Trabajo Fin de Grado
Grado de Ingeniería Química

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS

Autor: Marc Sánchez McLaughlin

Tutor externo: Manuel Jesús Rubio

Ponente: Francisco Hernández Rodríguez

Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería

Sevilla, 2017

Trabajo Fin de Grado
Ingeniería Química

PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS

Autor:
Marc Sánchez McLaughlin

Tutor externo:
Manuel Jesús Rubio Cobos
Ponente:
Francisco Hernández Rodríguez

Dep. Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería
Escuela Técnica Superior de Ingeniería
Universidad de Sevilla
Sevilla, 2017

Trabajo Fin de Grado: PLANTA DE PRODUCCIÓN DE PELLETS

Autor: Marc Sánchez McLaughlin

Tutor externo: Manuel Jesús Rubio Cobos

Ponente: Francisco Hernández Rodríguez

El tribunal nombrado para juzgar el Proyecto arriba indicado, compuesto por los siguientes miembros:

Presidente:

Vocales:

Secretario:

Acuerdan otorgarle la calificación de:

Sevilla, 2013

El Secretario del Tribunal

“Porque sé que siempre puedo contar con vosotros”.

A mi familia

A mis amigos

Agradecimientos

En primer lugar quisiera agradecer a Manuel Jesús Rubio Cobos la oportunidad que me ha brindado para realizar este proyecto, y al Departamento de Ingeniería de la Construcción y Proyectos de Ingeniería el permitirme realizarlo.

A todos mis profesores y compañeros que han compartido conmigo esta etapa de mi vida.

A mis amigos y a mi compañera que me han acompañado en cada momento.

A mi padre por poner a disposición todos los recursos necesarios para ayudarme; a mis hermanos por compartir conmigo los buenos momentos y sobre todo por compartir conmigo los malos; pero sobretodo agradecer a mi madre Josephine McLaughlin por sufrir conmigo y por darme todas sus fuerzas cuando a mí ya no me quedaban.

Marc Sánchez Mc Laughlin

Sevilla, 2017

Resumen

El objetivo del presente proyecto es la realización de la ingeniería básica de una planta de producción de pellets de madera, siendo el sector doméstico e industrial el consumidor final. El proyecto se ha enfocado a la fabricación de productos de calidad y a su vez competitivos en el mercado actual, de manera que genere ingresos a la misma vez que se consigue una reducción del impacto medioambiental.

Abstract

The purpose of this project is to carry out the basic engineering of a wood pellet production plant, being the domestic and industrial sectors the final consumer. The project has focused on the production of quality and competitive products in the current market, in order to generate income while achieving a reduction in environmental impact.

Índice

Índice de Tablas

Índice de Gráficas

Índice de Ilustraciones

MEMORIA

Agradecimientos **5**

Resumen **6**

Abstract **7**

Índice **8**

ÍNDICE DE TABLAS **11**

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES **11**

1. OBJETO **13**

2. ALCANCE **14**

3. ANTECEDENTES **15**

3.1. Historia del pellet 15

3.2. Motivos para la recuperación de desechos de madera 16

3.3. Tipos de pellet 16

3.4. Aplicaciones de los pellets de madera 17

3.5. Empresas de pellets de madera en España 17

3.5.1. Empresas productoras de pellets de madera en España 17

3.5.2. Empresas distribuidoras de pellets de madera en España 18

3.6. Análisis de materia prima 19

3.7. Análisis de consumo actual de pellets de madera en España 19

3.8. Análisis de capacidad y producción de empresas dedicadas al sector en España 20

3.9. Análisis de demanda de pellets de madera fuera de España 21

3.10. Análisis de potencial técnico de biomasa en Andalucía 22
3.11. Análisis de ventajas e inconvenientes 23
4. ANÁLISIS DE SOLUCIONES 24
4.1. Tamaño de la planta 24
4.2. Análisis de localización de la planta 24
4.3. Estudio de alternativas 29
4.3.1. Materia prima 29
4.4. Análisis de alternativas posibles al pellet de madera 30
4.4.1. Análisis del tratamiento de la madera para la producción de pellets 32
4.4.2. Análisis de combustible utilizado para el quemador. 32
4.4.3. Análisis de gas de secado 34
4.4.4. Análisis de dimensionamiento de los almacenes de materia prima y producto terminado 35
5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO 36
6. BALANCE DE MATERIA 38
7. BALANCE DE ENERGÍA. 39
8. DIAGRAMA DE BLOQUES 41
9. DIAGRAMA DE FLUJO 42
10. IMPLANTACIÓN 44
11. LISTADO DE EQUIPOS 45
11.1. BÁSCULA DE CAMIONES (BPPCE-18X3 60TN o similar) 45
11.2. TRITURADORA 100-100S o similar 46
11.3. ASTILLADORA DE TAMBOR SERIE BX216 o similar. 47
11.4. SEPARADOR MAGNÉTICO SERIE DND-AC (Nm) o similar. 48
11.5. SECADOR DE TAMBOR ROTATORIO HZG8 o similar. 49
11.6. SISTEMA DE COMBUSTIÓN DE PELLET VYCINDUSTRIAL/K13 o similar. 51
11.7. FILTRO DE MANGAS 52
11.8. MOLINO DE FINOS STRONGWIN/QW-C700 o similar. 53
11.9. PELETIZADORA DE BIOMASA CON MATRIZ ANULAR KMPM42 o similar. 54
11.10. REFRIGERADOR A CONTRACORRIENTE - SERIE SKLN o similar. 55
11.11. ELEVADOR DE CANGILONES SCAFCO/SB8-2 o similar. 56
11.12. ENVASADORA DE BIG-BAGS 57

11.13. SISTEMA DE CONTROL 58
12. DISEÑO BÁSICO DE EQUIPOS PRINCIPALES 59
12.1. Tromel 59
12.2. Quemador 65
12.3. Cintas Transportadoras 66
13. NORMAS Y REFERENCIAS 68
14. MEDICIONES Y PRESUPUESTO 71
15. ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO 75
INGRESOS Y GASTOS ESPERADOS MENSUALMENTE 78
ESTUDIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN) 78
ESTUDIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR) 79

BIBLIOGRAFÍA

PLANOS

PLANO 01: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA

PLANO 02: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA

PLANO 03: DIAGRAMA IMPLANTACIÓN

PLANO 04: NAVE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA

PLANO 05: DIAGAMA DE CORRIENTES Y EQUIPOS

PLANO 06: BALANCE DE MATERIA

PLANO 07: BALANCE DE ENERGÍA

PLANO 08: DETALLE DE TOLVA

PLANO 09: INSTALACIÓN CONTRAINCENDIO

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-Análisis de capacidad y producción de empresas dedicadas al sector en España [10]..... 20
Tabla 2-Potencial técnico Andalucía 22
Tabla 3-Ventajas de Polígonos Industriales 25
Tabla 4-Balance de materia..... 38
Tabla 5-Balance de energía..... 39
Tabla 6-Lista de corrientes y de equipos..... 43
Tabla 7-Características astilladora..... 47
Tabla 8-Características secador rotatorio..... 49
Tabla 9-Características del sistema de combustión 51
Tabla 10-Características filtro de mangas..... 52
Tabla 11-Características Molino 53
Tabla 12-Características peletizadora 54
Tabla 13-Características refrigerador a contracorriente 55
Tabla 14-Características envasadora de bigbag..... 57
Tabla 16-Recopilación de los datos preliminares para el diseño del secador. 61

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 3-1-Empresas productoras de pellets de madera en España [9] 18
Ilustración 3-2-Crecimiento de la demanda de pellets en el mercado Europeo. [11] 21
Ilustración 3-3-Potencial técnico de biomasa en Andalucía Fuente: SOFOS energía [www.sofos.es/biomasa]..... 22
Ilustración 4-1-Localización geográfica de la planta de producción de pellets (1)..... 25
Ilustración 4-2-Localización geográfica de la planta de producción de pellets (2)..... 26
Ilustración 4-3- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (3)..... 26
Ilustración 4-4- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (4)..... 27
Ilustración 4-5- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (5)..... 27
Ilustración 4-6-Localización geográfica de puertos comerciales más cercanos.[5]..... 28
Ilustración 4-7- Diagrama de bloques del proceso 29
Ilustración 4-8-Ciclo de vida de residuos..... 29
Ilustración 4-9- Materia Prima en Diagrama de Bloques..... 30
Ilustración 4-10- Diagrama de Bloques, alternativa de astillas 31
Ilustración 4-11- Diagrama de Bloques, Peletización..... 32
Ilustración 4-12- Diagrama de Bloques, Peletización..... 33
Ilustración 4-13-Sistema de Certificación de la Calidad [6] 34
Ilustración 8-1- Diagrama de bloques del proceso 41
Ilustración 9-1- Diagrama de flujo del proceso 42

Ilustración 10-1- Diagrama de implantación de la planta ..... **¡Error! Marcador no definido.**
Ilustración 11-1-Báscula Bppce-18x3 60tn Pesacamiones. 45
Ilustración 11-2-Astilladora De Tambor Serie Bx216 47
Ilustración 11-3-Separador Magnético Serie DND-AC 48
Ilustración 11-4-Esquema Secador De Tambor Rotatorio HZG8 50
Ilustración 11-5-Secador De Tambor Rotatorio HZG8 50
Ilustración 11-6-Sistema De Combustión De Pellet VYCINDUSTRIAL/K13 51
Ilustración 11-7-Filtro de mangas 52
Ilustración 11-8-Molino De Finos STRONGWIN/QW-C700 53
Ilustración 11-9-Peletizadora De Biomasa Con Matriz Anular KMPM42 54
Ilustración 11-10-Refrigerador A Contracorriente - SERIE SKLN 55
Ilustración 11-11-Elevador de cangilones 56
Ilustración 11-12-Envasadora de Big Bag 57

1. OBJETO

"Cuando piensas de manera positiva, cosas buenas suceden".

-Matt Kemp-

El presente proyecto tiene como objetivo, diseñar, proyectar y ejecutar una industria de producción de pellets con los restos de origen forestal, siempre que la rentabilidad económica del mismo lo haga viable.

Se establecerán las bases técnicas y económicas que favorezcan la inversión inicial y el posterior proceso productivo. Todo ello, tras un estudio de dimensionado y localización previo.

La enmarcación de la planta se localiza en el Polígono Industrial Los Olivares (Jaén).

2. ALCANCE

"Un pensamiento positivo le permitirá hacer todo mejor de lo que lo haría un pensamiento negativo".

-Zig Ziglar-

El alcance de este proyecto será determinar el diseño básico del proceso de producción de pellets de madera, su implantación y el estudio de la viabilidad de ejecución del mismo.

Para el desarrollo del proyecto se ha realizado un estudio previo de los antecedentes que ha incentivado la posible viabilidad de la actividad a proyectar, exponiendo características y tipología del producto, su consumo y situación en el mercado.

Para la implantación final de la planta se realizará un estudio sobre las posibles ubicaciones y tamaños adecuados para desarrollar la actividad mencionada.

A su vez, es alcance del presente proyecto el estudio y dimensionado de las instalaciones y equipos necesarios para la fabricación del producto final; así como la revisión de los planos de los equipos, verificando que cumplan con las normas y estándares de seguridad industrial. Todo ello irá acompañado de diagramas que facilitarán la comprensión del proceso.

El proyecto incluirá una lista inicial de equipos y el correspondiente estudio para la selección de proveedores de equipos desde el punto de vista económico-financiero obteniendo un presupuesto final y unos costes de operación.

A lo largo del desarrollo del proyecto serán de notable importancia los aspectos medioambientales así como el impacto y repercusión de los mismos en el diseño del sistema productivo.

3. ANTECEDENTES

El éxito es el resultado de la perfección, el trabajo duro, el aprendizaje a partir del fracaso, la lealtad y la perseverancia.

-Colin Powell-

3.1. Historia del pellet

Puede parecer extraño pensar que el pellet lleva produciéndose desde hace más de un siglo por medio de técnicas de prensado y en un formato de pequeños elementos cilíndricos a partir de múltiples tipos de materiales de desecho para diferentes propósitos como pueden ser calefacción, fertilización de campos, alimentación de animales, etc.

Algunas compañías a mediados de los años 70, se especializaron en la fabricación de maquinaria para la alimentación de animales, pero profundizaron poco en la investigación de este mismo formato para la calefacción doméstica e industrial. El motivo principal para el poco desarrollo en aquella época fue que los combustibles fósiles todavía eran muy económicos; por lo que nunca llegó a despegar el mercado de maquinaria destinada a la fabricación de combustible a partir de biomasa.

Realmente no fue hasta finales del siglo 20 y principios del siglo 21 que la investigación y la proliferación de éste producto avanzó. La creación de calderas y nueva maquinaria alrededor del formato del pellet tuvo un gran empuje e incluso hoy en día, las empresas se apresuran en resolver los problemas y dificultades que conllevan la continua aparición de casi infinitos materiales de desecho y la diversidad de materiales a peletizar; desde los plásticos y derivados múltiples del petróleo hasta las infinitas variedades de biomasa.

Cada día que aumenta más de forma irremediable los precios de los combustibles fósiles como el gas y el petróleo y su cada vez mayor escasez, junto con el cambio climático, hacen que el combustible basado en el formato del pellet resulte ser económico y limpio como materia prima en calefacción. También como energía alternativa que contribuye a reducir las emisiones nocivas a la atmósfera. Es una línea de negocio ideal fuera de las variaciones de los precios en los mercados de otros combustibles; siendo además una fuente de ingresos fiable de larga duración.

3.2. Motivos para la recuperación de desechos de madera

El vertedero no debería ser jamás el destino final para la madera. [4]

- ✓ Porque hoy acaban en los vertederos miles de toneladas de madera cuya recuperación evitaría la tala de millones de árboles.
- ✓ Porque es necesario valorizar los residuos para un mejor aprovechamiento de los recursos naturales y por respeto al medioambiente.
- ✓ Porque la sostenibilidad es usar racionalmente los recursos naturales garantizando su disponibilidad para las generaciones futuras.
- ✓ Porque la lucha contra el cambio climático y el cumplimiento de los compromisos de Kioto exigen una actuación sostenible en todos los ámbitos.
- ✓ Porque con la recuperación de la madera se disminuye considerablemente el porcentaje de madera virgen empleada en la fabricación de tableros.
- ✓ Porque la madera es un residuo voluminoso, por lo que su recuperación minimiza de manera notable la ocupación de vertederos.
- ✓ Porque se obtiene una fuente renovable de energía (biomasa), distribuida por todo el territorio nacional.
- ✓ Porque aumenta la conciencia ecológica de la sociedad porque sus residuos se gestionan adecuadamente.
- ✓ Porque se generan puestos de trabajo y un desarrollo socioeconómico muy disperso.

3.3. Tipos de pellet

El sistema de certificación de la calidad ENplus® se basa en la norma Europea EN 14961-2 la cual se refiere a los pellets de madera para uso no industrial.

En ella se dividen a los pellets de madera en tres calidades: La clase A1 representa pellets de madera virgen y residuos madera sin tratar químicamente, con bajos contenidos en cenizas, nitrógeno y cloro. Los combustibles con un contenido ligeramente más alto en cenizas, nitrógeno y/o cloro estarán dentro de la clase A2. En la clase B se permite utilizar también madera reciclada y residuos industriales aunque en ambos orígenes no se acepta maderas que hayan sido tratadas químicamente y de hecho hay valores máximos muy estrictos para los metales pesados.

El sistema ha sido desarrollado por la Asociación Alemana del Pellet (DEPV) y por la Asociación Austriaca de productores de Pellets (Pro Pellets Austria). Los derechos de la marca ENplus los posee el European Pellet Council (EPC) y cede en cada país los derechos a cada Asociación nacional (Avebiom en el caso de España).

En España la asociación nacional encargada de la implantación del sistema ENplus® es Avebiom desde la cual se coordinan las solicitudes de los productores y/o comercializadores con las distintas entidades que realizan las auditorias tanto documentales como analíticas del pellet.

3.4. Aplicaciones de los pellets de madera

El pellet de madera se puede utilizar y aplicar prácticamente en cualquier proceso que requiera calor y necesite una combustión para ello, bien sea en procesos domésticos (calefacciones de leña y madera, para chimeneas) o también en procesos industriales (procesos de secado industriales), y también para calefacción para hoteles, y diversos tipos de comunidades, etc.

3.5. Empresas de pellets de madera en España

3.5.1. Empresas productoras de pellets de madera en España

En la actualidad, existen numerosos productores de pellets certificados en España que son los siguientes:

- Pellets Asturias (Asturias)
- Bioterna, S.L. (Navarra)
- Pellets y Virutas de Galicia S.L. (Ourense)
- Hijos de Tomás Martín S.L. (Burgos)
- Energías Renovables Tarazona S.A. (Albacete)
- Aprovechamientos Energéticos del Campo S.L. (Jaén)
- Ribpellet (Burgos)
- Amatex S.A. (Cabrejas del pinar)
- Gesbrick S.L. (Navarra)
- Accuore Inversiones S.L. (Burgos)
- Galpellet S.L. (Orense)
- Biomasa Forestal S.L. (La Coruña)
- Ecowarm de Galicia S.L. (La Coruña)
- Aplicacions Energetiques de la fusta S.L. (Barcelona)
- Coterram Generación (León)
- Palets J. Martorell (Santa Coloma de Farners)
- Biomasa del Aneto (Huesca)
- Iberia Biomass (Granada)
- Arcillex S.A. (Madrid)

Ilustración 3-1-Empresas productoras de pellets de madera en España [9]

3.5.2. Empresas distribuidoras de pellets de madera en España

Actualmente en España existen algunos distribuidores de pellets certificados:

- Axpo Iberia S.L. (Madrid)
- Carsan Biocombustibles S.L.
- Biomasa Forestal S.L. (La Coruña)
- Aplicacions Energetiques de la fusta S.L. (Barcelona)
- Probiomassa Producció
- Biyalia Energía Natural (La Rioja)
- Gestcalor S.L. (Pontevedra)
- Bolume Enerxia S.L. (Ourense)
- Carbón Verde Energía S.L. (León)
- Energía Natural del Norte S.L. (La Rioja)

3.6. Análisis de materia prima

Para fortuna de la industria del pellet, este puede fabricarse a partir de una gran variedad de materias primas diferentes como pueden ser [2]:

- Palé: El palé de madera es la plataforma horizontal que se emplea como base para el transporte de mercancías y lo genera como residuo toda la industria.
- Restos de construcción y derribo: En la construcción se utiliza madera para el encofrado, vigas, soportes, puertas y ventanas, etcétera, que suelen ser desechadas tras su primer uso.
- Restos de poda: Con las tareas de mantenimiento y cuidado de los árboles, tanto en monte como en los núcleos urbanos, se generan residuos de madera en forma de troncos, ramas y hojas.
- Recortes: Éste es el residuo de madera más frecuente. Se trata de trozos de madera de forma variada y de dimensiones que van desde varios centímetros a más de un metro. Se generan fundamentalmente en las empresas relacionadas con el sector de la madera y el mueble.
- Serrín y viruta: El serrín es madera en polvo generada en los procesos de transformación y de corte. La viruta tiene un tamaño algo mayor. Se generan fundamentalmente en la fabricación de muebles y carpintería.
- Envases de madera: Pueden ser de pequeño tamaño (p. ej. cajas de fruta) o de gran tamaño (p. ej. transporte de piezas de maquinaria). Los grandes mercados de alimentación son puntos importantes de generación de pequeñas cajas como residuo.
- Muebles, puertas, etc: Son en general residuos voluminosos y pesados. Los generan los propios ciudadanos al deshacerse de su mobiliario.
- Bobinas: Las grandes canalizaciones de material flexible (cables, mangueras, etc.) son enrolladas en bobinas de madera que pasan a ser un residuo una vez utilizadas.
- Madera tratada: Por último, se generan algunas otras tipologías de residuo de madera como son traviesas usadas, postes usados, etc.

3.7. Análisis de consumo actual de pellets de madera en España

De acuerdo con los objetivos establecidos en el REAP nacional (Plan de Acción en Energías Renovables), España debe consumir de 9 a 11 millones de toneladas anuales de biomasa para calefacción en el año 2020.

Un objetivo asequible, teniendo en cuenta toda la biomasa española que cada año se queda en los bosques (se utiliza sólo el 29% de la biomasa anual disponible para todos los usos industriales de la madera).

Es muy difícil estimar el consumo actual de pellets de madera en España ya que no hay cifras oficiales y los productores son reacios a hacer público este tipo de información. El último dato (2010) de la asociación de productores (Apropellets) afirmaba que en España se consumían alrededor de 60.000 toneladas y el resto de la producción anual se exportaba. Otras cifras de Propellets Austria y Pelletsatlas situaban el consumo interno español en 95.000 toneladas en 2010.

3.8. Análisis de capacidad y producción de empresas dedicadas al sector en España

Fábrica, Localización	Capacidad (t/año)	Producción 2015 (t/año)
Afpurna, Huesca	10.000	s/d
Amatex S.A. ,Soria	35.000	15.000
Aprov. Energéticos del Campo, Jaén	15.000	s/d
Biomasa Forestal, A Coruña	60.000	20.000
Bioterm Agroforestal, Cordoba	15.000	s/d
Bioterna, Saguenza	12.000	5.130
Burpellet, Burgos	33.000	s/d
CalorPel, Navarra	10.000	3.000
Caryse, Toledo	48.000	5.000
Ebaki, Muxika	35.000	20.000
Ecoforest, Toledo	48.000	30.000
Ecowarm de Galicia, A Coruña	20.000	13.700
Erta, Albacete	32.000	s/d
Galpellet, Ourense	20.000	s/d
Magina Energía, Jaén	35.000	s/d
Mosquera Villavidal-Ecofargo, Ourense	14.000	8.920
Natural 21, Lleida	20.000	s/d
Pelets de la Mancha, Ciudad Real	20.000	s/d
Rebrot i Paistatge, Barcelona	25.000	s/d
Reciclados Lucena, Lucena	10.000	3.000
Renovables Biocazorla, Jaén	30.000	s/d
Ribpellet, Burgos	40.000	s/d
Top Pellets, Ciudad Real	20.000	s/d
Tresmasa, Salamanca	30.000	4.000
SCA Nuestro Padre Jesús, Jaén	9.800	s/d
Grans del Llucanes, Barcelona	9.600	4.000
Arketa Pellets, Navarra	600	s/d
Biomasas Herrero, Valladolid	1.000	1.000
García Varona, Cantabria	4.000	4.000
NaturFac, Valencia	3.000	1.000
Recuperaciones Ortín, Murcia	2.500	2.500
Solopellet, Cuenca	500	s/d

Tabla 1-Análisis de capacidad y producción de empresas dedicadas al sector en España [10]

3.9. Análisis de demanda de pellets de madera fuera de España

El mercado de pellets en España es bastante limitado e insuficiente para absorber toda la producción, lo que obliga a que una elevada proporción de la producción se exporte. [7]

Los pellets domésticos llegan principalmente a Portugal, Irlanda, Reino Unido, Italia y Francia.

