y rosca de extracción.
5. Rosca salida picadora PC-2000, accionada por motorreductor. Detector de giro y final de carrera de seguridad.

Ilustración 5: Picadora rotativa



Fuente: www.afau.es

Molienda del material

Se define como la reducción por medio de procesos mecánicos del tamaño de la partícula. En el interior del molino hay una serie de martillos que golpean el producto y debajo hay una criba que seleccionará el tamaño. Consiste en piezas (martillos) que pueden ser fijas u oscilantes, montadas en un eje de rotación y disponen de una criba o malla a través de la cual pasa el producto. La reducción del tamaño se debe a las siguientes causas:

- Explosión debido al impacto de los martillos
- Corte por los bordes de los martillos
- Acción de frotamiento o rodadura

La molienda reduce el tamaño de las partículas a un máximo de 5 mm.

Maquinaria necesaria:

1. Rampa de alimentación del molino mediante aspiración para poder separar piedras y hierros.
2. **Molino de martillos AFAU** modelo MA-220 hidráulico accionado por motor a 1500 r.p.m. Con acoplamiento elástico directo, 112 martillos y dos tamices de 735x2000 mm.
3. Tubería que traslada el producto hasta el **ciclón** para separar el producto del aire de transporte.
4. Boquilla, conexión entre ciclón y esclusa accionada mediante motorreductor.
5. Boquilla conexión entre esclusa y rosca general de harinas.
6. Conjunto tubería, para conectar el ciclón con el filtro de mangas.
7. **Filtro AAFSA Fabri-Pulse**, filtro de mangas para la separación del polvo de la corriente de aire de refrigeración del molino, de limpieza automática a contracorriente, con cuadro eléctrico de control y regulación de los disparos. Superficie de filtrado, 179 m².
8. Transportador de rosca, para extraer el producto del filtro de mangas, accionada mediante un motorreductor.
9. Boquilla, conexión entre rosca y esclusa.
10. Exclusa VDL HT-250 Atex
11. Boquilla, conexión entre esclusa y rosca general de harinas.
12. Conjunto tubería para conectar el filtro de mangas con el aspirador.
13. **Aspirador PAF-3600** para molino accionado por motor 1500 rpm y chimenea aspirador.
14. **Rosca general de harinas**, accionada mediante motorreductor, que recoge todo el producto del ciclón y filtro del molino, del ciclón del enfriador y del tamizador que lleva el producto hacia el silo pulmón. El silo pulmón también descarga el producto en la misma rosca, para “mezclar” producto “viejo (el que está en el depósito)” con producto “nuevo (el que viene del molino)”.
15. Boquilla, conexión entre rosca general de harinas y elevador de cangilones.
16. **Elevador de cangilones**, para elevar el producto hasta el **silo de harinas**. Construido en acero, accionado mediante motorreductor.
17. Rasera, para permitir el paso al silo de harinas. Accionada mediante un cilindro neumático.
18. Boquilla, conexión entre rasera y silo de harinas.

19. **Silo pulmón, de 30 m³ de capacidad**, con nivel de llenado, filtro en el techo, cono especial, ventanas y puertas de inspección con finales de carrera de seguridad. Descarga mediante rosca triple, accionada por 3 motorreductores.
20. Chimenea aspirador sobre silo de harinas
21. Conjunto tubería para panel de venteo del silo de harinas
22. Boquilla, conexión entre silo de harinas y rosca general de harinas.
23. Boquilla, caída al alimentador-acondicionador.

Ilustración 6: Molino de martillos



Fuente: www.afau.es

Peletizado

El proceso de peletizado se lleva a cabo mediante el uso de un sistema de rodillos que ejerce presión sobre los residuos situados sobre una matriz metálica dotada de orificios de calibre variable (0,5 a 2,5 cm) según el tamaño deseado de los pellets. El número de rodillos oscila, dependiendo del modelo, entre 2 y 5.

Maquinaria necesaria:

1. **Mezcladora horizontal MH-5000**, con 5.000 litros efectivos de capacidad. Accionada mediante motorreductor directo. Puede añadirse algún aditivo, como sosa caustica, agua, etc., pero su principal función será la de garantizar una alimentación de producto homogéneo a la granuladora.
2. **1 Filtro de mangas F3-15**
3. **1 Aspirador T-7**, accionado por motor de 3000 rpm. Chimenea aspirador.
4. **Alimentador-Acondicionador CPM**, para montaje sobre el cuerpo de la granuladora, y que permite un flujo constante de material a la trampilla de alimentación. Construido en acero inoxidable, accionado mediante motorreductor y transmisión por cadenas. Permite añadir vapor o melaza.

5. **Granuladora CPM modelo 7122**, accionada mediante motor, para uso con matriz montada verticalmente. Diámetro interior de matriz: 673 mm. Pista de trabajo: 180 mm.
6. **6 Matrices D.6 CPM 712**
7. 2 Boquillas de unión entre la granuladora y el redler de transporte.
8. **Transportador de cadena para gránulo modelo redler**, accionado por motorreductor. Construido en acero inoxidable.
9. **2 Filtros de mangas F3-4**, para separar del vapor que sale de la granuladora las partículas que pueda arrastrar.
10. **Aspirador T-7** para filtro de vapor accionado mediante motor de 3 kW (4 CV) y chimenea aspirador.
11. Boquilla, conexión entre redler de transporte y elevador de cangilones.
12. **Elevador de cangilones**, para subir el producto hasta el enfriador de gránulo, accionado mediante motorreductor y transmisión por cadena.
13. **Plataforma de elevador**, para permitir el fácil acceso a la cabeza del elevador para labores de inspección y mantenimiento.
14. Boquilla, caída a enfriador de gránulo.

Ilustración 7: Granuladora CPM



Fuente: www.afau.es

Enfriamiento y cribado

Al salir el pellet de la prensa peletizadora, las altas temperaturas que adopta lo hacen frágil y propenso a la formación de hongos, es por eso que es muy importante incorporar equipos que bajen de forma consistente la temperatura del producto.

Por esta razón se emplean los enfriadores verticales, estos tienen una cámara vertical con ventiladores donde los pellets caen por la aplicación de un flujo transversal de aire suave.

Maquinaria necesaria:

1. **Enfriador de gránulos vertical a contracorriente GEELEN modelo 19x19, con chimenea aspirador.**
2. Conjunto tubería, para conectar el enfriador de gránulo con el ciclón.
3. **Ciclón** para el enfriador alta eficiencia. Construido en chapa de 3 mm.
4. Esclusa VDL HT-250.
5. Boquilla, conexión entre esclusa y rosca general de harinas.
6. Conjunto tubería para conectar el ciclón con el aspirador.
7. **Aspirador** para enfriador de gránulo accionado por motor de 1500rpm
8. Boquilla, conexión entre enfriador de gránulo y tamizador rotativo.
9. **Tamizador rotativo**, incluye boca de entrada de D.253 mm, bocas de salida cuadradas de 250x250 mm, patas de soporte y tapas superiores de madera desmontables para realizar el cambio de criba, accionado por motorreductor de acoplamiento directo.
10. Boquilla, conexión entre salida de finos y rosca general de harinas.
11. Boquilla, conexión entre salida de pellet limpio y sistema de control de producción.
12. Cinta pesaje continuo ALPES/S 650/950.
13. Boquilla, conexión entre sistema de control de producción y cinta transportadora.
14. **Cinta transportadora** para transportar los pellets hasta la zona de almacenamiento.

La superficie total que ocupa la planta de peletizado será de 30 m x 10 m x 9 m.

Almacenamiento

El pellets generados se amontonarán para su venta a granel, aunque no se descarta que en un futuro se envase en sacos big bag de 1.000 kg.

6.1. PROGRAMA DE PELETIZACIÓN

Se tiene previsto transformar 3.000 toneladas de paja. Para ello, se tendrá en cuenta el rendimiento de la planta (2.500 kg/h), la jornada laboral (8h/día), los días laborables del mes (20 días/mes).

El primer paso, es el cálculo de la producción total de pellets que se obtienen por hora. Para este cálculo se tiene en cuenta las pérdidas por humedad que son del 5 % y las pérdidas por finos del 2 %. Las pérdidas por humedad se producen sobre todo durante el proceso de peletizado, que es el momento donde la paja se calienta y expulsa parte de su humedad debido a la compresión producida durante este proceso.

Las pérdidas por finos en cambio se producen durante la molienda, esto puede deberse también un exceso de humedad (cuanto menos humedad, menos finos). La justificación de las pérdidas por finos se obtiene por la consulta a varias empresas dedicadas a este procesado (Agropal).

P_{Humedad} = pérdidas humedad (%)

P_{Finos} = pérdidas finos (%)

R_{Paja} = paja procesada (kg/h)

R_{Pellets} = pellets producidos (kg/h)

$$R_{\text{Pellets}} = R_{\text{Paja}} \cdot (1 - P_{\text{Humedad}} \times 100) \cdot (1 - P_{\text{Finos}} \times 100)$$

$$R_{\text{Pellets}} = 2.500 \text{ kg/h} \cdot (1 - 5\% \times 100) \cdot (1 - 2\% \times 100) = 2.325 \text{ kg/h}$$

El siguiente paso será el cálculo de la producción total de pellets generados:

J = Jornada laboral (h/día)

D = Días hábiles mensuales (días/mes)

M = Meses (meses)

P_{Total} = Producción total de pellets (kg)

$$P_{\text{Total}} = R_{\text{Pellets}} \cdot J \cdot D \cdot M$$

$$P_{\text{Total}} = 2.325 \text{ kg/h} \times 8 \text{ h/día} \times 20 \text{ días/mes} \times 7,5 \text{ meses} = \mathbf{2.790.000 \text{ kg de pellets}}$$

A continuación se procede a estimar la cantidad de espacio necesaria para alojar 2.790.000 kg de pellets en la Nave 2. El pellets es producto muy frágil y que no admite muchos movimientos ni manipulaciones, ya que, puede llegar a romperse y fragmentarse, actuando de una manera negativa en su combustión (formación de finos). Por este motivo, los pellets a granel se deberán de almacenar a una altura entre 5 a 6 metros como máximo para evitar la formación de finos en los pellets situados en la parte inferior del montón. Para este estudio, teniendo en cuenta que el muro divisorio de la nave es de 5 m de altura, se considerará una altura de 4,5 m. Además, un aspecto muy importante de los pellets que les confiere una ventaja respecto de los paquetes de paja, es su elevada densidad (700 kg/m³).

$$S_{\text{mínima}} = P_{\text{total}} / d \times A$$

Siendo:

d = densidad del pellet (kg/m³)

A = altura máxima montón (m)

$S_{\text{mínima}}$ = superficie mínima de almacenamiento (m²):

$$S_{\text{mínima}} = 2.790.000 \text{ kg} / 700 \text{ kg/m}^3 \times 4,5 \text{ m} = \mathbf{886 \text{ m}^2}$$

La superficie mínima con la que debe de contar la nave de almacenamiento para el acopio de todos los pellets generados es de 886 m².

Teniendo en cuenta que el sector 2 de la Nave 2 dispone un área de 741 m² quedaría ampliamente cubierta ya que se considera como superficie máxima de permanencia del pellet de 15 días.

MEMORIA

ANEJO III: Invernadero

ÍNDICE ANEJO III

1. INTRODUCCIÓN	1
2. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DEL INVERNADERO Y CONSTRUCCIONES ANEJAS	1
2.1. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DEL INVERNADERO.....	2
2.2. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCIÓN ANEJA AL INVERNADERO	2
3. ROTACIÓN DE CULTIVOS	3
4. SISTEMA DE CALEFACCIÓN	9
4.1. CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO	11
4.2. NECESIDADES DE TEMPERATURA	11
4.3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR DEL INVERNADERO	12
4.4. CALCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR DEL SEMILLERO	15
5. CÁLCULO DE LA CALDERA	18
6. NECESIDAD DE COMBUSTIBLE	20
6.2. COMPARATIVA CON COMBUSTIBLE FÓSIL.....	22
7. CONCLUSIONES	23

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Rotación de cultivos	4
Tabla 2: Temperaturas exteriores	10
Tabla 4: Temperaturas de desarrollo de	11
Tabla 5: Coeficientes de transmisión térmica	12
Tabla 6: Superficies de cerramientos del invernadero	12
Tabla 8: Cálculos de la C del cerramiento	13
Tabla 6: Superficies de cerramientos con calefacción en mesa	16
Tabla 8: Cálculo de la C de semilleros	16
Tabla 10: Coste del abastecimiento de pellets en el mes de enero	22
Tabla 11: Coste del abastecimiento de combustible fósil en el mes de enero	23

TABLA ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Dimensiones del invernadero y construcciones anejas.....	1
Ilustración 2: Silo de almacenamiento de biomasa	22

1. INTRODUCCIÓN

Este anejo se centra en la elección de una caldera de pellets para suministrar energía calorífica a un hipotético invernadero ubicado en la zona objeto de estudio, y realizar su comparativa y viabilidad con respecto al uso de combustible fósil.

Según esto, será necesario realizar el cálculo de las necesidades térmicas dadas por el balance de pérdidas y ganancias de calor. Para este cálculo, será necesario conocer las características y dimensiones del invernadero, las condiciones climáticas de la zona y las necesidades caloríficas de los cultivos. Una vez obtenido dicho balance, se procederá al cálculo de la caldera y cantidad de pellets que serán necesarios para el abastecimiento al invernadero, valorando así la viabilidad del mismo.

2. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DEL INVERNADERO Y CONSTRUCCIONES ANEJAS

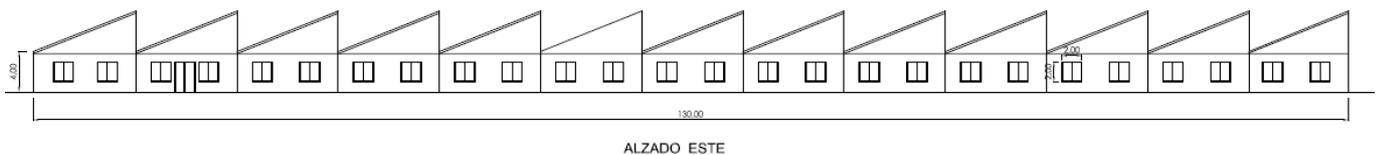
Se ha optado por una construcción de cubierta asimétrica con el fin de tener un aumento en la superficie que se encuentra de cara expuesta a la zona sur con el fin de que se aumente la capacidad de absorción de iluminación.

La construcción presenta dos áreas, una el invernadero en sí, y la otra es una zona aneja al mismo que alberga un semillero, dos almacenes para la maquinaria y producto terminado, y la sala de calderas.

La construcción total, constituye una superficie de 9.100 m² y está dividida en 13 módulos de 10 m x 70 m cada uno, de los cuales 12 pertenecen al invernadero, y el decimotercero y último, a la zona aneja.

Mediante las siguiente **ilustración 1**, se refleja el alzado este de la construcción del invernadero y zona aneja:

Ilustración 1: Dimensiones del invernadero y construcciones anejas



Fuente: Elaboración propia

Según lo anterior, se cuenta con las siguientes superficies totales:

- Superficie de la fachada sur = $70 \times 4 = 280 \text{ m}^2$
- Superficie de la fachada norte = $70 \times 8 = 560 \text{ m}^2$
- Superficie de la fachada este = $130 \times (4+4/2) = 780 \text{ m}^2$
- Superficie de la fachada oeste = $130 \times (4+4/2) = 780 \text{ m}^2$

2.1. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DEL INVERNADERO

El invernadero consiste en una construcción de 12 módulos de 10 m x 70 m cada uno, con una superficie total de 8.400 m².

Hay cuatro zonas o parcelas de cultivo separadas mediante paneles de policarbonato celular que comprenden 3 módulos cada una, presentando las siguientes dimensiones:

- Parcela 1 = 30 m x 70 m
- Parcela 2 = 30 m x 70 m
- Parcela 3 = 30 m x 70 m
- Parcela 4 = 30 m x 70 m

Teniendo en cuenta la cubierta asimétrica del invernadero:

$$\text{Volumen total} = (\text{Superficie baja}) + (\text{Superficie alta}) = 120 \text{ m} \times 70 \text{ m} \times 4 \text{ m} + 120 \text{ m} \times 70 \text{ m} \times 4 \text{ m} / 2 = 33.600 + 16.800 = 50.400 \text{ m}^3$$

Respecto a las características constructivas del invernadero, se presenta:

Cubierta: de planchas de policarbonato celular de 2 cm de espesor. Los canalones serán de PVC de 125 mm de diámetro así como las bajantes que serán del mismo material y del mismo diámetro. Las parcelas de cultivo contarán con pantalla térmica para regular la humedad y las pérdidas de temperatura a 2 metros de altura.

Estructura: es metálica de acero laminado tipo S 275 y con un cerramiento de paneles de policarbonato celular, de dimensiones de 2 m x 1 m x 0,2 m. Las divisiones de las parcelas de cultivo interiores también estarán hechas con el mismo policarbonato.

Carpintería y cerrajería: las puertas situadas en las parcelas de cultivo son abatibles de dos hojas formadas por cerco y bastidor de hoja con tubos huecos de acero laminado y barrotes de tubo y plafones con panel de policarbonato.

Cimentación: El hormigón utilizado para las zapatas es de HA/25/P/20/I utilizándose el mismo para la capa de hormigón de limpieza de 20 cm de espesor.

2.2. CARACTERÍSTICAS Y DIMENSIONES DE LA CONSTRUCCIÓN ANEJA AL INVERNADERO

Como construcción aneja al invernadero, en el decimotercer módulo de la construcción (dirección norte) con una superficie de 70 m x 10 m, se presentan las siguientes dependencias:

- Semillero = 20 m x 10 m
- Almacén 1, de materia prima = 19 m x 10 m
- Entrada principal = 2 m x 10 m

- Almacén 2, de producto terminado = 17 m x 10 m
- Cuarto de calderas y riegos = 12 m x 10 m

Para el caso que nos concierne, y teniendo en cuenta la cubierta asimétrica del semillero:

$$\text{Superficie total} = (\text{Superficie baja}) + (\text{Superficie alta}) = 20\text{m} \times 10\text{m} \times 4\text{m} + 20\text{m} \times 10\text{m} \times \frac{4\text{m}}{2} = 800 + 400 = 1.200\text{m}^3$$

Respecto a las características constructivas de la instalación aneja:

Cubierta: en la sala de semilleros se instalarán planchas de policarbonato celular de 2 cm de espesor, mientras que en los almacenes y cuarto de calderas se colocará panel tipo sandwich. Los canalones serán de PVC de 125 mm de diámetro así como las bajantes que serán del mismo material y del mismo diámetro.

Estructura: para el semillero es metálica de acero laminado tipo S 275 con un cerramiento de paneles de policarbonato celular, de dimensiones de 2 x 1 x 0,2 m, mientras que para los almacenes y sala de calderas es de fábrica de ladrillo cerámico hueco doble recibido con mortero de cemento CEM II/B-P 32,5 N y arena de río tipo M-5.

Soleras y pavimento: La solera está hecha de hormigón tipo HM-25/P/20/I de 15 cm de espesor y asentadas sobre un enchado de piedra para el semillero.

Carpintería y cerrajería: Las ventanas serán de acero laminado y policarbonato con doble hoja corredera con dimensiones 2 x 2 m.

La puerta principal de entrada a la nave y la de acceso a los semilleros será prácticamente de acero abatible de dos hojas y, las de la sala de caldera y los almacenes, son como las de entrada y semilleros pero de una sola hoja.

3. ROTACIÓN DE CULTIVOS

A continuación se muestra la rotación de cultivos elegida para el invernadero. La zona de producción está dividida en cuatro parcelas, y cada una de ellas realiza la misma rotación pero en fases completamente diferentes a las demás. Al estar separadas se pueden conseguir las condiciones necesarias en cada momento. De ésta forma nos aseguramos la producción de cada especie seleccionada todos los años, sin tener problemas causados por repetición de cultivos.

Tabla 1: Rotación de cultivos

	AÑO 1												AÑO 2												AÑO 3												AÑO 4											
	E	F	M	A	My	J	Ji	A	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Ji	A	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Ji	A	S	O	N	D	E	F	M	A	My	J	Ji	A	S	O	N	D
P.1	ESPINACA			PIMIENTO			LECHUGA R.			JUDIA			ACELGA			LECHUGA R.			TOMATE			BROCOLI			JUDIAS			LECHUGA L.																				
P.2	CULI			JUDIA			LECHUGA L.			ESPINACA			PIMIENTO			LECHUGA R.			JUDIA			ACELGA			LECHUGA R.			TOMATE			BRO																	
P.3	GA			LECHUGA R.			TOMATE			BROCOLI			JUDIA			LECHUGA L.			ESPINACA			PIMIENTO			LECHUGA R.			JUDIA			ACEL																	
P.4	GA R.			JUDIA			ACELGA			LECHUGA R.			TOMATE			BROCOLI			JUDIA			LECHUGA L.			ESPINACA			PIMIENTO			LECHU																	

Fuente: elaboración propia.

Cada especie afecta de una forma diferente al suelo y a muchas características de éste, como puede ser la profundización del sistema radicular para el aireamiento del suelo, la capacidad de algunas especies como mejoradora del suelo gracias a la fijación de nitrógeno como en el caso de leguminosas, o por el contrario la capacidad esquilante por la que se retiran nutrientes del suelo y hace necesario la restitución de éstos. A continuación se va a describir las pautas que hemos seguido (Serrano Cermeño, 1996), para determinar la rotación correcta para cada especie en función de su relación con otros cultivos y con el suelo:

Brócoli

Pertenece a la familia de las crucíferas y su nombre botánico es *Brassica oleracea* (L.) var. Italica (Plenck).

Ciclos y épocas de producción, según épocas climáticas

El brócoli es interesante hacerlo, como cultivo de relleno en la época invernal, en los invernaderos que están situados en zonas frías, para recolectar de noviembre a febrero, haciendo plantaciones en fechas escalonadas.

Necesidades climáticas de las plantas

La planta para un desarrollo normal en la fase de crecimiento necesita temperaturas entre 20º - 24º C.