Italia es el principal importador; consume el 60% de la producción total anual española en bolsas de 15 kg, que llegan hasta allí en camiones.

Los productores señalan que la mitad de los beneficios se pierden debido a la logística y desean ver un mercado de biomasa para calefacción más desarrollado en España, lo que permitiría un aumento de la demanda de pellets.

En cuanto a pellet industrial, los clientes se encuentran principalmente en el Reino Unido, Bélgica y Suecia.

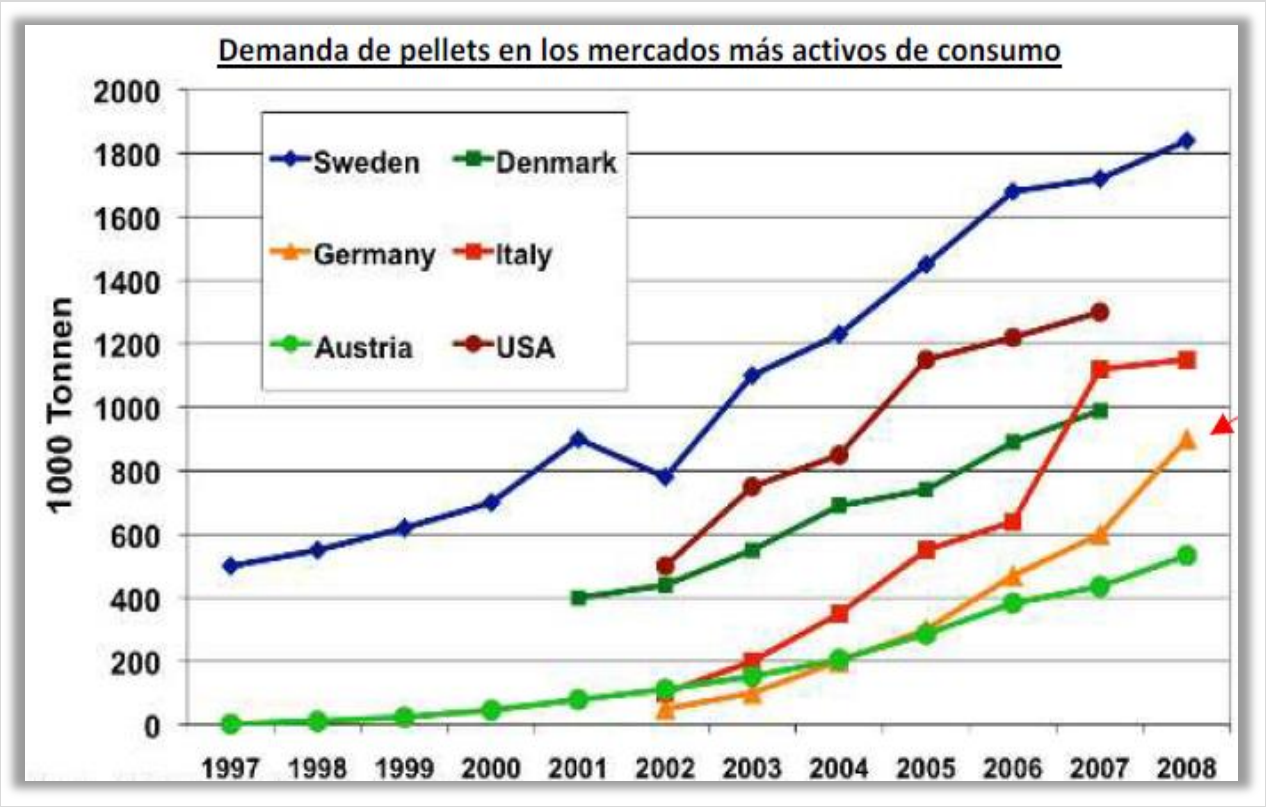


Ilustración 3-2-Crecimiento de la demanda de pellets en el mercado Europeo. [11]

3.10. Análisis de potencial técnico de biomasa en Andalucía

En la siguiente tabla se muestra las miles de toneladas equivalentes de petróleo (ktep) técnicamente aprovechables en Andalucía. [3] [5]

POTENCIAL TÉCNICO ANDALUCÍA (Técnicamente aprovechable)	Miles de toneladas equivalentes de petróleo (Ktep)
Biomasa Agrícola	1.321
Biomasa Ganadera	77
Biomasa Industrial	1.025
Biomasa Forestal	322
Cultivos Energéticos	620
Biomasa otros	591
TOTAL	3.958

Tabla 2-Potencial técnico Andalucía

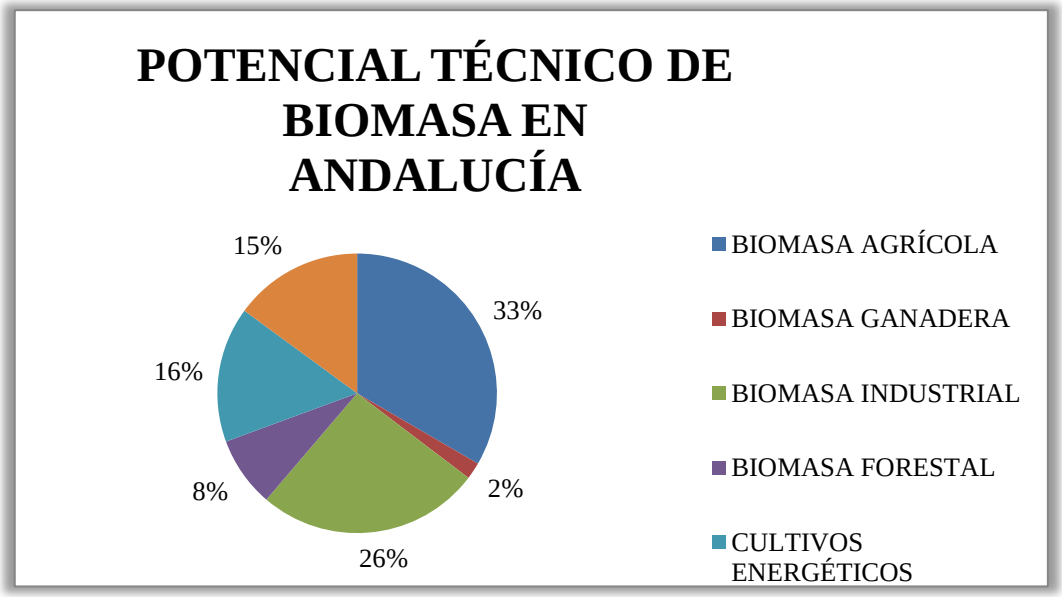


Ilustración 3-3-Potencial técnico de biomasa en Andalucía Fuente: SOFOS energía [www.sofos.es/biomasa]

Se puede apreciar, tanto en la tabla como en la gráfica, que la Biomasa agrícola es la que más potencial tiene respecto a las demás, seguida de la industrial.

3.11. Análisis de ventajas e inconvenientes

Son más las ventajas que las desventajas en uno de los productos estrella de la biomasa: los pellets o pellas. Sin embargo, habitualmente los usuarios se preocupan de conocer las características y las ventajas de unos combustibles frente a otros, sobre todo en un ámbito nuevo y en el que muchos consumidores son unos absolutos novatos. [8]

Los pellets son ecológicos por cuanto se obtienen de restos de serrerías y madereras.

Su tono satinado o brillante no se debe a ningún producto químico, sino que es distintivo del propio proceso de prensado de las maderas. Otra de sus ventajas es su facilidad de uso y su rendimiento respecto a leña o astillas. Ocupa menos espacio que la leña y su utilización es más fácil, al tener las calderas de pellets programados todos los parámetros para ahorrar combustible sin menoscabo de la efectividad en la calefacción.

4. ANÁLISIS DE SOLUCIONES

Sigue tu pasión, mantente preparado para el trabajo duro y el sacrificio
y, sobre todo, no permitas que nadie limite tus sueños.

-Donovan Bailey-

4.1. Tamaño de la planta

La capacidad de producción de la planta que se ha considerado adecuada para realizar el estudio de la Ingeniería Básica de la Planta de Producción de Pellets ha sido de 10.000 t/año

Se ha decidido esta capacidad tras conocer los datos de capacidad y producción de las empresas dedicadas al mismo sector y establecidas en España., disponibilidad de materia prima, consumo nacional e internacional, análisis de los procesos de fabricación, etc.

Existen numerosas fábricas repartidas por el territorio nacional con capacidad de producción superior a las 10.000 t/año pero pocas superan dicha cifra.

Para conseguir dicho ritmo de producción anual, es necesario alimentar el proceso con 2 t/h de materia prima; con lo que se obtiene un ritmo de producción de producto totalmente acabado (PELLET) de 1.24 T/h.

4.2. Análisis de localización de la planta

La situación ideal de una planta de producción es estar lo más cerca posible de la materia prima, procedente de la madera de olivo en este caso, para ahorrar costes de transporte y con unas comunicaciones ideales. También hay que tener en cuenta los accesos a la planta ya que se necesitará de maquinaria pesada y entrada continua de camiones.

Para la localización de la planta, es necesario tener en cuenta el entorno en la que es más apropiada su localización, es decir, si es más interesante situarla en una zona rural o en un polígono industrial. La gran ventaja de los polígonos industriales es que cuentan con la mayor parte de las infraestructuras necesarias ya construidas, además de la cercanía a los núcleos urbanos y a las principales vías de comunicación aunque es también la razón de que el coste del suelo sea mayor que en una zona rural. El ahorro en infraestructuras y el posicionamiento estratégico con las que cuenta un polígono industrial serán las razones principales para su elección final.

Ventajas de ubicar la fábrica en Polígonos Industriales:

ACCESIBILIDAD	PAVIMENTACIÓN
	CALZADA
	ACERADOS
REDES DE SUMINISTRO	ALUMBRADO PÚBLICO
	SISTEMAS DE DEPURACIÓN
	AGUA POTABLE
	HIDRANTES CONTRAINCENDIOS
COMUNICACIONES	TELEFONÍA
	SERVICIOS DE TELECOMUNICACÍON

Tabla 3-Ventajas de Polígonos Industriales

La localización de la planta de producción de pellets elegida se encuentra en el Polígono Industrial Los Olivares (Jaén) debido a:

A) La densidad energética superficial procedente del olivar en Andalucía. [5]
B) Las ventajas de ubicar la fábrica en Polígonos Industriales mencionada anteriormente.
C) La posibilidad de ampliar el negocio al mercado internacional debido a la existencia de puertos marítimos comerciales cercanos a la planta.

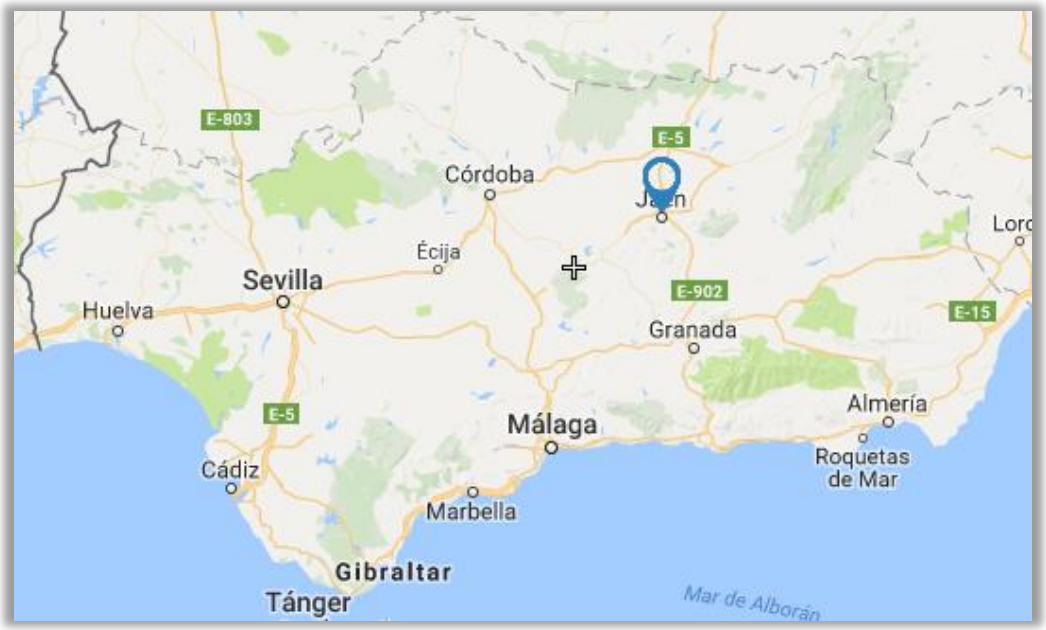


Ilustración 4-1-Localización geográfica de la planta de producción de pellets (1)

Ilustración 4-2-Localización geográfica de la planta de producción de pellets (2)

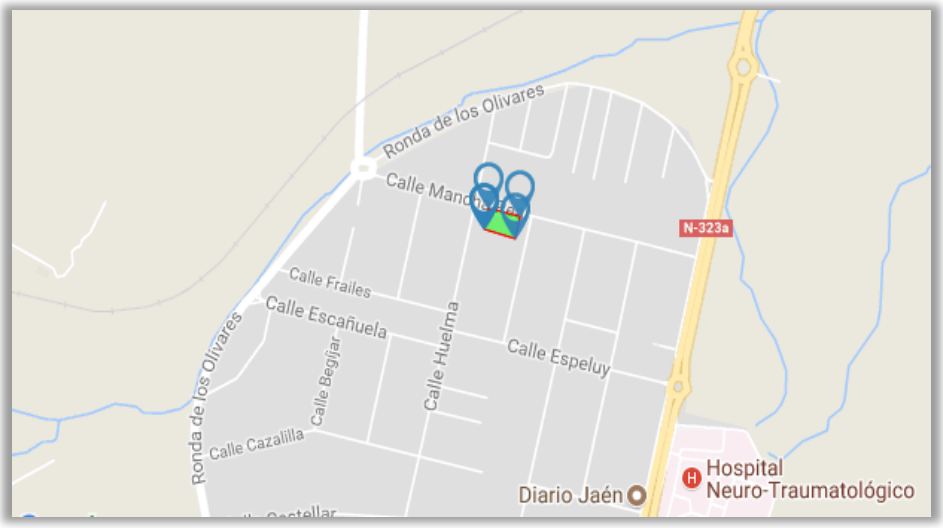


Ilustración 4-3- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (3)

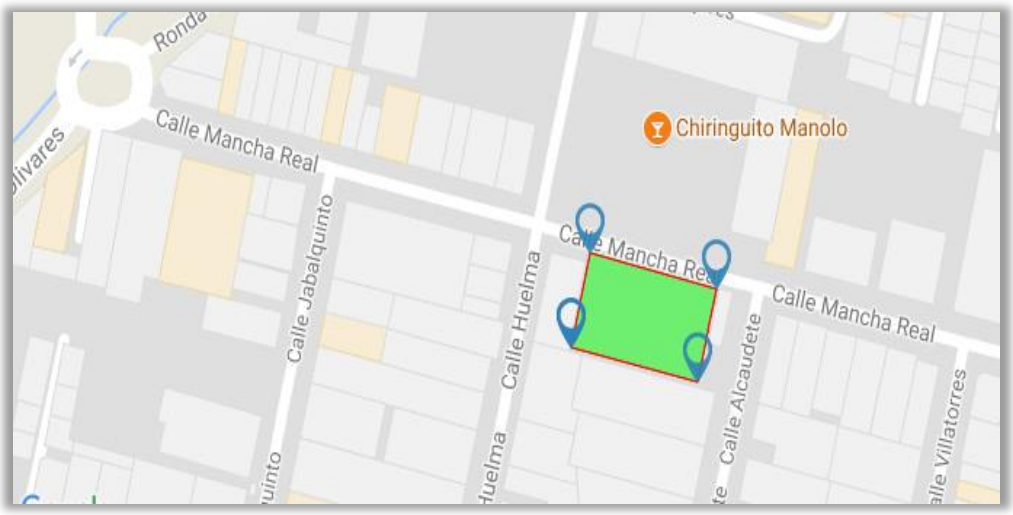


Ilustración 4-4- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (4)

Ilustración 4-5- Localización geográfica de la planta de producción de pellets (5)

Total Area Output

4443.181 m²
0.004 km²
1.098 Acres
0.444 Hectares
47826.003 Feet²

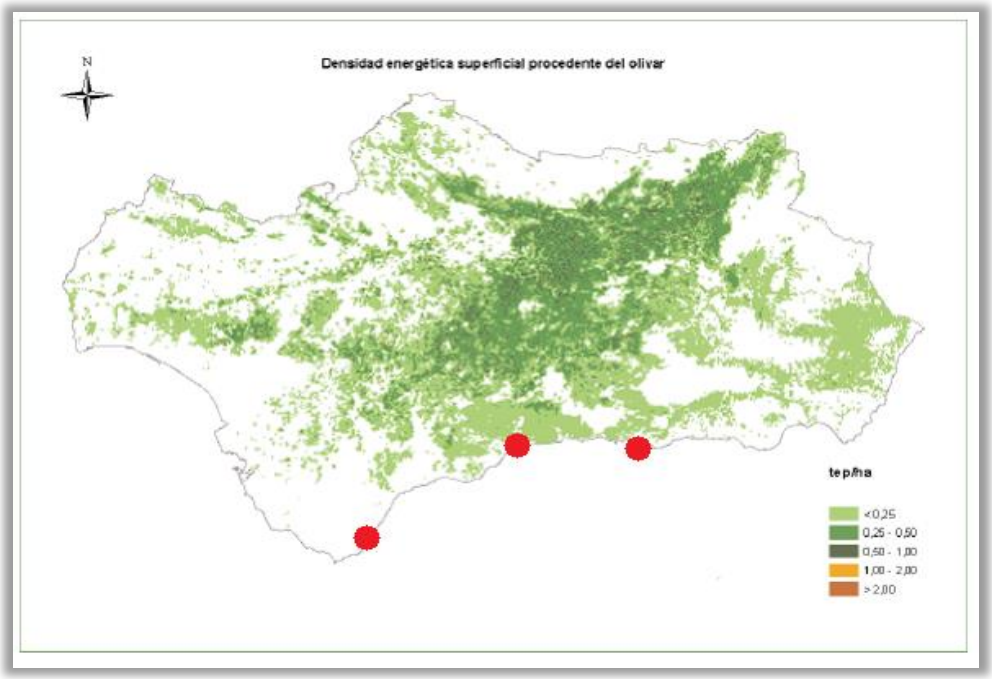


Ilustración 4-6-Localización geográfica de puertos comerciales más cercanos.[5]

Están señalados con puntos rojos los puertos más cercanos para la introducción del producto en mercados internacionales.

4.3. Estudio de alternativas

Para obtener el producto final deseado, este debe seguir un proceso por el cual primero es astillado para reducir el tamaño del material, secado para eliminar la humedad existente en la madera, molido hasta la granulometría deseada para posteriormente poder peletizarlo sin tener que añadir ningún tipo de aglomerante debido a que la propia madera posee lignina que actúa como aglomerante natural; finalmente el producto es almacenado y distribuido en Big-Bags.

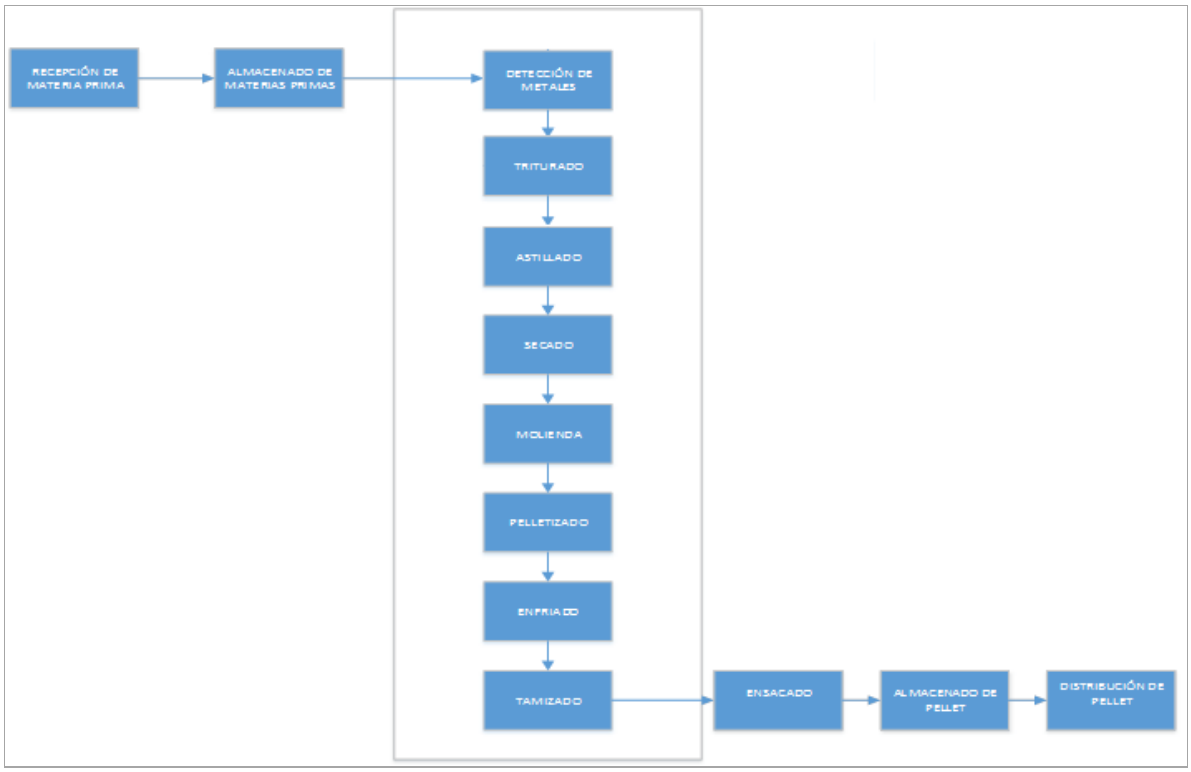


Ilustración 4-7- Diagrama de bloques del proceso

4.3.1. Materia prima

Los residuos que provienen de la industria de productos forestales pueden dividirse en dos clases: los que proceden de la recolección y extracción de trozas de los montes, y que se consideran en general de uso económico nulo para su ulterior elaboración, y los que generan las propias industrias forestales durante el proceso de fabricación de madera, tableros contrachapados, tableros de partículas, etc.

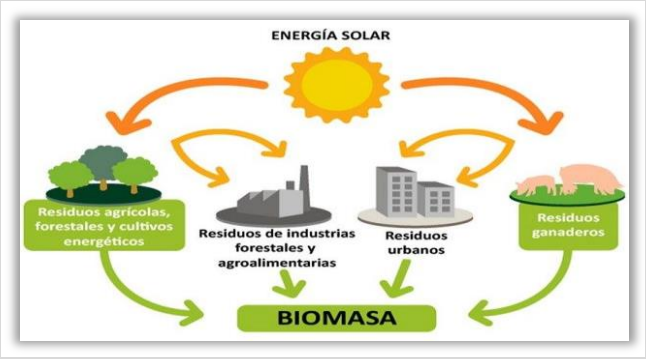


Ilustración 4-8-Ciclo de vida de residuos

En general, puede afirmarse que de un árbol corriente, se obtienen menos de las dos terceras partes para su ulterior elaboración, mientras el tercio restante o se queda abandonado, se quema o lo recogen como leña los habitantes del lugar. Después de la elaboración, sólo un 28 por ciento del árbol se convierte en madera aserrada, quedándose el resto en residuos.

Sólo en estos últimos años es cuando, debido a los efectos económicos del rápido aumento de los combustibles y de los costos de la madera, la industria de los países desarrollados ha invertido en procedimientos y medios para extraer la cantidad máxima posible de madera recuperable durante las operaciones de extracción.

Como materia prima principal se estima que será restos de poda del olivo, pero en el proceso de fabricación del pellet se permite el mezclado con otras maderas, por lo que la utilización de una materia prima u otra es flexible.

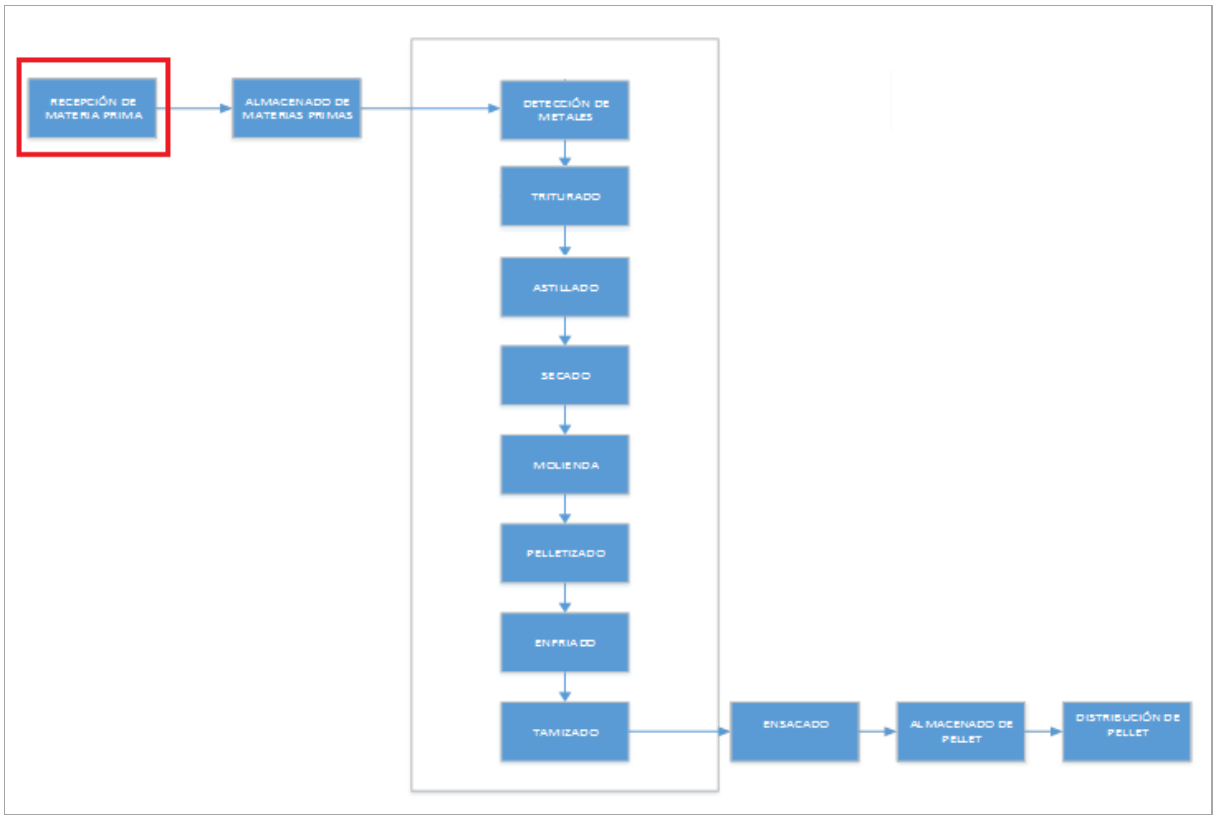


Ilustración 4-9- Materia Prima en Diagrama de Bloques

4.4. Análisis de alternativas posibles al pellet de madera

Se ha estudiado la astilla como alternativa al pellet. La astilla es un combustible fácil de producir, y tiene un precio muy competitivo. Las astillas de madera son un combustible local, no sujeto a crisis y respetuoso con el medio ambiente. Para la generación de astillas de madera no es preciso talar ningún árbol sano que pueda tener otras finalidades (por ejemplo; su uso para la producción de tablas, muebles, etc…). Cada año crece más madera de la que es utilizada. Para astillas de madera se pueden utilizar todos los tipos de restos de madera que ofrece la naturaleza, como por ejemplo, restos de madera procedentes de tormentas, corteza, ramas e incluso residuos de fábricas de muebles.

La producción y gestión de las astillas de madera la llevan a cabo principalmente empresas forestales o agricultores locales (principalmente en el caso de países centroeuropeos) que se encargan de dejar secar la madera durante unos cuantos meses y astillarla en trozos de unos 3 cm de longitud.

Un cuidadoso tratamiento y secado facilitan una óptima capacidad de almacenamiento y una combustión libre de problemas y con una mínima generación de ceniza, así como bajas emisiones. Dadas las características de la astilla, se trata de un combustible apto no sólo para instalaciones pequeñas sino sobre todo para instalaciones de mayor potencia (aunque puede ser usada perfectamente en calderas de menor potencia siempre y cuando esté preparada para este combustible). Por lo general, las astillas se producen en la región donde se consumen, ya que su densidad energética es inferior a la de los pellets: se trata de madera astillada y no prensada, como es el caso de los pellets. Por tanto, el transporte de las astillas será más costoso.

Una de las grandes ventajas de las astillas es que su calidad no es tan importante como en el caso del pellet, y su aprovechamiento contribuye a la limpieza de los bosques y a la creación de puestos de trabajo. Para el usuario es importante saber, que necesitará un espacio de almacenamiento mayor que el de los pellets. Las calderas de astillas son totalmente automatizadas y no tienen límite de tamaño, pudiendo alcanzar potencias de incluso varios MW térmicos. El rendimiento y el confort son los mismos que los de las calderas de gas, gasóleo o pellets. Por sus características de automatización y ahorro de actividad, los sistemas de astillas están especialmente indicados para la calefacción en edificios de tamaño medio o grande, como hoteles, escuelas, comunidades, hospitales y centros comerciales.

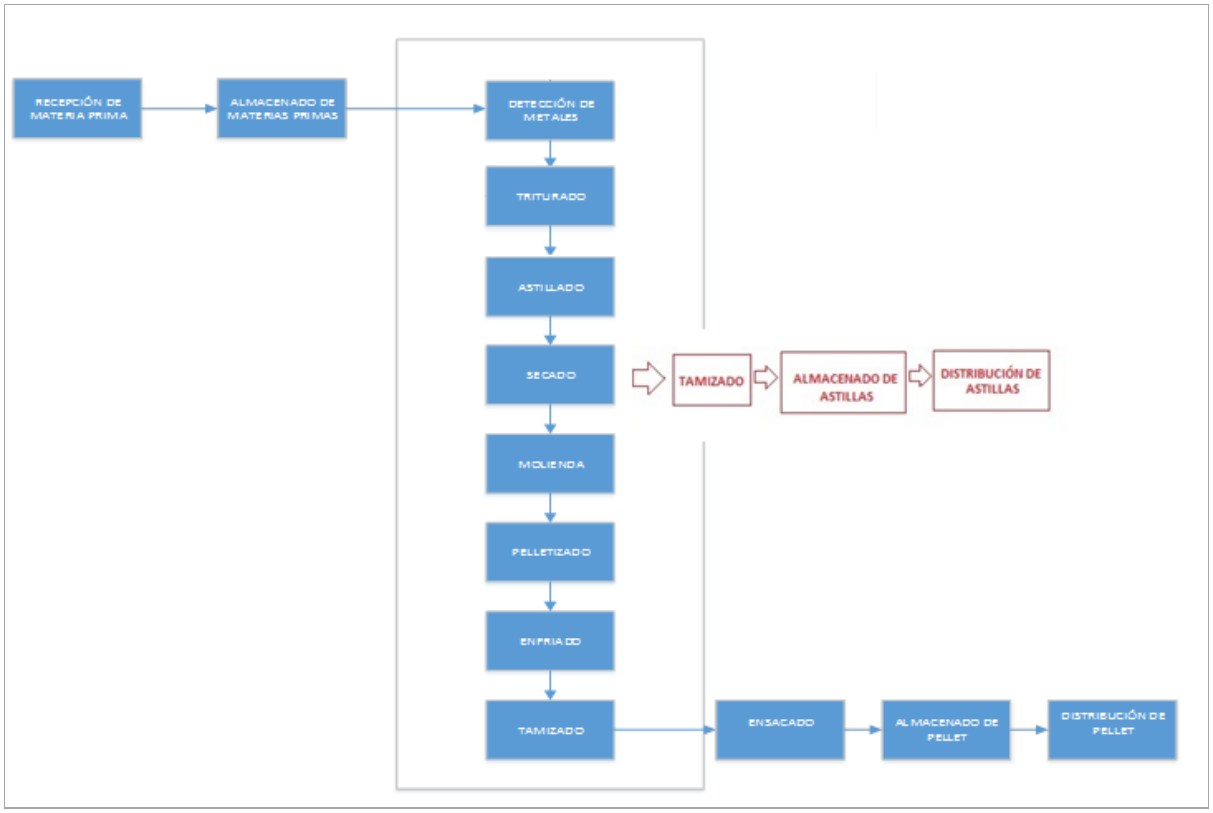


Ilustración 4-10- Diagrama de Bloques, alternativa de astillas

4.4.1. Análisis del tratamiento de la madera para la producción de pellets

El pellet es un tipo de combustible granulado de forma alargada a base de madera triturada. El proceso de fabricación se realiza mediante prensado, siendo la propia lignina de la madera la que actúa de aglomerante. No necesita pegamento ni ninguna otra sustancia aglutinante más que la misma madera.

El proceso de peletización efectúa un trabajo de compresión en el producto de forma continua, reduciendo el volumen de la materia prima de 3 a 5 veces. En el proceso se comprime la materia y se trasforma en un pellet sólido de diámetro entre 6 y 8 mm y unos 20 mm de longitud a una temperatura de unos 80ºC. Este proceso les da una apariencia brillante como si estuviesen barnizados.

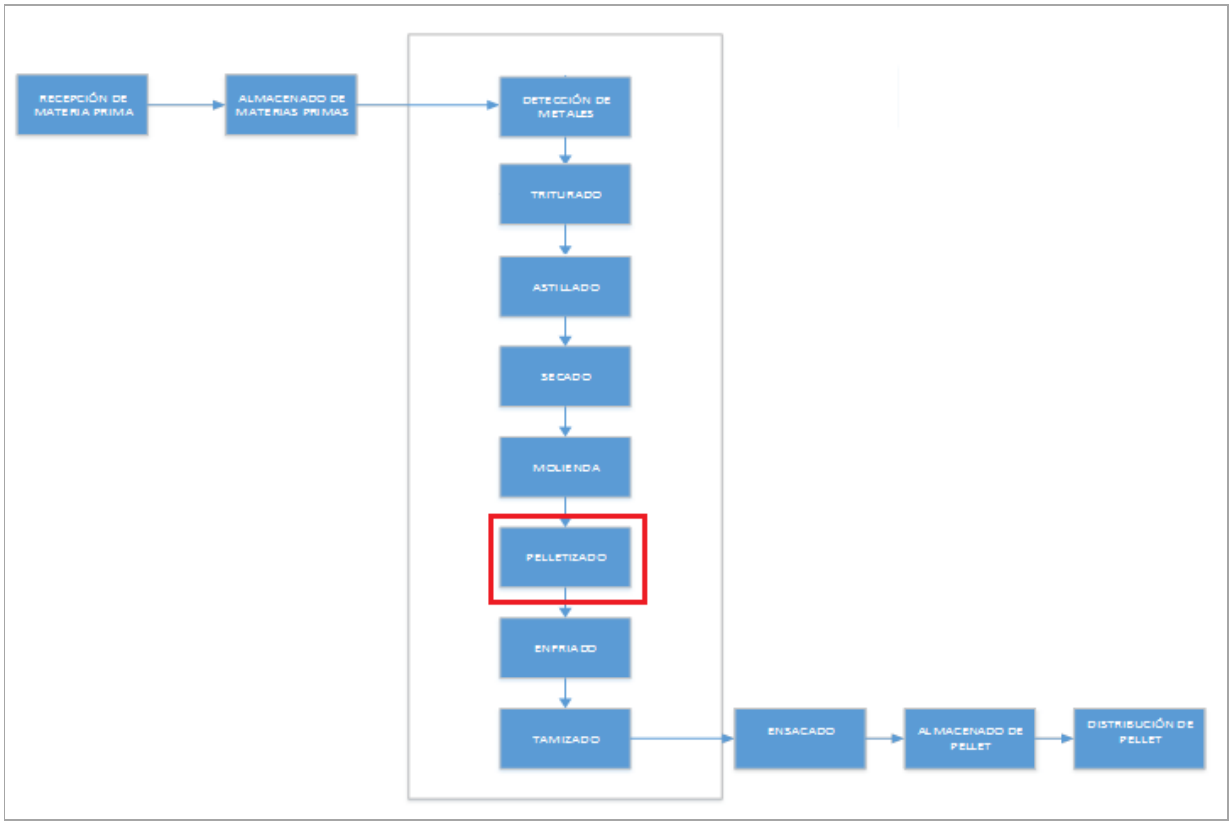


Ilustración 4-11- Diagrama de Bloques, Peletización

4.4.2. Análisis de combustible utilizado para el quemador.

Como combustible para alimentar el quemador se han estudiado 2 opciones_

- A. Astilla seca producida en la planta. PCS=3400 kcal/kg
- B. Pellet producido en la planta. PCS=4600 kcal/kg

La diferencia en consumo energético entre alimentar el quemador con uno u otro es que para la alimentación del quemador sea pellets, la materia prima tiene que pasar por los mismos equipos que

para astillas además del molino de finos, peletizadora y enfriadora. Para la astilla no sería necesario que pasara por ninguno de estos tres últimos equipos.

Por lo tanto, para alimentar el quemador con pellet (≈77 kg/h), el consumo energético de cada uno de los equipos mencionados anteriormente sería:

- Molino de finos → 3,3 kW
- Peletizadora → 3,79 kW
- Enfriadora → 0,05 kW
- TOTAL → 7,14 kW

Conociendo el precio de 0.05 €/kW resulta un consumo de diferencia de precio respecto a alimentar el quemador con astillas de 0,357 €/h.

Se toma la decisión de alimentar el quemador con pellet debido a los siguientes motivos:

- ✓ El gasto con respecto a utilizar astillas es mínimo.
- ✓ El PCS del pellet es superior al de la astilla.
- ✓ El pellet es más sencillo de almacenar.
- ✓ Utilizando pellet se eliminan productos intermedios.

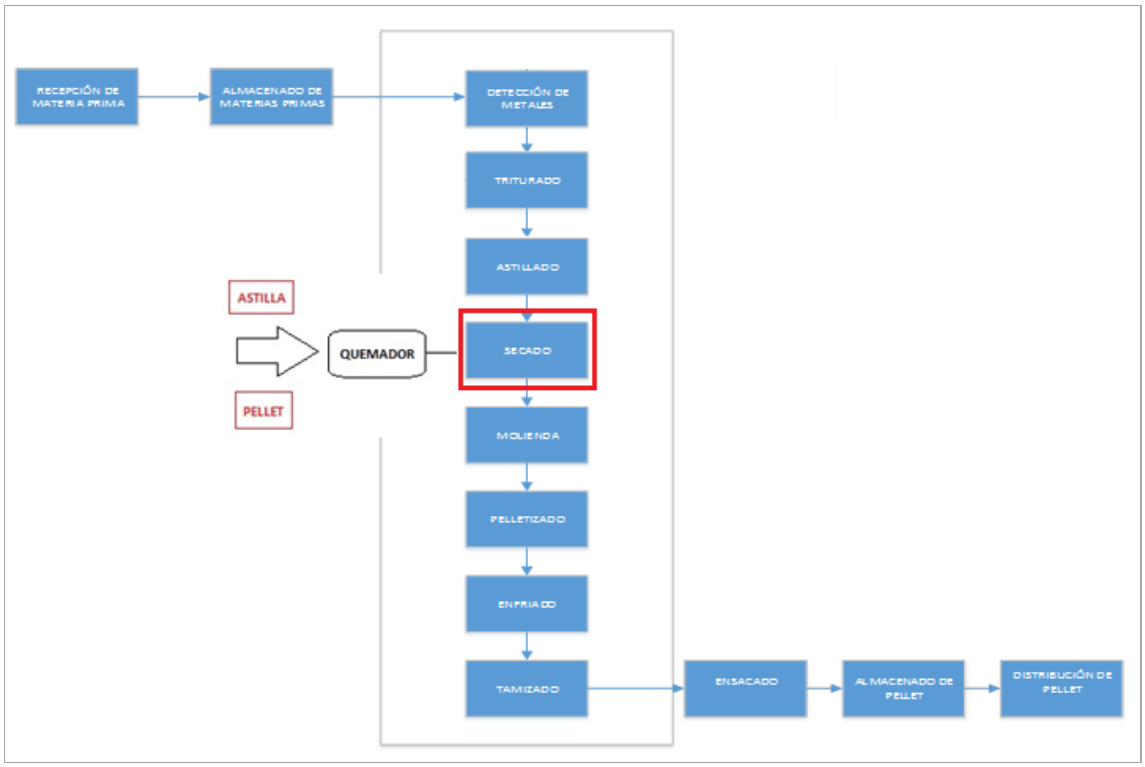


Ilustración 4-12- Diagrama de Bloques, Peletización

4.4.3. Análisis de gas de secado

Para el secado de la materia prima en el tromel se necesita un gas de secado; dicho gas de secado puede ser aire precalentado en un intercambiador de calor o los propios gases de combustión procedentes del quemador.

Está claro que en todos los intercambiadores se producen pérdidas de energía por lo tanto parece más lógico utilizar directamente los gases de combustión. Existe solamente un factor a tener en cuenta importantísimo a la hora de secar la materia prima con dichos gases de combustión; el contenido de cenizas que se transmite a la materia prima.

Suponiendo el peor de los casos en la que toda la ceniza procedente de quemar los pellets en el quemador se depositase en la materia prima, el porcentaje de cenizas en la materia prima seguiría cumpliendo la normativa ENplus [6] con un % en cenizas aproximado de 0.17%; algo que no sucede porque la ceniza en el quemador es vaciada.

Ilustración 4-13-Sistema de Certificación de la Calidad [6]

4.4.4. Análisis de dimensionamiento de los almacenes de materia prima y producto terminado.

a) Almacén de materia prima

La finalidad del almacén es proteger de los agentes externos atmosféricos la materia prima y tenerla preparada para su inmediata utilización en el proceso. Además de servir a la planta con cierta autonomía de materia prima. La materia prima sería apilada a granel.

Consumo de materia prima en 5 días:

$$2\frac{T}{h}\cdot 24\frac{h}{día}\cdot 5\ días = 240\ T$$

$$240\ T\cdot 1000\frac{kg}{T}\cdot\frac{1m^3}{250kg} = 960\ m^3\ para\ acopio\ de\ 5\ días$$

Teniendo en cuenta el apilamiento del material, se necesitará una superficie de 450m^2 y una altura de 8m para proporcionar autonomía a la planta de 5 días.

b) Almacén de producto terminado.

Tras el envasado de Big-Bags con los pellet, se llevan al almacén de productos terminados. El dimensionamiento de dicho almacén ha sido estudiado para un acopio de 1 semana.

Producción de pellets en 7 días:

$$1´24\frac{T}{h}\cdot 24\frac{h}{día}\cdot 7\ días \approx 210\ T$$

$$210\ T\cdot 1000\frac{kg}{T}\cdot\frac{1m^3}{630kg}\approx 335m^3$$

La superficie y altura requerida para el almacén de producto terminado será 430m^2 y 8m respectivamente. Teniendo en cuenta que el producto terminado será distribuido en Big Bags (90x90x100cm), que la ensacadora de Big Bags está dentro del almacén, y que se necesita espacio para maniobrar los dichos Big Bags.

El almacén de pellets debe limpiarse cada año ya que la capacidad del almacén es superior a las 15 toneladas, según normativa.

Cabe resaltar la necesidad de garantizar la seguridad en los almacenes cerrados, ya que conllevan un riesgo, y minimizar el número de intervenciones respetando unas normas de seguridad.

A su vez es de notable importancia en el almacenamiento el contenido de monóxido de carbono. Antes de entrar a un almacén se debe ventilar al menos 15 minutos. Si la capacidad es superior a las 10 toneladas se debe medir la concentración de CO. Estas medidas de seguridad y otras se deben indicar de forma clara a la entrada de los almacenes.

5. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

Los camiones de materia prima serán pesados en básculas de camiones (BC) a la entrada de la planta para contabilizar los kilogramos de materia prima que son introducidos en fábrica. Dichos camiones de materia prima descargarán a una nave de almacenamiento que estará organizada y dividida según materia prima; además de estar debidamente separada por pasillos que proporcionará maniobrabilidad a la pala cargadora encargada del traslado de materia prima desde el almacén hasta una tolva inicial del proceso (T-0) que alimenta a una cinta transportadora (CT-1). Ésta posee un eliminador de impurezas magnético (DM-1) para evitar así que se introduzca cualquier elemento metálico que pueda afectar al resto del proceso o dañar cualquiera de los equipos posteriores. Si la materia prima es demasiado grande para poder astillar directamente, la planta dispone de una trituradora (TR-1) que descarga a la misma cinta que la tolva inicial anteriormente mencionada La cinta descargará las astillas húmedas sin metales (≈40% Humedad) en la tolva de alimentación (T-1) de la astilladora (A-1).

El proceso comienza cuando la materia prima húmeda es introducida en una astilladora (A-1); el material es empujado contra el tambor y es astillado con ayuda de sus cuchillas. La velocidad de la astilladora puede ser controlada y modificada por el operario.

Una vez conseguido el tamaño ideal de 5mm en las astillas, estas son transportadas hasta el secador/tromel (SC-1).