Para poder iniciar la fase de inducción floral necesita entre 10º a 15ºC de temperatura durante varias horas del día.

La planta y la pella no se hielan con temperaturas cercanas a por debajo de 0ºC, cuando su duración es de pocas horas del día.

Respecto a humedad relativa, ésta oscila entre 60 y 75 por ciento para un estado óptimo.

Espinaca

Pertenece a la familia de las Quenopodiáceas y su nombre botánico es *Spinacia oleracea* (L.).

Es planta anual; su aprovechamiento hortícola tiene lugar al comienzo del desarrollo de la planta, ya que después emite un tallo floral y pierde su valor comercial como hortaliza comestible.

Este cultivo no interesa ponerlo a continuación de las acelgas, remolacha de mesa y cultivos poco exigentes en escardas. Es planta algo esquilmante de la capa superficial del suelo y no se debe repetir su cultivo en el mismo terreno. Es interesante que siga a otro cultivo de carácter mejorante, o que admita estercoladura fresca, como melón, calabacín, pepino, etc.

Detrás de este cultivo conviene sembrar judía verde o guisante.

Ciclos y épocas de producción, según zonas climáticas.

Este cultivo donde está más indicado es en los invernaderos de las zonas de interior. En estas zonas se puede cultivar como cosecha de otoño-invierno y de invierno-primavera. En invernaderos, por la rapidez de desarrollo y por su resistencia al frío puede encajar muy bien entre los cultivos de primavera-verano y los de verano-otoño.

Necesidades climáticas de la planta

Es planta de clima templado que soporta temperaturas bajas, de hasta 5°C bajo cero.

Cuando la duración de los días es mayor de 12 a 14 horas, si la temperatura pasa de 15°C, las plantas indican la floración o subida. En los días más cortos del invierno, si las temperaturas son bajas, las plantas se suben más pronto que cuando las temperaturas son más altas en esos mismos días cortos.

El desarrollo óptimo está entre 15°C a 18°C; detiene su desarrollo con temperaturas de 5° a 7°C y por encima de 25° a 30 °C.

Judía

Pertenece a la familia de las Leguminosas; su nombre botánico es *Phaseolus vulgaris* (L)

Al igual que el guisante, al ser una leguminosa es un cultivo mejorador del suelo y va bien en una rotación precediendo a la mayor parte de las hortalizas como pimiento, berenjena, tomate, cebolla, puerro, ajo, pepino, melón, calabacín, zanahoria y apio. Es un cultivo al que no le convienen las combinaciones con col, coliflor y rábano y no debe suceder a otras leguminosas como guisante, haba y, por supuesto, a la propia judía.

Ciclos y épocas de producción, según épocas climáticas

El ciclo de la judía en invernadero es de 90 a 120 días para las variedades enanas y de 110 a 150 días para las de enrame.

En las zonas de interior, con climatología extremada en invierno, solamente debe cultivarse en primavera y verano salvo que el invernadero pueda mantener las necesidades climáticas del guisante perfectas mediante climatización.

Necesidades climáticas de las plantas

La judía es planta de “día corto”, aunque en las variedades que se cultivan en la actualidad no les afecta la duración del día.

Es planta de clima húmedo en el ambiente y suave en la temperatura; las producciones mayores se consiguen en los climas cálidos; las calidades mejores se obtienen cuando las temperaturas tienen pocas oscilaciones extremadas.

El desarrollo vegetativo es óptimo con temperaturas entre 18º y 30ºC. La vegetación es poco vigorosa cuando la temperatura oscila entre 12º a 15ºC; con temperaturas mínimas de 8º a 10ºC se paraliza la vegetación; esta planta no resiste temperaturas inferiores a 0ºC. Las temperaturas elevadas, si la humedad es escasa, origina deshidrataciones y desequilibrios vegetativos.

La polinización óptima de las flores se consigue con temperaturas comprendidas entre 15º y 25ºC; por debajo de 15ºC la mayoría de los frutos quedan en forma de “ganchillo”; con temperatura elevada y humedad escasa, algunas vainas recién formadas suelen reventar y bifurcarse en dos puntas. Cuando las temperaturas son superiores a 30ºC, si la planta está en floración, pueden dar lugar a abortos de flores y a deformidades de las vainas.

La judía es planta que necesita bastante humedad en el ambiente que la rodea; se considera el más indicado cuando está comprendido entre 60 a 75 por ciento; es muy importante que la humedad atmosférica se mantenga bastante estable, sin excesivas oscilaciones.

Lechuga

Pertenece a la familia de las Compuestas; su nombre botánico es *Lactuca sativa* (L).

En la rotación se incluirá la lechuga de hoja larga o Romana, y la de hoja rizada o Batavia.

En el establecimiento de una alternativa para la lechuga en invernadero, hay que tener en cuenta que no debe cultivarse detrás de cultivos como la escarola, gerbera y crisantemo ni es aconsejable cultivarla a continuación de nabo, colchín, brócoli y col. Por otro lado este cultivo va bien después de haber cultivado pepino, melón, sandía, calabacín, tomate, pimiento, berenjena, apio y zanahoria.

Ciclos y épocas de producción, según épocas climáticas

Es un cultivo para realizar en la época invernal en todos los invernaderos de España.

En la zona Norte (Galicia y Cantábrico) se puede producir durante todo el año, cultivando aquellas variedades que no se “suban” cuando se cultive en verano.

Es un cultivo que va muy bien como cosecha intermedia (otoño-invierno) entre los cultivos de verano-otoño e invierno-primavera, que se pueden hacer en los invernaderos que estén situados en climas fríos.

Necesidades climáticas de las plantas

La lechuga es un cultivo que soporta peor las temperaturas elevadas que las relativamente bajas. Como temperatura máxima se considera 30°C, y como mínima 6°C, aunque las plantas pueden soportar algunos grados por debajo de cero, hasta -6°C.

Este cultivo no requiere temperatura excesiva, pero exige diferencia entre las temperaturas diurnas y las nocturnas; en desarrollo óptimo, en fase de crecimiento rápido, las temperaturas por el día están entre 14° y 18°C y por la noche entre 5° a 8°C; en la formación de cogollo, por el día entre 10° a 12°C y por la noche de 3° a 5°C.

Cuando las temperaturas son bajas durante bastante tiempo, las hojas toman una tonalidad rojiza; este síntoma, en esa situación de temperatura, no es carencia de ningún microelemento.

En cultivos invernales, si durante la fase de semillero las plantas sufrieron temperaturas elevadas, puede ocurrir que algunas variedades se “suban” a flor prematuramente; esto hay que tenerlo en cuenta, ya que si el semillero se hace en invernadero, en época cálida, puede ocurrir el riesgo de este accidente.

La humedad relativa conveniente para la lechuga es del 60 al 80 por ciento, aunque en determinados momentos agradece menos del 60 por ciento. La humedad ambiental excesiva favorece el desarrollo de enfermedades, que es el mayor problema de este cultivo cuando se hace en invernadero.

La temperatura del suelo no debe bajar de 6° a 8°C.

Con periodos de tiempos en escasa iluminación y temperatura superior a 20°C, las variedades que acogollan de forma natural, lo hacen deficientemente.

Pimiento

Pertenece a la familia de las Solanáceas; su nombre botánico es *Capsicum annuum* (L).

La planta de pimiento es herbácea y anual, aunque puede rebrotar y volver a producir en su segundo año, si se le hace una poda muy cruenta antes de que finalice su desarrollo vegetativo.

Es un cultivo que se puede encontrar formando asociaciones con otras especies como con la judía verde rastrera o el melón. Para el establecimiento de una alternativa, se debe tener en cuenta los factores siguientes:

- El cultivo de pimiento no debe repetirse en el mismo suelo, por lo menos en 3 años.
- No es recomendable cultivarlo después de tomate y patata.
- Va bien detrás de lechuga, judía, guisante, puerro y cebolla.
- Es exigente en materia orgánica.

Ciclos y épocas de producción, según épocas climáticas

En las zonas de interior se debe evitar su cultivo en invierno; es aconsejable hacer cultivos de otoño con variedades de ciclo corto, plantando en los meses de julio y agosto para finalizar la recolección en noviembre-diciembre, según climatologías; en cultivo de invierno-primavera se deben hacer las plantaciones en febrero-marzo, según sea el clima, con variedades de ciclo corto o largo, según se quiera finalizar el cultivo en junio-julio (ciclo corto) o seguir recolectando durante todo el verano y principios de otoño (ciclo largo). Si se aplica la técnica de la poda de rejuvenecimiento para continuar el cultivo en otoño, debe hacerse en plantas de variedades de ciclo largo.

Necesidades climáticas de las plantas

El pimiento es algo menos exigente en temperaturas que la berenjena y más que el tomate.

La temperatura media mensual que debe existir para conseguir una cosecha abundante en este cultivo tiene que ser de 18º a 22ºC; con temperatura más baja a las enunciadas, el desarrollo vegetativo de esta planta se paraliza o apenas evoluciona. Con temperaturas más elevadas que éstas, la planta vegeta exageradamente, pero puede ocurrir que la producción sea menor, si no se equilibra esa alta temperatura con otros factores como la luminosidad y la humedad.

Con temperaturas de 0ºC se hiela la planta y por debajo de 10ºC detiene su desarrollo vegetativo, siendo deficiente ese desarrollo a partir de 15ºC hacia abajo.

La temperatura ideal para el desarrollo del cultivo de pimiento es de 20ºa 25ºC por el día y 16º a 18ºC por la noche, aunque la floración es mejor con temperaturas nocturnas menores a las expuestas.

Con temperaturas nocturnas comprendidas entre 8º a 10ºC, el polen se hace inviable para la fecundación; el óptimo de temperatura para la fecundación está alrededor de 25ºC.

El pimiento admite más humedad en el ambiente del invernadero que el tomate y la berenjena; su óptimo está comprendido entre 50 y 70 por ciento; si la humedad es más alta y la vegetación está exuberante, el cultivo se expone a fuertes ataques de botritis y otras enfermedades, además de que la fecundación de las flores se ve bastante dificultada; cuando la humedad es baja y la temperatura es elevada se origina caída de flores y de frutos recién "cuajados".

Esta solanácea es muy exigente en luminosidad, tanto en su desarrollo vegetativo, principalmente cuando es joven, como en la floración; esta planta admite temperatura más alta cuando aumenta la luminosidad.

Cuando hay poca luz, los entrenudos de los tallos de pimiento se alargan demasiado y quedan muy débiles para soportar una cosecha óptima de frutos; en estas condiciones la planta florece menos y las flores son más débiles.

Acelga

Pertenece a la familia de las Quenopodiáceas; su nombre botánico es *Beta vulgaris* L. var. *cicla* (L.).

Ciclos y épocas de producción, según épocas climáticas

Las variedades que se utilizan en España no se suben en invernadero en los meses que van desde septiembre hasta abril. El ciclo de cultivo es de 4 a 5 meses.

Este cultivo donde está más indicado es en los invernaderos de los litorales del Norte de España y zonas de interior.

En las zonas de interior se puede cultivar como cosecha de otoño- invierno e invierno-primavera.

Es un cultivo que encaja muy bien como intermedio entre el cultivo principal de primavera-verano y el secundario de otoño, en muchos lugares de climatología invernal adversa.

Necesidades climáticas de las plantas

La acelga es una planta de clima templado, que vegeta bien con temperaturas medias; le perjudica bastante los cambios bruscos de temperatura.

No requiere de excesiva luz, perjudicándole cuando ésta es elevada, si va acompañada de un aumento alto de temperatura.

La planta hiela cuando las temperaturas son menores de 5°C bajo cero y detiene su desarrollo vegetativo cuando las temperaturas bajan de 5° bajo por encima de cero. En el desarrollo vegetativo las temperaturas están comprendidas entre un mínimo de 6°C y un máximo de 27° a 33°C, con un medio óptimo entre 15° y 25°C. Las temperaturas de germinación están entre 5° de mínima y 30° a 35°C de máxima, con un óptimo entre 18° y 22°C.

En el ambiente del invernadero necesita humedad relativa bastante alta, comprendida entre 60 y 90%, para que la planta se encuentre lozana y con buena presentación.

4. SISTEMA DE CALEFACCIÓN

El sistema de calefacción utilizado es el de agua caliente, distribuida mediante tubos metálicos a modo de rieles fijos por la zona de cultivo en terreno y, para calentar los semilleros, se usarán mesas calefactables con tubos incorporados en la estructura de la mesa. El sistema de calefacción mediante agua caliente es el de mayor eficiencia térmica y el agua será impulsada gracias a bombas hidráulicas.

Para conseguir las condiciones necesarias para el desarrollo óptimo del cultivo se tendrá que determinar cuánto calor se tiene que aportar al invernadero y semillero para conseguirlas. Para calcularlo hay que tener en cuenta tanto las condiciones climáticas externas como las condiciones climáticas internas para el correcto desarrollo de los cultivos.

El principal parámetro en el balance energético es la temperatura exterior, que determina de forma directa las necesidades de refrigeración y calefacción. Existen diferentes valores de temperatura exterior que se pueden utilizar en el diseño de los sistemas de climatización. Los principales valores de temperatura exterior que se pueden considerar son:

Tabla 2: Temperaturas exteriores

MES	T _{med}	T _{max}	T _{min}
Enero	4,3	7,9	0,6
Febrero	6,6	11,4	1,8
Marzo	8,9	14,7	3,1
Abril	10,7	16,3	5,0
Mayo	14,3	20,2	8,3
Junio	18,7	25,5	11,8
Julio	22,1	29,6	14,6
Agosto	21,8	29,1	14,5
Septiembre	18,5	25,2	11,9
Octubre	13,3	18,6	7,9
Noviembre	8,3	12,6	3,9
Diciembre	5,5	9,0	2,0
AÑO	12,7	18,3	7,1

Fuente: Instituto Nacional de Meteorología (Observatorio de Bretó (Zamora)).

Donde:

T_{med} = temperatura media mensual (°C)

T_{max} = temperatura media mensual de las máximas diarias (°C)

T_{min} = temperatura media mensual de la mínimas diarias (°C)

La temperatura del aire que se debe mantener dentro del invernadero y semillero depende del tipo de cultivo que se desarrolla en su interior, del nivel de confort deseado y de su estado de crecimiento. Estos valores sirven como base para establecer las consignas de funcionamiento de los sistemas de climatización, además de para calcular su potencia de diseño a través del balance de energía. Los valores de consigna de los sistemas de calefacción suelen variar en función del periodo del día, así como según el cultivo. En el diseño se deben considerar las condiciones de funcionamiento más restrictivas, por lo que la calefacción se diseñará para satisfacer las necesidades de calor durante las noches invernales.

Las necesidades energéticas del invernadero y semillero dependen fundamentalmente del salto térmico, es decir, la diferencia entre la temperatura interior y exterior que se desea mantener.

Además de la temperatura del aire es importante mantener un adecuado régimen hidrométrico para evitar el estrés hídrico provocado cuando su valor desciende demasiado, o la condensación de agua sobre el cultivo o la cubierta del invernadero es excesiva.

4.1. CÁLCULO DEL BALANCE ENERGÉTICO

Los términos que intervienen en el balance energético se indican en forma de intensidad de energía. Según el Primer Principio de la Termodinámica, la energía ganada por el sistema se equilibra con la energía perdida por el mismo. Sin embargo, cada autor suele considerar una serie de componentes del balance energético despreciando otros. Existen diversos modelos simplificados del balance de energía.

Una forma simplificada de la ecuación del balance de energía puede ser (IDAE, 2008):

$$\text{Energía ganada } (R_n + Q_{inv}) = \text{Energía perdida } (Q_{cc} + Q_{ren} + Q_{op})$$

Donde:

R_n = radiación neta

Q_{inv} = energía calorífica que es necesario aportar (Q_{cal}) o eliminar (Q_{ref}) del invernadero

Q_{cc} = calor perdido por conducción-convección

Q_{ren} = calor sensible y latente perdido por la renovación del aire interior

Q_{op} = otras pérdidas. 10% de $Q_{cc} + Q_{ren}$

4.2. NECESIDADES DE TEMPERATURA

En el invernadero las especies cultivadas tendrán distintas necesidades térmicas. A continuación se muestran las exigencias de temperatura de las distintas especies hortícolas que se han optado para el estudio:

Tabla 3: Temperaturas de desarrollo de cultivos

Especies	T _{óptima}	T _{mínima}	T _{máxima}
Espinaca	15-10°C	7°C	30°C
Brócoli	20-24°C	0°C	30°C
Acelga	18-22°C	5°C	35°C
Judía	18-30°C	8°C	30°C
Lechuga	12-5°C	4°C	30°C
Tomate	18-25°C	10°C	30°C
Pimiento	20-25°C	10°C	30°C

Fuente: Elaboración propia

Para el cálculo de las necesidades caloríficas no se va a considerar los cultivos de tomate ni pimiento ya que son de verano. Por otro lado, tanto la lechuga como la espinaca son cultivos de relleno que no necesitan grandes necesidades climáticas, estando su temperatura óptima alrededor de 12°C.

Para el resto de cultivos se intentará que tengan una temperatura óptima de cultivo por lo que teniendo en cuenta que la media de las temperaturas mínimas está en torno a 6°C y las óptimas en 17 °C, se considera una temperatura de activación de la calefacción de 11 °C.

4.3. CÁLCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR DEL INVERNADERO

Tal y como se ha comentado anteriormente, el balance energético se puede resumir como la igualdad entre la energía ganada y la energía perdida.

Para la estimación de las pérdidas de calor no tendremos en cuenta el valor positivo de energía debido a la radiación ya que por la noche este valor es nulo y en los meses de invierno es bajo, de modo que estaremos sobredimensionando ligeramente las pérdidas de calor del invernadero, evitando de este modo quedarnos por debajo de las necesidades reales por si hubiese algún error o parámetro que no considerásemos en el cálculo.

Pérdidas por conducción – convección

$$C_{\text{cerramiento}} = U \times S \times (T_i - T_e)$$

C = kcal/h necesarios de cerramiento.

U = es el coeficiente global de transmisión de calor. Depende del material de cubierta, de la hermeticidad del invernadero, del sistema de calefacción, del sistema de riego, de la velocidad de viento, de la cantidad de nubes que cubran el cielo y de la precipitación.

S (m²) = es el área de la superficie de la cubierta del invernadero.

T_i (°C) = es la temperatura requerida dentro del invernadero. En nuestro caso 11°C.

T_e (°C) = es la temperatura media de las mínimas en el exterior. Como se ha comentado anteriormente esta temperatura es de 0,6°C en el mes de enero.

Tabla 4: Coeficientes de transmisión térmica

CERRAMIENTO	COEFICIENTE U (W/m ² Cº)
Panel de policarbonato 20 mm.	1,69
Pantalla térmica (techo interior del invernadero).	3,5
División fábrica de ladrillo 1 pie + Enfoscado	1,55

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 5: Superficies de cerramientos del invernadero.

CERRAMIENTO	ANCHO	LARGO	ALTO	TOTAL
División norte		70	2	140
Fachada este		120	2	240
Fachada sur		70	2	140
Fachada oeste		120	2	240
Techo interior	70	120		8.400
SUMATORIO				9.160

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 6: Cálculos de la C del cerramiento

CERRAMIENTO	Superficie en m ²	Coef. U	T _{ext} °C	T _{int} °C	C _c ·SxUx (T _i - T _e)
División norte	140	1,55	Los almacenes 8 por ser interiores	11	651
Fachada este	240	1,69	0,6	11	4.218
Fachada sur	140	1,69	0,6	11	2.461
Fachada oeste	240	1,69	0,6	11	4.218
Techo interior	8.400	3,5	Los almacenes 8 por ser interiores	11	88.200
SUMATORIO					99.748

Fuente: Elaboración propia

Pérdidas por renovación

$$Q_{ren} = N \times V \times 0,307 \times (T_i - T_a)$$

N = número de renovaciones de aire por hora. En invierno se puede prescindir de la renovación de aire en el invernadero para evitar pérdidas de calor. Sin embargo un invernadero mal ventilado provoca un déficit de anhídrido carbónico, además de condensaciones en la cubierta debido al exceso de humedad interior. Por tanto en invierno se mantendrá la renovación en 0,125 renovaciones/h.

V = volumen del invernadero en metros cúbicos

0,307= constante del producto del peso específico del aire y su calor específico, en kcal/°Cm³.

T_i (°C) = es la temperatura requerida dentro del invernadero. En nuestro caso 11°C.

T_a (°C) = es la temperatura media de las mínimas en el exterior. Como se ha comentado anteriormente esta temperatura es de 0,6°C en el mes de enero.

Por tanto:

$$Q_{ren} = 0,125 \times 50.400 \text{ m}^3 \times 0,307 \times (11-0,6) = 20.115 \text{ kcal/h en parcela.}$$

Pérdidas totales de calor

Hay otras pérdidas debidas a la orientación, infiltración, intermitencia de uso, etc., por eso, incrementamos un 10% para compensarlas.

$$Q_{inv} = (Q_{cc} + Q_{ren}) \times 1,1 = (99.748 + 20.115) \times 1,1 = 131.849 \text{ kcal/h}$$

Demanda de calefacción

En las parcelas la superficie que ocupan los cultivos es de: (70 m de lateral - 4 m de pasillos) x (30 m de frontal - 3 m de pasillos) x 4 parcelas = 7.128m².

$$131.849 / 7.128 = 18,50 \text{ Kcal/h m}^2$$

Cálculo de la sección adecuada para los rieles

Como tenemos en cada una de las parcelas de cultivos 24 líneas de rieles de 66 m cada una, son en total: (24 x 66) x 4 parcelas= 6.336 m.

Si se divide el calor a aportar entre la superficie a calentar, tenemos:

$$131.849 / 6.336 = 20,81 \text{ Kcal/h por metro lineal}$$

A continuación, mediante la fórmula del equilibrio térmico y por tanteo se ha buscado la masa de agua que se necesita calentar y el salto térmico que se necesita para aportar 20,81 Kcal/h.

$$Q \text{ necesario} = m \text{ (agua)} \times C_e \times (T_f - T_i)$$

Sustituyendo: masa (agua) = Peso específico x Volumen, la fórmula queda en:

$$Q \text{ necesario} = \text{Vol.} \times P_e \times C_e \times (T_f - T_i)$$

Para un tubo DN30

El radio es 30/2 = 15 mm → 0,015 m, por lo que la sección de tubo DN30 = pi x 0,015² = 0,0007 m²

La velocidad del agua debe ser de 1,5 m/s para un buen funcionamiento de la instalación.

$$P_e \text{ (agua)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_e \text{ (agua)} = 1 \text{ cal /gr } ^\circ\text{C}$$

Salto térmico suelos radiantes = la temperatura de trabajo sea 45°C (a la que caliento el agua en la caldera), la temperatura interior del invernadero 11°C (la temperatura que vuelve a la caldera debe ser como mínimo igual a la temperatura que necesito en el interior del invernadero), siendo el salto térmico = 34°C.

$$Q \text{ necesario} = 0,0007 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C} \times 1.000 \text{ gr/kg} \times 34^\circ\text{C} = 23.800 \text{ cal} = 23,80 \text{ Kcal/h} > 20,81 \text{ Kcal/h}$$

CUMPLE y es adecuado para la instalación.

El caudal en un tubo DN30 sería de:

Caudal = Vol./Tiempo ó Área de la sección x Velocidad.

$$C = 0,0007 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m/s} = 0,00105 \text{ m}^3/\text{s} = 1,05 \text{ l/s}$$

Cálculo del tubo de alimentación a los rieles

Cada colector (uno para cada parcela de cultivo) alimenta a 24 tubos, es decir: caudal = 1,05 l/s x 24 = 25,2 l/s → 0,0252 m³/s.

Se toma como velocidad 1,5 m/s. Sección = caudal / vel. = 0,0252 m³ / 1,5m/s = 0,0168 m².

Y a continuación mediante la fórmula despejamos “r”.

$$\text{Sección} = \pi \times r^2 \rightarrow r = \text{raíz}(0,0168/\pi) = 0,073 \text{ m} = 7,3 \text{ cm.}$$

Con este radio, se necesita una tubería de 15 cm de diámetro y 30 cm² de sección.

Ha continuación se ha buscado un tubo colector con las dimensiones adecuadas a nuestra instalación.

Colector DN 200→Cumple

El colector irá enterrado para facilitar el tránsito por el exterior de los cultivos. Además este tubo se encontrará correctamente aislado.

4.4. CALCULO DE LAS PÉRDIDAS DE CALOR DEL SEMILLERO

Para calentar el semillero, será necesario realizar los mismos cálculos anteriores.

Pérdidas por conducción – convección

$$C_{\text{cerramiento}} = U \times S \times (T_i - T_e)$$

Donde:

U, S, T_i y T_e tienen la misma significación que en el apartado 4.3.

Tabla 7: Superficies de cerramientos con calefacción en mesa

CERRAMIENTO	ANCHO	LARGO	ALTO	TOTAL
División norte		20	2	40
Fachada este		10	2	20
Fachada sur		20	2	40
Fachada oeste		10	2	20
Techo interior	10	20		200
SUMATORIO				320

Fuente: Elaboración propia

Tabla 8: Cálculo de la C de semilleros

CERRAMIENTO	Superficie en m ²	Coef. U	T _{ext} °C	T _{int} °C	C _c :SxUx (T _i - T _e)
División norte	20	1,55	0,6	11	322
Fachada este	10	1,69	0,6	11	106
Fachada sur	20	1,69	8 por ser interior	11	67,6
Fachada oeste	10	1,69	8 por ser interior	11	33,8
Techo interior	200	3,5	8 por ser interior	11	1.400
SUMATORIO					1.929

Fuente: Elaboración propia

Pérdidas por renovación

$$Q_{ren} = N \times V \times 0,307 \times (T_i - T_a)$$

Donde:

N, V, T_i y T_a tienen la misma significación que en el apartado 4.3.

Por tanto:

$$Q_{ren} = 0,125 \times 200 \text{ m}^3 \times 0,307 \times (11 - 0,6) = 79,82 \text{ kcal/h en sala de semilleros}$$

Pérdidas totales de calor

Hay otras pérdidas debidas a la orientación, infiltración, intermitencia de uso, etc., por lo que incrementamos un 10% para compensarlas.

$$Q_{inv} = (Q_{cc} + Q_{ren}) = (1.929 + 79,82) \times 1,1 = 2.210 \text{ kcal/h}$$

Demanda de calefacción

Esta demanda de calefacción se reparte entre las superficies útiles del semillero.

En el semillero se divide el calor entre el espacio que ocupan las 8 mesas de cultivo (20 m de lateral – 3 m de pasillos) x (10 m de frontal– 3 m de pasillos) = 119 m².

$$2.210 / 119 = 18,57 \text{ Kcal/h}$$

La caldera necesita calentar el volumen de agua de la instalación para que en el punto más desfavorable haya 30°C:

Cálculo de la sección adecuada de tubo para la calefacción de las mesas de semilleros

Los metros que tenemos de tubo desde la caldera a cada una de las mesas de semillero son los siguientes:

- Metros de acometida hasta mesas:

54 m (acometida general) + 14,5 m (acometida de distribución) +28 m (tubería hasta las mesas) = 96,5 m

- Metros de serpentín dentro de las mesas:

7 m de tubo x 8 mesas = 56 m

Los metros totales de tubo son: 96,5 + 56 = 152,5 m

Si se divide el calor a aportar entre la superficie a calentar tenemos: 2.210 kcal/h /152,5 = 14,49 Kcal/h por metro lineal.

Como antes, se utiliza la fórmula del equilibrio térmico y por tanteo se busca la masa de agua que se necesita calentar y el salto térmico para aportar 19,20 Kcal/h.

$$Q \text{ necesario} = \text{Vol.} \times P_e \times C_e \times (T_f - T_i)$$

Para un tubo DN30

El radio es 30/2 =15 mm → 0,015 m, por lo que la sección de tubo DN30 = pi x 0,015² = 0,0007 m²

La velocidad del agua debe ser de 1,5 m/s para un buen funcionamiento de la instalación

$$P_e \text{ (agua)} = 1.000 \text{ kg/m}^3$$

$$C_e \text{ (agua)} = 1 \text{ cal /gr } ^\circ\text{C}$$

Salto térmico suelos radiantes = la temperatura de trabajo es de 40°C (a la que caliento el agua en la caldera), la temperatura interior es de 11°C (la temperatura que vuelve a la caldera debe ser como mínimo igual a la temperatura que necesito en el interior del invernadero), siendo el salto térmico = 29°C

$$Q \text{ necesario} = 0,0007 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 1 \text{ cal/gr } ^\circ\text{C} \times 1.000 \text{ gr/kg} \times 29 \text{ } ^\circ\text{C} = 20.300 \text{ cal} = 20,30 \text{ Kcal/h} > 14,49 \text{ Kcal/h}$$

CUMPLE y es adecuado para la instalación.

El caudal en un tubo de DN30 sería:

$$\text{Caudal} = \text{Vol./tiempo} \text{ ó } \text{Área de la sección} \times \text{Velocidad}$$

$$C = 0,0007 \text{ m}^2 \times 1,5 \text{ m/s} = 0,00105 \text{ m}^3/\text{s} = 1,05 \text{ l/s}$$

El caudal para la zona de semillero es despreciable respecto al de la zona de calderas por lo que una pequeña derivación partirá desde el colector con el caudal necesario y pasará por las mesas de semilleros para volver a la caldera.

Cálculo del tubo de alimentación a los rieles

Para la alimentación de los semilleros el tubo que se usará será del doble de la sección que el de las mesas de semillero. Es decir, **DN60**.

5. CÁLCULO DE LA CALDERA

La caldera necesita calentar el volumen de agua de la instalación para que en el punto más desfavorable haya 30°C.

Volumen de agua

$$\text{Tubos DN30} = (24\text{m} \times 66\text{m}) \times 4 + 96,5\text{m (acometida hasta las mesas del semillero)} \times \pi \times 0,015^2 = 3,4 \text{ m}^3$$

$$\text{Tubos DN200} = (2 \times 120 + 2 \times 90 + 2 \times 60 + 2 \times 30) \times \pi \times 0,095^2 = 17,01 \text{ m}^3$$

$$\text{Volumen total: } 20,41 \text{ m}^3$$

Salto térmico

En tubería lisa perdemos 1°C de temperatura cada 100 metros de tubería. Por lo que teniendo en cuenta que el punto más desfavorable está a 120 m de distancia, perderemos 1,2°C.

Temperatura inicial de retorno del agua = 11°C (el agua no se va a enfriar más que la temperatura ambiente mínima)

$$\text{Temperatura final del agua} = 45^\circ\text{C} + 1,2^\circ\text{C de pérdidas} = 46,2$$

$$T_f - T_i = 46,2 - 11 = 35,2^\circ\text{C}$$

A continuación se muestra el calor necesario que tiene que aportar la caldera:

$$\text{Q necesario} = m (\text{agua}) \times C_e \times (T_f - T_i) = \text{Vol.} \times \rho \times C_e \times (T_f - T_i) = 20,41 \text{ m}^3 \times 1.000 \text{ kg/m}^3 \times 1.000 \text{ cal/kg}^\circ\text{C} \times 35,2^\circ\text{C} = 718.432.000 \text{ cal/h} = 718.432 \text{ Kcal/h}$$

Pasamos la potencia a kW según:

$$718.432 \text{ kcal/h} \times 1\text{h}/3.600 \text{ seg.} \times 4.184 \text{ J/1 kcal} \times 1\text{kW}/1.000 \text{ W} = 834 \text{ kW}$$

Y con esto:

$$\text{Potencia útil} = \text{Potencia teórica} / \text{Rendimiento} = 834/0,93 = 897 \text{ kW}$$

Para la elección de la caldera habrá que tener en cuenta las siguientes recomendaciones de los fabricantes:

- El punto de fusión de las cenizas de la paja y la rápida gasificación junto con la elevada temperatura, provocan frecuentemente problemas en las calderas de biomasa de floración o con piso móvil debido a la aparición de escorias, agravándose cuanto mayor sea la compresión o mayor sea el poder calorífico del producto.
- Puede provocar daños graves en equipos de piso móvil o de limpieza automática, solo con un poder calorífico muy bajo y con regulaciones especiales puede funcionar aunque sin conseguir las prestaciones deseadas en otros combustibles.
- Los fabricantes de calderas de pellets, de momento, no aconsejan la combustión de pellets de paja en calderas domésticas, tanto por la escoria, los gases generados, especialmente por una mala combustión, o posible la corrosión.

Según lo anterior, se escogerá una caldera de parrilla móvil, aconsejada para pellets de paja y se incrementará un 20% la potencia necesaria para que no vaya forzada.

La caldera elegida tiene las siguientes características:

Tabla 9: Modelo de caldera para el invernadero.

Modelo	Lambdamat
Rendimiento	Elevado, 93%
Potencia	1.000 kW
Combustión	Tipo parrilla móvil
Tª Impulsión	Hasta 95°C
Presión Máxima	6 bar
Dimensiones	3,6 x 1,6 m
Combustible	Pellets, astillas de madera (max W55/G50), restos de maderas

Fuente: www.froeling.com

Ilustración 2: Caldera Lambdamat de parrilla móvil



1. Intercambiador de calor.
2. Cámara de combustión.
3. Parrilla móvil accionada hidráulicamente con sistema de admisión de aire primario mantiene el combustible en movimiento y asegura un agotamiento completo (incluso con combustibles pesados).
4. Eliminación automática de ceniza.
5. Aberturas de aire secundario, aseguran una combustión óptima y un quemado completo.
6. Aberturas de aire terciario, para mayor eficiencia durante la combustión.
7. Bóveda de doble túnel, garantiza el agotamiento óptimo de los combustibles con un alto contenido de agua.
8. Intercambiador de calor de aire comprimido.
9. Encendido automático.

Fuente: www.froeling.com

Para la puesta en funcionamiento de la caldera será necesario disponer de un cuadro eléctrico, extractor, chimenea y un alimentador que conste de válvula rotativa y sinfín unido al silo exterior.

Este tipo de caldera genera en torno al 4% de escoria que, para el caso objeto de estudio, será utilizado como fertilizante.

6. NECESIDAD DE COMBUSTIBLE

Para calcular el combustible consumido en los meses que es necesaria la utilización de la calefacción, se necesitan los siguientes datos:

Cálculo de las horas

Este parámetro hace referencia a las horas anuales que está funcionando la calefacción.

$$H = R \times d \times h \times (T_i - T_o)$$

Siendo:

R = factor de corrección igual a 1,5

D = días que funciona la calefacción para el mes indicado (estimamos 30 para todos los meses)

T_i = temperatura interior del invernadero

T_o = temperatura media del mes indicado

h = horas de utilización de la calefacción al día (se consideran 8)

$$\text{Noviembre} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 8,3) = 972$$

$$\text{Diciembre} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 5,5) = 1.980$$

$$\text{Enero} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 4,3) = 2.412$$

$$\text{Febrero} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 6,6) = 1.584$$

$$\text{Marzo} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 8,9) = 756$$

$$\text{Abril} = 1,5 \times 30 \times 8 \times (11 - 10,7) = 108$$

Total horas: 7.812 horas

El resto de meses no se han tenido en cuenta por tener una temperatura media superior a 11°C.

Consumo anual

Hace referencia a las calorías que se necesitan por °C y hora.

Para hallar este consumo se aumentará un 10% las necesidades de calefacción como medida de seguridad y se dividirá entre el salto térmico del mes de enero:

$$\mathbf{C \text{ anual} = Cu \times \text{horas de grados} / PD \times \eta_{\text{cald}}}$$

Siendo:

$$\mathbf{Cu} = \text{consumo unitario} = 134.059 \text{ kcal/h} \times 1,1/6,7^\circ\text{C} = 22.010 \text{ kcal/h } ^\circ\text{C}$$

$$\mathbf{PD} = \text{poder calorífico del combustible} = 3.300 \text{ kcal/kg}$$

$$\mathbf{\eta_{\text{cald}}} = \text{rendimiento de la caldera} = 0,93$$

$$\mathbf{C \text{ anual} = 22.010 \text{ kcal/h } ^\circ\text{C} \times 7.812 \text{ horas} / 3.300 \text{ kcal/kg} \times 0,93}$$

$$\mathbf{C \text{ anual} = 56.025 \text{ kg al año}}$$

Depósito del combustible de pellets

La capacidad del depósito ha de ser tal que cubra las necesidades del mes más frío. Según esto, y teniendo en cuenta la fórmula anterior, para el mes de enero habría el siguiente consumo:

$$\mathbf{C \text{ anual} = 22.010 \text{ kcal/h } ^\circ\text{C} \times 2.412 \text{ horas} / 3.300 \text{ kcal/kg} \times 0,93}$$

$$\mathbf{C \text{ anual} = 17.298 \text{ kg en enero}}$$

Tabla 10: Coste del abastecimiento de pellets en el mes de enero

Mes	Cantidad de combustible consumido (kg/enero)	Precio Pellets (kg)	Precio total
Enero	17.298	0,20	3.460

Fuente: Elaboración propia

Para una cantidad de 17.298 kg, teniendo en cuenta que la densidad de los pellets de paja de cereal es de 700 kg/m³, para el mes de enero sería necesaria una capacidad de almacenamiento de 20 m³. Teniendo en cuenta que lo que buscamos es garantizar el suministro, aumentaremos dicha superficie en un 30%, y se considerará un suministro quincenal para el mes de enero, resultando necesaria una superficie de 13,22 m³.

Ilustración 3: Silo de almacenamiento de biomasa



Fuente:www.lasian.es

6.2. COMPARATIVA CON COMBUSTIBLE FÓSIL

En el caso de utilizar combustible fósil, gasóleo tipo C, se calcularía como en el caso anterior mediante el consumo anual:

$$C_{\text{anual}} = C_u \times \text{horas de grados} / PD \times \eta_{\text{cald}}$$

Siendo:

$$C_u = 134.059 \text{ kcal/h} \times 1,1 / 6,7^\circ\text{C} = 22.010 \text{ kcal/h } ^\circ\text{C}$$

$$PD = \text{poder calorífico del combustible} = 10.170 \text{ kcal/kg}$$

$$\eta_{\text{cald}} = \text{rendimiento de la caldera} = 0,90$$

$$C_{\text{anual}} = 22.010 \text{ kcal/h } ^\circ\text{C} \times 7.812 \text{ horas} / 10.170 \text{ kcal/kg} \times 0,93$$

C anual = 18.180 kg al año

La capacidad del depósito ha de ser tal que cubra las necesidades del mes más frío. Según esto, y teniendo en cuenta la fórmula anterior, para el mes de enero habría el siguiente consumo:

C anual= 22.010 kcal/h °C x 2.412 horas/ 10.170 kcal/kg x 0,93

C anual = 5.613 kg en enero

Tabla 11: Coste del abastecimiento de combustible fósil en el mes de enero

Mes	Cantidad de combustible consumido (litros)	Precio combustible (litros)	Precio total (€)
Enero	5.613	0,93	5.220

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que la densidad del gasoil es de 832 kg/m³, será necesario una superficie de almacenamiento para el mes de enero de 6,7 m³. Como en el caso anterior, aumentando la superficie de almacenamiento en un 30% y considerando un suministro quincenal para el mes de enero, resultaría necesaria una superficie de 4,4 m³.

7. CONCLUSIONES

Para comprobar la rentabilidad del uso de pellets habrá que valorar sus ventajas e inconvenientes.

Ventajas:

- El coste del uso pellets supone un ahorro de casi un 50% menos frente al del gasoil.
- Generación de un 4% de cenizas para la fertilización de los cultivos.
- Subvenciones de hasta el 40% para la compra de calderas de biomasa.

Inconvenientes:

- La equivalencia de volumen entre los dos combustibles es de por cada litro de gasoil, tres kilos de pellets aproximadamente. Esto supondría una diferencia en la superficie de almacenamiento de un 75 %. Para el supuesto calculado, sería necesario una superficie aproximada para la instalación de la caldera y silo de pellets de: 4,4 x 1,9 x 4,5 m y 2,5 m de diámetro por 6 m de alto, mientras que para la caldera y depósito de gasoil: 2,6 x 1,2 x 1,5 m y 2,5 m de largo por 1,5 m de diámetro, respectivamente.
- En cuanto al precio de la instalación, el coste aproximado de una caldera para la combustión de pellets de paja puesta en funcionamiento (incluye la valvulería, bombas y chimenea) y silo de almacenamiento asciende a: 115.000€ + 4.000€ (IVA no incluido, www.froeling.com), mientras que una caldera y depósito de gasoil sería de un coste aproximado de 35.000 € + 2.500 € (IVA no incluido, www.lasian.es), respectivamente.

Comentar que las calderas que garantizan una buena combustión de los pellets de paja y baja emisión de gases contaminantes presentan precios más elevado que para el resto de biomasa.

Según lo anterior, el mayor condicionante a la hora de instalar un sistema de calefacción por pellets es el coste de su caldera. No obstante, teniendo en cuenta los siguientes indicadores:

1. Coste de las instalaciones:

- Caldera de gasoil: 60.000 €
- Caldera de pellets: 119.000€ - 40% subvención (apartado 2.2. del anejo I de Situación actual) = 50.000 €

2. Coste del consumo anual de combustible:

- Pellets = 56.025 kg al año x 0,20 €/l = 11.205 €
- Gasoil = 18.180 kg al año x 0,93 €/l = 16.907 €

Se llega a la conclusión de que la adquisición de una caldera puede resultar hasta un 20% más económica y que el ahorro anual del uso de pellets frente al gasoil es de casi un 50%, por lo que la hace económicamente muy rentable.

MEMORIA

ANEJO IV: Impacto Ambiental

ÍNDICE ANEJO IV

1. IMPACTO AMBIENTAL	1
1.1. CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS	1
1.2. CONTAMINACIÓN POR EMISIONES GASEOSAS.....	1
1.3. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA	1
1.3.1. Fuentes de ruido.....	1
1.3.2. Medidas preventivas	2
1.4. IMPACTO POR LA RECOGIDA DE BIOMASA.....	3

1. IMPACTO AMBIENTAL

A continuación, se procederá a desarrollar los posibles impactos que puede causar la planta de peletizado y la instalación de la caldera de pellets en el invernadero.

1.1. CONTAMINACIÓN POR RESIDUOS SÓLIDOS

Los finos se recogen en la planta de peletizado son incorporados en la rosca de distribución, por lo que no hay emisiones ni pérdidas de material.

Respecto al invernadero, las cenizas no supondrán a priori un riesgo medioambiental, incluso se podría plantear su utilización como fertilizante en los propios invernaderos o en otros terrenos de cultivo, puesto que supone un aporte de fósforo y potasio adecuado para las plantas. Únicamente habría que realizar un aporte de nitrógeno adicional, que podría ser en forma de urea o de nitrato potásico, para conseguir el adecuado desarrollo de las plantas.

En caso de que las cenizas no sean demandadas por ningún cultivo, se depositarán en vertedero controlado.

1.2. CONTAMINACIÓN POR EMISIONES GASEOSAS

El gas producido en la planta de peletizado es aire y se expulsa libre de partículas nocivas.

Con respecto a la caldera del invernadero, la corriente de humos a la salida de la chimenea de la caldera contiene CO₂, CO y NO_x, ya que la concentración de SO₂ será despreciable, debido al poco contenido de azufre en los pellets. Las concentraciones de CO y de NO_x se podrán controlar sin más que garantizar que las condiciones de combustión sean las adecuadas.

1.3. CONTAMINACIÓN ACÚSTICA

En términos generales se considera como situación de confort la que no rebasa un nivel sonoro de 45 dB por el día. Por lo tanto, si se presenta un nivel superior será necesario la aplicación de medidas correctoras para llegar a estos niveles de estabilidad.