Se procede al secado de la astilla con un secador rotativo (SC-1) alimentado con gases calientes de combustión procedentes del sistema de combustión de pellets/quemador (H-1) cuyo combustible son los mismos pellet fabricados en la planta. El flujo de gases de secado y material a secar estarán dispuestos a contracorriente para mayor eficiencia. Tras secar a las astillas húmedas y pasar a ser astillas secas (≈12% Humedad), los gases de combustión, junto con la humedad eliminada de las astillas, son filtrados y expulsados por la chimenea (CH-1).

El siguiente paso consiste en alcanzar finos de madera haciendo pasar las astillas secas por un molino de martillos (ML-1). Dicho molino deberá ser rápido y no necesitar un mantenimiento excesivo.

Dichos finos son impulsados con un ventilador centrífugo de impulsión hasta un ciclón que separa el aire (transporte neumático) de los finos, que se depositarán en un silo, a la espera de ser peletizados. Los finos son transportados e introducidos en el equipo de peletización (PTZ-1) con ayuda de un tornillo sinfín.

El equipo de peletización (PTZ-1) se encarga de convertir los finos en pellet con una humedad inferior al 10% y un diámetro de 3mm. No es necesario añadir ningún aglomerante ya que debido a la alta presión y al calor generado por la fricción, las ligninas y resinas contenidas en la madera se fluidizan y se convierten, en interacción con la humedad de la madera, en un adhesivo natural, que asegura la forma y estabilidad de los pellets. Ajustando la cuchilla de la peletizadora se consigue el tamaño de pellet deseado.

Tras conseguir el tamaño de pellet deseado, éstos son enfriados en la enfriadora (E-1) a contracorriente, se tamizan para eliminar las no conformidades en un tamiz vibratorio (TM-1); posteriormente son ensacados (EB-1) en Big-Bags y almacenados su hasta su distribución.

6. BALANCE DE MATERIA

Tabla 4-Balance de materia

	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23
MADERA (t/h)	2.00	2.00	1.83		0.01					1.34	1.29		1.29	1.23	0.06	0.06	1.29	1.29	1.27	1.27	0.03	1.24
C (t/h)	0.60	0.60	0.59		0.01					0.59	0.58		0.58	0.55	0.03	0.03	0.58	0.58	0.58	0.58	0.01	0.57
H (t/h)	0.07	0.07	0.07		0.0007					0.07	0.07		0.07	0.07	0.003	0.003	0.07	0.07	0.07	0.07	0.00	0.07
O (t/h)	0.50	0.50	0.50		0.0050					0.49	0.49		0.49	0.46	0.02	0.02	0.49	0.49	0.49	0.49	0.01	0.48
Ceniza (t/h)	0.02	0.02	0.02		0.0002			0.02		0.02	0.02		0.02	0.02	0.001	0.001	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0003	0.02
Etc (t/h)	0.01	0.01	0.01		0.0001					0.01	0.01		0.01	0.01	0.0003	0.0003	0.01	0.01	0.01	0.01	0.0001	0.01
H2O (t/h)	0.80	0.80	0.64							0.16	0.13		0.13	0.12	0.01	0.01	0.13	0.13	0.10	0.10	0.002	0.10
AIRE TRANSP NEUMATICO (m3/h)												339	339									
O2 (m3/h)				650.06	286.72	308.57			286.72													
N2 (m3/h)				3260.59	1438.15	1160.82			1438.15													
H2O (m3/h)				286.26	918.88				918.88													
CO2 (m3/h)				216.69	95.57				95.57													
Combustible Pellet (kg/h)							76.84															

7. BALANCE DE ENERGÍA.

Tabla 5-Balance de energía

Temp (K)	298	298	298	823	353	298	298	550	353	313	313	298	313	313	313	313	313	313	363	308	308	308
	F2	**F3**	**F4**	**F5**	**F6**	**F7**	**F8**	**F9**	**F10**	**F11**	**F12**	**F13**	**F14**	**F15**	**F16**	**F17**	**F18**	**F19**	**F20**	**F21**	**F22**	**F23**
ENTALPÍA MADERA (kJ/h)	150192	150192	148690		1761					154613	153067		153067	145413	7653	7653	153067	153067	177518	150621	3012	147609
Entalpía humedad (kJ/h)	996512	996512	796826							209832	169264		169264	160801	8463	8463	169264	169264	153629	130351	2607	127744
AIRE TRAN. NEUM												121045	127138									
ENTALPÍA O_2(kJ/h)				232794	102204	110583			102668													
ENTALPÍA N_2 (kJ/h)				1158185	255539	411926			510550													
ENTALPÍA H2O (kJ/h)				262642	843339				841983													
ENTALPÍA CO_2 (kJ/h)				97552	43025				43025													
TOTAL	**1146704**	**1146704**	**945516**	**1751173**	**1245868**	**522509**			**1498226**	**364444**	**322331**	**121045**	**449469**	**306214**	**16117**	**16117**	**322331**	**322331**	**331147**	**280973**	**5619**	**275353**

F5 (Gas antes de secar)					
kmol/h CO_2	3.21	**Kg/h CO_2**	141.28	**m^3/h CO_2**	216.685042
Kmol/h N_2	48.32	**Kg/h N_2**	1352.82	**m^3/h N_2**	3260.59397
Kmol/h H_2O	4.24	**Kg/h H_2O**	76.35	**m^3/h H_2O**	286.262808
Kmol/h O_2	9.63	**Kg/h O_2**	308.24	**m^3/h O_2**	650.055127
Kmol/h TOT gas comb	65.40	**Kg/h TOT**	1878.69	**m^3/h TOT**	4413.59695

F6 (Gas tras secado)			
kmol/h CO_2	3.21	**m^3/h CO_2**	95.573
Kmol/h N_2	48.32	**m^3/h N_2**	1438.148
Kmol/h H_2O	30.87	**m^3/h H_2O**	918.884
Kmol/h O_2	9.63	**m^3/h O_2**	286.719
Kmol TOT gas comb	65.40	**m^3/h TOTAL**	2739.325

F7 (Aire exterior)			
T aire ºC	20		
kmol/h Oxígeno esteq	3.21	Nm3 Oxígeno esteq	77.14
kmol/h Nitrógeno esteq	12.08	Nm3 Nitrógeno esteq	290.20
kmol/h Aire esteq	15.29		
Nm3/h Aire	367.35		
kg/h Aire esteq	443.40		
exceso aire comb %	300%		
kmol/h Oxígeno real	12.84	Nm3/h Oxígeno real	308.572138
kmol/h Nitrógeno real	48.31	Nm3/h Nitrogeno real	1160.819
kmol/h Aire real	1773.59		
Nm3/h Aire real	1469.39	Nm3/h Aire real	1469.39113
kg/h Aire real	1773.59		

F8 (Combustible pellet)			
T comb (ºC)	20		
Kg/h comb PELLET	76.84		
Kg/h H2O PELLET	6.15	kmol/h H2O	0.34
kg/h comb PELLET base seca	70.70		
Kg/h Carbono	35.35	kmol/h Carbono	2.95
Kg/h Hidrógeno	4.24	kmol/h Hidrogeno	4.24
Kg/h Oxígeno	29.69	kmol/h Oxigeno	1.86
Kg/h ceniz	1.06		
kg/h otros	0.35		

Calor en combustible (KJ/h)	1387304
Temperatura de gas comb ºC	550
Cp gases de secado (KJ/kmol K)	33.65
Calor en gas combustión kJ/h	1210200.5
T salida gases de secado ºC	90
Cp gases de combustión tras secado (KJ/kmol ºC)	30.98

8. DIAGRAMA DE BLOQUES

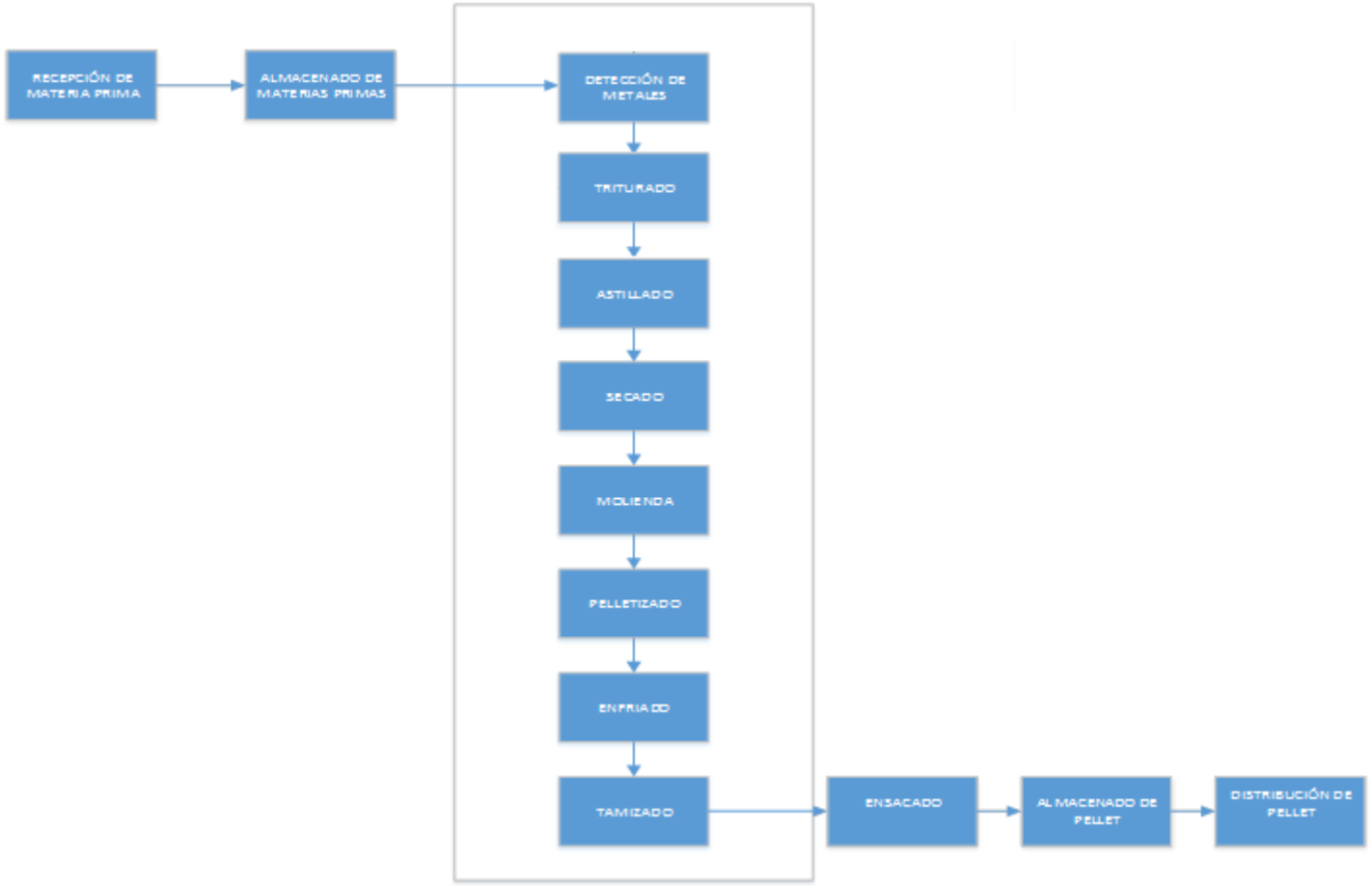


Ilustración 8-1- Diagrama de bloques del proceso

9. DIAGRAMA DE FLUJO

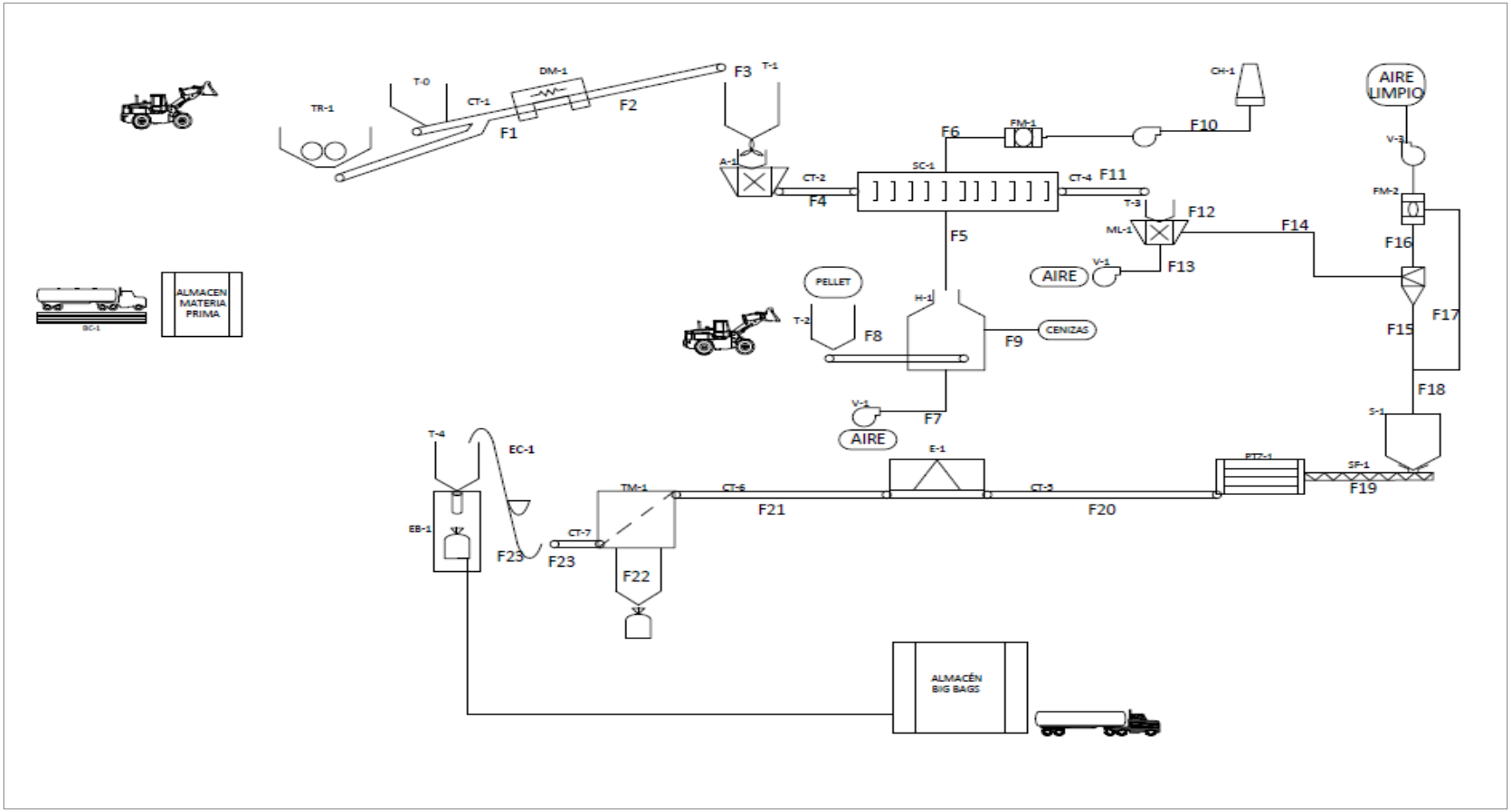


Ilustración 9-1- Diagrama de flujo del proceso

Tabla 6-Lista de corrientes y de equipos

CÓDIGO CORRIENTE	MATERIAL	CÓDIGO EQUIPO	NOMBRE EQUIPO
F1	Astilla húmeda con metales	**BC**	Báscula de camiones
F2	Astilla húmeda sin metales	**EC**	Elevador de cangilones
F3	Astilla húmeda sin metales	**CT**	Cinta transportadora
F4	Astilla fina húmeda	**DM**	Detector/Eliminador de metales
F5	Gases de combustión	**T**	Tolva
F6	Gases de combustión + humedad de astilla	**TR**	Trituradora
F7	Aire	**A**	Astilladora
F8	Pellet de combustión	**SC**	Secador/Tromel
F9	Cenizas	**H**	Quemador
F10	Gases de combustión + humedad de astilla	**V**	Ventilador
F11	Astilla seca	**FM**	Filtro de mangas
F12	Finos de madera	**CH**	Chimenea
F13	Aire neumático	**ML**	Molino
F14	Finos de madera + Aire neumático	**CL**	Ciclón
F15	Finos de madera	**S**	Silo finos madera
F16	Aire	**SF**	Tornillo sin fin
F17	Finos de madera	**PTZ**	Peletizador
F18	Finos de madera	**E**	Enfriador
F19	Finos de madera	**TM**	Tamiz
F20	Pellet a alta temperatura	**EB**	Envasadora de Big-Bags
F21	Pellet enfriado		
F22	Pellet rechazo (no conformidad)		
F23	Producto final (PELLET)		

10.IMPLANTACIÓN

1. *Báscula de camiones.*
2. *Almacén de materia prima.*
3. *Trituradora*
4. *Tolva recepción materia prima.*
5. *Tolva de descarga.*
6. *Astilladora.*
7. *Cinta transportadora.*
8. *Detector/eliminador de metales.*
9. *Tromel.*
10. *Filtro de mangas/ Aspirador/Chimenea.*
11. *Quemador.*
12. *Molino.*
13. *Silo*
14. *Filtro de mangas/ Aspirador/Chimenea.*
15. *Ciclón.*
16. *Tornillo sinfín.*
17. *Pelletizadora.*
18. *Enfriadora.*
19. *Tamiz vibratorio.*
20. *Elevador de cangilones*
21. *Ensacadora de BIG-Bag.*
22. *Almacén de producto terminado.*
23. *Máquina pala cargadora.*
24. *Maquina transportadora de Big-Bag.*
25. *Oficinas.*
26. *Parking.*

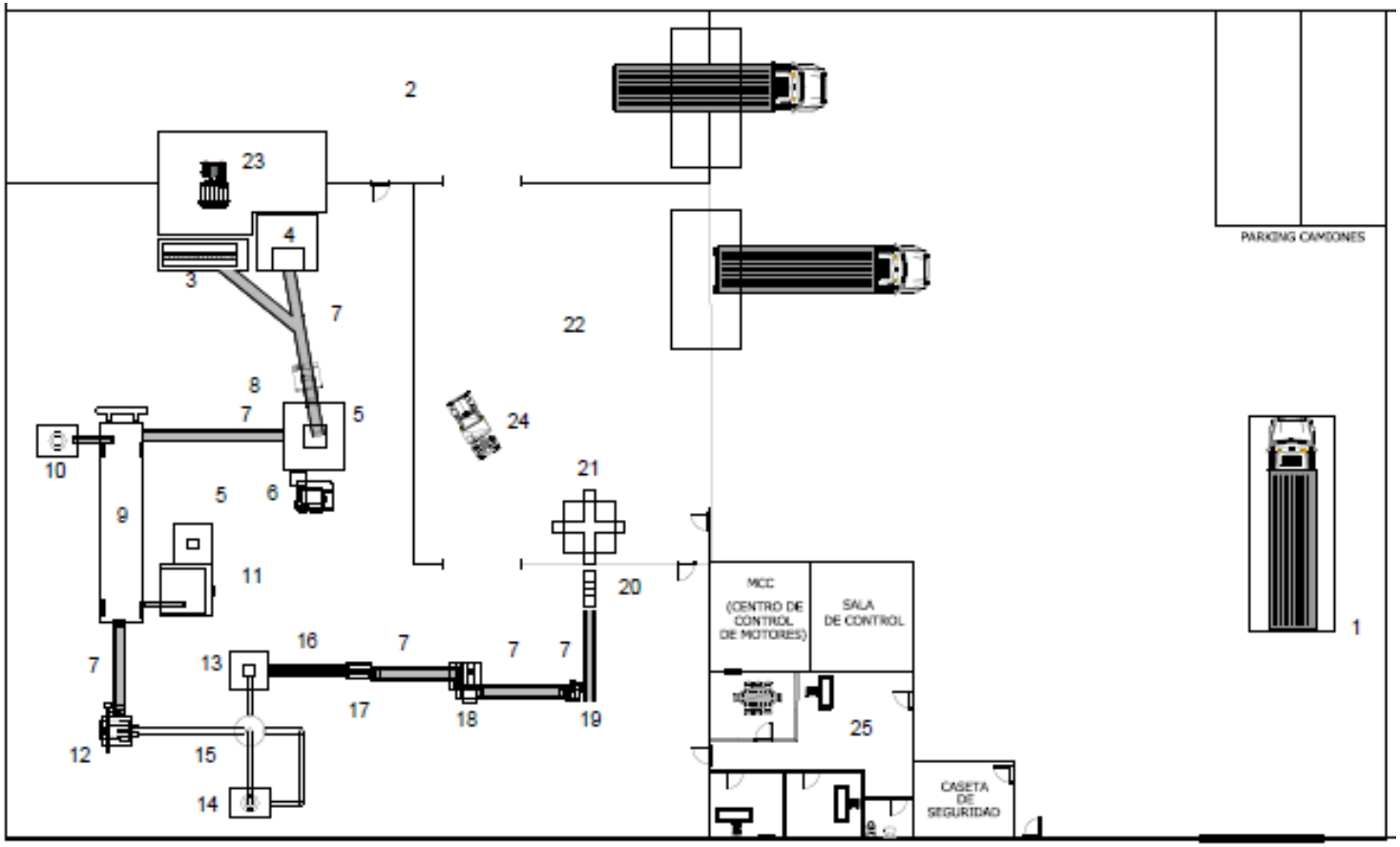


Ilustración 10-1- Diagrama de implantación de la planta

11.LISTADO DE EQUIPOS

La mejor preparación para un buen trabajo mañana es hacer un buen trabajo hoy.

- Elbert Hubbard-

11.1. BÁSCULA DE CAMIONES (BPPCE-18X3 60TN o similar)

El camión, a su llegada, se situará encima de la báscula. Ésta marcará su peso en bruto (con la mercancía), cuya diferencia con el peso del camión en vacío tras su descarga, proporcionará el peso neto de materia prima introducida en el almacén.

Las básculas para camiones aplican su presión o fuerza mecánica a las celdas de carga, convirtiendo así la energía en señal eléctrica.

La báscula para camión está constituida por un marco estructural capaz de soportar el peso de un vehículo de carga (camión o tráiler) sin deformarse, además de celdas de carga, cajas unión y un indicador.

La báscula para camiones es colocada, al igual que los rollos del tráiler, en tres direcciones. La presión de las ruedas es registrada por los sensores en las celdas de carga, que transforman la cantidad de presión (o fuerza mecánica) en una señal eléctrica.

Las señales eléctricas de todas las celdas de carga son enviadas a las cajas unión también llamadas sumadoras y que como su nombre indica suman todas las señales y la convierten a una señal tal que la misma pueda ser leída por un indicador electrónico de peso.

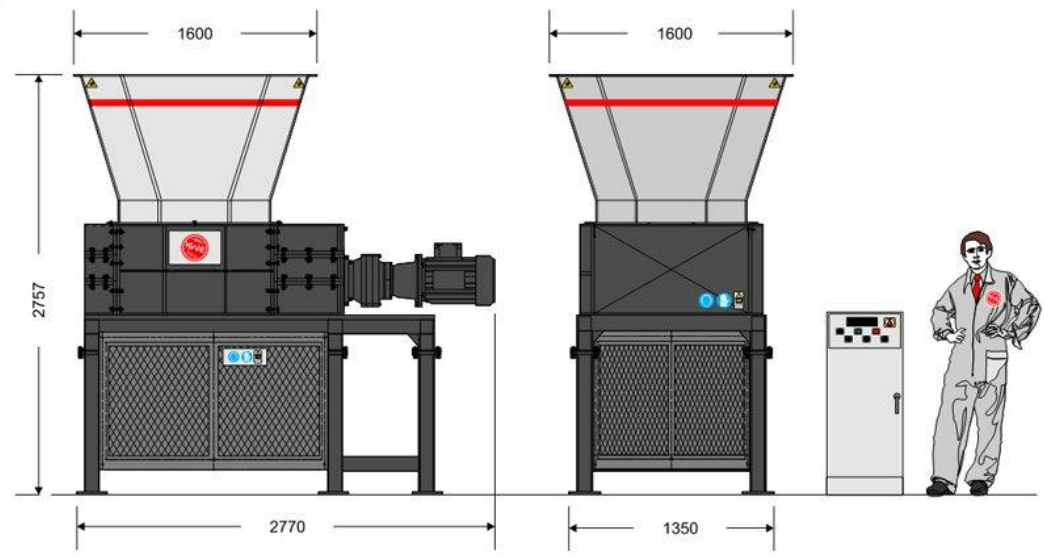
Ilustración 11-1-Báscula Bppce-18x3 60tn Pesacamiones.

11.2. TRITURADORA 100-100S o similar

Máquina de tamaño mediano sumamente polivalente apta a triturar numerosísimos materiales de desecho incluso voluminosos. Se puede montar en línea para funcionar de manera continua. Recomendada para triturar trozos de madera incluso de grandes dimensiones, trapos, plástico, colambre, neumáticos, papel, cartón, embalajes, cintas de polietileno, películas plásticas, botellas de PET, latas, recipientes en general, tapiz, parachoques, pequeños cofres, bacas enceradas, documentación de papel, mazarotas de comienzo y fin extrusión, etc.

Soporte de chapa de acero soldado eléctricamente de elevado espesor. Soportes para rodamientos de rodillos en rótula con sistema de estanqueidad contra polvos y líquidos; Placas laterales anti-desgaste intercambiables con espacio de separación de la cámara de corte desde las bridas porta-rodamientos. Ejes de elevado espesor con 25 fresas de acero especial antidesgaste y 25 discos introductores para facilitar el agarre de cuerpos voluminosos; Espesor herramientas: 40mm; Colocación gradual dientes fresas para una mejor toma y progresión de corte; N° 2 reductores epicicloidales con ejes de rotación paralelos al eje de la fresa; N°2 motores Siemens de 18,5 kW; Sistema de transmisión en baño de aceite con engranajes y piñones de acero; Cámara de corte con dimensiones de 1000x1000 mm.; Criba intercambiable que determina el tamaño del material triturado (opcional); Tolva de chapa soldada eléctricamente para la carga frontal o desde arriba dotada tapa corredera y bandas de goma anti fly-back; Base con n°3 redes de protección con portillo frontal dotado de micro de seguridad. Peso aprox. 5,5 t.

Modelo	**100-100S**
Potencia Instalada	37 Kw (18,5 + 18,5 Kw)
Transmisión	Por Engranajes
Número De Ejes Fresas	2
Número De Fresas Templadas (Esp. 40mm)	25
Número De Ejes De Introducción	2
Número De Discos De Introducción	25
N° De Rev. / Min. Fresas	18
Capacidad (t/h)	1,5-2,5



Trituradora modelo 100-100S

11.3. ASTILLADORA DE TAMBOR SERIE BX216 o similar.

La astilladora de tambor es un equipo avanzado para la producción de astillas que se utiliza en fábricas de papel y otras industrias relacionadas. La astilladora de madera también funciona como trituradora de madera y trituradora de leña en particular. Corta los troncos y pequeños trozos de madera y los convierte en astillas de gran calidad con la misma longitud y espesor. También es adecuada para triturar ramas grandes y pequeñas.

La longitud de las astillas varía según las necesidades de las industrias productoras de papel, tablas de fibra, tablones, etcétera. Para satisfacer estas demandas, nuestra empresa fabrica diversos tipos de trituradoras de madera y astilladoras de tambor, lo cual ha hecho posible que estas máquinas resulten ideales para la producción de astillas en mercados de todo mundo

Modelo	**BX216**
Diámetro del rotor (mm)	650
Número de cuchillas de rotor	2
Boca de alimentación	240x540
Velocidad de rotor (r.p.m)	590
Velocidad de alimentación (m/min)	38
Diámetro máx de stock procesado (mm)	200
Longitud de las astillas (mm)	35
Capacidad (m3/h)	12
Potencia de motor principal de accionamiento (kW)	55
Peso (T)	4,07
Tamaño general (LxAxA) (mm)	1980x1950x1250

Tabla 7-Características astilladora

Ilustración 11-2-Astilladora De Tambor Serie Bx216

11.4. SEPARADOR MAGNÉTICO SERIE DND-AC (Nm) o similar.

Este separador magnético especial sirve por una parte para capturar materiales metálicos para proteger las máquinas del sistema productivo contra los daños causados por objetos ferromagnéticos (piezas rotas de máquinas, tornillos, tuercas, hilos, etc.). Las impurezas ferromagnéticas extraídas del material situado en la cinta transportadora se conducen por medio de una cinta de descarga desde el separador hacia un pequeño espacio anexo a la cinta que recolectará dichas impurezas de proceso.

La placa magnética con limpieza automática para el funcionamiento sin interrupción se suspende sobre todo de forma transversal sobre una cinta transportadora, pero es posible instalarla también en paralelo con la cinta en su lugar de descarga (en un extremo de la cinta transportadora). El modo de colocación determina el tipo de imanes a usar: en caso de instalación longitudinal es posible usar imanes débiles en la placa magnética (porque la materia transportada está en estado aflojado en el lugar de descarga). Por el contrario si la placa gira 90° hacia el transportador, se recomienda usar los imanes más fuertes (porque la capa de material en la cinta transportadora puede ser más alta y más compacta).

En este proceso se utilizará longitudinalmente y con Neodimio.

Se trata de la línea de neodimio más fuerte, destinada sobre todo a las aplicaciones móviles donde se exige una eficiencia de separación extremamente alta en pequeñas capas de material. Su altura máxima de instalación: 250 mm.

En la versión estándar se usan imanes de ferrita permanentes y fuertes en la placa encima del transportador, pero si trata de líneas móviles, trituradores y aplicaciones especiales la placa magnética se suministra con imanes de neodimio NdFeB de extrema potencia. Debido al blindaje cuidadoso, el campo magnético actúa exclusivamente sobre el material transportado en la cinta transportadora. Podemos adaptar las dimensiones de la placa magnética a las instrucciones y exigencias técnicas de nuestros clientes.

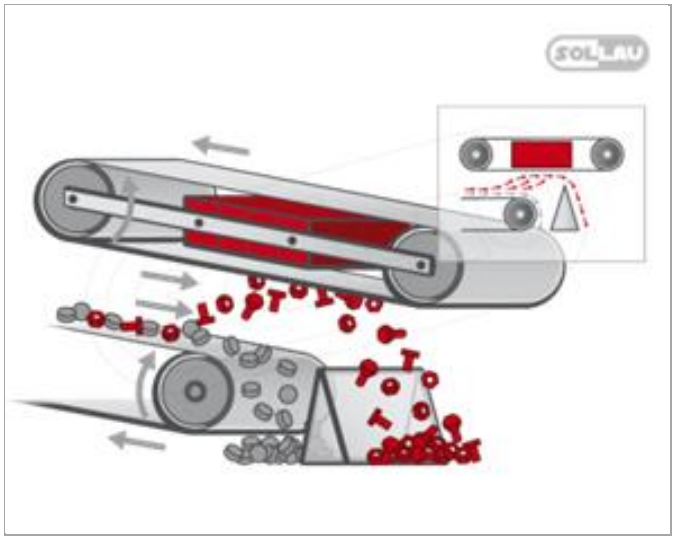


Ilustración 11-3-Separador Magnético Serie DND-AC

11.5. SECADOR DE TAMBOR ROTATORIO HZG8 o similar.

El secador rotatorio aporta la solución ideal para los proyectos de gran capacidad que requieren el secado de materiales friables y subproductos con un alto grado de humedad y fluidez. El tambor rotatorio se combina con unas aspas situadas estratégicamente a fin de elevar y regar el producto uniformemente a través del conducto de aire. La temperatura del aire expulsado se controla por medio de un termostato, lo cual asegura el grado de humedad final adecuado y proporciona sensibilidad a las condiciones variables del producto. Dependiendo de las características del producto se puede disponer de configuraciones de uno o tres pases. Las opciones de calentamiento incluyen vapor, gas, aceite o aceite térmico.

Después de colocar la materia prima húmeda en el secador rotatorio, el rastrillo que se encuentra en el interior del cilindro le da la vuelta y la distribuye uniformemente para propiciar el contacto total de la materia prima con la contracorriente de aire caliente, lo cual acelera el proceso de calentamiento y secado en masa. El rastrillo mueve el material a medida que se seca, y va pasando a través de la zona de secado hacia una válvula de estrella que descarga el producto terminado.

Tabla 8-Características secador rotatorio

Modelo	**HZG8**
Diámetro (mm)	2500
Longitud(m)	18
Potencia(kW)	7,5
Velocidad de rotación (rpm)	3-20
Elemento	f1.2×6-10
Capacidad (T/h)	1,5-3
Velocidad de rotación	0,6-6
Potencia del motor (kW)	22
Ángulo	3-5
Temp. Final	=1,5%

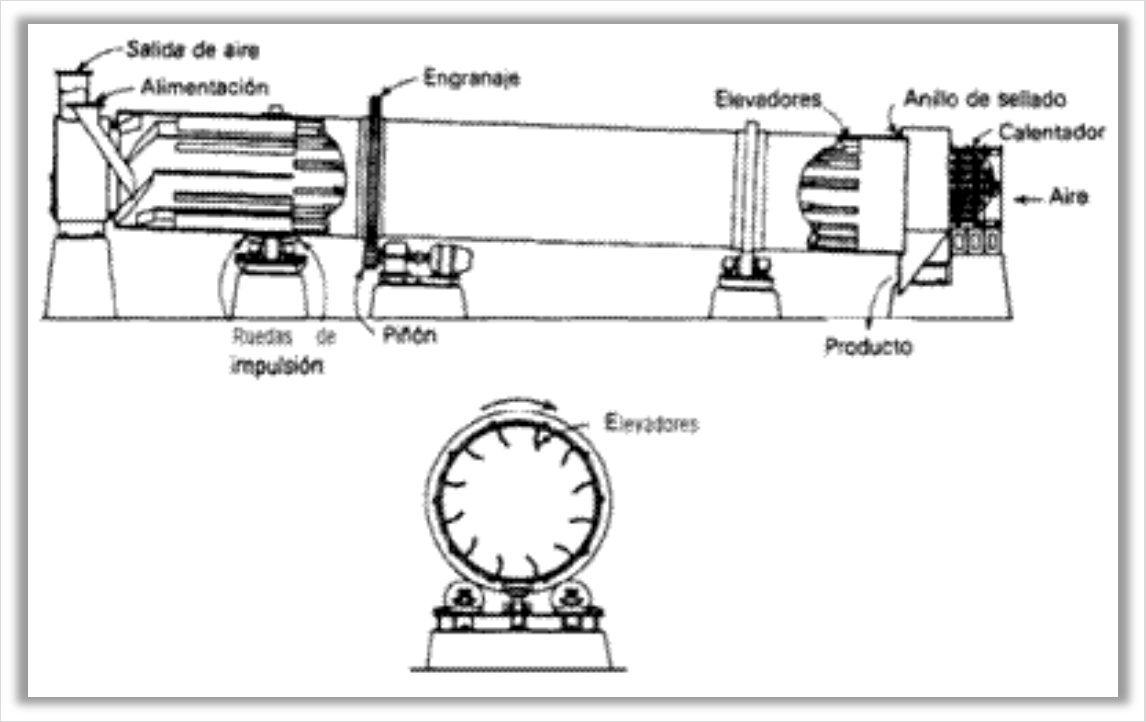


Ilustración 11-4-Esquema Secador De Tambor Rotatorio HZG8

Ilustración 11-5-Secador De Tambor Rotatorio HZG8

11.6. SISTEMA DE COMBUSTIÓN DE PELLET VYCINDUSTRIAL/K13 o similar.

Modelo	**K13**
Fluido	Horno de diseño contracorriente con parrilla móvil, alimentador sinfín y cámara de precombustión.
Capacidad térmica (kW)	900 hasta 6.800
Combustible	Contenido H2O[% peso]: <10 (Según configuración)Ideal para pellet ENplus calidad A.1, A.2 y B (Pellet industrial)
Tamaño nominal	Longitud : de 3,5 a 40mm – Diámetro: 6 y 8 mm
Contenido máximo de cenizas	3% peso

Tabla 9-Características del sistema de combustión

CONTROL

Los sistemas de controles eléctricos y electrónicos están formados por componentes de alta calidad de proveedores punteros en el mercado de la regulación y control.

El interfaz de usuario intuitivo, con control PLC, ofrece multitud de ajustes individuales para la operación eficiente de la planta.

El control de las plantas se realiza con:

- ✓ Sistema de control seguro y potente de Siemens.
- ✓ Acceso remoto simple y seguro con un concepto nuevo de mantenimiento.
- ✓ Última tecnología BUS para reducción de circuitos de cableado.
- ✓ Transparencia completa con historiales de funcionamiento y alarmas.
- ✓ Análisis del sistema rápido y simple.
- ✓ Alto grado de automatización y ayuda interactiva para ajuste y optimización de las tareas.

El diseño eléctrico del sistema de control cumple con la directiva europea 2006/95/CE y está marcado con certificado CE.

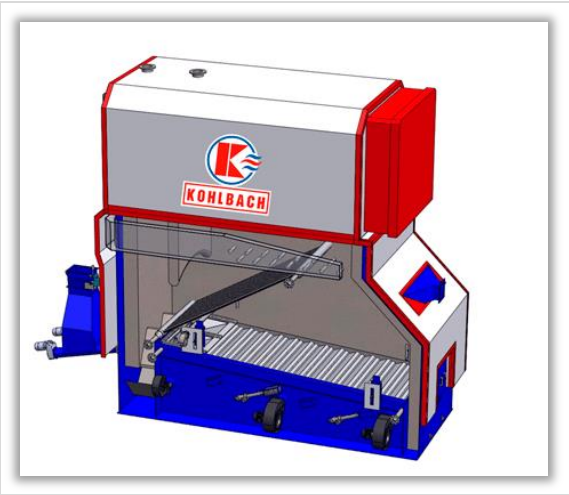


Ilustración 11-6-Sistema De Combustión De Pellet VYCINDUSTRIAL/K13

11.7. FILTRO DE MANGAS

El caudal de aspiración es suministrado por un ventilador apto para uso continuo y de muy bajo nivel de ruido. La aspiración se transmite por acople directo o a través de tubería al equipo o recipiente en el cual se quiere controlar la emisión de polvo. La corriente de aire con partículas pasa a través de un filtro de mangas de alta eficiencia para asegurar su limpieza, y el aire limpio es descargado al ambiente. El recipiente acumulador se llena de aire comprimido destinado a la limpieza del filtro.

A intervalos regulares de tiempo se efectúa la limpieza del filtro por aire comprimido en contracorriente, sin detener la aspiración del equipo. A diferencia de una turbina regenerativa, el ventilador es capaz de circular caudales de aire muy superiores, pero con bajas caídas de presión disponibles.

• Equipo compacto y de fácil limpieza, íntegramente construido en acero inoxidable calidad 304

• Instalación sencilla y adecuada para áreas reducidas o con poco espacio libre

• Ventilador de elevado caudal y muy bajo nivel de ruido

• Filtro de mangas de gran superficie con sistema de limpieza por aire comprimido en contracorriente

Modelo	A.	B	C	D
	mm.	mm.	mm.	mm.
FM 7600	500	1.320	300	600

Modelo	Caudal Maximo (50 Hz)	Vacio Maximo (50 Hz)	Potencia (50 Hz)	Superficie Filtro
	m3/h.	mm. H2O	Kw.	cm2
FM 7600	600	100	0,75	16.000

Tabla 10-Características filtro de mangas

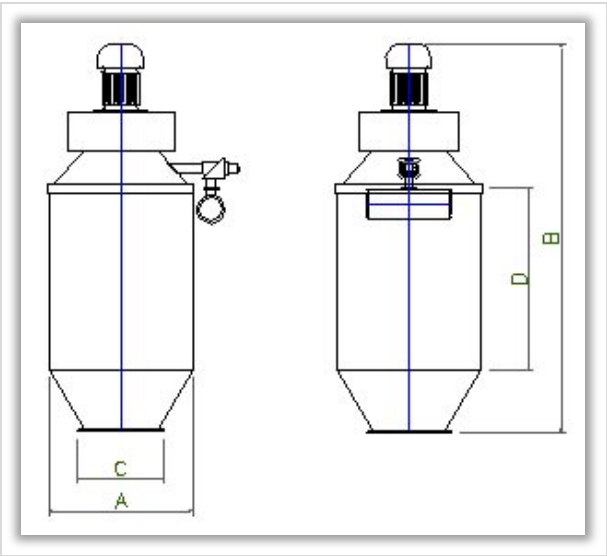


Ilustración 11-7-Filtro de mangas

11.8. MOLINO DE FINOS STRONGWIN/QW-C700 o similar.

La máquina trituradora de madera combina el chipping y la trituración para obtener el aserrín de madera. El diámetro del serrín final puede ser ajustable). Con el material final se puede hacer las briquetas, pellet, etc.

Estructura precisa, alta capacidad, consumo de energía bajo, productos acabados de alta calidad y fácil mantenimiento son sus principales ventajas.

Modelo	**QW-C700**
Diámetro cuchilla de corte (mm)	700
Número de cuchillas	4
Longitud de las cuchillas (mm)	200
Tamaño compuerta de alimentación (mm)	200x250
Velocidad eje principal (r.p.m)	2300
Potencia (kW)	22-30
Capacidad (Kg)	800-1800
Tamaño(mm)	2000x900x1700
Peso(Kg)	435/460

Tabla 11-Características Molino

Ilustración 11-8-Molino De Finos STRONGWIN/QW-C700

11.9. PELETIZADORA DE BIOMASA CON MATRIZ ANULAR KMPM42 o similar.

La máquina adopta tecnología aerodinámica y el actual principio, utilizados para reducir la temperatura en la cámara de peletización a aproximadamente unos 90ºC. Así, puede aumentar el tiempo de duración de la matriz anular. La peletizadora tiene una estructura dentada en la que los engranajes son tratados por un supresor de rigidez y procesados por una máquina fresadora. Por lo tanto, mantenga una alta concentricidad con el eje, lo que garantizará una mayor actuación y una capacidad mejorada sobre los modelos impulsados por correa.

Modelo	**KMPM42**
Capacidad (kg)	1000-1800
Potencia (kW)	90+1’5+3
Dimensiones (mm)	2600x1000x2000
Peso (kg)	3400

Tabla 12-Características peletizadora

Ilustración 11-9-Peletizadora De Biomasa Con Matriz Anular KMPM42

11.10. REFRIGERADOR A CONTRACORRIENTE - SERIE SKLN o similar.

El enfriador de pellets, también conocido como refrigerador de pellets, es un elemento fundamental en el proceso de granulación de madera y biomasa. Los gránulos de pellets salen de la prensa a una temperatura de unos 88°C y poseen un contenido de humedad que ronda el 17-18%. Se debe reducir su temperatura y humedad hasta valores cercanos a la temperatura ambiente con un nivel de humedad del 10-12% o inferior para su manipulación y almacenamiento adecuados. Por tanto, es necesario enfriar y secar los pellets inmediatamente tras la granulación.

Modelo	SKLN1.1x1
Capacidad (T/h)	3
Potencia (kW)	0.78+0.75

Tabla 13-Características refrigerador a contracorriente

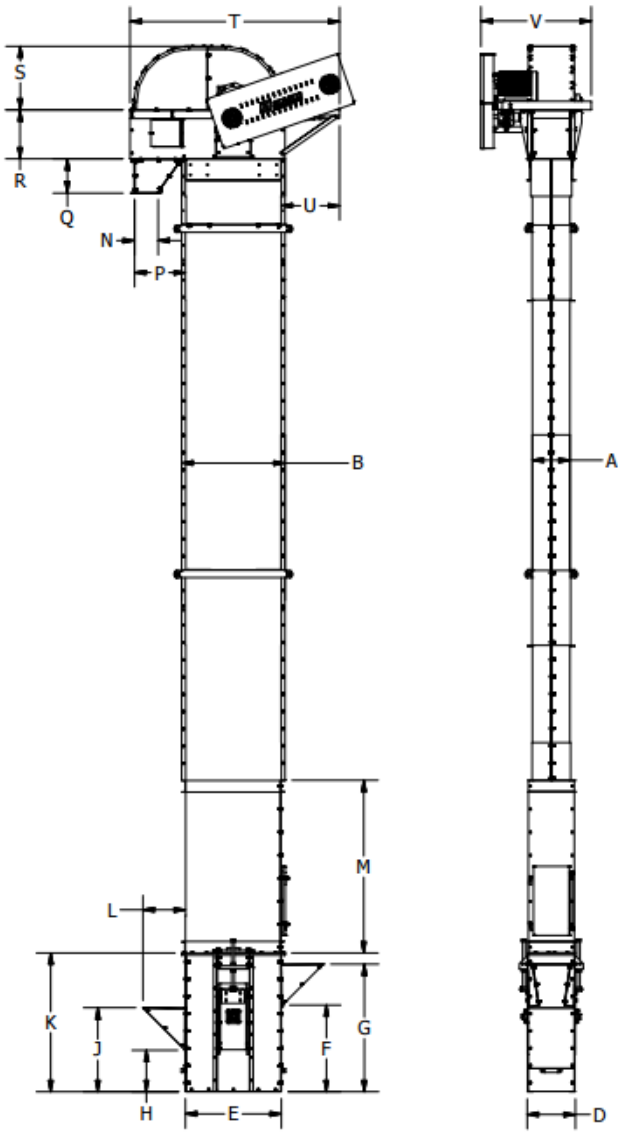
Ilustración 11-10-Refrigerador A Contracorriente - SERIE SKLN

11.11. ELEVADOR DE CANGILONES SCAFCO/SB8-2 o similar.

Especificaciones										
Capacidad*	BPH	MTPH	Velocidad de Cadena y Polea			Tamaño de Cadena		Cangilón		
								Tamaño		Espacio	
			RPM	ft/pulg	m/sec	Pulg.	mm	Pulg.	mm	Pulg.	mm
SB8-2	200	5	120	251	1.3	7"	178	6" x 4"	160 x 120	13 1/2"	343

Cabezal	Bota	Columna	Polea	Correa
• Tamaño - 12 ga (2.6 mm) • Polea[1] • Eje- 1 7/16" (37 mm) • Cojinete - Pillow Block	• Tamaño - 12 ga (2.6 mm) • Polea • Eje- 1 7/16" (37 mm) • Cojinete - Brida	• Brida Empernada • Tamaño - 14 ga (1.9 mm)	• Diámetro 8" (204 mm)	• Resistencia 200 (P.I.W.)