Las principales consecuencias de la contaminación acústica son la hipertensión arterial, aceleración del ritmo cardíaco (taquicardias), trastornos del ritmo respiratorio y disminución de la movilidad y de las secreciones del aparato digestivo.

1.3.1. Fuentes de ruido

Las principales fuentes de ruido existentes en la planta son:

- Funcionamiento de las soplantes de aire.
- Funcionamiento de los motores.
- Salida de vapores a través de venteos y válvulas de seguridad.

Las especificaciones de los equipos comerciales respecto a la reducción del nivel de ruido deben cumplir las normativas, tanto en cuestión de operarios como en cuestión medioambiental.

1.3.2. Medidas preventivas

Se pueden disminuir los niveles de ruido en la planta por medio de actuaciones sobre el factor técnico y sobre el factor humano.

Las actuaciones sobre el factor técnico se pueden resumir en las siguientes:

- Reducir el nivel sonoro de un aparato minimizando la propagación de vibraciones por el medio que lo sujeta. En el caso de un equipo con problemas de ruido, deberá estar montado sobre un bloque macizo de gran inercia y que esté apoyado sobre la superficie del suelo mediante dispositivos amortiguadores.
- Absorber la onda sonora ubicando los equipos con contaminación acústica en lugares cerrados con paredes sólidas recubiertas con aislantes acústicos, dispuestos en paneles, capaces de absorber parte de la onda sonora y disminuir su intensidad.

Las actuaciones sobre el factor humano se centran fundamentalmente en la recomendación de llevar a cabo la protección del oído mediante tapones u orejeras, en caso de que se trabaje cerca de los focos de ruido.

Se opta por la reducción del ruido en origen, aislando los dispositivos que lo producen, principalmente la trituradora, las soplantes y la turbina. Esta medida repercute en el coste inicial de la planta pero, a largo plazo, se verán sus beneficios ya que, con esta actuación, se consigue que los operarios trabajen más cómodamente en su trabajo mejorando de esta forma la ergonomía de la planta.

1.4. IMPACTO VISUAL.

El aspecto global de la planta de peletizado no es un factor que pueda modificarse excesivamente, a pesar de ello es necesario tenerlo en cuenta en la etapa de diseño, para minimizar el impacto visual de la planta.

El factor fundamental que influye en el impacto visual de la planta es el tamaño de los equipos. Los equipos que provocarán un mayor impacto visual serán, principalmente, la picadora, los ciclones, silo pulmón, filtros de mangas y el almacenamiento de los pellets, además del parque de combustible, que se encontrará en el interior de las naves, por lo que su impacto visual será inexistente. En el exterior de la Nave 2 saldrán: el panel de venteo del filtro, chimenea de la aspiración del molino, panel de venteo del silo pulmón, chimenea del filtro de aspiración del silo pulmón, chimenea del filtro de aspiración de la mezcladora, chimenea del filtro de aspiración del vapor de las granuladoras y chimenea de la aspiración del enfriador.

En cuando a la Nave 1, en el exterior se ubicará la báscula, y cuando sea necesario parte de las pacas de paja.

Además, para minimizar el impacto visual de la planta de forma global, a la vez que se potencia su integración medioambiental, se acondicionan los alrededores de la planta, creando un tránsito entre la zona de la planta y el entorno de la misma.

Con respecto al invernadero, la caldera se instalará en un espacio en el interior del invernadero habilitada para ella. En el exterior se ubicará el silo de pellets, con una altura de 6 m, sin que supere la altura del invernadero.

1.5. IMPACTO POR LA RECOGIDA DE BIOMASA.

Entre los beneficios medioambientales del uso energético de estos residuos agrícolas destaca, además de constituir un imperativo del cultivo, la disminución del riesgo de incendios ocasionados por quemas no controladas y la posible aparición de plagas.

A estas ventajas medioambientales del uso de residuos agrícolas con fines energéticos se une la reducción de las emisiones contaminantes, así como el balance nulo del CO₂ en el ciclo, como ya se ha mencionado con anterioridad.

No se ha detectado la creación de un impacto ambiental importante en las zonas ubicación de los almacenes intermedios y de la planta. Los almacenes consisten en construcciones de almacenamiento y gestión de la biomasa, y no constituyen un deterioro al medio ambiente, pues no produce ningún tipo de emisión.

La planta se ubicará en una zona industrial, por lo que el impacto sobre algún espacio natural queda eliminado. Las emisiones de CO₂ serán las únicas que se generan, pero no tendrá influencia en el entorno, pues el problema de las emisiones de gases de efecto invernadero ya ha quedado explicado en apartados iniciales del proyecto.

MEMORIA

ANEJO V: Instalación contra incendios

ÍNDICE ANEJO V

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. PUESTA EN MARCHA DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL	1
2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS.....	1
2.1.1. Su configuración y ubicación con relación a su entorno.....	2
2.1.2. Su nivel de riesgo intrínseco	2
2.2. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.	6
2.2.1. Materiales	6
2.3. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES.....	6
2.4. VENTILACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN EN LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES.....	7
2.5. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES	7
2.5.1. Sistemas automáticos de detección de incendio	7
2.5.2. Sistemas manuales de alarma de incendio	8
2.5.3. Extintores de incendio.....	8
2.6. ALUMBRADO DE EMERGENCIA	9
2.7. SEÑALIZACIÓN	10
2.8. PLANOS DE UBICACIÓN	10

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Coeficientes de peligrosidad por combustible (Ci).....	4
Tabla 2: densidad de la carga de fuego y nivel intrínseco de la Nave 1	4
Tabla 3: Nivel intrínseco del sector o área de incendio	5
Tabla 4: Nivel intrínseco de las Naves 1 y 2	5
Tabla 5: Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas	7
Tabla 6: Sistemas automáticos de detección de incendio para la Nave 1 y 2	8
Tabla 7: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A.....	9
Tabla 8: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A para la Nave 1 y 2.	9

1. INTRODUCCIÓN

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

El objeto es establecer y definir los requisitos que deben satisfacer y las condiciones que deben cumplir los establecimientos e instalaciones de uso industrial para su seguridad en caso de incendio, para prevenir su aparición y para dar la respuesta adecuada, en caso de producirse, limitar su propagación y posibilitar su extinción, con el fin de anular o reducir los daños o pérdidas que el incendio pueda producir a personas o bienes.

Este reglamento es de aplicación para el presente estudio conforme a lo siguiente:

Los establecimientos industriales de nueva construcción y los que cambien o modifiquen su actividad, se trasladen, se amplíen o se reformen, en la parte afectada por la ampliación o reforma, según lo recogido en la disposición transitoria única, requerirán la presentación de un proyecto, que podrá estar integrado en el proyecto general exigido por la legislación vigente para la obtención de los permisos y licencias preceptivas, o ser específico; en todo caso, deberá contener la documentación necesaria que justifique el cumplimiento de este reglamento.

Quedan excluidas del ámbito de aplicación de este reglamento las actividades en establecimientos o instalaciones nucleares, radiactivas, las de extracción de minerales, las actividades agropecuarias y las instalaciones para usos militares. Según esto, este reglamento sólo será de aplicación para la Nave 2. No obstante, en cada apartado se indicarán también las medidas que se consideran necesarias para la Nave 1.

2. PUESTA EN MARCHA DEL ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL

Para la puesta en marcha de los establecimientos industriales, se requiere la presentación, ante el órgano competente de la comunidad autónoma, de un certificado, emitido por un técnico titulado competente y visado por el colegio oficial correspondiente, en el que se ponga de manifiesto la adecuación de las instalaciones al proyecto y el cumplimiento de las condiciones técnicas y prescripciones reglamentarias que correspondan, para registrar la referida instalación.

En dicho certificado deberá figurar, además, el **nivel de riesgo intrínseco del establecimiento industrial, el número de sectores y el riesgo intrínseco de cada uno de ellos, así como las características constructivas** que justifiquen el cumplimiento de la normativa.

2.1. CARACTERIZACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES EN RELACIÓN CON LA SEGURIDAD CONTRA INCENDIOS

Se entiende por establecimiento el conjunto de edificios, edificio, zona de este, instalación o espacio abierto de uso industrial o almacén, destinado a ser utilizado bajo una titularidad diferenciada y cuyo proyecto de construcción o reforma, así como el inicio de la actividad prevista, sea objeto de control administrativo.

Los establecimientos industriales se caracterizarán por:

2.1.1. Su configuración y ubicación con relación a su entorno

Tipo A: el establecimiento industrial ocupa parcialmente un edificio que tiene, además, otros establecimientos, ya sean estos de uso industrial ya de otros usos.

Tipo B: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio que está adosado a otro u otros edificios, o a una distancia igual o inferior a tres metros de otro u otros edificios, de otro establecimiento, ya sean estos de uso industrial o bien de otros usos.

Tipo C: el establecimiento industrial ocupa totalmente un edificio, o varios, en su caso, que está a una distancia mayor de tres metros del edificio más próximo de otros establecimientos. Dicha distancia deberá estar libre de mercancías combustibles o elementos intermedios susceptibles de propagar el incendio.

Tipo D: el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto, que puede estar totalmente cubierto, alguna de cuyas fachadas carece totalmente de cerramiento lateral.

Tipo E: el establecimiento industrial ocupa un espacio abierto que puede estar parcialmente cubierto (hasta un 50 por ciento de su superficie), alguna de cuyas fachadas en la parte cubierta carece totalmente de cerramiento lateral.

Para el estudio que nos concierne, la Nave 2 presenta una configuración y ubicación respecto a su entorno de:

Nave 2 de Tipo C

2.1.2. Su nivel de riesgo intrínseco

Para los tipos A, B y C se considera «sector de incendio» el espacio del edificio cerrado por elementos resistentes al fuego durante el tiempo que se establezca en cada caso.

Según esto, la Nave 2 se considera de un único sector, presentando las siguientes zonas: oficinas, almacén, aseos, almacenamiento de pacas de paja, procesado de la paja y almacenamiento de pellets.

Para ver el nivel de riesgo de incendio en cada sector se evaluará calculando con la siguiente fórmula, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de dicho sector de incendio:

- a) **Actividades de producción, transformación, reparación o cualquier otra actividad distinta al almacenamiento**

$$Q_s = \frac{\sum_1^i q_{si} S_i C_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del sector o área de incendio (MJ/m² o Mcal/m²).

C_i = coeficiente adimensional que pondera el grado de peligrosidad (por la combustibilidad) de cada uno de los combustibles (i) que existen en el sector de incendio.

R_a = coeficiente adimensional que corrige el grado de peligrosidad (por la activación) inherente a la actividad industrial que se desarrolla en el sector de incendio, producción, montaje, transformación, reparación, almacenamiento, etc. Cuando existen varias actividades en el mismo sector, se tomará como factor de riesgo de activación (R_a) el inherente a la actividad de mayor riesgo de activación, siempre que dicha actividad ocupe al menos el 10 por ciento de la superficie del sector o área de incendio.

A = superficie construida del sector de incendio o superficie ocupada del área de incendio (m²).

q_{si} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferentes tipo de almacenamiento (i) existente en cada sector incendio (MJ/m³ o Mcal/m³).

S_i = superficie de cada zona con proceso diferente y densidad de carga de fuego (q_{si}) diferente (m²).

b) Para actividades de almacenamiento:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{vi} C_i h_i s_i}{A} R_a \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_s, C_i, R_a y A tienen el mismo significado que en el apartado anterior.

q_{vi} = carga de fuego, aportada por cada m³ de cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio, en MJ/m³ o Mcal/m³

h_i = altura del almacenamiento de cada uno de los combustibles (i) (m).

S_i = superficie ocupada en planta por cada zona con diferente tipo de almacenamiento (i) existente en el sector de incendio (m²).

Los grados de peligrosidad por combustión (C_i) están catalogados según la siguiente **Tabla 1:**

Tabla 1: Coeficientes de peligrosidad por combustible (Ci)

ALTA	MEDIA	BAJA
<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase A en la ITC MIE-APQ1*. - Sólidos capaces de iniciar su combustión a una temperatura inferior a 100 °C. - Productos que pueden formar mezclas explosivas con el aire a temperatura ambiente. - Productos que pueden iniciar combustión espontánea en el aire a temperatura ambiente. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como subclase B2 en la ITC MIE-APQ1. - Líquidos clasificados como clase C, en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura comprendida entre 100 °C y 200 °C. - Sólidos que emitan gases inflamables. 	<ul style="list-style-type: none"> - Líquidos clasificados como clase D en la ITC MIE-APQ1. - Sólidos que comienzan su ignición a una temperatura superior a 200 °C.
Ci = 1,60	Ci = 1,30	Ci = 1,00

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

*La ITC MIE-APQ1 se obtiene del Reglamento de almacenamiento de productos químicos, aprobado por el Decreto 379/2001, del 6 de abril.

Mediante las siguiente **Tabla 2** se muestran los parámetros aplicados para el cálculo de la densidad de carga del fuego y su nivel de riesgo intrínseco de la Nave 2.

Tabla 2: densidad de la carga de fuego y nivel intrínseco de la Naves 2

Sector o área de incendio	Zonas	S (m ²)	Ci	h	q _v * (MJ/m ²)	q _s (MJ/m ²)	A (m ²)	Ra*	Densidad de carga de fuego (MJ/m ²)
Nave 2	Oficina, aseos, almacén y cuarto de instalaciones	190	1	-	-	600	2.842	2	745,24
	Peletizadora	450	1	-	-	2.100			
	Almacenamiento de pellets	912	1	4,5	2.500	-		2	7.692,9
	Almacenamiento de paja	168	1	5	800	-			

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos de la tabla 1.2. del Anexo I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre

Para calcular el nivel intrínseco de las naves, aplicando el Reglamento, se evalúa mediante la siguiente fórmula, que determina la densidad de carga de fuego, ponderada y corregida.

$$Q_e = \frac{\sum_1^i Q_{si} A_i}{\sum_1^i A_i} \text{ (MJ/m}^2\text{) o (Mcal/m}^2\text{)}$$

Donde:

Q_e = densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, del edificio industrial en MJ/m² o Mcal/m².

Q_{si} = Densidad de carga de fuego, ponderada y corregida, de cada uno de los sectores de incendio (i), que componen el edificio industrial en MJ/m² o Mcal/m².

A_i = Superficie construida de cada uno de los sectores de incendio (i) que componen el edificio industrial en m².

Una vez calculada la densidad de carga de fuego ponderada, y corregida de un sector o área de incendio, (Q_s), se deducirá, mediante la siguiente **Tabla 3** el nivel de riesgo intrínseco del sector o área de incendio, del edificio industrial.

Tabla 3: Nivel intrínseco del sector o área de incendio

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m ²	MJ/m ²
BAJO	1	Q _s ≤ 100	Q _s ≤ 425
	2	100 < Q _s ≤ 200	425 < Q _s ≤ 850
MEDIO	3	200 < Q _s ≤ 300	850 < Q _s ≤ 1.275
	4	300 < Q _s ≤ 400	1.275 < Q _s ≤ 1.700
	5	400 < Q _s ≤ 800	1.700 < Q _s ≤ 3.400
ALTO	6	800 < Q _s ≤ 1.600	3.400 < Q _s ≤ 6.800
	7	1.600 < Q _s ≤ 3.200	6.800 < Q _s ≤ 13.600
	8	3.200 < Q _s	13600 < Q _s

Fuente: Tabla 1.3. del Anexo I del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

Tabla 4: Nivel intrínseco de la Naves 2

Sector o área de incendio	Q _e (MJ/m ²)	Nivel de riesgo intrínseco
Nave 2	3.091	MEDIO 5

Fuente: Elaboración propia

2.2. REQUISITOS CONSTRUCTIVOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES SEGÚN SU CONFIGURACIÓN, UBICACIÓN Y NIVEL DE RIESGO INTRINSECO.

2.2.1. Materiales

Las exigencias de comportamiento frente al fuego de los productos de construcción se definen determinando la clase que deben de alcanzar según la norma UNE-EN 13501-1 (materiales ya normalizados).

Las condiciones de reacción al fuego aplicable a los elementos constructivos se justificarán:

- a) En primer lugar, la nueva clasificación europea.
- b) En segundo lugar entre paréntesis, la clasificación que establece la norma UNE-23727.

Para este estudio, las naves presentan las siguientes características:

- El suelo es de losa de hormigón pulido de 20 cm de espesor, y el de las dependencias son de baldosa cerámica.
- El cerramiento es de fábrica de ladrillo hasta los 6 m, siendo el resto de carpintería metálica acristalada.
- El techo de las dependencias son de tablero y chapa engatillada.
- En cuanto a la estructura de la nave, está formada por pilares metálicos dos UPN 360 empresillados, de perfil HEB-240 y acero S-275 JO, con cerchas metálicas.

Todos los materiales usados se pueden clasificar como clase M0 (no combustible) o M1 (combustible no inflamable), siendo el exigido para este caso M2 (grado de inflamabilidad moderado).

Los materiales con lo que está hecha la instalación eléctrica son de cobre los conductores y los tubos de PVC aislado, rígido y normal. Siendo estos materiales clasificados como M1.

2.3. EVACUACIÓN DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Para el cálculo de las exigencias relativas a la evacuación de los establecimientos industriales, se determinará la ocupación de los mismos, P, mediante la siguiente fórmula:

$$p = 1,10 p, \text{ cuando } p < 100$$

Donde p es el número de personas que ocupa el sector de incendio, de acuerdo con la documentación laboral que legalice el funcionamiento de la actividad.

$$\text{Así pues } p = 1,10 \times 3 = 3,30$$

Las distancias máximas de los recorridos de evacuación de los sectores de incendio de los establecimientos industriales no superarán los valores indicados en el siguiente cuadro y prevalecerán sobre las establecidas en el artículo 7.2 de la NBE/CPI/96:

Tabla 5: Longitud del recorrido de evacuación según el número de salidas

Riesgo	1 salida recorrido único	2 salidas alternativas
Bajo *	35 ** m	50 m
Medio	25 *** m	50 m
Alto	-	25 m

Fuente: apartado 6.3.2. del Anexo III del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre

* Para actividades de producción o almacenamiento clasificadas como riesgo bajo nivel 1, en las que justifique que los materiales implicados sean exclusivamente de clase A y los productos de construcción incluidos los revestimientos, sean igualmente de clase A, podrá aumentarse la distancia máxima recorridos de evacuación hasta 100 m.

** La distancia se podrá aumentar a 50 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

*** La distancia se podrá aumentar a 35 m si la ocupación es inferior a 25 personas.

Para la Nave 2, de riesgo medio, presenta 4 salidas, y se establece un recorrido máximo de 25 m.

El recorrido de evacuación se mostrará en el Documento 2 de Planos.

Para la Nave 1 no se considera recorrido de evacuación ya que toda su superficie se utilizará como almacén.

2.4. VENTILACIÓN DE HUMOS Y GASES DE LA COMBUSTIÓN EN LOS EDIFICIOS INDUSTRIALES

La Nave 2 al tener un nivel de riesgo intrínseco medio y la planta estar situada sobre rasante, la ventilación será de manera natural mediante las ventanas y puertas de salida.

Para la Nave 1, al ser utilizada sólo de almacenamiento y no generarse ningún tipo de gas la ventilación también se realizará de forma natural

2.5. REQUISITOS DE LAS INSTALACIONES DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS DE LOS ESTABLECIMIENTOS INDUSTRIALES

Todos los aparatos, equipos, sistemas y componentes de las instalaciones de protección contra incendios de los establecimientos industriales, así como el diseño, la ejecución, la puesta en funcionamiento y el mantenimiento de sus instalaciones, cumplirán lo preceptuado en el Reglamento de instalaciones de protección contra incendios, aprobado por el Real Decreto 1942/1993, de 5 de noviembre, y en la Orden de 16 de abril de 1998, sobre normas de procedimiento y desarrollo de aquél.

2.5.1. Sistemas automáticos de detección de incendio

Se establecerá la necesidad o no de instalar sistemas automáticos de detección de incendios para los diferentes sectores del estudio en función de configuración y nivel de riesgo intrínseco y la superficie máxima sin instalación.

Tabla 6: Sistemas automáticos de detección de incendio para la Nave 2

Áreas	A (m ²)	Configuración y nivel de riesgo intrínseco	Superficie máxima sin instalación* (m ²)	Instalación obligatoria
Nave 2	2.842	C – Medio 5	≥ 3.000	No

Fuente: Elaboración propia a partir de los datos obtenidos del apartado 3 del Anexo III del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

Teniendo en cuenta que la Nave 1 tiene un riesgo alto de incendio, con el fin de proteger a los trabajadores, se instalará un sistema de detección de incendios conforme a la Norma UNE 23007-14:2004 de forma que cada detector cubra una superficie de 78 m².

Según esto, será necesario instalar un total de 27 sensores.

2.5.2. Sistemas manuales de alarma de incendio

Los sistemas manuales de alarma contra incendio serán necesarios en todos los sectores en los que no exista un sistema automático de detección de incendio.

Se situará, un pulsador junto a cada salida de evacuación del sector de incendio, y la distancia máxima a recorrer desde cualquier punto hasta alcanzar un pulsador no debe superar los 25 m. Por lo que, se instalarán 7 pulsadores en la Nave 2.

2.5.3. Extintores de incendio

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

Para el cálculo de extintores, será necesario conocer los siguientes parámetros: tipo de combustible, eficacia mínima del extintor, nivel de riesgo intrínseco y el área del sector incendio de cada zona.

El tipo de fuego que se puede generar en la nave, dependerá del tipo de combustible que contiene:

- Clase A → Fuego procedente de sólidos como maderas, plásticos, carbón, etc.
- Clase B → Fuegos procedente de líquido como gasolina, pinturas, disolventes, etc.
- Clase C → Fuegos procedente de gases como butano, gas natural, propano, etc.
- Clase D → Fuegos procedentes de metales pesados como sodio, potasio, etc.

Según la anterior clasificación, el fuego que se puede producir en la planta va a ser de tipo A, por lo que la determinación de la dotación de extintores se registrará por la siguiente **Tabla 7**:

Tabla 7: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A

Grado de riesgo intrínseco del sector de incendio	Eficacia mínima del extintor	Área máxima protegida del sector de incendio
Bajo	21 A	Hasta 600 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
Medio	21 A	Hasta 400 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)
Alto	34 A	Hasta 300 m ² (un extintor más por cada 200 m ² , o fracción, en exceso)

Fuente: Tabla 3.1. del Real Decreto 2267/2004, de 3 de diciembre.

Tabla 8: Determinación de la dotación de extintores portátiles en sectores de incendio con carga de fuego aportada por combustibles de clase A para la Nave 2.

Áreas	A (m ²)	Configuración y nivel de riesgo intrínseco	Extintores necesarios*
Nave 2	2.842	C – Medio 5	13

Fuente. Elaboración propia

Los extintores serán distribuidos por todas las dependencias de las nave.

El emplazamiento de los extintores tiene que estar disponible a 15 metros de donde haya puntos donde se estime que hay más posibilidad de iniciarse un incendio, tiene que estar visibles, accesible y a una altura de 1,30 m.

Para la Nave 1, teniendo en cuenta que la nave se llenará casi en su totalidad, se instalarán 6 extintores, 2 en la parte trasera, 4 en la delantera y uno en la zona de oficina.

Teniendo catalogado el tipo de fuego de la nave como A, los extintores serán de polvo ABC (polivalente). Este tipo de agente extintor se impulsa mediante presión del gas CO₂ comprimido en una botella y actúa o bien sobre las llamas por catálisis negativa o sobre las brasas por refrigeración y por la formación de una capa aislante e ignífuga.

Cada 5 años los extintores deben de ser revisado, y a los 20 deben de cambiarse.

2.6. ALUMBRADO DE EMERGENCIA

Las naves disponen de un sistema de alumbrado de emergencia que es fija con una fuente de energía propia y que entra automáticamente en funcionamiento si se produce un fallo del 70% de la tensión nominal de servicio.

Una vez que entra en funcionamiento es capaz de mantener las condiciones de servicio durante una hora mínima desde que se produce el fallo.

Tiene una iluminación de 5 lux en el nivel del suelo en los recorridos de evacuación, la iluminación es uniforme siendo el cociente entre la máxima y mínima menor de 40.

2.7. SEÑALIZACIÓN

Se procederá a la señalización de salidas de uso habitual o de emergencia mediante las normas UNE 23033, UNE 23034 y UNE 23035, señalizándose las salidas de emergencia y de uso habitual, y los medios de protección contra incendios.

2.8. PLANOS DE UBICACIÓN

Los planos de ubicación de todos los elementos contra incendios y de los recorridos de evacuación se representarán en el documento II de Planos.

MEMORIA

ANEJO VI: Valorización energética

ÍNDICE ANEJO VI

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL BALANCE.....	1
2.1. CONSIDERACIONES GENERALES.....	2
2.2. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO.....	2
2.2.1. Subsistema de trabajos en campo.....	2
2.2.2. Subsistema del transporte.....	3
2.2.3. Subsistema de transformación.....	3
3. RESULTADOS DEL BALANCE ENERGÉTICO.....	3
3.1. REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DE LAS LABORES AGRÍCOLAS MECANIZADAS ..	3
3.2. SUBSISTEMA TRANSPORTE: REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS PARA EL TRANSPORTE DE LA BIOMASA A LA PLANTA PELETIZADORA.....	5
3.3. SUBSISTEMA TRANSFORMACIÓN: REQUERIMIENTO ENERGÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS DE PAJA DE CEREAL.....	5
3.4. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL UTILIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS A PARTIR DE LA PAJA DE CEREAL: SÍNTESIS DE RESULTADOS.....	6
4. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLETS.....	6
5. CONCLUSIONES.....	7

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1: Itinerario técnico de las labores agrícolas.....	2
Tabla 2: Itinerario técnico de las labores agrícolas.....	3
Tabla 3: Energía requerida para realizar el itinerario de las labores agrícolas.....	4
Tabla 4: Energía requerida para los desplazamientos de maquinaria.....	4
Tabla 5: Energía requerida para el transporte de la biomasa hasta la planta de peletizado ...	5
Tabla 6: Energía requerida para la producción de pellets.....	5
Tabla 7: Aportes energéticos totales para la producción de pellets de biomasa procedente.	6
Tabla 8: Eficiencia energética del proceso de producción de pellets.....	6

1. INTRODUCCIÓN

La utilización del pellets de paja en un invernadero, se presenta como una forma de cultivo sostenible en la que los gases emitidos por la combustión no alteran el equilibrio de concentración de carbono atmosférico, ya que provienen del carbono retirado de la atmósfera en el mismo ciclo biológico a través de la fotosíntesis de las plantas, además de dar un uso al residuo generado en la combustión como fertilizante al suelo.

No obstante, es muy importante analizar todos los efectos ambientales derivados de su proceso de cultivo y de los consumos energéticos necesarios para su realización, así como las emisiones y residuos generados en dicho proceso y los efectos ambientales debidos a la finalización del ciclo de vida del cultivo. En este sentido, es crucial la existencia de un balance energético positivo y un balance de emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) negativo. Esto quiere decir, por un lado, que la energía neta contenida en el biocombustible obtenido de la biomasa resulte superior a la energía primaria gastada en todo el proceso productivo (incluido el cultivo y la obtención del biocombustible); y por otro, que las emisiones de los principales GEI generadas por dichos procesos sean inferiores a las generadas por los combustibles fósiles que pretenden sustituir.

2. OBJETIVOS Y ESTRUCTURA DEL BALANCE

El objetivo es estudiar el balance energético de la producción de pellets a partir de la paja de cereal teniendo en cuenta el ciclo completo del proceso: recogida y empaquetado, transporte a la planta de peletizado y transformación. Como objetivos específicos cabe mencionar los siguientes:

- Identificar y cuantificar las entradas y salidas de energía primaria de los diferentes procesos que componen el sistema considerado.
- Identificar los procesos que demandan un mayor consumo de energía primaria.
- Analizar si el proceso en su conjunto es energéticamente eficiente.

Para responder a los objetivos mencionados se ha estructurado el estudio en cuatro apartados. En el primero, se expone un conjunto de consideraciones que se han tenido en cuenta en el análisis a la vez que se delimitan los subsistemas estudiados que son: el empaquetado de la paja, transporte de la biomasa a la planta peletizadora y transformación de ésta en pellets. Posteriormente se presentan los resultados obtenidos para cada uno de los tres subsistemas. Analizados los resultados, se determina la eficiencia energética del proceso completo, para lo que se calcula el balance energético del proceso considerado definido como la relación entre la energía contenida en el producto obtenido y la energía total invertida en su producción. Finalmente, se presentan las conclusiones (Secretaría General de Agricultura, Ganadería y Desarrollo Rural. Junta de Andalucía, 2009).

2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

A continuación se exponen una serie de consideraciones que se han tenido en cuenta en el análisis del balance energético de la producción de pellets a partir de paja de cereal.

Primeramente se establece un **rendimiento por hectárea**. Teniendo en cuenta el dato de partida de 1,5 toneladas, estimado en el apartado 2.1.1. del anejo II de Ingeniería del Proceso, para determinar la superficie de recogida y su potencial energético se consideró para el año más desfavorable, en este caso ya no va a tener sentido ya que la maquinaria y consumo para realizar los cálculos será sobre un valor medio de producción, siendo según los datos de dicho apartado, de un valor medio de **2,5 t/ha**. A partir de dicho rendimiento, se realizará el balance para estimar la eficiencia energética de la producción de pellets de paja. La conversión del consumo de energía primaria en MJ/ha a MJ/t de biomasa, se ha llevado a cabo teniendo en cuenta este rendimiento.

2.2. DELIMITACIÓN DEL SISTEMA DE ESTUDIO

Para la valorización energética de este estudio, primeramente se procede a subdividir los trabajos que lo componen en subsistemas:

2.2.1. Subsistema de trabajos en campo

Para la estimación de los requerimientos energéticos de la recogida y empaqueo de la paja, primeramente se establecerá un itinerario técnico basado en las labores a realizar:

Tabla 1: Itinerario técnico de las labores agrícolas

Labor	Maquinaria	Nº de pases
Hilerado + Empacado	Hilerador de 10 m + Macroempacadora de pacas prismáticas 3.000 kg/ha + tractor 200 CV	1
Recogida de pacas en campo	Autocargador 3.000 kg/ha * tractor de 150 CV	1

Fuente: Elaboración propia

Definidas las labores agrícolas, la fase siguiente consiste en establecer los consumos energéticos que implican, expresados en megajulios por hectárea y megajulios por tonelada de biomasa. La energía invertida en cada labor agrícola mecanizada se ha calculado en base al consumo de carburante que requiere (www.mapa.gob.es/consulta de hojas de cálculo de costes de maquinaria). Para su transformación en términos energéticos, se ha considerado que **1 litro de gasóleo libera 36,61 MJ** (IEA, 2007).

2.2.2. Subsistema del transporte

Respecto al transporte, se ha considerado lo siguiente:

Tabla 2: Itinerario técnico de las labores agrícolas

Labor	Maquinaria	Nº de pases
Autocargador	2.500 kg/ha + tractor de 150 kW	1
Cargadora telescópica + Transporte	4,5 m de altura + plataforma de 10 x 2,5 m ²	1

Fuente: Elaboración propia

2.2.3. Subsistema de transformación

Los gastos energéticos realizados en el proceso de peletizado se han considerado en su conjunto, como el consumo energético que supone toda la transformación teniendo en cuenta los datos ofrecidos por el fabricante.

3. RESULTADOS DEL BALANCE ENERGÉTICO

3.1. REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS DE LAS LABORES AGRÍCOLAS MECANIZADAS

En la siguiente **Tabla 3** se muestra la cantidad de energía primaria que se requiere para el empaquetado de la paja de cereal, teniendo en cuenta las consideraciones anteriores y los litros de combustible consumidos por la maquinaria, obtenidos a partir de las consultas de hojas de cálculo de costes de maquinaria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

Tabla 3: Energía requerida para realizar el itinerario de las labores agrícolas

Labor	Maquinaria	L (gasóleo/ha)	MJ/ha	MJ/t biomasa
Hilerado + Empacado	Hilerador de 10 m + Macroempacadora de pacas prismáticas 3.000 kg/ha + tractor 200 CV	9	329,49	131,79
Recogida de pacas en campo	Remolque autocargador 2.500 kg/ha + tractor de 150 CV	8,7	318,42	127,37
			Total	259,16

Fuente: Elaboración propia

Teniendo en cuenta que el estudio contempla 3.000 toneladas, el resultado total de la energía requerida en Megajulios es de:

$$259,16 \text{ MJ/t biomasa} \times 3.000 \text{ t} = 777.498 \text{ MJ}$$

Posteriormente, se procede a calcular el consumo del recorrido desde el almacén donde se localiza la maquinaria agrícola hasta la parcela donde se van a hacer las labores, considerándose una distancia media “rentable” de 2 kilómetros (ida y vuelta) para las 3.000 toneladas del estudio.

Tabla 4: Energía requerida para los desplazamientos de maquinaria agrícola desde el almacén a campo.

Días de trabajo (16 h/día)	Distancia almacén parcela (km)	Consumo de gasóleo (L/km)	Consumo de gasóleo (L)	MJ	MJ/t
64	2	0,4	51,2	1.874,43	0,62

Fuente: Elaboración propia

3.2. SUBSISTEMA TRANSPORTE: REQUERIMIENTOS ENERGÉTICOS PARA EL TRANSPORTE DE LA BIOMASA A LA PLANTA PELETIZADORA

Para el cálculo de los requerimientos energéticos del transporte de biomasa a la planta de peletizado, se parte primeramente de los datos de los consumos en función de si el camión circula cargado o descargado, el número de viajes y toneladas que transporta por cada viaje, y la distancia considerada en pista que figuran en el apartado 4 del anejo II de Ingeniería del Proceso.

Posteriormente, se ha considerado que consumo del camión será diferente si está cargado o descargado. Estos valores, basados en la experiencia, se fijan en **24 l/100 km** cuando el camión está **descargado** y en **38 l/100 km** cuando está **cargado**.

Tabla 5: Energía requerida para el transporte de la biomasa hasta la planta de peletizado

Municipio	Nº de viajes	Distancia carretera (km)	Distancia pista (km)	Consumo de gasóleo cargado/ descargado (L/km)	Consumo de gasóleo total (L)	MJ/t
San Cristobal de Entreviñas	36	7,5	0,5	0,52	149,76	34,61
				0,35	100,8	
Fuentes de Ropel	37	9		0,52	182,78	
				0,35	123,02	
Castrogonzalo	71	14		0,52	535,34	
				0,35	360,32	
Villalobos	74	21		0,52	827,32	
				0,35	556,85	

Fuente: Elaboración propia

3.3. SUBSISTEMA TRANSFORMACIÓN: REQUERIMIENTO ENERGÉTICOS PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS DE PAJA DE CEREAL

Para el cálculo de este apartado, se tendrá en cuenta que el proceso de peletizado consume 700 kW/h para 2,5 toneladas de biomasa (www.Afau.es).

Para su transformación en términos energéticos, se ha considerado que 1 kW libera 3,6 MJ.

Tabla 6: Energía requerida para la producción de pellets

Proceso	Consumo energético (kW/t)	MJ/t biomasa
Peletizado	280	1.008

Fuente: Elaboración propia

3.4. ENERGÍA PRIMARIA TOTAL UTILIZADA PARA LA PRODUCCIÓN DE PELLETS A PARTIR DE LA PAJA DE CEREAL: SÍNTESIS DE RESULTADOS

En la siguiente tabla se sintetizan todos los aportes energéticos necesarios para la producción de pellets de biomasa procedente de la paja, asignadas en función de cada subsistema.

Tabla 7: Aportes energéticos totales para la producción de pellets de biomasa procedente de cardo durante su ciclo completo de cultivo.

Subsistema	MJ/t biomasa	Contribución respecto al total (%)
Labores de campo + desplazamientos de maquinaria agrícola	259,16	20%
Transporte	34,61	3%
Transformación	1.008	77%

Fuente: Elaboración propia

El proceso productivo de pellets (subsistema **transformación**) es la actividad que mayor energía requiere en el sistema. En concreto, supone el 77% de la energía total consumida. Respecto a los restantes subsistemas, **las labores de campo y transporte**, cabe indicar que suponen el 20% y 3% de la energía primaria total respectivamente.

4. EFICIENCIA ENERGÉTICA DE LA PRODUCCIÓN DE PELLETS

Tras la estimación del consumo energético de las etapas que integran el proceso de producción de pellets de biomasa de paja, a continuación se presentan los resultados obtenidos del análisis de la eficiencia energética del sistema considerado (balance energético), calculada como la relación entre la energía producida y la consumida. Asimismo, se ha calculado la producción neta de energía, restando la energía consumida a la producida por el sistema.

Tabla 8: Eficiencia energética del proceso de producción de pellets

Energía consumida por el procesado (MJ/t)	Energía producida por los pellets* (MJ/t)	Energía neta (MJ)
1.301,77	13.790	12.208
Valorización energética del proceso (balance energético)		
9,4		

Fuente: Elaboración propia

*Se ha considerado que el poder calorífico del pellet es de 3.300 kcal/kg.

5. CONCLUSIONES

El balance energético de la producción de pellets resulta positivo, obteniéndose prácticamente nueve veces más energía que la invertida en su recogida, empaçado, transporte y transformación. Así, la producción neta de energía por año es en torno a los 12.000 MJ/t biomasa.

Respecto a los requerimientos energéticos del sistema considerado, cabe destacar que es la producción de pellets el proceso con mayores requerimientos energéticos (subsistema transformación). En concreto, supone el 75% del consumo de energía del sistema considerado.

Cabe indicar que el análisis se ha realizado estableciendo un escenario hipotético en el que no se han considerado rendimientos máximos que este cultivo puede alcanzar en determinadas condiciones y entornos. Asimismo, los requerimientos energéticos del proceso de peletización pueden verse reducidos con la utilización técnicas y procesos energéticamente más eficientes, como por ejemplo, el uso de energía solar, que empleen una menor cantidad de energía, y que mejoraría el balance energético del sistema estudiado. Teniendo en cuenta estos dos factores, el balance energético y la eficiencia energética del proceso analizado podrían dar un resultado más positivo, si cabe, del que se recoge en el presente documento.

MEMORIA

ANEJO VII: Estudio Económico

ÍNDICE ANEJO VII

1. INTRODUCCIÓN.....	1
2. CRITERIOS DE RENTABILIDAD	1
3. DESCRIPCIÓN DE LA INVERSIÓN	2
4. INGRESOS	4
4.1. COBROS ORDINARIOS	4
4.1.1. Venta de pellets.....	4
4.1.2. Ayudas	5
5. PAGOS	6
5.1. PAGO ORDINARIOS	6
5.1.1. Pagos de recogida de paja.....	6
5.1.2. Pagos del transporte de las pacas a la Nave 1	7
5.1.3. Pagos de producción de pellets.....	8
5.1.4. Pagos extraordinarios.....	9
6. TASAS DE ACTUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD.....	9
6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS.....	11

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Presupuesto del estudio.....	2
Tabla 2: Pagos de recogida de paja	7
Tabla 3: Pagos de transporte de paja.....	7
Tabla 4: Pagos de producción de pellets.....	8
Tabla 5: Resumen detallado de pagos extraordinarios	9
Tabla 6: Inflación de España en el periodo de 2009 a 2018	9
Tabla 7: Serie histórica de precios recibidos por los agricultores	10
Tabla 8: Serie histórica del índice de precios pagados por los agricultores	10
Tabla 9: Estructura de los flujos de caja (en unidades monetarias corrientes).....	12

Tabla 10: Tasa interna de rendimiento % (TIR) = 14,33..... 13
Tabla 11: Análisis de sensibilidad (tasa de actualización para el análisis = 5)..... 14

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Valor de los flujos anuales..... 12

1. INTRODUCCIÓN

El estudio económico tiene como objetivo analizar la rentabilidad un proyecto en función de la inversión realizada. Para ello, los parámetros que se tendrán en cuenta serán los siguientes:

Pago de la inversión (K): corresponde con el número de unidades monetarias que el inversor debe desembolsar para realizar la puesta en marcha del proyecto.

Vida útil del proyecto (n): número de años estimados durante los cuales la inversión genera rendimientos. Se estima una duración de 20 años dada la vida útil de los inmovilizados del proyecto.

Flujo de caja (R_i): el resultado de efectuar la diferencia entre los cobros y los pagos, ya sean estos ordinarios o extraordinarios, en cada uno de los años de vida del proyecto.

2. CRITERIOS DE RENTABILIDAD

Los criterios de rentabilidad son los parámetros utilizados para la valoración de una manera objetiva la viabilidad del estudio económico de un proyecto. Estos parámetros son los siguientes:

Valor actual neto (VAN): indica la ganancia o la rentabilidad neta generada por el proyecto. Se puede describir como la diferencia entre lo que el inversor dedica a la inversión (K) y lo que la inversión devuelve al inversor (R_i). Cuando un proyecto tiene un VAN mayor que cero, se dice que para el interés elegido (i) el proyecto resulta viable desde el punto de vista financiero. Se calcula mediante la expresión:

$$VAN = -K + R_i \cdot \frac{(1+i)^n - 1}{i \cdot (1+i)^n}$$

Relación beneficio / inversión (Q): mide el cociente entre el VAN y la inversión realizada (K), es decir, indica la ganancia neta generada por el proyecto por cada unidad monetaria invertida. Cuanto mayor sea este valor, más favorable será la rentabilidad de la inversión.

$$Q = \frac{VAN}{K}$$

Plazo de recuperación: el número de años que deben transcurrir entre el inicio del proyecto, hasta que la suma de los cobros actualizados se hace exactamente igual a la suma de los pagos actualizados. La inversión es más interesante cuanto más reducido sea su plazo de recuperación.

Tasa interna de rendimiento (TIR): el tipo de interés al cual el VAN se hace nulo. Para que la inversión sea rentable, este valor debe de ser mayor al tipo de interés del mercado.

Análisis de sensibilidad: es un tipo de técnica que se utiliza para poder estudiar posibles variaciones de los elementos que determinan una inversión (TIR, VAN, etc.). Se aplica para poder determinar un orden de preferencia entre varios tipos de inversiones.