**Capacidades basadas en maiz seco pelado #2 con un peso de 56 lbs/bushel*
[1]Revestimiento de caucho



Altura de Descarga		Capacidad BPH 200	400	600	800	Tamaño de Reductor
		Capacidad MTPH 5	10	15	20	
FT	M					
20	6.10	1	1	1	1	TAØ
25	7.62	1	1	1	1	
30	9.14	1	1	1	1	
35	10.67	1	1	2	2	
40	12.19	1	1	2	2	
45	13.72	1	1	2	2	
50	15.24	1	1	2	2	
55	16.76	1	2	2	2	
60	18.29	1	2	2	2	
65	19.81	1	2	2	2	
70	21.34	1	2	2	2	
75	22.86	1	2	2	2	
80	24.38	2	2	3	3	

Basado en Reductores Dodge TA Class II
Tabla basada en maiz seco pelado #2 con un peso de 56 lbs/bushel

Dimensiones	pulg.	mm
A	10	254
B	21	533
D	12-3/4	324
E	21-1/4	540
F	14-5/8	371
G	24-1/2	622
H	14-5/8	371
J	24-1/2	622
K	36	914
L	8-3/4	222
M	60	1524
N	8-1/8	206
P	11-7/8	302
Q	12	305
R	12	305
S	16-3/4	425
T	52	1321
U	17-1/2	445
V	30	762

Ilustración 11-11-Elevador de cangilones

11.12. ENVASADORA DE BIG-BAGS

La estación de llenado está diseñada para Big Bags con boca de llenado y 4 asas de las que se cuelga el Big Bag. La llenadora está fabricada en una estructura robusta. La boca y los ganchos están colocados a una altura cómoda, facilitando el enganche de las asas y la boca de llenado. Los ganchos traseros se acercan al operario en el momento de colocar el Big Bag. Posteriormente ganchos y boca suben a una altura en la que todo el Big Bag está totalmente suspendido durante el llenado. El control es mediante una pantalla táctil para control de peso y manejo general. El ciclo de llenado y evacuación del Big Bag lleno es automático. La altura de trabajo, a nivel de los rodillos, es muy cómoda para el operario. La máquina también cuenta con un depósito de pallets vacíos para poder colocar las Big Bags una vez llenas y avancen por los rodillos hasta el final de la cinta.

Envasadora de Big Bags	
Tamaño de torre (largo x ancho)(mm)	1300 x1300
Altura de la torre (mm)	2500
Eficiencia de ensacado (Big Bags/h)	10-20
Carga máxima de la torre	2300
Requisitos eléctricos	Monofásica 220 V
Potencia (kW)	11
Peso de la máquina (kg)	1500

Tabla 14-Características envasadora de bigbag

Ilustración 11-12-Envasadora de Big Bag

11.13. SISTEMA DE CONTROL

La energía sostenible es una de las fuentes energéticas más populares a nivel mundial, especialmente la energía de biomasa, la cual ha desencadenado un aumento considerable del número de fabricantes de pellets de biomasa año tras año. Sin embargo, al ser una industria emergente, la gestión del proceso de peletización suele llevarse a cabo manualmente con los riesgos que esto implica: una manipulación incorrecta de la maquinaria puede causar daños por sobrecarga en el motor, provocando que la planta deje de funcionar temporalmente e interrumpiendo la producción.

El control y la monitorización de la planta de pellets de madera se realizan mediante un controlador lógico programable PLC que garantiza la regulación automática programada del control del nivel de humedad, con lo que contribuye a reducir los costes en mano de obra.

El sistema controla automáticamente la cantidad de material suministrado y la mezcla de materias primas según las condiciones de funcionamiento de las peletizadoras, ayudándole a lograr un mayor rendimiento, mayor eficacia y productividad, además de ahorrar considerablemente en energía. De igual manera, el sistema multifuncional ofrece varios servicios tales como un análisis del historial de operaciones o avisos de mantenimiento, entre otros.

El sistema de control PLC puede funcionar 24 horas al día de manera continuada.

12.DISEÑO BÁSICO DE EQUIPOS PRINCIPALES

No trabajes por el reconocimiento, pero si trabaja para ser digno de reconocimiento.

- H. Jackson Brown, Jr-.

12.1. Tromel

Se recurre al secado forzado de la biomasa cuando el secado natural no es suficiente para conseguir los niveles de humedad deseados.[1]

Para el secado forzado de biomasa, los equipos más utilizados son:

Secaderos directos: la transferencia de calor es por contacto directo entre el material húmedo y los gases calientes.

Secaderos indirectos: la transferencia de calor se realiza a través de una pared de retención.

Tras estudiar las necesidades del proceso, se decide por la opción de secadero directo, concretamente los de tambor rotatorio o "trómel".

Los secadores rotatorios tipo trómel se suelen utilizar cuando se trabaja con materiales muy húmedos y/o de granulometría gruesa. Fundamentalmente constan de un foco de calor, que genera el flujo térmico deshidratador (caldera), un canal de secado consistente en un cilindro que gira facilitando el contacto entre los sólidos y el flujo secante y un sistema de succión que posibilita el movimiento del flujo (soplante). En este tipo de secaderos el movimiento de los sólidos se controla regulando la pendiente interior y el giro del cilindro. La elección de este tipo de secadores para tareas de esta índole se produce por su alta eficiencia y su capacidad de producción.

Atendiendo a la dirección del flujo térmico respecto al flujo de material se distinguen secaderos de corrientes paralelas unidireccionales y secaderos a contracorriente. En los de primer tipo, el flujo de gas y de sólidos discurren en el mismo sentido, de forma que el gas se va cargando de humedad durante el recorrido, por lo que al final del secadero el gas puede llegar a estar saturado de agua, con lo que la eficacia de secado disminuye.

En los secaderos a contracorriente los flujos de gas y sólido viajan en sentidos contrarios. De esta manera, los sólidos según avanzan van encontrando un ambiente cada vez más seco y de mayor

temperatura, con lo que la deshidratación es más eficaz y constante. Se trata de un sistema que presenta un mayor riesgo de ignición de los sólidos y, por tanto, de incendios. Las temperaturas de entradas de gases suelen estar entre los 200 °C y 600°C y los de salida entre los 90 y 120°C (para evitar condensaciones y pérdidas de calor en la chimenea).

El secado forzado de la madera es realizado a lo largo del trómel por el calor transferido de los gases al sólido. El calor transmitido a través de las paredes es despreciable, por lo que se puede considerar adiabático.

Cuando se seca un sólido, se producen dos procesos fundamentales y simultáneos, transmisión de calor para evaporar el líquido (potencia térmica de secado) y transferencia de masa en humedad interna y líquido evaporado (masa de agua). Esta transmisión de calor tiene lugar principalmente por conducción y convección, despreciándose la radiación por las bajas temperaturas de trabajo. Sin embargo, independientemente del mecanismo de transmisión de calor, éste tiene que pasar primero a la superficie exterior y desde ella al interior del sólido.

En el interior del tromel se disponen de una serie de paletas de forma radial para ayudar al secado y avance de la biomasa.

Para comprender el secado forzado es preciso definir y conocer algunos términos que permiten expresar la cantidad de agua que contiene el sólido a secar, así como la cantidad de agua que es necesario eliminar para secarlo, estos conceptos son:

Humedad en base seca, es la cantidad de agua referida al sólido seco.

$$Hs = \frac{kg\ agua}{kg\ sólido\ seco}$$

Humedad en base húmeda, es la cantidad de agua que contiene el sólido referido al sólido húmedo (sólido seco + agua).

$$Hm = \frac{kg\ agua}{kg\ agua + kg\ sólido\ seco}$$

Relación entre ambos conceptos $Hm = HsHs + 1$

$$Hm = \frac{Hs}{Hs + 1}$$

A partir de estos conceptos pueden plantearse los balances de materia y energía que se dan en el proceso de secado.

a) <u>Balance de materia.</u>

En el proceso de secado toda el agua que sale del producto pasa al aire, entonces debe cumplirse que la disminución de agua en el producto sea igual al aumento de agua en el aire.

$$Mw = Ms \cdot \Delta Ws = Ma \cdot \Delta X$$

Mw: cantidad de agua
Ms: masa de producto seco
Ma: masa de aire seco
ΔWs: humedad perdida por el producto en base seca
ΔX humedad ganada por kg de aire seco

b) ***Balance de energía.***

Para establecer el balance de energía, supondremos que la temperatura del termómetro húmedo permanece constante durante el proceso de secado (la variación de entalpía específica será muy pequeña y positiva, pero no exactamente cero), la mayor parte de la energía que aporta el aire se empleará en la evaporación del agua contenida en el sólido.

En estas condiciones se debe de cumplir el siguiente balance de energía:

$$Ma \cdot (\Delta h2 - \Delta h1) = (ms \cdot \Delta Ws) \cdot cw(Th) \cdot Th$$

$(\Delta h2 - \Delta h1)$: variación de entalpía específica del aire

$(ms \cdot \Delta Ws)$: agua evaporada del sólido

$cw\,(Th)$: calor específico del líquido a la temperatura del termómetro húmedo.

c) ***Rendimiento térmico del proceso de secado.***

Cociente entre el calor necesario para la vaporación del agua contenida en el producto húmedo a una temperatura aproximadamente igual a la del termómetro húmedo, y la entalpía del aire al comienzo del proceso de secado.

$$Rt = \frac{Mw \cdot Lv \cdot Th}{Ma \cdot \Delta h1}$$

E	Velocidad de evaporación (kg/s).	0.1327
λ	Calor latente de evaporación (kJ/kg)	2270
ms	kg de madera seca	1.188
cp	Calor específico de la madera (J/ kg K)	420
tout	Temperatura de salida de la madera	80
tin	Temperatura de entrada de la madera	20
Hs in	Humedad en base seca de la materia prima a la entrada (kg agua/kg solido seco)	0.538
Hs out	Humedad en base seca de la materia prima a la salida (kg agua/kg solido seco)	0.136
cp agua	Calor específico del agua (kJ/ kg °C)	4.18
cp vap	Calor específico del vapor de agua (kJ/ kg °C)	2.51
tsal	Temperatura de salida del gas de secado (°C)	90
tent	Temperatura de entrada del gas de secado (°C)	540

Tabla 15-Recopilación de los datos preliminares para el diseño del secador.

Calor de evaporación (*qe*).

Como la mayor parte de la energía consumida se emplea en la evaporación del agua este es el calor más significativo. Primero se debe calcular cual es la velocidad de evaporación para el trómel en base a los parámetros de humedad establecidos para la madera:

$$qe = calor\ de\ evaporación = E \cdot \lambda = 301.2115\ kW$$

E: Velocidad de evaporación (kg/s).

λ: .calor latente de evaporación (kJ/kg)

Calor al producto seco (*qs*).

Energía transmitida a la madera que incrementa su temperatura.

$$qs = calor\ al\ producto\ seco = ms \cdot cp \cdot (tout - tin) = 8.316\ kW$$

ms: kg de madera seca

cp: calor específico de la madera.

Calor al líquido (*ql*).

Es el calor que recibe el líquido para su precalentamiento.

$$ql = calor\ al\ líquido = ms \cdot Hs\ in \cdot cp\ agua \cdot (tout - tin) = 44.5652\ kW$$

Hs in: humedad en base seca de la materia prima a la entrada

cp agua: calor específico del agua.

Calor al vapor de agua (*qv*).

Sobrecalentamiento del agua contenida en la materia prima.

$$qv = calor\ al\ vapor = E \cdot cp\ vap \cdot (tsal - tent) = 19.98346\ kW$$

Cp vap: calor específico del vapor de agua.

Tsal: temperatura de salida de gases

Tent: temperatura de entreda de gases

Calor de la humedad residual (*qr*).

Es el calor que adquiere el agua dentro del producto pero que nunca se evapora.

$$qr = calor\ de\ humedad\ residual = ms \cdot Hs\ out \cdot cp \cdot (tout - tin) = 11.286\ kW$$

Calor total necesario (*qt*).

$$qt = qe + qs + ql + qv + qr = 385.3622\ kW = 1387304\ kJ/h$$

Volumen del secador.

Para un buen diseño, la cantidad de material en el interior del secadero debe ser alrededor del 7 al 8% del volumen total de este o hasta 15 % en ciertos casos. Para calcularlo aplicamos:

$$V = \frac{\theta \cdot S}{0.075 \cdot \rho} = \frac{2500\ s \cdot 1.83\ T\ \cdot \frac{1000\ kg}{3600\ \text{s}}}{0.075 \cdot 250\ \frac{kg}{m^3}} = 67.69\ m^3$$

S: madera secada

V: volumen del secador total.

ρ : densidad volumétrica del producto seco.

θ : Tiempo de residencia del producto

Diámetro de secado.

Se calcula el diámetro de la siguiente manera.

$$D = \sqrt[4]{\frac{4 \cdot V}{\pi \cdot R}} = 2.2086\ m$$

R: razón geométrica del trómel L/D.

V: volumen que encierra el trómel.

Como el volumen que encierra el trómel es de 67.69 m3, y la relación L/D (la relación para un secador rotatorio varía de 4 a 8) que se recomienda para el secador es de 8, según fuentes consultadas.

Longitud del secador.

La longitud del secador será la siguiente utilizando la razón anterior:

$$L = D \cdot R = 2.2086 \cdot 8 = 17.66\ m$$

Revoluciones del motor del trómel.

Se obtiene de estudios consultados que el parámetro rpm*D está normalmente entre 7 y 10. Escogiendo el límite superior se tiene que las rpm del trómel se calculan como:

$$rpm = \frac{8}{D} = 3.62$$

Pendiente del trómel.

La pendiente del trómel variará entre el 2% y el 5%, tomándose como magnitud de medida común los m/m. Elegiremos una pendiente de 0,01 m/m siendo el valor más usual para secaderos rotativos a contraflujo.

Tiempo de residencia.

Un punto interesante del secado es el tiempo de residencia del material. En estos secadores se trabaja por lo general desde un 3 a 12 por ciento de su volumen lleno de material. En estas condiciones, puede lograrse que el secador retenga el material el tiempo suficiente para eliminar la humedad. Si la cantidad de material retenido en el interior no es suficientemente grande, el tiempo que pasa el material por el trómel quizá sea demasiado corto para alcanzar el grado de secado deseado. Por el contrario, puede suceder que esta cantidad de materia sea excesivamente grande, ya sea por la insuficiente pendiente o velocidad de giro, y secarse demasiado. Pero si se produce un llenado excesivo de material las aletas radiales perderían eficacia dificultando la transmisión de calor al sólido y la evaporación del líquido. El funcionamiento de un secadero rotativo con poca o mucha materia retenida en su interior es muy desigual, pudiendo producirse cambios en las variables rápidamente por la variación de algún parámetro.

El tiempo medio que permanecerá el material en un secadero rotativo puede predecirse por medio de la siguiente fórmula, basada en los estudios realizados por Sullivan, Maier y Ralston:

$$\theta = \frac{0.19 \cdot L}{N \cdot D \cdot S} \approx 42\ min$$

θ : tiempo que permanece el material en el horno

L: longitud del trómel (m).

N: velocidad de rotación (rpm).

D: diámetro del trómel (m).

S: pendiente del trómel (m/m).

12.2. Quemador

Se han considerado los siguientes quemadores para el proceso.

I. Quemadores de material pulverizado: Este tipo de hornos se suele usar para fracciones de pequeño tamaño, el 80% del material debe estar por debajo de 0,1mm.
- Suele transportarse el material mediante transporte neumático.
- Este tipo de hornos puede alcanzar potencias de hasta 46MW.
- Se debe mantener una estabilidad en la entrada, no se debe bajar de 55ºC.

II. Quemadores de combustión tipo ciclón: Una de las características principales es que se realiza la combustión a elevadas temperaturas.
- Las partículas de mayor tamaño tienden a caer por la pared del ciclón mientras que las más pequeñas son arrastradas por el aire y quemadas completamente.
- Se consiguen potencias de 9MW/m3.

III. Lechos fluidizados: Suelen usarse cuando se emplean combustibles con alto contenido en cenizas, o cuando se desea desulfurizar, para que el azufre pase a las cenizas.
- La temperatura suele mantenerse entre 700 u 800ºC.
- También son usados como cámaras de combustión de calderas de vapor o para calentar sólidos pulverizados.

IV. Parrillas: Dentro de este modelo existen varios tipos.
- ✓ Parrillas fijas con alimentación desde arriba.
- ✓ Parrillas fijas con alimentación desde abajo.
- ✓ Parrillas móviles.

El quemador tipo parrilla es el que más se adapta a nuestras necesidades, más concretamente el tipo parrilla móvil.

Los pellet de madera son transportados sobre una cinta y quemados a medida que avanza a través del horno.

Este tipo de hornos suelen trabajar con unas potencias de 1 a 1,7MW/m2, si necesitamos quemar más se pondrá más superficie de cinta, pero se adapta a la potencia deseada para nuestros intereses.

Para el dimensionado del horno tenemos que:

La masa necesaria de combustible es m=76.84 kg/h
El volumen útil del horno lo sacamos de la siguiente relación:

$$V = \frac{N}{K} \approx 1.3 m^3$$

N: energía necesaria en el proceso (385 kW)
K es la tasa de liberación en kW/m3 que toma un valor de entre 175 y 300 para maderas, se toma 300 como valor debido al tamaño de la madera se quema.

12.3. Cintas Transportadoras

La longitud de las cintas dependerá de la distribución de la planta, para nuestro caso se ha escogido una cinta de 1750 mm de longitud, y 300 mm de ancho de banda, que trabajará a una velocidad de 2,5 m/min.

La potencia consumida se calcula a partir de la siguiente fórmula:

$$W = (W1 + W2 + W3 + W4) \cdot (1 - \beta) \cdot (1 - K1)$$

Los valores se obtienen de tablas.

- Cálculo de *W1*:

Potencia neta en CV necesaria para el movimiento de la banda en vacío horizontal. Para cada 30 metros por minuto de velocidad

Distancia entre centros de tambores o poleas extremas en metros												
Ancho mm	15	30	60	90	120	150	180	240	305	365	460	550
300	0,3	0,3	0,4	0,5	0,7	0,8	0,9	1,1	1,3	—	—	—

Se toma el valor correspondiente a 15 metros entre centro de los tambores (el menor de todos) y así, aunque sea mucho mayor que la longitud de la cinta elegida, se asegura que va a trabajarse a una potencia menor que la calculada: *W1 = 0,3 CV*

- Cálculo de *W2*:

Potencia neta en CV necesaria para el transporte horizontal de la carga

Distancia entre centros de tambores o poleas en metros												
Tm/h	15	30	60	90	120	150	180	240	305	365	460	550
10	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,4	0,5	0,6

Se hace igual que para *W1*, 15 metros es la distancia mínima, por tanto *W2 = 0,1 CV*.

- Cálculo *W3*:

W3 es la potencia necesaria para elevar el material; al no tener la necesidad de elevar el material, *W3 = 0*.

- Cálculo de *W4*:

W4 = 0,4 CV, al existir únicamente una descarga al final del recorrido.

Potencia a añadir por cada tripper de descarga

Ancho de banda	*CV*
300 mm	0,40

- Cálculo de β y $K1$:

Conociendo de la cinta	Accionamiento simple	$\beta = 0,115$
	De poleas desnudas	$K1 = 0,83$
	Con tensor horizontal de tornillo	
	Cojinetes de bolas	
	Arco de contacto de 210°	

Por lo tanto,

$$W = (0,3 + 0,1 + 0 + 0,4) \cdot (1 + 0,115) \cdot (1 + 0,83) \rightarrow W = 1,63\ CV$$

13.NORMAS Y REFERENCIAS

Descanse cuando esté cansado. Refresque y renueve su cuerpo, su mente, su espíritu. Luego, vuelva al trabajo.

-Ralph Marston-

- ✓ *CEN/TS-15370: Biocombustibles sólidos, método para la determinación de la fusibilidad de las cenizas.*
- ✓ *EN-14588, Biocombustibles sólidos – Terminología, definiciones y descripción.*
- ✓ *EN-14774-1, Biocombustibles sólidos – Determinación del contenido de humedad – Método de secado en horno – Parte 1: Humedad total – Método de referencia.*
- ✓ *EN-14774-2, Biocombustibles sólidos – Determinación del contenido de humedad – Método de secado en horno – Parte 2: Humedad total – Procedimiento simplificado.*
- ✓ *EN-14775, Biocombustibles sólidos – Determinación del contenido de cenizas.*
- ✓ *EN-14778, Biocombustibles sólidos – Muestreo.*
- ✓ *EN-14780, Biocombustibles sólidos – Preparación de la muestra.*
- ✓ *EN-14918, Biocombustibles sólidos – Determinación del poder calorífico.*
- ✓ *EN-14961-1: Biocombustibles sólidos – Especificaciones y clases de combustible – Parte 1: Requisitos generales.*
- ✓ *EN-14961-2: Biocombustibles sólidos – Especificaciones y clases de combustible – Parte 2: Pellets de madera para usos no industriales.*
- ✓ *EN-15103, Biocombustibles sólidos – Determinación de la densidad aparente.*

- ✓ *EN-15104, Biocombustibles sólidos – Determinación del contenido total de carbono, hidrógeno y nitrógeno – Método instrumental.*
- ✓ *EN-15210-1, Biocombustibles sólidos – Determinación de la durabilidad mecánica de los pellets y las briquetas – Parte 1: Pellets.*
- ✓ *EN-15234-1, Biocombustibles sólidos – Garantía de calidad del combustible – Parte 1: Requisitos generales.*
- ✓ *EN-15234-2, Biocombustibles sólidos – Garantía de calidad del combustible – Parte 2: Pellets de madera para usos no industriales.*
- ✓ *EN-15289, Biocombustibles sólidos – Determinación del contenido total de azufre y cloro.*
- ✓ *EN-15297, Biocombustibles sólidos - Determinación de elementos menores - As, Cd, Co,Cr, Cu, Hg, Mn, Mo, Ni, Pb, Sb, V y Zn.*
- ✓ *EN-16127, Biocombustibles sólidos – Determinación de la longitud y el diámetro de los pellets y las briquetas cilíndricas.*
- ✓ *EN-45011, Requisitos generales para los organismos que operan sistemas de certificación de productos.*
- ✓ *ISO-3310 (2001): Tamices de ensayo — Requisitos técnicos y ensayos.*
- ✓ *ISO-3166: Códigos para la representación de los nombres de países y sus subdivisiones.*
- ✓ *ISO/IEC-17020, Evaluación de la conformidad - Requisitos para el funcionamiento de diferentes tipos de organismos que realizan inspecciones.*
- ✓ *ISO/IEC-17025: Requisitos generales para laboratorios de ensayo y calibración.*
- ✓ *ISO/IEC 17065: Evaluación de la conformidad - Requisitos para organismos de certificación de productos, procesos y servicios.*
- ✓ *ISO 9001: Sistemas de gestión de calidad – Requisitos.*

Nota: Las normas de almacenamiento, los requisitos para la producción y el uso de pellets o las normas de biocombustibles sólidos nacionales, que no estén en contra de las normas EN, pueden añadirse en la lista de referencias normativas.