3. DESCRIPCIÓN DE LA INVERSIÓN

La inversión inicial tendrá en cuenta el coste de la adquisición e instalación de la maquinaria requerida y honorarios de realización del proyecto. Los costes iniciales de realización del proyecto serán los siguientes:

Tabla 1: Presupuesto del estudio

Designación	Detalle	Uds	Importe (€)	Importe total (€)
Instalación contra incendios	Detector humos analógico provisto de unidad microprocesada, niveles de alarma, salida de alarma remota, sistema de identificación individual y autochequeo, incluso montaje en zócalo convencional. Desarrollado según Norma UNE EN54-5. Medida la unidad instalada.	27	81,78	2.208
	Pulsador de alarma rearmable color rojo. Incluye tapa de protección y diodo zenner (permite su identificación por la central). Diseñado para montaje en superficie o empotrado y gran facilidad para conexión y mantenimiento. Rotulado pictogramas estándar. Incluye llave de reposición. Medidas: 110 x 105 x 63 mm. Certificado EN 54-11-2001.	7	38,31	268,17
	Ud Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa, de eficacia 34A, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y manguera con difusor, según Norma UNE, certificado AENOR. Medida la unidad instalada.	7	71,01	497,07
	Ud Extintor de polvo químico ABC polivalente antibrasa, de eficacia 21A, de 6 kg. de agente extintor, con soporte, manómetro comprobable y manguera con difusor, según Norma UNE, certificado AENOR. Medida la unidad instalada.	13	60,40	785
	Señalización de equipos contra incendios fotoluminiscente, de riesgo diverso, evacuación y salvamento, en poliestireno de 1,5 mm, de dimensiones 210x297 mm. Medida la unidad instalada.	38	4,40	198
Maquinaria	Cargadora telescópica de 55 kW, altura máxima de carga 4,5 m, peso 5.800 kg, dimensiones 2 m x 2,7 m x 6 m y carga máxima de 3.500 kg. Incluye cuchara de 0,95 m ³ , horquilla	1	32.000	32.000

Designación	Detalle	Uds .	Importe (€)	Importe total (€)
	portapalets, horquill <hr/> a paquetes, enganche trasero y amontonador de hasta 3 m.			
	Báscula de pesaje de dimensiones (3 m x 18 m), carga máxima de hasta 60.000 kg, incluye sistema de medición electrónico, proyectores laterales, rampas de acceso (pendiente de 10 %) y potencia de 0,5 kW, incluye instalación.	1	4.000	4.000
	Camión neumático de 10.000 kg de carga que permite la carga y descarga mediante mangueras (segunda mano).	1	20.000	20.000
Peletizadora	Picadora rotativa AFAU modelo PC-2000, filtro de mangas F3-15, aspirador T-7 y rosca salida picadora PC-2000 accionada por motorreductor (más conexiones).	1	76.624	76.624
	Rampa de alimentación, molino de martillos AFAU, Filtro AAFSA Fabri-Pulse, Transportador de rosca, Aspirador PAF-3600, rosca general de harinas, elevador de cangilones, silo pulmón de 30 m ³ , chimenea aspirador (más conexiones)	1	201.102	201.102
	Mezcladora horizontal MH-5000, Filtro de mangas F3-15, aspirador T-7, Alimentador-Acondicionador CPM, Granuladora CPM modelo 7122, 6 Matrices D.6 CPM 712 , Transportador de cadena para gránulo modelo redler, 2 Filtros de mangas F3-4, Aspirador T-7, elevador de cangilones, Plataforma de elevador (más conexiones)	1	330.719	330.719
	Enfriador de gránulos vertical a contracorriente GEELEN modelo 19x19, ciclón, aspirador, tamiz rotativo y cinta transportadora.	1	81.784	81.784
Equipo de laboratorio	Medidor de humedad y proteína	1	1.200	1.200
Equipo de oficina	Ordenador	2	800	1.600

Presupuesto de ejecución material	753.482
16% de gastos generales	120.557,12
6% de beneficio industrial	45.208,92
Presupuesto de ejecución por contrata (PEC = PEM + GG + BI)	919.248,04
IVA 21%	193042,08
Presupuesto de ejecución por contrata con IVA (PEC = PEM + GG + BI +	1.112.290,12

IVA)	15.069,64
Honorarios por redacción del proyecto (2% PEM)	3.164,62
IVA 21%	18.234,26
TOTAL DEL PRESUPUESTO GENERAL (con IVA)	1.130.524,26
TOTAL DEL PRESUPUESTO GENERAL (SIN IVA)	934.317,68

Fuente: Elaboración propia

El coste total inicial del estudio es de 1.130.524,26 euros, aunque teniendo en cuenta que el IVA es un concepto deducible, se considera el coste total del proyecto sin IVA, en cuyo caso es de 934.317,68 euros.

Un dato importante a la hora de la realización del estudio económico es la vida útil de las instalaciones, maquinaria y edificaciones. Se estima que la vida útil del proyecto será de 20 años.

4. INGRESOS

Los ingresos del presente estudio serán los correspondientes a la venta de los pellets de paja producidos en la industria (cobros ordinarios) y las ayudas o diversas subvenciones que puedan servir de apoyo para la industria.

4.1. COBROS ORDINARIOS

4.1.1. Venta de pellets

Los cobros ordinarios de la venta de pellets corresponderán con la comercialización total anual del producto procesado por la planta. Se considera un precio medio del pellets de paja de los últimos 5 años (según Avebiom), servidos a granel de 0,20 €/kg.

La cantidad de producto para su venta ha sido calculado en el apartado 7 del anejo II de Ingeniería del Proceso, con una producción de la industria el primer y segundo año de 2.790.000 kg.

Según los cálculos de almacenamiento y peletizado realizados en dicho anejo, se comprueba que las instalaciones de almacenamiento están sobredimensionadas, siendo el proceso de peletizado el que va marcar la cantidad y ritmo de producción (2.500 kg/hora).

Dicho esto, se considera ir progresivamente ampliando la producción (en función de la demanda) variando el turno de trabajo que pasaría de 8 a 12 horas, y los meses de producción, de mediados de septiembre hasta mediados de junio (de 7,5 meses a 8,5), incrementando así en un 30% la producción.

Por lo que se estima que el año 1 y 2 produce el 70 % de su capacidad, el año 3 y 4 el 85 % y a partir del año 5, y en adelante, el 100 % de su capacidad.

Definidos el precio medio del producto a comercializar, y la cantidad del producto del que se dispone anualmente, se estiman que los cobros ordinarios por la venta de pellets serán los siguientes:

$$\text{Cobros}_{\text{pellets}} = 2.790.000 \text{ kg} \times 0,20 \text{ €/kg} = 558.000 \text{ € año 1 y 2}$$

$$\text{Cobros}_{\text{pellets}} = 2.790.000 \text{ kg} \times 0,20 \text{ €/kg} \times 1,15 = 641.700 \text{ € año 3 y 4}$$

$$\text{Cobros}_{\text{pellets}} = 2.790.000 \text{ kg} \times 0,20 \text{ €/kg} \times 1,30 = 725.400 \text{ € año 5}$$

4.1.2. Ayudas

Las ayudas de las que se podrá disponer serán las del Centro de Desarrollo Tecnológico Industrial, CDTI, junto con las del Fondo Europeo de Desarrollo Regional, FEDER, dirigidas a actividades muy cercanas al mercado, con riesgo tecnológico medio/bajo, que consigan mejorar la competitividad de la empresa mediante la incorporación de tecnologías emergentes en el sector.

Estas ayudas se ajustarán a lo establecido en el Reglamento (UE) Nº 1407/2013 de la Comisión, de 18 de diciembre de 2013, relativo a la aplicación de los artículos 107 y 108 del Tratado de Funcionamiento de la Unión Europea a las ayudas de minimis.

La ayuda consistirá en:

- fondos CDTI: 2% (tramo no reembolsable)
- fondos FEDER: 5% (tramo no reembolsable)
- financiación del 85% con un tipo de interés fijo de en función del periodo de amortización elegido:
 - o Amortización a 3 años: Euribor a un año +0,2%.
 - o Amortización a 5 años: Euribor a un año +1,2%.
- Carencia: 1 año desde la finalización del proyecto.

Según lo anterior:

$$\text{Financiación externa del proyecto} = 934.317,68 \text{ €} \times 0,85 = 794.170,02 \text{ €}$$

$$\text{Cobros proyecto} = 794.170,02 \text{ €} \times 0,07 = 55.591,90 \text{ €}$$

$$\text{Financiación externa del proyecto final} = 794.170,02 \text{ €} - 55.591,90 \text{ €} = 738.578,12 \text{ €}$$

$$\text{El promotor aportará de capital propio} = 934.317,68 \text{ €} \times 0,15 = 140.147,65 \text{ €}$$

Para el programa Valproin se optará por una amortización a 5 años y como dato del Euribor se ha estimado un promedio de 2,5 % para los 5 años.

5. PAGOS

Los pagos correspondientes al presente proyecto podrán ser de dos tipos: pagos ordinarios y pagos extraordinarios. En este apartado se reflejarán todos los pagos que deberá de hacer la planta de peletizado durante su vida útil (20 años). Estos pueden venir a razón del consumo eléctrico, realización de las labores de recogida de paja y transporte de pacas, seguros e impuestos, mano de obra, mantenimiento, repuestos, etc.

El gasto inicial de la industria de peletizado de paja es de 733.482 €, el cual es un valor a tener en cuenta a la hora de la viabilidad económica del estudio.

5.1. PAGO ORDINARIOS

Los pagos ordinarios son aquellos originados por la propia actividad de la planta. Se considerarán dos pagos ordinarios: los de la recogida de paja y los de la producción de pellets. Estos pagos se producen durante todos los años de vida útil del proyecto, por lo que son pagos constantes.

5.1.1. Pagos de recogida de paja

Los pagos de recogida de paja corresponden a las actividades de hilerado, empaçado, recogida y transporte de las pacas en campo.

Donde:

P: coste de la posesión de maquinaria (€/ha).

C: coste del combustible requerido por la actividad (€/ha). Teniendo en cuenta la evolución del gasoil agrícola, se considera un precio medio de 0,65 €.

S: superficie total para la recogida de paja (has). Según el apartado 2.1.1. del anejo II de Ingeniería del Proceso, teniendo en cuenta que para cálculos de presupuesto se tomarán producciones medias de paja de 2.500 kg/ha, será necesaria una superficie de 1.200 has.

H: tiempo necesario para realizar las labores de campo (horas). Según lo calculado en el apartado 4 del anejo II de Ingeniería del Proceso.

MO: mano de obra para realizar la labor de campo (€).

Tabla 2: Pagos de recogida de paja

Labor	P*	C*	S	H	MO	Pagos (€)
Hilerado + Empacado	39,27	5,85	1.200	-	-	54.144
Transporte de las pacas en campo	34,48	4,7		-	-	47.016
Mano de obra	-	-	-	1.024	15	15.360
					Total	116.520

Fuente: Elaboración propia

*Consultas de hojas de cálculo de costes de maquinaria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, para el consumo l/ha de cada labor más el coste de la posesión de maquinaria, que incluye: amortizaciones, seguro, intereses, mantenimiento y reparaciones.

5.1.2. Pagos del transporte de las pacas a la Nave 1

Los pagos del transporte se corresponden a la carga de las pacas a la plataforma del camión y su transporte mediante pista y carretera hasta la Nave 1 de almacenaje.

Donde:

D: distancia total desde la Nave 1 a cada uno de los cuatro municipios (km).

Ca: consumo de combustible que realiza el camión cuando circula cargado (litro/km).

SC: consumo de combustible que realiza el camión cuando circula sin carga (litro/km).

C: coste del combustible (€/l). Teniendo en cuenta la evolución del gasoil agrícola, se considera un precio medio de 1,15 €.

P: coste de la posesión de maquinaria (€/ha).

H: tiempo requerido para realizar la totalidad del transporte de campo a la Nave 1 (horas).

MO: mano de obra de los transportistas y cargadores de pacas (€).

Tabla 3: Pagos de transporte de paja

Transporte	Pagos €/l				Pagos €/h			Pagos totales (€)
	D	Ca	SC*	C*	P*	H	MO	
Carretera	3.151	0,52	0,35	1,15	38,10	100,51	-	7.071,02
Pista	92							
Carga de camión	218	0,15		1,15	21,83	37,2	-	912,36
Mano de obra	-	-	-	-	-	137,71	15	2.065
					Total			10.048,38

Fuente: Elaboración propia

* Consultas de hojas de cálculo de costes de maquinaria del Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación.

El coste de la posesión de maquinaria incluye: amortizaciones, seguro, intereses, mantenimiento y reparaciones.

Pagos totales de adquisición de la paja = Pagos de la recogida en campo + Pagos de transporte de paja

**Pagos totales de adquisición de la paja = 116.520 € + 10.048,38 € = 126.568,38 €/año →
126.568,38 € / 3.000.000 kg paja = 42 €/t**

Según la experiencia (Agropal), el precio de las pacas puestas en fábrica fluctúa entre 20 a 60 €/t. Por lo que el precio obtenido quedaría dentro del rango medio.

5.1.3. Pagos de producción de pellets

Los pagos de producción de pellets serán aquellos relacionados con el procesamiento de pellets y las instalaciones pertenecientes a la planta (consumo energético, mano de obra, etc.).

Donde:

h: número de horas empleadas (horas/año o meses o días).

U: consumo eléctrico medio de la industria (kW/hora), nº de trabajadores.

P: precio unitario (€/kW y €/mes o año).

Tabla 4: Pagos de producción de pellets

Concepto	h	U	P	Total
Consumo energético	1.200 año	710,57	0,15 €/kW	127.902,6
Agua, saneamiento, alcantarillado y basuras*	12 meses	-	-	7.971,05*
Mantenimiento (1% de la inversión)	12 meses	-	600 €/mes	7.200
Mano de obra (incluye seguridad social)	12 meses	3	1.300 €/mes	46.800
Prima de seguro	12 meses	-		5.850
Gastos telecomunicaciones	12 meses	-	50 €/mes	600
Impuesto sobre bienes de inmuebles	12 meses	-	3.000 €/año	3.000
			Total	199.323,65

Fuente: Elaboración propia

*El impuesto sobre agua, saneamiento, alcantarillado y basuras es el estipulado por el ayuntamiento de Benavente para industrias de más de 1.000 m².

5.1.4. Pagos extraordinarios

Los pagos extraordinarios se deben básicamente a costes de reposición de piezas de la maquinaria y la adquisición de maquinaria nueva al superar su vida útil. También se consideran pagos extraordinarios las cuotas del préstamo solicitado y su cuantía de la inversión inicial.

Tabla 5: Resumen detallado de pagos extraordinarios

Maquinaria	Vida útil (Años)	Nº de reposiciones	Valor inicial (€)
Cargadora telescópica	15	1	32.000
Planta peletizadora	15	1	690.229
Camión cisterna	8	1	20.000
Total			742.229

Fuente: Elaboración propia

6. TASAS DE ACTUALIZACIÓN Y ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD

Para el cálculo de los criterios de rentabilidad se van a tener en cuenta una serie de factores: la inflación, la tasa de incremento de cobros, la tasa de incremento de pagos, la tasa mínima de actualización y el tanto por ciento de incremento de dicha tasa.

La tasa de inflación se calcula mediante el promedio de los últimos años del IPC, en este caso, se obtiene una tasa de inflación de 1,2 según los 10 últimos años (2009-2018) en España.

Tabla 6: Inflación de España en el periodo de 2009 a 2018

Año	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	Media
Inflación (%)	0,66	0,83	3,59	1,98	2,75	-0,02	-1,07	-0,84	2,97	1,2	1,2

Fuente: Global-rates

La tasa de incremento de cobros que se va a considerar es de 2,50. Este valor se obtiene mediante los precios percibidos por los productos agrícolas a los agricultores en una serie de años, en este caso desde 2009 hasta 2014. El primer paso es calcular la variación del índice general de los precios entre años consecutivos (2009-2010, 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014). El siguiente paso es calcular el promedio de la variación de los diferentes años estudiados, valor, el cual, corresponderá con la tasa de incremento de cobros.

Tabla 7: Serie histórica de precios recibidos por los agricultores

Clases de índice	2005 = 100					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Productos vegetales	87,96	98,83	94,23	104,21	108,08	95,81
Productos forestales	85,75	81,35	84,58	81,2	77,59	75,5
Productos animales	105,42	103,75	112,45	122,71	124,6	122,72
Ganado para abasto	104,04	103,99	114,02	123,11	127,33	122,73
Productos ganaderos	109,4	103,08	107,91	121,55	116,72	122,67
ÍNDICE GENERAL	94,89	100,78	101,47	111,56	114,64	106,5
Diferencia media	-	6,21	0,68	9,94	2,76	-7,10
Promedio	2,5					

Fuente: Magrama

La tasa de incremento de pagos que se va a considerar en este caso es de 2,46. Esta, a su vez, se estima mediante la obtención de los precios pagados por los agricultores en una serie de años (2009-2014). Para calcular esta tasa, se estima en primer lugar la variación de los bienes y servicios de uso corriente y bienes de inversión (por separado) de una serie de años consecutivos (2009-2010, 2010-2011, 2011-2012, 2012-2013 y 2013-2014). El siguiente paso es obtener el promedio de las variaciones de los diferentes años, tanto de los bienes y servicios de uso corriente, como de los bienes de inversión. Finalmente, se realiza una media con el promedio de los bienes y servicios de uso corriente y con el promedio de bienes de inversión, de donde se obtiene un promedio final, el cual, corresponde con la tasa de incrementos de pagos.

Tabla 8: Serie histórica del índice de precios pagados por los agricultores

Clases de índice	2005 = 100					
	2009	2010	2011	2012	2013	2014
I.BIENES Y SERVICIOS DE USO CORRIENTE	115,42	117,9	132,27	139,54	139,46	134,28
Diferencia media	-	2,15	12,19	5,50	-0,06	-3,71
Promedio	3,21					
II.BIENES DE INVERSIÓN	117,26	118,52	120,77	122,99	125,64	127,58

Diferencia media	-	1,08	1,90	1,84	2,16	1,54
Promedio	1,70					
Promedio final	2,46					

Fuente: Magrama

Respecto a las tasas de actualización Valproin permite calcular los índices de rentabilidad para 30 tipos de interés. Por ello, se calculará como mínimo para el 0,50 % y para otras 29 tasas en incrementos de medio punto hasta un máximo del 15 %.

No obstante, se calculara VAN, pay back y relación beneficio-inversión para una tasa basada en el actual tipo de interés de la última subasta de deuda pública a 20 años que fue del 3 %. Como se trata de un proyecto que entraña un riesgo elevado, se elige una tasa de hasta el 5 %.

Respecto al análisis de sensibilidad propuesto, se ha de escoger las horquillas de variación (variación de la inversión y variación de los flujos de) y la vida útil del proyecto (máxima y mínima) que se estime oportuno en función de las previsiones iniciales.

Las horquillas de variación debidas al pago de la inversión y a la variación de los flujos condicionan en gran medida la viabilidad de un proyecto desde el punto de vista económico. Se escoge una variación de la inversión de 3 % puesto que puede haber variaciones de la inversión inicial durante la ejecución del proyecto y durante su puesta en marcha, bien de reducción (signo -), o de incremento (signo +). Las variaciones de los flujos se consideran de un 5 % debido a que puede haber más oscilaciones que en las variaciones de la inversión, esto se puede deber a aumentos de los cobros y pagos, disminución de pagos y cobros, disminución de pagos y aumento de cobros o viceversa.

La vida máxima del proyecto se estima en 20 años y una vida mínima en 15 años, dados los posibles cambios que pueden experimentar tanto el sector agrario como la industria energética.

En cuanto al flujo inicial (sin proyecto), hay que tener en cuenta que la actividad anterior de las naves era la realización de estructuras metálicas de diversa índole para lo cual siempre ha dependido del tipo de obras que se contratasen. Según esto, haciendo balance, el promotor estima una media de sus últimos cinco años de actividad de beneficio de 250.000 euros al año.

6.1. ANÁLISIS DE RESULTADOS

A continuación, mediante el programa Valproin se extraen una serie de tablas y gráficas que representarán: flujos de caja, cobros, pagos, flujos anuales, indicadores de rentabilidad, relación VAN y tasa de actualización, y análisis de sensibilidad.

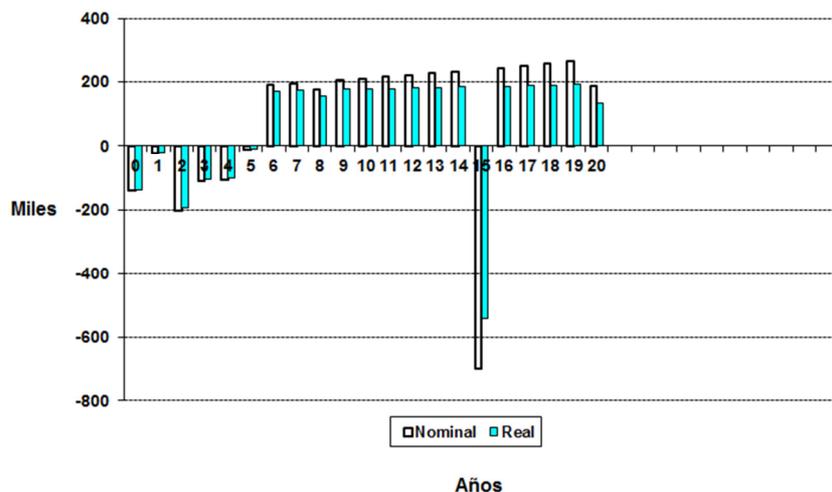
Tabla 9: Estructura de los flujos de caja (en unidades monetarias corrientes)

Año	COBROS		PAGOS (Incluida inversión)		FLUJOS		INCREMENTO DE FLUJO
	Ordinarios	Extraordin.	Ordinarios	Extraordin.	Final	Inicial	
0		794.170,02		934.317,68			
1	571.950,00		320.320,70	18.464,45	233.164,85	256.250,00	-23.085,15
2	586.248,75		328.200,59	196.327,27	61.720,89	262.657,30	-200.936,41
3	691.040,71		336.274,32	196.327,27	158.439,12	269.224,81	-110.785,69
4	708.316,73		344.546,67	196.327,27	167.442,79	275.956,53	-108.513,74
5	820.723,52		353.022,52	196.327,27	271.373,73	282.856,58	-11.482,85
6	841.241,61		361.706,87		479.534,73	289.929,15	189.605,58
7	862.272,65		370.604,86		491.667,78	297.178,57	194.489,21
8	883.829,46	2.436,81	379.721,74	24.292,09	482.252,44	304.609,25	177.643,19
9	905.925,20		389.062,90		516.862,30	312.225,73	204.636,57
10	928.573,33		398.633,84		529.939,49	320.032,66	209.906,83
11	951.787,66		408.440,24		543.347,43	328.034,79	215.312,64
12	975.582,35		418.487,86		557.094,49	336.237,00	220.857,49
13	999.971,91		428.782,67		571.189,25	344.644,30	226.544,94
14	1.024.971,21		439.330,72		585.640,49	353.261,82	232.378,67
15	1.050.595,49	104.598,99	450.138,26	1.039.896,69	-334.840,47	362.094,82	-696.935,28
16	1.076.860,38		461.211,66		615.648,72	371.148,67	244.500,05
17	1.103.781,89		472.557,46		631.224,42	380.428,91	250.795,51
18	1.131.376,43		484.182,38		647.194,06	389.941,19	257.252,86
19	1.159.660,84		496.093,26		663.567,58	399.691,32	263.876,26
20	1.188.652,37		508.297,16		680.355,21	491.616,07	188.739,14