14.MEDICIONES Y PRESUPUESTO

El dinero no es la única respuesta, pero hace la diferencia.

-Barack Obama-

Capítulo 1 EQUIPOS 196,800.00 €

Partida 01	ZONA RECEPCIÓN Y ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA	13,500.00 €

ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
BC-01	**Báscula de camiones**	BPPCE-18X3 60 t	**1**	13500	**13,500.00 €**

Partida 02	ZONA DE ELIMINACIÓN DE METALES	38,600.00 €

ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
TR-01	**Trituradora**	100-100s 2 t/h	**1**	26000	**26,000.00 €**
T-0	**Tolva de recepción materia prima**	9 m3	**1**	2000	**2,000.00 €**
CT-01	**Cinta transportadora doble vía**	8m	**1**	5600	**5,600.00 €**
DM-01	**Detector de metales**	Serie DND-AC (Nm)	**1**	5000	**5,000.00 €**

Partida 03	ZONA DE ASTILLADO	19,300.00 €

ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
T-01	**Tolva de alimentación astilladora**	4 m3	**1**	900	**900.00 €**
A-01	**Máquina Astilladora**	ZG8 Tambor Serie Bx216	**1**	15000	**15,000.00 €**
CT-02	**Cinta transportadora**	4 m	**1**	3400	**3,400.00 €**

Partida 04	ZONA DE SECADO	49,500.00 €

ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
SC-01	**Secadero (tromel)**	68 m3. 17.5m*2.2	**1**	2000	**2,000.00 €**
T-02	**Tolva de recirculación pellets**	4 m3	**1**	900	**900.00 €**
CT-02	**Cinta transportadora**	3m	**1**	2100	**2,100.00 €**
CT-03	**Cinta transportadora**	3m	**1**	2100	**2,100.00 €**
H-01	**Quemador de pellets**	VYCINDUSTRIAL/K13	**1**	19600	**19,600.00 €**
V-01	**Ventilador centrífugo**	CMT-60T	**1**	2500	**2,500.00 €**
FM-01	**Filtro de mangas**	FM7600	**1**	17000	**17,000.00 €**
V-02	**Ventilador centrífugo**	CMT-30T	**1**	1600	**1,600.00 €**
CH-01	**Chimenea salida gases**	8 m3	**1**	1700	**1,700.00 €**

Partida 05	ZONA DE MOLIENDA				31,400.00 €
ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
CT-04	**Cinta transportadora**	3 m	**1**	2100	**2,100.00 €**
T-03	**Tolva de alimentación molino**	4 m3	**1**	900	**900.00 €**
ML-01	**Molino**	STRONGWIN/QW-C700	**1**	4500	**4,500.00 €**
CL-01	**Ciclón**	10 m3	**1**	2800	**2,800.00 €**
V-03	**Ventilador centrífugo**	CMT-60T	**1**	2500	**2,500.00 €**
FM-02	**Filtro de mangas**	FM7600	**1**	17000	**17,000.00 €**
V-03	**Ventilador centrífugo**	CMT-30T	**1**	1600	**1,600.00 €**

Partida 06	ZONA DE PELETIZADO				20,100.00 €
ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
S-01	**Silo finos de madera**	12 m3	**1**	1800	**1,800.00 €**
SF-01	**Transportador tornillo sinfin**	4 m 8t/h	**1**	1800	**1,800.00 €**
PTZ-01	**Peletizadora**	KMPM42	**1**	16500	**16,500.00 €**

Partida 07	ZONA ENFRIADO				7,000.00 €
ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
CT-05	**Cinta transportadora**	3 m	**1**	2100	**2,100.00 €**
E-01	**Enfriadora**	SERIE SKLN	**1**	2800	**2,800.00 €**
CT-06	**Cinta transportadora**	3m	**1**	2100	**2,100.00 €**

Partida 08	ZONA TAMIZADO				6,100.00 €
ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
TM-01	**Tamiz**	1-2 t/h	**1**	4000	**4,000.00 €**
CT-07	**Cinta transportadora**	3 m	**1**	2100	**2,100.00 €**

Partida 09	ZONA ENSACADO				11,300.00 €
ITEM	Artículo	Modelo/Especificación	Cantidad	P. Unit(€)	Total (€)
EC-02	**Elevador de cangilones**	SCAFCO/SB8-2	**1**	2300	**2,300.00 €**
EB-01	**Envasadora Big-Bags**	2.5 m 10-20 bigbag/h	**1**	9000	**9,000.00 €**

Capítulo 2	OBRA CIVIL-ESTRUCTURAS-ALCANTARILLADO	39,360.00 €
Capítulo 3	INSTALACIÓN ELÉCTRICA	25,520.00 €
Capítulo 4	CONTROL	35,340.00 €
Capítulo 5	GASTOS DE INGENIERÍA	31,404.00 €
Capítulo 6	TERRENOS	100,000.00 €
Capítulo 7	CONTRAINCENDIO	5,904.00 €
Capítulo 8	URBANIZACIÓN	45,000.00 €
Capítulo 9	PLANES DE CONTINGENCIA	95,865.60 €
	TOTAL	575,193.60 €

15.ESTUDIO ECONÓMICO-FINANCIERO

Cuando se trata del dinero, todo el mundo es de la misma religión.

-Voltair-

Para realizar un estudio básico económico-financiero se recopilarán los datos de ingresos, gastos, rendimiento de la planta y precios de compra-venta para obtener unos resultados de VAN Y TIR orientativos para fijar una viabilidad del proyecto a ejecutar.

RECOPILACIÓN DE DATOS NECESARIOS

* Horas funcionamiento de la planta =24h/día y 336 días/año (≈28 días/mes)

*Rendimiento planta→

Consumo de materia prima = 2 T/h (1.344 T/mes, 16.128 t/año)

Producción de pellets=1.24 T/h (833 T/mes, 10000 t/año)

*Precio compra materia prima (índice precio 1ºtrimestre 2017) = 90 €/t

*Precio de venta pellets madera a granel= 220 €/t

CÁLCULOS PREVIOS

1. INGRESOS

Se supondrá que la demanda será igual a los pellets producidos por lo que los ingresos serán:

*833 T/mes * 220€/t = 183.260 €/mes*

*10.000 t/año * 220 €/t = 2.200.000 €/año*

2. GASTOS

✓ COSTES INVERSIÓN INICIAL

Los costes estimados en la inversión inicial serán los siguientes:

Equipos-Maquinaria	196,800.00 €
Obra Civil-Estructuras-Alcantarillado	39,360.00 €
Instalación Eléctrica	25,520.00 €
Control	35,340.00 €
Gastos De Ingeniería	31,404.00 €
Terrenos	100,000.00 €
Contraincendios	5,904.00 €
Urbanización	45,000.00 €
Planes De Contingencia	95,865.60 €
Total	**575,193.60 €**

✓ COSTE OPERACIONAL (Mantenimiento, Materia prima, Mano de obra y suministro eléctrico)

Mantenimiento instalación

Se estima un gasto anual del 10% del coste total de los equipos como coste de conservación de los mismos dentro de la línea, resultando un gasto de 19.680€/año =1.640 €/mes

Materia prima

Si se consumen 2t/h significa que:

1.344t/mes * 90 €/t = 120.960 €/mes
16.128t/año * 90 €/t = 1.451.520 €/año

Mano de obra

El personal de la nueva planta será el menor posible, ya que intentaremos que los procesos estén lo más automatizados posibles. En la relación de personal necesario para el funcionamiento de la nueva planta, determinamos que deben existir 2 personas en todo momento:

- ✓ 1 encargado de la pala cargadora y la carretilla para suministrar la materia prima en el proceso, además auxiliar y ayudar al encargado del puesto de

control. También se encargará de colocar los sacos en los pallets, y su posterior almacenaje en el almacén destinado a este cometido.

- ✓ 1 encargado de estar en el puesto de control para asegurar el buen funcionamiento de toda la maquinaria.

Con este nivel de personal, y acorde a la producción pronosticada, la fábrica deberá trabajar a flujo continuo las 24 horas del día ya que la peletizadora puede fabricar 1´5 t/h de media. En la planta se trabajará en 3 turnos de 8 horas. Por lo que en plantilla tendremos 10 trabajadores.

Por otro lado, contaremos con el siguiente personal que trabajará durante un turno:

- ✓ 1 Ingeniero Industrial o Químico, destinado a planificar la producción, hacer cumplir las especificaciones del producto que fabricamos y hacer cumplir todas las normativas de seguridad
- ✓ 2 comerciales encargados de captar nuevos clientes y de dar a conocer nuestros productos, uno de ellos se dedicará al mercado nacional y el otro se centrará en las exportaciones al mercado europeo.
- ✓ 1 administrativo que se encargara de llevar los contratos con los clientes captados y se encargara de los balances económicos, cuentas de explotación, y la logística de transportes.

Debido a la planificación establecida la fábrica permanecerá a pleno rendimiento durante 12 meses.

Por tanto los gastos en mano de obra serán **28.500 €/mes**

10 Operarios de proceso→ 2.000*10=20.000 €/mes

1 Ingeniero →3.000 €/mes

1 Administrativo→1.500 €/mes

2 Comerciales →4.000 €/mes

Suministro eléctrico

La potencia necesaria para que la planta esté operativa se estima en 270 kW contando oficinas y suministros menores varios.

Por lo que habrá que estimar unos gastos de consumo eléctrico, suponiendo precio medio del kWh a 0.12 €/kWh de 22.480 €/mes (269.760 €/año)

kWh: unidad de energía expresada en forma de unidades de potencia × tiempo, con lo que se da a entender que la cantidad de energía de la que se habla es capaz de producir y sustentar una cierta potencia durante un determinado tiempo)

INGRESOS Y GASTOS ESPERADOS MENSUALMENTE

Inversión inicial **575.193 €**

INGRESOS €/mes		**GASTOS €/mes**		
VENTA	**183.260**	**Costes operacionales**	**Mantenimiento**	**1.640**
			Materia prima	**120.960**
			Mano de obra	**28.500**
			Suministro eléctrico	**22.480**

Según la tabla se obtendrá un beneficio mensual de 9.680 €/mes, que hacen un beneficio anual de 116.160 €/año (flujo de caja anual). Por lo que sin contar la devaluación del valor neto, en **5 años** se amortizaría la inversión inicial.

	Flujo €/mes	**Acumulado**	BENF-INV
año 1	116160	116160	-459033
año 2	116160	232320	-342873
año 3	116160	348480	-226713
año 4	116160	464640	-110553
año 5	116160	580800	5607

Para analizar mejor la viabilidad del proyecto se va a realizar el estudio del VAN y el TIR para incluir la inversión inicial y conocer la amortización de ésta.

ESTUDIO DEL VALOR ACTUAL NETO (VAN)

Para realizar el VAN se estimará que la inversión inicial tiene una tasa de amortización del 10% lineal anual y la demanda del producto será toda la producción obtenida de la planta. De este modo el flujo anual de caja será constante.

$$VAN = -\mathrm{A} + \frac{Q1}{(1+k)^1} + \frac{Q2}{(1+k)^2} + \cdots\ldots + \frac{Qn}{(1+k)^n}$$

- VAN→Suma de los flujos de caja anuales actualizados (deducido el valor de la inversión)
- Q1, Q2,...,Qn →Flujos de caja (cobros - pagos) le llamamos
- k→Tasa de descuento seleccionada
- A→ Desembolso inicial (inversión)

Si se estudia el VAN en 3 años, por ejemplo, el resultado económico de la planta obtenido es:

Q1=Q2=….=Q10= 116.160 €

K= 0.1 (10%) A=575.193€

$$VAN = -(575.193) + \frac{116.160}{(1+0.1)^1} + \frac{116.160}{(1+0.1)^2} + \cdots + \frac{116.160}{(1+0.1)^{10}} = 138.560$$

ESTUDIO DE LA TASA INTERNA DE RETORNO (TIR)

Cuando el VAN toma un valor igual a 0, k pasa a llamarse TIR (tasa interna de retorno). La TIR es la rentabilidad que nos está proporcionando este proyecto. Se supondrá para el estudio un tipo de financiación propia para la inversión inicial (excluyendo gastos financieros) y un periodo de 10 años con flujo de caja constante

$$VAN = 0 = -A + \frac{Q}{(1+TIR)^1} + \frac{Q}{(1+TIR)^2} + \ldots + \frac{Q}{(1+TIR)^{10}} \quad \rightarrow TIR = 15{,}35\ \%$$

Tras analizar la rentabilidad de la planta se observa que se obtiene un VAN y TIR positivos, por lo que se recomienda la inversión.

BIBLIOGRAFÍA

[1] Empresa de Servicios Técnicos de Computación, Comunicaciones y Electrónica "Rafael Fausto Orejón Forment"(2016) Holguín, Cuba (2016) Balance of Energy in a Kiln of Drying Wood. Recuperado de http://www.scielo.sld.cu

[2] Informe de la Asociación Española de Recuperadores de Madera (ASERMA) J. E. Gómez / Waste magazin. Recuperado de http://waste.ideal.es/residuosmadera.htm

[3] Energías renovables. Periodismo de las energías limpias (2015). Recuperado de https://www.energias-renovables.com

[4] García Galvis. Reciclado de residuos. El reciclaje de madera despega en España. (2006) Recuperado de www.solyclima.com

[5] Oportunidades de generación eléctrica con biomasa en Andalucía. Francisco José Bas Jiménez (2011) Recuperado de http://www.juntadeandalucia.es

[6] Sistema de Certificación de la Calidad. Deutsches Pelletinstitut GmbH (2010). Recuperado de http://www.pelletenplus.es/

[7] Informe global sobre la industria y el mercado del pellet de madera. Equipo de trabajo "Bioenergy Task 40" de la Agencia Internacional de Energía (IEA) (2011). Recuperado de http://bioenergyinternational.es

[8] Madera de Pinares.Ventajas y desventajas de los pellets. Recuperado de http://www.pelletsmadera.net

[9] VIDA Y MILAGROS DEL LOS PELLETS. Escuela de Organización Industrial (EOI). Recuperado de http://www.eoi.es

[10] Fábricas de pellets en España. Profesionales en estufas y calderas eficientes. (2014). Recuperado de http://todobiomasa.es

[11] VI Jornada Hispano Alemana de Biomasa y Solar Térmica para la industria y otros grandes consumidores de energía. Pablo Rodero (2014). Recuperado de http://www.jornadas-hispano-alemanas.es

[12] Ciclo de vida de residuos. Recuperado de http://www.areaciencias.com

Pre-Feasibility Analysis of Pellet Manufacturing on the Former Loring Air Force Base Site. Randolph Hunsberger and Gail Mosey (2014). Recuperado de https://www.nrel.gov

La Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM). Recuperad0o de http://www.avebiom.org/es/

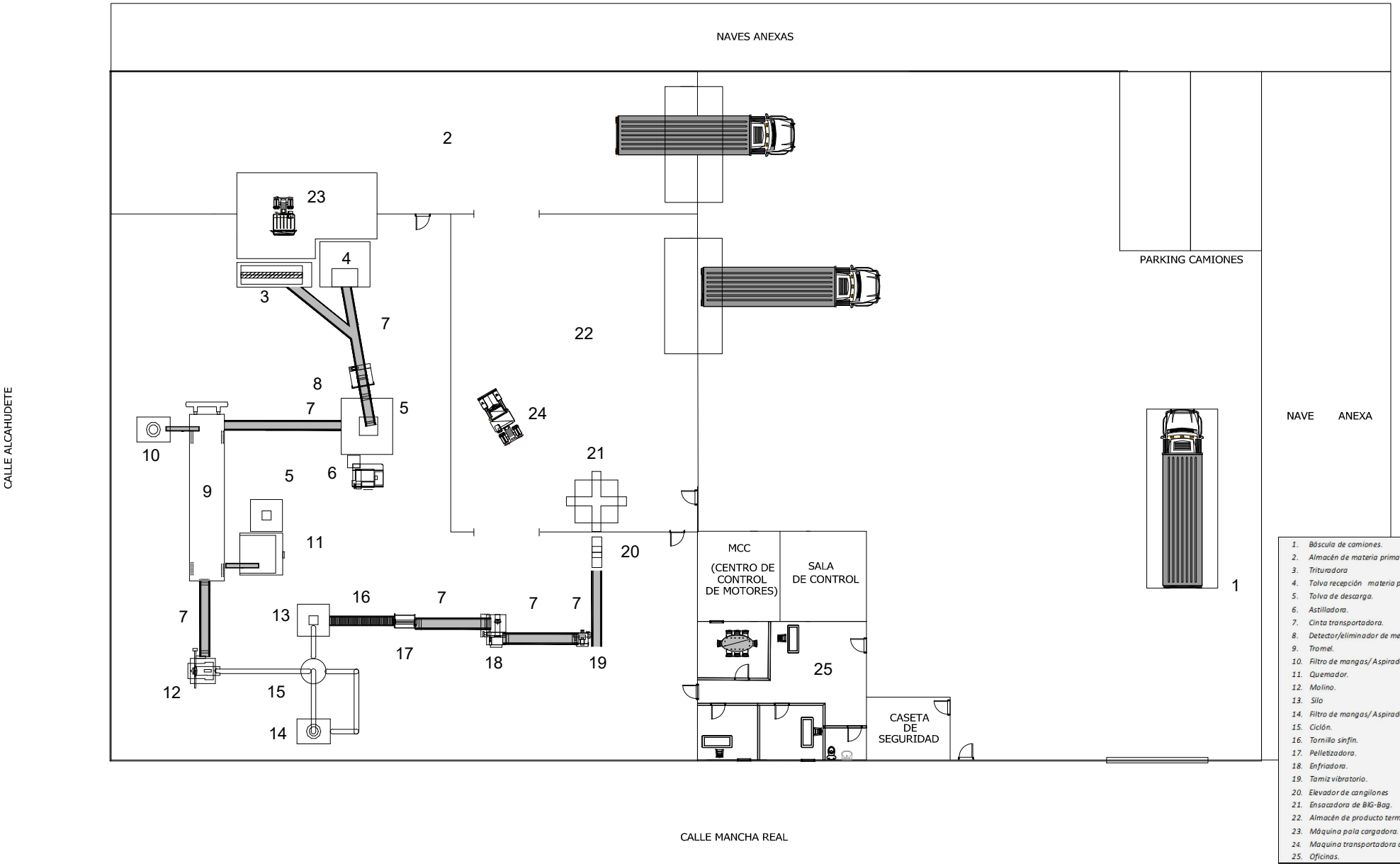
PLANOS

NORTE

Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: LOCALIZACIÓN DE LA PLANTA		ESCALA: 1/100 -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	01

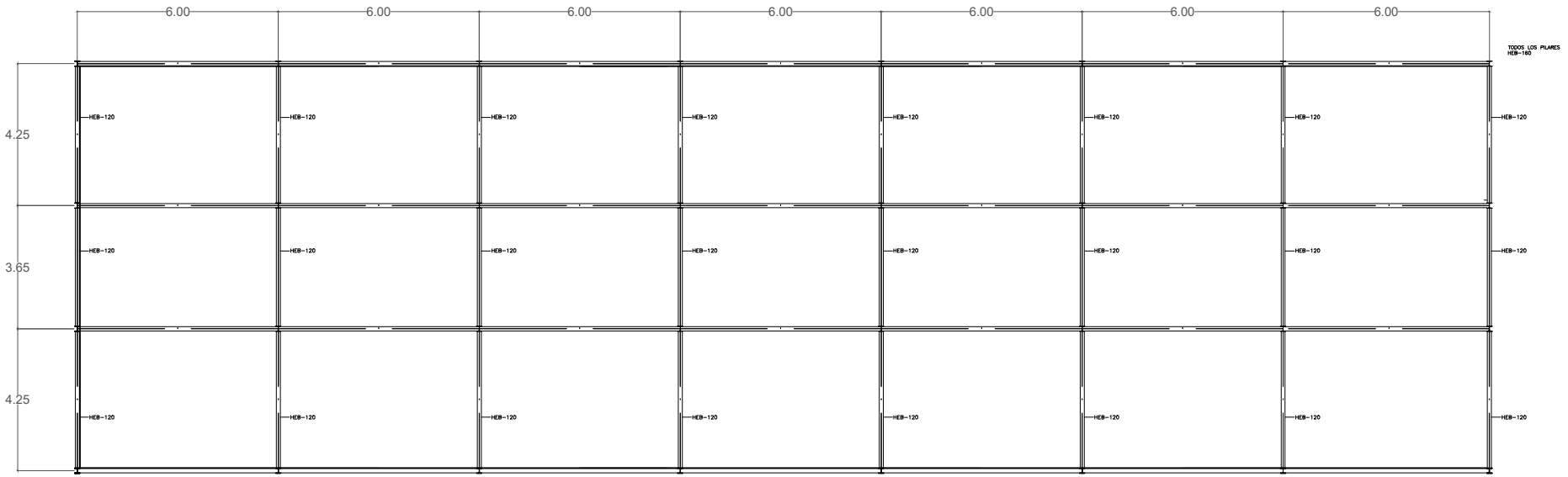
NORTE

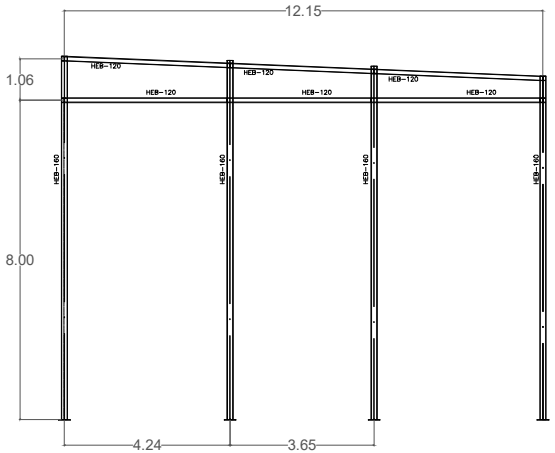
Trabajo fin de grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: EMPLAZAMIENTO DE LA PLANTA		ESCALA: 1/100 -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	02



1. Báscula de camiones.
2. Almacén de materia prima.
3. Trituradora
4. Tolva recepción materia prima.
5. Tolva de descarga.
6. Astilladora.
7. Cinta transportadora.
8. Detector/eliminador de metales.
9. Tromel.
10. Filtro de mangas/ Aspirador/Chimenea.
11. Quemador.
12. Molino.
13. Silo
14. Filtro de mangas/ Aspirador/Chimenea.
15. Ciclón.
16. Tornillo sinfín.
17. Pelletizadora.
18. Enfriadora.
19. Tamiz vibratorio.
20. Elevador de cangilones
21. Ensacadora de BIG-Bag.
22. Almacén de producto terminado.
23. Máquina pala cargadora.
24. Maquina transportadora de Big-Bag.
25. Oficinas.

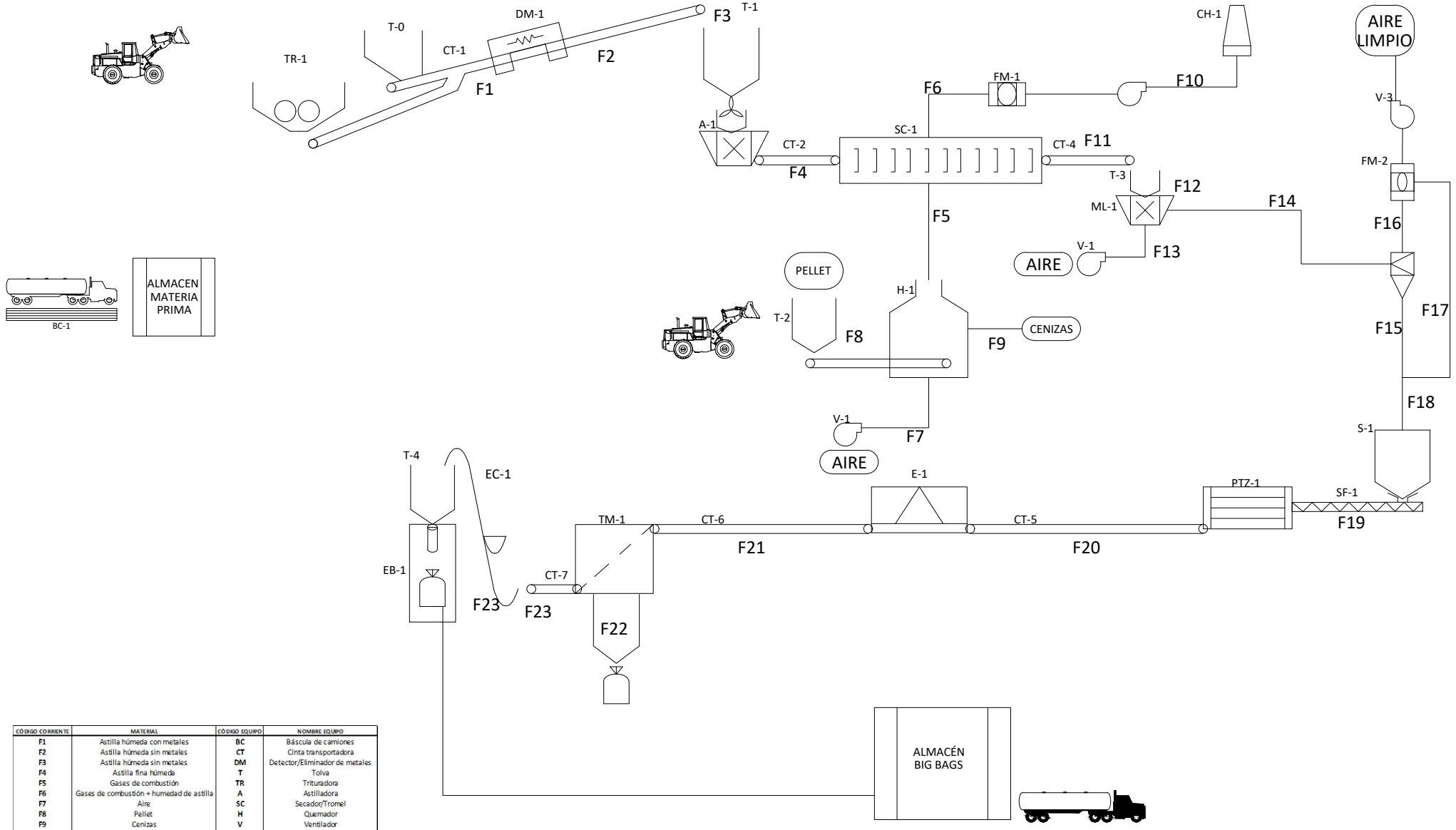
Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: DIAGRAMA IMPLANTACIÓN		ESCALA: SIN ESC -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	03





PÓRTICOS DEL ALMACÉN (8 Ud.)

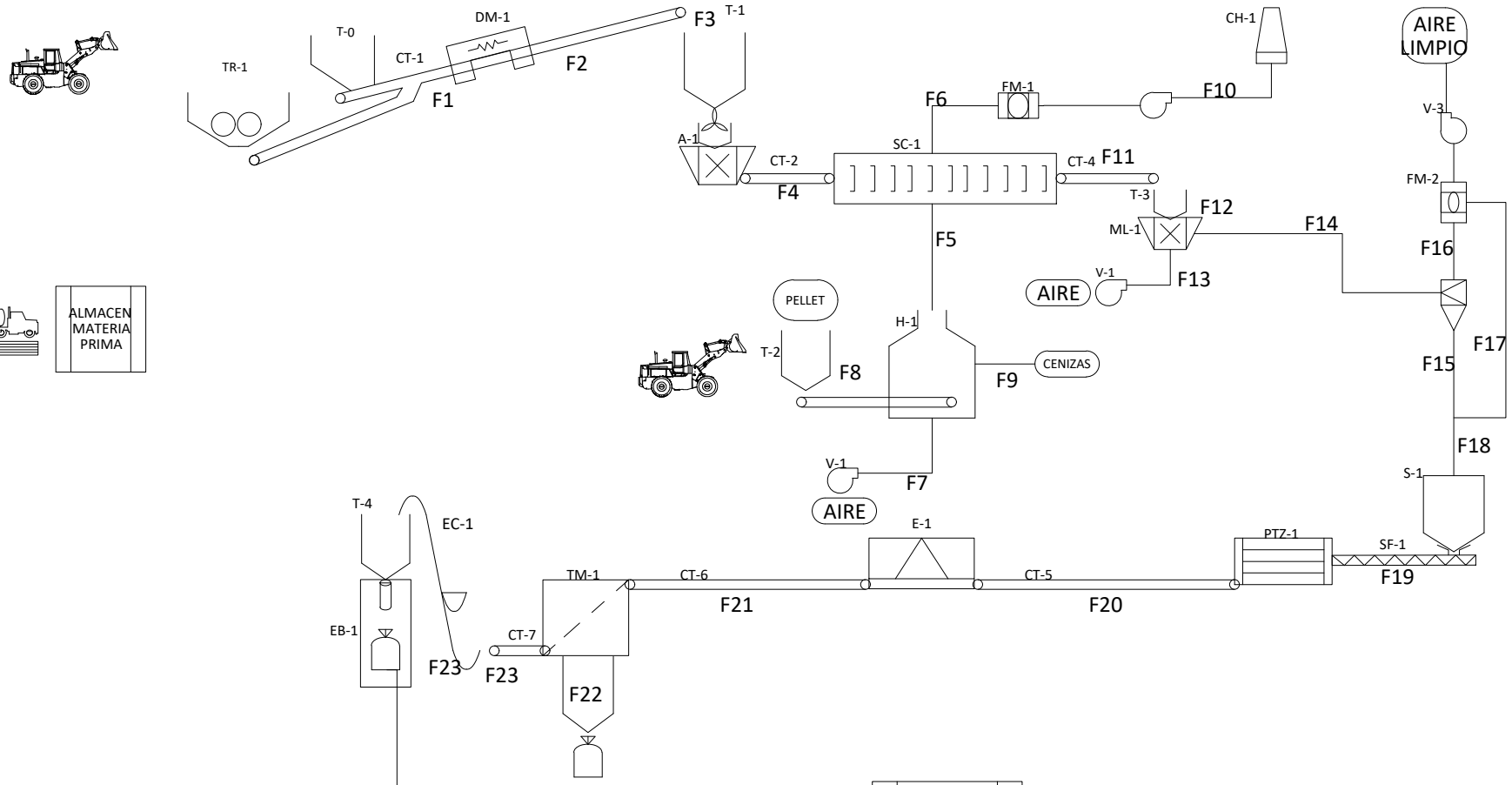
Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: NAVE DE ALMACENAMIENTO DE MATERIA PRIMA		ESCALA: 1/150 -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	04



CÓDIGO CORRIENTE	MATERIAL	CÓDIGO EQUIPO	NOMBRE EQUIPO
F1	Astilla húmeda con metales	BC	Báscula de camiones
F2	Astilla húmeda sin metales	CT	Cinta transportadora
F3	Astilla húmeda sin metales	DM	Detector/Eliminador de metales
F4	Astilla fina húmeda	T	Tolva
F5	Gases de combustión	TR	Trituradora
F6	Gases de combustión + humedad de astilla	A	Astilladora
F7	Aire	SC	Secador/Tromel
F8	Pellet	H	Quemador
F9	Cenizas	V	Ventilador
F10	Gases de combustión + humedad de astilla	FM	Filtro de mangas
F11	Astilla seca	CH	Chimenea
F12	Madera molida	ML	Molino
F13	Aire neumático	CL	Ciclón
F14	Madera molida + Aire neumático	S	Silo finos madera
F15	Madera molida	SF	Tornillo sin fin
F16	Aire	PTZ	Peletizador
F17	Madera molida	E	Enfriador
F18	Madera molida	TM	Tamiz
F19	Madera molida	EB	Envasadora de big-bag
F20	Pellet a alta temperatura		
F21	Pellet enfriado		
F22	Pellet rechazo (no conformidad)		
F23	Producto final (PELLET)		

Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: DIAGRAMA DE CORRIENTES Y EQUIPOS		ESCALA: SIN ESC -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	05

	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23
MADERA (t/h)	2	2	1.83		0.01					1.34	1.29		1.29	1.23	0.06	0.06	1.29	1.29	1.27	1.27	0.03	1.24
C (t/h)	0.6	0.6	0.59		0.01					0.59	0.58		0.58	0.55	0.03	0.03	0.58	0.58	0.58	0.58	0.01	0.57
H (t/h)	0.07	0.07	0.07		0.0007					0.07	0.07		0.07	0.07	0.003	0.003	0.07	0.07	0.07	0.07	0	0.07
O (t/h)	0.5	0.5	0.5		0.005					0.49	0.49		0.49	0.46	0.02	0.02	0.49	0.49	0.49	0.49	0.01	0.48
Ceniza (t/h)	0.02	0.02	0.02		0.0002			0.02		0.02	0.02		0.02	0.02	0.001	0.001	0.02	0.02	0.02	0.02	0.0003	0.02
Etc (t/h)	0.01	0.01	0.01		0.0001					0.01	0.01		0.01	0.01	0.0003	0.0003	0.01	0.01	0.01	0.01	0.0001	0.01
H2O (t/h)	0.8	0.8	0.64							0.16	0.13		0.13	0.12	0.01	0.01	0.13	0.13	0.1	0.1	0.002	0.1
AIRE NEUMATICO (m3/h)												339	339									
O2 (m3/h)				650.06	286.72	308.57			286.72													
N2 (m3/h)				3260.59	1438.15	1160.82			1438.15													
H2O (m3/h)				286.26	918.88				918.88													
CO2 (m3/h)				216.69	95.57				95.57													
Combustible pellet (kg/h)							76.84															



Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets
C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)

FECHA: SEPTIEMBRE de 2017

PLANO: BALANCE DE MATERIA

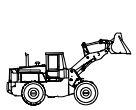
ESCALA: SIN ESC -A3

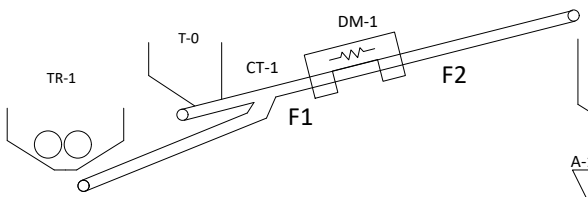
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA
GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA

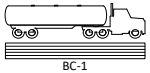
AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN

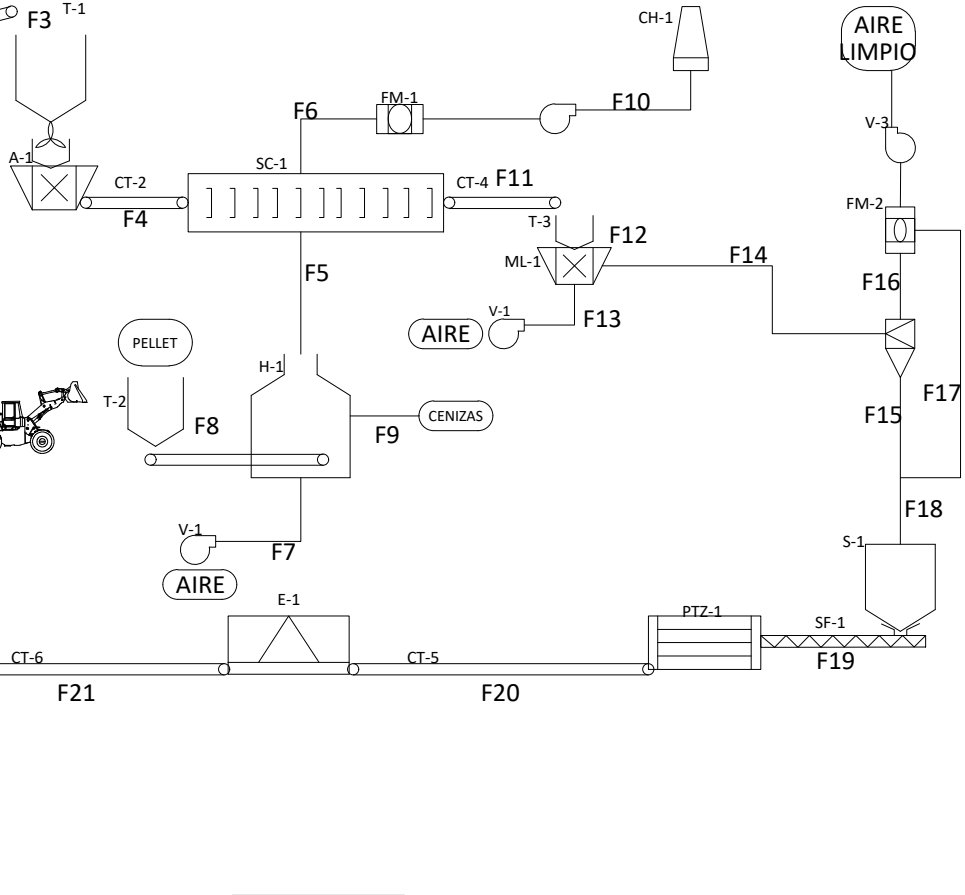
06

Temp (K)	298	298	298	823	353	298	298	550	353	313	313	298	313	313	313	313	313	313	363	308	308	308
Corriente	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11	F12	F13	F14	F15	F16	F17	F18	F19	F20	F21	F22	F23
Entalpía madera (kJ/h)	150192	150192	148690		1761					154613	153067		153067	145413	7653	7653	153067	153067	177518	150621	3012	147609
Entalpía humedad (kJ/h)	996512	996512	796826							209832	169264		169264	160801	8463	8463	169264	169264	153629	130351	2607	127744
AIRE TRAN.NEUM												121045	127138									
ENTALPÍA O2 (kJ/h)				232794	102204	110583			102668													
ENTALPÍA N2 (kJ/h)				1158185	255539	411926			510550													
ENTALPÍA H2O (kJ/h)				262642	843339				841983													
ENTALPÍA CO2 (kJ/h)				97552	43025				43025													
TOTAL	1146704	1146704	945516	1751173	1245868	522509			1498226	364444	322331	121045	449469	306214	16117	16117	322331	322331	331147	280973	5619	275353

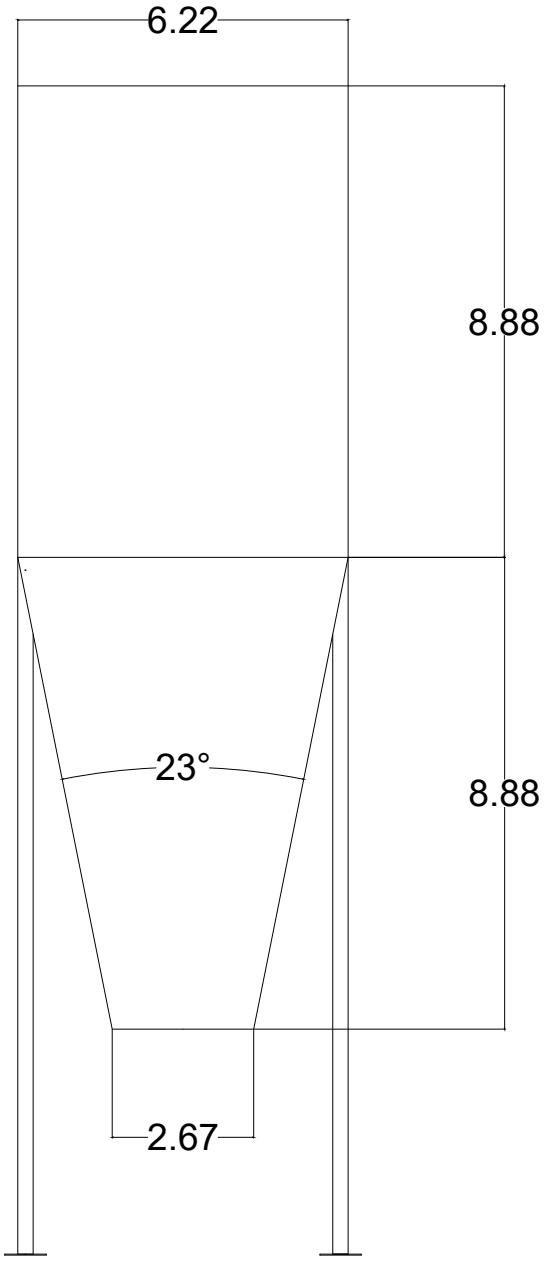


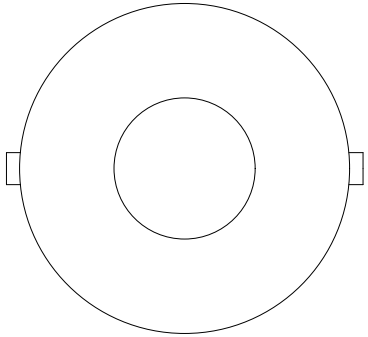




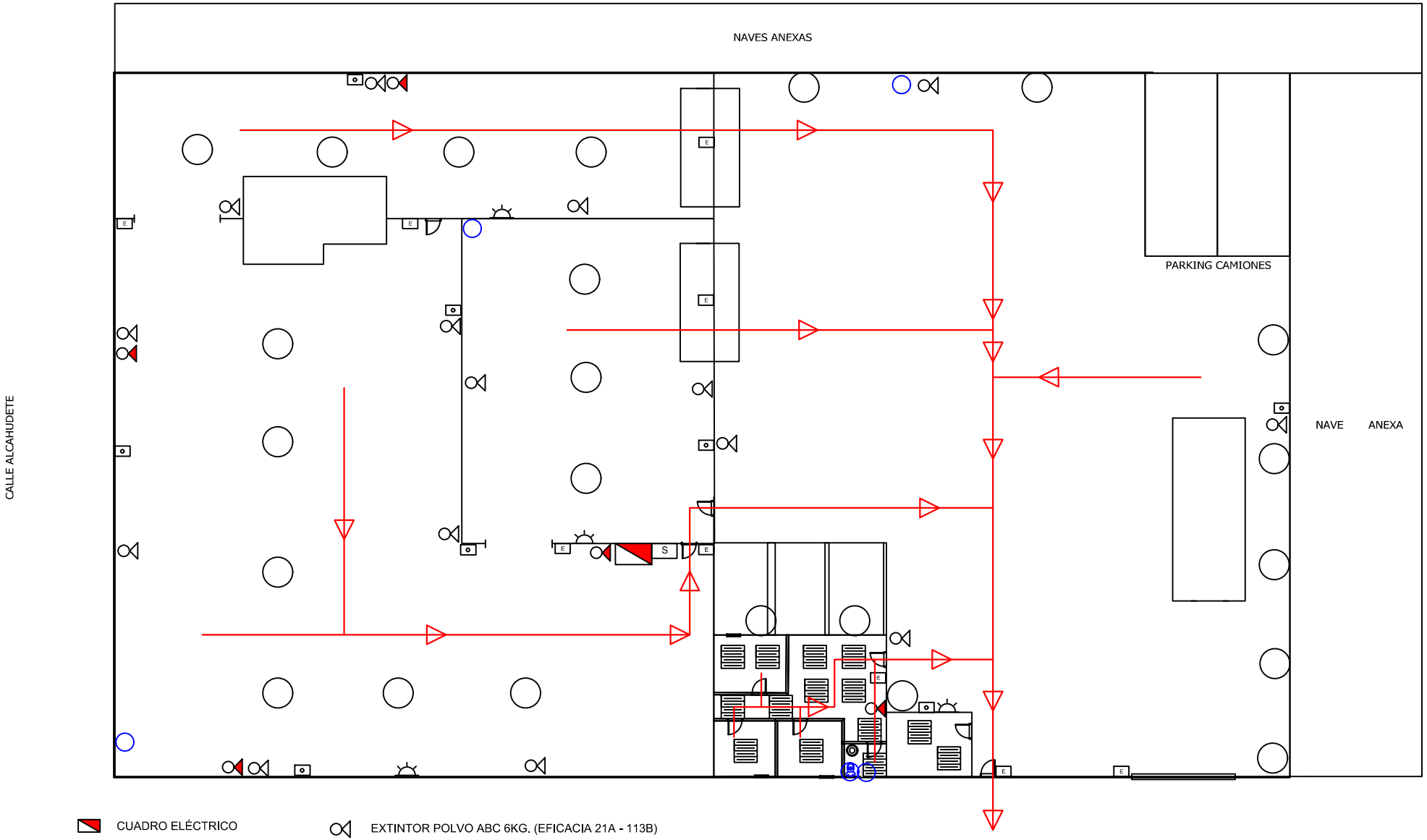


Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: BALANCE DE ENERGÍA		ESCALA: SIN ESC -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	07





Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: DETALLE DE TOLVA		ESCALA: 1/100 -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	08



Trabajo Fin de Grado para planta de producción de Pellets C/ Mancha Real, Pol. Ind. Los Olivares (Jaen)		FECHA: SEPTIEMBRE de 2017
PLANO: INSTALACIÓN CONTRAINCENDIO		ESCALA: SIN ESC -A3
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIERÍA SEVILLA GRADO DE INGENIERÍA QUÍMICA	AUTOR: MARC SANCHEZ MC LAUGHLIN	09