Fuente: Elaboración propia

Ilustración 1: Valor de los flujos anuales

Valor de los flujos anuales



Fuente: Elaboración propia

Tabla 10: Tasa interna de rendimiento % (TIR) = 14,33

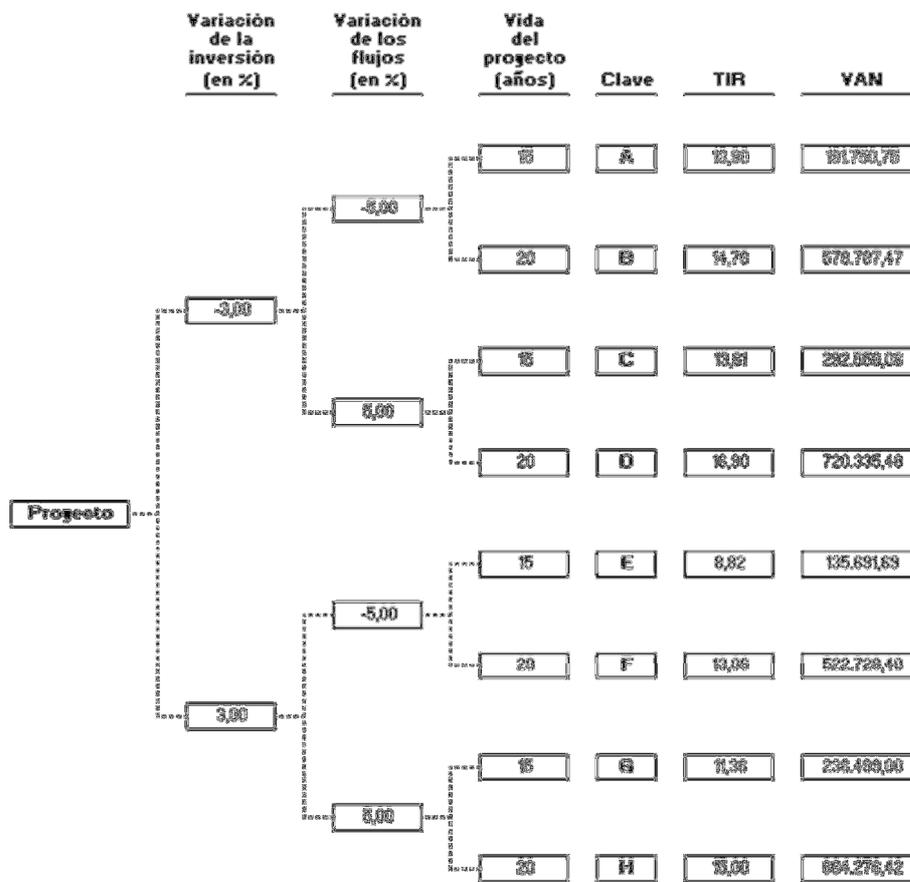
Tasa de actualización (%)	Valor actual neto (VAN)	Tiempo de recuperación (años)	Relación benef./inv. (VAN/Inv.)
0,50	1.351.607,90	9	9,64
1,00	1.243.825,19	9	8,88
1,50	1.144.081,14	9	8,16
2,00	1.051.702,86	9	7,50
2,50	966.079,56	9	6,89
3,00	886.656,41	9	6,33
3,50	812.928,97	9	5,80
4,00	744.438,23	10	5,31
4,50	680.766,21	10	4,86
5,00	621.531,94	10	4,43
5,50	566.387,93	10	4,04
6,00	515.016,94	10	3,67
6,50	467.129,17	10	3,33
7,00	422.459,61	10	3,01
7,50	380.765,76	11	2,72

Fuente: Elaboración propia

Con el resultado anterior se muestra que con el tipo de actualización seleccionado (5 %) el VAN es 621.531,94 €, el tiempo de recuperación es de 10 años y la relación beneficio-inversión es 4,43. Por su parte, la TIR es del 14,33 %, esto es, una cifra mayor que el interés que actualmente pagan los bancos por tener depositado el dinero.

A continuación mediante el análisis de sensibilidad, se presentan las diferentes casuísticas en función de las horquillas de variación que se han supuesto: 3 % en la inversión y las de los flujos que se consideran de un 5 % debido a que puede haber más oscilaciones en los cobros y pagos.

Tabla 11: Análisis de sensibilidad (tasa de actualización para el análisis = 5)



Clave	TIR
D	16,90
H	15,00
B	14,78
C	13,61
F	13,06
G	11,36
A	10,90
E	8,82

Clave	VAN
D	720.335,48
H	664.276,42
B	578.787,47
F	522.728,40
C	292.558,06
G	236.499,00
A	191.750,75
E	135.691,69

Fuente: Elaboración propia

Según se aprecia en el análisis, aun poniéndonos en el peor de los casos en la situación más desfavorable (mayor pago de la inversión, menores flujos de caja y menor plazo) el VAN es positivo y la TIR es mayor que el interés que ofrecería un banco por tener allí el dinero invertido.

Documento 2:

PLANOS

ÍNDICE DOCUMENTO 2

PLANO 1: LOCALIZACIÓN Y SITUACIÓN

PLANO 2: EMPLAZAMIENTO

PLANO 3.1. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y MAQUINARIA.

NAVE 1

PLANO 3.2. DISTRIBUCIÓN DE LAS EDIFICACIONES Y MAQUINARIA.

NAVE 2

PLANO 4: INSTALACIÓN GENERAL DE SANEAMIENTO GENERAL

PLANO 4.1.: INSTALACIÓN SANEAMIENTO. NAVE 1

PLANO 4.2.: INSTALACIÓN SANEAMIENTO. NAVE 2

PLANO 5: INSTALACIÓN FONTANERIA GENERAL

PLANO 5.1: INSTALACIÓN FONTANERIA. NAVE 1

PLANO 5.2.: INSTALACIÓN FONTANERÍA. NAVE 2

PLANO 6: INSTALACIÓN GENERAL DE ELECTRICIDAD

PLANO 6.1.: INSTALACIÓN ELECTRICIDAD. NAVE 1

PLANO 6.2.: INSTALACIÓN ELECTRICIDAD. NAVE 2

PLANO 7.1.: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS. NAVE 1

PLANO 7.2.: INSTALACIÓN CONTRA INCENDIOS. NAVE 2

PLANO 8: INVERNADERO. ALZADOS

PLANO 9: INVERNADERO. INSTALACIÓN DE CALEFACCIÓN



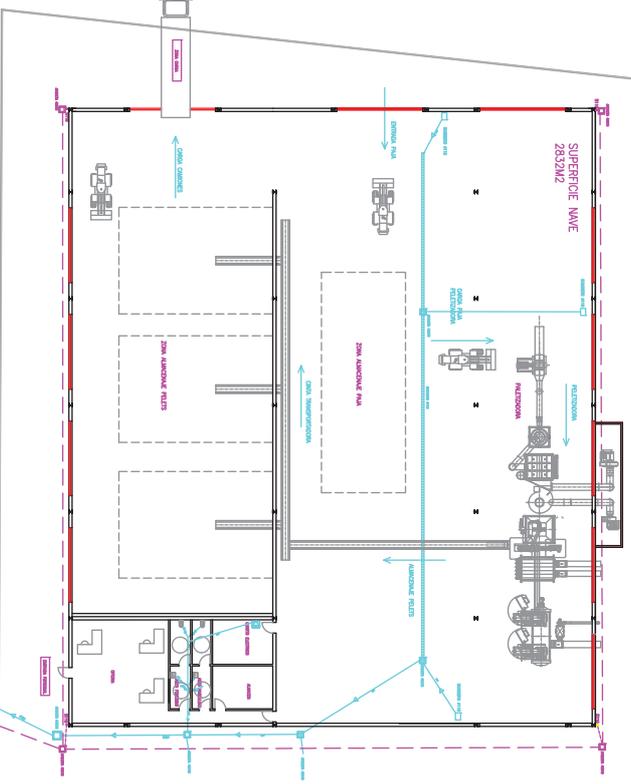
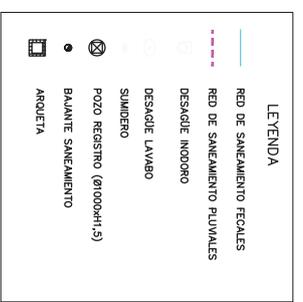
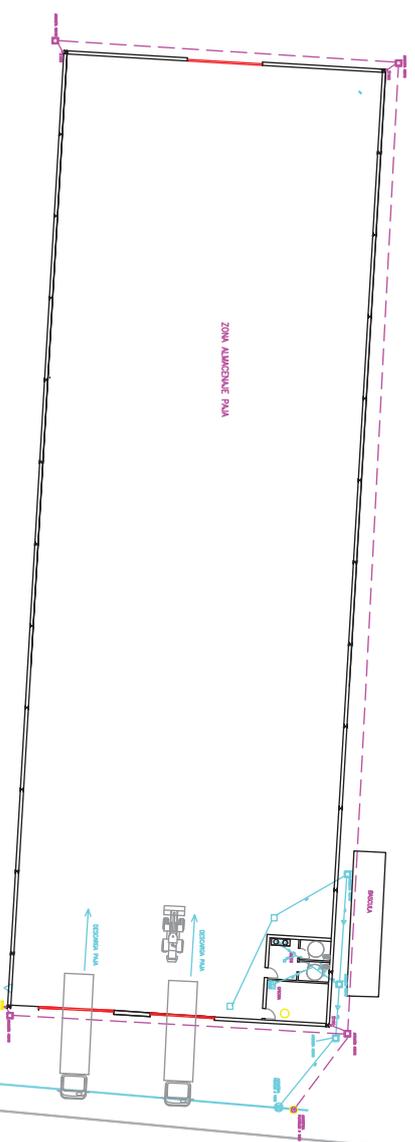
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)**

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORIFÍCO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019	LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)	ESCALA: S/E
FIRMA:	DENOMINACIÓN: LOCALIZACION Y SITUACION	PLANO Nº 1
DIANA CALVETE LÓPEZ		



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)		
TITULO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORIFÍCO EN INVERNADEROS.		
FECHA: MARZO/2019 FIRMA: DIANA CALVETE LÓPEZ	LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA) DENOMINACIÓN: EMPLAZAMIENTO	ESCALA: 1/400 PLANO Nº 2



CARRETERA BENAVENTE - LEON



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVIERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019
FIRMA:

LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)

ESCALA: 1/400

DIANA CALVETE LÓPEZ

DENOMINACIÓN: INSTALACION SANEAMIENTO GENERAL

PLANO Nº 4.0



LEYENDA

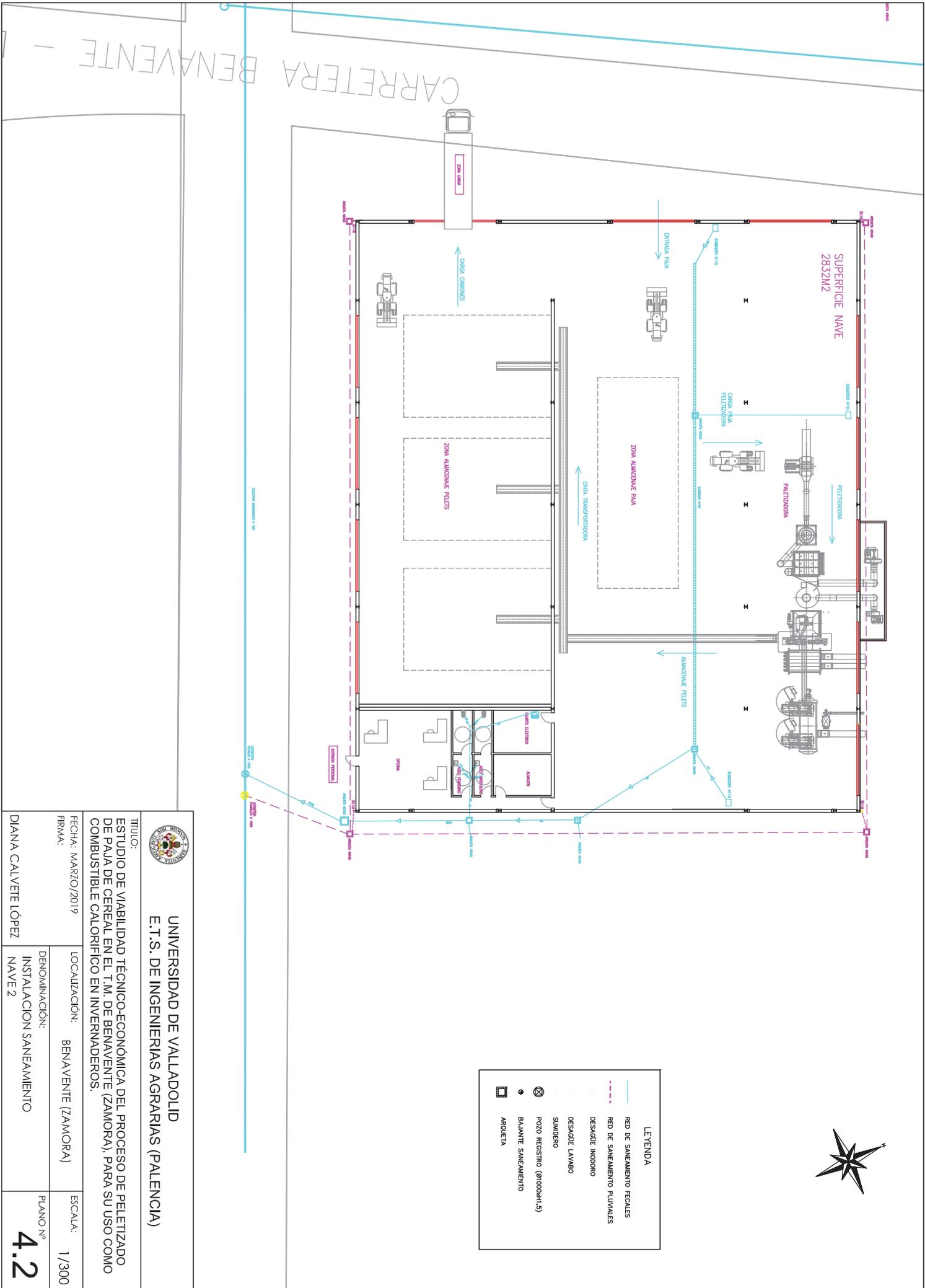
	RED DE SANEAMIENTO FEGALES
	RED DE SANEAMIENTO PRIVALES
	DESAGÜE INODORO
	DESAGÜE LAVABO
	SUMIDERO
	POZO REGISTRO (Ø1000xH1,5)
	BAYANTE SANEAMIENTO
	ARQUETA


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019
FIRMA:

LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)	ESCALA: 1/300
DENOMINACIÓN: INSTALACION SANEAMIENTO NAVE 2	PLANO Nº 4.1
DIANA CALVETE LÓPEZ	




UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

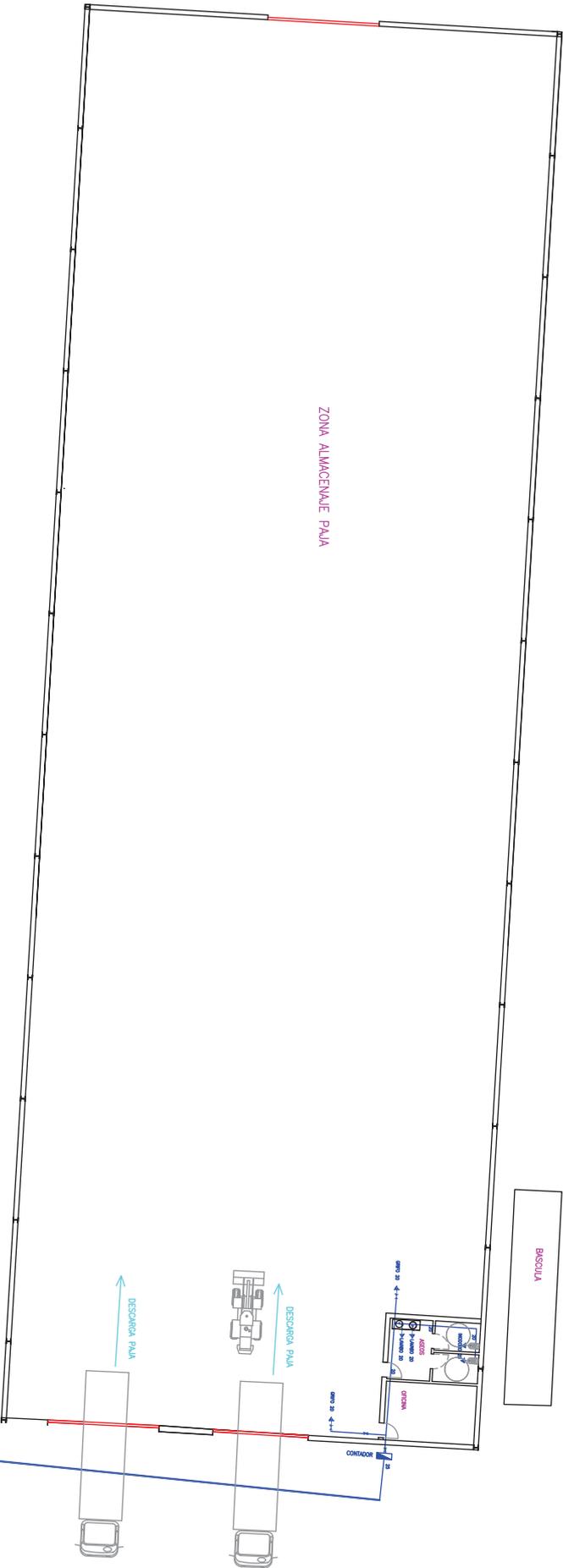
TITULO:
 ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAPA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVIVADEROS.

FECHA: MARZO/2019
LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)

DENOMINACIÓN: INSTALACION SANAMIENTO NAVE 2
ESCALA: 1/300
PLANO Nº **4.2**

LEYENDA

	RED DE SANAMIENTO FEGALES
	RED DE SANAMIENTO PLUVIALES
	DESAGUE INODORO
	DESAGUE LAVABO
	SILINDERO
	POZO REGISTRO (Ø1000xH1,5)
	BAFANTE SANAMIENTO
	ARQUETA



LEYENDA

	RED FONTANERIA
	LLAVES
	GRIFO
	CONTADOR


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

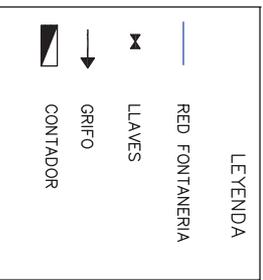
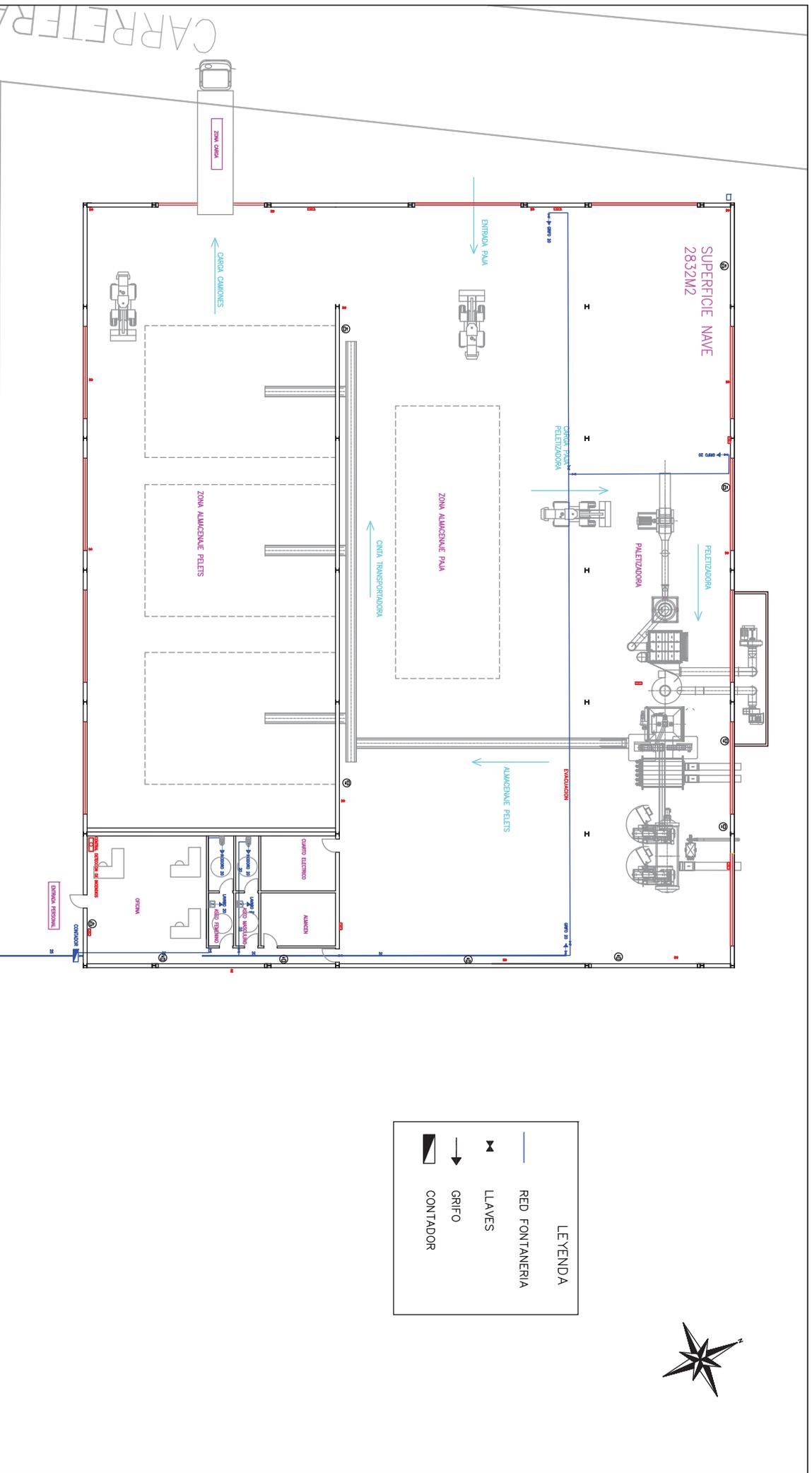
TITULO:
 ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019
LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)

FIRMA: DJANA CALVETE LÓPEZ
DENOMINACIÓN: INSTALACION FONTANERIA
NAVE 1

ESCALA: 1/300

PLANO Nº
5.1




UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

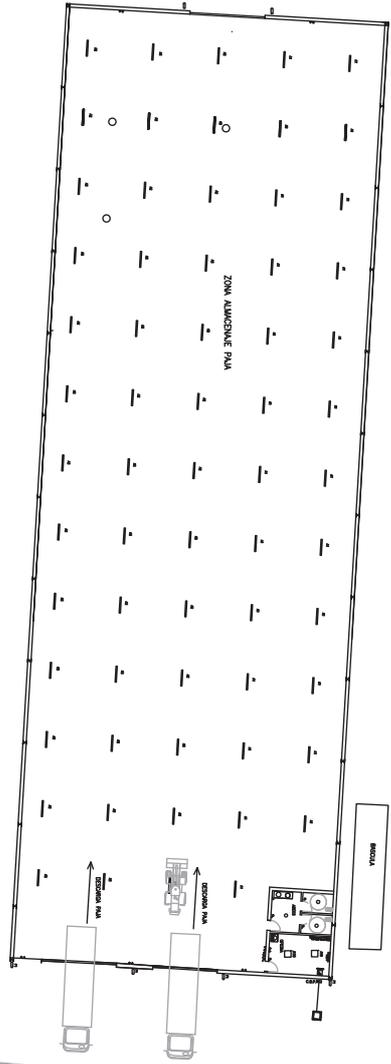
TITULO:
 ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAMA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVIVADEROS.

FECHA: MARZO/2019
FIRMA:

LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)
DENOMINACIÓN: INSTALACION FONTANERIA NAVE 2
ESCALA: 1/300
PLANO Nº

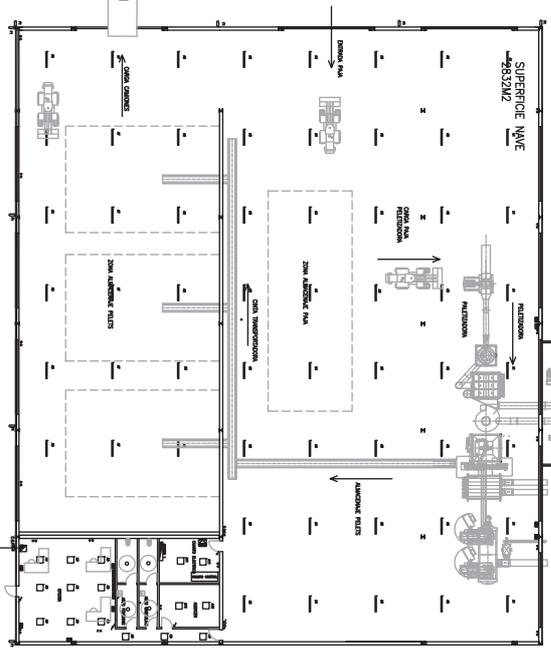
5.2

CARRETERA BENAVENTE



LEYENDA

	LUMINARIA
	LUMINARIA
	LUMINARIA
	LUMINARIA
	CUARGOS
	PUNTO LUZ SENCILLO
	PUNTO LUZ CONJUNTADO
	FUERZA
	AA.OO
	EMERGENCIAS
	ARQUETA
	CONTADOR

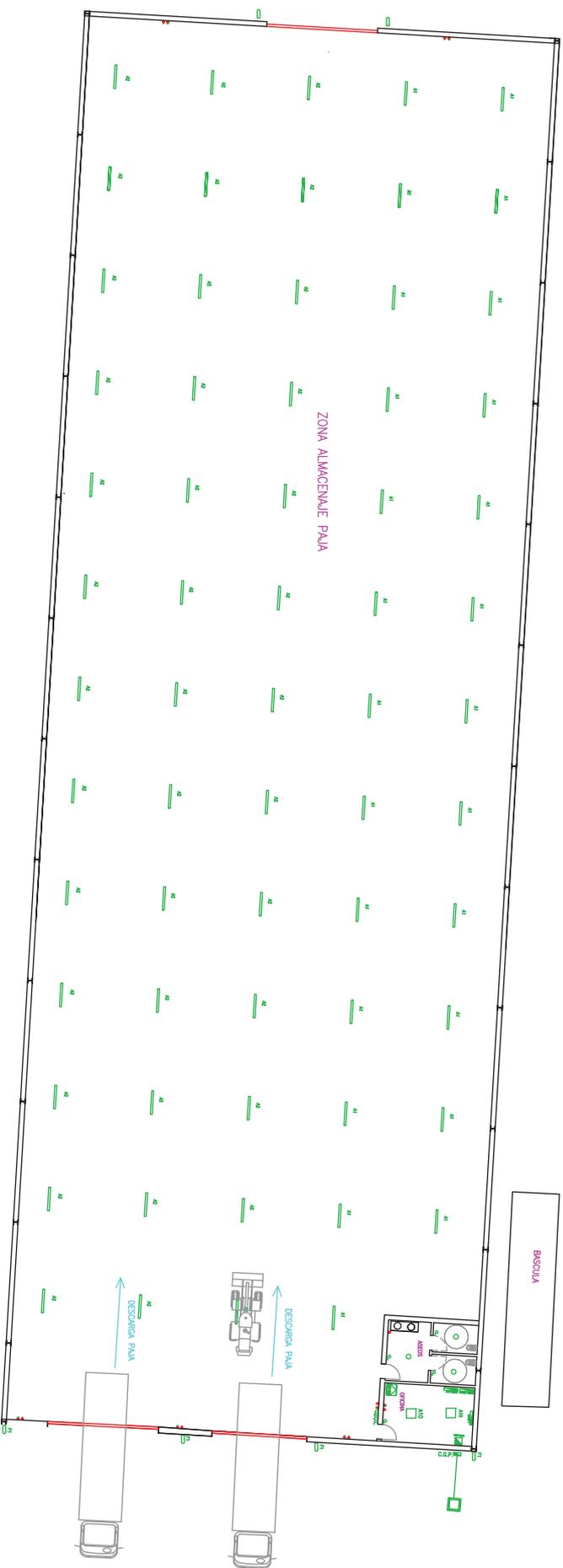


CARRETERA BENAVENTE - LEON


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019	LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)	ESCALA: 1/400
FIRMA: DIANA CALVETE LÓPEZ	DENOMINACIÓN: INSTALACION ELECTRICIDAD GENERAL	PLANO Nº 6.0



LEYENDA	
	LUMINARIA
	LUMINARIA
	LUMINARIA
	LUMINARIA
	CUADROS
	PUNTO LUZ SENCILLO
	PUNTO LUZ COMUTADO
	FUERZA
	A.A.C.C.
	EMERGENCIAS
	ARQUETA
	CONTADOR



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019
FIRMA:

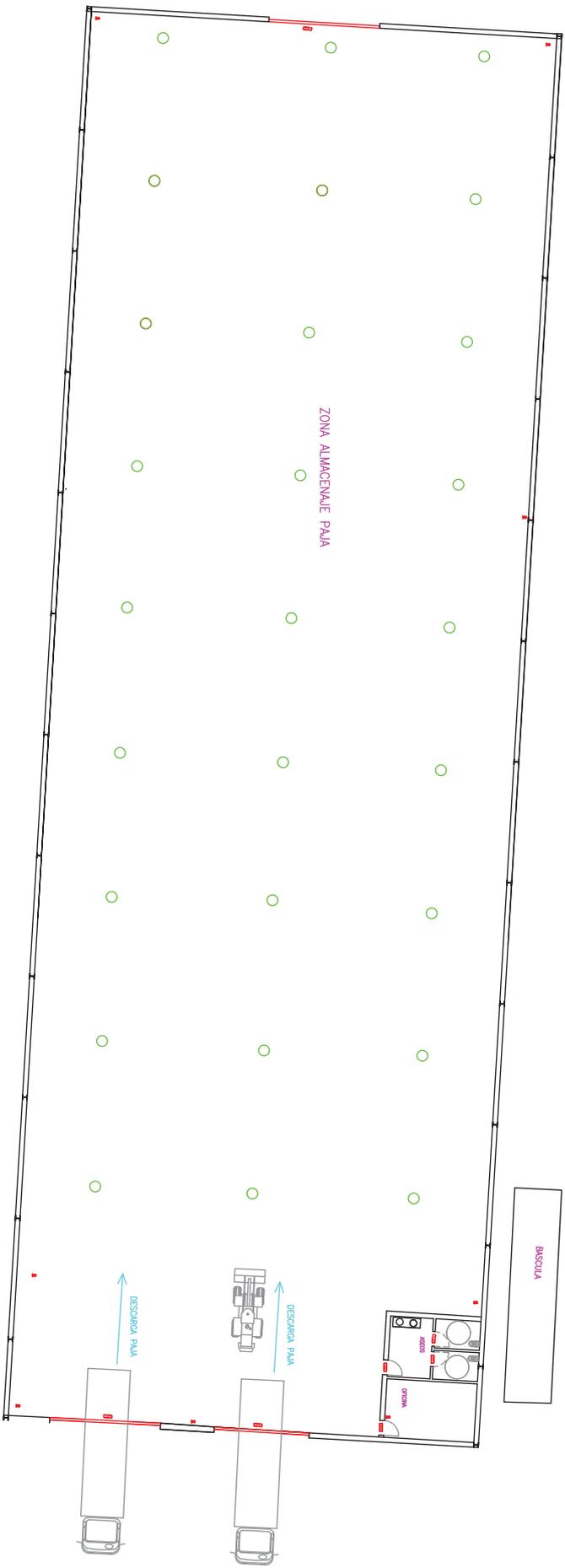
LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)

ESCALA: 1/400

DIANA CALVETE LÓPEZ

DENOMINACIÓN:
INSTALACION ELECTRICIDAD
NAVE 1

PLANO Nº
6.1



LEYENDA	
○	DETECTOR DE HUMO
✚	EXTINTOR
■	PULSADOR DE ALARMA CONTRA DETECCIÓN DE INCENDIOS

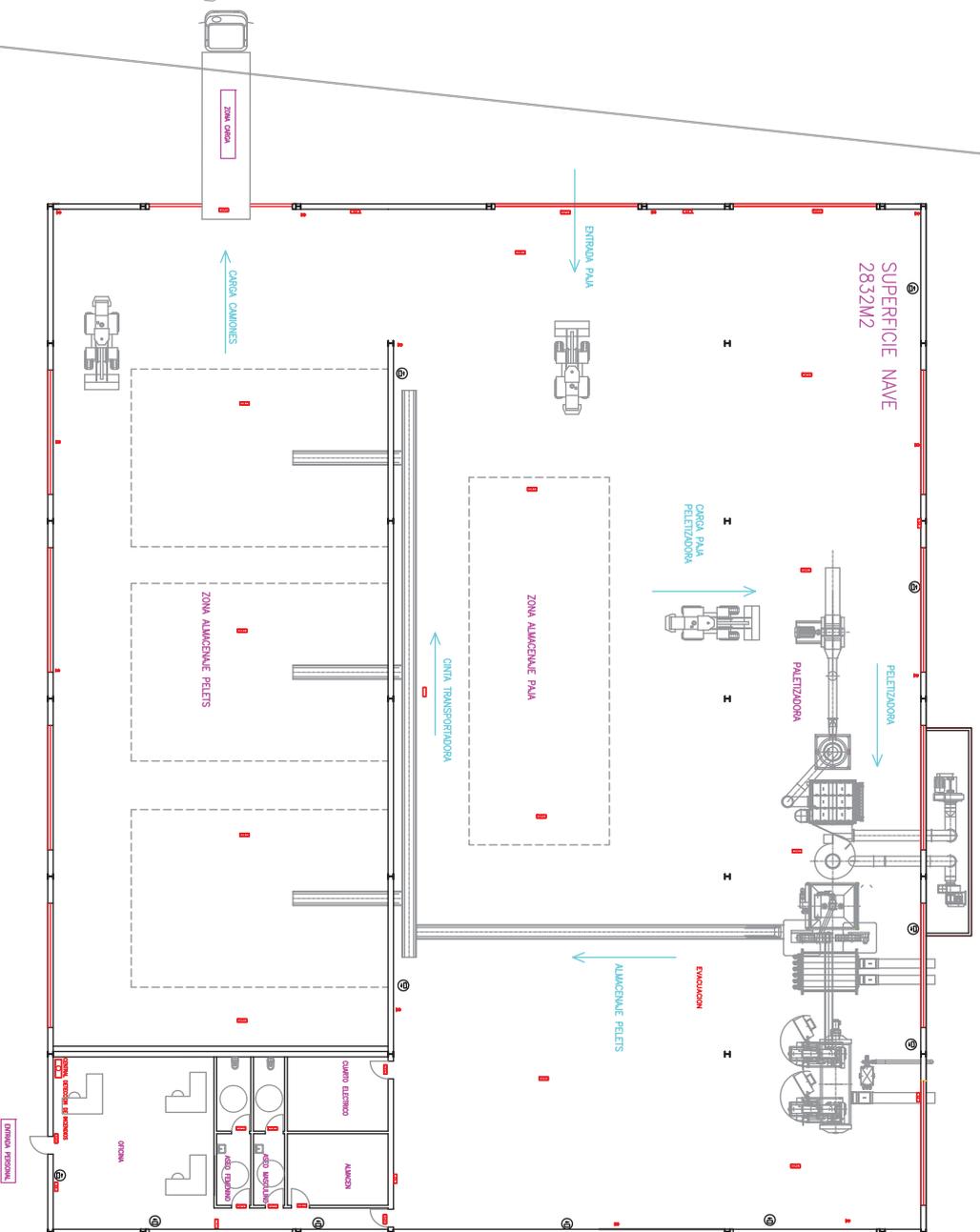
**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID**
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORÍFICO EN INVERNADEROS.

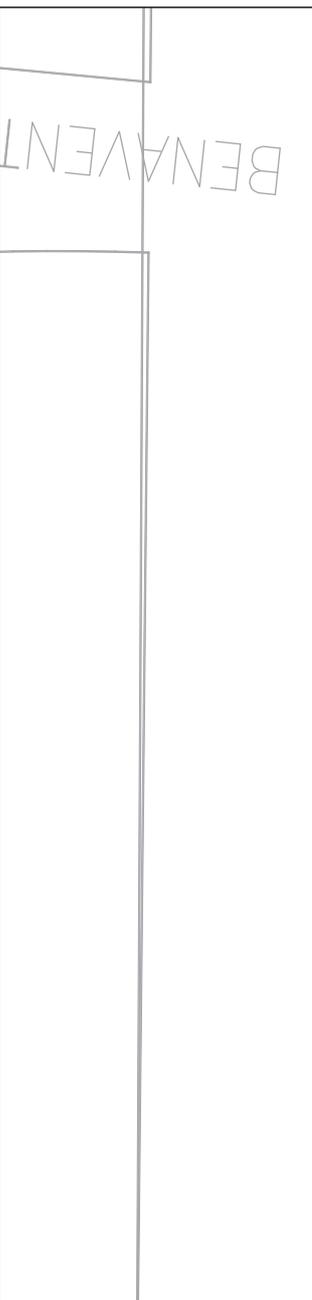
FECHA: MARZO/2019
FIRMA:

LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)	ESCALA: 1/300
DENOMINACIÓN: INSTALACION PROTECCION CONTRA INCENDIOS NAVE 1	PLANO Nº 7.1

DIANA CALVETE LÓPEZ



LEYENDA	
○	DETECTOR DE HUMO
■	EXTINTOR
■	PULSADOR DE ALARMA CENTRAL DETECCION DE INCENDIOS
□	

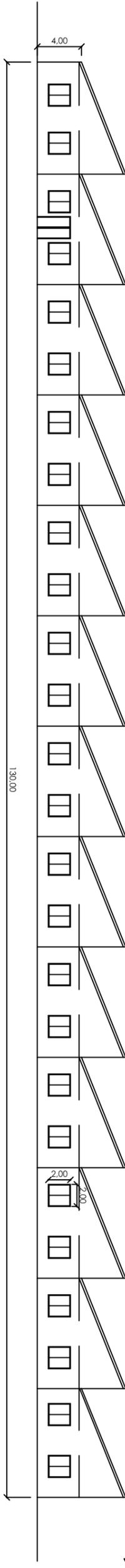



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

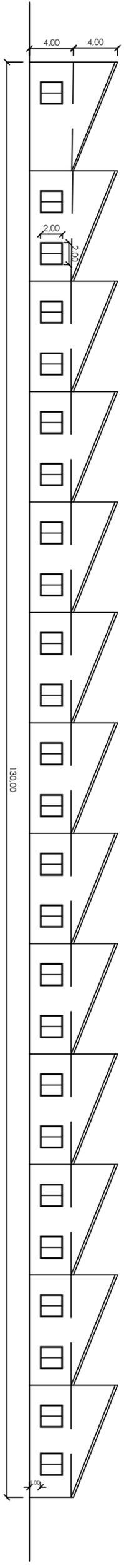
TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TECNICO-ECONOMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORIFICO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019 **ESCALA:** 1/300

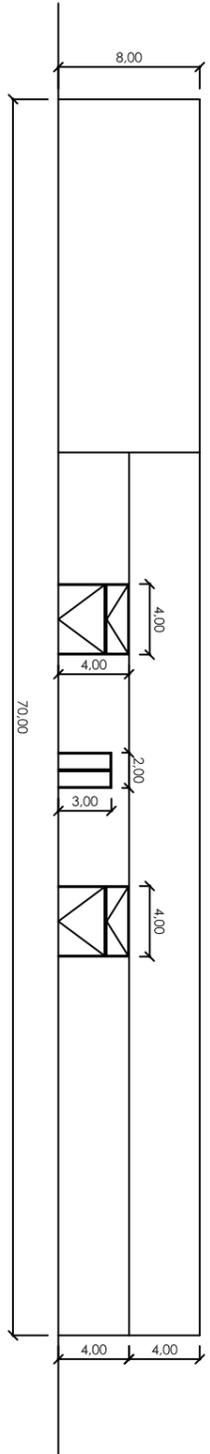
FIRMA: **DENOMINACION:** INSTALACION PROTECCION CONTRA INCENDIOS
DIANA CALVETE LÓPEZ **PLANO N°** 7.2



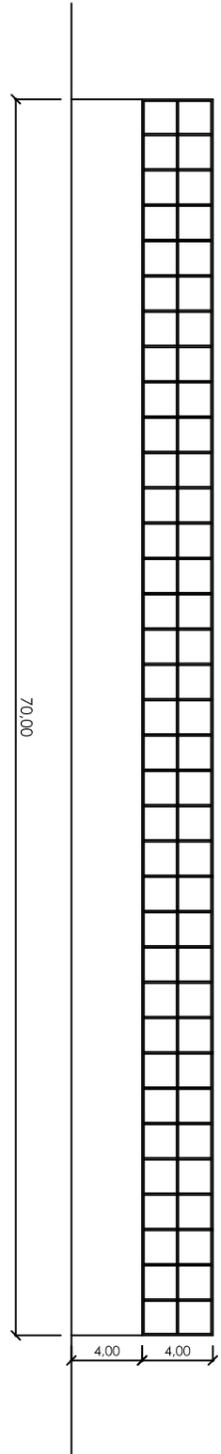
ALZADO ESTE



ALZADO OESTE



ALZADO NORTE



ALZADO SUR


UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)

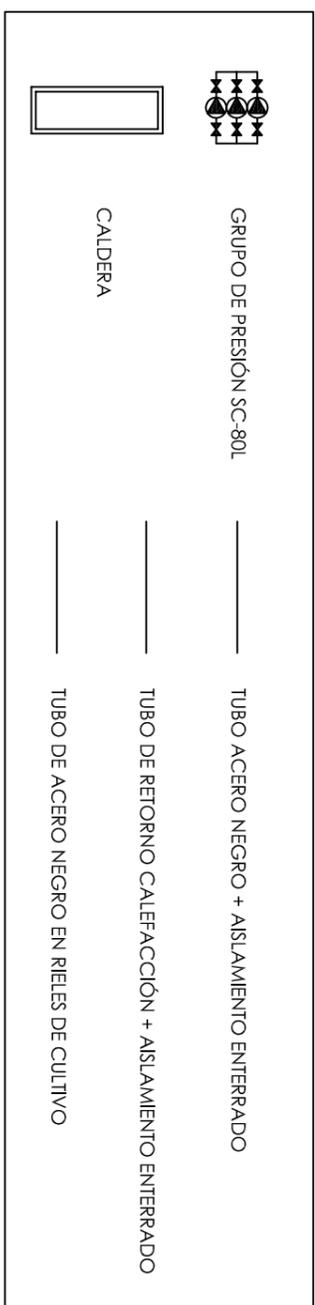
TITULO:
ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORIFÍCO EN INVERNADEROS.

FECHA: MARZO/2019 LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA) ESCALA: 1/400
FRMA: DENOMINACIÓN: ALZADOS PLANO Nº

DIANA CALVETE LÓPEZ



PLANTA DE DISTRIBUCIÓN



 UNIVERSIDAD DE VALLADOLID E.T.S. DE INGENIERIAS AGRARIAS (PALENCIA)	
TITULO: ESTUDIO DE VIABILIDAD TÉCNICO-ECONÓMICA DEL PROCESO DE PELETIZADO DE PAJA DE CEREAL EN EL T.M. DE BENAVENTE (ZAMORA), PARA SU USO COMO COMBUSTIBLE CALORIFÍCO EN INVERNADEROS.	
FECHA: MARZO/2019	LOCALIZACIÓN: BENAVENTE (ZAMORA)
FRMA: DIANA CALVETE LÓPEZ	DENOMINACIÓN: INVERNADERO: INSTALACIÓN DE CALFACCIÓN
	ESCALA: 1/400
	PLANO Nº 9